مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية المجلد (16) العدد (3) – (2016)
ISSN-1813-1646

عزل وتشخيص مركب الكابسنثين من أنواع الفلفل الحلو (*Capsicum annuum* L.) كمضاد للأكسدة ودراسة خواصه الكيميائية

علي صباح محمد صالح الحديثي* [1] ورافد خليل عبد الرزاق* ومصطفى راجي عايد**

*قسم علوم الأغذية– كلية الزراعة – جامعة تكريت **قسم علوم الكيمياء–كلية العلوم–جامعة كركوك

الخلاصة

تضمنت الدراسة استخلاص مادة الكابسنثين من أنواع الفلفل الحلو Sweet pepper (الأحمر ، والاصفر ، والاخضر) واستخدامه كمضاف غذائي الى زيت الذرة ، وقد أظهرت نتائج هذه الدراسة تميز الفلفل الأحمر في محتواه من الدهن بنسبة 0.3غم/100غم من الوزن الرطب في حين تميز الفلفل الأخضر بمحتواه من الكاربوهيدرات بنسبة 6.32غم /100غم من الوزن الرطب وتميز الفلفل الأصفر بالبروتين بنسبة بلغت 1غم/100غم من الوزن الرطب . اظهر الفلفل الحلو الأحمر بأنه هو العينة الأمثل لاستخلاص الكابسنثين مقارنة مع الفلفل الحلو الأصفر والاخضر حيث بلغت نسبة الكابسنثين فيه 823.174 ملغم/كغم ، باستخدام الايثر البترولي Petrolium ether مقارنة مع المذيبات الاخرى ، واظهرت النتائج ان نسبة الاستخلاص 9:1 (وزن : حجم)، وعلى درجة حرارة 40 م وفترة الاستخلاص 300 دقيقة هي الظروف المثلى للاستخلاص . تم استخدام تقنية الطبقة الرقيقة **TLC** في فصل مركب الكابسنثين حيث كانت قيمة الـ RF= 0.29 ، وتم فصل ثلاث حزم بواسطة عمود الكروموتوكرافي تراوحت الوانها بين الأحمر والبرتقالي والتي أظهرت قيم أعلى امتصاصية لها عند الأطوال الموجية 476 ، 453 ، 405 نانومتر للأجزاء 1–3 على التوالي .

الكلمات المفتاحية :
عزل ، تشخيص ، الكابسثين ، انواع الفلفل الحلو ، مضاد ، اكسدة .

للمراسلة:
علي صباح محمد الحديثي
البريد الالكتروني:
Ali.sabahms@yahoo.com

Extraction and Purification of The Capsanthin From Sweet Pepper and Study Its Chemical and Physical Properties as Antioxidant

Ali S. Mohamed Salih AL-Hadithi*; Rafed k. Abdul Razak* and Mustafa R. Ayyed**

*Dept. of Food Sci.- College of Agric.- Tikrit University **Chemical Sci. Dep.- College of Science- Kurkuk Uni.

ABSTRACT

The study involved the extraction of Capsanthin from sweet peeper types (Red, yellow and green)and using the extract as an additive to corr oil . The study showed that the red peeper was outstanding in its fat content of 0.3g while the green peeper was outstanding in its carbohydrate content of 6.32g . On the other hand, the yellow peeper was outstanding in its protein content of 1g . The samples of sweet red peeper was the optimum sample for capsanthin extraction in comparison with sweet yellow and green peeper with extraction ratio of 823.174 mg/kg for red peeper by used petroleum ether comparison with other solvents .. the result showed that the ratio of extraetion 1;9 (w/v) and temperature of 40c and extraction time 300 min were the optimum conditions for extraction . TLC Technique has been used to separate and identify capsanthin with R_f=0.29 and three zones were seperatecl by column chromatography ranged from red to orange and with maximum absorption values λ_{max} at 476, 453, 405 nm for three parts respectively.

Key words:
sweet pepper , capsanthin , extraction.

Correspondence:
Ali M.M.S. Al-Hadithi
E-mail:
Ali.sabahms@yahoo.com

[1] البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول

المقدمة Introduction :

في الأونة الأخير اصبح واضحا خطر واضرار الصبغات الصناعية على الانسان ، والتي قد يسبب البعض منها اضرارا صحية وبعض الأمراض الخطرة مثل الأورام والسرطانات واختلاف في الكروموسومات لذلك منع استخدامها . تعتبر الصبغات الطبيعية الحل الأمثل بسبب امتلاكها العديد من الخصائص الممتازة دون أي تأثير جانبي يذكر ، حيث انها أمينة وقابلة للتحلل في الجسم بشكل كلي والصبغات أيضا الطبيعية لها خصائص علاجية لبعض الامراض . وفي الوقت الحاضر زاد اهتمام الباحثين في استخدام الصبغات الطبيعية على نطاق واسع (Scotter، 2011) ، يعتبر الكابسنثين والكابسوربين من الصبغات الطبيعية المرخص باستخدامها من قبل الهيئات الصحية الدولية مثل منظمة الغذاء والدواء الامريكية (FDA) ومنظمة الأغذية والزراعة العالمية (FAO) في مجال تلوين العديد من المنتجات الغذائية .

يتم استخدام الفلفل الحلو وتناوله اما بصورة طازجة وهو الأكثر صحيا او في عمليات الطهي كونه احد الخضراوات او قد يستخدم بشكل بابريكا والتي هي نوعاً من التوابل المُعَدة عن طريق طحن ثمار بعض أنواع الفلفل المجفف (مثل الفلفل الأخضر أو الفلفل الحار) (حسن، 2001).

أثبتت الدراسات ان الكابسنثين يوجد بصورة كبيرة في ثمار الفلفل الحلو ، كما أثبتت تميز هذه المكونات بأهمية علاجية تجاه العديد من أنواع السرطانات والأورام وامراض القلب ، لذلك تم الاستفادة منها في صناعة العديد من الأغذية العلاجية ومستحضرات التجميل (الساعد ، 2007) . . واستخدم Lidiane وآخرون (2014) الهكسان كمذيب لاستخلاص الكابسنثين . وأشار Breithaupt (2004) الى استخدام الميثانول في الاستخلاص كذلك . وقد هدفت الدراسة هو تحديد الظروف المثلى لاستخلاص الكابسنثين من أنواع الفلفل الحلو (الأخضر ، الأصفر ، الأحمر) و تنقية أو فصل وتشخيص الكابسنثين المستخلص ودراسة خواصه الفيزيائية والكيميائية ، حيث درس Lopez وآخرون (1986) تأثير اشعة الشمس والظل على الكابسنثين ووجد ان اعلى نسبه له هي تحت اشعة الشمس ، ودرس Minguezmosquera وآخرون ،(1994) تأثير التجفيف بالفرن الكهربائي وتحت اشعة الشمس ووجد ان نسبة الكابسنثين تكون اعلى اذا جففت تحت اشعة الشمس مقارنة مع الفرن الكهربائي ، ودرس Topuz وآخرون (2011) تأثير الحرارة والبخار والتشعيع خلال مدة الخزن حيث وجد انها تؤثر بشكل كبير على صفات الكاروتين .

المواد وطرق العمل :

جمع العينات : تم الحصول على الفلفل الحلو (الأحمر ، الأصفر ، الأخضر) من أسواق كركوك المحلية وتم تشخيصها من قبل اختصاصين في تصنيف النبات وكانت على درجة عالية من الجودة ثم نظفت وقطعت قطع صغيرة متساوية الحجم تقريبا ثم جففت بعيدا عن الرطوبة تحت الظل وبدرجة حرارة الغرفة . وتم الحصول على مذيبات (الايثر البترولي ، الاسيتون ، الهكسان) المصنعة من قبل شركة BDH .

طرق العمل : تم تقدير الرطوبة والكربوهيدرات والبروتين والدهن لجميع أنواع الفلفل الحلو (الأحمر ، الأصفر ، الأخضر) حسب طريقة (AOAC 2000) .

تحديد الظروف المثلى لأفضل استخلاص : تم تحديد المذيب الأمثل للاستخلاص حسب الطريقة التي ذكرها (Stefan و Dieter ، 2009) وذلك من خلال استخدامه للايثر البترولي في استخلاص الكابسنثين من الفلفل الحلو .

تحديد درجة الحرارة المثلى للاستخلاص : تم استخدام درجات حرارة مختلفة تراوحت بين (30،40،50،60) في عملية الاستخلاص باستخدام مذيب الأيثر البترولي ثم حسبت الكميات الناتجة على هذه الدرجات الحرارية المختلفة لتحديد الدرجة الأمثل.

تحديد وقت الاستخلاص الأمثل : استخدمت فترات مختلفة من وقت الاستخلاص تراوحت بين (100،200،300،400) دقيقة لاستخلاص الكابسنثين من عينة الفلفل الحلو الأحمر باستخدام الظروف المثلى حيث سحبت 5 مل من المذيب بعد نهاية كل 100 دقيقة من الاستخلاص وقدر الكابسنثين .

تحديد نسبة الاستخلاص المثلى : استخلص الكابسنثين من ثمار الفلفل الحلو باستخدام الأيثر البترولي على درجة 40م واستخدمت النسب (3:1 ، 6:1 ، 9:1) وزن/حجم .

تحديد عدد مرات الاستخلاص المثلى : لغرض تحديد الظروف المثلى لاستخلاص الكابسنثين تم استخلاصه لعدة مرات وتم تحديد العدد الأمثل لمرات الاستخلاص .

كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة TLC : تم استخدام ألواح من السليكا جل مع محلول يتكون من خليط من (داي كلورو ميثان : خلات الأثيل) بنسبة (2 : 1) (حجم/حجم) على التوالي الذي يعتبر الطور السائل حيث تم ترك العينات مع خليط المذيبات لمدة (90 دقيقة) تقريبا بعد ذلك تم تجفيف ألواح TLC ثم رشت بمركب اليود لقراءة البقع المضيئة .

الفصل باستخدام كروموتوكرافيا العامود : أذيبت البلورات المخزنة من الكابسنثين في كمية من (داي كلوروميثان : خلات الاثيل) بنسبة (2 : 1) (حجم/حجم) على التوالي الذي يعتبر الطور السائل ثم مررت على عمود فصل زجاجي ذات ابعاد (1.5 X 60) سم معبأ بمادة السيلكا جيل 60 بمقدار 45غم الذي يعتبر الطور الصلب . ولفصل الكاروتينات تم استخدام مزيج من (داي كلوروميثان : خلات الاثيل) بنسبة 1:2 حيث تم الحصول على ثلاث طبقات جففت بعدها على درجة حرارة الغرفة وبعيدا عن الضوء ثم أذيبت في الايثر البترولي واجري لها مسح ضوئي .

التشخيص بواسطة الاشعة فوق الحمراء (IR) Infra – red radiation : تم تشخيص المركب المستخلص والمنقى باستخدام جهاز IR Spectrophotometer نوع FTIR شركة Shimadzu .

تقدير القوة الاختزالية : قدرت القوة الاختزالية في العينة قيد الدراسة حسب الطريقة الموضحة من قبل Wang واخرون (2009).

تقدير رقم البيروكسيد Peroxid Value (PV) : قدرت قيمة البيروكسيد في عينات الزيت قبل وإثناء الخزن على درجة 65م وفقا للطريقة المقترحة في (AOAC 2000). واستخدمت حبوب زهرة الشمس المطحونه في استخلاص الزيت بواسطة جهاز السوكسليت Soxhlet باعتماد مذيب ثنائي اثيل ايثر في الاستخلاص ، بعده تم تبخير المذيب واعتماد الزيت كعينة للدراسة في قياس قيمة البيروكسيد .

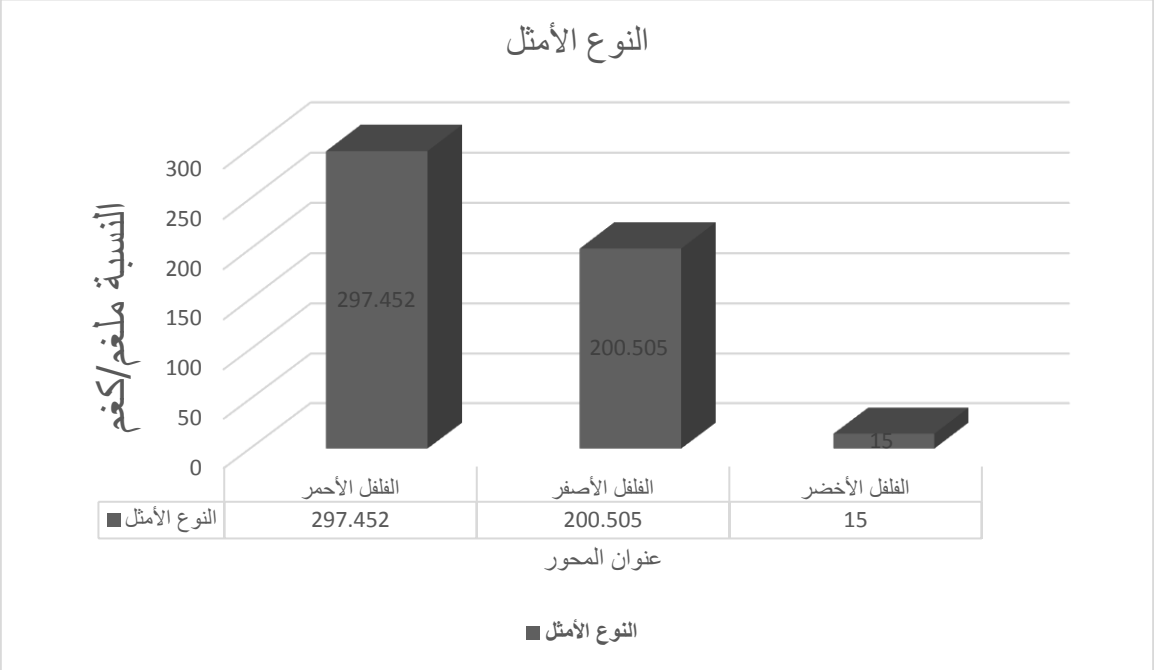
النتائج والمناقشة:

نتائج الاختبارات للمكونات الأساسية لأنواع الفلفل الحلو : يبين الجدول (1) المكونات الأساسية لثمار الفلفل الحلو (الأحمر ، الأصفر ، الأخضر) ، يلاحظ ارتفاع نسبة الكاربوهيدرات في الفلفل الأصفر بالمقارنة مع الفلفل الاحمر والأخضر ، واظهر الفلفل الأصفر تفوقه في نسبة البروتين بالمقارنة مع الفلفل الأحمر والأخضر ، تفوق الفلفل الأحمر في نسبة الدهن مقارنة بالفلفل الأصفر والاخضر ، اما الرماد فيلاحظ تساويه في كل من الفلفل الأحمر والأخضر بنسبة 0.5% وتفوقه على نسبته في الفلفل الأصفر التي بلغت 0.4% . تتفق هذه النتائج مع ما ذكره حسن (2001) حيث أشار الى نسبة الماء في الفلفل الحلو بلغت 93.2غم ونسبة البروتين 1.2غم ونسبة الدهون 0.2 غم ونسبة الكاربوهيدرات 4.8غم ونسبة الرماد بلغت 0.4 غم . ويرجع ارتفاع نسبة الدهن في الفلفل الأحمر لارتفاع نسبة الكاروتينات فيها حيث تكون بعض الكاروتينات مؤسترة مع الدهون .

جدول (1) نسب المكونات الأساسية لأنواع الفلفل الحلو (غم) .

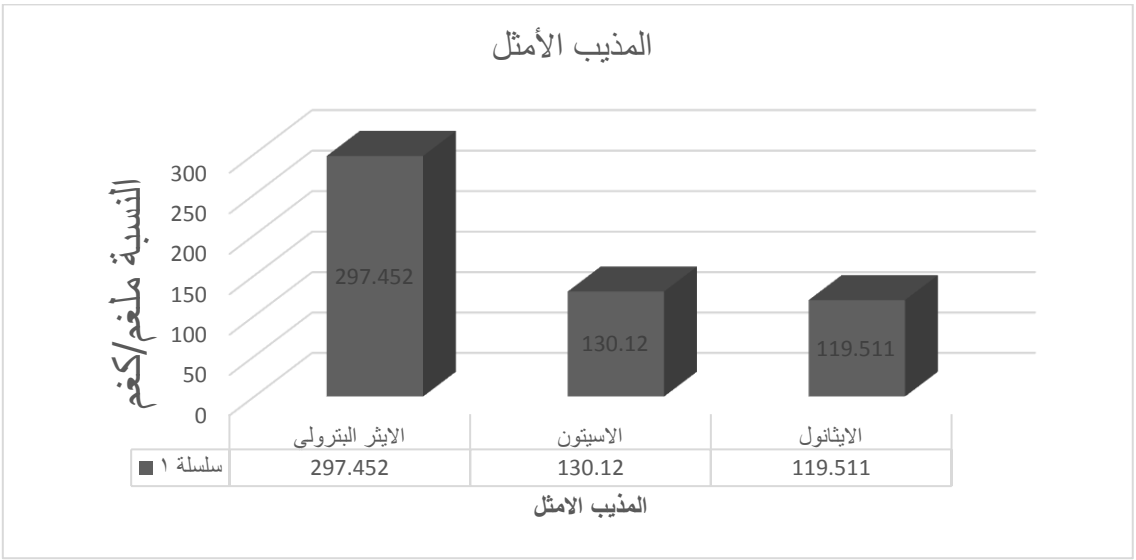
أنواع الفلفل الحلو	كاربوهيدرات (غم)	بروتين (غم)	دهن (غم)	رماد (غم)	الرطوبة %
الفلفل الأحمر	6.03	0.99	0.3	0.5	90.5
الفلفل الأصفر	6.32	1.0	0.21	0.4	90.8
الفلفل الأخضر	4.64	0.86	0.17	0.5	92.4

تحديد نوع الفلفل الغني بالكابسنثين : تم استخدام ثلاث أنواع من الفلفل الحلو لغرض تحديد النوع الأمثل ويبين الشكل (1) تفوق الفلفل الأحمر في محتواه من الـ الكابسنثين بنسبة بلغت 297.452 ملغم /كغم يليها الفلفل الأصفر بنسبة 200.505 ملغم/كغم ثم الأخضر الذي عثر على اثار قليلة من نسبة الكابسنثين فيه . تتفق النتائج مع ما حصل عليه Sun وآخرون (2007) من انه لم يتم الحصول على الكابسنثين في الفلفل الأخضر في حين كانت اعلى نسبة له في الفلفل الأحمر ، ويرجع سبب ذلك لاطغاء الصبغة الحمراء على الخضراء التي تمثل تراكيز عالية من الكاروتينات بصورة عامة الكابسنثين بشكل خاص .



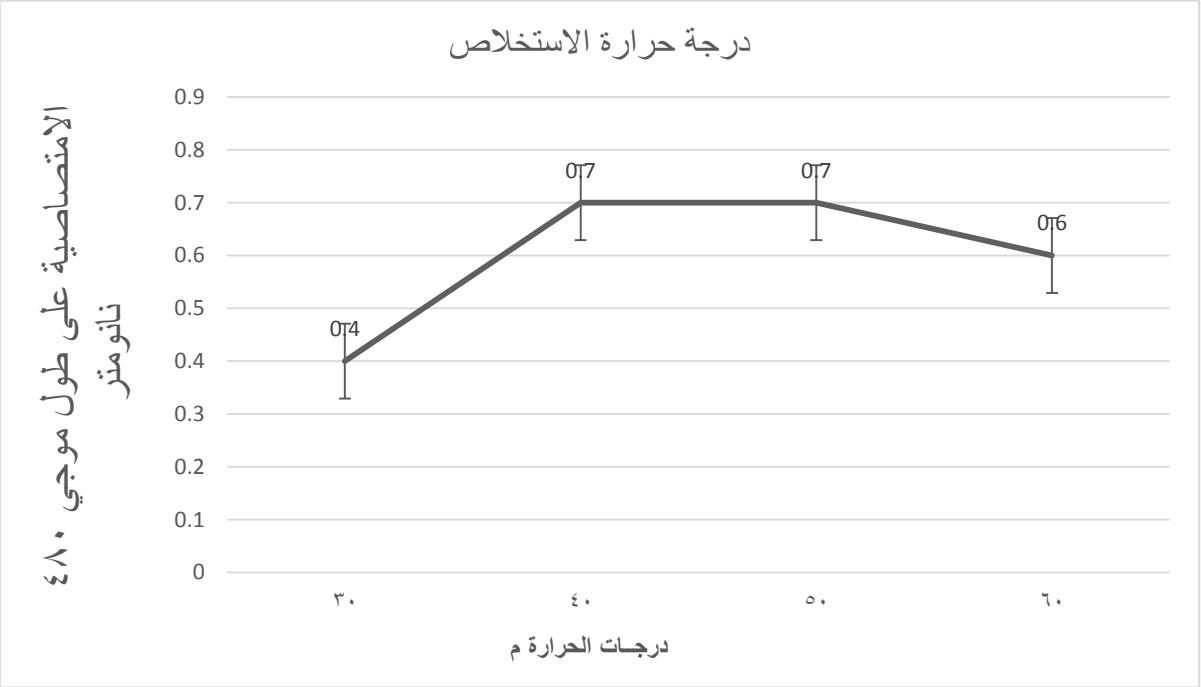
الشكل (1) نسبة الكابسنثين (ملغم/كغم) في أنواع الفلفل الحلو .

تحديد المذيب الأمثل : يبين الشكل (2) نتائج استخلاص الكابسنثين باستخدام عدة أنواع من المذيبات ، ويلاحظ فيه تميز الايثر البترولي على كل من الاسيتون والايثانول حيث بلغت نسبة الاستخلاص 297.452 ملغم/كغم في الاثير البترولي ، و 130.120 و 119.511 ملغم/كغم في الأسيتون والايثانول على التوالي . اتفقت هذه النتائج مع ما أشار اليه Stefan و Dieter (2009). وقد يعود هذا إلى الاختلاف في قطبية المذيبات المستخدمة مما يؤثر في قابليتها على الاستخلاص .



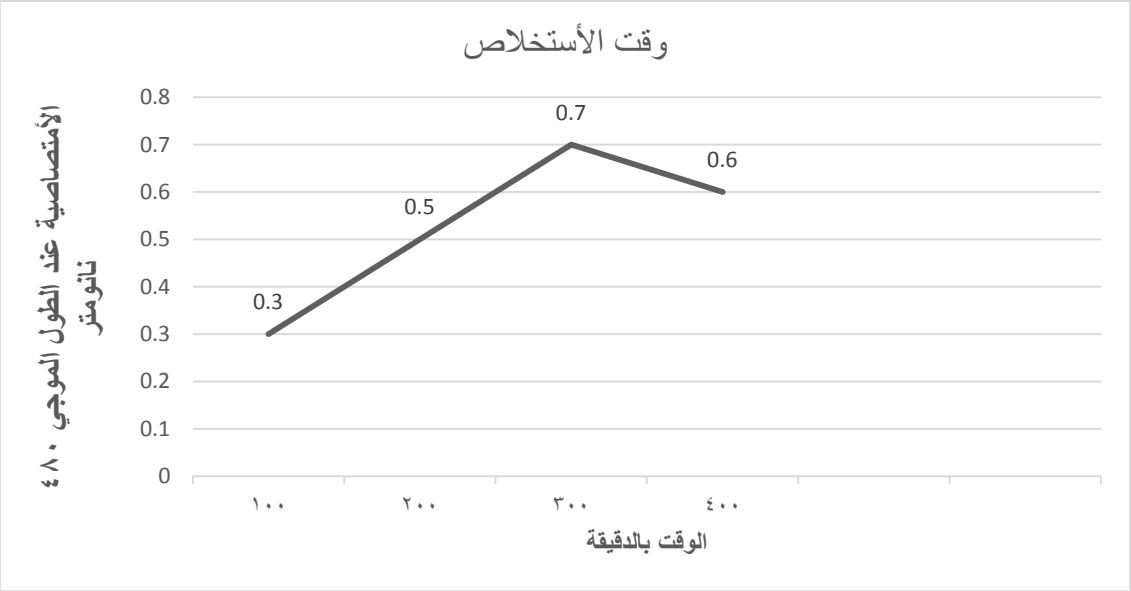
الشكل (2) نسبة الكابسنثين (ملغم/كغم) باستخدام مذيبات مختلفة .

تحديد درجات الحرارة المثلى : يبين الشكل (3) تأثير درجات الحرارة المختلفة في نسبة الاستخلاص في عينات الفلفل الأحمر وباستخدام الايثر البترولي ، ويلاحظ ارتفاع الامتصاصية بارتفاع درجة الحرارة لحين الوصول الى درجة حرارة 40م لتستقر بعدها عند درجة 50م ثم تبدأ بالانخفاض مع ارتفاع درجات الحرارة وهذه النتيجة تختلف عما أشار إليه Zanmin (2009) من ان افضل درجة حرارة هي 80م حيث استخدم الايثانول 95% مذيبا للاستخلاص بواسطة جهاز السوكسليت . ولقد ذكر كل من Lee و Chen ،(2002) و Wang و Chen ،(2006) أن ارتفاع درجة حرارة الاستخلاص والتعرض للضوء يؤدي الى تحلل الكاروتين وهذا يؤدي الى خفض فعاليتها البايولوجية . لكن Schettinia وآخرون (2013) ذكروا أن الحرارة تسهل وصول المذيب الى كل أجزاء النسيج بسبب تليين النسيج وتحطيم الحجيرات، وعليه فان إيجاد درجة الحرارة المثلى للاستخلاص تمثل خطوة مهمة جدا للحصول على اعلى كمية من الكابسنثين مع اقل ضرر في التركيب الأكثر فائدة بايولوجيا .



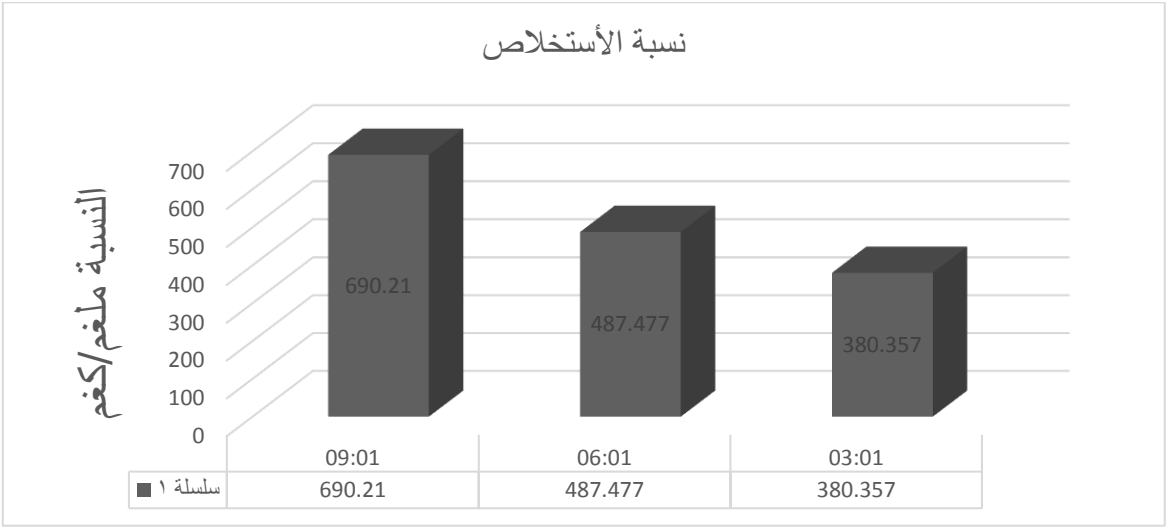
شكل (3) تأثير درجة حرارة استخلاص الكاابسنثين من الفلفل الحلو.

تحديد وقت الاستخلاص الأمثل : يبين الشكل (4) تأثير الوقت اللازم للاستخلاص في نسبة الكابسنثين المستخلص من الفلفل الحلو الأحمر باستخدام الأيثر البترولي بدرجة حرارة 40م حيث نلاحظ تميز الوقت 300 دقيقة في إعطاء أعلى تركيز للكابسنثين ، وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار اليه Vesna وآخرون (2011) . لكنها تختلف مع Zanmin ،(2009) الذي أشار الى ان وقت الاستخلاص هو 120دقيقة بدرجة حرارة 80م . ومن الواضح أن هناك ارتفاعاً في نسبة الكابسنثين مع زيادة الوقت الى 300 دقيقة ثم يبدأ بالانخفاض مع زيادة وقت الاستخلاص على نفس درجة الحرارة المستخدمة ، وأشار Vesna وآخرون ،(2011) الى زيادة تكسير المستخلص مع استمرار ارتفاع درجة الحرارة وزيادة الوقت . لذلك يجب مراعاة اختيار الوقت ودرجة الحرارة بدقة .



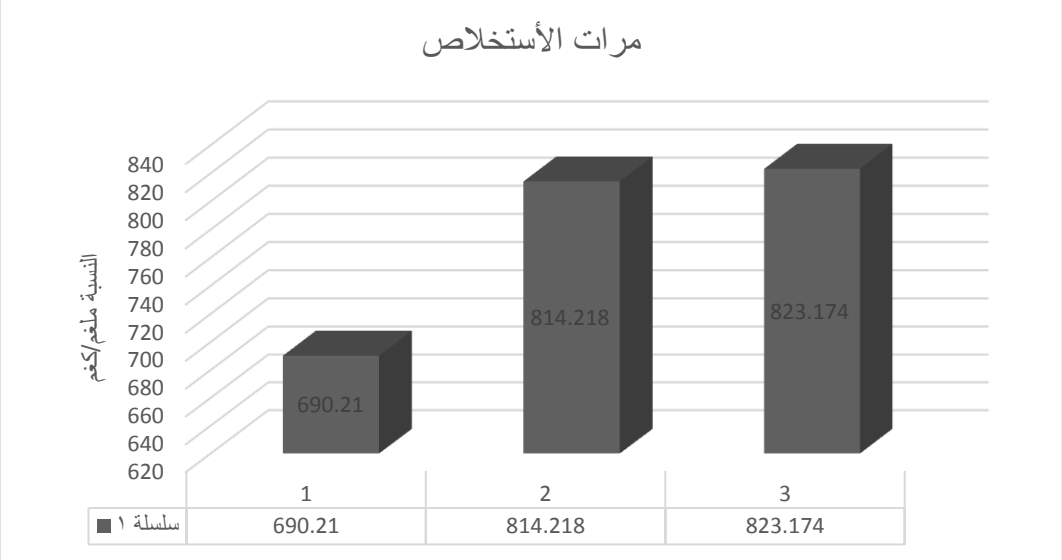
شكل (4) تأثير وقت استخلاص الكابسنثين من الفلفل الحلو باستخدام الايثر البترولي بدرجة حرارة 40م .

تحديد نسبة الاستخلاص المثلى : يبين الشكل (5) تأثير نسب الاستخلاص في كفاءة استخلاص الكابسنثين ويظهر الشكل ان نسبة 9:1 (مسحوق: مذيب) هي الأمثل حيث أعطت نسبة الكابسنثين بلغت 690.210 ملغم/كغم بالمقارنة مع النسبة 3:1 و 6:1 والبالغة 380.357 و 487.447 ملغم/كغم على التوالي . ان هذه النسبة هي اقل من النسبة التي استخدمها Zanmin ، (2009) حيث استخدم 35:1 (مسحوق : مذيب) .واقل من النسبة التي ذكرها Vesna وآخرون، (2011) والبالغة 20:1 مسحوق : مذيب . واستخدم Breithanpt وآخرون ،(2004) نسبة (1:1) مسحوق : مذيب . ان اختلاف النتائج يمكن ان يعود إلى اختلاف الطريقة المستخدمة في الاستخلاص وطبيعة ونوع المذيبات المستخدمة فضلا عن صنف الفلفل المستخدم . وعليه تم تحديد هذه النسبة حسب ظروف هذه الدراسة والتي تحقق الفائدة الاقتصادية من ناحية انخفاض نسبة المذيب المستخدم إضافة إلى سهولة التخلص من المذيب فيما بعد .



شكل (5) تأثير نسبة الاستخلاص في كمية الكابسنثين المستخلصة من الفلفل الحلو باستخدام الايثر البترولي بدرجة حرارة 40م لمدة 300 دقيقة .

تحديد عدد مرات الاستخلاص المثلى : يبين الشكل (6) عدد مرات الاستخلاص في كفاءة استخلاص الكابسنثين ويظهر فيه ارتفاع نسبة الاستخلاص بزيادة عدد مرات الاستخلاص لثلاث مرات حيث أعطت نسبة 690.210 ملغم/كغم عند الاستخلاص لمرة واحدة وارتفعت النسبة الى 814.218 ملغم/كغم عن الاستخلاص للمرة الثانية وجمعت المحصلة معا ، وعند الاستخلاص للمرة الثالثة وجمع المحصلات أيضا أصبحت المحصلة النهائية 823.174 ملغم /كغم ، نلاحظ ان الفرق بين المحصلة الثانية والثالثة قليل (8.956 ملغم/كغم) وهذا لا يوجب استخلاصاً لثلاث مرات لقلة المستخلص منه ، لذلك كان الاقتصار على مرتين من الاستخلاص أكثر جدوى وهو مهمٌ من الناحية الاقتصادية حيث يمثل اختزالا في كل من كمية المذيب المستخدمة ووقت الاستخلاص المستهلك ، وهذه النتيجة تتفق مع ما ذكره Morais وآخرون (2002) حيث انهم استخدموا المذيب لثلاث مرات ولحين اختفاء اللون .



الشكل (6) تأثير عدد مرات الاستخلاص في كمية الكابسنثين (ملغم/كغم) المستخلص من الفلفل الحلو الاحمر .

ان هذه الاختلافات قد تكون بسبب عدة عوامل منها الطريقة المتبعة في تحضير عينات الفلفل الحلو المستخدمة في استخلاص الكابسنثين او الأجهزة المستخدمة في الاستخلاص وكذلك نوع المذيب المستخدم ، كما قد تعود الفروقات إلى اختلاف الأصناف المستخدمة واختلاف صفاتها الوراثية من حيث كمية الصبغات التي تحتويها .

فصل مكونات مستخلص الفلفل بواسطة TLC : يبين الجدول رقم (2) نتائج فصل مستخلص الكابسنثين من الفلفل الحلو الأحمر باستخدام تقنية الطبقة الرقيقة ، حيث لوحظ تلون سطح السليكا جل ببقع حمراء وصفراء حيث بلغت قيمة الـ RF للبقع المفصولة 0.21 للبقعة الصفراء و 0.29 للبقعة الحمراء حيث كانت قيمة الـ RF للبقعة الحمراء مطابقة للعينة القياسية لمركب الكابسنثين .

جدول (2) نسبة الـ RF للمستخلص على لوح TLC .

العينات	قيمة الـ RF
العينة القياسية	0.29
الكابسنثين	0.29
مجهولة	0.21

فصل مكونات مستخلص الفلفل بعامود الكروموتكرافيا : يبين الجدول (3) ، الاطوال الموجية للامتصاص الضوئي لمكونات مستخلص الكابسنثين المفصول باستخدام عمود السيلكا جل والتي تمثلت بثلاثة اجزاء ، يظهر من النتائج أن هناك تبايناً للأجزاء في الطول الموجي لأعلى امتصاصية حيث كان للجزء (1) 476 نانومتر في حين بلغ الطول الموجي لأعلى امتصاصية لجزء

(2) 453 نانومتر امّا الجزء الثالث فكان الطول الموجي له 405 نانومتر وهذا ما لوحظ خلال عملية الفصل على العمود حيث تدرجت الوانها بين الاحمر إلى البرتقالي الفاتح .

إن أساس الفصل يعتمد بالدرجة الأساس على قابلية هذه الأجزاء المكونة للصبغة على الامتزاز على عمود السيلكا جل حيث تمتاز الزانثوفيلات على الامتزاز بقابلية عالية وهذا ما يؤثر في عملية استردادها .

وأشار Nogueira وآخرون ،(2005) إلى ان الكاروتينات الرئيسية في الفلفل الحلو هي الكابسنثين والكابسوربين ، اما Schweiggert واخرون (2005) فقد ذكروا ان مستخلص الفلفل الحلو يتكون من 42 مركباً من الكاروتينات عندما 0استخدم الفصل بتقنية HPLC .

جدول (3) الأطوال الموجية لأعلى امتصاصية لمكونات مستخلص الكابسنثين المفصول بواسطة عمود السليكا جل .

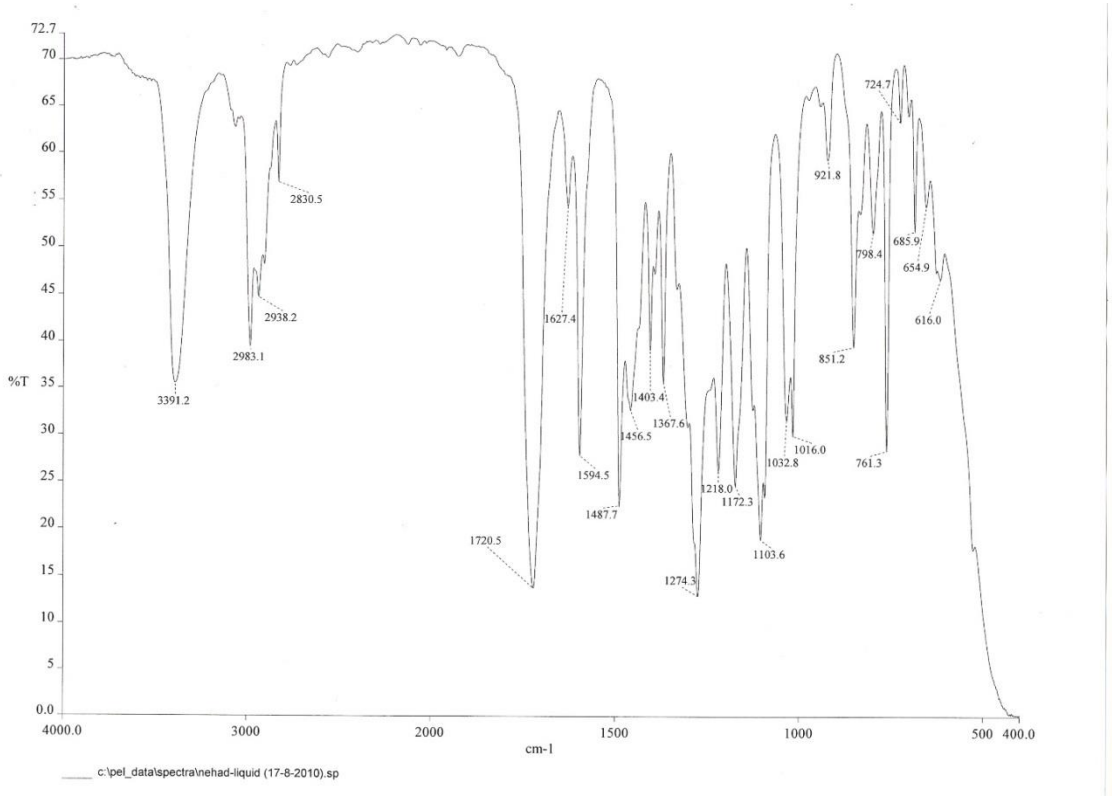
تسلسل المجموعة	الطول الموجي (نانومتر)
1	476
2	453
3	405

تشخيص المستخلص :

الكشف عن وجود الكابسنثين باستخدام تقنية IR : يوضح الشكل (7) مخطط الكشف عن المستخلص بتقنية IR ، حيث تم تشخيص المركب عن طريق مطابقة الخواص الفيزيائية مثل نقطة الانصهار مع ما ذكره Stefan و Dieter ،(2009) حيث كانت نقطة الانصهار 173-176 C مطابقة لما منشور 174-175 C. كما تم تشخيص المركب طيفياً باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء FT-IR وطيف الأشعة فوق البنفسجية Uv. حيث أظهر طيف الأشعة تحت الحمراء لمركب الكابسنثين ظهور حزم مط عائدة لأواصر C-H الأليفاتية (الحلقية وغير الحلقية cyclic and acyclic) عند المدى 2830-2983cm^{-1} حيث تظهر حزم مط C-H الأليفاتية الحلقية عند نفس مدى حزم C-H الأليفاتية غير الحلقية وذلك لأن الحلقات الأليفاتية الموجودة في المركب قيد الدراسة هي خماسية وسداسية ومن ثمّ فهي قليلة التوتر unstrained cyclic polymethylene structures في حين نجد أن زيادة التوتر (الحلقات الرباعية والثلاثية) في الحلقة سوف يزيح حزم مط C-H إلى ترددات أعلى تتراوح ما بين 3100-2990cm^{-1} .

كما أظهر الطيف أيضاً حزمة المط العائدة لأواصر C=C المتعاقبة على شكل حزمة مزدوجة coupled ، الأولى عند 1627cm^{-1} وهي متناظرة ضعيفة symmetrical (weak) والثانية عند 1594cm^{-1} وهي غير متناظرة قوية asymmetric (strong) . كما ظهرت حزمة مميزة أخرى عند 3391cm^{-1} عائدة إلى مط مجموعة OH الكحولية ، أما حزمة مط C-O للكحول فقد ظهرت عند المدى 1016-1218cm-1 مقترنة مع حزم مط C-C عند المدى 1200-800cm^{-1} مما يتسبب في أن يكون الطيف في هذه المنطقة معقداً ويمكن تمثيله أو وصفه كاهتزاز مط غير متناظر على الشكل C-C-O. ومما يزيد في تعقيد الطيف في هذه المنطقة هو التفرع والتعاقب .

الحزمة المميزة الأهم في الجزيئة ظهرت عند 1720cm^{-1} والتي تعود إلى مجموعة حزمة مط مجموعة الكاربونيل الكيتونية المقترنة مع الأواصر المزدوجة. ومن المعروف أن التعاقب C=C يؤدي إلى تقليل قيمة امتصاص الحزم بسبب لا موضعية إلكترونات باي حيث أن الاموضعية لإلكترونات باي لمجموعة C=O تقلل صفة الآصرة المزدوجة للكاربون إلى الأوكسجين مما يؤدي إلى تقليل الامتصاص إلى عدد موجي أقل بحدود 1680-1690cm^{-1} ، إلا أنه وبسب ضخامة حجم الجزيئة والإعاقة الموجودة فيها فإن تأثير الإعاقة سوف يعادل أو يكافئ تأثير التعاقب لأنه يتسبب في تقليل استواء النظام المتعاقب Coplanarity of the system ومن ثمّ تبقى قيم حزم الامتصاص بحدود المعدل الاعتيادي للكاربونيل الكيتونية أي بحدود 1715-1725cm^{-1} (Silverstein واخرون، 1981).



الشكل (7) استخدام تقنية الـIR في الكشف عن الكابسنثين .

تقدير القوة الاختزالية للمستخلص : تم قياس القوة الاختزالية للمستخلص حيث بلغت القوة الاختزالية (0.500) نانومتر حيث تبين أنّ له قوة اختزالية عالية. وهذا يتفق مع ان للكابسنثين قوة مضادة للأكسدة عالية وانه فعال في كبح الجذور الحرة (Syed واخرون، 2014) . وذكر Hiroshi وآخرون (1998) ان للكابسنثين قوة اختزالية عالية مقارنة مع الزانثوفيلات الأخرى هذا بالنسبة للكابسنثين غير المؤستر اما الكابسنثين المؤستر فلا يعرف الكثير عن القوة المضادة للأكسدة له . وأشار Aizawa (2009) الى ضرورة تناول عصير الفلفل الحلو لمحتواه العالي من مادة الكابسنثين الذي يختزل الجذور الحرة ويمنع حدوث السرطان في جسم الكائن الحي .

تقدير رقم البيروكسيد للمستخلص Peroxide Value(PV) : يبين الجدول (4) رقم البيروكسيد لتقييم أداء مضادات الاكسدة للمستخلص في الأنظمة الغذائية خلال مدة حضن تراوحت بين 0–12 يوم وعند درجة حرارة 65 م ، أظهرت النتائج ان العينة المضاف لها المستخلص التي كانت في اليوم الاول 4.000 ملي مكافئ/كغم قد ارتفعت خلال ال 6 أيام الأولى الى 8.000 ملي مكافئ/كغم الى ان وصلت الى 18.000 ملي مكافئ/كغم خلال 12 يوم ، مقارنة مع العينة القياسية التي وصلت خلال الـ 6 أيام الأولى الى 40.000 ملي مكافئ/كغم ووصلت الى 70.000 ملي مكافئ/كغم خلال 12 يوم من الخزن ، وهذا دليل واضح على أهمية الكابسنثين كمضاد للأكسدة بالمقارنة مع عينة السيطرة والخالية من مضادات الأكسدة ، وقد تعود هذه الفعالية للكابسنثين كونه احد الكاروتينات التي تحتوي على العديد من الأواصر المزدوجة والتي تشكل مجسمات نشطة كيميائيا ، ويعدّ الكابسنثين من اقوى مضادات الأكسدة في الفلفل الحلو (Syed واخرون، 2014)، وقد أشار Hiroshi واخرون (1998) الى دور الكابسنثين في ربط الجذور الحرة الناتجة من الاكسدة .

جدول 4 رقم البيروكسيد (ملي مكافئ/كغم) خلال فترات الحضن لزيت زهرة الشمس المحتوي على مستخلص الكابسنثين والمخزنة بدرجة حرارة 65م .

العينة المضافة	رقم البيروكسيد (مليمكافئ/كغم زيت) خلال فترات الحضن (يوم)		
	0	6	12
سيطرة	4.500	40.000	70.000
المستخلص	4.000	8.000	18.000

المصادر :

الساعد ،علي كامل يوسف (2007). المضافات الغذائية–كلية الزراعة–الجامعة الأردنية .

حسن ، أحمد عبدالمنعم (2001). إنتاج الفلفل والباذنجان –كلية الزراعة–جامعة القاهرة .

A.O.A.C. (2000). Official Methods of Analysis, 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.

Aizawa , K. ; and Inakuma, T .(2009). Dietary capsanthin, the main carotenoid in paprika (Capsicum annuum) alters plasma high-density lipoprotein-cholesterol levels and hepatic gene expression in rats . British Journal of Nutrition , 102, 1760–1766.

Breithaupt, D. (2004). Simultaneous HPLC determination of carotenoids used as food colouring additives: applicability of accelerated solvent extraction. Food Chemistry, 86. P 1- 8.

Hiroshi , M . ; Hiromichi , N. ; Makoto , C. ; and Mitsuharu , T . (1998). Antioxidant Activity of Capsanthin and the Fatty Acid Esters in Paprika (Capsicum annuum) . J. Agric. Food Chem. 46, 3468−3472.

Lee , M. T, and Chen, B. H.(2002). Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. Food Chem. 78. P 1-7.

Lidiane , M. M. ; Nicolly , P. ; and Valéria , G. C. (2014). Inclusion complexes of red bell pepper pigments with b-cyclodextrin Preparation characterisation and application as natural colorant in yogurt. journal Food Chemistry. Pages 1–7.

Lopez , M. ; Emilia , C. ; and Sabater , F. (1986). Carotenoids from Capsicum annuum fruits: Influence of spectral quality of radiation. Biol Plant. 28:100-04.

Minguezmosquera , M. ; and Horneromendez D.(1994). Comparative-study of the effect of paprika processing on the carotenoids in peppers (Capsicum annuum) of the bola and agridulce varieties. J Agric Food Chem. 42:1555 60.

Morais , H. ; Rodrigues , P. ; Ramos , C. ; Forg , E. ; Cserh , T. ; and Oliveira, J . (2002). Effect of ascorbic acid on the stability of b-carotene and capsanthin in paprika (Capsicum annuum) powder. Nahrung/Food 46. P 1-9.

Nogueira , R. I. ; Cornejo, F. E. P. ; Leal Junior , W. F. ; Bizzo , H. R. ; Antoniassi , R. ; and Freitas , S. P. (2005). Effects of drying Parameters on pepper (Capsicum spp) QUALITY. Embrapa Agroindústria de Alimentos, Av. das Américas 29501, Guaratiba-RJ, CEP- 23020-470.

Schettinia , E. ; Santagatab , G. ; Malinconicob , M. ; Immirzib , B. ; Mugnozzaa , G. S. ; and Voxa , G. (2013). Recycled wastes of tomato and hemp fibres for biodegradable pots Physico-chemical characterization and field performance. Resources, Conservation and Recycling, 70 : 9– 19.

Schweiggert , U. ; Dietmar , R. ; Kammerer , R. ; and Andreas , S. (2005). Characterization of carotenoids and carotenoid esters in red pepper pods (Capsicum annuum L.) by high-performance liquid chromatography / atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. Institute of Food Technology. Hohenheim University.

Scotter , J. M. (2001). natural color additives as alternatives to synthetic colours in food and drink. Qua.Assu.Sef.Crops.Food.Sies, H. and Stahl, w.(1999). Bioavailabilty of lycopene . Acta. Hort., 487:389-392.

Silverstein , R. ; Bassler , M. ; glayton , G. ; and Morrill , C. (1981) . Spectrometric identification of organic compounds. John Wiley & sOns, New Yark, Chichester, Brisbane,Toronto,Singapore.

Stefan, B ; and Dieter, S.(2009). Classics in Spectroscopy .WILEY-VCH Veriag GmbH & Co.KGaA.

Sun , T. ; Xu , Z. ; Wu , T. ; Janes , M. ; and Prinyawiwatkul , W. (2007). Antioxidant Activities of Different Colored Sweet Bell Peppers (Capsicum annuum L.) . JOURNAL OF FOOD SCIENCE—Vol. 72, Nr. 2.

Syed , N. M. S. ; Shi-Lin , T. Z.; and Mohamed , H. A. (2014). Studies on Metabolism of Capsanthin and Its Regulation under Different Conditions in Pepper Fruits (Capsicum spp.). Annual Research & Review in Biology 4(7): 1106-1120.

Topuz , A. ; Dincer , C. ; Ozdemir , K. S. ; Feng , H. ; and Kushad , M. (2011). Influence of different drying methods on carotenoids and capsaicinoids of paprika (cv., jalapeno). Food Chem. 129:860-65.

Vesna , R ; Renata , S. R. ; Jana , K. ; and Marija , S. (2011). Extraction of Oleoresin from Pungent Red Paprika Under Different Conditions . ISBN: 978-953-307-619-5.

Wang , C. Y. ; and Chen , B. H. (2006). Tomato pulp as source for the production of lycopene powder containing high proportion of cis-isomers. Eur. Food Res. Technol., 222: 347-353.

Wang , X. S. ; Tang , C. H. ; Chen , L. ; and Yang , X. Q. (2009). Characterization and Antioxidant Properties of Hemp Protein Hydrolysates Obtained with Neutrase. Food Technol. Biotechnol. 47 : 428–434.

Zanmin , W. (2009) . Study on Extraction and Purification Process of Capsicum Red Pigment . journal of Agricultural science ,vol. 1,No. 2 . p 1-8 .