تأثير التجفيف الطبيعي والتخليل على حمض أسكوربيك والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة في الفليفلة الخضراء الحلوة والحارة

غياث مصباح سمينة، عبيدة سعيد العبد الله**ومحمد عبد الرحمن محمد**

ملخـص

قورنت التغيرات بين نوعين من الفليفلة الخضراء، الحلوة والحارة، المصنعة بتقنيتين واسعتي الاستعمال هما التخليل والتجفيف الطبيعي، مع الفليفلة الطازجة من حيث تركيبها الكيميائي الرئيسي (رطوبة،رماد، سكريات،دهن) والمواد الفعالة بيولوجياً (الفينولات الكلية، فيتامين C) مع النشاط المضاد للأكسدة.

دلت نتائج التحليل الاحصائي على وجود فروق معنوية ($P<0.05$) بين الفليفلة الخضراء الطازجة والفليفلة المجففة طبيعياً والفليفلة المخللة، من حيث محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية، فانخفضت متوسطات فيتامينC من 1073 مغ /100غ مادة جافة في الفليفلة الطازجة إلى 1044 مغ/100غ مادة جافة في الفليفلة المخللة، ووصلت إلى 51.4 مغ /100 غ مادة جافة في الفليفلة المجففة. وكان الانخفاض في الفينولات الكلية أقل حدة، وتغيرت من 3004 مغ /100غ مادة جافة في الفليفلة الطازجة إلى 2563 مغ /100غ مادة جافة في الفليفلة المخللة، ووصلت إلى 219 مغ/100 غ مادة جافة في الفليفلة المجففة. وقد انعكس ذلك على شكل انخفاض معنوي ($P<0.05$) في النشاط المضاد للأكسدة.

أدى تخزين الفليفلة الخضراء المخللة والمجففة لمدة 12 أسبوعاً إلى فقد معنوي في كميات فيتامين C، وكانت نسبة الفقد 93% في الفليفلة المخللة و99 % في الفليفلة المجففة، وكان فقد الفينولات الكلية أقل من ذلك، فوصل إلى 26% في الفليفلة المخللة و96% في الفليفلة المجففة، وانعكس هذا على النشاط المضاد للأكسدة. وهذا يدل بوضوح على ضرورة العمل على ايجاد تقنيات تحافظ على أكبر كمية من هذه المواد الفعالة بيولوجياً.

الكلمـات الدالـة: فليفلة خضراء،مضادات الأكسدة، فيتامين C، فينولات كلية، حلوة،حارة، مخللة، مجففة.

المقدمـة

يسعى مربو النباتات ومنتجو الغذاء إلى تطوير نباتات تحتوي على مكونات غذائية وظيفية مثل مضادات الأكسدة نظراً لأهميتها من الناحية الصحية ولتأثيراتها المفيدة والهامة حتى ان بعضها يساعد في التخفيف من خطر الكثير من الأمراض. وأهم هذه النباتات الفاكهة والخضار التي تعد غنية جداً بالمركبات التي تملك نشاطاً مضاداً للأكسدة (Youdin and Joseph, 2001).

تعد أمريكا الموطن الأصلي للفليفلة (*Capsicum annum*) التي تنتمي للفصيلة الباذنجانية *Solanaceae*، ويستهلكها السكان بشكل كبير. توجد أنواع من الفليفلة تتميز بألوان مختلفة تتباين بين الأخضر والأصفر والبرتقالي والأحمر. والفليفلة مصدر هام لمركبات نشطة فيزيولوجياً كفيتامين C والمركبات الفينولية و β-كاروتين، وجميع المركبات السابقة تعد من مضادات الأكسدة الهامة. يتأثر محتوى ثمار الفليفلة من هذه المركبات بدرجة النضج والنوع و ظروف النمو، وقد يتأثر محتوى الثمار من هذه المركبات بعملية التصنيع (Howard et al., 1994; Lee et al., 1995; Zimin et al., 1996; Markus et al., 1999).

تعرف مضادات الأكسدة بأنها مركبات قادرة على منع

* قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

تاريخ استلام البحث 2008/9/4 وتاريخ قبوله 2009/2/1.

أو إعاقة أكسدة المركبات الأخرى؛ إذ تقوم بتقديم إلكترونات إلى الجذور الكيميائية الحرة وتتحول بدورها إلى جذور حرة ضعيفة غير فعالة ولا سامة (Halliwell, 1999).ولذلك يمكن أن نقول عن مضادات الأكسدة إنها تشكل حاجزاً يثبط أو يؤخر الأكسدة في الأنظمة الخلوية وذلك عبر كبت أو وقف استمرار سلاسل تفاعلات الأكسدة التي تعطي الجذور الحرة المعروفة بنشاطها وفعاليتها داخل النسج (Chatterjee et al., 2007). والجذور الحرة أنواع كيميائية (ذرات، جزيئات) تحتوي على إلكترون منفرد يجعل الذرة جذراً نشيطاً، تهاجم جزيئات المكونات الخلوية فتخربها وتولد جذوراً حرة أخرى تبدأ مرة ثانية بتخريب مكونات أخرى، وهكذا يستمر التسبب بالأضرار للخلايا المحيطة والنسج (Keith, 1999). ومن الأمثلة على المصادر الخارجية التي تولد الجذور الحرة: الدخان والمبيدات والهواء الملوث وبعض العقاقير والتوكسينات (Keith, 1999).

وذكر (Howard, 2001) أن محتوى الفليفلة من فيتامين C تناقص بمعدل 10% في الأيام الأربعة الأولى من التخزين في درجة حرارة 10°م، بينما كانت الخسارة بحدود 20% عند التخزين في درجة حرارة 20°م.

كما أوضح (Lee and Haward, 1999) أن حفظ الفليفلة بعد المعاملة بكلوريد الكالسيوم ($CaCl_2$) لمدة 124 يوماً أدى إلى بقاء أقل من 10% من كمية فيتامين C.

وتفقد الفليفلة 63% من محتواها من فيتامين C عندما تجفف طبيعياً (Howard, 2001).

أشار (Turkmen et al., 2005) إلى أن محتوى الفليفلة الخضراء من الفينولات الكلية ارتفع من 1345 مغ /100غ وزن جاف إلى 1371مغ/100غ وزن جاف عند المعاملة بالبخار وارتفع إلى 1696مغ/100غ وزن جاف عند المعاملة بالميكروويف، وقد ترافق ذلك مع ارتفاع في النشاط المضاد للأكسدة، بينما أدت المعاملات السابقة إلى انخفاض الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة في البازلاء والكراث. والسبب في هذا الانخفاض يعود لتهدم الفينولات خلال عملية الطبخ (Crozier et al., 1997). وأشار (Manzocco et al., 2001) إلى عدم تغير النشاط المضاد للأكسدة في الخضار والفاكهة المصنعة بسبب تشكيل مركبات أخرى كمنتجات تفاعل ميلارد التي تملك خواص مضادة للأكسدة. وفي دراسة مقارنة بين أثر طريقتين لتجفيف الفليفلة الحمراء بالطريقة التقليدية (التجفيف الشمسي) والطريقة الجديدة (التجفيف في درجة حرارة 70°م لمدة 6 ساعات) في النشاط المضاد للأكسدة وفيتامين C، وجد أن النشاط المضاد للأكسدة تضاعف ثلاث مرات في الفليفلة المجففة بالطريقة الجديدة مقارنة مع عينات الطريقة التقليدية، وكذلك احتفظت عينات الفليفلة المجففة بالطريقة الجديدة بفيتامين C بمعدل ثلاثة أمثال ما هو موجود في عينات الطريقة التقليدية (12.41مغ /100غ مقابل 3.05 مغ /100غ) (Kim et al., 2006).

ونرى من البحوث المنشورة التي استعرض جزء منها في هذه المقدمة أن المركبات الفعالة بيولوجياً في الفليفلة، ولحد ما في الخضار الأخرى، تتأثر بعمليات التصنيع من حرارة وغيرها، مما يؤدي بالتالي إلى إحداث تغيرات في النشاط المضاد للأكسدة. كما ان التقدم الحاصل في الأغذية الوظيفية والمغذيات الدوائية (Nutraceuticals) يدفعنا إلى التعرف على أي معلومات عن المكونات الداعمة للصحة من منتجات الفليفلة تؤدي إلى تعزيز المعرفة والإفادة من استعمالات هذه المنتجات الداعمة للصحة. نتناول في سورية الفليفلة بكثرة وبأشكال مختلفة (طازجة، مخللة، مجففة)، وتشير الإحصاءات الرسمية إلى أن استهلاك الفرد السوري من الفليفلة الخضراء بلغ 3.2 كغ في عام 2006، وكان حول هذا الرقم في الأعوام السابقة (المجموعة الإحصائية، 2007). ولا نعرف مدى تأثير العمليات التصنيعية من تجفيف وتخليل، كما هي متبعة في سورية، في المركبات الفعالة بيولوجياً، ولا في النشاط المضاد للأكسدة في الفليفلة الخضراء الحلوة والحارة المزروعة. كما لم نعثر على نشرة علمية مفيدة بهذا الخصوص، لذلك وضع مخطط هذا البحث لتوضيح النقاط السابقة.

مواد البحث وطرائقه

مواد البحث

ثمار الفليفلة Pepper Fruits

أخذت ثمار الفليفلة الخضراء(*Capsicum annum*) التي تنتمي للفصيلة الباذنجانية *Solanaceae* من مزرعة كلية الزراعة في موسم الحصاد التجاري لها (في شهر أيار)

لموسم 2007. إن عينات الفليفلة المستخدمة في هذا البحث هي عينات طازجة معروفة محلياً بالفليفلة الخضراء الحلوة والفليفلة الخضراء الحارة، وقد أخذت العينات متماثلة في الحجم واللون ودرجة النضج دون وجود أضرار عليها. نقلت الثمار إلى مخبر الصناعات الغذائية الكائن في كلية الزراعة. ثم قسمت لثلاثة أجزاء، جزء طازج خضع للتحليل الكيميائي مباشرة، وجزء تم تجفيفه في الظل، وجزء ثالث تم تخليله في محلول ملحي.

تجفيف ثمار الفليفلة

اتبعت الطريقة الشائعة في سورية لتجفيف ثمار الفليفلة التي يمكن وصفها كما يلي:

غسلت ثمار الفليفلة ووضعت جانباً لتجف ثم ثقبت ستة ثقوب بشوكة طعام، ثلاثة ثقوب من كل طرف،وعلقت على شكل قلادة، وترك فراغ صغير بين كل ثمرة وأخرى، ثم وضعت في مكان جاف في الظل وكانت درجة الحرارة السائدة في حدود(25°م) وكانت الرطوبة النسبية تتراوح بين 20 و50 بالمائة. ويسمى هذا النوع من التجفيف التجفيف الطبيعي تمييزاً له عن طرق التجفيف الأخرى. وبعد جفاف الثمار وضعت في أكياس من البولي إيثلين بعد أن تم ضغطها لتخفيف كمية الهواء في داخل الكيس و حفظت في الثلاجة. حللت العينات لمعرفة محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية بعد عملية التجفيف، وبعد تخزينها لمدة 12 اسبوعا، مع قياس النشاط المضاد للأكسدة، وجرى التحليل لثلاثة مكررات.

تخليل ثمار الفليفلة

اتبعت طريقة منتشرة في سورية لتخليل الفليفلة، تلخص كالتالي :

غسلت الثمار لإزالة الأوساخ والأتربة العالقة، بعدها ثقبت ووضعت في مرطبانات نظيفة معقمة، وأضيف إليها محلول ملحي 10%، وحفظت المرطبانات مغلقة لمدة أسبوعين حتى انتهاء التخليل، بعدها تم تبديل المحلول الملحي بمحلول مكون من محلول ملحي 2.5% وأضيف إليه حمض لبن بمعدل 20 غ / لتر وحمض الخل المركز بمعدل 30غ/لتر وكمية من كلوريد الكالسيوم بنسبة1غ /لتر، بعدها تمت عملية بسترة حتى وصلت درجة الحرارة داخل المرطبانات إلى 75°م وحفظت لحين التحليل. حللت العينات لمعرفة محتواها من فيتامين C بعد عملية التخليل، وفي أثناء التخزين لمدة 12 أسبوعا، في حين اقتصر تحليل الفينولات الكلية وقياس النشاط المضاد للأكسدة على العينات بعد التخليل مباشرة، وبعد تخزينها لمدة 12 أسبوعاً، وجرى تحليل ثلاثة مكررات لجميع العينات (Binested, 1971).

طرق التحليل الكيميائي Analytical Methods

تعيين الرطوبة والرماد والدهن والسكريات الكلية: تم تعيين كل من الرطوبة والرماد الدهن والسكريات الكلية وفقاً لما جاء في كتاب(AOAC) لعام2000.

تعيين حمض أسكوربيك: تم تعيين حمض أسكوربيك وفق (AOAC, 2000) باستخدام طريقة المعايرة بصبغة 6,2 ثنائي كلوروفينيل إندوفينول التي تعتمد على تغير لون هذه الصبغة نتيجة أكسدة حمض أسكوربيك إلى حمض أسكوربيك منزوع الهيدروجين.

استخلاص الفينولات الكلية: اتبع في استخلاص الفينولات الكلية من العينات المدروسة ما ورد في طريقة (Wada and Ou, 2002) مع بعض التعديلات، وذلك بأخذ 10غ من العينة المهروسة بالرمل النظيف في أنبوب من البولي إيثلين بسعة 50 مل وأضيف إليها 30 مل إيثانول مطلق،ثم استخلصت بعدها الفينولات باستخدام محرك مغناطيسي وبدرجة حرارة الغرفة لمدة ساعة، ثفلت بعدها العينة بجهاز طرد مركزي، والجهاز المستعمل ألماني المنشأ من النوع (Table Top Model, IEC 215) عند السرعة القصوى (Max RPM 3200) واخذ السائل الرائق للتحليل.

تعيين الفينولات الكلية

عينت الفينولات كمياً باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu المستخدمة من قبل (Asami et al., 2004)، حيث تم أخذ 2 مل من العينة التي سبق تحضيرها وأضيف لها3 مل من الماء المقطر و0.2 مل من كاشف فولين ووضعت في دورق معياري ذي سعة 10 مل ثم رج المزيج باستخدام محرك الأنابيب لنحو دقيقتين عند حرارة الغرفة ثم أضيف بعدها 4 مل من كربونات الصوديوم Na_2CO_3 (7%)، وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى

العلامة. خلط المزيج السابق وترك لمدة ساعتين في درجة حرارة الغرفة، بعدها ثفل وقرأ امتصاصه بالمطياف الضوئي على موجة طولها 750 نانو متراً. استعمل حمض غاليك كمحلول معياري مرجعي لتحضير المنحني المعياري بتركيز يتراوح من 0-50 ميكروغرام/مل (الشكل 1).

قياس النشاط المضاد للأكسدة

Assay of Antioxidant Activity

تم قياس النشاط المضاد للأكسدة بطريقتين، الأولى بتعيين النشاط الكابح للجذور الحرة باستخدام DPPH، والثانية طريقة زوال لون بيتا كاروتين.

تعيين النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل (DPPH).

Antioxidant activity determination using free radical 1, 1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH)

قيس النشاط الكابح للجذور الحرة وفقاً للطريقة المتبعة من قبل(Singh et al., 2002)

وهي بالمختصر كما يلي :

يضاف إلى مستخلص العينة بالميثانول الحجم نفسه من محلول DPPH (60 ميكرومول في الميثانول) وبعد المزج وخلط المزيج السابق بخلاط الأنابيب (Vortex) يقاس امتصاصه عند موجة طولها 517 نانومتراً بعد مضي 30 دقيقة. واستعمل الميثانول في التجربة الشاهدة بدلاً من العينة.

تقدير النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة بيتا كاروتين

Antioxidant activity determination using β-carotene method

قدر النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة تحديد زمن إزالة لون بيتا كاروتين (β-carotene bleaching time) المتبعة من قبل (Kaur and Kapoor, 2002) مع قليل من التعديل حيث أخذ 20 مل من محلول بيتا كاروتين (4 مغ بيتا كاروتين في 20 مل كلوروفورم) في دورق مخروطي ذي سعة 100 مل، بعدها أضيف0.2 غ من Tween-20، ثم بخر الكلوروفورم عند درجة حرارة 40°م باستخدام المبخر الدوراني وأضيف إلى المزيج 50 مل ماء مقطر مشبع بالأكسجين (وتم ذلك بإمرار الهواء لمدة زمنية ثابتة) مع التحريك اليدوي للحصول على مستحلب ثابت.أخذ 5 مل من المستحلب السابق إلى أنبوب اختبار موضوع فيه 0.2 مل من مستخلص العينة.

استعمل BHT و فيتامين C (50 مغ / لتر) كمضاد أكسدة مرجعي للمقارنة مع العينة المختبرة ووضع الميثانول بدلاً من مستخلص العينة في التجربة الشاهد. قيس الامتصاص الضوئي عند موجة طولها 470 نانومتراً وفي الزمن صفر. حضن المستخلص في حمام مائي عند 50°م وأخذ الامتصاص الضوئي كل 10 دقائق حتى زوال لون محلول بيتا كاروتين، واستغرقت هذه العملية 120 دقيقة.

عبر عن نتائج التحاليل الكيميائية للمواد الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة على أساس متوسط لثلاثة مكررات منسوبة إلى وزن 100غ من المادة، مع حساب الانحراف المعياري (±SD).

التحليل الإحصائي

أجري تحليل التباين (ANOVA) وفق التصميم العشوائي الكامل باستخدام برنامج SPSS لثلاثة مكررات، وجرت المقارنة بين المتوسطات بحساب أقل فرق معنوي(LSD)، وعدت الاختلافات معنوية عندما تكون $P<0.05$.

النتائج والمناقشة

التركيب الكيميائي للفليفلة الطازجة وتأثير التصنيع

يظهر الجدول (1) التركيب الكيميائي للفليفلة الخضراء الطازجة الحلوة والحارة. والواضح فيه أن قيمة فيتامين C تراوحت بين 75-86 مغ/100غ وزناً رطباً،حيث كانت قيمته 75 مغ/100غ في الفليفلة الحلوة و86 مغ/100غ في الفليفلة الحارة. وتراوحت قيمة السكريات الكلية بين 130.3 و136.3 مغ /100غ وزن رطب. وبلغت الفينولات الكلية 225.3 مغ /100غ مادة طازجة في الفليفلة الحلوة الطازجة و 207.3 مغ /100غ مادة طازجة في الفليفلة الحارة الطازجة.

وقد أورد (Lee et al., 1995) تراكيز للفينولات الكلية في أنواع مختلفة من الفليفلة الطازجة التي تراوحت بين (178-384) مغ /100غ مادة طازجة. وتقع مستويات الفينولات الكلية في الفليفلة المستخدمة ضمن هذا المجال.

يبين الجدول (2) التركيب الكيميائي لأصناف الفليفلة الحلوة والحارة المصنعة (المخللة والمجففة)، حيث تراوحت قيمة فيتامين C بين 40 و 55 مغ /100غ في الفليفلة المجففة وبين 67 و74مغ/100غ في الفليفلة المخللة بينما تراوحت قيمة السكريات الكلية بين120 و130.2مغ/100غ في الفليفلة المخللة والمجففة على التوالي، في حين كانت الفينولات الكلية 211 مغ /100غ مادة في الفليفلة الحلوة المجففة طبيعياً، وأقل من ذلك 195مغ/100غ مادة في الفليفلة الحارة المجففة طبيعياً، وحافظت الفينولات على تركيز 166-180 مغ/100غ مادة في الفليفلة المخللة. ويذكر أن أصناف الفليفلة وأنواعها التي درسها (Howard et al., 2001) تراوح تركيز حمض أسكوربيك فيها بين 76و 243 مغ/100غ، بينما تلك التي درسها (Lee et al., 1995) كانت نسب فيتامين C فيها بين 48 و198مغ /100غ. وقد وجد (Antonious et al., 2006) في أنواع الفليفلة التي درسوها أن تركيز الفينولات الكلية يتراوح بيـن 130و140 مغ/100غ، وأن تركيز حمض اسكوربيك يتراوح بين 120و160 مغ /100غ.

حتى نتمكن من مناقشة النتائج لتراكيز المواد الفعالة بيولوجياً مثل فيتامين C والفينولات الكلية ومدى تأثير التجفيف الطبيعي والتخليل وفق ما اتبع في هذا البحث، أي تقليدياً في سورية، يجب أن نعيد حساب تراكيز هذه المكونات على أساس الوزن الجاف، وذلك للاختلاف الشديد في نسب الرطوبة بين المنتجين، حيث نجد في الجدول (2) أن الرطوبة في الفليفلة المجففة طبيعياً تراوحت بين 7و8 % في حين بلغت في الفليفلة المخللة 93%. وتدل البيانات الموجودة في الجدولين (2، 3) على أن فيتامين C قد تهدم تقريباً بكامله خلال عملية التجفيف الطبيعي التي استغرقت أسبوعين، رغم شروط التجفيف المعتدلة التي وضعت فيها ثمار الفليفلة، حيث علقت على شكل قلادة ووضعت في الظل. ويبدو أن هذا الانخفاض الشديد في محتوى فيتامين C في الفليفلة المجففة طبيعياً بنوعيها الحلوة والحارة، راجع إلى النشاط المؤكسد لانزيم أوكسيديز العائد لفيتامين C (Ascorbic Acid Oxidase, AAO) الذي لم يبق منه إلا (44-60) مغ /100غ مادة جافة، وهذا يمثل 4.7 % فقط من كمية فيتامين C الأصلية التي توجد في الفليفلة الطازجة. فقد ذكر(Lee and Howard, 1999) أن الأكسدة قد تكون سبباً رئيسياً في خفض نسبة فيتامين C والفينولات الكلية في الفليفلة المخللة، لأن الهواء المتبقي في المحلول يحتوي على أكسجين ذواب وهذا بدوره يساهم في عملية الأكسدة، بالإضافة إلى التفاعلات الانزيمية كتفاعلات البيروكسيديز وأسكوربيك أسيد أوكسيديز، ومن المعروف أن فيتامين C عرضة للتفكك بالحرارة والأكسجين والعناصر المعدنية وأي رقم pH أعلى من 7، وأن هذا الفيتامين هو حمض ذواب في الماء، ولاشك في أن وجود الفليفلة في الماء يؤدي إلى نزوح فيتامين C من الفليفلة إلى الوسط المائي.

وقد درس (Schweigget et al., 2005) فعالية انزيم الليبوأوكسجنيز (LOX) والبيروكسيديز (POD) والبولي فينول أوكسيديز (PPO) في الفليفلة بعد تعريض المادة الطازجة إلى معاملة حرارية تمت بالبخار على الثمار الكاملة. وقد بينت نتائج هؤلاء الباحثين أن أقل الانزيمات الثلاثة السابقة ثباتاً للحرارة هو انزيم (PPO)،حيث تثبط نشاطه تماماً بالتسخين عند درجة حرارة 80°م لمدة 10 دقائق، بينما تثبط نشاط انزيم (LOX) عند تسخينه إلى درجة حرارة 90°م لمدة 5 دقائق، في حين بقي 3.5 % من النشاط الأولي لانزيم (POD)، رغم تطبيق برنامج زمن–حرارة قوي. ولاشك في أن هذه النتائج تبرهن على أن طريقة التجفيف التي اتبعت في هذا البحث أدت إلى عدم تثبيط عمل هذه الانزيمات في أثناء فترة التجفيف التي امتدت أسبوعين، وهذا يعطي مبرراً كافياً لتدهور الفينولات الكلية.وقد درس (Castro et al., 2008) تأثير المعاملة الحرارية عند درجات الحرارة 70 و80 و98°م لمدة (1-2.5) دقيقة على ثمار الفليفلة الحلوة الخضراء، ولاحظ أن انزيم البيروكسيديز يبدي ثباتاً عالياً للمعاملة الحرارية بينما انزيم البولي فينول أوكسيديز قد تم تثبيطه بصورة كاملة.

ويمكن المحافظة على نسبة كبيرة من فيتامين C في الفليفلة الطازجة إذا خزنت في جو معدل، حيث وصلت نسبة الاحتفاظ إلى 83% لمدة 15 يوماً، في حين كانت نحو 50% في الجو العادي (Howard and Brenes, 1997). وفي المقابل نجد أن عملية التخليل قد حافظت إلى حد كبير على

فيتامين C في الفليفلة المخللة (الجداول 1،2،3)، فقد بلغ تركيز هذا الفيتامين بين 1030و 1050 مغ /100غ مادة جافة، وهذه تعادل نحو 97 % من كمية فيتامين C في الفليفلة الخضراء.

وبالتالي يمكن القول إن تقنية التخليل حافظت بصورة جيدة على الفليفلة كمصدر جيد لفيتامينC للإنسان. ويبدو أن سبب احتفاظ الفليفلة المخللة بهذه النسب العالية من فيتامين C يعود بالدرجة الأولى إلى انخفاض pH الوسط في اثناء عملية التخليل حيث وصل pH المحلول في اثناء عملية التخليل إلى 4.3، ومن المعروف أن فيتامين C ثابت في الوسط الحمضي، و يتفكك بصورة معنوية في الأوساط المعتدلة والقلوية، بالإضافة إلى الأوكسجين (الهواء) والضوء، ويتفكك كاملاً في الحرارة (Fennema, 1996).

وما يقال عن تهدم فيتامين C بعملية التجفيف المتبعة ينطبق على الفينولات الكلية، حيث لم يبق من الفينولات الكلية بعد عملية التجفيف إلا نحو 8% من كمية الفينولات الموجودة. وهذا يدل أيضاً على نشاط الانزيمات المؤكسدة للفينولات التي يمكن أن نعدد منها (Polyphenol oxidase, Peroxidase, Lipoxigenase) (Aydin and Kadioglu, 2001)، بالإضافة إلى انزيمات الأوكسيديز الأخرى التي تتصف الخلية النباتية بغناها بهذه الانزيمات (Tolbert, 1980). ويمكن الاستنتاج بسهولة من الجداول (1،2،3) أن عملية التخليل التي دامت أسبوعين لم تهدم إلا 15% من الفينولات الكلية. ويبدو أيضاً أن هذا راجع إلى التأثير المثبط للوسط الحمضي في نشاط انزيمات الأكسدة السابقة .

تأثير التصنيع على الفليفلة الحلوة ونشاطها المضاد للأكسدة

يبين الجدول (5) وجود فروق معنوية ($P<0.05$) واضحة لتأثير طريقة التصنيع من تخليل وتجفيف هوائي في محتويات الفليفلة الخضراء الحلوة من فيتامين C والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة. فقد وصلت قيم فيتامين C في الفليفلة الطازجة إلى 1071.5 مغ/100غ مادة جافة، والفينولات الكلية 3218 مغ/100غ مادة جافة والنشاط المضاد للأكسدة وفق طريقتي DPPH وβ- كاروتين 55% و58% بالتتالي.

ويلاحظ من الجدول (5) أن فيتامين C هو المادة التي تأثرت أكثر من غيرها بتقنية التصنيع، سواء أكانت تخليلاً أم تجفيفاً، ويدلنا الجدول (5) على أن انخفاض مستوى فيتامين C بالتخليل وصل إلى 97% ولم يبق في الفليفلة المجففة إلا 0.5%من كمية فيتامينC، في حين نرى أن تدهور الفينولات كان أقل من ذلك. فقد أدى التخليل إلى تدهور 15% من كمية الفينولات، وازدادت هذه النسبة بالتجفيف الهوائي إلى 93%. ومن الواضح أيضاً أن هذا التدهور في هذه المركبات المهمة بيولوجياً من مضادات الأكسدة قد انعكس في انخفاض النشاط المضاد للأكسدة في الفليفلة المخللة والفليفلة المجففة هوائيا وبصورة معنوية ($P<0.05$) (الجدول 5)؛ ففي الفليفلة المخللة بلغ انخفاض النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة DPPH 46.2% والمقاس بطريقة β- كاروتين 49%.

تأثير التصنيع في الفليفلة الحارة ونشاطها المضاد للأكسدة

من الواضح من الجدول (6) أن تقنيتي تصنيع الفليفلة الخضراء الحارة لها تأثير سلبي في فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة؛ فقد انخفض فيتامين C في الفليفلة الخضراء الحارة المخللة إلى 1057 مغ /100غ مادة جافة، ووصل إلى 59.3 مغ /100 غ مادة جافة في الفليفلة الخضراء الحارة المجففة؛ بمعنى أنه بقي في الفليفلة المخللة ما يعادل 98% في حين لم يبق إلا 5% في الفليفلة الخضراء الحارة المجففة، وانعكس ذلك على النشاط المضاد للأكسدة حيث انخفض بمعدل 12.6% في المنتج المخلل وبمعدل 46% في المنتج المجفف وفق طريقة DPPH. وكانت نتائج النشاط المضاد للأكسدة بطريقة β- كاروتين متشابهة مع النتائج السابقة.

وتدل المتوسطات الموجودة في الجدولين (5، 6) على أن الفليفلة الحلوة أغنى إجمالاً بالفينولات الكلية سواءً أكانت مخللة أم مجففة من مثيلاتها في الفليفلة الحارة، كما تدل الأرقام الموجودة في الجدولين السابقين على أن الفليفلة الحارة أغنى بفيتامين C، وقد انعكس ارتفاع الفينولات الكلية في الفليفلة الحلوة على شكل ارتفاع مقابل في النشاط

المضاد للأكسدة(انظر الجدولين 5، 6). وهكذا يمكن القول إن تقنية التصنيع تؤثر في القيمة الغذائية للفليفلة الطازجة، ولكن تبقى المنتجات المخللة أفضل غذائياً من مثيلاتها المجففة في الهواء الطبيعي. إن هذا التدهور الشديد في فيتامين C قد أرجعه غالبية المؤلفين (Howard, 2001; Fennema, 1996) إلى شدة تأثر هذا الفيتامين بوجود الأكسجين حيث يتحول إلى حمض ديهايدرواسكوربيك الذي تتفكك فيه حلقة اللاكتون مع استمرار الأكسدة، ويتشكل حمض 3.2– ثنائي كيتو غولونيك، وهو حمض لا يملك أي فعالية كفيتامين C.

وجد (Surekha and Begum, 1993) أن نسبة الاحتفاظ بحمض أسكوربيك ارتفعت إلى 80% عند خزن الفليفلة في محلول 24% كلوريد الصوديوم لمدة ثمانية أيام فقط، ولم يجدا أي تأثير معنوي لأملاح كبريتات الصوديوم أوالبوتاسيوم أو المغنيزيوم أو أملاح الكلوريد في نسبة الاحتفاظ بفيتامين C. ولم يكن من أهداف هذه الدراسة معرفة مدى الاحتفاظ بفيتامين C لمدة قصيرة (ثمانية أيام)، وذلك لعدم فائدة ذلك من الناحية العملية التطبيقية، إنما ركزت الدراسة على دراسة تغيرات المواد البيولوجية المهمة عند تطبيق التقنيات المستعملة شعبياً وصناعياً على الفليفلة. ونجد أن نتائج تهدم فيتامين C في هذه الدراسة أعلى مما أورده (Howard et al., 2001) من انخفاض بنسبة 63% نتيجة التجفيف باستعمال الحرارة، ويبدو أن ذلك راجع إلى طول فترة التجفيف الطبيعي في هذه الدراسة، لذلك سوف ننصح العاملين في هذا المجال باختزال فترة التجفيف للمحافظة على أكبر كمية من فيتامين C في المنتج المجفف. كما أدت إضافة السكر والحمض إلى الفليفلة المخللة إلى رفع نسبة الاحتفاظ بفيتامين C، حيث وصلت 48% في الأسبوع الثالث و41% في الأسبوع الثامن (Yalim et al., 2003).

مجمل تأثير التصنيع في النشاط المضاد للأكسدة

نرى من البيانات الواردة في الجدول (3) الذي يبين مجمل تأثير عملية التصنيع في نوعي الفليفلة الحلوة والحارة أن عملية التخليل حافظت على مستوى أعلى بكثير من فيتامين C والفينولات الكلية في نوعي الفليفلة مقارنة مع ما تبقى منها في الفليفلة المجففة، وقد ترافق ذلك مع تراجع معنوي في قيم النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين هما: DPPH و β- كاروتين. وعليه نقول في المجمل ان تخليل الفليفلة الخضراء أدى إلى المحافظة على 97% من كمية فيتامين C في حين وصل الفقد في الفليفلة المجففة هوائياً إلى 95%، كما رافق التخليل فقد نحو 15% من الفينولات الكلية و92 % عند التجفيف هوائياً، فلا غرابة أن نجد أن النشاط المضاد للأكسدة قد تراجع إلى 26.4 % من 51.8% وفق طريقة DPPH وتراجع إلى 26.8 % من 55.5 % وفق طريقة β- كاروتين (الجدول 3).

كما تنسجم نتائج هذا البحث بالنسبة للنشاط المضاد للأكسدة مع نتائج (Greco et al., 2007) الذين أوردوا أن الفليفلة الطازجة تحوي أعلى نشاط مضاد للأكسدة، وبخاصة مركبات الجزء المحب للماء مع حمض أسكوربيك، وأن هذا النشاط يتناقص مع تصنيع الفليفلة.

جرت هذه الدراسة على الفليفلة الخضراء الحلوة والحارة، ولم تجر على الأنواع الأخرى الملونة لأنها أقل تناولاً ولعدم انتشار الأنواع الأخرى الملونة من أحمر وأصفر وبرتقالي وغيرها. ولكن (Sun et al., 2006) أجروا بحثهم على أنواع الفليفلة الملونة الحلوة التي ذكرت، وتبين لهم عدم وجود فرق معنوي في النشاط المضاد للأكسدة بين أنواع الفليفلة الحلوة الملونة. وقد قاسوا هذا النشاط بطريقة DPPH وهي الطريقة ذاتها التي استعملت في هذا البحث. ومن النتائج المهمة لبحث (Sun et al., 2006) أن جميع أنواع الفليفلة الملونة الأربعة المستعملة كانت قادرة على منع أكسدة الكوليسترول أو حمض DHA(C22:6) المعرضين إلى الحرارة، وتفردت الفليفلة الخضراء بقدرتها الملموسة إحصائياً على منع أكسدة DHA مقارنة مع الأنواع الأخرى.

من ضمن الخضروات التي درسها (Pellegrini et al., 2003) الفليفلة واستعملوا في قياس النشاط المضاد للأكسدة ثلاث طرق، وقد اتت الفليفلة في المرتبة الثانية من حيث قوة النشاط المضاد للأكسدة بعد السبانخ. والدراسة المشار إليها هي دراسة مسحية شملت الفواكه والخضار المستهلكة في ايطاليا، ومما لاشك فيه أن مثل هذه الدراسات المسحية تساعد في ايجاد علاقة بين ما يتناوله الانسان عبر غذائه من

مضادات أكسدة وبين الأضرار الناشئة عن الأكسدة التي يمكن أن تحرض على الأمراض.

تأثير التخزين في فيتامين C والفينولات الكلية في الفليفلة المخللة والمجففة

يوضح الجدول (4) مجمل تأثير التخزين في نوعي الفليفلة، ويوضح الجدولان(7،8) تأثير التخزين في الفليفلة الحلوة والحارة، ونلاحظ أن الفليفلة الحلوة لاتزال تحتوي في نهاية عملية التخزين على كمية أعلى من الفينولات الكلية من مثيلتها الفليفلة الحارة في نوعيها المصنعين (المخللة والمجففة)، كما نجد أيضاً أن الكمية المتبقية في نهاية مدة التخزين هي أعلى قليلاً في الفليفلة الحارة مما هي عليه في الفليفلة الحلوة. وقد انعكس هذا كله على قيم النشاط المضاد للأكسدة الموجودة في الجدولين(7،8). وتنسجم نتائج هذا البحث مع ما ذكره (Yalim et al., 2003) من أن فيتامين C يتناقص خلال التخليل لمدة 3 أسابيع، ولكن تختلف نتائج هذا البحث مع نتائج البحث المذكور لأن فيتامين C لم يتناقص إلا بمعدل 59%، نتيجة لإضافة السكر وحبات الحمص، خلال تخزينه لمدة 8 أسابيع، بينما يتناقص فيتامين C في هذا البحث بمعدل 93%. وقد أجرى (Tonelli,1981) بحثه في درجات حرارة مختلفة هي 10 و20 و30°م عند تخزين الفليفلة الحلوة الخضراء، فوجد أن حوالي 85-90 % من المركبات البيولوجية الهامة لم تتغير عند التخزين في درجة حرارة 10°م ولكن ظهرت التغيرات بشكل واضح عند التخزين في درجتي حرارة 20 و30°م.

علاقة النشاط المضاد للأكسدة مع الفينولات

وجدت في هذا البحث علاقة قوية بين الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة DPPH (r^2=0.90 - 0.96) كما هو واضح في الشكلين (3،4). وكانت هذه العلاقة أيضاً عالية وفق طريقة بيتا كاروتين (r^2=0.88-0.91) كما في الشكلين (5،6). وقد درست هذه العلاقة بين الفينولات الكلية على أساس الوزن الجاف والنشاط المضاد للأكسدة في الفليفلة الخضراء الطازجة والمخللة والمجففة بنوعيها(الحلوة والحارة).

وتتوافق نتائج هذا البحث مع ما توصل إليه (Lee et al., 1995) من وجود علاقة قوية (r^2=0.86) بين النشاط المضاد للأكسدة والمركبات الفينولية التي تعد الفلافونيدات من ضمنها.

ولعل(Larson, 1988) أول من وضح أن مركبات الفينول في النباتات ومن ضمنها تلك الموجودة في الفليفلة تساهم في تكوين النشاط المضاد للأكسدة كما قاسه عبرطريقة زوال لون بيتا كاروتين. ومن الباحثين من وجد علاقات ايجابية عالية(r^2=0.80- 0.97) بين الفينولات الكلية وحمض اسكوربيك والسكريات الحرة (Antonious et al., 2006). لقد تم في هذه الدراسة تعيين الفينولات الكلية التي ارتبطت ايجابياً وبصورة واضحة تماماً مع النشاط المضاد للأكسدة وفي الطريقتين المستخدمتين (الأشكال 3،4،5،6). إلا أنه لم تجر محاولات لتمييز الفينولات الموجودة، لأن هذا العمل يحتاج بحد ذاته إلى بحث مستقل. وقد ميز باحثون آخرون أن الفلافونيدات تلعب دوراً مهماً كأحد مكونات الفينولات الكلية وأن الكويرستين (quercetin) واللوتولين (Luteolin) يشكلان معظمها (Howard, 2001). وقد بين (Lee et al., 1995) أن اللوتولين أقوى من الكويرستين والكابسايسين (capsaicin) في النشاط المضاد للأكسدة عند القياس بزوال لون بيتا كاروتين.

الاستنتاج

تبين أن التجفيف الطبيعي في الحرارة المعتدلة والظل لقرون الفليفلة قد أدى فعلاً إلى تهدم جميع فيتامينC تقريباً وحوالي 92.5%من الفينولات الكلية في حين حافظت الفليفلة المخللة على نسب أعلى من فيتامين C، وتهدم فيها من الفينولات الكلية حوالي 15%، وفي الواقع يجب إعادة النظر بطرق التصنيع والتخزين المستعملة حالياً للفليفلة، بغية تخفيف تهدم فيتامين C والفينولات الكلية التي تعد من الكيماويات النباتية المهمة في تغذية الإنسان.

الجدول(1): المتوسطات العامة للتركيب الكيميائي لأصناف الفليفلة الخضراء الطازجة الحلوة والحارة.

التركيب الكيميائي	طازجة	
	حلوة	حارة
% الرطوبة	0.81±93	0.81±92
% الرماد	0.002±0.348	0.002±0.334
السكريات الكلية (مغ /100غ)	0.52±136.6	0.24±130.3
% الدهن	0.008±0.02	0.008±0.01
فيتامين C (مغ /100غ)	1.63±75	1.63±86
الفينولات الكلية (مغ/100غ مادة رطبة)	0.61±225.3	0.1±207.3

الجدول(2): تأثير التجفيف الهوائي والتخليل في التركيب الكيميائي للفليفلة الخضراء الحلوة والحارة.

التركيب الكيميائي	مجففة هوائياً		مخللة	
	حلوة	حارة	حلوة	حارة
% الرطوبة	0.08±8	0.08±7.2	0.81±93.5	0.81±93
% الرماد	0.008±3.86	0.16±3.7	0.12±0.336	0.12±0.321
السكريات الكلية (مغ /100غ)	0.08±211.5	0.16±208.9	0.24±130.2	0.24±120

التركيب الكيميائي	مجففة هوائياً		مخللة	
	حلوة	حارة	حلوة	حارة
% الدهن	0.008±0.15	0.008±0.13	0.08±0.02	0.08±0.01
فيتامين C مغ /100غ	0.81± 40	0.81± 55	0.8±67	0.4±74
الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة)	0.8±211	0.8±195	1.6±180	1.6 ±166

الجدول (3): مجمل تأثير تقنية تصنيع الفليفلة الخضراء بالتخليل والتجفيف في متوسط محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين.

تقنية التصنيع	فيتامين C (مغ /100غ مادة جافة)	% النشاط المضاد للأكسدة		الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة جافة)
		DPPH	β- كاروتين	
طازجة(1)	6.2±1073$^{a(2)}$	0.36±51.8^{a}	1.00±55.5^{a}	1.6±3004^{a}
مخللة (3)	3.2±1044^{b}	0.4±44.3^{b}	0.1±48^{b}	1.6±2563 ^{b}
مجففة(3)	0.8± 51.4^{c}	0.2±26.4^{c}	0.2± 26.8^{c}	0.32 ±219 ^{c}

(1) متوسط نوعي الفليفلة الحلوة والحارة.

(2) يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية عند مستوى$P<0.05$.

(3) متوسط نوعي الفليفلة الحلوة والحارة في نهاية التصنيع.

الجدول (4): مجمل تأثير التخزين في الفليفلة الخضراء المخللة والمجففة في متوسط محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين.

تقنية التصنيع	فيتامين C (مغ /100غ مادة جافة)	% النشاط المضاد للأكسدة		الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة جافة)
		DPPH	β- كاروتين	
طازجة (1)	6.2± 1073$^{a(2)}$	0.36±51.8^{a}	1.00±55.5^{a}	1.6±3004^{a}
مخللة (3)	0.4±74 ^{b}	0.4±40.9^{b}	0.1±43^{b}	1.6±2165 ^{b}
مجففة(3)	0.08± 0.43^{c}	0.2±25.4^{c}	0.2± 19^{c}	0.32 ±139.5 ^{c}

(1) متوسط نوعي الفليفلة الحلوة والحارة.

(2) يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية عند مستوى$P<0.05$.

(3) متوسط نوعي الفليفلة الحلوة والحارة في نهاية التخزين .

الجدول (5): تأثير تقنية التصنيع للفليفلة الخضراء الحلوة في محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين.

تقنية التصنيع	فيتامين C (مغ /100غ مادة جافة)	% النشاط المضاد للأكسدة		الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة جافة)
		DPPH	β- كاروتين	
طازجة (1)	3.2 ± 1071.5[a (2)]	0.36±55[a]	1.00±58[a]	3.2±3218.5[a]
مخللة	0.8±1030.7[b]	0.4±46.2[b]	0.2± 49[b]	1.6± 2769[b]
مجففة	0.2 ±43.5[c]	0.2±26.8 [c]	0.2±27.7 [c]	0.32 ±229.4[c]

(1) متوسط نوعي الفليفلة الحلوة في نهاية التصنيع .

(2) يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية عند مستوى$P<0.05$.

الجدول (6): تأثير تقنية التصنيع للفليفلة الخضراء الحارة في محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين.

تقنية التصنيع	فيتامين C (مغ /100غ مادة جافة)	% النشاط المضاد للأكسدة		الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة جافة)
		DPPH	β- كاروتين	
طازجة (1)	1.6±1075[a (2)]	0.2±48.6[a]	0.2± 53[a]	1.2±2591[a]
مخللة	2.4±1057 [b]	0.1± 42.5[b]	0.1± 47[b]	1.6±2371.4 [b]
مجففة	0.8±59.3 [c]	0.1±26.3[c]	0.1±25.9[c]	0.8±210[c]

(1) متوسط نوعي الفليفلة الحارة في نهاية التصنيع .

(2) يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية عند مستوى$P<0.05$.

الجدول (7): تأثير التخزين في الفليفلة الخضراء الحلوة المخللة والمجففة في محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين.

تقنية التصنيع	فيتامين C (مغ /100غ مادة جافة)	% النشاط المضاد للأكسدة		الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة جافة)
		DPPH	β- كاروتين	
طازجة (1)	1.2±1071[a (2)]	0.36±55[a]	1.00±58[a]	3.2±3218.5[a]
مخللة	0.8±61.5[b]	0.4±43[b]	0.2± 46[b]	1.6±2527.7[b]
مجففة	0.02±0.33[c]	0.2±26.4 [c]	0.2±20 [c]	0.8 ±139[c]

(1) متوسط نوعي الفليفلة الحلوة في نهاية التخزين .

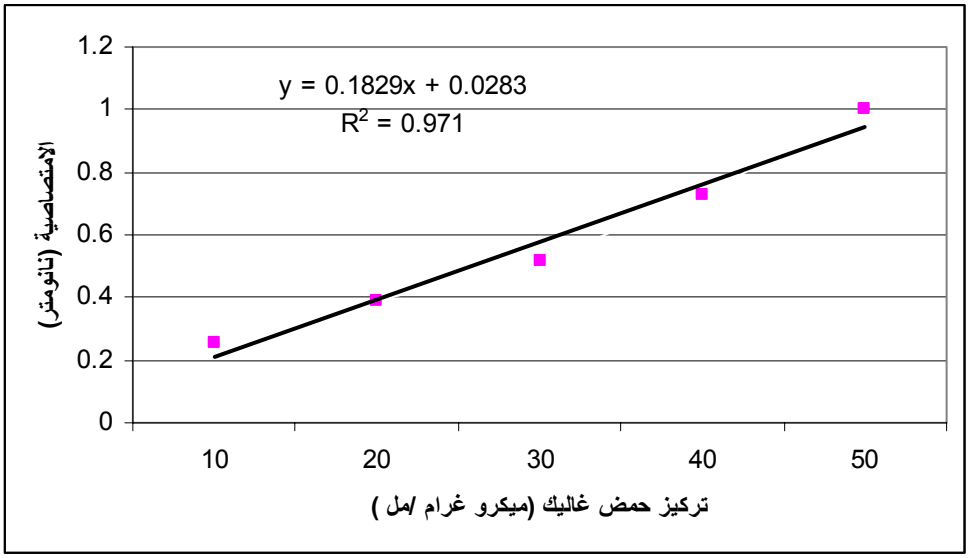
(2) يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية عند مستوى$P<0.05$.

الجدول (8): تأثير التخزين في الفليفلة الخضراء الحارة المخللة والمجففة في محتواها من فيتامين C والفينولات الكلية وفي النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقتين.

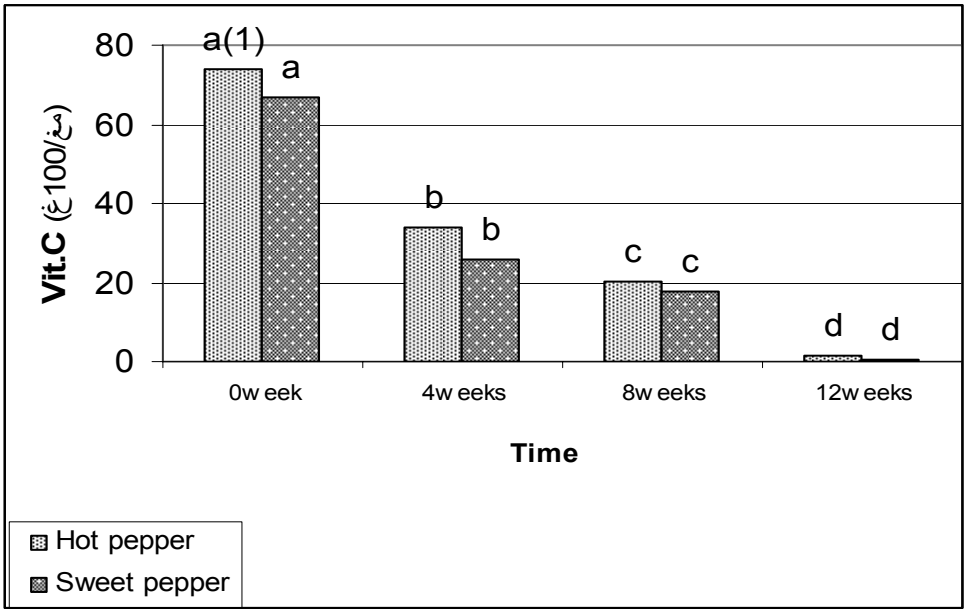
تقنية التصنيع	فيتامين C (مغ /100غ مادة جافة)	% النشاط المضاد للأكسدة		الفينولات الكلية (مغ /100غ مادة جافة)
		DPPH	β- كاروتين	
طازجة (1)	1.2±1075$^{a\,(2)}$	0.2±48.6^{a}	0.2± 53^{a}	0.1±2591^{a}
مخللة	0.8±85.7 ^{b}	0.1± 38.8^{b}	0.1± 42^{b}	1.6±1828.5 ^{b}
مجففة	0.2±0.54 ^{c}	0.1±24.4^{c}	0.1±18^{c}	0.8±126^{c}

(1) متوسط نوعي الفليفلة الحارة في نهاية التخزين .

(2) يشير اختلاف الأحرف ضمن العمود الواحد إلى وجود اختلافات معنوية عند مستوى$P<0.05$.

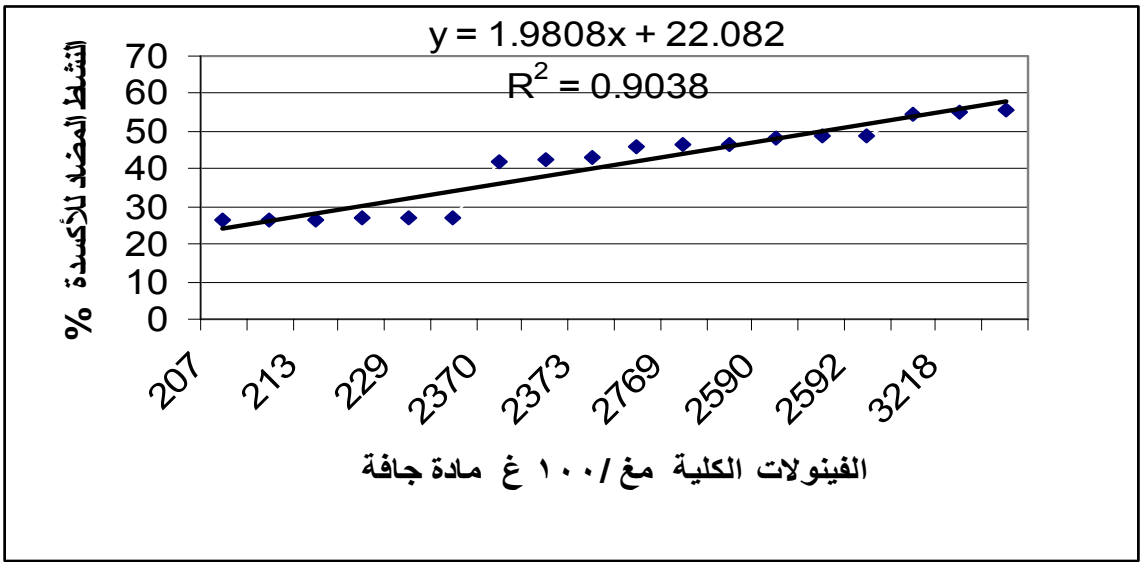


الشكل(1): المنحني المعياري لتعيين الفينولات الكلية.

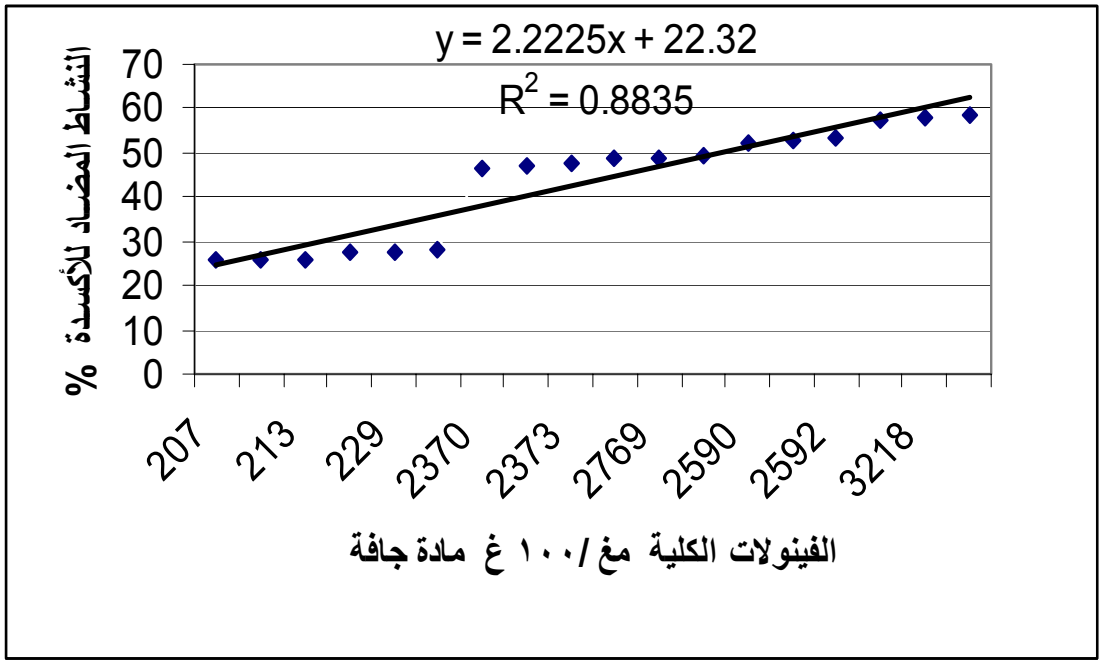


الشكل (2): متوسط تغيرات فيتامين C في الفليفلة الخضراء المخللة (الحلوة والحارة) خلال التخزين.

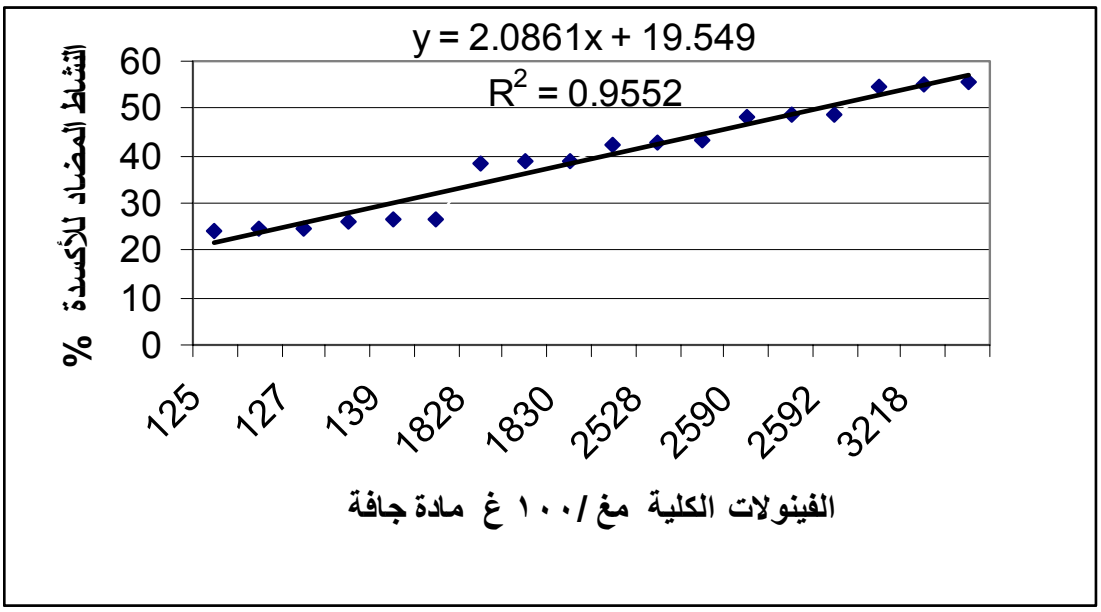
(1) يشير وجود حرف مشترك واحد ضمن فترة تخزين محددة إلى عدم وجود فروق معنوية ($P<0.05$) ، بينما يشير اختلاف الأحرف بين فترات التخزين إلى وجود فروق معنوية ($P<0.05$).



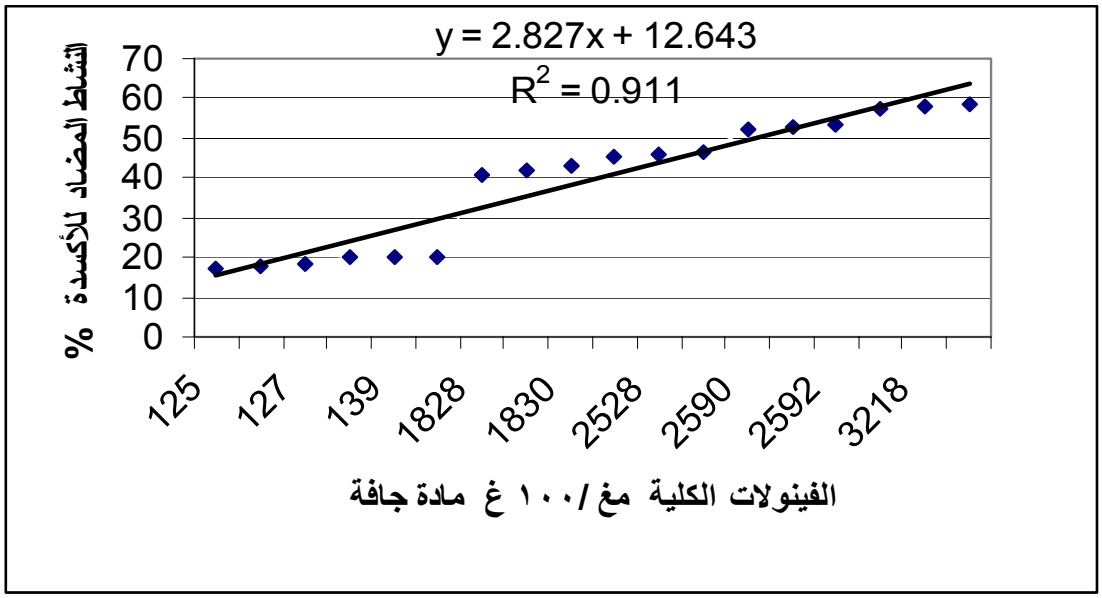
الشكل(3): علاقة الفينولات الكلية في الفليفلة الخضراء الطازجة والمخللة والمجففة بالنشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة DPPH بعد عملية التصنيع .



الشكل(4): علاقة الفينولات الكلية في الفليفلة الخضراء الطازجة والمخللة والمجففة بالنشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة β- كاروتين بعد عملية التصنيع .



الشكل(5) علاقة الفينولات الكلية للفليفلة الخضراء الطازجة والمخللة والمجففة بالنشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة DPPH في نهاية فترة التخزين .



الشكل(6): علاقة الفينولات الكلية في الفليفلة الخضراء الطازجة والمخللة والمجففة بالنشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة β- كاروتين بعد نهاية فترة التخزين .

المراجـع

Antonious, G.F., Kochhar, T.S., Jarret, R.L. and Snyder, J.C. 2006. Antioxidants in hot pepper: variation among accessions. ***J. Environmental Science and Health,*** Part B, 41(7): 1237-1247.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 17th Ed., Maryland, U.S.A.

Asami, D.K., Hong, Y.J., Barrett, D.M. and Mitchell, A.E. 2004. Comparison of the total phenol and ascorbic acid content of freeze – dried and air dried Marino berry strawberry, and corn grown using conventional, organic and sustainable agricultural practices. ***J. Agric. Food Chem.,*** 51:1237-1241.

Aydin, N. and Kadioglu, A. 2001.Changes in the chemical composition of polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). ***Bulg. J. Plant Physiol.,*** 27:85-92.

Binested, R., Devey, J.D. and Dakin, J.C. 1971. Pickles and sauce making. 3rd. Edition, Food Trade Press, London.

Byers, T. and Perry, G. 1992. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. ***Ann. Rev. Nutri***., 12:139-159.

Castro, M.S., Saraiva, J.A., Lopes-da-silva, J., Delgadillo, I., Loey, V., Smout, C. and Hendrickx, M. 2008. Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). ***Food Chemistry***, 107(4): 1436-1449.

Chatterjee, S., ZareenaNiaz, S., Gautam, Soumyakanti Adhikari, Prasad S. Variyar and Arun Sharma. 2007. Antioxidant activity of some phenolic constituents from green pepper (*Piper nigrum* L.) and fresh nutmeg mace

(*Myristica fragrans*). ***Food Chem***., 101: 515-523.

Crozier, M.E.J., Lean, M.S., McDonald and Black, C. 1997. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce and celery. ***J. Agric. Food. Chem***., 45: 590-595.

Fennema, O.R.1996. Food chemistry, 3rd. Edition, Marcel Dekker, Inc., New York. USA. Pages 533-561-566.

Greco, L., Riccio, R., Bergero, S., Del Re, A. and Trevisan, M. 2007. Total reducing capacity of fresh sweet peppers and five different Italian pepper recipes. ***Food Chemistry***, 103(4): 1127- 1133.

Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C. 1999. Free radical in biology and medicine, 3rd Edition. Oxford University Press, New York.

Howard, L.R., Smith, R.T., Wagner, A.B., Villalon, B. and Burnes, E. E.1994. Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars(Capsicum species) and processed jalapenos. ***J. Food Sci***., 59: 362-365.

Howard, L.R. and Hernandez-Brenes, C. 1997. Antioxidant content and market quality of Jalapeno pepper rings as affected by minimal processing and modified atmosphere packaging. ***J. Food Quality***, 21(4): 317-327.

Howard, L.R, 2001. Antioxidant vitamin and phytochemical Content of fresh and processed pepper fruit (*Capsicum annuum*). Chapter 13 in Handbook of Nutraceutical and Functional Food, Wildman, R.C., (Editor). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2002. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. ***Int. J. Food Sci. Technol.***, 37:153-161.

Keith, E. 1999. Antioxidants and health, (http://www.Aces,edu/pubs/docs/ H/HE-0778).

Kim, S., Ki Won Lee, Jaebok Park and Hyong J. Lee. 2006. Effect of drying in antioxidant activity and changes of ascorbic acid and colour by different drying and storage in Korean red pepper (*Capsicum annuum*, L.). ***J. Food Science and Technology***, 41 (1):90–95.

Larson, R.L. 1988. The antioxidant of higher plants. ***Phytochemistry***, 27:969-978.

Lee, Y., Howard, L.R. and Villalon, B. 1995. Flavonoids and antioxidant activity of fresh (*Capsicum annuum*) cultivars. ***J. Food Sci***., 60: 473-476.

Lee, Y. and Howard, L.R. 1999. Firmness and phytochemical losses in pasteurized yellow banana pepper (*Capsicum annuum*) as affected by calcium chloride and storage. ***J. Agric. Food. Chem***., 47: 700-703.

Manzocco, L., Calligaris, S., Masrrocola, D., Nicoli, M.C. and Lerici, C.R. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed food. ***J. Food Sci. Technol***., 11:340-346.

Markus, F., Daood, H. G., Kapitany, J. and Biacs, P.A. 1999. Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. ***J. Agric. Food. Chem***., 47:100-107.

Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., DelRio, D., Salvatore, S., Bianchi, M. and Brighenti, F. 2003. Total antioxidant capacity of plant food, beverages and oil consumed in Italy assessed by three different *in vitro* assays. ***J. Nutrition*** , 133: 2812- 2819.

Schweiggert, U., Schieber, A. and Carle, R. 2005.Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material. ***J. Innovative Food Science and Emerging Technologies***, 6 (4): 403-411.

Singh, R.P, Chidambara, K.N. and Jayaprakasha, G.K. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using *in vitro* models. ***J. Agric. Food. Chem***., 50: 81-86.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.T., Janes, M., Prinyawiwat, K. and No, K. 2006. Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). ***J. Food***

Science, 72 (2): 98 - 102.

Surekha, S. and Begum, K. 1993. Retention of ascorbic acid in pickles – effect of different spices and salts (an *in vitro* study). ***Food / Nahrung***, 37(6): 596-601.

Tolbert, N.E. (editor). 1980. The biochemistry of plant, (volume 1), Stumph, P.K. and Conn, E.E. (editors in chief), Academic Press, New York, USA.

Tonelli, D., Gattavecchia, E. and Budini, R. 1981. Biochemical change in green sweet peppers during storage at different temperatures. ***Food Chem***., 7: 189-193.

Turkmen, N., Ferda, S. and Sedat, V. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetable. ***Food Chem***., 93: 713-718.

Wada, L. and Ou, B. 2002. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries. ***J. Agric. Food. Chem***., 50: 3495-3500.

Yalim, S., Ksel, U. and Zdemir, O. 2003. Effects of preparation procedures on ascorbic acid retention in pickled hot peppers. International ***J. Food Science and Nutrition***, 54(4): 291-296.

Youdin, K.A. and Joseph, J.A. 2001. A possible emerging role of phytochemicals in improving age related neurological dysfunction: a multiplicity of effect. ***Free Radical Biology and Medicine***, 30:583-594.

Zimin, V.G., Ninokata, H., Daood, H.G., Vinkler, M., Markus, F., Hebshi, E.A. and Biacs, P.A. 1996. Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. ***Food Chem***., 55 (4): 365-372.

The Effect of Natural Drying and Pickling on Ascorbic Acid , Total Phenols and Antioxidant Activity in Green , Sweet and Hot , Pepper (*Capsicum annuum* , L).

Ghiath M. Sumainah,* Obaidah S. Abdallah** and Mohamed A. Mohamed *

ABSTRACT

Green peppers, sweet and hot, were processed by widely used pickling and natural drying procedures, and changes in their content of chemical composition (moisture, ash, sugar and fat), biological active compounds (T-phenol, vit.C) and antioxidant activity, were followed, as no practical paper was attainable.

The results of statistical analysis showed significant differences ($P<0.05$) between fresh, pickled and dried peppers, as found with ascorbic acid, T-phenol and antioxidant activity measured by DPPH and β-carotene bleaching. Vit.C changed from 1073mg/100g DM in fresh pepper to 1044mg/100g DM in pickled pepper and reached 51.3mg/100gDM in dried pepper. The decrease in T-phenol was smaller, it changed from 3004 mg/100gDM in fresh pepper to 2563 mg/100gDM pickled pepper and reached 219mg/100g DM in dried pepper. These changes were reproduced significantly ($P < 0.05$) in antioxidant activity.

Storage of pickled and dried peppers for 12 weeks showed a significant loss of vit.C in pickled (93%) and dried pepper (99%). The loss in T-phenol was found to occur to a lesser degree, 26% and 96% in pickled and dried peppers, respectively. These changes influenced the antioxidant activity. All the above results indicate the necessity to work out new techniques able to preserve the valuable biological compounds in pepper.

KEYWORDS: Green pepper, Antioxidants, Total phenol, Vit.C, Pickled and dried pepper.

* Food Science Department, Faculty of Agriculture , Damascus University , Damascus , Syria. P.O.BOX 9198 , E-mail: g-sum@scs-net.org
** Master Student.
Received on 4/9/2008 and Accepted for Publication on 1/2/2009.