تطوير وتقييم أغلفة قابلة للأكل معتمدة على الكيتوزان للحفاظ على جودة ثمار الموز خلال فترة العرض

إعداد

مد عرفان علي

إشراف

أ. د. محمد عبد الغني عوض
أ. د. عادل بن ضيف الله القرشي
أ. د. رضا محمد عوض الششتاوي

الملخص العربي

تعتبر ثمار الموز من الفواكه الرئيسية الطازجة والتي تتوفر على مدار العام للمستهلكين في جميع أنحاء العالم بسبب خصائصها الغذائية والصحية الكبيرة. على الجانب الأخر فأن طبيعة ثمار الموز الكلايمكترية تؤدى إلى سرعة نضج الثمار وتدهور جودتها وقصر فترة العرض نسبيا بعد الحصاد والمعاملة بالإيثلين. ان الهدف الرئيسي من إنتاج وتداول وتوزيع ثمار الفاكهة الطازجة هو تلبية احتياجات المستهلكين. وللحفاظ على الجودة وتمديد فترة العرض لثمار الموز الكلايمكتيرية. أجريت عدة تجارب لتطوير وتقييم تأثير بعض الأغلفة القابلة للأكل edible coatsوالتي تعتمد في الأساس على الكيتوزان chitosan (CT) بمفرده أو محملا بالمركبات المضادة للأكسدة الطبيعية على صفات الجودة العادية، والمركبات المضادة للأكسدة، و القدرة المضادة للأكسدة(DPPH IC_{50}value)

FRSCونشاط انزيمات التحلل المائي أو انزيمات الأكسدة لصنفين من الموز خلال فترة النضج تحت ظروف الغرفة (20 ± 2 درجة مئوية و 60-70٪ رطوبة نسبية). أجريت التجربة الأولى لتقييم تأثير معاملات النقع في محلول (CT)بتركيزات 0.15 أو 1% وحمض الجاليك (GA) بتركيزات 0.075 أو 0.15٪ كل بمفرده أو خليط من CT/GA (أحجام متساوية من محاليل 2٪ CTو 1٪ GA) بتركيزات 25 و 50 و

75 مل / لتر على ثمار الموز صنف "السكري" خلال 13 يوما كفترة عرض. أظهرت نتائج الدراسة زيادة في كل من الفقد في الوزن ومعامل لون القشرة للثمار في معظم المعاملات وتركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) والنسبة بين تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية إلى الحموضة (TSS/acid) والقدرة المضادة للأكسدة لقشرة الثمار بينما كان هناك نقص في كل من معامل ثبات غشاء أنسجة القشرة (MSI) ، صلابة اللحم، والحموضة،محتوى الفينولات الكليةTPC ، محتوى الفلافونويد الكلي TFCومحتوى فيتامين ج خلال فترة العرض. وبصفة عامة، أدت كل تركيزات معاملات CT/GA و GA إلى نقص الفقد في الوزن وصلابة أعلى للحم الثمار مقارنة بمعاملة الشاهد خلال فترة العرض. أدت معاملة CT/GA إلى تأخر النضج كما يتضح من انخفاض معامل لون القشرة خاصة في التركيزات المتوسطة والعالية وأظهرت أعلى قيم لل MSI خلال فترة العرض في جميع التركيزات بعد 6 و13 يوما. أظهرت جميع معاملاتGA ،CT و CT/GA أقل نسبة من TSS مقارنة بمعاملة الشاهد. كانت نسبة TSS/acid أقل في التركيز المرتفع من CT والتركيز المنخفض من GA وكل تركيزات CT/GA مقارنة بمعاملة الشاهد بينما لم يتأثر TFC, vitamin C and FRSC في القشرة بأي معاملة من المعاملات. كانت هناك زيادة في نشاط إنزيم α-amylase خلال فترة العرض مقارنة ببداياتها ولم يتأثر نشاط الإنزيم بأي معاملة من المعاملات. كان نشاط إنزيمات Xylanase, Polygalacturornase (PG) and Polyphenoloxidase (PPO) أعلى بعد مرور 6 أيام عنه بعد مرور 13 يوما من بداية فترة العرض بينما كان نشاط إنزيم peroxidase (POD) أعلى بعد مرور 13 يوما عنه بعد مرور 6 أيام من بداية فترة العرض. أدى إستخدام التركيز المرتفع من CT والتركيز المنخفض من GAوالتركيز المتوسط من CT/GA إلى إنخفاض نشاط إنزيم xylanase مقارنة بمعاملة الشاهد. أدت كل المعاملات بإستثناء التركيز المرتفع من CT/GA إلى خفض نشاط إنزيم PGمقارنة بمعاملة الشاهد. أدى استخدام التركيز المرتفع من CT إلى زيادة في نشاط إنزيم PODمقارنة بمعاملة الشاهد فقط بعد مرور 13 يوما من بداية فترة العرض بينما أدى استخدام GA بكلا التركيزين إلى نقص في نشاط إنزيم POD. أدى استخدام التركيز المرتفع من CTو GA والتركيز المتوسط من CT/GA إلى انخفاض نشاط إنزيم PPO بعد مرور 6 أيام من بداية فترة العرض بينما أظهرت جميع معاملات GA و CT/GA نشاطا أكبر لهذا الإنزيم بعد مرور 13 يوما من بداية فترة العرض. خلال الدراسة الحالية أجريت تجربة أخرى على صنف الموز 'جراند نين' لتقييم تأثير معاملات النقع بعد الحصاد في محاليل CT بتركيزات 0.25 و 1٪ منفرداً أو CT0.25 محملاً مع (CT/TR) (*trans*-resveratrol (TR) بتركيزات0,0018 و 0,00365% أو tannic acid (TA) (CT/TA) بتركيزات 0.25 و .5, % على الجودة والتغيرات البيوكيميائية خلال 7 أيام من فترة العرض. كان هناك زيادة في كل من الفقد في الوزن واللون ومعامل ظهور اللون البني على

القشرة في معظم المعاملات بينما نقصت قيم MSI للقشرة وصلابة اللحمb* and chroma خلال فترة العرض. زاد تركيز ال TSSحتى اليوم الخامس ثم إنخفض بعد ذلك لكنه ظل أكبر بكثير من التركيز الأساسي عند بداية التجربة. كانت قيم و TAC L* values, أقل عند اليوم السابع عنها في اليوم الثاني بينما كانت نسبة TSS/acid و قيم a*أعلى في معظم المعاملات عند اليوم السابع عنها في اليوم الثاني من بداية فترة العرض. ظلت قيمة رقم الحموضة ثابتة حتى اليوم الخامس ثم زادت بعد ذلك. كان هناك تباين في قيم فيتامين ج في اللحم و TPC, TFC, FRSC و نشاط الإنزيمات في القشرة واللحم خلال فترة العرض. أدى إستخدام التركيز المنخفض من CT إلى إنخفاض نشاط إنزيم PPOفي القشرة واللحم وزيادة في نشاط إنزيم في القشرة مقارنة بمعاملة الشاهد. بينما أظهر التركيز المرتفع منCT إنخفاضا في لون القشرة و قيم b* و نشاط إنزيم PPOفي القشرة واللحم وإرتفاعاً في MSI, TAC و TPC في اللحم و نشاط إنزيم PGفي القشرة و نشاط إنزيم POD في اللحم مقارنة بمعاملة الشاهد. أظهر التركيز المنخفض من CT/TR زيادة في MSIو TFC للقشرة و TPC للحم وانخفاضا في FRSC في اللحم و نشاط إنزيم xylanase في اللحم و إنزيم PPOفي كل من القشرة واللحم. مقارنة بمعاملة الشاهد. في المقابل التركيز المرتفع من CT/TR أظهر إنخفاضاً في قيم معامل لون القشرة و صلابة اللحم ونشاط إنزيمات PPOو PG و xylanaseفي اللحم وإرتفاعاً في نسبة TSS/acid ورقم الحموضة في القشرة و TFC و TPCاللحم و نشاط إنزيم PGفي القشرة مقارنة بمعاملة الشاهد. أدت المعاملة بالتركيز المنخفض من CT/TA إلى نقص في تركيز فيتامين ج و FRSC في اللحم و ونشاط إنزيمات PG و xylanaseفي اللحم وزيادة في رقم الحموضة و MSI و TFCفي كل من القشرة واللحم و TPC في اللحم و نشاط إنزيم PODفي القشرة مقارنة بمعاملة الشاهد. في المقابل أظهر التركيز المرتفع منCT/TA نقصاً في قيم معامل لون القشرة و تركيز فيتامين ج و نشاط إنزيم PPOفي كل من القشرة واللحم و إنزيم PGفي اللحم وإرتفاعا في رقم الحموضة و TFCفي القشرة و TPC في اللحم و نشاط إنزيمات POD وPG في القشرة مقارنة بمعاملة الشاهد. أوضحت صور الميكروسكوب الإلكتروني (SEM) لسطح الثمار بعد 3 أيام من فترة العرض أن معاملة الشاهد أظهرت قطاعات غير منتظمة ومضغوطة بينما أظهر التركيز المنخفض من CT قطاعات منتظمة وذات مسامية أقل. على الجانب الأخر أعطى التركيزالمرتفع من CTصوراً ذات مظهر أكثر خشونة ومغطى بكتل من الCT . كانت صور معاملات التركيزالمرتفع منCT/TA وCT/TR ذات مظهر أقل مسامية ومستوى مقارنة بالمعاملات الأخرى. تم إجراء تجربة إضافية لدراسة إستجابة صنف الموز ' جراندنين' لمعاملات النقع بعد الحصاد في معاملات الCT بتركيزات 0.25 و 1٪ منفرداً أو CT0.25% محملاً مع γ-aminobutyric acid (GABA) (CT/GABA) at 0.103 and 0.206%, or ascorbic acid (ASA) (CT/ASA) at 1 and 2%. كان هناك زيادة في كل من

الفقد في الوزن و معامل اللون ومعامل ظهور اللون البني على القشرة و نسبة TSS/acid و قيم a* و TPCفي كل من القشرة واللحم في معظم المعاملات بينما كان هناك نقص في صلابة اللحم و TAC و and b* values L* و chromaو MSIونشاط إنزيم PPO في معظم المعاملات خلال فترة العرض. زاد تركيز ال TSSحتى اليوم الخامس ثم إنخفض بعد ذلك. ظلت قيم رقم الحموضة وفيتامين ج ونشاط إنزيم xylanase تقريباً ثابتة في معظم المعاملات خلال فترة العرض. كان نشاط FRSC وإنزيمات α-amylaseفي كل من القشرة واللحم وإنزيم xylanase في اللحم أقل في معظم المعاملات عند اليوم السابع عنها في اليوم الثاني بينما زاد ونشاط إنزيمات POD و PGفي كل من القشرة واللحم في معظم المعاملات خلال فترة العرض. أظهر التركيز المنخفض من CT زيادة في TACونشاط إنزيم PG في القشرة ونقصاً في نشاط إنزيم PPO في كل من القشرة واللحم مقارنة بمعاملة الشاهد. على الجانب الأخر أدى إستخدام التركيز المرتفع من CT إلى نقص في قيم L*, b* و نشاط إنزيم PPOفي اللحم وزيادة في MSI و TACو TPC للحم و نشاط إنزيم PG في القشرة مقارنة بمعاملة الشاهد. تسبب إستعمال التركيز المنخفض CT/GABA في زيادة TFCفي القشرة و TPC في اللحم ونقص في FRSCفي اللحم ونشاط إنزيماتPPO و xylanase في كل من القشرة واللحم و PG في اللحم مقارنة بمعاملة الشاهد. في المقابل أدى التركيز المرتفع من CT/GABA زيادة في TFCفي كل من القشرة واللحم و TPC في اللحم ونقص في قيم L*, b* و FRSCفي اللحم و نشاط إنزيم PPOفي كل من اللحم مقارنة بمعاملة الشاهد. أدى إستعمال التركيز المنخفض CT/ASA إلى إرتفاع قيم MSI و TFCفي اللحم و في قيم L*, a* ونشاط إنزيمات PG و PPO في كل من القشرة واللحم مقارنة بمعاملة الشاهد. على الجانب الأخر كان هناك زيادة في TACو TFCفي كل من القشرة واللحم ونشاط إنزيم PODفي القشرة ونقص في لون القشرة وقيم L* ونشاط إنزيمات PG و PPOفي اللحم مقارنة بمعاملة الشاهد نتيجة لإستخدام التركيز المرتفع من CT/ASA. أظهرت صور الميكرسكوب الإلكتروني (SEM) للغلاف المتكون على سطح الثمار بعد 3 أيام من بداية فترة العرض أن التركيز المنخفض من CTأدى الى تكوين غلاف منتظم مورفولوجياً و ذو مسامية أقل مقارنة بمعاملة الشاهد التي لوحظ أن سطحها ذو شكل غير منتظم مورفولوجياً بينما أدى زيادة تركيز CT من 0.25 %to 1إلى مظهر أكثر خشونة مغطى بكتل من الCT . أظهر التركيز المرتفع من CT/TA و CT/TRوجود فراغات، وشقوق وانكماش في الغلاف المتكون على سطح الثمار. أظهر التركيز المرتفع من CT/ASAالى وجود غلاف قليل المسامية وبدون فراغات أو شقوق. وبصفة عامة، أظهر صنف 'السكري' قدرة تخزينية أعلى من صنف 'جراند نين' حيث أن الثمار كانت أكثر اخضرارا وأعلى في الصلابة، و ال MSI، والحموضة، وفيتامين ج، و ال FRSC ولكن مع انخفاض في TPCو TFC مقارنة بصنف 'جراند نين' بعد 5 الى 6 أيام من فترة العرض.

كما لوحظ أن مرحلة النضج 5 اعتمادا على معامل اللون والتي تصل اليها الثمار بعد 5 الى 6 أيام من فترة العرض في كلا الصنفين هي المرحلة المناسبة للاستهلاك من حيث قيم المواد الصلبة الذائبة والحموضة والصلابة مع احتفاظ الثمار بتركيز مميز من الفينولات والفلافونويدات الكلية. الخلاصة أن معاملات التركيز المتوسط أو المرتفع من CT/TA حافظت على اللون الأخضر والصلابة و MSI و TPCوقللت من الفقد في الوزن و TSSونشاط إنزيم PGلثمار الموز صنف 'السكري' خلال 6 أيام من فترة العرض مقارنة بمعاملة الشاهد ويمكن التوصية بها لإطالة فترة التخزين تحت ظروف الغرفة. وبالنسبة لصنف الموز 'جراند نين 'فإن المعاملة بالتركيز المرتفع من CT/TR, CT/TA and CT/ASA تؤخر النضج وتحافظ على جودة الثمار حتى 5 أيام مقارنة بمعاملة الشاهد تحت ظروف الغرفة. على الجانب الأخر فإن تركيبات TR or TA, GABA or ASA in CT بالتركيزات المستخدمة كانت على عكس المتوقع أقل كفاءة في تأخير النضج والمحافظة على جودة الثمار لصنف الموز 'جراند نين' ونقترح إستخدام مثل هذه المركبات المضادة للأكسدة بتركيزات أعلى في تراكيب ال CTفي الدراسات المستقبلية.

Development and assessment of functional chitosan-based edible coatings to maintain shelf life quality of banana fruit

By

Md. Arfan Ali

Supervised By

Prof. Dr. Mohamed A. Awad

Prof. Dr. Adel D. Al-Qurashi

Prof. Dr. Reda M. El-Shishtawy

Abstract

Bananas are among few fresh fruit that are available to the consumers throughout the year worldwide and considered as functional fruit due to their high nutritional and healthiness properties. However, the climacteric nature of bananas leads to rapid ripening process, quality deteriorate and a relatively shorter shelf life (SL) at ambient conditions following harvest and ethylene treatment. The ultimate aim of the production, handling and distribution of fresh fruit is to satisfy consumers need. To maintain quality and extend the SL of post-climacteric bananas, several experiments were conducted to evaluate the effects of some natural edible coat formulations based on chitosan (CT) solution alone or loaded with natural antioxidant compounds on regular quality attributes, antioxidant compounds, free radical scavenging capacity (FRSC) (DPPH IC_{50} value) and antioxidant

and hydrolytic enzymes activities of two bananas cultivars during ripening at SL conditions (20 ± 2 ºC and 60-70% RH). First experiment was carried out to evaluate the effect of dipping treatments in CT at 0.15 and 1%, gallic acid (GA) at 0.075 and 0.15%, and CT/GA formulation (equal volumes of 2.0% CT and 1.0% GA solutions were mixed) at 25, 50 and 75 ml l on 'Sukkari' bananas during 13 days of SL. The results of this study showed that weight loss, peel color index in most of the treatments, total soluble solids (TSS) concentration, TSS/acid ratio, and FRSC of fruit peel increased while, membrane stability index (MSI) of peel tissues, pulp firmness, and titratable acidity (TAC), total phenols (TPC), total flavonoids (TFC) and vitamin C concentrations decreased during SL. As overall, all rates of CT/GA and GA decreased weight loss and maintained higher pulp firmness than control during SL. CT/GA delayed ripening as reflected by lower peel color index especially at medium and high rates and showed higher MSI at all rates after 6 and 13 days of SL. All treatments of CT, GA and CT/GA showed lower TSS than control. TAC was higher at high rates of CT, GA and CT/GA treatments than control. TSS/acid ratio was lower at high rate of CT, low rate of GA and at all rates of CT/GA than control. High rates of CT and GA, and medium and high rates of CT/GA retained higher TPC than control. While, TFC, vitamin C and FRSC of fruit peel were not affected by the applied treatments. α-amylase activity showed higher values during SL compared to initial and was not affected by the applied treatments. Xylanase, polygalacturornase (PG) and polyphenoloxidase (PPO) activities were higher after 6 than 13 days of SL while, peroxidase (POD) activity was higher after 13 than 6 days of SL. Low rate of CT, high rate of GA and medium rate of CT/GA lowered xylanase activity than control. All treatments, except for high rate of CT/GA, lowered PG activity compared to control. CT at high rate showed higher POD activity than control only after 13 days of SL, while GA at both rates lowered POD activity during SL. CT and GA at high rates and CT/GA at low and medium rates lowered PPO activity after 6 days while, GA and CT/GA at all rates showed higher activity of this enzyme after 13 days of SL. In the current study, an experiment was conducted on 'Grand Nain' bananas to evaluate the effect of postharvest dipping treatments in CT at 0.25 and 1% alone or CT at 0.25% loaded with

trans-resveratrol (TR) (CT/TR) at 0.00183 and 0.00365%, or tannic acid (TA) (CT/TA) at 0.25 and 0.5% on quality and biochemical changes during 7 days of SL. Weight loss, peel color and browning indices, in most treatments, increased while, MSI of peel tissue, pulp firmness, b* and chroma values decreased during SL. TSS concentration increased until day 5 and then decreased afterwards but showed much higher values than initial. TAC and L* values, in most treatments, were lower at day 7 than day 2 while, TSS/acid ratio and a* values was higher, in most treatments, at day 7 than day 2 during SL. pH remained stable until day 5 then increased afterwards. Vitamin C of pulp and TPC, TFC, FRSC and enzyme activity both in peel and pulp greatly varied during SL. CT at low rate showed lower PPO activity both in peel and pulp and higher PG activity in peel than control. However, CT at high rate showed lower peel color, b* values and PPO activity both in peel and pulp and higher MSI, TAC, pulp TPC, peel PG activity and pulp POD activity than control. CT/TR at low rate showed higher MSI, peel TFC and pulp TPC and lower pulp FRSC, pulp xylanase activity and PPO activity both in peel and pulp than control. However, CT/TR at high rate delayed ripening (especially until day 5) as indicated by lower peel color index, higher pulp TPC, TFC both in peel and pulp and peel POD activity and lower peel PPO, pulp xylanase and PG activities than control. CT/TA at low rate showed lower vitamin C concentration, pulp FRSC and PG and xylanase activity in pulp and higher pH, MSI, TFC both in peel and pulp, pulp TPC and peel POD activities than control. CT/TA at high rate delayed ripening as reflected by lower color index, higher pH, pulp TPC, peel TFC and peel POD activity as well as lower PPO both in peel and pulp and pulp PG activities than control. Scan electronic microscopy (SEM) images after 3 days of SL revealed that control treatment showed irregular and compact morphology while, CT at low rate showed regular morphology with reduced porous coat. However, SEM image of CT at high rate showed more rough morphology coat with appearance of CT agglomerates. SEM images of CT/TR and CT/TA both at high rates showed less porous with smooth morphology compared to other treatments. Additional experiment was conducted to investigate the response of 'Grand Nain' bananas to postharvest dipping treatments in CT at 0.25 and 1%, CT at 0.25% loaded with γ-aminobutyric acid (GABA)

(CT/GABA) at 0.103 and 0.206%, or ascorbic acid (ASA) (CT/ASA) at 1 and 2%. Weight loss, peel color index, and browning index, TSS/acid ratio, a* values and TPC both in peel and pulp, in most treatments, increased while, pulp firmness, TAC, L* and b* values and MSI, chroma and PPO activity in peel, in most treatments, decreased during SL. TSS increased until day five then decreased afterwards. pH, vitamin C concentration and peel xylanase activity remained relatively stable, in most treatments, during SL. FRSC and α-amylase activity both in peel and pulp and xylanase activity in pulp were lower, in most treatments, at day 7 than day 2, while PG and POD activities both in peel and pulp were higher, in most treatments, at day 7 than day 2 during SL. CT at low rate showed higher TAC and PG activity in peel and lower PPO activity both in peel and pulp than control. However, CT at high rate showed lower L*, b* values and PPO activity both in peel and pulp and higher MSI, TAC, pulp TPC and PG activity in peel than control. CT/GABA at low rate showed higher pulp TPC and peel TFC and lower FRSC in pulp, PPO and xylanase activities both in peel and pulp and PG activity in pulp than control. However, CT/GABA at high rate showed higher TFC both in peel and pulp and TPC in pulp and lower L*, a* values, FRSC in pulp and PPO activity in peel than control. CT/ASA at low rate showed higher MSI and peel TFC and lower L* and a* values, PG and PPO activity both in peel and pulp than control. However, CT/ASA at high rate showed higher TAC, TFC both in peel and pulp and POD in peel and lower peel color, L* values, and PG and PPO activity in pulp than control. According to the SEM images of edible coat formed on fruit surface after 3 days of SL, CT at low rate showed regular morphology with small porosity compared to control in which irregular morphology was observed. While, increasing CT level from 0.25 to 1% lead to formation of rougher coat with agglomerated CT. CT/GABA at high rate showed voids, cracks and shrinkage morphology with small porous size whereas, CT/ASA at high rate revealed the formation of coat with small porous size morphology without voids and cracks. As overall, ‘Sukkari’ seems to be better storable than ‘Grand Nain’ bananas as it retained more green color, and higher firmness, MSI, acidity, vitamin C and FRSC but, lower TFC and TPC than ‘Grand Nain’ after 5 to 6 days of SL. It is noticed that, the color stage 5 was reached after 5 to 6 days in both

cultivars at which quality attributes such as TSS, acidity and firmness where at the acceptable level for fruit consumption with still recognizable level of antioxidant compounds. In conclusion, CT/GA at medium or high rates retained more green color, firmness, MSI and TPC, and decreased weight loss, TSS and PG activity of 'Sukkari' bananas during 6 days of SL compared to control and could be recommended to extend SL of bananas. With the respect of 'Grand Nain' bananas, high rates of CT/TR, CT/TA and CT/ASA treatments delayed ripening and maintained better quality until 5 days of SL than control. However, the incorporation of TR or TA, GABA or ASA in CT matrix at the used concentrations showed unexpectedly relatively less efficiency in delaying ripening and maintaining quality of 'Grand Nain' bananas. Incorporation of such antioxidant compounds at higher concentrations in the CT matrix are suggested for future studies. Such information might be beneficial for postharvest technologist, nutritionists and consumers.