الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم البستنة

تأثير المعاملة ببعض المواد الكيميائية والطبيعية في القدرة التخزينية ونشاط مضادات الأكسدة لثمار البندورة أثناء التخزين المُبرد

Effect of Some Chemical and Natural Substances on Storage Ability and Antioxidant Activity of tomato Fruits during Cold storage.

أطروحة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية
(قسم علوم البستنة)

إعداد

المهندسة حنان موفق شرابي

بإشراف

أ.م.د. رمزي مرشد
أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة

أ.د. حسان عبيد
أستاذ في قسم علوم البستنة

دمشق 2016

بسم الله الرحمن الرحيم

"وقل ربي زدني علما"

صدق الله العظيم

تصريح

أصرح بأن البحث الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان:
" **تأثير المعاملة ببعض المواد الكيميائية والطبيعة في القدرة التخزينية ونشاط مضادات الأكسدة لثمار البندورة أثناء التخزين المبرد** " لم يسبق أن قدم للحصول على أي درجة جامعية أخرى، وغير مقدم حالياً لذلك، وأن كافة العمل، والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي والمشرف المشارك وأن المراجع التي ذكرت في الأطروحة نسبت إلى مصادرها ضمن النص وفي قائمة المراجع.

المرشـــحة

م. حنان شـــرابي

Declaration

To whom it may concern: I declare that the present research work
Entitled " Effect of Some Chemical and Natural Substances on Storage Ability and Antioxidant activity of tomato fruits during cold storage" is a new research work، and has neither been already accepted for any degree, nor has been submitted concurrently for any other degree. All the mentioned results are my own efforts and done by direct supervision of my guides, all the referred literature are cited, and well documented in the list of references.

Candidate

Hanan Sharaby

شـــــــــهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة:

" **تأثير المعاملة ببعض المواد الكيميائية والطبيعية في القدرة التخزينية ونشاط مضادات الأكسدة لثمار البندورة أثناء التخزين المبرد** "جاء نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة حنان موفق شرابي بإشراف الأستاذ الدكتور حسان عبيد في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة–جامعة دمشق،

والأستاذ المساعد الدكتور رمزي مرشد في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة–جامعة دمشق.

وأن المراجع المستخدمة في هذه الرسالة موثقة أصولاً ضمن النص.

المرشحة	المشرف المشارك	المشرف العلمي
المهندسة حنـان شـــرابي	**الأستاذ المساعد الدكتور رمزي مرشد**	**الأستاذ الدكتور حسان عبيد**

Certificate

It is hereby certificated that the work described in this thesis؛

" **Effect of Some Chemical and Natural Substances on Storage Ability and Antioxidant activity of tomato fruits during gold storage "**

is the result of the scientific research done by candidate Hanan Sharaby under the supervision of Prof. Hassan Obid, Horticultural Science Department, Faculty of Agriculture، Damascus University and Profssistant., Ramzi Murched, Horticultural Science Department, Faculty of Agriculture, Damascus University, and any Reference to other research works has been duly acknowledged in the text.

Candidate	Supervision	Co-supervision
Hanan Sharaby	**Prof. Hassan Obid**	**Dr. Ramzi Murshed**

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في قسم علوم البستنة في كلية الزراعة - جامعة دمشق، وأجيزت من قبل السادة أعضاء لجنة الحكم.

This thesis has been submitted as partial fulfillment of the requirements for the Ph. D Degree in Horticulture science, Faculty of Agriculture -Damascus University. The thesis has been approved by referee committee.

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 28 / 8 / 2016

لجنة الحكم على الرسالة:

- **الدكتور خليل المعري** **عضواً**

الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة بجامعة دمشق.

الاختصاص: فيزيولوجيا نبات.

- **الدكتور إبراهيم الشتيوي** **عضواً**

الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة بجامعة الفرات.

الاختصاص: إنتاج خضار.

- **الدكتور حسان عبيد** **عضواً مشرفاً**

الأستاذ في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة بجامعة دمشق.

الاختصاص: فيزيولوجيا وتخزين فاكهة.

- **الدكتور بسام أبو ترابي** **عضواً**

الأستاذ المساعد في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة بجامعة دمشق.

الاختصاص: تحسين وراثي خضار.

- **الدكتورة صفاء نجلا** **عضواً**

الأستاذ المساعد في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة بجامعة دمشق.

الاختصاص: زراعة محمية خضار.

كلمة الشكر

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله الذي بلغني ما عملت من أجله لسنوات، وزادني علما.

أتقدم بكل الحب والعرفان والاحترام لبلدي الغالي سورية وطن الصمود والكبرياء والعزة.

خالص التقدير والاحترام لأساتذتي في كلية الزراعة بجامعة دمشق، ممثلة بالأستاذ الدكتور أيمن السعدي نائب رئيس الجامعة للشؤون الإدارية والأستاذ الدكتور عبد الوهاب مرعي عميد كلية الزراعة والأستاذ الدكتور عماد العيسى نائب العميد للشؤون الإدارية،
ولرئاسة قسم علوم البستنة ممثلة بالأستاذ الدكتور محمد بطحة والأستاذ الدكتور غسان شورى، وأساتذتي أعضاء الهيئة التدريسية في قسم علوم البستنة.

أتقدم بجزيل الشكر وعظيم الامتنان للأستاذ الدكتور حسان عبيد والأستاذ المساعد الدكتور رمزي مرشد اللذين ساهما في الإشراف العلمي على هذه الرسالة وتقديم العون والمشورة.

وأتقدم بالشكر العميق للجنة الحكم لتوجيهاتهم وملاحظاتهم القيمة والتي توجت هذا البحث
الأستاذ الدكتور خليل المعري، الأستاذ الدكتور إبراهيم الشتيوي،
الدكتور بسام أبو ترابي، الدكتورة صفاء نجلا.

كما أخص بالشكر الزملاء في الهية العامة للمكافحة الحيوية ممثلة بالأستاذ الدكتورغسان إبراهيم.
والزملاء في الهيئة العامة للتقانة الحيوية ممثلة بالدكتور فهد البيسكي والدكتورة نور قباني.
والشكر الكبير للدكتورة ريتا منصور لما قدمته من دعم علمي وعملي في هذا العمل البحثي.

لعائلتي الغالية، روح والدي ووالدتي حفظها الله وزوجي وبناتي وأخواتي كل الحب والامتنان، أدامهم الله صحة وعافية
والشكر لكل من وقف إلى جانبي في إنجاز هذا البحث العلمي.

حنان

العناوين الرئيسية

الفصل الأول

1.المقدمة ومبررات البحث وأهدافه 1
1.1 التصنيف العلمي 1
2.1 الموطن الأصلي 1
3.1 الوصف المورفولوجي 1
4.1 الاستخدانات الطبية والأهمية الغذائية 1
- مبرارت البحث وأهدافه.....5

الفصل الثاني

2.الدراسات المرجعية 8
2.1 تطور نمو ونضج ثمار البندورة 8
2.2 التخزين وصفات الجودة 8
1.2.2 الفقد الطبيعي بالوزن 10
2.2.2 درجة حرارة التخزين والرطوبة النسبية 12
3.2.2 تغيرات المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة أثناء التخزين.....14
4.2.2 تغيرات حمض الأسكوربيك أثناء التخزين.....17
5.2.2 تغيرات صلابة لب الثمار أثناء التخزين.....19
2.3.محتوى الثمار من مضادات الأكسدة 20
1.2.3 مفهوم الجذور الحرة ومضادات الأكسدة 20
2.2.3 مضادات الأكسدة كآلية دفاعية 22
3.2.3 مضادات الأكسدة غير الأنزيمية 24
4.2.3 مضادات الأكسدة الأنزيمية 25
2.4 محتوى ثمار البندورة من مضادات الأكسدة 26
2.5 غاز الإثيلين وتأثيره في نضج الثمار أثناء التخزين المبرد 28
2.6 معاملات ما بعد القطاف 29
- 1–ميثيل سكلوبروبان (1-MCP) 30
- ميثيل جاسمونات (MeJa) 33
- أمينو فينل غلايسين (AVG) 34
- نتروبروسيد الصوديوم (SNP) 35

- الشيتوزان (CTS) 36
- فيتامين E 39

الفصل الثالث

3.مواد البحث وطرائقه 40

1.3 المادة النباتية 42

2.3 مدة ومكان تنفيذ التجربة 42

3.3 ظروف التخزين 43

4.3 المعاملات 44

5.3 أخذ العينات 46

6.3 المعالجة الإحصائية 47

7.3 المؤشرات المدروسة 48

1.7.3 الصفات البيوكيميائية 48

- تعيين نسبة الحموضة القابلة للمعايرة 48
- تعيين المواد الصلبة الذائبة الكلية 48

2.7.3 الصفات الفيزيائية 49

- تعيين صلابة الثمار 49
- تعيين نسبة الفاقد بالوزن 49
- تعيين نسبة الفاقد المطلق 49
- تعيين المؤشرات اللونية لقشرة الثمرة..... 49

3.7.3 معايير الأكسدة 51

- قياس تركيز بيروكسيد الهيدروجين 51
- قياس تركيز مالونيل داي ألدهيد 52

4.7.3 مضادات الأكسدة 53

- تعيين المحتوى من فيتامين C 53
- تعيين المحتوى من الفينولات الكلية 54
- تعيين النشاط المضاد للأكسدة DPPH 55
- تقدير نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة 56
  - تعيين نشاط أنزيم السوبر أكسيد ديزموتاز SOD 58
  - تعيين نشاط أنزيم الكاتالاز CAT 58

الفصل الرابع

4. النتائج والمناقشة 61
- المؤشرات البيوكيميائية 61
1.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في نسبة الحموضة القابلة للمعايرة 61
2.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية 70
- المؤشرات الفيزيائية 81
3.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في صلابة الثمار 81
4.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في النسبة المئوية للفاقد بالوزن 91
5.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في النسبة المئوية للفاقد المطلق 93
6.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في مؤشر اللون a* 103
7.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في مؤشر سطوع اللون L* 105
- معايير الأكسدة 115
8.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من بيروكسيد الهيدروجين 115
9.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من مالونيل داي ألدهيد.....118
- مضادات الأكسدة 131
10.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في محتوى الثمار من فيتاميتن C 131
11.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من الفينولات الكلية 139
12.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في النشاط المضاد للأكسدة بطريقة DPPH 141
- الأنزيمات المضادة للأكسدة 155
13.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في نشاط أنزيم سوبر أكسيد ديزموتاز SOD 155
14.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في في نشاط أنزيم الكاتالاز CAT 159

الفصل الخامس

5.الاستنتاجات والمقترحات 174

الفصل السادس

6.المراجع العلمية 178

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
1	محتوى ثمرة البندورة من المواد والعناصر الغذائية	5
2	تأثير المعاملات في نسبة الحموضة القابلة للمعايرة للثمار بطور النضج الأخضر	68
3	تأثير المعاملات في نسبة الحموضة القابلة للمعايرة للثمار بطور نضج التحول	69
4	تأثير المعاملات في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية للثمار بطور النضج الأخضر	79
5	تأثير المعاملات في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية للثمار بطور نضج التحول	80
6	تأثير المعاملات في قيم الصلابة للثمار بطور النضج الأخضر	89
7	تأثير المعاملات في قيم الصلابة للثمار بطور نضج التحول	90
8	تأثير المعاملات في نسبة الفاقد بالوزن للثمار بطور النضج الأخضر	99
9	تأثير المعاملات في نسبة الفاقد بالوزن للثمار بطور نضج التحول	100
10	تأثير المعاملات في نسبة الفقد المطلق للثمار بطور النضج الأخضر	101
11	تأثير المعاملات في نسبة الفقد المطلق للثمار بطور نضج التحول	102
12	تأثير المعاملات في مؤشر اللون (*a) للثمار بطور النضج الأخضر	111
13	تأثير المعاملات في مؤشر اللون (*a) للثمار بطور نضج التحول	112
14	تأثير المعاملات في مؤشر اللون (*L) للثمار بطور النضج الأخضر	113
15	تأثير المعاملات في مؤشر اللون (*L) للثمار بطور نضج التحول	114
16	تأثير المعاملات في تركيز بيروكسيد الهيدروجين للثمار بطور النضج الأخضر	127
17	تأثير المعاملات في تركيز بيروكسيد الهيدروجين للثمار بطور نضج التحول	128
18	تأثير المعاملات في تركيز مالونيل داي ألدهيد للثمار بطور النضج الأخضر	129
19	تأثير المعاملات في تركيز مالونيل داي ألدهيد للثمار بطور نضج التحول	130
20	تأثير المعاملات في المحتوى من فيتامين C للثمار بطور النضج الأخضر	137
21	تأثير المعاملات في المحتوى من فيتامين C للثمار بطور نضج التحول	138
22	تأثير المعاملات في المحتوى من الفينولات الكلية للثمار بطور النضج الأخضر	151
23	تأثير المعاملات في المحتوى من الفينولات الكلية للثمار بطور نضج التحول	152
24	تأثير المعاملات في النشاط المضاد للأكسدة DPPH للثمار بطور النضج الأخضر	153
25	تأثير المعاملات في النشاط المضاد للأكسدة DPPH للثمار بطور نضج التحول	154
26	تأثير المعاملات في نشاط أنزيم سوبر أكسيد ديزموتاز SOD للثمار بطور النضج الأخضر	169
27	تأثير المعاملات في نشاط أنزيم سوبر أكسيد ديزموتاز SOD للثمار بطور نضج التحول	170
28	تأثير المعاملات في نشاط أنزيم الكاتالاز. CAT للثمار بطور النضج الأخضر	171
29	تأثير المعاملات في نشاط أنزيم الكاتالاز CAT للثمار بطور نضج التحول	172
30	التقييم العام النهائي للمعاملات المدروسة	173

قائمة الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
1	تحليل مكونات المادة الجافة لثمار البندورة الناضجة	3
2	مخطط يوضح التوازن بين ROS ومضادات الأكسدة.	26
3	مسار الاصطناع الحيوي للاثيلين	29
4	أطوار النضج المستخدمة	42
5	مكان الزراعة	43
6	مخبر أبحاث التخزين	43
7	غرفة التخزين المبرد	44
8	أخذ العينات	46
9	الحفظ في السائل الأزوتي	47
10	الفقد بالوزن	47
11	جهاز قياس الصلابة	49
12	جهاز قياس اللون	50
13	نظام الفراغ اللوني CIE	51
14	المنحنى المعياري لبيروكسيد الهيدروجين	52
15	جهاز المطياف الضوئي	52
16	المنحنى المعياري لحمض الأسكوربيك	54
17	المنحنى المعياري لحمض الغاليك	55
18	تغيير صيغة الـ DPPH	56
19	المنحنى المعياري لمحلول برادفورد	57
20	جهاز الطرد المركزي	57
21	المنحنى المعياري للأنزيم SOD	58
22	طريقة عمل الأنزيمات المضادة للأكسدة الرئيسة	59
23	جهاز الريفراكتومتر	78

قائمة الاختصارات

الاسم العلمي	الرمز	المصطلح العربي
1-Aminocyclopropane-1-Carboxylic acid	ACC	حمض 1-أمينوسكلوبروبان كربوكلسيلك
1-aminocyclopropene carboxylic acid oxidase	ACO	أنزيم 1-أمينوسكلوبروبان كربوكسيليك أسيد أوكسيديز
1-aminocyclopropene carboxylic acid synthase	ACS	أنزيم 1-أمينوسكلوبروبان كربوكلسيلك
Ascorbate Peroxydase	APX	انزيم الاسكوربات بيروكسيداز
ascorbic acid/ Ascorbate	AsA	حمض الأسكوربيك (فيتامينC)
Aminoethoxy Vinyl Glycine	AVG	أمينو فينيل غلايسين
catalase	CAT	أنزيم الكاتالاز
chitosan	CTS	الشيتوزان
طريقة الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل 1,1, diphenyl- 2, picryl hydrazyl	DPPH	طريقة لتقدير النشاط المضاد للأكسدة
Hydrogen peroxide	H_2O_2	بيروكسيد الهيدروجين
Malondialdehyde	MDA	المالون دي ألدهيد
1-methylcyclopropene	1-MCP	1-ميثيل سكلو بروبان
Methyl Jasmonate	MeJa	ميثيل جاسمونات
Nitro Blue Tétrazolium	NBT	نترو بلو تترازوليوم
Nitric oxide	NO	أكسيد النيتريك
Oxygène	O_2	أوكسجين
Anion radicl superoxyde	$O_2^{\cdot -}$	أنيون فوق الأكسيد
anion hydroxyle	OH^-	أنيون الهيدروكسيل
radical hydroxyle	$OH^{\cdot}$	جذر الهيدروكسيل
Phenylalanine Ammonia-Lyase	PAL	أنزيم فينيل ألانين أمونيا ليز
pectinmethylesterase	PME	الأنزيمات المفككة للبكتين
Poly Phenol Oxidase	PPO	أنزيم بولي فينول أكسيديز
peroxidase	POD	أنزيم البيروكسيداز
Reactive Oxygen Species	ROS	الأنواع النشطة للأوكسجين
superoxide dismutase	SOD	أنزيم سوبر أكسيد ديزموتاز
Sodium nitroprusside	SNP	نترو بروسيد الصوديوم
Total Soluble Solids	TSS	المواد الصلبة الذائبة الكلية
Titratable Acidity	TA	الحموضة القابلة للمعايرة
Acide thiobarbituric	TBA	حمض ثيوباربيتيوك
Unit	U	وحدة
Vitamin E/ α-Tocopherol	VE	فيتامين E

الملخص

نُفذ البحث خلال الفترة 2013 – 2016 م في كلية الزراعة بجامعة دمشق، بهدف دراسة تأثير المعاملة ببعض المواد الكيميائية والطبيعية ((1– ميثيل سكلو بروبان، ونتروبروسيد الصوديوم، الشيتوزان، وأمينوفينل غلايسين، والميثيل جاسمونات، وفيتامين E)) في القدرة التخزينية لثمار البندورة (الهجين Tala) وصفاتها البيوكيميائية (نسبة المواد الصلبة الذائبة TSS ونسبة الحموضة القابلة للمعايرة TA) والفيزيائية (الصلابة ونسبة الفقد بالوزن والفقد المطلق ومؤشرات اللون)، ومعايير الأكسدة (بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 والملونيل داي ألدهيد MDA)، ومضادات الأكسدة (فيتامين C والفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة DPPH)، ونشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة (SOD و CAT) في ظروف التخزين المبرد. حيث قُطفت ثمار البندورة في طورين من أطوار النضج: طور النضج الأخضر (mature Green)وخُزنت في درجة حرارة 13 °م حتى التلون ثم خُزنت بدرجة حرارة 8 °م، وطور نضج التحول (Turning) وخُزنت عند درجة حرارة 8 °م ورطوبة نسبية 90 – 95 % مدة 60 يوماً.

أظهرت النتائج أن تقنية المعاملة بـ MCP –1 كانت الأفضل مقارنة بباقي التقنيات المدروسة من حيث المحافظة على نوعية الثمار ولكل من طوري النضج الأخضر والتحول، حيث أدت إلى خفض نسبة الفاقد الوزني (5.60% في طور النضج الأخضر و6.23% في طور التحول) والفاقد المطلق، وتفوقت في المحافظة على صلابة الثمار (4.38 كغ/سم^2 في طور النضج الأخضر و3.48 كغ/سم^2 في طور التحول) وقللت من تفكك الأحماض العضوية والمواد الصلبة الذائبة الكلية وفيتامين C، وأخرت النضج، حيث حدت من التغيرات اللونية لقشرة الثمار (*a، L*)، كما أدت إلى ازدياد المحتوى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة فانخفض بذلك تراكم بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 و MDA، وتفوقت على المعاملات كافة في نشاط أنزيم CAT و SOD.

حلت تقنية المعاملة بـ SNP في المرتبة الثانية ولكل من طوري النضج الأخضر والتحول، حيث أخرت النضج وحافظت على الصلابة (3.63 كغ/سم^2 في طور النضج الأخضر) وحدت من الفاقد الوزني والمطلق، كما تفوقت معنوياً بمحتوى ثمارها من فيتامين C (438.09 مكروغرام/غ وزن رطب في طور النضج الأخضر). وزادت المعاملة بـ SNP من محتوى الثمار من الفينولات الكلية (30.13 مغ/100غ، وزن رطب في طور النضج الأخضر) ونشاط أنزيم الـ SOD و CAT كما خفضت من تركيز الـ MDA في كلا الطورين، وخفضت الزيادة في تركيز الـ H_2O_2 في طور التحول بشكل أكبر من طور النضج الأخضر.

وجاءت تقنية المعاملة بـ **MeJa** في المرتبة الثانية بالنسبة لطور التحول بينما حلت بالمرتبة الأخيرة بالنسبة لطور النضج الأخضر. أبدت المعاملة في الثمار بطور التحول دور إيجابي في الحفاظ على المحتوى من الفينولات الكلية (26.87 مغ/100غ، وزن رطب) وفي خفض تركيز الـ MDA في كلا الطورين.

جاءت المعاملة بـ CTS في المرتبة الثالثة بالنسبة لطور النضج الأخضر بينما حلت بالمرتبة الأخيرة بالنسبة لطور التحول، حيث أعطت في طور النضج الأخضر نتائج مميزة في الحفاظ على صلابة الثمار (3.66كغ/سم^2) وخفض الفاقد بالوزن (7.52%) والحد من فقد فيتامين C، لكنها لم تؤخر من نضج الثمار وازداد محتوى ثمارها من TSS% في كل من طور النضج الأخضر وطور التحول. وازداد قيم مؤشر اللون a* معنوياً. لوحظ زيادة في نشاط أنزيم الـ SOD مقابل المعاملات الأخرى (142.50 وحدة/مغ بروتين في طور النضج الأخضر و164.63 وحدة/مغ بروتين في طور التحول)، وانخفاض في نشاط أنزيم الـ CAT مقابل معظم المعاملات، وازداد تركيز H_2O_2 في الثمار بطور التحول (47.01 مكرومول/غ، وزن رطب).

حلت تقنية المعاملة بـ AVG في المرتبة الرابعة في كلا طوري النضج، حيث كان لها أثراً معنوياً في الحفاظ على مؤشرات الجودة في الأسبوعين الأول والثاني من التخزين. وتميزت بمحتوى ثمارها من فيتامين C (367.93 ميكروغرام/غ، وزن رطب في الطور الأخضر و411.47 ميكروغرام/غ، وزن رطب في طور التحول). في ثمار الطور الأخضر فقط أثرت في الحد من الفقد بالوزن وأخرت التلون لكنها لم تبدي فروق معنوية في نسبة الحموضة. تفوقت المعاملة بـ AVG في محتوى ثمارها من الفينولات الكلية، وتميزت في خفض تركيز الـ MDA، ونشاط أنزيم الـ CAT في كلا الطورين، لكن انخفض نشاط أنزيم الـ SOD معنوياً مقابل المعاملات الأخرى.

جاءت تقنية المعاملة بـ **VE** في المرتبة الخامسة في كلا طوري النضج، حيث كان لها أثراً مميزاً في الحفاظ على صلابة الثمار وخفض الفاقد بالوزن (3.28% في طور النضج الأخضر و5.02% في طور التحول). إلا أنها حافظت على حموضة ثمار الطور الأخضر فقط. سرعت المعاملة من النضج وازداد محتوى الثمار من الـ TSS%، وانخفض محتوى الثمار من فيتامين C، إلا أنها حدت من التغيرات اللونية في الثمار بطور النضج الأخضر فقط. أظهرت المعاملة بـ VE تفوق على ثمار الشاهد فقط في خفض تركيز الـ MDA وH_2O_2 ونشاط أنزيم SOD و CAT والمحتوى من الفينولات الكلية.

الكلمات المفتاحية: تخزين مبرد، بندورة، 1-MCP، SNP، CTS، AVG، MeJa، V.E.

Abstrac

The experiment was carried out during 2013-2016 in the faculty of agriculture, Damascus University (Syria) to study the effect of some chamecal and natural materials ((1-MCP, SNP, CTS, AVG, MeJa, VE)) on the storage capacity of tomato fruits (Tala hybrid), Biochamical properties (TSS, TA), Physical properties (firmness, weight loss, spoilage loss, coulor), antioxidant parameter (H_2O_2, MDA), anti-oxidative activities (vitamin C, Total phenol, DPPH) and antioxidant enzymes activities (SOD, CAT) under cold storage conditions. Tomato fruits were collected at two stages of development: the first was the mature green stage, and these fruits were stored at 13 °C until red color was observed on the fruits, then the fruits were stored at 8 °C. The second stage was the turning stage, and these fruit were stored at 8 °C. Both groups of fruits were stored under a high relative humidity conditions (90-95%) for 60 days.

The rsultes showed that 1-MCP treatment was better, in term of porlonging the storage period and maintian the quality of the fruits for green and turning stages, than the rest of studied treatments. The treatment resulted in the reduction of weight loss (5.60% for green mature and 6.23% for turning stage) and spoilage loss, maintain firmness (4.38 Kg/cm^2 for green mature and 3.48 Kg/cm^2 for turning stage) and reduced the disintegration of TA, TSS, V.C, delayed maturity, understated color changes, and increased the content of total phenols and DPPH. In addition to the decease in accumulation of H_2O_2 and MDA, it excelled on all treatments in the activity of the enzymes CAT and SOD.

Treatment with SNP came in the second place in terms of maintaining the quality and firmness of fruits (3.63 Kg/cm^2 for green mature). It limited the weight and spoilage losses, and excelled significantly in vitamin C content (438.09 µg/g, FW for green mature). Moreover, it increased the total phenol content (30.13 mg/100g, FW for green mature), SOD and CAT activities, and decreased the concentration of MDA, H_2O_2.

Treatment with MeJa came in the second place in turning fruits, and in the last place in green fruits. It maintained the total phenol in turning fruits (26.87 mg/100g, FW), and decreased the concentrations of MDA.

Treatment with CTS came in the third place in green fruits, but it was in the last place in turning fruits. It maintained the fruit firmness (3.66 Kg/cm^2) and the content of vitamin C and decreased the weight losse (7.52%) in green stage. It increased the color (a*) significantly. It increased the SOD activity (142.50 U/mg Protein for green mature and 164.63 U/mg Protein), and decreased the CAT activity, it also increased the concentration of H_2O_2 in turning stage (47.01µ mol/g, FW).

Treatment with AVG came in the fourth place in green and turning fruits. It maintained the quality of fruits during the two first weeks only. This reatment maintained the content of vitamin C significantly (367.93 µg/g, FW for green mature and 411.47 µg/g, FW for turning stage). In mature green fruits, it limited the weight loss, delayed color. It did not affect the TA, but it excelled significantly in total phenol content, it also decreased the MDA concentration and CAT and SOD activities.

Treatment with VE came in the fifth place in green and turning fruits, it maintained the firmness, decreased the weight loss (3.28% for green mature and 5.02% for turning stage) and spoilage losse. However, it maintained the acidity of the fruit in the mature green stage only. Treatment with VE rapid the ripening and increased fruit content of TSS, but it decreased the connect of VC. It limited the color changes in green stage only. It was better than control only in lowering the concentrations of MDA and H_2O_2 and the SOD and CAT activities and the total phenol content.

Key Word: Tomato, cold storage, 1-MCP, MeJa, AVG, SNP, CTS, V.E.

الفصل الأول

المقدمة

وأهداف البحث

Introduction

1 المقدمة Introduction

1.1 *التصنيف العلمي والأسماء الشائعة:*

تتبع البندورة Tomato للمملكة النباتية *Plantae* وللعائلة الباذنجانية *Solaneceae* وللجنس *Solanum* وللنوع *Solanum lycopersicum*. في الوقت الحالي تتبع البندورة إلى الجنس *Lycopersicon* الذي يضم عدة أنواع من أهمها: *Lycopersicon esculentum* المعروفة بالبندورة العادية (Tomato) (Saltveit، 2005)، و *Lycopersicon pimpinellifolium* المعروفة بالبندورة الشائعة (Currant tomato) و *Lycopersicon esculentum var. ceriforme* المعروفة بالبندورة الكرزية (Cherry tomate) و *Lycopersicon esculentum var. pyriforme* المعروفة بالبندورة الاجاصية (Jones و Hartley ، 1999).

1.2 *الموطن الأصلي:*

تعد أمريكا الجنوبية بما فيها تشيلي وكولومبيا والاكوادور وبوليفيا والبيرو الموطن الأصلي للبندورة. ويعتقد أن الأصل البري للبندورة هو البندورة الكرزية. تم إدخالها إلى أوروبا عن طريق ايطاليا واسبانيا في القرن السادس عشر للميلاد كنبات زينة فقط اعتقاداً منهم بسمية ثمارها، بينما لم تزرع من أجل استهلاك الثمار حتى القرن الثامن عشر في المكسيك (Harvey وزملاؤه، 2002.، Sims، 1980).

1.3 *الوصف المورفولوجي:*

نبات عشبي حولي في المناطق المعتدلة ومعمر في المناطق الاستوائية. يزرع من أجل ثماره. للبندورة مجموع جذري وتدي. تكون الساق طويلة في الأصناف غير محدودة النمو كونها تنتهي ببرعم خضري، بينما تكون قصيرة في الأصناف محدودة النمو المنتهية ببرعم زهري. الأوراق مركبة ريشية مفردة. تخرج الأزهار في نورات عنقودية. الزهرة خنثى. التلقيح ذاتي غالباً.

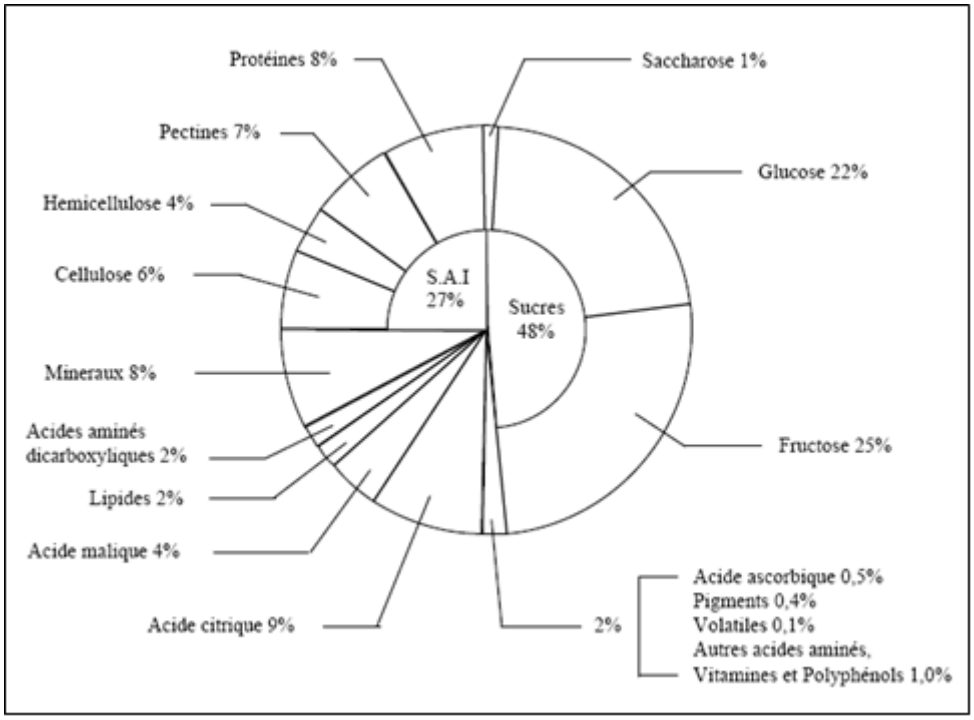
1.4 *الاستخدامات والأهمية الغذائية والطبية:*

تتعدد استعمالات هذا المحصول وذلك في مجالات الاستهلاك **الطازج** لما تتمتع به من نكهة ممتازة وطعم مرغوب (موصللي،1999)، أو تستهلك **مصنعة** مثل الثمار المعلبة المقشرة (Garcia

and Barret، 2006)، وعصير البندورة ومعجون البندورة (Akanbi وزملاؤه، 2006) ومخلل البندورة أو مجففة كشرائح أو مسحوق ولفائف البندورة (العقلة، 2008)، بالإضافة إلى المنتجات المشتقة منها كالكتشاب وحساء وصلصة البندورة (Kross وزملاؤه، 2004).

تحتوي ثمرة البندورة على نسبة عالية من الماء (حوالي 95%)، ويحتوي كل 100غ من ثمار البندورة الطازجة وسطياً ما يقارب 6.5 % مادة جافة تعطي 22 وحدة حرارية (الشكل 1)، حيث يدخل في تركيبها وسطياً نحو 407 غ كربوهيدرات كلية (Watt and Merrill, 1963) ونحو 1.2غ بروتين، و1% أحماض عضوية، ولا سيما حمض التفاح و حامض الليمون (بوراس وزملاؤه، 2006) ، كما تحوي على أحماض أمينية α–tomatine (Wongsa-Ngasi، 2004) والعديد من المعادن مثل البوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم والحديد، وهي مصدر جيد للحمية لقلة سعراتها الحرارية بسبب فقرها بالليبيدات واحتوائها على الألياف (Lee،2005؛ Beecher، 1998). وهي غنية بفيتامين A (البيتا–كاروتين) وفيتامين C وكذلك الليكوبين وهي من أكثر مضادات الأكسدة فعالية (Zia-ul وزملاؤه، 2016؛ Agarwalو Rao، 2000)، والذي يعطي اللون الأحمر للبندورة الناضجة.

دلت الأبحاث الحديثة على أن لثمار البندورة الطازجة دوراً في تقليل احتمال الإصابة بالسرطان وأمراض القلب وتصلب الشرايين (Kumar وزملاؤه، 2015؛ Friedman وزملاؤه، 2011؛ Cheng وزملاؤه، 2007؛ Serrano وLopez ، 2006؛ Soto-Zamora وزملاؤه، 2005). كما تحتوي ثمار البندورة بالإضافة للكاروتينات على مجموعة من مضادات الأكسدة (Velioglu وزملاؤه، 1998). وحسبNasir (2016) وَHart وScott (1995) فإن محتوى ثمار البندورة من مضادات الأكسدة يعتمد على جينات خاصة وعلى العوامل البيئية ويرتبط أيضاً بمرحلة نضج الثمار. إضافة لما تقدم تحتوي بذور البندورة زيتاً بنسبة تتراوح بين 18–27 %، وهو غني بالأحماض الدهنية غير المشبعة مثل الاولييك واللينوليك، حيث يتم استخلاصه ويستخدم في السلطات وصناعة الصابون (بوراس وزملاؤه، 2006).



الشكل 1. تحليل مكونات المادة الجافة لثمار البندورة الناضجة (مأخوذة عن Davis and Hobson, 1981).

تمثل المادة الجافة 5 –7.5 % من المادة الرطبة. SAI: مكونات كحولية غير ذوابة.

تزرع البندورة كعروة صيفية في مختلف مناطق القطر، كما تزرع في المناطق الساحلية والمناطق الداخلية الدافئة في العروتين الصيفية المبكرة والخريفية. وقد بدء بزراعتها في السنوات الأخيرة كعروة شتوية في البيوت المحمية المدفأة التي بدأت تنتشر في بعض محافظات القطر (بوراس وزملاؤه، 2006).

يعد محصول البندورة من أكثر الخضار استهلاكاً وانتشاراً في العالم (Tonon وزملاؤه، 2005). ومحصول البندورة من أهم المحاصيل المنتجة عالمياً، حيث تزرع في الحقل أو في الزراعات المحمية. وتبلغ المساحة العالمية المزروعة من البندورة حوالي 4.3 مليون هكتار وبإنتاج قدره حوالي 146 مليون طن (FAOSTAT، 2013). تحتل كل من الصين والهند والولايات المتحدة الأمريكية وتركيا ومصر المراتب الخمس الأولى بإنتاج قدره 50.55، 18.22، 12.57، 11.82 و8.53 مليون طن، على التوالي. يمثل إنتاج البلدان السابقة من البندورة 50 % من الإنتاج العالمي، لكنها تعد من جهة أخرى أكثر البلاد المستهلكة لها، حيث تشكل مع بعضها 40 % من الاستهلاك العالمي. كما ازداد الإنتاج العالمي من الثمار الطازجة والمصنعة بمقدار 300 % في العقود الثلاثة الأخيرة (Perumal، 2007).

على مستوى الوطن العربي، تحتل مصر المرتبة الأولى من حيث الإنتاج (حوالي 9 مليون طن) ثم المغرب والعراق وتونس والجزائر (حوالي 1 مليون طن) (FAOSTAT، 2013). أما سورية فتشغل المركز التاسع عشر عالمياً والمركز السادس عربياً في إنتاج محصول البندورة، حيث يعد محصول البندورة من أهم محاصيل الخضار إنتاجاً وتصديراً، شكل إنتاج البندورة 40 % من إجمالي الخضار الصيفية المنتجة في القطر (الطراونة وياسين، 2006). وقد بلغ إجمالي إنتاج البندورة في سوريا لعام 2014 ما مقداره 260699 طن (المجموعة الإحصائية، 2014). وبدراسة تطور الميزان السلعي لمنتج البندورة خلال الفترة 2000–2012 فقد ارتفع معدل التصدير من 190 ألف طن لعام 2000 إلى 426.71 ألف طن لعام 2010 (المجموعة الإحصائية، 2014).

الجدول 1. تطور الميزان السلعي لمحصول البندورة الوحدة: ألف طن

المادة	البيان	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2010	2012
البندورة	إنتاج	753.2	772	900	945.8	965.4	957.3	1156.3	783.9
	استيراد	–	4	14	5.1	14.7	74	80.55	115.3
	تصدير	190	168	210	217.9	260.3	321.7	426.71	207.5
	المتاح	563.2	608	704	733	719.8	709.3	810.2	691.7

من هنا، فإن كل ما يؤدي إلى زيادة الإنتاج والمحافظة عليه بنوعية جيدة مع إتباع الأساليب التي تضمن توفر المحصول في الأسواق لغرض الاستهلاك المحلي أو التصدير لأطول فترة ممكنة

أمر رئيسي يحرص عليه المزارعون والمنتجون، ويجب أن يرتبط هدف زيادة الإنتاج الزراعي مع تنظيم عمليات التسويق وزيادة كفاءة تقنيات التخزين والتصنيع مع العمل على رفع القدرة التخزينية للثمار عبر التخزين المبرد والعناية بعمليات التعبئة والتداول (السعدون وزملاؤه، 2004). إن الاهتمام المتزايد من المستهلكين بالغذاء الصحي يُشكل تحدي دائم للمزارعين لتحسين الجودة الغذائية للمحاصيل المنتجة والمخزنة وبالتالي فإن المحافظة على الثمار بجودة عالية مع إطالة فترة وجودها في الأسواق أو استعمالها لغرض التصدير مع وصولها إلى البلد المُستورِد بدرجة النضج وصفات الجودة المطلوبة، يتطلب تطبيق تقنيات التخزين المختلفة لتحقيق الهدف المطلوب في تأخير عمليات النضج خلال فترة التخزين والنقل، وبالتالي الإبقاء على المنتج طازج وذو قيمة غذائية جيدة (Moretti وزملاؤه، 2005). لذلك يزداد الاهتمام بعلوم تخزين الحاصلات البستانية وفيزيولوجيا ما بعد الحصاد للمحافظة على نوعية الثمار بشكلها الطازج، حيث تتالى الأبحاث للوصول إلى أفضل الطرق بهدف حماية الثمار بعد القطاف من الأمراض والمحافظة على جودتها أثناء مدة التخزين وإطالة عمرها التسويقي (shelf life). ومن الطرق الحديثة المستخدمة للحد من تدهور الثمار أثناء التخزين، بالإضافة لظروف التخزين المختلفة، المعاملة ببعض المواد الطبيعية أو الكيميائية والتي تساهم في تأخير نضج الثمار وتدهورها وتطيل مدة التخزين وتحافظ على الخواص الفيزيائية والكيميائية للثمار. مع الإشارة إلى أنه في سورية هناك ندرة في الأبحاث والدراسات التي تناولت تحديد الظروف والطرائق المثالية لغرض زيادة القدرة التخزينية لثمار البندورة وذلك مع تطور هذا المحصول كأحد المحاصيل الهامة المعدة للتصدير ورفد الدخل القومي.

مبررات البحث وأهدافه:

تمتاز ثمار البندورة بموسمية إنتاجها، لذلك يعد تخزينها ضروري جداً لخلق حالة توازن بين الإنتاج والاستهلاك مما يكفل إفادة لكل من المنتج والمستهلك في آن معاً، لهذا يجب زيادة كفاءة تقنيات التخزين مع العمل على رفع القدرة التخزينية للثمار عبر تطبيق معاملات ما بعد القطاف المختلفة والعناية بعمليات التعبئة والتداول (السعدون وزملاؤه، 2004). ويعد تخزين ثمار الفاكهة والخضار في درجة حرارة منخفضة بالقرب من نقطة التجمد تكنولوجيا تطبق لتأخير النضج بعد القطاف وتمديد فترة العمر الافتراضي للمنتجات الزراعية، لكن حفظ ثمار البندورة بدرجات الحرارة هذه قد يعرضها للإصابة بأضرار البرودة (chilling injury) والتي تصبح أكثر وضوحاً عند إخراج الثمار من براد التخزين (Sevillano وزملاؤه، 2009). لذلك يجب إيجاد طرق أخرى لزيادة

القدرة التخزينية للبندورة، مع تخزينها على درجات حرارة تجنبها الإصابة بأضرار البرودة، مثل المعاملة ما بعد القطاف بمواد طبيعية أو كيميائية مختلفة تبطئ التدهور السريع للثمار أثناء التخزين وتحافظ على معايير الجودة المختلفة. مع الإشارة إلى إمكانية تطبيق هذه المعاملات على الثمار المنتجة حقلياً أو من الزراعة المحمية. وبالرغم من تطور محصول البندورة في سورية كأحد المحاصيل الهامة المعدة **للتصدير**، هناك قلة في الأبحاث والدراسات التي تناولت تحديد الظروف والطرائق المثالية لمعاملات ما بعد الحصاد الأكثر حداثة وفعالية لغرض زيادة القدرة التخزينية لثمار البندورة، بالإضافة لدراسة محتوى الثمار من مضادات الأكسدة وربطها مع هذه المعاملات ومعرفة مصيرها أثناء نضج ثمار البندورة في ظروف التخزين المبرد والتي لم تدرس سابقاً. لذلك كان توجيه الاهتمام في هذه الدراسة نحو الوصول إلى أفضل معاملات ما بعد القطاف المستخدمة عالمياً والتي يمكن من خلالها تخزين ثمار البندورة المقطوفة بدرجات نضج مختلفة لأطول فترة ممكنة وبجودة عالية وبقيمة غذائية مرتفعة. **ومما سبق يهدف هذا العمل البحثي إلى:**

1- دراسة تأثير معاملات ما بعد القطاف ببعض المواد الكيميائية في إطالة مدة تخزين ثمار البندورة المقطوفة بطورين للنضج.

2- دراسة تأثير معاملات ما بعد القطاف ببعض المواد الكيميائية ومدة التخزين ودرجة النضج في معايير الجودة الفيزيائية والبيوكيميائية لثمار البندورة المخزنة في ظروف التخزين المبرد.

3- دراسة تأثير معاملة ثمار البندورة ما بعد القطاف ببعض المواد الكيميائية ومدة التخزين ودرجة النضج في إجهاد الأكسدة الناتج عن تقدم الثمار بالعمر وتعرضها لدرجات الحرارة المنخفضة والنشاط المضاد للأكسدة الأنزيمي وغير الأنزيمي.

4- تحديد أفضل المعاملات الكيميائية ودرجة النضج الأنسب خلال مدة التخزين المبرد مع احتفاظ الثمار بجودتها المثلى.

الفصل الثاني

الدراسات المرجعية

Literature Review

2 الدراسات المرجعية Literatur Review:

2.1 *تطور نمو ونضج ثمار البندورة:*

يمكن تقسيم فترة حياة ثمرة البندورة إلى مرحلتين رئيسيتين هما:

- مرحلة النمو Growth: وتبدأ هذه المرحلة من عقد الثمرة وتنتهي مع بداية النضج، حيث تنمو خلالها الثمرة ويزداد حجمها وتكون خلالها الثمار خضراء اللون وتسمى ثمار خضراء غير ناضجة Immature green.
- مرحلة النضج Maturation: تبدأ هذه المرحلة مع توقف نمو الثمار وثبات حجمها وتقسم مرحلة نضج الثمار إلى ستة أطوار وهي حسب (USDA، 1991):

✓ الأخضر الناضج (Mature green): يكون كامل سطح الثمرة بلون أخضر، وتتفاوت درجة اللون من الأخضر الفاتح إلى الأخضر الداكن.

✓ بدء التلون (Breaker): يبدأ في هذا الطور تغير واضح باللون من الأخضر إلى الأصفر والأبيض ونسبة اللون الوردي لا تتجاوز 10 % من سطح الثمرة، وتتم خلال 24 ساعة من الطور الأخضر الناضج ويمكن تمييزها والتعرف عليها بسهولة حيث يكون الطرف الزهري ذا لون أصفر أو زهري، ويمكن أن تنضج الثمار المقطوفة في هذا الطور طبيعياً ودون تعريضها لغاز الإنضاج.

✓ تحول اللون (Turning): يظهر التلون بنسبة 10–30 % من سطح الثمرة ويكون ظهور لون ناتج عن اندماج بين اللون الأخضر والأصفر والوردي والأحمر.

✓ الوردي (البرتقالي) Pink (Orange): يبدو التلون بنسبة 30 –60 % من سطح الثمرة ويكون اللون وردي محمر أو برتقالي.

✓ الأحمر (Red): تلون من 60–90 % من سطح الثمرة باللون الأحمر الفاتح.

✓ الأحمر الناضج (Ripe red): تتلون كامل الثمرة بالأحمر الداكن وهذه مرحلة اكتمال النضج.

2.2 *التخزين وصفات الجودة:*

إن للتخزين المبرد وإتباع تقنيات التخزين والتعبئة المختلفة دور كبير في الحفاظ على الإنتاج وبمعايير جودة عالية، فقد أشار Larissa (2006) إلى أن الفقد الحاصل في محاصيل الخضار

والفاكهة بشكل عام قد يصل لنسبة تصل حتى 40% من الناتج الإجمالي وذلك نتيجة لغياب الأساليب الحديثة والتكنولوجية من لحظة قطاف الثمار مروراً بعمليات التعبئة والتداول والتخزين.

وباعتبار أن محصول البندورة من أحد الحاصلات البستانية الهامة الذي يشغل المرتبة الثانية بين المحاصيل الأكثر إنتاجاً في العالم (Gayet، 1995) وبالإضافة لكون ثمار البندورة الطازجة غير المطبوخة مصدراً هاماً للفيتامينات والمعادن الضرورية لصحة الإنسان (FAO, 2013)، لذلك كان توجيه الاهتمام في هذه الدراسة نحو الوصول إلى أفضل الظروف التخزينية التي يمكن من خلالها المحافظة على الحالة الطازجة لثمار البندورة وبجودة عالية لأطول فترة ممكنة. حيث أشار Toor وSavage (2005) إلى أن أفضل شكل لاستهلاك البندورة هو الثمار الطازجة لتحقيق أعلى استفادة غذائية منها وذلك عند دراسة ثلاثة أصناف من البندورة، فوجدا أن قشرة وبذور ثمار البندورة الطازجة تحوي على 53٪ من مجموع الفينولات، و52٪ من إجمالي الفلافونويد، 48٪ من الليكوبين الكلي، و43٪ من إجمالي حمض الأسكوربيك و52٪ من مضادات الأكسدة الكلية.

تتوقف جودة ثمار البندورة وقدرتها التسويقية على درجة النضج أثناء القطاف ومستوى العناية بعمليات القطاف والتداول وصولاً إلى مخازن التبريد ومن ثم إلى أماكن الاستهلاك.

وتعد البندورة من الثمار الكلايمكترية Climacteric fruit (Znidarcic وPozrl ، 2006)، إذ تستطيع الثمار أن تستمر بنضجها بعد القطاف فيما إذا قطفت بطور النضج الأخضر، وإن لطور النضج ودرجة حرارة التخزين دور فعال في تحديد القيمة الغذائية النهائية لثمار البندورة (Madhavi وSalunkhe ، 1998)، كما تعد ثمار البندورة من الثمار السريعة التلف High perishable fruits وتحتاج لعمل دقيق وعناية كبيرة أثناء التعبئة والنقل ومن ثم التخزين بهدف المحافظة على جودتها (Lorenz وزملاؤه، 1988).

يمكن قطف ثمار البندورة في مرحلة النضج الأخضر Green أو نضج بدء التلون Breaker أو طور نضج التحول Turning لغرض التخزين، حسب (USDA، 1991). وتبعاً لنفس المصدر فإن درجة حرارة التبريد التي ينصح بها لتخزين الثمار في طور النضج الأخضر تتراوح بين 12.5–15°م، والثمار في طور النضج الوردي من 8–10 °م، مع رطوبة نسبية تتراوح بين 85–95 %. كما يجب وضع الثمار لغرض التخزين، والمزروعة في البيوت البلاستيكية وهي بدرجة النضج الأخضر ضمن درجة حرارة 21 °م لتنضج وذلك قبل خفض حرارة التخزين إلى 10–12.5 °م.

وبما أن البندورة حساسة لأضرار البرودة فيجب إتباع التعليمات الموصى بها لاختيار حرارة التخزين المناسبة والمتناسبة مع درجات النضج المختلفة.

تشكل البندورة التي تقطف في مرحلة النضج الأخضر القسم الأكبر من محصول البندورة الطازجة في الأسواق التجارية لأنها قادرة على تحمل الظروف الصعبة والقاسية ومدة التخزين الطويلة أكثر من البندورة التي تكون في مراحل النضج التالية، كما تتحمل الظروف القاسية أثناء عملية الشحن والتوزيع والبيع وتتعرض لعملية فقد أقل.

يرتبط السلوك الفيزيولوجي لثمار البندورة المخزنة بشكل أساسي بدرجة نضج الثمار، كما يُعد تكون الطعم الجيد (محتوى الحموضة والسكر ومواد النكهة) من المؤشرات المهمة لقطاف الثمار وتخزينها وتسويقها والوصول إلى درجة صلابة جيدة في أثناء استهلاكها (Boettcher، 1996). يعد تخزين ثمار البندورة الخضراء لفترة طويلة أمر صعب بسبب سرعة نضجها من جهة واستعدادها للإصابة بضرر البرودة Chilling Injury في درجات الحرارة التي تنخفض عن 10°م من جهة ثانية، هذه الأضرار التي تتمثل بالمظهر الزجاجي للثمرة وزيادة طراوة اللب إضافة لتكون بقع صغيرة عميقة في القشرة نتيجة لتهدم galactolipid[1] الموجود في غلاف الثمرة (Nguyen و Mazliak، 1991). والأهم من كل ذلك هو إصابة الثمار بالأعفان وخاصة مرض اللفحة *Alternaria spp.* وفقد القدرة على التلون بسبب عدم تكون صبغة الليكوبين التي تمثل المادة الملونة في الثمرة (Stanley، 1998؛ Maul وزملاؤه، 1997).

الفقد الطبيعي بالوزن (Weight Loss):

يعد الفقد المائي الناتج عن تبخر الماء من سطح الثمار أثناء التخزين من العوامل الهامة المؤثرة وبشكل كبير في جودة الثمار (Perez وزملاؤه، 2003)، حيث يسبب ذبولها ويخفض قيمتها التسويقية (Ball، 1997). إضافة لذلك يؤثر استمرار التنفس بعد القطاف في جودة الثمار ويخفض كتلتها ويقلل من محتواها الغذائي، ناهيك عن العوامل الأخرى المؤثرة كثيراً في جودة الثمار مثل: الإصابات المرضية وأضرار التبريد (يونس وأبو ترابي، 2004).

فثمار صنف البندورة cv.Malike المخزنة عند درجة حرارة 10°م وصل معدل الفقد بوزنها إلى 14.2 % بعد 21 يوماً من التخزين وكان أعلى من الثمار المخزنة في درجة حرارة 5°م، حيث

[1] من الدسم الفوسفاتية وهو أحد أهم الليبيدات التي تدخل في تركيب الغشاء الخلوي، كما تدخل هذه المجموعة في تشكيل أغشية الصانعات الخضراء ولها دور في عملية التمثيل الضوئي.

لم تتجاوز نسبة الفقد بالوزن 13.6 % بعد 28 يوماً من التخزين، كما كانت سرعة الفقد بالوزن مرتفعة في بداية التخزين وخاصة في الأسبوع الأول (Znidarcic و Pozrl، 2006).

وتظهر دراسة لـ Javanmardi و Kubota (2006) أن انخفاض درجة حرارة التخزين يؤدي لانخفاض كبير في نسبة الفقد بالوزن في ثمار البندورة، حيث بلغت هذه النسبة (0.49 %) يومياً عند درجة حرارة تخزين 12°م و (0.15 %) يومياً عند 5°م بينما وصلت إلى (0.68%) يوماً عند درجة حرارة تخزين 25°م، ويعزى السبب في هذه الزيادة إلى زيادة معدل النتح وزيادة الشدة التنفسية مع ارتفاع درجة الحرارة (Kumar وزملاؤه، 1999).

أورد Sablani وزملاؤه (2006) أن معدل الفقد المائي لثمار البندورة في طور نضج التحول قد بلغ 7% بعد 16 يوماً من التخزين عند درجة حرارة 4°م، في حين أن معدل الفقد ارتفع إلى 8% بعد 9 أيام لدى الثمار الموجودة بدرجة حرارة 25 °م.

وتُظهر دراسة للباحث Vanegas(1987) لاختبار فترات تخزين مختلفة لثمار البندورة بدرجة حرارة تخزين مختلفة (10 و15 °م)، أن الفقد بالوزن كان متناسباً طردياً مع طول مدة التخزين ودرجة حرارة التخزين. كما أشار Seyoum و Woldetsadik(2004) أن درجة الحرارة العالية تزيد من فرق ضغط بخار الماء بين الثمرة والجو المحيط بها الأمر الذي يؤدي لزيادة خروج الماء من الثمرة إلى الهواء المحيط بها وبالتالي زيادة الفقد.

كان لتخزين ثمار البندورة بطور **النضج الأخضر** في درجة حرارة 14°م ورطوبة نسبية 90–95 % أثر في زيادة مدة التخزين، ويعزى ذلك للحرارة المنخفضة والرطوبة النسبية العالية (Wills وزملاؤه، 1998). وبيَن Getinet وزملاؤه (2008) في دراسة حول تأثير موعد القطاف وطور النضج وظروف التخزين في نوعية ثمار البندورة المخزنة *cv.' Marglobe'* and '*Roma*' أن الفقد بالوزن كان أقل لثمار البندورة بطور النضج الأخضر والمخزنة عند 14 ° م بالمقارنة مع الثمار المقطوفة والمخزنة بطور النضج الوردي وذلك بعد 32 يوماً من التخزين.

أوضح Guan وزملاؤه (2008) أن الفقد بالوزن لثمار البندورة المخزنة *cv.Pinky World* ، بطور النضج الوردي، يزداد مع طول فترة التخزين ومع ارتفاع درجة الحرارة.

تأثير درجة حرارة التخزين والرطوبة النسبية في الثمار:

تستمر نُسج الثمار والخضار في التنفس بعد القطاف ما دامت حية وتتابع خلاياها استقلاب المواد الكربوهيدراتية بوجود أوكسجين الهواء مطلقة غاز ثاني أُكسيد الكربون والماء ونواتج أخرى، غير أن ثمار الفاكهة والخضار لا تلبث أن تتدهور نوعيتها بسرعة إذا تابعت عملياتها الحيوية بمعدلات مرتفعة عندما تكون معرضة لدرجات حرارة مرتفعة نسبياً. وبقصد إطالة الفترة التي تحتفظ فيها ثمار الفاكهة والخضار بقدر كبير من مواصفات "الطازجة" يُعمد إلى خفض درجة حرارة التخزين لأن ذلك يؤدي لخفض معدلات التنفس، مع الأخذ بعين الاعتبار العلاقة القائمة بين معدلات التنفس من جهة ومعدلات الفقد في صفات الجودة من جهة أخرى (حمد، 1992).

ولما كانت **درجة الحرارة** من أهم العوامل البيئية المؤثرة في جودة الثمار المخزنة، فإن التحكم في درجة الحرارة يعد أحد الوسائل المتاحة لإطالة فترة احتفاظ الثمار بجودتها. ومن المعروف أن كل ارتفاع أو انخفاض بدرجة الحرارة قدره 10 درجات مئوية عن درجة الحرارة المثلى وذلك بين 0 –30 ° م يؤدي إلى زيادة أو خفض معدل التدهور في جودة ثمار البندورة بحدود 2–3 مرات (يونس وأبو ترابي، 2004).

ذكر Vanegas (1987) أن ارتفاع درجة حرارة ثمار البندورة من0 إلى10 ° م أو من 10 إلى20° م يؤدي لزيادة معدل عملية التنفس ومنتجاتها من 2 إلى7 مرات أكثر من المعدل الطبيعي، لذا فإن التحكم الجيد بدرجة الحرارة من الوسائل الهامة لإطالة عمر الثمار التسويقي (Shelf Life) والمحافظة على صفات جودة عالية للثمار (Kader،1999)، حيث أن العمر التسويقي Shelf Life ترتبط بالتفاعل بين المورثات والنشاط الفيزيوكيميائي داخل الثمرة من جهة والتلف العضوي لنسج الثمرة من جهة أخرى (Garcia و Barrett، 2006). كما أن لدرجة النضج عند الحصاد تأثير كبير في كل من مدة التخزين والجودة النهائية للثمار في نهاية فترة التخزين وأثناء التسويق (Alam وزملاؤه، 2006).

تؤثر **الرطوبة النسبية** للمخزن بشكل كبير في سرعة تدهور الثمار بعد الحصاد وفي قدرتها التخزينية حيث يعتمد فقد الرطوبة من الثمار، والذي يؤدي بدوره إلى ذبول الثمار وبالتالي انخفاض قيمتها التسويقية، على فرق ضغط بخار الماء بين أنسجة الثمرة والجو المحيط بها والذي تحكمه درجة الحرارة والرطوبة النسبية في الجو المحيط بها، ويعتمد معدل فقد الماء من الثمار [في درجة

حرارة معينة ومعدل حركة هواء معين] على الرطوبة النسبية حول الثمار(Getinet وزملاؤه، 2008؛ السعدون وزملاؤه، 2004).

إن تخزين ثمار البندورة في درجة حرارة منخفضة تحافظ على نوعية الثمار وذلك لدورها في خفض معدل التنفس ومنتجاته ومعدل النتح، وإنتاج الايتلين وبالتالي تأخير النضج أو جعل عملية النضج في حدها الأدنى، وينطبق ذلك على بطئ في نشاط الكائنات الممرضة، وينعكس ذلك أيضاً على انخفاض الفقد المائي، وبالتالي فإن التخزين المبرد هو الطريقة الأكثر شيوعاً للمحافظة على صفات الجودة لثمار البندورة، حيث إن تأثير درجة حرارة التخزين في التغيرات الفيزيوكيميائية النوعية والكمية لثمار البندورة ترتبط بدرجة النضج ومدة التعرض لحرارة التخزين وظروف الحصاد (Xie وزملاؤه، 2006).

لقد نصح Hardenburg وزملاؤه (1986) بظروف تخزين البندورة بدرجة النضج الأخضر على حرارة 13–16 ° م أما البندورة الناضجة فتخزن بدرجة حرارة من7–10 ° م ويؤدي انخفاض الحرارة عن هذه الحدود لتعريض الثمار لأضرار البرودة (Chilling injury) وتختلف شدة الإصابة حسب درجة النضج ومدة التعرض لهذه الحرارة المنخفضة.

أجمع الباحثون على أن أفضل درجة حرارة لتخزين ثمار البندورة في طور نضج التحول هي 7-8 °م، وذلك لمدة تتناسب مع عدم ظهور أضرار البرودة ، وتتجلى بعض مظاهر أضرار البرودة على ثمار البندورة بما يلي : زيادة في معدل التنفس وإنتاج الإتيلين وظهور نقر على سطح الثمار وغياب اللون داخل اللب مع نضج زائد(Larissa وزملاؤه، 2006).

وفي دراسة أجراها Znidarcic و Pozrl (2006) على محصول البندورة *cv.Malike* حول المقارنة في التغيرات في صفات الجودة أثناء التخزين في درجات حرارة مختلفة، وجد أن ثمار البندورة خزنت لمدة 28 يوماً في درجة حرارة 5° م بينما كانت مدة التخزين 21 يوماً فقط عند التخزين في درجة حرارة 10° م.

دلت التجارب إلى أن ثمار البندورة يمكن تخزينها في درجة الحرارة العادية لمدة **7** أيام، وتم الإشارة إلى أن التخزين في درجة حرارة تتراوح بين 10–15° م ورطوبة نسبية 85–95 % يطيل عمر الثمار وفي مثل هذه الظروف التخزينية تكون أضرار البرودة وسرعة النضج في حدها الأدنى مع الأخذ بعين الاعتبار العناية بعمليات القطاف والتداول لتجنب الأضرار الميكانيكية وانضغاط الثمار (Castro وزملاؤه، 2005).

أظهرت نتائج Herregods و Coffings (1990) إلى أن درجات الحرارة المنخفضة جداً تؤخر نضج ثمار البندورة من خلال تأثيرها في بنية الجدر الخلوية، وفقدان في الريبوزومات والجسيمات الصانعة والميتاكوندريا وحبيبات النشاء وتدهور بنية الغلاف الثمري، لكنها لا تزيد مدة التخزين بسبب زيادة إصابة الثمار بالأعفان التي يمكن أن تصل إلى 100% عند تخزينها في درجة حرارة 2° م مقارنة بانخفاض شدة الإصابة إلى 29% فقط عند درجة حرارة 12°م.

ذكر دوس وزملاؤه (2002) أن تخزين ثمار البندورة الخضراء مكتملة النمو على درجة حرارة بين 13–18° م لا يؤدي لحدوث أضرار البرودة كما أن تلون الثمار التدريجي أثناء التخزين يحدث بصورة طبيعية.

وجد Islam وزملاؤه (1996) أن ثمار البندورة الخضراء *cv.TMO126* المخزنة في درجة حرارة **15**°م كانت ذات محتوى عالٍ من المادة الصلبة الذائبة الكلية والسكريات الكلية وحمض الأسكوربيك والأحماض العضوية كما كانت أكثر صلابة وأقل في درجة التلون من تلك المخزنة في درجات حرارة أعلى، وفي هذا المجال ينصح Maul وزملاؤه (1997) بتخزين ثمار البندورة الخضراء عند درجة حرارة 10–13°م كون هذه الدرجة لها تأثير معنوي إيجابي في نكهة الثمار وجودتها .

تغييرات المواد الصلبة الذائبة الكلية والحموضة الكلية اثناء التخزين:

ترتبط النوعية الجيدة لثمار البندورة بشكل كبير بمحتواها من المواد الصلبة الذائبة ونسبة الحموضة (Moretti وزملاؤه، 2005)، وقد أشار Oh وزملاؤه(2008) إلى أن محتوى ثمار البندورة من الحموضة والمواد الصلبة الذائبة الكلية والفركتوز والغلوكوز بالإضافة لقيم الصلابة تنخفض بسرعة أكبر في الثمار الموجودة في درجة حرارة 20–25°م وذلك بالمقارنة مع الثمار المخزنة على 10°م، كما أمكن المحافظة على جودة الثمار في هذه الظروف حتى 18 يوماً.

يؤدي انخفاض درجة حرارة التخزين إلى 9°م لثمار بعض هجن البندورة بطور النضج الأخضر والتي خزنت مدة 29 يوماً إلى إحداث تغيرات طفيفة في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية وذلك بعد أسبوعين من التخزين (يونس وأبو ترابي، 2004). وقد أوضحت نتائج السعدون وزملاؤه (2004) أنه **لا** يوجد فروق معنوية عند دراسة العلاقة بين درجة حرارة التخزين 5 و15 و25°م ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في ثمار البندورة المخزنة بطور breaker. لكن حسن (1988)

أشار إلى أن ارتفاع درجة حرارة التخزين يزيد استهلاك مدخرات الثمرة الغذائية من خلال زيادة تنفسها، مما ينعكس سلباً على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في الثمار وبالتالي يزداد الفقد مع ارتفاع حرارة التخزين.

جاء ذلك متفقاً مع ما أورده Maul وزملاؤه (1997) حيث أن الحرارة العالية أدت لزيادة حلاوة ثمار البندورة ويعود هذا لكون الثمار في مراحل متقدمة من النضج، كما أكدوا أن الأضرار الميكانيكية تسرع من التنفس وإنتاج الإيثلين مما يؤدي للإسراع في النضج.

لاحظ الباحثان Javanmardi و Kubota (2006) في تجربة لدراسة تغيرات نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) أثناء تخزين ثمار البندورة *cv.Clermon* بطور النضج الوردي في درجات حرارة مختلفة، أنه **لا** يوجد فرق معنوي لتغير قيم TSS سواء كانت الثمار بدرجة حرارة الغرفة أو كانت في حرارة منخفضة، وتراوحت المواد الصلبة بين 5–5.1 %.

نتيجة مماثلة ذكرها Wills و Ku (2002) بعدم وجود فرق معنوي لتغير قيم TSS أثناء تخزين البندورة لمدة 14 يوماً في درجة حرارة 25–27 °م، وأيضاً عند التخزين بدرجة حرارة 12 °م لمدة 10 أيام (Kagan-Zur و Mizrahi، 1993).

لكن دراسة Akbudak وزملاؤه (2006) حول تأثير المعاملة بمادة[2] Harpin والتعبئة بالبولي إيثلين في تخزين ثمار البندورة الكرزية صنف "Cherry Tomato" cv. Naomi ، بطور النضج الوردي خلُصت إلى أن قيم TSS قد زادت مع طول مدة التخزين نتيجة للتقدم بالنضج، حيث يرتبط الفقد في قيم TSS عموماً بتحولات السكر إلى أحماض.

إن محتوى ثمار البندورة من المواد الصلبة الذائبة الكلية يزداد أثناء التخزين ومع زيادة تلون الثمار وزيادة النضج (Franschi وزملاؤه، 1998). وذُكر وجود ارتباط بين مرحلة نضج الثمار عند الحصاد ودرجة حرارة التخزين من جهة وتغيرات قيم TSS من جهة أخرى (Znidarcic و Pozrl، 2006).

أشارت الدراسات إلى أن محتوى الثمار من **الحموضة القابلة للمعايرة (TA)** يقل خلال فترة التخزين والتقدم في النضج (Castro وزملاؤه، 2005). لاحظ Getinet وزملاؤه (2008) زيادة سريعة في محتوى ثمار صنفين من البندورة من المواد الصلبة الذائبة TSS خلال الأسبوع الأول

[2] عبارة عن بروتينات منتجة طبيعياً في العديد من النباتات عند مهاجمتها من قبل الممرضات، حيث تساعد هذه المادة على تحسين تحمل النبات للمرض والإجهاد.

من التخزين بدرجة حرارة 22–25°م، تلا ذلك تدهور سريع، كما أشاروا إلى وجود تغير بطيء في محتوى ثمار البندورة من TSS تحت ظروف التخزين المبرد 5 °م و لمدة 32 يوماً.

إن انخفاض نسبة TSS مع ازدياد مدة التخزين قد يكون ناتجاً عن استهلاك السكريات المختلفة في عملية التنفس مع استقرارها في مراحل متقدمة كنتيجة للتوازن بين استهلاك السكريات البسيطة وتحلل الكربوهيدرات المعقدة الأخرى (Schulz، 2000). وقد تتأثر شدة التغير بمحتوى ثمار البندورة *cv. Pinky world* بطور النضج الأحمر Mature red من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) بطول فترة التخزين (Guan وزملاؤه، 2008).

يعد محتوى ثمار البندورة من الأحماض العضوية والسكريات من المكونات المسؤولة عن تكوين الطعم والنكهة، وقد وجد Diaz de León وزملاؤه (2008) أن تخزين ثمار البندورة عند درجة حرارة 10 °م قد حافظ على مكونات النكهة المدروسة وبشكل معنوي بالمقارنة مع الثمار المخزنة عند حرارة 20°م و لمدة 10 أيام.

يحدث عادة فقد في نسبة الأحماض العضوية أثناء تخزين ثمار البندورة بسبب أكسدة هذه الأحماض في عملية التنفس بكونها أسهل احتراقاً من السكريات (Osterloh، 1980) وانخفاض درجة حرارة التخزين يقلل من شدة الفقد بنسبة الحموضة أثناء نضج ثمار البندورة، وبالتالي هناك فاقد ناتج عن العمليات الحيوية المختلفة في أنسجة الثمار المخزنة وعلى رأسها التنفس حيث تؤدي إلى استهلاك الكربوهيدرات والأحماض العضوية وغيرها من المدخرات الغذائية (Thompson، 1996).

أظهرت نتائج Znidarcic و Pozrl (2006) بأن التغيرات في الحموضة الكلية كانت بنسبة قليلة أثناء تخزين ثمار البندورة cv. Malike بطور التحول، مع حدوث ارتفاع طفيف بنسبة الحموضة خلال الأيام السبعة الأولى من التخزين ثم يتلوه انخفاض حتى نهاية فترة التخزين. واتفق ذلك مع ما أورده Castro وزملاؤه (2005) حول انخفاض في نسبة الحموضة الكلية في نهاية فترة التخزين وذلك طردياً مع التقدم في النضج لأنها تستهلك أثناء التنفس، وإن انخفاض نسبة الحموضة بعد 7 أيام من التخزين يعد نتيجة جيدة للتقييم الحسي(التذوق) للثمار.

وكانت نسبة الأحماض العضوية الكلية في أصناف البندورة التي درسها Getinet وزملاؤه (2008) تتراوح بين0.67% في الهجين Marglobe في طور نضج التحول و 0.5% عند الهجين *VF* Roma بطور النضج الأخضر، وقد يعود السبب لانخفاض نسبة الأحماض العضوية

الكلية في ثمار البندورة أثناء التخزين إلى زيادة معدل التنفس والنضج حيث تستهلك في عملية التنفس (Guan وزملاؤه، 2008). لاحظ Karaçanci وزملاؤه (1999) أن معايير الجودة من حموضة و TSS وفيتامين C بالإضافة لصلابة ثمار البندورة، تختلف تبعاً **للصنف** ولمدة التخزين وذلك عند المقارنة بين عدة أصناف للبندورة تم تخزينها على 20 °C لمدة 9 أيام.

تغيرات فيتامين C (حمض الأسكوربيك) Ascorbic acid أثناء التخزين:

تعد ثمار الخضار والفاكهة الطازجة من أهم مصادر الفيتامينات الضرورية لصحة الإنسان، وتتأثر النوعية والقيمة الغذائية للثمار بعمليات ما بعد الحصاد من قطاف وتداول وتسويق وظروف تخزين. ويعد محصول البندورة من الخضار المتميزة بمحتواها العالي من فيتامين**C** والكاروتين والليكوبين وهم من أهم مضادات الأكسدة في البندورة (Giovanelli وزملاؤه، 1999).

تعد ثمار الخضار والفاكهة المصدر الوحيد لـ فيتامينC لتلبية حاجة جسم الإنسان، ومن المعروف أن حمض الأسكوربيك يشارك في تنظيم عمليات الأكسدة وإعادة البناء كما له دور هام في عمليات تبادل الكربوهيدرات لسهولة تأكسده واختزاله، وينشط عمل الخمائر التي تساعد على تخثر الدم ويساهم في تجدد الأنسجة وتكوين بعض الهرمونات، وهو مضاد للتسمم بالزئبق والرصاص، ومن الجدير بالذكر أن تناول فيتامين**C** النقي كمستحضر دوائي وبكميات كبيرة يؤدي لخلل في عملية تشكل الأنسولين في البنكرياس، في حين لا يوجد أية تأثيرات جانبية لـ فيتامين**C** الموجود طبيعياً في الخضار والفاكهة (أيوبي، 1998).

تُظهر بشكل عام ثمار الخضار والفاكهة انخفاضاً تدريجياً لمحتواها من فيتامين**C** مع ارتفاع درجة الحرارة وطول مدة التخزين، لكن لوحظ لدى ثمار بعض الأنواع النباتية أن بداية مدة التخزين تكون بارتفاع طفيف في كمية فيتامين**C** ثم يلي ذلك انخفاضاً تدريجياً، ويعد كنتيجة لاستمرار عمليات الاستقلاب الحيوية (Zee وزملاؤه، 1991).

أوضحت نتائج أبحاث Sablani وزملاؤه (2006) أن محتوى ثمار البندورة من فيتامين**C** ينخفض مع زيادة مدة التخزين ومع ارتفاع درجة حرارة التخزين، كما أشاروا إلى أن قشور ثمار البندورة تحتوي أعلى كمية من فيتامين**C** والليكوبين بالإضافة للفينولات.

ذكر Heinze (1974) أن ثمار البندورة المخزنة لمدة 10 أيام على درجة حرارة من 2- 8 °C، فقدت حوالي 25 % من محتواها من فيتامين**C**، ومن المعروف أن فيتامين**C** من الفيتامينات

الحساسة والمعرضة للهدم في حال تعرض الثمار لعمليات تداول أو ظروف تخزينية غير ملائمة، كما يعد من مؤشرات الجودة الأساسية.

وقد أورد Arias وزملاؤه (2000) أن فيتامين **C** حساس للضوء والأوكسجين ويمكن أن تنخفض نسبته تحت الظروف العادية للتداول والتخزين، وبالنتيجة انخفاض القيمة الغذائية للمنتج، لذلك فإن ظروف ما بعد القطاف "postharvest Condition" لها دور هام في المحافظة على الفيتامينات ومنها فيتامين**C**، كما أن العديد من العوامل تؤثر في انخفاض هذه المكونات ومنها : مدة التخزين والحرارة المرتفعة وانخفاض الرطوبة النسبية والأضرار الميكانيكية وأضرار البرودة (Lee و Kader ،2000) ولذا من المهم التعرف على هذه العوامل وإمكانية التحكم والسيطرة عليها وذلك لتأثيرها المباشر وغير المباشر في فقد أو انخفاض محتوى الثمار من فيتامين**C** بعد القطاف.

من المعروف أن فيتامين**C** حساس لدرجة الحرارة في المنتجات الطازجة، وقد أشار Broeck وزملاؤه (1998) إلى أن درجة الحرارة التي يتخرب أو يهدم عندها فيتامين**C** في العصير الثمري للبندورة هي 16.7 °م. أما عن كمية فيتامين **C** فقد أشار Goseev (1991) إلى أن ثمار البندورة الحمراء تختلف في محتواها من فيتامين **C** وذلك حسب طريقة الزراعة حقلية مكشوفة أم زراعة محمية، فكانت الكمية في الزراعة المكشوفة تتراوح بين 15–45 ملغ / 100 غ مادة طازجة بينما بلغت في الزراعة المحمية بين 10 و20 ملغ / 100 غ مادة طازجة.

ذكر Sablani وزملاؤه (2006) أن متوسط كمية فيتامين**C** في ثمار البندورة المزروعة حقلياً يبلغ حوالي 23 ملغ/100غ، وزن رطب. لكن هذه الكمية تتأثر بعوامل عديدة قبل القطاف منها الظروف المناخية ونوع التربة والصنف، فعلى سبيل المثال وجد Steven (1974) عند دراسته لـ98 صنفاً من البندورة المزروعة **حقلياً** أن كمية فيتامين**C** تتراوح بين [13–44] ملغ/100 غ.

في دراسة Raffo وزملاؤه (2002) لم تلاحظ اختلافات معنوية بكمية حمض الأسكوربيك خلال مراحل النضج المختلفة لثمار البندورة.

وقد يعود الاختلاف في الآراء بين الدراسات السابقة، حول العلاقة بين درجة نضج ثمار البندورة ومحتواها من حمض الأسكوربيك، إلى الوقت المنقضي بين القطاف وإجراء التحليل حيث تتناقص كمية فيتامين**C** كلما طالت المدة بين قطف الثمار وتقدير كمية الفيتامين في العصير

الثمري، كما أن كمية فيتامين**C** في ثمار البندورة تنخفض مع زيادة مدة التخزين حيث وصل مستوى الانخفاض إلى 50 % بعد تسعة أيام من التخزين بدرجة حرارة الغرفة 20–22 °م لكن نسبة الانخفاض لفيتامين**C** في الثمار الموجودة في مخزن مبرد لم تتجاوز 38 % بعد 16 يوماً (Sablani وزملاؤه، 2006).

وفي دراسة Getinet (2008) وجد انخفاض كمية حمض الأسكوربيك في ثمار صنفين من البندورة *Roma VF* و *Marglobe* والتي قطفت وهي بدرجة النضج الأخضر "green mature" وتركت لتنضج عند حرارة 20 °م، وذلك بالمقارنة مع الثمار التي قطفت بدرجة النضج الوردي "light red"، وقد فسرت هذه الظاهرة بأن الحرارة العالية ولفترة طويلة تزيد من نشاط الأنزيمات التي تؤدي إلى زيادة تفاعلات الهدم البيوكيميائية للمركبات ضمن الثمار.

من جهة أخرى فقد أشارت بعض الدراسات إلى أن ثمار البندورة المقطوفة بطور النضج **الأخضر** كان محتواها من فيتامين **C** ومن نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) منخفضاً لكن ارتفعت كميتها مع التقدم في النضج بالمقارنة مع الثمار المقطوفة بطور النضج الوردي (Getinet، 2008)

تغيرات صلابة لب الثمار أثناء التخزين:

يعد القوام Texture أحد المؤشرات الأساسية الهامة للمواد الغذائية والزراعية حيث يرتبط بمدى التشوه deformation والتمزق disintegration الذي تسببه القوى الواقعة عليها نتيجة لعمليات التصنيع و المعالجة أو التداول أو التخزين وإن قابلية إصابة ثمار البندورة بالأضرار الفيزيائية خلال عمليات التداول والنقل والتخزين ترتبط بصلابة وقوام الثمار، والذي يعد أحد أهم مؤشرات الجودة، هذا ويمكن تقويم الصلابة وقوام الثمار بالصفات الفيزيولوجية والمورفولوجية : مثل مقدار صلابة البيريكارب وكمية و سماكة النسج وطور النضج (Chiesa وزملاؤه، 2000)، حيث أن قيم الصلابة تتراجع تدريجياً مع التقدم بالنضج، وبالنسبة للبندورة فقد وجد بالتجربة أن فقد الصلابة يعود إلى انحلال الجدر الخلوية والصفيحة الوسطى بين الخلايا، كما تؤثر أنزيمات البكتوليتك (Pectolytic enzymes) في انحلال البكتينات غير الذوابة وحدوث الليونة في قوام الثمار أثناء النضج.

ويرتبط معيار الصلابة بالفقد بالوزن الحاصل في الثمار بعد قطافها كنتيجة لفقد الماء بشكل رئيسي (Chiesa وزملاؤه، 2000)، كما أن نشاط أنزيم Polygalacturonase يزداد مع زيادة مدة التخزين ودرجة الحرارة، حيث يوجد ارتباط قوي بين نشاطه وقيم الصلابة، وبين الصلابة ومحتوى الثمار من الكالسيوم. كما ترتبط القدرة التخزينية لثمار البندورة وتحمل الثمار للنقل بمواصفات الصنف خاصةً من حيث طبيعة القشرة ومتانة منطقة اللب وتماسكه (Wu و Abbott، 2002).

ذكر يونس (1993) أن انخفاض صلابة الثمار مع زيادة مدة التخزين ما هي إلا نتيجة تهدم المواد البكتينية غير الذائبة والسيلِلوزية المسؤولة عن صلابة الخلايا والروابط بينها في لب الثمار والتي تتحول إلى سكريات ومواد أبسط تستخدم في العمليات الحيوية المختلفة.

أكدت الدراسة العلمية لـ Larissa وزملاؤه (2006) أن قيم الصلابة لثمار البندورة قد انخفضت مع ارتفاع درجة حرارة التخزين وذلك عند تخزين الثمار عند حرارة 24 °م بالمقارنة مع الثمار المخزنة عند حرارة 7 °م، وأوضحوا أن الحرارة المنخفضة تطيل من عمر الثمار التسويقي.

2.3 محتوى الثمار من مضادات الأكسدة الأنزيمية وغير الأنزيمية:

يعد محتوى الثمار من مضادات الأكسدة المختلفة من مؤشرات الجودة الأساسية. ونظراً لأهميتها في هذا البحث سيتم الإشارة إلى مضادات الأكسدة بشيء من التفصيل.

مفهوم الجذور الحرة ومضادات الأكسدة:

يعد الأكسجين عنصر لا يمكن الاستغناء عنه في حياة الكائنات الهوائية. تستعمل هذه الكائنات الاكسجين من أجل أكسدة المواد الغنية بالكربون والهيدروجين أو من أجل تصنيع المواد الكربونية في حالة النباتات. هذه العمليات تترافق مع تشكل جذور وسيطة نشطة جداً معروفة باسم الأنواع النشطة من الأكسجين، والتي هي عبارة عن جزيئات تحتوي على الأكسجين لكن نشاط هذا الأكسجين أعلى من نشاط جزئية O_2(Asada، 2006). تنتج في الظروف المثلى لنمو النباتات العديد من العمليات الكيميائية الحيوية الاستقلابية أنواعاً نشطة من الأكسجين، وإن معظم التأثيرات المؤذية للأكسجين تأتي من تشكل الجذور الحرة كونها تلعب دور المؤكسدات (Larson، 1998) وتعرّف الجذور الحرة أنها مركبات غير ثابتة تحتوي على إلكترون مفرد (Lee وزملاؤه، 2002).

يوجد العديد من المصادر الخلوية للأنواع النشطة من الأكسجين في النباتات. حيث تتوضع هذه الأنواع النشطة في أماكن مختلفة من الخلية. إن المصادر الثلاثة الأساسية هي سلاسل نقل الالكترونات (CTE) في الكلوروبلاست والميتوكوندريا، وبعض الأنزيمات مثل البيروكسيداز والأوكسيداز، وكذلك الجزيئات الحساسة للضوء مثل الكلوروفيل (Blokhina وزملاؤه، 2003). وهي نوعين من الجذور الحرة:

- **النوع الأول: الأنواع النشطة من الأوكسجين Reactive Oxygen Spices(ROS):**

يتضمن العديد من جذور الأكسجين مثل: أنيون فوق الأكسيد (O_2^-) وأنيون الهيدروكسيل (OH^-) وجذر الهيدروكسيل ($OH^•$) وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) والأوزون (O_3) والأكسجين المتهيج في الحالة الفردية ($^1O_2$) (Munné–Bosh و Penuelas، 2003).

- **النوع الثاني الأنواع النشطة من النتروجين (RNS):**

يتضمن أكسيد النتريت (NO^-) ونتريت بيروكسي ($ONOO^-$) وحمض بيروكسي نتريت (ONOOH) (Patthamakanokporn، 2004).

يعود سبب تشكل الجذور الحرة إما من مصادر داخلية كعمليات الاستقلاب الحيوية، أو من مصادر خارجية كاستخدام الأشعة والمبيدات والهواء الملوث (Patthamakanokporn، 2004). وتحدث عملية الأكسدة نتيجة تشكل الجذور الحرة في الخلايا والأنسجة (Kormin، 2005) مما يؤدي إلى إلحاق الضرر بمكونات الخلية المختلفة من البروتين والدهون والأحماض النووية والليبيدات (Ames وزملاؤه، 1993).

تنتج الأنواع النشطة من الأوكسجين (ROS) تحت الظروف الطبيعية باستمرار في خلايا الكائنات الحية الهوائية، حيث تعد كنواتج ثانوية لعمليات الاستقلاب والتمثيل الغذائي. ويختلف مستوى هذه الأنواع النشطة تحت الظروف الطبيعية حيث يبقى الأكسجين المتهيج في الحالة الفردية ($^1 O_2$) وجذور الهيدروكسيل ($OH^·$) بمستويات الحد الأدنى(Jakob و Heber، 1996) أما أنيون فوق الأوكسيد (O_2^-) وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) فيتم تركيبها بمعدلات مرتفعة (Noctor و Foyer، 1998) كما يرتبط تشكلها بالإجهاد الذي تتعرض له الخلية (Wang وزملاؤه ،2005). ويعد وجود تراكيز منخفضة نسبياً من (ROS) كإشارات لتحريض ردود الفعل الدفاعية في النبات، أما وجود مستويات عالية منها فيمكن أن يؤدي إلى السمية الخلوية ويسبب

تعطل الأنزيمات (Berlett و Stadtman، 1997). تؤدي الجذور الحرة إلى أكسدة ليبيدات الأغشية الخلوية حيث تتأكسد الأحماض الدهنية غير المشبعة للأغشية الخلوية وينتج عنها مشتقات ليبيدية شديدة السمية والتي يمكن أن تؤدي إلى موت الخلية (Zhange وزملاؤه، 2010). ويمكن استخدام نواتج أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة للأغشية الخلوية مثل الـ Malondialdehde (MDA) كمؤشر لقياس نسبة الضرر الذي يلحق بالأغشية الخلوية نتيجة لوجود أشكال الأكسجين الحرة. كما تسبب (ROS) أكسدة البروتينات (أكسدة مباشرة للأحماض الأمينية)، كما أنها تقوم بمهاجمة الأحماض النووية DNA و RNA وتولد مركبات وسيطة يمكن أن تتفاعل أيضاً مع الـ DNA (Halliwell و Gutteridge، 1999). وتظهر الدراسات بأن آلية عمل الجذور الحرة تتم إما بالتبرع بإلكترون أو انتزاع إلكترون من جزيئات أخرى، وهذا السلوك يتم في تفاعلات الأكسدة والإرجاع، وكنتيجة لهذه التفاعلات الهامة فإن معظم هذه الجذور الحرة تملك نصف عمر قصير جداً لا يتجاوز 6 –10 ثواني (Young و Woodside، 2001).

تعد أضرار البرودة والتي تصيب الثمار أثناء التخزين المبرد ناتجة عن الإجهاد التأكسدي وذلك نتيجة تشكل الأنواع النشطة من الأكسجين (ROS)، حيث تعتبر الميتوكوندريا، أثناء وجود الثمار في الظلام (في المخزن)، الموقع الرئيسي لإنتاج الإلكترونات وبالتالي مصدر رئيسي لإنتاج أنيون فوق الأكسيد (O_2^-) في الأنسجة النباتية، بينما يقل إنتاج الأنواع النشطة من الأوكسجين الناتجة عن التنفس بسبب ضعف التنفس نتيجة لدرجة الحرارة المنخفضة (Ordentlich وزملاؤه، 1991). أما في حال وجود الضوء فيحصل الإنتاج المرتفع للأنواع النشطة من الأوكسجين عن طريق التمثيل الضوئي في الصانعات الخضراء (Rhoads و McIntosh، 1992).

مضادات الأكسدة كآلية دفاعية في النبات:

ينتج التأثير السلبي لمختلف أنواع الإجهاد البيئي، إما بشكل مباشر أو غير مباشر، عن طريق تشكل الأنواع النشطة من الأكسجين، وهذا مرتبط بخلل وظيفي لأنظمة نقل الالكترون (Asada، 2006). تعاني أيضاً النباتات المعرضة لأحد الإجهادات البيئية، من زيادة كبيرة في تشكل الأشكال النشطة من الأكسجين وتراكم الجذور الحرة المتشكلة نتيجة الضرر اللاحق بالأغشية الخلوية (Smirnoff، 1993، 1998). وتكون عادة الخلايا النباتية محمية ضد هذه التأثيرات بواسطة نظام دفاع مضاد للأكسدة معقد (Winston، 1990). تمثل مضادات الأكسدة بالمعنى

العام، كافة الجزيئات القادرة على الإعاقة المباشرة لإنتاج الأنواع النشطة من الأكسجين أو الحد من انتشارها أو إزالتها ويمكن لمضادات الأكسدة هذه أن تعمل عن طريق خفض أو ربط هذه الأنواع لتشكيل مركبات ثابتة. بعد انخفاض معدل الـ ROS المتشكلة تبدأ الأنظمة الأنزيمية بالتدخل للإصلاح (Sies، 1997).

بمعنى أخر، فإن مضادات الأكسدة عبارة عن مكونات تعيق أكسدة الجزيئات البيولوجية المختلفة من خلال إعاقة سلسلة تفاعلات الأكسدة (Velioglu وزملاؤه، 1998)، أو هي كوابح للجذور الحرة المتولدة خلال تفاعلات الأكسدة المخربة (Andallu و Varadachryulu،2003). وتتصف مضادات الأكسدة بقدرتها على منح بروتون (H^+) للجذور الحرة فتُرجع إلى مركبات ثابتة في حين تتحول مضادات الأكسدة إلى جذور غير فعالة (Gordon ،2001).

وتُصنف مضادات الأكسدة إلى نوعين (Reddy وزملاؤه، 2004):

- **مضادات الأكسدة غير الأنزيمية:** مثل الفينولات والكاروتينات وفيتامين E (التوكوفيرول) وحمض الأسكوربيك (فيتامين C) والجلوتاثيون وغيرها.
- **مضادات الأكسدة الأنزيمية:** مثل السوبر أوكسيد دزموتاز (SOD) والكتالاز (CAT) والأسكوربات بيروكسيداز (APX) وغيرها.

وتختلف هذه المضادات عن بعضها البعض في دورها في إيقاف عمليات الأكسدة المختلفة. فقد أوضح Scalbert وزملاؤه (2002) أن عمل مضادات الأكسدة يكون وفقاً لعدة آليات مثل:

- ✓ خفض تشكل جذور ROS و RNS.
- ✓ ربط أيونات المعادن التي تعد وسيط لتوليد الجذور الحرة.
- ✓ كبح أشكال ROS و RNS.
- ✓ إعادة تنظيم مضادات الأكسدة الأنزيمية (أنظمة الدفاع الذاتية).
- ✓ إصلاح الضرر الناتج عن أكسدة الجزيئات البيولوجية.

ويعتبر قياس نشاط مضادات الأكسدة طريقة لتقييم مشاركة نظام الدفاع المضادة للأكسدة في السيطرة على إنتاج أشكال الأكسجين النشطة وتحديد مدى مقاومة الثمار لأضرار البرودة (Ding وزملاؤه، 2001).

مضادات الأكسدة غير الأنزيمية:

- **حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid (AsA):**

يعد من أكثر مضـــادات الأكســـدة وفرة في النبات، حيث يتم تركيبه في جميع المكونات الخلوية. يســتخدم حمض الأســكوربيك في إزالة بيروكســيد الهيدروجين والأكســجين المتهيج في الحالة الفردية وأنيون فوق الأكســـيد وجذور الهيدروكســـيل، حيث يكون كمادة مانحة للإلكترون وتساعد على اختزال الكثير من الجذور الحرة وبالتالي التقليل من الضرر الذي تسببه (Asada، 2006). وتختلف نســبة مســاهمة فيتامين C في النشــاط المضــاد للأكســدة حســب نوع المادة المدروســة. ومن الجدير بالذكر أن فيتامين C يبدأ بالتحطم مباشــرة بعد جني المحصــول ويزداد الفقد بشـــكل كبير تبعاً لظروف ما بعد القطاف. يعد فيتامين C حســـاســـاً للحرارة والأكســـجين (Klopotek وزملاؤه، 2005) بالإضافة إلى حساسيته تجاه الأنزيمات والمعادن ويتحطم بشكل أساسي بالحرارة وتفاعلات الأكسدة (Leoni، 2002).

- **المركبات الفينولية:**

الفينولات عائلة كبيرة ومتنوعة من المركبات الطبيعية واسعة الانتشار في المملكة النباتية (Ruangchakpet و Sajjaanantakul، 2007،. Liu، 2004) وتعد مسؤولة عن الوظائف الأساسية لنمو النباتات، حيث تقوم بدور الحماية ضد الأمراض الجرثومية والطفيلية والفيروسية (Liu، 2004). وتوجد معظم المركبات الفينولية بشكل مرتبط مع السكريات مكونة غليكوزيدات (Vattem وزملاؤه، 2005). وتقسم الفنيولات إلى عدة صفوف حسب التركيب الكيميائي لكل مركب وتتنوع في تركيبها من جزيئات بسيطة كالأحماض الفينولية التي تتضمن حلقة فينولية واحدة (حمض كلوروجينيك في القهوة) والفلافونيدات التي تحتوي في تركيبها على 2- 3 حلقات فينولية (كالكويرستين في البصل)، والمركبات البوليميرية المحتوية على عدة حلقات تصل إلى 12 - 13 حلقة فنولية مثل التانينات (Arts و Hollman ،2005،. Manach وزملاؤه، 2004). تلعب الفينولات دوراً هاماً في جودة الغذاء حيث تزيد من الفائدة الصحية له (Liu، 2004). فقد بينت الدراسات أن تناول الأغذية الغنية بالفينولات يقلل من معدل الإصابة بالأمراض نظراً لامتلاكها خواصاً مضادة للالتهاب ولأمراض السرطان والقلب (Muhammed Idris وزملاؤه، 1999). إضافة إلى كونها مثبطات هامة لأكسدة الكوليسترول الضار (Donovan وزملاؤه، 1998). ويعود هذا التأثير الوقائي للفينولات إلى

كونها تتمتع بصفات مضادات للأكسدة قوية (Kahknen وزملاؤه، 2003)، وهي تقوم بعملها من خلال تثبيط عمل الجذور الحرة بمنحها ذرة هيدروجين أو إلكترون(Yuting وزملاؤه، 1990). وقد ازداد الاهتمام والتركيز على أهمية المركبات الفينولية والتي يبدي معظمها نشاطاً قوياً مضاداً للأكسدة إذا ما قورن بفيتامين **C** و**E** (Guo وزملاؤه، 2003). ويعتمد النشاط المضاد للأكسدة للفينولات على خواصها المرجعة كمانحات للهيدروجين (Rice-Evans وزملاؤه، 1995). وتعد الفينولات مركبات غير ثابتة، حيث تتغير هذه المركبات بعد القطاف وخلال عمليات التخزين والتصنيع مما يؤثر في نشاطها البيولوجي (Barbara وزملاؤه، 2005). كما يعتمد نشاطها المضاد للأكسدة على عدة عوامل: ظروف التخزين ودرجة الحرارة والمدة الزمنية والنشاط المائي ورقم الـ pH (Nicoli وزملاؤه، 1999).

مضادات الأكسدة الأنزيمية:

تتواجد الأنزيمات بالحالة الطبيعية وتسمح بحماية الخلايا ضد الجذور الحرة الناتجة أثناء الاستقلاب الخلوي الطبيعي. أحد أولى استجابات النبات للإجهاد البيئي، هو تنشيط الأنزيمات المضادة للأكسدة. وهناك العديد من الأنزيمات المضادة للأكسدة الرئيسية الموجودة بشكل طبيعي من أجل تدمير الأنواع النشطة من الأكسجين في الخلايا النباتية وهي: السوبر اكسيد ديزموتاز superoxide dismutase (SOD)، البيروكسيداز (POD)، الكاتالاز catalase (CAT)، الأسكوربات بيروكسيداز ascorbate peroxidase (APX)، الجلوتاثيون ريدوكتاز reduced glutathione (GR)، الدايهيدرو أسكوربات ريدوكتاز (DHAR)، والمونودايهيدرواسكوربات ريدوكتاز (MDHAR) وتعمل هذه الأنزيمات بصورة متناسقة (Gill و Tuteja، 2010).

- **أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز superoxide dismutase (SOD):**

السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD, EC 1.15.1.1)، هو أحد مضادات الأكسدة الأولية وخط الدفاع الأول ضد (ROS)، ويوجد في جميع الكائنات الحية الهوائية وفي جميع المكونات الخلوية التي تولد الأكسجين المنشط (Bowler وزملاؤه، 1992). يتلخص دوره في تحفيز تحول اثنين من جزيئات أنيون فوق الأكسيد.(O_2^-) إلى أوكسجين (O_2) وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وهي الخطوة الأولى في نظم إزالة الأنواع النشطة من الأكسجين.

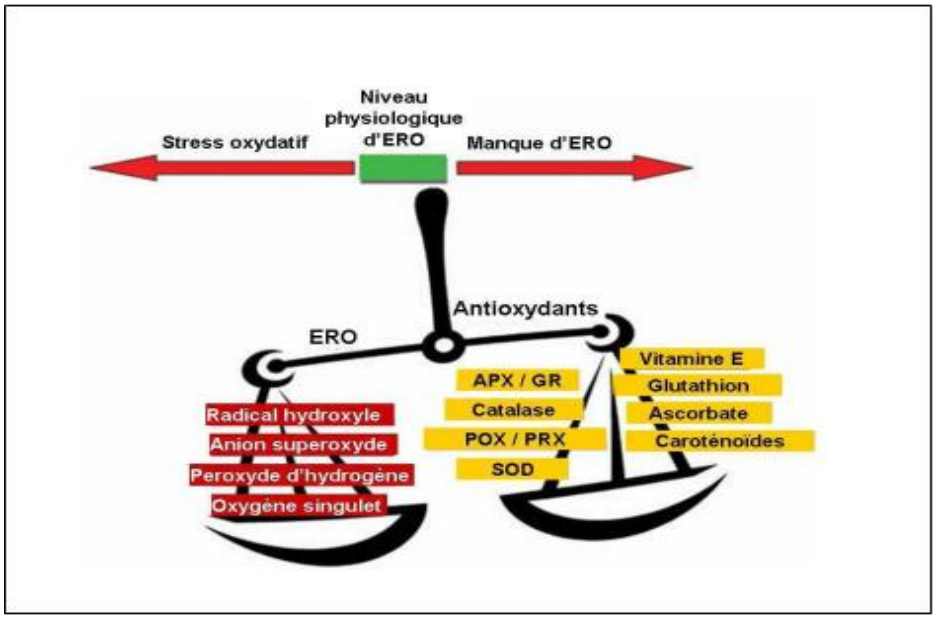
$$O_2^- + O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$$

أنزيم الكاتالاز catalase (CAT):

يعد أنزيم الكاتالاز (CAT, EC 1.11.1.6) أحد الأنزيمات المسؤولة عن إزالة سمية بيروكسيد الهيدروجين من خلال منع تكون جذر الهيدروكسيل ($OH^{\cdot}$) وذلك من خلال تحول H_2O_2 إلى منتجات أخرى أقل ضرراً و هي الماء والأكسجين. وهذا بدوره يحمي الخلايا من الآثار الضارة المترتبة على تراكم H_2O_2 فيها، حيث يعد H_2O_2 سام للخلايا حيث يمكن أن ينقسم ويتحرر أنيون الهيدروكسيد (OH^{-}) غير الضار وجذر الهيدروكسيل ($OH^{\cdot}$) الذي يعد بدوره أقوى عامل مؤكسد

حيث يتفاعل مع الجزيئات العضوية مسبباً تلف الخلايا (Noctor و Foyer، 1998).

$$H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$$



شكل 2: مخطط يوضح التوازن بين ROS ومضادات الأكسدة.

2.4 محتوى ثمار البندورة من مضادات الأكسدة وتأثير عملية التخزين:

تعد البندورة مصدراً جيداً لفيتامين C الكاروتينات والمركبات الفينولية (Martínez وزملاؤه، 2012). بينت نتائج أبحاث Vallverdu وزملاؤه (2012) أن المركبات الفينولية phenolic compounds وتختلف مضادات الأكسدة حسب الأصناف المدروسة، وعند مقارنة محتوى المركبات الفينولية في ثمار البندورة فقد تم تحديد 34 مركب وبلغت نسبة الفينولات فيها78%.

يوجد أكثر من 8000 نوع من المركبات الفينولية تم اكتشافها في النبات. صُنفت هذه المركبات ضمن مجموعات مختلفة مثل الفلافونيدات والتانين والحموض الفينولية والكومارين. وتصنف الحموض الفينولية إلى مجموعتين هي اشتقاقات حمض السيناميك وحمض البنزويك اعتمادا على الهيكل الكربوني. من الحموض الفينولية الاساسية في ثمار البندورة كافييك أسيد وكومارييك أسيد والفيروليك أسيد، وتتأثر كمية المركبات الفينولية في الثمار بالتركيب الوراثي وبظروف التخزين وطريقة الاستخلاص والظروف البيئية (Luthria وزملاؤه، 2006).

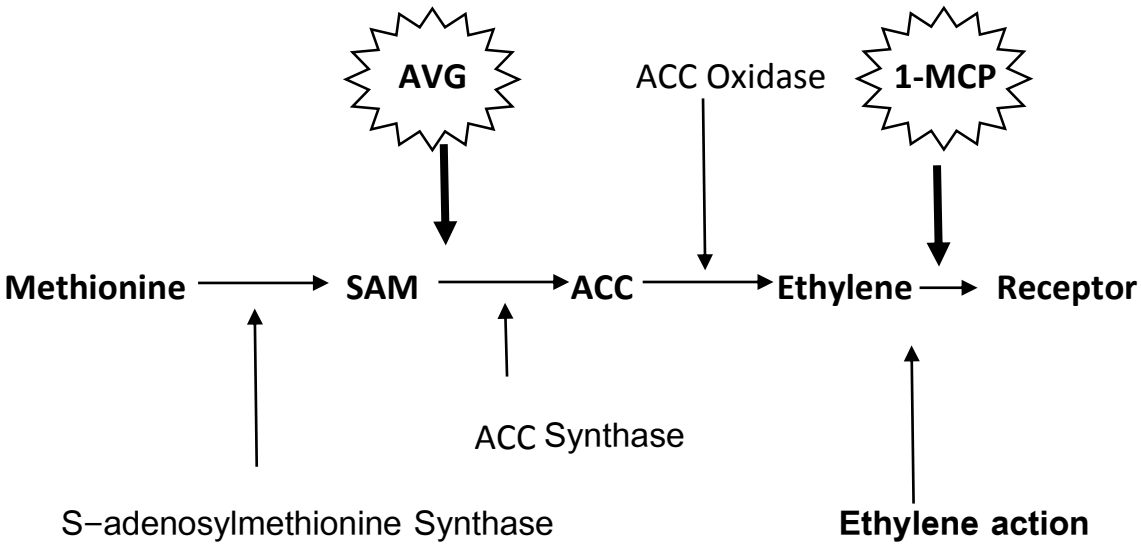
أظهرت النتائج عند دراسة تأثير ظروف التخزين في محتوى ثمار البندورة من مضادات الأكسدة والمخزنة عند درجة حرارة 15 و30 °م، أن درجة حرارة التخزين أثرت إيجابياً في كمية حمض الأسكوربيك وسلباً في محتوى الليكوبين، في حين لم تظهر فروق بالنسبة لمحتوى الثمار من الفينولات الكلية (Pék وHelyes، 2010). وفي دراسة لـ Toor وSavag (2006) قاما فيها بتخزين ثمار البندورة عند درجات حرارة مختلفة (7 و 15 و 25 °م) لمدة 10 أيام، أظهرت النتائج ازدياد نسبة الفينولات الكلية الذوابة وحمض الأسكوربيك بنسبة طفيفة خلال فترة التخزين بغض النظر عن درجة الحرارة، كما ارتفع إلى الضعف المحتوى من الليكوبين في الثمار المخزنة عند درجة حرارة 17 و25 °م بالمقارنة مع الثمار المخزنة عند 7 °م. وعند تقدير محتوى ثمار البندورة الكرزية من مضادات الأكسدة لفترة ما بعد القطاف المخزنة عند درجة حرارة 20 °م في مكان مظلم لمدة 3 أسابيع، لوحظ بقاء محتوى الثمار من الفينولات الكلية مستقرة خلال نضج ما بعد القطاف، بينما ازداد محتوى الثمار من الليكوبين والـ β كاروتين وحمض الأسكوربيك، ولم يحدث تغير معنوي في كمية المواد المضادة للأكسدة أو المواد الصلبة الذائبة خلال نضج ثمار البندورة، وقد زادت في مرحلة النضج الأحمر الفينولات الكلية والمواد الصلبة الذائبة، وتراوحت كمية حمض الأسكوربيك من 9.7 في الثمار ذات اللون الأخضر المصفر إلى 17.1 مغ/ 100 غرام وزن طازج، في الثمار الحمراء (Lenucci وزملاؤه، 2006).

أشار Siracusa وزملاؤه (2012) إلى أن منتجات الاستقلاب الثانوية مثل (الفينولات والفلافونيدات) في ثمار البندورة قد تكون أكثر ارتباطاً بالجينات بالمقارنة من ارتباطها بالتغيرات بالبيئة المحيطة.

2.5 غاز الإيثلين وتأثيره في نضج الثمار أثناء التخزين:

الإثيلين هو هرمون نضج ينتجه النبات بشكل طبيعي. ويعد منظم لعملية نضج الثمار عن طريق التحكم بالمورثات المسؤولة عن عمليات مختلفة بما فيها ارتفاع معدل التنفس، إنتاج الإثيلين ذاتياً، التغيرات اللونية، تغيرات صلابة لب الثمار والنكهة والطعم (Yang و Hoffman، 1984).

يبدأ مسار اصطناع الإثيلين من الحمض الاميني L.methionine، حيث يتم تفعيله بواساطة الـ ATP ليتحول إلى S–adenosylmethionine (SAM) بتحفيز من أنزيم S–adenosylmethionine synthase، وبدءاً من (SAM) يتكون حمض (ACC) 1– aminocyclopropan–carboxylic acid بتحفيز من أنزيم ACC–Synthase ، ثم يتم إنتاج الإثيلين من (ACC) بواسطة أنزيم ACC oxidase بوجود الأوكسجين، كما أن الظروف اللاهوائية توقف من إنتاج الإثيلين، علماً أن كلا الأنزيمين محدود في أنسجة الثمار قبل مرحلة تنفس النضج، ولكن يُحفزان بشكل كبير خلال مرحلة نضج الثمار (Bleecker و Kendeh، 2000). ومن الجدير ذكره أن تأثير الإثيلين يتطلب إتمام مرحلة اصطناع الإثيلين ومرحلة ارتباط الجزيئات المصطنعة بمواقع ارتباط خاصة بجدر الخلية تسمى " receptore" المستقبلات" تسمح بإحداث استجابة بالنسيج النباتي، مما يؤدي لحدوث تغيرات معينة فيه، حيث أن ارتباط الإثيلين بهذه المستقبلات يحفز عمل مورثات معينة لينتهي الأمر بتحفيز المورثات المسؤولة عن النضج مثل تحطم البكتين وانخفاض الصلابة، وتحطم اليخضور وبدء تشكل الأصبغة الملونة (Tiwari و Paliyath ,.2011, Bleecker و Kendeh، 2000).



الشكل3 . مسار الاصطناع الحيوي للاثيلين (villalobos وزملاؤه، 2011)

2.6 معاملات ما بعد القطاف Postharvest Treatments:

تعد ثمار البندورة من الثمار الحساسة للبرودة مما يحد من استخدام الحرارة المنخفضة لهدف إطالة عمرها التسويقي shelf life لذلك تستخدم تقنيات عديدة للتغلب على هذه المشكلة التخزينية (Bourget وزملاؤه، 2012). وتعد معاملة الثمار ما بعد القطاف بالمركبات الكيميائية أو المواد الطبيعية من الطرق الحديثة الاستخدام للحد من تدهور الثمار أثناء التخزين والوقاية من أمراض ما بعد القطاف وإطالة العمر التسويقي للثمار. وقد تم استخدام هذه المعاملات للحفاظ على جودة العديد من الثمار كالبندورة والكوسا والفليفلة ومقاومة أضرار البرودة ومضاعفة عمرها التسويقي (Gross، 1998). ومن التقنيات الحديثة المستخدمة في معاملات ما بعد القطاف هناك:

- 1 – ميثيل سيكلوبروبين 1−methylcyclopropene (**1−MCP**)
- الميثيل جاسمونات Methyl jasmonate (**MeJa**)
- أمينو أيثوكسي فينيل جليسين Aminoethoxyvinylglycine (**AVG**)
- أوكسيد النتريك Nitric oxyde (NO) الناتج عن مركب نتروبروسيد الصوديوم Sodium nitroprusside (**SNP**)
- الشيتوزان Chitosan(**CTS**)
- فيتامين E (**VE**)

- **تأثير 1 – ميثيل سيكلوبروبين 1-methylcyclopropene (1-MCP) في الثمار المُخزنة:**

أثبتت الأبحاث العلمية مقدرة مركب 1- ميثيل سيكلوبروبين (1- MCP) على إعاقة نضج وهرم بعض أنواع الفاكهة والخضار وأزهار القطف (Xuan و Streif، 2003.، Streif، 2003). وقد ازداد الاهتمام حديثاً بهذه المادة لاستخدامها في معاملات ما بعد القطاف. تسمى هذه المادة تجارياً SmartFresh(Streif، 2003) وهي عبارة عن مبيد فطري فعال ومنظم نمو غازي، تركيبه الكيميائي C_4H_6 ووزنه الجزيئي 54 غ/مول، نسبة نقاوته 96 % ودرجة كثافته 2.24 غ/ل ودرجة انحلاليته بالماء 137 ملغ/ل عند درجة الحرارة 20 °م، حالته الفيزيائية بودرة بيضاء اللون سرعان ما تتحول عند تعرضها للرطوبة إلى غاز عديم اللون ذي رائحة خفيفة.

إن مركب 1- MCP لا يحتوي على مؤكسدات قوية وهو غير ثابت كيميائياً ويبدأ بردود الفعل حالاً بعد التطبيق، معدل التطبيق بشكل عام 1 جزء بالمليون، مدى التطبيق الأقصى ضمن أسبوعين بعد القطاف، عدد مرات التطبيق مرة واحدة مع إمكانية التكرار قبل بيع المنتج. يتم تطبيق مركب 1-MCP قبل بدء تنفس النضج لذا فاستجابة الثمار غير الناضجة لمركب 1-MCP تكون أكبر من استجابة الثمار الناضجة (Sisler و Serek ،1997؛ Serek وزملاؤه، 1995)، وتتلخص أهم تأثيرات استخدام مركب 1- MCP في الثمار: حفظ الصلابة والحموضة (Argiriou و Nanos، 2010.، Watkins و miller، 2004.، Watkins، 2002). وخفض معدل الشدة التنفسية و الحد من أضرار البرودة Chilling Injury (Huber وزملاؤه، 2003). يستطيع الوصول إلى مستقبلات الإيثلين في الأغشية الخلوية لنسج الثمار وحجزها مما يقلل إنتاج الإيثلين الداخلي كما يعيق تلقائياً عمل الإيثلين (Singh و Muii، 2003). وإعاقة عمل الإيثلين في هذا الموقع المستقبل يمنع تشكيل إيثلين جديد فينخفض تركيز (IE) مما يُؤخر النضج والهرم الثمري ويحافظ على جودة ومدة صلاحية الثمار للاستهلاك (Wawrzynczak وزملاؤه، 2007؛ Dell، 2003؛ Blankenship و Doll، 2003؛ Watkins وزملاؤه، 2000؛ Rupasinghe وزملاؤه، 2000). ويعمل على الحد من حدوث التغيرات اللونية (Phebe و Ong، 2010؛ Jiang وزملاؤه، 2001).

بالنسبة لتأثير 1-MCP على البندورة موضوع الدراسة فقد أدت معاملة ثمار البندورة الكرزية بطور النضج الوردي pink والأحمر الفاتح light red بـ 1-MCP ثم تخزينها عند درجة

حرارة 12 درجة مئوية ورطوبة نسبية85%، إلى تأخير نضج الثمار والحفاظ على صلابتها والحد من شدة التغيرات اللونية (L,*a*). بيّن Hurr وزملاؤه (2005) أن معاملة ثمار البندورة Floreda بمركب 1-MCP (1 ppm) ولمدة 24 ساعة أدّت إلى تأخير كبير في النضج وظهور اللون الأحمر بالمقارنة مع الشاهد، إذ وصلت ثمار الشاهد إلى النضج الكامل بعد (5-7) أيام من التخزين في درجة حرارة 20° م، بينما استغرقت الثمار المعاملة (13-15) يوماً تحت نفس الظروف، مما حسّن كثيراً من ظروف الشحن والتداول. وفي دراسة أجراها Jeong وزملاؤه (2004)، حول تأثير المعاملة بـ 1-MCP في المحافظة على جودة ثمار البندورة، وجدوا أن الثمار المعاملة والمخزنة على درجة حرارة 5° م لمدة 15 يوماً احتفظت بصلابة أعلى وانخفض إنتاجها من الإثيلين. وعند معاملة ثمار البندورة بطور النضج الوردي بـ 1-MCP بتركيز 250 ميكروليتر ثم خزنت على درجة حرارة 15 °م لمدة 5 أيام، وجد أن المعاملة خفضت من تلون الثمار ولون المادة الهلامية الداخلية وحافظت على القوام الداخلي مما يدل على سلامة الجدر الخلوية في الثمار الناضجة (Cliff وزملاؤه، 2009). وفي دراسة لـ Wang وزملاؤه (2010) تم معاملة ثمار البندورة بـ 1-MCP بتركيز 1 ملغ/ل لمدة 24 ساعة ثم خزنت الثمار على درجة حرارة 20 °م ورطوبة نسبية - 95 85 % لمدة 20 يوماً، أظهرت النتائج أن المعاملة أخرت معنوياً من فقد الثمار لصلابتها كما قللت وبشكل معنوي من انخفاض كل من المواد الصلبة الذائبة الكلية ونسبة الحموضة والفقد الوزني، إضافة إلى خفض تنفس الثمار وإنتاج الإثيلين وتطور اللون، كما أظهرت النتائج أن محتوى الثمار من حمض الأسكوربيك والفينولات الذائبة كان أعلى في الثمار المعاملة. نتائج مطابقة أكدها Ergun وزملاؤه (2006). أشار Opiyo و Ying (2005) إلى فعالية المعاملة بـ 1-MCP في تأخير عملية النضج عند معاملة ثمار البندورة الكرزية بطور النضج الأخضرعند دراسة تراكيز من MCP-1 في في بعض مؤشرات الجودة، حيث انخفض إنتاج الإيثلين وتأخر نضج الثمار، كذلك تأثر كل من معدل تدهور الكلوروفيل وتراكم الليكوبين. وأكد Douglas و Su (2012) انخفاض الإصابة بعفن *Alternaria alternate* و *Botrytis cinerea* و*Fusarium spp* أثناء تخزين ثمار البندورة بطور النضج الأخضر والوردي عند المعاملة بـ 1 ميكرومول من MCP-1.

حافظت المعاملة بـ1 ميكرومول من 1-MCP على مستوى مرتفع من المواد المضادة للأكسدة والفينولات الكلية، وبالتالي الحد من الخسارة في المركبات المفيدة للصحة عند معاملة ملفوف الكيل (Sun وزملاؤه، 2012). سجل Hoang وزملاؤه (2011) نتيجة مماثلة على ثمار التفاح. من

جهة أخرى أدت معاملة ثمار الخوخ والنكتارين بـ 1-MCP تركيز 1250 ميكرولتر إلى المحافظة على ثمار أكثر صلابة بالمقارنة مع الشاهد وزادت مدة التخزين وكانت الثمار أكثر قدرة على تحمل عمليات التداول والشحن (Argiriou و Nanos، 2010).

وكانت نتائج معاملة ثمار التفاح "Gala" بمادة 1-MCP فعالة جداً في خفض إنتاج الإثيلين الداخلي والمحافظة على الصلابة ونسبة الحموضة وخفض الفقد بالوزن، ولكن لم يظهر تأثير المعاملة بشكل واضح على نسبة المواد الصلبة الذائبة في الثمار المخزنة (WAWRZYŃCZAK وزملاؤه، 2007). في حين أشار Phebe و Ong (2010) إلى أن معاملة ثمار الجوافة بمادة 1-MCP حافظ على كمية فيتامين **C** ولون الثمار وخاصة قيم مؤشر السطوع **L** وصلابتها وخفض من الفقد بالوزن والاصابة بالأمراض أثناء التخزين، في حين لم تتأثر قيم المواد الصلبة الذائبة والحموضة وقيم pH.

أظهرت دراسة حديثة لـ Tiwari و Paliyath (2011) أن معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر بمادة 1-MCP أدى إلى اختلاف كبير في التعبير الجيني وخاصة المورثات المسؤولة عن اصطناع الاثيلين واعتبروا ذلك سبباً في تأثير 1-MCP في تأخير النضج.

أدت معاملة ثمار الإجاص "كوشيا" بـ 1-MCP إلى الحد من فقدان الصلابة وخفض نسبة هدم الأحماض العضوية والحفاظ على نسبة المواد الصلبة الذائبة والحد من تغيرات لون القشرة (تبارة، 2011). وقد أشار Tavallali و Moghadam (2015) إلى أن التدهور في جودة الثمار والفقد في صلابتها عوامل رئيسة تحد من العمر التسويقي للثمار وذلك نتيجة للأضرار الميكانيكية خلال عمليات النقل والتداول وارتفاع معدل التنفس والفقد بالوزن، ويساهم الاثيلين في تعميق أثر هذه العوامل وتسريعها. وتعمل المنظمات الحيوية النباتية plant bioregulators مثل 1-methylcyclopropene (1-MCP) و aminoethoxyvinyl glycine (AVG) على إعاقة هذا التأثير حيث يعمل (1-MCP) على منع تأثير الاثيلين ويعمل (AVG) على إعاقة التصنيع الحيوي للإثيلين، وقد أدت معاملة ثمار المندرين (*Citrus reticulate*، Blanco) بمحلول مائي يحوي 1-MCP تركيز 1 مغ/ل و AVG بتركيز 250 مغ/ ل لمدة 5 دقائق في ظروف التخزين المبرد 4 درجة مئوية لمدة شهر، إلى الحفاظ على الجودة وإطالة العمر التخزيني وخفض الإصابة بأضرار البرودة والأمراض الفطرية، وزادت صلابة الثمار ومحتواها من TSS و TA و VC مقابل الشاهد.

- **الميثيل جاسمونات Methyl jasmonate (MeJA):**

هو مركب عضوي طيار متاح تجارياً على شكل سائل عديم اللون، تركيبه الكيميائي $C_{13}H_2OO_3$، وزنه الجزيئي 224.3 غ/مول، يستخدم في النبات كمؤشر دفاعي ذاتي المنشأ، وله أهمية في تنظيم العمليات الفيزيولوجية مثل (إنبات البذور ونمو الجذور والإزهار ونضج الثمار ومظاهر تدهور وشيخوخة الثمار) وهو مشتق من حامض جاسمونيك الميثيل (Cheong، 2003،. Li وزملاؤه،2002).

الميثيل جاسمونات فئة من مركبات يطلق عليها Jasmonates، وجدت أول مرة في النباتات من جنس Jasminum، ومعظم النباتات تحتوي على كميات صغيرة من الجاسمونات، لكن الياسمين وزهر العسل تحتوي على مستويات عالية منه. ويعد استعمال الميثيل جاسمونات غير مكلف نسبياً، حيث يمكن معاملة حمولة شاحنة من المنتجات مع 25 ملليلتر منه، والذي يكلف نحو 30 دولاراً. وهو يعمل في غضون بضع ساعات وليس له أي أثر متبقي (Stanley، 1998).

تنتمي الجاسمونات إلى مجموعة Cyclopentanone (Turner وزملاؤه، 2002؛ Ryan وPearce، 2003). تنتج النباتات مستويات عالية من الميثيل جاسمونات وحمض الجاسمونيك كاستجابة للكثير من الإجهادات الحيوية وغير الحيوية. يمكن استخدام الميثيل جاسمونات كناقل للإشارة في الأنظمة الدفاعية في النبات المجهد، حيث يمكن أن ينتشر عن طريق الاتصال الفيزيائي أو عن طريق الهواء لإنتاج رد فعل دفاعي في النباتات غير المجهدة، وتمتص النباتات غير المجهدة الميثيل جاسمونات من خلال المسامات أو من خلال الانتشار داخل سيتوبلازم الخلية في الأوراق. أي أن تعرض النبات لإجهاد ما يؤدي إلى إنتاج الميثيل جاسمونات إما للدفاع الذاتي أو للإشارة إلى النباتات الأخرى السليمة لتتنبه للخطر القادم، وقد تم اقتراح نموذج لفعل الجروح في النبات هو تنشيط إنزيم الليباز في أغشية الخلايا المستقبلة مما أدى إلى تصنيع حامض jasmonic (JA) من حمض اللينولينيك ثم تفعيل الجينات المثبطة للبروتيناز. فإذا ما تناولتها الحشرة المهاجمة للنبات أو للثمرة، فستدخل مثبطات البروتيناز في الجهاز الهضمي وتمنع الحشرة من التغذية (Zhang وزملاؤه، 2011؛ Xu وزملاؤه، 2005).

يستعمل الـ MeJa بشكل واسع على الصعيد التجاري والتجريبي وللعديد من الثمار، وهو من العوامل المؤثرة في لون الثمار وصلابتها والمحتوى من الفينولات ومضادات الأكسدة، ويعد

منظم خلوي يشترك في عمليات تطور الثمار ونضجها وتصنيع الإثيلين وتراكم الأصبغة والمحتوى من الفينولات ومضادات الأكسدة (Öztürk وزملاؤه، 2013). من خصائص الميثيل جاسمونات إطالة العمر الافتراضي للثمار الطازجة، ولقد ثبت دوره في الحد من أضرار التبريد وكذلك منع نمو العفن على ثمار الفراولة والعنب والموز وكذلك الحد من التلون باللون البني، ويعتقد أن الميثيل جاسمونات يشترك في إنتاج البروتينات الدفاعية الذاتية المنشأ ضد الفطور والبكتريا (Schroder, 1998).

يُحسن الميثيل جاسمونات من مقاومة ثمار البندورة لأضرار البرودة Chilling injury لفترة ما بعد القطاف، حيث أظهرت نتائج Zhang وزملاؤه (2012) انخفاض في أضرار البرودة لثمار البندورة الكرزية (*cv. Messina*) المعاملة ببخار (MeJa) تركيز 0.05 مل لمدة 21 ساعة والمخزنة عند درجة حرارة 2 °م لمدة 21 يوماً، كما أدت المعاملة بالميثيل جاسمونات إلى إعاقة إنتاج H_2O_2. زاد محتوى ثمار الجوافة من TSS ونشاط الأنزيمات المعاملة والمخزنة عند درجة حرارة 5°م ولم تتأثر كمية فيتامين C، والكلوروفيل، والمحتوى من الفينولات الكلية (Qiupinga و Wenshui، 2007). يُشار إلى قلة الدراسات المتعلقة بمعرفة دور المعاملة بـ MeJa وتأثيره في جودة ثمار البندورة المخزنة ومحتواها من الفينولات ومضادات الأكسدة ومؤشرات اللون.

- **أمينو إيثوكسي فينيل جليسين Aminoethoxyvinylglycine (AVG):**

يستخدم الـ AVG ([S]-trans-2-amino-4-(2-aminoethoxy)-3-butenoic acid hydrochloride) كمثبط لإنتاج الإيثلين الحيوي وله دور في تحديد تأثير الإيثلين في نمو النبات وتطوره واستجابته للإجهاد (Fadhil و Al-Bamarny، 2010؛ Abeles وزملاؤه، 1992). استُخدم الـ AVG لدراسة مشاركة الإثيلين في نضج الثمار (Wang و Dilley، 2001) وفي السيطرة على الأمراض الفطرية (Robison وزملاؤه، 2001) وفي الاستجابة لإجهاد البرودة (Hong و Gross، 2000). وقد ساهمت معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر بمحلول مائي من AVG في خفض معنوي في نسبة الإيثلين المنتجة، حيث كان للمعاملة بـ AVG القدرة على تخفيض إنتاج الاثيلين بنسبة 57 %، 73 %، و89 %. ولم يكن لتطبيقه تأثير معنوي على إنتاج CO_2 من النسج، بينما كان له تأثير كبير في الحد من تصنيع البروتين (Mikal، 2004).

أظهرت نتائج Fadhil و Al–Bamarny (2010) لبيان تأثير المعاملة بمحلول مائي من AVG بتراكيز مختلفة (0، 250، 500 و1000 ملغ/لتر) لمدة دقيقة واحدة في القدرة التخزينية لثمار التفاح وتخزينها على درجة حرارة 0 ± 1 °م ورطوبة نسبية 85 – 90 % لمدة 3 أو 6 أشهر، محافظة الثمار المعاملة على صلابتها ونسبة الحموضة، كذلك خفضت من ظاهرة الحرق السطحي للقشرة (Scald)، وأعاقت تطور لون القشرة (كاروتين والأنثوسيانين)، كما انخفض معدل التنفس حتى 6 أشهر من التخزين المبرد. من جهة أخرى عند معاملة ثمار الخوخ ' Royal Glory' و النكتارين 'Caldesi 2000 ' بمادة AVG تركيز 0.1% ثم تخزينها عند درجة حرارة 2 درجة مئوية ورطوبة نسبية 90–95% ضمن أكياس بلاستيكية مثقبة، كانت الثمار المعاملة أكثر صلابة، وزاد محتوى الحموضة والمواد الصلبة الذائبة، وحافظت على لون اللب مقارنة بالشاهد، لكن انخفضت هذه المؤشرات بعد الأسبوع الأول من التخزين المبرد مما أدى إلى معايير جودة مماثلة لثمار الشاهد مع بداية الأسبوع الثاني للتخزين (Argiriou و Nanos، 2010).

كان لمعاملة ثمار المشمش صنف Patterson بمحلول مائي من AVG تركيز 50 ppm ثم تركها في درجة حرارة 20 °م مدة خمس أيام، تأثير في المحافظة على صلابة الثمار وخفض إنتاج الإثيلين (Palou و Crisosto، 2003). أوضح Byers (1997) أن معاملة ثمار التفاح بـ AVG أعاق التشكل الحيوي للإثيلين والخطوات المتتالية لتصنيعه في أنسجة الثمار. بيّن Autio و Bramgage (1982) أن المعاملة بـ AVG قد خفضت من معدل النضج وأطالت العمر التخزيني وزادت الصلابة. كما أدت معاملة ثمار الدراق بـ AVG قبل القطاف (رش الأشجار) إلى تأخير النضج وخفض نسبة تساقط الثمار وخفضت من إنتاج الإثيلين (Cline، 2006).

- **أوكسيد النتريك Nitric oxyde(NO) الناتج عن مركب نتروبروسيد الصوديوم (SNP):**

تركيبه الكيميائي $Na_2(Fe[CN]_5\ NO).2H_2O$، وزنه الجزيئي 297.95 غ/ مول. أظهرت الدراسات المختلفة تأثير أوكسيد النيتريك (NO) في الوظائف الفيزيولوجية المختلفة في النبات، حيث يمكن للمعاملة ما بعد القطاف بأكسيد النيتريك أن تطيل مدة تخزين ثمار الفاكهة والخضار وتحسن نوعيتها عن طريق إعاقة إنتاج الإيثلين وخفض معدل التنفس، كذلك تحث المعاملة به على ظهور رود فعل ذاتية لمقاومة الأمراض في الثمار (Li وزملاؤه، 2009). في دراسة لـ Lai وزملاؤه (2011) حول ردود الفعل الفيزيولوجية لثمار البندورة المعاملة بـ NO ما بعد القطاف وذلك باستعمال المحلول المائي لمركب Sodium nitroprusside (SNP) بتركيز 1 ميلليمولر،

باعتباره مانحاً لأكسيد النيتريك، استطاعت المعاملة إعاقة تلون الثمار وخفض إنتاج الإيثلين، وأثرت في مؤشرات الجودة خلال التخزين، كذلك كان نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة مرتفع في نهاية مدة التخزين للثمار المعاملة بـ NO مقارنة مع الشاهد. كما زادت مقاومة الثمار للإصابة بالعفن الرمادي، وبشكل عام أدت المعاملة بأكسيد النتريك إلى تأخير نضج ثمار البندورة مع المحافظة على نوعيتها وتحسين مقاومتها للأمراض الفطرية أثناء التخزين.

أظهرت نتائج دراسة لـShaoying وزملاؤه (2005) حول تأثير معاملة ثمار البندورة ما بعد القطاف بأكسيد النيتريك NO، أن المعاملة خفضت من معدل التنفس وإنتاج الإيثلين، وأعاقت تراكم O_2- و H_2O_2، وحافظت على مستوى أعلى لنشاط SOD, CAT, APX ومحتوى الثمار من الجلوتاثيون (GSH) وحمض الأسكوربيك في نهاية مدة التخزين، كذلك تباطأت الزيادة في محتوى MDA ونفاذية الأغشية النسبية عن طريق خفض أكسدة الليبيدات الموجودة في الأغشية الخلوية ببيروكسيد الهيدروجين، وأخر شيخوخة الثمار.

كما أشار Fan وزملاؤه (2008) إلى أن هذه المادة عبارة عن ناقل للإشارة بين الخلايا ويعتبر تشكله رد فعل طبيعي على الإصابة بالأمراض، وأظهرت النتائج زيادة مقاومة ثمار البندورة للإصابة بالعوامل الممرضة عن طريق زيادة نشاط الإنزيمات الدفاعية (APX وCAT وSOD)، وبالتالي فإن المعاملة يمكن أن تعزز مقاومة ثمار البندورة لأمراض ما بعد القطاف.

- **الشيتوزان Chitosan:**

الشيتوزان هي عبارة عن مادة طبيعية (β−1,4−D−glucosamine) تتكون أساساً من مادة الكيتين Chitin وهو سلسلة من الكربوهيدرات والتي تستخلص من الهيكل الخارجي للصدفيات والمحار وسرطان البحر والأسماك الصدفية البحرية مثل الروبيان وغيرها من الأسماك الصدفية المختلفة. إن الوزن الجزيئي للشيتوزان المنتج تجارياً ما بين 3800 و 20000 دالتون، وهناك طريقة مشتركة لتجميع الشيتوزان من الكيتين باستخدام هيدروكسيد الصوديوم والماء كمذيب، حيث تطحن المواد الصدفية والقشريات مع بعضها البعض ومن ثم تخضع لعملية كيميائية لانتزاع جزء من تركيبة هذه المواد يسمى بالأسيتيل، وبعد انتزاع هذا الجزء تصبح التركيبة الأساسية للشيتوزان جاهزة تقريباً، وبعد سحب الأسيتيل تصبح مادة الشيتوزان تحمل شحنات موجبة والتي تعمل كمغناطيس لجذب جزيئات أي مادة بجانبها أو بقربها تحمل شحنات سالبة، الشيتوزان ذواب في الماء ويربط بسهولة على الأسطح السالبة (Zhuangdong، 2007) .

وقد تم تطبيق الشيتوزان على النباتات والمحاصيل من قبل وكالة حماية البيئة (EPA)، ووزارة الزراعة الأمريكية (USDA) كما يمكن استخدامه في الهواء الطلق وداخل المباني وعلى كافة النباتات والمحاصيل المزروعة والمزارع العضوية وتجارياً من قبل المستهلكين (Linden و Stoner، 2007؛ USDA، 2007).

أشار Kean وزملاؤه (2005) إلى استخدم الشيتوزان ومشتقاته في العديد من التطبيقات الطبية، وأكد أنه غير سام أما في الزراعة، يعد الشيتوزان من المبيدات الحيوية الصديقة للبيئة (Goosen، 1996) .

يشجع الشيتوزان عملية التركيب الضوئي ويعزز من نمو النبات، ويحفز على امتصاص العناصر الغذائية، ويزيد من نسبة الإنبات، ويعزز قوة نمو النبات عندما يستخدم في معاملة البذور أو تغليفها كما في القطن والذرة وبذور البطاطا وفول الصويا والشوندر السكري والبندورة والقمح وبذور أخرى كثيرة. وهو يشجع نمو الجذور كما يؤدي لدمار أكياس الديدان الطفيلية دون الإضرار بالديدان الخيطية النافعة والكائنات الحية (Smiley وزملاؤه، 2002؛ Linden وStoner ، 2005).

يحد الشيتوزان من أمراض ثمار الفاكهة والخضار، ففي دراسة لـ Romanazzi وزملاؤه (2002) أدت المعاملة قبل وبعد القطاف بالشيتوزان بتركيز (0.1، 0.5، 1.0 %) للسيطرة على العفن الرمادي *Botrytis cinerea* على عنب المائدة، إلى انخفاض في معدل الإصابة وشدتها بالمقارنة مع الشاهد غير المعامل. وفي تجربة أجراها Badawy and Rabea (2009) للتحقق من فعالية الشيتوزان بأوزان جزيئية مختلفة للسيطرة على العفن الرمادي لثمار البندورة المخزنة على درجات حرارة مختلفة تجريبياً ومخبرياً وجدوا ما يلي: في تجربة المختبر، أظهرت النتائج انخفاض النشاط المضاد للفطريات مع زيادة الوزن الجزيئي للشيتوزان. أما في الدراسة التجريبية، فقد أدت المعاملة بالشيتوزان إلى انخفاض كبير في تطور الإصابة بفطر العفن الرمادي في ثمار البندورة المجروحة والملقحة بالفطر. وكان الشيتوزان ذو الوزن الجزيئي 5.7×10^4 g/mol الأكثر فعالية بين تلك التي تم اختبارها. وبدراسة النشاط المضاد للفطريات فقد حفز الشيتوزان المؤشرات الدفاعية، بما في ذلك مجموع المركبات الفينولية الذائبة، ونشاط الـ polyphenoloxidase (PPO)، ومحتوى البروتين الكلي.

وعند دراسة تأثير المعاملة بالشيتوزان ما بعد القطاف على ثمار البندورة المخزنة عند درجة حرارة 20 و2 م° للسيطرة على العفن الرمادي والأزرق، أدت المعاملة إلى سيطرة فعالة على الأعفان بغض النظر عن درجة حرارة التخزين. كذلك حسنت المعاملة بالشيتوزان محتوى الفينولات الكلية في ثمار البندورة، وأثارت ردود فعل دفاعية بيوكيميائية (Muñoz وزملاؤه، 2008 ؛ Liu وزملاؤه، 2007) .

تعود قدرة المعاملة بالشيتوزان في حماية الثمار من الأمراض الفطرية، عن طريق توفر جو معدلModified atmosphere شبه نفوذ للجو الداخلي المحيط بالثمار (Jiang وLi، 2001؛ El Ghaouth وزملاؤه، 1991). أدت معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر بمحلول مائي من الشيتوزان بتركيز 1 و2 % وتخزينها عند درجة حرارة 20 °م إلى خفض معدل التنفس وإنتاج الإيثلين وخاصة مع التركيز 2%. كما ازداد مستوى أكسيد الكربون الداخلي وخفض من مستويات O_2 الداخلي. كما كانت الثمار المعاملة أكثر صلابة وازدادت نسبة الحموضة وكانت الثمار أقل تعرض للأمراض وأقل تلون من الشاهد (El Ghaouth وزملاؤه، 1991). كذلك أكد Ghasemnezhad وزملاؤه (2011) تأثير الغمر بالشيتوزان في إطالة حياة الثمار البشملة *Eriobotrya japonica* ما بعد القطاف، حيث تمت معاملة الثمار بـ (0، 0.25، 0.5، 0.75، و1%) ومن ثم تخزينها على درجة حرارة 7 درجة مئوية ورطوبة النسبية 88 % لمدة 28 يوماً، ولقد خفض التغطيس بالشيتوزان الفقد بالوزن وأعاق نضج الثمار أثناء التخزين المبرد بالمقارنة مع الشاهد، كما ازدادت نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ونسبة السكريات إلى الحموضة ودرجة الحموضة (pH) ومحتوى فيتامين C. كذلك أدى غمر الثمار بالشيتوزان إلى زيادة محتوى الثمار من الفينولات الكلية والقدرة المضادة للأكسدة في الثمار خلال التخزين المبرد، وحافظت المعاملة عموماً على جودة الثمار وزادت مدة التخزين(Liu وزملاؤه، 2007).

وأكدت دراسات أخرى أن الفقد بالوزن لثمار الجوجوبا المعاملة فقط بالشيتوزان كانت أقل بالمقارنة بالشاهد وأن معاملة الثمار بالشيتوزان والميثيل سكلوبروبان معاً أعطت نتائج أفضل بالمحافظة على صلابة الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة TSS وحمض الأسكوربيك (Qiuping وWenshul، 2007). أثرت المعاملة بالشيتوزان 2% في خفض معدل التنفس في ثمار التفاح والاجاص (Davis وزملاؤه، 1989).

- **فيتامين E** (α–توكوفيرول):

يرمز مصطلح فيتامين E إلى مجموعة مركبات الليبوفيل التي تملك النشاط الحيوي للألفا تيكوفيرول. تتضمن هذه المجموعة: α و β و γ و δ تيكوفيرول، و α و β و γ و δ توكوترينول. والألفا تيكوفيرول هو الذي يملك النشاط الحيوي الأكبر (عبيد، 2004). وتكون هذه الجزيئات مرتبطة بالأغشية الخلوية. يعد فيتامين E مضاد للأكسدة شديد الفاعلية، بسبب قلة ميوله لإعطاء الالكترونات (Njus et Kelley, 1991). بالرغم من أن فيتامين E هو مضاد الأكسدة الأكثر أهمية لدى الإنسان والحيوان (عبيد، 1996)، لكن لم يدرس دوره في ثمار البندورة بشكل كافي حتى الآن.

يتألف فيتامين E الموجود في الطبيعة من مجموعات من المركبات التي يطلق عليها التوكوفيرول والتي تنتمي إلى مجموعة الفيتامينات التي تنحل بالدهون، وتم اكتشافها في الولايات المتحدة من قبل العالمين Evans و Bishop. ويعد α – توكوفيرول Tocopherol من أهم مركبات فيتامين E لأنه الأكثر فعالية حيوية، وهو يوجد بشكل رئيسي في الكلوروبلاست، حيث يوجد 3/1 من α – توكوفيرول في أغشية الكلوربلاست الخارجية، و 3/2 منه في أغشية التيلاكوئيد. تركيبه الكيميائي $C_{29}H_{50}O_2$، وزنه الجزيئي 430.71 غ/مول. فيزيولوجياً، يملك فيتامين E وظيفتين: الأولى كمضاد أكسدة. والثانية كمنظم لنفاذية الأغشية الخلوية. لقد تم إجراء العديد من التجارب حول تأثير وفاعلية فيتامين E (α–توكوفيرول) كمضاد أكسدة. وفيتامين E يملك القدرة – باحتوائه على مجموعة الميثيل – على الارتباط بهذه العناصر والحد من قدرتها على الإضرار بالثمار (Krieg وزملاؤه، 1998). أشار عبيد (2004) إلى أنه ليست درجات الحرارة المنخفضة هي فقط السبب الوحيد في تخريب الأغشية الخلوية وحدوث الأضرار أثناء تخزين الثمار، وإنما يلعب تكوين المواد السامة الحرة الناتجة عن عمليات الأكسدة في الخلايا دوراً كبيراً في حدوث أضرار البرودة. وبسبب وجود التوكوفيرول في الكلوروبلاست وغيرها مثل الأغشية الخلوية والميتاكوندريا، يقوم بحماية أغشية الكلوروبلاست من أضرار الأكسدة.

في دراسة لـ عبيد (2004) حول تأثير غمر ثمار تفاح لمدة خمس دقائق قبل تخزينها ببعض المركبات الكيميائية من α–توكوفيرول بتركيز 0.25%، أبدت الثمار المعاملة فرقاً معنوياً في معظم الأحيان مع الشاهد غير المعامل. وقد لوحظ في ذلك في الثمار المعاملة من خلال انخفاض نسبة الفقد في وزن الثمار خلال التخزين وزيادة صلابتها وبالتالي عدم ظهور

اضطرابات وتعفنات فيزيولوجية كبيرة مقارنة مع الشاهد، نتائج مطابقة أوردها (Lafer،2003؛ Fryer، 1992).

الفصل الثالث

مواد البحث وطرائقه

Materials & Methods

3 مواد والبحث طرائقه Materials & Methods

3.1 *المادة النباتية:*

استخدم في هذه الدراسة ثمار البندورة (الهجين تالة) المخصصة للزراعة الحقلية، وهي من الهجن المحدودة النمو، العنقود الزهري بسيط، والثمار كروية، منتشرة بكثافة في المنطقة الجنوبية من القطر، من إنتاج شركة Amsa seed الصينية. تم زراعتها في مزرعة أبي جرش بكلية الزراعة جامعة دمشق، حيث قطفت الثمار بطوري نضج:

- طور الأخضر الناضج Mature green (MG)
- طور التحول Turning (TU) بداية تلون الطرف الزهري (ظهور اللون الوردي عند الطرف الزهري)، وفق المواصفات القياسية الأمريكية (USDA، 1991).

وتم اختيار الثمار المطابقة لمواصفات الصنف والمتجانسة في الحجم واللون والخالية من العيوب والأمراض.





شكل4. ثمار الهجين تالة (طور التحول، الطور الأخضر جهة اليسار).

3.2 *مدة ومكان تنفيذ البحث:*

نفذ البحث على مدار 4 سنوات وذلك خلال الفترة الممتدة من 2013 – 2016.

حيث تمت الزراعة في مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة بجامعة دمشق، جُهزت الشتول ضمن صواني الانبات وتمت الزراعة حقلياً بمسافة 40×40 سم، كما جُللت خطوط الزراعة بالأغشية اللدائنية السوداء (المولش) بعد تمديد شبكة الري وحصلت النباتات على التسميد المعدني (N:P:K:Mg; 18:18:18:3) بتركيز 1غ/ل، بعد موعد التشتيل بأسبوعين ومع بداية العقد واستمرت عمليات الخدمة والرعاية بما يتفق واحتياجات النمو المثلى. قُطفت الثمار ضمن طوري النضج المدروسين ثم خُزنت الثمار في المخزن المبرد الموجود في وحدة الهضم ومخبر أبحاث التخزين في كلية الزراعة، وتم إجراء القياسات الفيزيولوجية والتحاليل البيوكيميائية في مخبر أبحاث التخزين ومخبر أبحاث الخضار بقسم علوم البستنة – كلية الزراعة.



الشكل 5. مكان الزراعة.

3.3 *ظروف التخزين:*

قُطفت الثمار بطور النضج الأخضر مع مراعاة الصفات المميزة لهذا الطور من اكتمال النمو والحجم المميز للصنف واللون اللامع للقشرة، والدلائل الخاصة بالتركيب الداخلي للثمرة من امتلاء الحجرات بالمادة الجيلاتينية وبدء زوال اللون الأخضر من الطرف الزهري للثمار وظهور شكل نجمي باللون الأصفر والأبيض. وتم انتخاب الثمار السليمة مع تجانس الشكل والحجم.



الشكل 6. مخبر أبحاث التخزين

ونُقلت الثمار مباشرة إلى المخزن المبرد مع اختيار الكمية المناسبة لإجراء التحاليل الأولية وقسمت الثمار وفق المعاملات المدروسة.

بدأت فترة التخزين 2013/8/1 وانتهت 2013/10/18. وهي الفترة التي تتزامن مع موعد تصدير ثمار البندورة حسب المؤسسة العامة للخزن والتسويق.

تم تخزين الثمار بطور الأخضر الناضج عند درجة حرارة 13 °م حتى بدء تلون الثمار، ثم خفضت درجة الحرارة إلى 8 °م حتى نهاية مدة التخزين، أما بالنسبة للثمار في طور التحول خُزنت

مباشرة عند درجة حرارة 8 °م. وتم المحافظة على نسبة رطوبة النسبية في المخزن المبرد عند 90 -95 % (USDA، 1991).



الشكل 7. غرفة التخزين المبرد

أُستخدمت الصناديق المصنوعة من مادة الفوم للتخزين، وتتلخص صفات هذه العبوات أنها موحدة القياس ومقاومة للحرارة المنخفضة والرطوبة العالية ذات سطح داخلي أملس لتجنب الأضرار الميكانيكية خلال القطاف والتداول والتخزين ومزودة بفتحات تهوية لسهولة دخول هواء المخزن البارد للجو المحيط بالثمار.

3.4 *المعاملات:* تم دراسة المعاملات التالية:

بعد تعقيم جميع الثمار بمحلول هيبوكلوريد الصوديوم sodium hypochlorite 2 % (v:v) بغمر الثمار لمدة 2 دقيقة، وغسل الثمار بالماء المقطر وتجفيفها بالهواء بدرجة حرارة الغرفة لمدة ساعتين، تم تقسيم الثمار إلى مجموعات مكونة من 25 ثمرة في كل مجموعة وعُوملت كالتالي:

- الشاهد (Control): تم وضع ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي 25 ثمرة) من كل طور نضج في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خزنت وفق الظروف المذكورة سابقاً.
- تقنية المعاملة بـ 1- ميثيل سكلوبروبان (1-MCP): تم غمر ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي 25 ثمرة) من كل طور نضج في محلول مائي من مادة 1-MCP (0.14%) (SmartFreshTM, Rohm and Haas Co.) بتركيز 200 ميكروغرام مادة فعالة في اللتر لمدة دقيقة واحدة وذلك حسب طريقة Choi and Huber (2008). حيث تم تحضير المحلول بإضافة الكمية اللازمة من مادة 1-MCP إلى 10 لتر من الماء المقطر ضمن حوض بلاستيكي سعة 20 لتر ثم تم التحريك لمدة دقيقة، ثم ترك المحلول لمدة لا تقل عن 10 دقائق قبل استخدامه في معاملة الثمار، كذلك يجب أن تتم المعامل قبل انقضاء 45 دقيقة من تحضير المحلول. بعد غمر الثمار غمراً كاملاً لمدة دقيقة في هذا المحلول، تم تجفيف السطح

الخارجي للثمار من المحلول ووضعها في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خُزنت وفق ظروف التخزين المذكورة سابقاً.

- تقنية المعاملة بـ (AVG): تم رش ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي 25 ثمرة) من كل طور نضج بمحلول مائي من مادة AVG (ReTain, Valent USA Corp., Fresno, CA,USA)، بتركيز 50 ppm حسب طريقة (Palou و Crisosto، 2003).

حيث حُضر المحلول بإضافة الكمية اللازمة من مادة AVG إلى لتر من الماء المقطر ضمن مرش سعة 1 لتر ثم تم التحريك جيداً. بعد ذلك تم رش الثمار بشكل كامل بالمحلول، ثم جفف السطح الخارجي للثمار من المحلول وتم وضعها في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خزنت وفق ظروف التخزين المذكورة سابقاً.

- تقنية المعاملة بالمثيل جاسمونات (MeJa): تم غمر ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي 25 ثمرة) من كل طور نضج في محلول مائي من مادة الميثيل جاسمونات (Sigma) بتركيز 1 ميليمول لمدة 3 دقائق. حيث حضر المحلول بإذابة الكمية اللازمة من مادة الميثيل جاسمونات في 5 ميلي لتر من الإيثانول 10 % ثم تمديده بالماء المقطر (Yuوزملاؤه، 2011) للحصول على حجم نهائي 10 لتر ضمن حوض بلاستيكي سعة 20 لتر. بعد غمر الثمار غمراً كاملاً لمدة 3 دقائق في المحلول، تم تجفيف السطح الخارجي للثمار من المحلول ووضعها في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خزنت وفق ظروف التخزين المذكورة سابقاً.

- تقنية المعاملة بأكسيد النيتريك (NO) الناتج عن المحلول المائي لمادة نتروبروسيد الصوديوم (SNP): تم غمر ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي 25 ثمرة) من كل طور نضج في محلول مائي من مادة SNP بتركيز 1 ميليمول لمدة 30 دقيقة، حسب طريقة Lai وزملاؤه (2011)، هذا التركيز من SNP يحافظ على تركيز 5 مكرومول من NO في المحلول لمدة 10 ساعات. حيث حضر المحلول بإذابة الكمية اللازمة من مادة SNP في 10 لتر من الماء المقطر ضمن حوض بلاستيكي سعة 20 لتر. بعد غمر الثمار غمراً كاملاً لمدة 30 دقيقة في المحلول، تركت الثمار لتجف في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعتين ثم وضعت في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خزنت وفق ظروف التخزين المذكورة سابقاً.

- تقنية المعاملة بالشيتوزان (CTS): تم غمر ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي 25 ثمرة) من كل طور نضج في محلول مائي من مادة الشيتوزان بتركيز 2 % (w:v) لمدة دقيقة واحدة (Qiuping و Wenshu، 2007). حيث حضر المحلول بإذابة 200 غ من مادة الشيتوزان في 8 لتر من الماء المقطر والمضاف له 50 مل من حمض الأسيتيك لإذابة الشيتوزان ثم يعدل الـ pH إلى 5.4 باستخدام NaOH بتركيز 1 مول \ ليتر ثم يكمل الحجم إلى 10 لتر باستخدام الماء المقطر ضمن حوض بلاستيكي سعة 20 لتر. بعد غمر الثمار غمراً كاملاً لمدة دقيقة في المحلول، تترك الثمار لتجف في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعتين ثم توضع في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خزنت وفق ظروف التخزين المذكورة سابقاً.
- تقنية المعاملة بـ فيتامين **E**: تم غمر ثماني مجموعات من الثمار (كل مجموعة تحوي25 ثمرة) من كل طور نضج لمدة خمس دقائق قبل تخزينها بـ α – توكوفيرول تركيز 0.25 % (Paliyath وزملاؤه،2008؛ عبيد، 1996) حيث حضر المحلول بمزج α – توكوفيرول بالكحول الايثيلي (مطلق) ثم أكمل الحجم إلى 10 لتر باستخدام الماء المقطر ضمن حوض بلاستيكي سعة 20 لتر. وبعد غمر الثمار غمراً كاملاً لمدة خمس دقائق في المحلول، تترك الثمار لتجف في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعتين ثم توضع في الصناديق (كل مجموعة في صندوق منفصل) ثم خزنت وفق ظروف التخزين المذكورة سابقاً.

3.5 أخذ العينات:



الشكل 8.طريقة أخذ العينات

تم أخذ مجموعات من الثمار (25 ثمرة في كل مجموعة) من كل طور نضج وذلك لتقدير المؤشرات المدروسة في الثمار المقطوفة قبل إجراء المعاملات عند بداية عملية التخزين ورُمز لها بـ (T0). وبعد المعاملة وأثناء مدة التخزين ورمز لها بـ (T1) وذلك بعد أسبوع، أسبوعين (T2)، 4 أسابيع (T4)، 6 أسابيع (T6) و8 أسابيع (T8) خلال مدة التخزين، تم أخذ ثلاث مكررات (كل مكرر مكون من 5 ثمار) من كل طور نضج ومن كل معاملة وتم دراسة تأثير المعاملات المستخدمة ومدة التخزين في

المؤشرات المدروسة، حيث تم تقدير المعايير الفيزيائية للثمار مباشرة بعد خروج الثمار من غرفة التخزين المبرد.

وتم حفظ جزء آخر من الثمار بالتجميد بالسائل الأزوتي (196-) ومن ثم تم طحنها وحفظها في مجمدة عند درجة حرارة (80-) درجة مئوية (Chiribogaa وزملاؤه، 2012؛ Bailey وزملاؤه،2005؛ Fish وزملاؤه، 2002)، ليتم بعد ذلك تقدير المعايير البيوكيميائية ومضادات الأكسدة ونشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة.



الشكل9. الحفظ في السائل الأزوتي

لدراسة نسبة الفقد الطبيعي في الوزن تم أخذ مجموعة من الثمار من كل طور نضج ومن كل معاملة من المعاملات السابقة، بحيث وزنت هذه المجموعات في بداية التخزين وكرر الوزن أثناء التخزين بشكل أسبوعي باستخدام ميزان حساس.



الشكل 10. الفقد بالوزن

3.6 تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCPD لكل طور نضج على حده (طور النضج الأخضر وطور التحول)، وحللت النتائج باستخدام الحاسوب وفق برنامج التحليل الاحصائي XL stat حيث تم تحديد المتغيرات وشملت:

- المواد المستخدمة كمعاملات ما بعد الحصاد وهي CTS وAVG و 1-MCP وMeJa وVE وSNP والشاهد غير المعامل.
- فترات التخزين وشملت بداية التخزين، الأسابيع الأول، الثاني، الرابع، السادس، الثامن.

قسمت البيانات لقسمين، **القسم الأول** خاص بطور النضج الأخضر **والقسم الثاني** خاص بطور التحول، لكل مؤشر من مؤشرات الدراسة. وتمت المقارنة بين المعاملات ضمن كل زمن على حدى، والمقارنة بين فترات التخزين ضمن كل معاملة بشكل منفرد. كما تمت المقارنة بين متوسطات المعاملات بعد 8 أسابيع من التخزين المبرد وبين طوري النضج المدروسين.

تم تكرار القراءات بالنسبة للمؤشرات التخزينية (TSS و TA و VC ومؤشرات اللون a و L) بمعدل 9 مكررات. وبالنسبة لباقي المؤشرات بمعدل 3 مكررات. وتم تحديد الفروقات المعنوية باستخدام تحليل التباين (ANOVA) اختبار فيشر عند درجة ثقة 95 % ($p\leq0.05$) بوساطة برنامج XL. STAT .

تم تعيين القيم المختلفة عن بعضها معنوياً عند مجال الثقة المحدد بترميزها بحروف صغيرة a, b, c, … للدلالة على الفروقات المعنوية بين فترات التخزين، والترميز بحروف كبيرة A, B, C, .. للدلالة على الفروقات المعنوية بين المعاملات.

3.7 المؤشرات المدروسة:

الصفات البيوكيميائية:

3.7.1.1 نسبة الحموضة القابلة للمعايرة %(Titratable acidity):

تم عصر خمس ثمار من كل معاملة، ثم قدرت النسبة المئوية للحموضة في العصير باستخدام المعايرة بمحلول NaOH 0.1 نظامي حتى pH 8.1، وقدرت نسبة الحموضة كنسبة % على أساس الحمض السائد وهو حمض الليمون (Citric acid) وفق المعادلة التالية (Meng وزملاؤه، 2009؛ AOAC، 2000):

$$\text{الحموضة \%} = \frac{\text{الحجم المستهلك من } NaOH}{\text{حجم العصير المستهلك في المعايرة}} \times 0.0064 \times 100$$

3.7.1.2 نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية %(Total Soluble Soled):

تم عصر خمس ثمار من كل معاملة، ثم قدرت النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية في العصير بواسطة جهاز (ATAGOpocket Digit PAL-1, Germany) Refractometer بمدى 0-53 (Shiri وزملاؤه، 2011).

3.7.2الصفات الفيزيائية:

3.7.2.1 تقدير صلابة الثمار كغ/سم^2 Firmness:

تم تقدير الصلابة بعد نزع القشرة في مستوى قطر الثمرة ومن طرفي الثمرة بواسطة جهاز قياس الصلابة الرقمي Penetrometer (Guss, fruit textuer analyser, Germany)، وباستخدام الثاقب ذو القطر (8 مم) وأُخذ متوسطاً للقراءتين بالنسبة لكل ثمرة ضمن المكرر الواحد (يونس وأبو ترابي، 2004).



الشكل 11. جهاز قياس الصلابة

3.7.2.2 تقدير نسبة الفاقد بالوزنWeight loss%:

تم وزن ثمار الشاهد والمعاملات المختلفة في بداية التخزين وخلال مدة التخزين بشكل أسبوعي باستخدام ميزان حساس بدقة 0.01غ. (AND GF1200, Germany) وحُسبت نسبة الفاقد الطبيعي والمطلق وفق التالي (Tavallaliو Moghadam، 2015):

$$\text{نسبة الفقد الطبيعي\%} = \frac{\text{وزن الثمار في بداية التخزين} - \text{وزن الثمار عند أخذ القياس}}{\text{وزن الثمار في بداية التخزين}} \times 100$$

$$\mathbf{WL\% = (IW - FW)/IW \times 100}$$

IW= initial fruit weight; **FW**= final fruit weight after storage

3.7.2.3 تقدير الفقد المطلق Spoilage loss %:

تم حسابه كنسبة مئوية للثمار المصابة من الثمار الموجودة أصلاً.

3.7.2.4 تعيين المؤشرات اللونية لقشرة الثمار Skin color measurement :

حدد Kader(1999) مؤشرات النضج الأساسية بالصلابة والمواد الصلبة الذائبة واللون، كما أُستخدم مقياس التغير اللوني لقشرة ثمار البندورة كمؤشر أولي للتعبير عن درجة النضج (نجلا، 2013)، كما تم اعتماد اللون بالإضافة للمقاييس الأخرى لتحديد الموعد المناسب للقطاف (العاني، 1985).

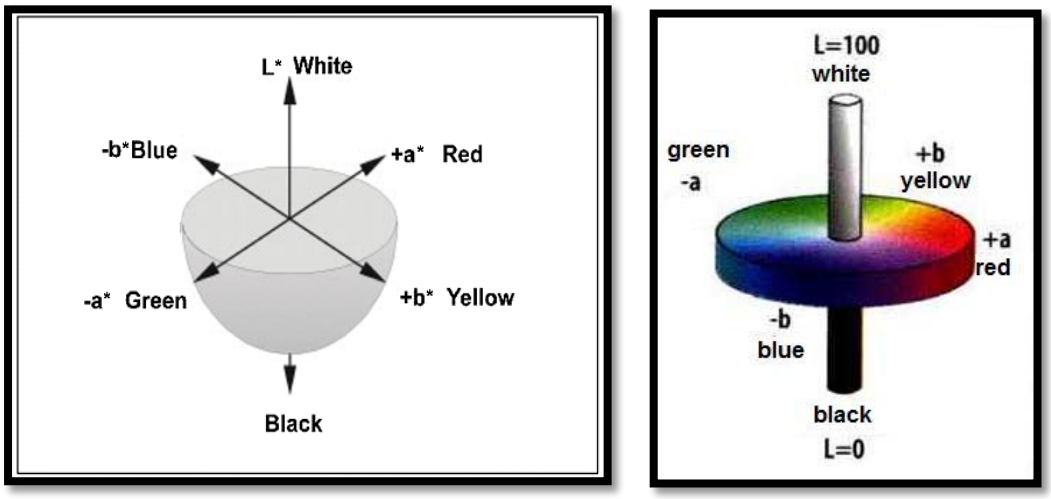
يعتمد نظام الهيئة العامة للإضاءة CIE-System في تقدير اللون بصفة أساسية على الإحساس باللون في عين الإنسان، وهذا يفترض وجود ثلاثة مستقبلات حساسة للضوء في العين وهي المستقبلات الحمراء والخضراء والزرقاء. تم اقتراح نظام هنتر Hunter لقياس لون الأغذية والثمار. وتعتمد قياسات اللون الموحد واللون المضاد على نظرية الألوان المضادة في رؤية الألوان، وفي هذه النظرية يفترض أن هناك تداخلاً في درجات تبادل الإشارات بين مستقبلات الضوء في العين والعصب الضوئي الذي ينقل إشارات الألوان إلى المخ، وفي هذا النظام المتبادل تقارن مستقبلات اللون الأحمر بالأخضر وينتج عن ذلك اتجاه من الأحمر إلى الأخضر. وكذلك تقارن مستقبلات اللون الأخضر بالأزرق وتعطي اتجاه من الأصفر إلى الأزرق. ويرمز إلى هذين الاتجاهين بالحرفين a و b. أما الاتجاه الثالث للون هو الوضوح Lightness ويرمز له بـ L.



الشكل 12. جهاز قياس اللون

تم قياس اللون باستخدام جهاز (Minolta CR 410 colorimeter with an 8-mm aperture. Japan)، قيست قيم a* و L*، وتم القياس من طرفي الثمرة المتقابلين وبمستوى قطر الثمرة بعد معايرة الجهاز على اللون الأبيض. يعتمد مبدأ عمل الجهاز على إصدار ضوء مركب (أبيض) على سطح المادة المراد قياس لونها، تمتص العينة لون طول الموجة المتمم للونها وتعكس أطوال الموجات المرافق للونها. حيث يقوم الجهاز بقياس أطوال أمواج اللون المنعكس، وبالتالي يعطي قيمة تدل على شدة لون العينة (كثافتها). وتظهر النتائج على شكل قيم a* و b* و L*، وهي عبارة عن ثلاثة محاور متعامدة مع بعضها تشكل فراغاً لونياً.

وحسب Suger و Dussi (1998) تتراوح قيم L* تتراوح بين (0 ويعبر عن اللون الأسود) و(100 وتعبر عن اللون الأبيض) حيث تدل قيم L على السطوع، أما قيم a* تتراوح قيمتها بين (-60 ويعبر عن اللون الأخضر) و (+60 يعبر عن اللون الأحمر)، وتتراوح قيم b* بين(-60 يعبر عن اللون الأزرق) و(+60 يعبر عن اللون الأصفر)، ويمكن أن تحسب شدة التلون من قيمة معامل هنتر H° (Hue) من المعادلة:(a*/b*) $\text{hue angle} = \tan^{-1}$



الشكل 13. نظام الفراغ اللوني LAB **CIE**. (Andrés وزملاؤه، 2004).

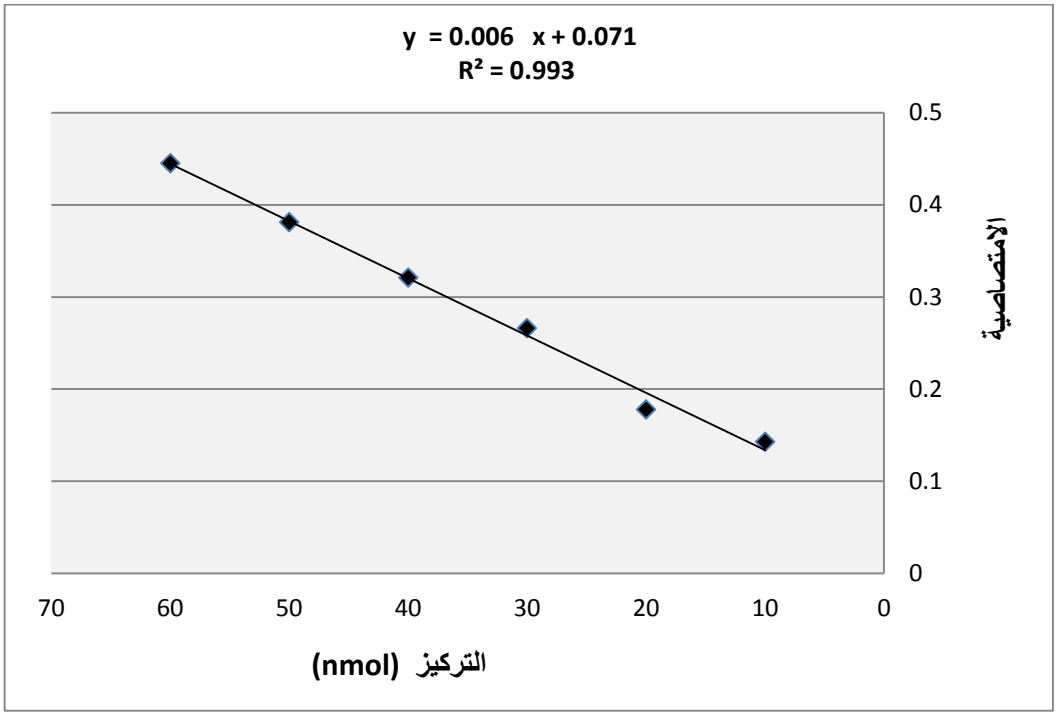
3.7.3معايير الأكسدة Oxidative Parameters :

تستخدم عادة درجة أكسدة الليبيدات لتقدير مدى سلامة الأغشية الخلوية. لذلك قدر تركيز المالونيل داي ألدهيد (MDA) وهو المنتج النهائي لأكسدة ليبيدات الأغشية الخلوية. وكذلك تم حساب تركيز بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) لتقدير زيادة إنتاج ROS تحت ظروف الإجهاد. ويعد MDA وH_2O_2، من مؤشرات حالة الأكسدة في الخلايا.

3.7.3.1 قياس تركيز بيروكسيد الهيدروجين (ميكرومول/غ وزن رطب) **Hydrogen peroxide (H_2O_2):**

تم قياس المحتوى من H_2O_2 حسب Murshed وزملاؤه (2008 b)، حيث أخذ 0.25 غ من مسحوق العينات الثمرية المجمدة والمطحونة في الآزوت السائل وتم مجانستها في 1 مل من حمض الخليك ثلاثي الكلور (TCA) بتركيز 0.1 % (w/v) ضمن حمام ثلجي. ثفل المزيج باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 15000 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة وعلى درجة حرارة 4 م°. ثم أخذ 500 ميكرولتر من الرشاحة الناتجة وأضيف لها250 ميكرولتر من محلول منظم فوسفات البوتاسيوم تركيز 10ميليمولار عند pH 7 و500 ميكرولتر من يود البوتاسيوم(KI) تركيز 1مول. بعد التحريك الجيد تركت العينات لمدة 30 دقيقة على درجة الحرارة العادية، تم قراءة امتصاص العينة للأشعة الضوئية على طول موجة 390 نانومتر بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي (spectrophotometer UV Win5, Koria) . وأُستخدم منحنى معياري،

رُسم باستخدام تراكيز معلومة من H_2O_2 التجاري (MERCK,35%)، لحساب تركيز H_2O_2 في العينة (الشكل14).



الشكل 14. المنحنى المعياري لبيروكسيد الهيدروجين.

3.7.3.2 قياس تركيز المالونيل داي ألدهيد (ميكرومول/غ وزن رطب) malondialdehyde (MDA):

يعد الـ MDA مؤشر على ضرر الليبيدات الناتج عن إجهاد الأكسدة ويتغير تركيزه حسب العوامل البيئية التي تسبب الإجهاد في النباتات والثمار، وقد تم قياس تركيز الـ MDA حسب Murshed وزملاؤه (a 2008)، وذلك باستخدام محلول الثيوباربيتوريك (TBA) الذي يحدد المحتوى من MDA كناتج نهائي لأكسدة الليبيدات، حيث أخذ 0.25 غ من العينات المجمدة والمطحونة في الآزوت السائل وتم مجانستها في



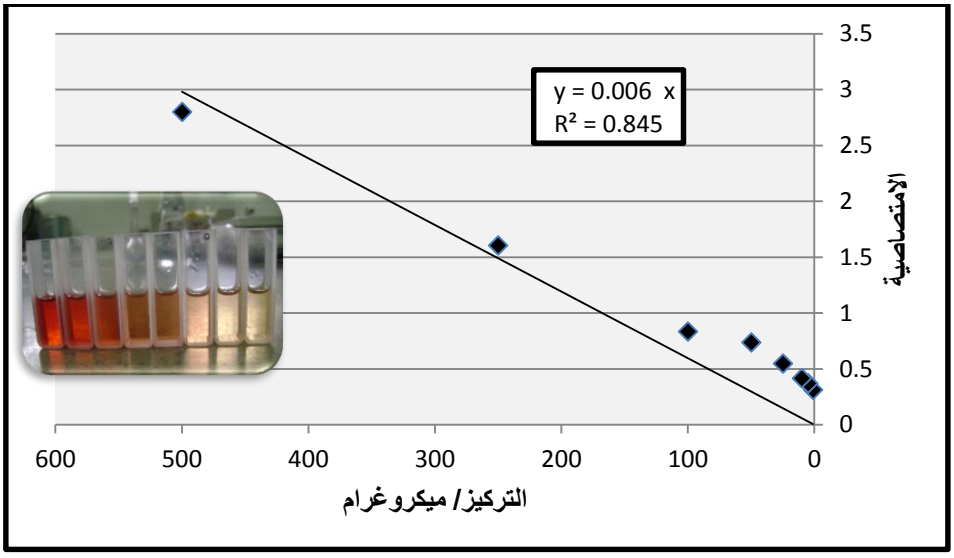
الشكل 15. جهاز المطياف الضوئي.

1 مل من TCA بتركيز 0.1 % (w/v) ضمن حمام ثلجي. ثفل المزيج باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 1500 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة وعلى درجة حرارة 4°م. أخذ 0.5 مل من الرشاحة الناتجة وأضيف إليها 1 مل من محلول TBA بتركيز 0.5 % والمحضر باستخدام محلول TCA بتركيز 20 %. وُضع الخليط في حمام مائي على درجة حرارة 100 م° لمدة 30 دقيقة ثم أوقف التفاعل بوضع العينات في الثلج لعدة دقائق، ثم تم قراءة امتصاص العينة للأشعة الضوئية على طول موجة 532 نانومتر بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي. وتم حساب تركيز المعقد MDA-TBA (صبغة حمراء) انطلاقاً من معامل الامتصاص 155 ميلليمولر/سم.

3.7.4مضادات الأكسدة Antioxidant:

3.7.4.1 تقدير تركيز حمض الأسكوربيك ascorbic acid (AsA) (فيتامينC):

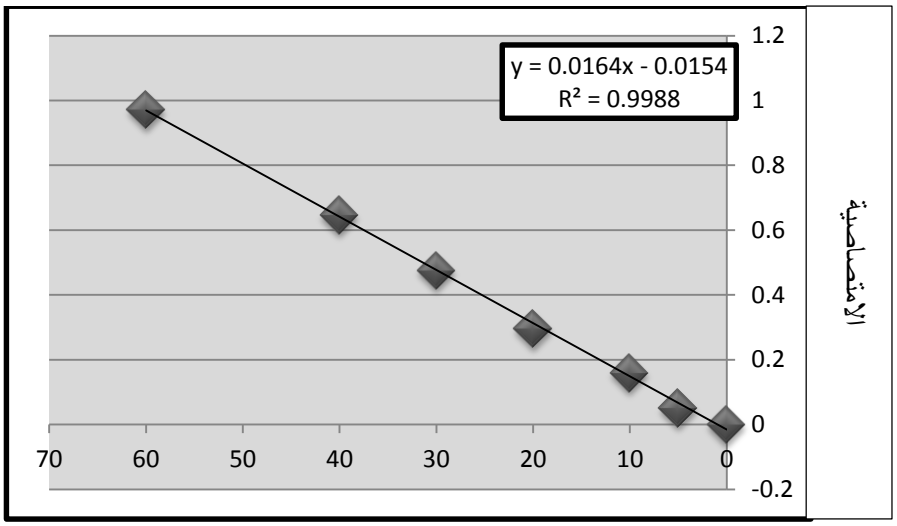
لتقدير تركيز حمض الأسكوربيك AsA أُضيف إلى كل عينة من مسحوق العينات المجمدة 1 مل من محلول الاستخلاص TCA تركيز 6%، ثم وضع المحلول في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة وبسرعة 11000 دورة/د وعلى درجة حرارة 4 °م، ثم أُخذ 100ميكرولتر من المستخلص الأنزيمي وأضيف إليه 400 ميكرولتر من محلول منظم فوسفاتي ميليمولار 0.2 ، (pH =7.4). وحُضن المزيج السابق على درجة حرارة 42 °م لمدة 15 دقيقة. ثم أضيف لكل عينة 1.5 مل من المزيج الملون (5 مل من TCA 10% + 4 مل من حمض الأورثو فوسفوريك 42% H_3PO_4 + 4 مل من Dipyridyl 2-2 4%+ 2 مل من كلوريد الحديد 3% $FeCl_3$). حرك المزيج جيداً وحُضن على درجة حرارة 42 °م لمدة 40 دقيقة، ثم قيست الامتصاصية على طول موجة 525 نانومتر (DE Pinto وزملاؤه، 1999). واُستخدم منحنى معياري، رسم باستخدام تراكيز معلومة من محلول AsA التجاري (SCP, 14530/1d) (الشكل 16)، لحساب تركيز حمض الأسكوربيك في العينة.



الشكل 16. المنحنى المعياري لحمض الأسكوربيك.

3.7.4.1 قياس المحتوى من الفينولات الكلية (مغ/100غ، وزن رطب):

تم استخلاص الفينولات الكلية باستخدام طريقة Wada and Ou (2002) مع بعض التعديلات، حيث وضع 3غ من العينة الثمرية في أنبوب من البولي إيثلين سعة 50 مل، ثم أُضيف إليها 30 مل من الإيتانول المطلق، وبعد التحريك على درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة، تم إكمال الحجم لـ 30 مل، ثم أخذ الرائق لتقدير الفينولات الكلية، حيث قدرت الفينولات الكلية باستخدام طريقة Folin–Ciocalteu المستخدمة من قبل Asami وزملاؤه (2004)، تم أخذ 2 مل من الرشاحة التي سبق تحضيرها ووضعت في دورق معياري سعة 50 مل، أضف لها 7 مل من ماء ثنائي التقطير و500 ميكرولتر من كاشف فولين Folin-Ciocalteu (Sigma)، بعد ذلك حُرك المزيج باستخدام محرك الأنابيب (votex) لمدة دقيقة في حرارة الغرفة، ثم أضف 1 مل من Na_2CO_3(5%). خُلط المزيج السابق وتُرك لمدة ساعتين على حرارة الغرفة، تمت قراءة امتصاصه بالمطياف الضوئي على طول موجة 750 نانومتر. وأُستخدم حمض الغاليك محلولاً عيارياً مرجعياً بتركيز يتراوح بين 0 –50 ميكروغرام/مل. (الشكل 17).



الشكل 17. المنحنى المعياري لحمض الغاليك.

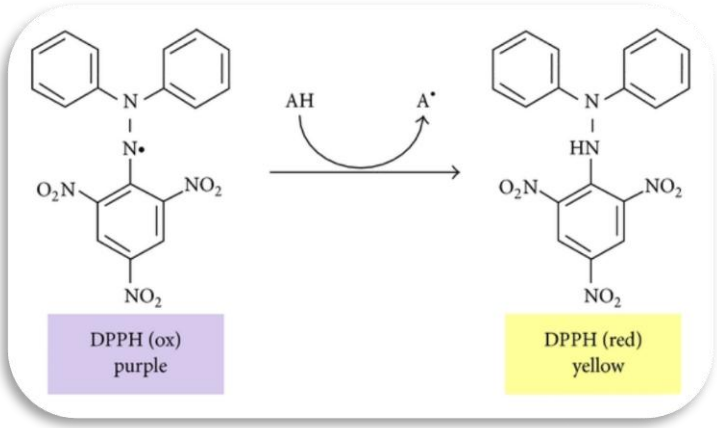
3.7.4.2 تقدير النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة الجذر الحر 1، 1 – ثنائي فينيل–2–بيكريل–هيدرازيل (DPPH%):

يُعَرف Molyneux (2004) جزيئة DPPH كيميائياً بأنها جذر حر ثابت، ذو فعالية عالية عندما يتحرر من مداره، يتميز بلون بنفسجي غامق (شكل 18)، يذوب في الميثانول بسهولة. استخدمت طريقة الـ DPPH لمعرفة قدرة المواد الفعالة على كبح الجذور الحرة، أو بتعبير آخر لتعيين القدرة المضادة للأكسدة في الثمار. المحلول الميتانولي لـ DPPH بنفسجي اللون، يتفاعل الجذر الحر DPPH بشكل مباشر وسريع مع المركبات المضادة للأكسدة، وعندما يتلقى جذر DPPH الحر البروتون من المركبات المضادة الأكسدة يتحول إلى جذر غير فعال ويزول اللون البنفسجي لمحلوله الميثانولي ويصبح أصفر شاحب. تم تحضير المستخلص الكحولي للعينات بوضع 0.5 غ من عينة الثمار في 50 مل ميثانول ثم التثفيل بمثفلة بسرعة 15000 دورة/دقيقة، لمدة 15 دقيقة، ثم تم إضافة الحجم نفسه من محلول DPPH(45 ميكرومول في الميثانول)، وبعد المزج الجيد والانتظار لمدة 30 دقيقة، تم قياس الامتصاص على طول موجة 517 نانومتر. ويعبر عن النشاط الكابح للجذور الحرة بحساب النسبة المئوية لتثبيط الأكسدة Radical Scavenging Activity (RSA) من المعادلة (Wang وزملاؤه، 2005):

$$\text{النسبة المئوية لتثبيط الأكسدة\%} = \frac{\text{امتصاص الشاهد} - \text{امتصاص العينة}}{\text{امتصاص الشاهد}} \times 100$$

RSA%= (Abs control – Abs sample)/Abs control × 100

RSA is the Radical Scavenging Activity; Abs control is the absorbance of DPPH radical + metanol; Abs sample is the absorbance of DPPH radical + plant extract.



الشكل 18. تغيّر صيغة الـ DPPH.

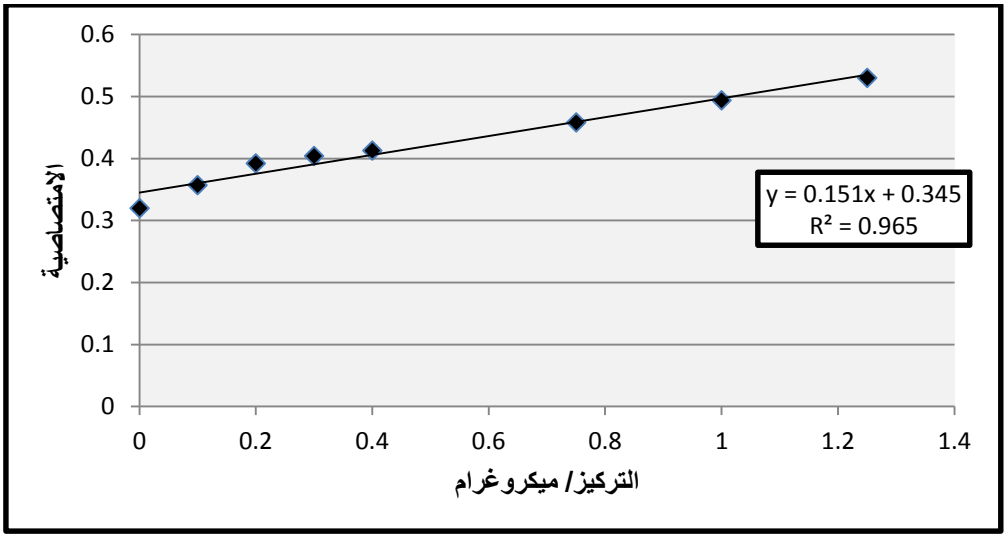
3.7.4.3 تقدير نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة:

يستخدم قياس نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة كمعيار لتقييم مشاركة هذه الأنزيمات في إزالة ROS ومقاومة إجهاد الأكسدة. تمت جميع الاختبارات الأنزيمية عند درجة حرارة 25 درجة مئوية باستخدام جهاز قياس الطيف الضوئي (spectrophotometer) حسب طريقة Murshed وزملاؤه (2008 b).

استخلاص الأنزيمات:

يستخدم قياس نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة كمعيار لتقييم مشاركة هذه الأنزيمات في إزالة ROS ومقاومة إجهاد الأكسدة المحرض بواسطة إجهاد البرودة. تمت جميع الاختبارات الأنزيمية عند درجة حرارة 25 م°وعند حجم تفاعل نهائي 2 مل، واُستخدام جهاز قياس الطيف الضوئي وحسب طريقة Murshed وزملاؤه (2008b).

من أجل استخلاص الأنزيمات المدروسة، أُخذ مسحوق العينات المجمدة (0.5غ) والمطحونة في الآزوت السائل، وتمت مجانسته في 1مل من محلول منظم فوسفاتي بتركيز 50 ميلليمولر و pH 6، والذي يحتوي على 40 ميلليمولر كلوريد البوتاسيوم KCl و2 ميلليمولر كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ و1 ميلليمولر حمض الأسكوربيك AsA. ثم وضعت في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة وبسرعة 15000 دورة/دقيقة وعلى درجة حرارة 4 م°. استخدمت الرشاحة الناتجة لقياس نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة بشكل مباشر، وكذلك لقياس تركيز البروتينات الذي تم بطريقة Bradford (1976)، حيث أخذ 200 ميكرولتر من المستخلص الأنزيمي وأُضيف إليه 1.5 مل من محلول برادفورد (SIGMA, SLBB8733V)، حُرك المزيج ثم تُرك بدرجة حرارة الغرفة لمدة 30 دقيقة ثم قُرأت الامتصاصية على طول موجة 595 نانومتر، وتم حساب تركيز البروتين في المستخلص الأنزيمي من خلال رسم منحنى معياري باستخدام تراكيز معلومة من محلول برادفورد (الشكل 19).



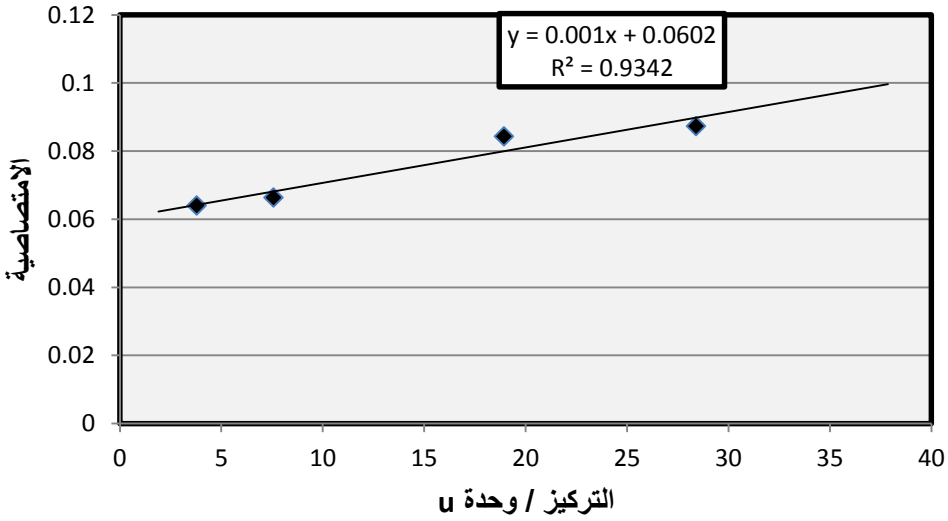
الشكل 19. المنحنى المعياري لمحلول برادفورد.



الشكل 20. جهاز الطرد المركزي.

3.7.4.3.1 تقدير نشاط أنزيم السوبر أوكسيد دزموتاز superoxide dismutase (SOD) (وحدة/مغ بروتين):

قُدر نشاط أنزيم SOD بإضافة 100 ميكرولتر من المستخلص الأنزيمي إلى 1.5مل من محلول التفاعل الحاوي على {محلول منظم فوسفاتي بتركيز 50 ميلليمولر pH 7.8، والميثيونين بتركيز 13 ميلليمولر، ونيتروبلو تيترازوليوم (NBT) بتركيز 75 ميكرومولر، و Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA) بتركيز 0.1 ميلليمولر، والريبوفلافين بتركيز 2 ميكرومولر. بعد التحريك الجيد تم تعريض المزيج إلى الإضاءة الاصطناعية لمدة 5 دقائق، ثم تم قراءة امتصاص العينة للأشعة الضوئية على طول موجة 560 نانومتر بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي، حيث يمنع الـ SOD الموجود في الخلاصة الإرجاع الضوئي الكيميائي للـ NBT إلى أزرق الفورمازان، تم حساب حسب نشاط الـ SOD (بالوحدة U) اعتماداً على المنحنى القياسي الذي رسم باستخدام تراكيز معلومة من SOD التجاري (الشكل 21)، وعرفت الوحدة الواحدة من نشاط SOD على أنها كمية الأنزيم التي تسبب تثبيط ضوئي بنسبة 50% للـ NBT.

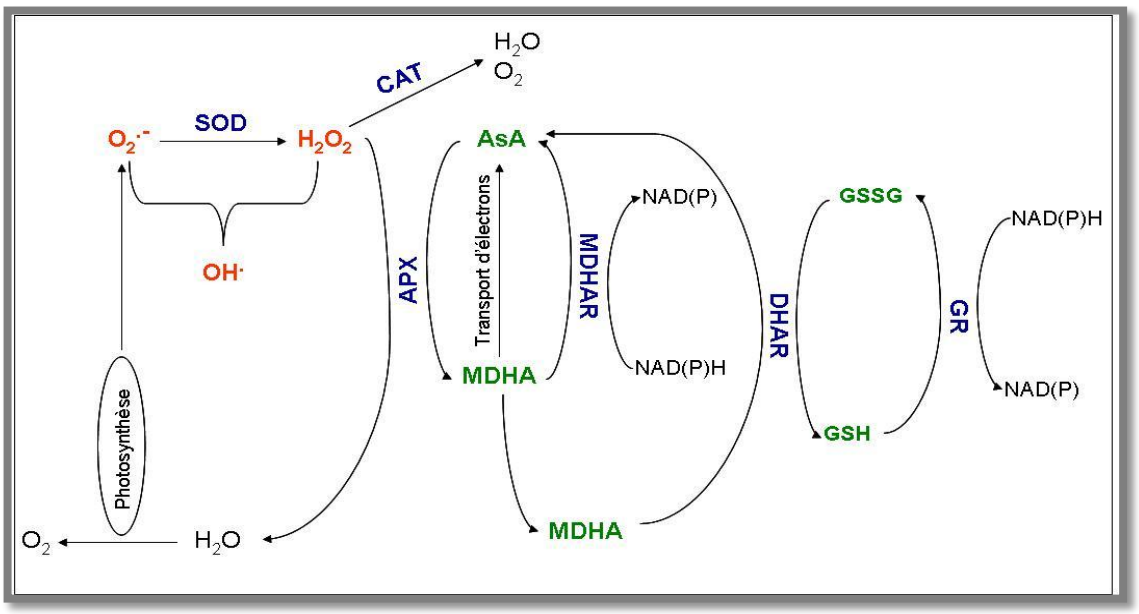


الشكل 21. المنحنى المعياري لأنزيم السوبر أوكسيد ديزموزتاز.

3.7.4.3.2 تقدير نشاط أنزيم الكاتالاز catalase (CAT)(ميليمول/د/مغ بروتين):

قدر نشاط أنزيم الكاتالاز CAT (EC 1.11.1.6) من خلال تقدير تناقص تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بقياس الانخفاض في الامتصاصية لمدة 5 دقائق عند طول موجة ضوئية 240 نانومتر لمحلول التفاعل (1 مل) الحاوي على محلول منظم فوسفاتي بتركيز 50 ميلليمولر،

و pH =7، و15ميلليمولر H_2O_2، و100 ميكرولتر من المستخلص الأنزيمي. وتم حساب نشاط CAT باستخدام معامل التحلل 43.6 مولر/سم.



الشكل 22: **طريقة عمل الأنزيمات المضادة للأكسدة الرئيسية.**

APX: أسكوربات بيروكسيداز، AsA: أسكوربات مرجع، CAT: كاتالاز، DHA: دايهيدروأسكوربات، DHAR: دايهيدروأسكوربات ريدوكتاز، GR: جلوتاثيون ريدوكتاز، GSH: جلوتاثيون مرجع، GSSG: جلوتاثيون مؤكسد، H2O2: بيروكسيد الهيدروجين، MDHA: مونودايهيدروأسكوربات، MDHAR: مونودايهيدروأسكوربات ريدوكتاز،O2.-: أنيون السوبر اكسيداز، OH-: جذر الهيدروكسيل، SOD: سوبر اكسيد ديزموتاز.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

4 النتائج والمناقشة:

المؤشرات البيوكيميائية:

4.1 تأثير معاملات ما بعد القطاف في تغيرات نسبة الأحماض القابلة للمعايرة (TA%):

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات الحموضة القابلة للمعايرة خلال مدة التخزين لكل معاملة على حدا:

تُظهر البيانات الموضحة في الجدول (2) أن معظم المعاملات بما فيها الشاهد قد حافظت على نسب الحموضة القابلة للمعايرة حتى نهاية الأسبوع الرابع من التخزين، تلا ذلك انخفاض تدريجي حتى نهاية مدة التخزين (بعد ثمانية أسابيع). على سبيل المثال احتوت ثمار الشاهد على 0.43% أثناء القطاف ثم انخفضت تدريجياً دون أن تسجل فروق معنوية لتصل بعد شهر من التخزين إلى 0.39%، بينما وصلت إلى 0.33 % عند نهاية التجربة مُسجلة بذلك فرق معنوي مقارنة ببداية التخزين.

ازدادت نسبة الحموضة في ثمار البندورة المعاملة بـ MeJa و1-MCP مع زيادة النضج حيث سجلت 0.43% لكلا المعاملتين أثناء القطاف ثم ارتفعت الحموضة تدريجياً حتى الأسبوع الرابع (0.47 و0.5%، على التوالي)، ثم عادت لتنخفض حتى نهاية مدة التخزين بقيم بلغت (0.48 و 0.34%، على التوالي).

تَميزت الثمار المعاملة بـ V.E. وSNP وCTS بالمحافظة على محتواها من الحموضة القابلة للمعايرة خلال مدة التخزين بنسب تراوحت من 0.43% أثناء القطاف وحتى 0.44 و 0.39 و0.41%، على التوالي عند نهاية الأسبوع الرابع من التخزين. تلا ذلك انخفاض وبفارق معنوي بالمقارنة مع بداية التخزين حيث بلغت نسبة الحموضة (0.38 و0.38 و0.37 %، على التوالي) عند نهاية مدة التخزين.

بالنسبة للثمار المعاملة بـ AVG فقد حافظت على محتواها من الحموضة القابلة للمعايرة حتى نهاية الأسبوع الثاني للتخزين فقط (0.45%) لكنها انخفضت تدريجياً وبشكل معنوي اعتباراً من الأسبوع الرابع (0.37%) حتى نهاية مدة التخزين (0.32%).

ب. تغيرات نسبة الحموضة القابلة للمعايرة بين المعاملات ضمن كل فترة زمنية:

تبين المعطيات الواردة في الجدول (2) تفوق معنوي لثمار البندورة المعاملة بـ 1-MCP في المحافظة على محتواها من الحموضة القابلة للمعايرة أثناء مدة التخزين بالمقارنة مع باقي المعاملات. حيث تفوقت الثمار المعاملة بـ 1-MCP معنوياً بمحتواها من الحموضة عند نهاية **الأسبوع الأول** من التخزين (0.46%) بالمقارنة مع ثمار الشاهد والـ SNP وCTS (0.41% لكل منها، على التوالي).

استمر التفوق المعنوي مع نهاية الشهر الأول (**4 أسابيع**) من التخزين لمحتوى الثمار المعاملة بـ 1-MCP من الحموضة (0.5 %) مقارنة بباقي المعاملات الشاهد وV.E وSNP وCTS وMeJa وAVG (0.39 و0.44 و0.39 و0.41 و0.47 و0.37 %، على التوالي) .

يلاحظ عند **نهاية** مدة التخزين بعد (ثمانية أسابيع) استمرار التفوق المعنوي للمعاملة بـ 1-MCP بنسبة الحموضة (0.48%) مقابل معاملات V.E وSNP وCTS (0.38 و0.38 و0.37 %، على التوالي).

عند **نهاية مدة التخزين** حافظت الثمار المعاملة بـ 1-MCP على أعلى نسبة للحموضة (0.48%) وبتفوق معنوي، تلاها المعاملات SNP وCTS وVE بقم بلغت (0.38 و0.37 و0.38 %، على التوالي)، وارتفعت شدة الانخفاض في الحموضة مع ثمار الشاهد والثمار المعاملة بـ MeJa والثمار المعاملة بـ AVG وبفارق معنوي مقارنة بباقي المعاملات.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات أن الثمار المعاملة بـ 1-MCP حافظت عا محتوى ثمارها من الحموضة، تلاها المعاملة بـ VE وCTS وMeJa، ثم المعاملة بـ SNP وAVG والشاهد.

الثمار المقطوفة بطور التحول:

أ. تغيرات الحموضة القابلة للمعايرة خلال مدة التخزين حسب كل معاملة:

يوضح الجدول (3) قيم نسب الأحماض العضوية القابلة للمعايرة لثمار البندورة المقطوفة بطور التحول والتغيرات التي حصلت عليها خلال مدة التخزين (ثمانية أسابيع)، حيث كان مسار التغيرات لنسبة الحموضة للمعاملات المدروسة متقاربة خلال مراحل التخزين المختلفة. ويُلاحظ أن نسبة الحموضة عند القطاف في طور التحول (0.46%). عموماً نجد انخفاضاً معنوياً واضحاً في نسبة الحموضة مع زيادة مدة التخزين لكافة المعاملات المدروسة.

حافظت الثمار المعاملة بـ **1-MCP** على محتواها من الحموضة حتى نهاية مدة التخزين وتراوحت النسب بين 0.46% في بداية التخزين و0.45% عند نهايته بفارق غير معنوي، وهي بذلك سجلت أقل نسبة لانخفاض الحموضة خلال مدة التخزين.

تشابهت ثمار **الشاهد** والثمار المعاملة بـ **V.E**و **CTS** فبدء الانخفاض التدريجي بنسبة الحموضة بعد أسبوع واحد من بداية التخزين وحتى نهايته، حيث تراوحت نسبة الحموضة من 0.46% عند القطاف وانخفضت لتصل في نهاية التخزين إلى (0.36 و0.35 و0.4%، على التوالي) في ثمار الشاهد والمعاملة بـV.E والمعاملة بـ CTS على التوالي.

تميزت الثمار المعاملة بـ **SNP** و**MeJa** بالمحافظة على محتواها من الحموضة حتى الأسبوع الرابع من التخزين بقيم بلغت (0.45 و0.43 %، على التوالي)، ثم طرأ انخفاض معنوي وتدريجي حتى نهاية مدة التخزين في كلا المعاملتين وسجلت (0.38 و0.34 %، على التوالي).

حافظت الثمار المعاملة بـ **AVG** على محتواها من الأحماض العضوية حتى نهاية الأسبوع الثاني فقط من التخزين المبرد (0.46%) تلا ذلك انخفاض معنوي وتدريجي حتى نهاية مدة التخزين بعد ثمانية أسابيع(0.37%) مقارنة مع بداية التخزين (0.46%).

ب. تغيرات نسبة الحموضة القابلة للمعايرة بين المعاملات ضمن كل فترة زمنية:

بدراسة تغيرات نسب الحموضة القابلة للمعايرة TA % بين المعاملات المدروسة وضمن كل فترة تخزينية من فترات مدة التخزين، يلاحظ أنه مع نهاية **الأسبوع الأول** من التخزين أبدت الثمار المعاملة بـ SNP و 1-MCP وAVG تفوق معنوي بنسب الحموضة (0.46 و 0.48 و 0.45 %، على التوالي) مقارنة بباقي المعاملات (الشاهد وV.E وCTS وMeJa؛ 0.41 و0.38 و0.41 و0.43%، على التوالي).

بعد انقضاء **أربعة أسابيع** من التخزين حافظت الثمار بطور نضج التحول والمعاملة بـ 1-MCP و SNPعلى نسبة الحموضة التي وصلت إلى (0.46 و0.45 %، على التوالي) مع وجود تفوق معنوية مقارنة بباقي المعاملات (جدول 3). سلوك مشابه حققته الثمار المعاملة بـ MeJa وAVG بالمحافظة على قيم مرتفعة للحموضة فسجلت 0.43 % لكل منها، على التوالي، وبفارق معنوي مقارنة بثمار الشاهد والثمار المعاملة بـ VE، حيث ازدادت شدة الانخفاض بالحموضة في ثمار الشاهد وVE وCTS (0.38 و0.36 و0.41 % لكل منها، على التوالي).

مع نهاية مدة التخزين المبرد **(ثمانية أسابيع)** استمرت الثمار المعاملة بـ 1-MCP بتفوقها المعنوي على باقي المعاملات بقيم للحموضة (0.45 %) في حين انخفضت القيم لتصل لمدى يتراوح بين (0.4 و0.34 % لباقي المعاملات).

نجد من مقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ 1-MCP على كافة المعاملات، تلاها المعاملة بـ SNP و AVG، ثم المعاملة بـ CTS و MeJa، وتدنى محتوى ثمار الشاهد والمعاملة بـ VE.

نستنتج مما سبق أن نسبة الأحماض القابلة للمعايرة تراوحت بين 0.43 و0.46% أثناء القطاف لكلا طوري النضج الأخضر والتحول على التوالي، وانسجمت هذه النتيجة مع ما ذكره Getinet وزملاؤه (2008) حيث كانت نسب الحموضة في الصنفين Marglobe و Roma VF أعلى في طور نضج التحول منه في طور النضج الأخضر.

إن تناقص نسبة الأحماض العضوية في الثمار ولكلا طوري النضج ضمن المعاملات المدروسة أثناء التخزين، قد يعود إلى أن جزءاً من الأحماض العضوية الموجودة في الثمرة يدخل في عملية الاستقلاب الغذائي وذلك كمادة تنفسية، لذلك تنخفض نسبتها داخل أنسجة الثمرة مع زيادة مدة تخزينها (Schulz، 2000). وبالتالي هناك فاقد ناتج عن العمليات الحيوية المختلفة في أنسجة الثمار المخزنة مؤدياً إلى استهلاك الكربوهيدرات والأحماض العضوية وغيرها من المدخرات الغذائية (Thompson، 1996).

جاءت نتائجنا متفقة مع ما ذكره Castro وزملاؤه (2005) عن انخفاض نسبة الحموضة الكلية في نهاية مدة التخزين في ثمار البندورة وذلك طرداً مع زيادة النضج لأنها تستهلك أثناء التنفس. **و**أظهرت نتائجنا وجود اختلاف في نسبة الحموضة بين مراحل التخزين المختلفة وتوافق هذا مع ما أشار له Karaçanci وزملاؤه (1999) في أن معايير الجودة من حموضة و TSS وفيتامين C ، بالإضافة لصلابة ثمار البندورة تختلف تبعاً **لمدة التخزين** (يونس وأبو ترابي،2004). وقد أشار Bottcher وزملاؤه (1996) إلى أن شدة الانخفاض في نسبة الأحماض العضوية يمكن اعتبارها مؤشراً على مدى ملائمة ظروف التخزين للنوع المخزن فإذا كانت قليلة كان دليلاً على ملائمة الظروف التخزينية وبالتالي انخفاض تدهور الثمار وهرمها، وهذا ما تُظهره نتائج هذه الدراسة.

بدراسة النتائج الواردة في الجدولين (3،2) نلاحظ تباطؤ سرعة نضج الثمار المعاملة بـ **1-MCP** مما أدى إلى استمرارية ارتفاع نسبة الحموضة فيها من بداية التخزين وحتى الأسبوع الثاني للتخزين، مما يؤكد على أن مادة 1-MCP من المواد الهامة التي تعيق وتؤخر نضج الثمار (Lee، 2005؛ Celso وزملاؤه، 2002). توافقت هذه النتيجة ايضاً مع تجربة أجراها Tavallaliو Moghadam(2015) على ثمار المندرين، وإن الحموض العضوية تعد ركائز لعملية التنفس ويعد حمض الستريك مادة رئيسية للتنفس وتنخفض نسبته بحوالي 50% خلال نضج الثمار. نتائج موافقة وردت في دراسة لـ (Radenkovs وزملاؤه، 2016) على ثمار الخوخ. وعلى الرغم من الانخفاض الذي حصل في نسبة الأحماض القابلة للمعايرة حتى نهاية مدة التخزين في الثمار المعاملة بـ 1-MCP بقيت قيمتها أعلى وبفروقات معنوية مقارنةً مع باقي المعاملات بما فيها الشاهد، وهنا تَظهر قدرة الـ 1-MCP على خفض شدة العمليات الحيوية في الثمار بسبب تأثيرها المباشر في إعاقة إنتاج وفعالية غاز الإيثلين (Younes و Streif، 2005). نتائج مماثلة لنتائجنا أكدها Martino وزملاؤه (2006) و Hoang وزملاؤه(2011) على ثمار المشمش. كما يمكن تفسير ذلك بأن المعاملة تعمل على إعاقة النسيج النباتي على ربط الإثيلين وبالتالي منع تأثيره في عملية التنفس والاستقلاب الأنزيمي التي تنتهي باستهلاك الأحماض ومدخرات الخلية الأخرى (Matthhris وزملاؤه،2003). أيضا توافقت نتائجنا مع ما توصل إليه MacLean وزملاؤه(2007) على ثمار الإجاص. وما أورده Sun وزملاؤه (2012) حول تأثير 1-MCP في الحافظ على نوعية أفضل للثمار أثناء التخزين المبرد. أوضح كريم (2011) نتائج مطابقة لعدة أصناف من البندورة حيث حافظت المعاملة على حموضة الثمار وبتفوق معنوي مقارنة بثمار الشاهد. نتائج موافقة على ثمار البندورة ذكرها Guillen وزملاؤه(2006).

كذلك يُلاحظ من خلال نتائج هذه الدراسة أن المعاملة بالـ **SNP** حافظت على نسبة حموضة أعلى من الشاهد طوال مدة التخزين. ويُعرف غاز أكسيد النيتريك **NO** والمتحرر من انحلال نتروبروسيد الصوديوم SNP بأنه جذر حر نشط يَظهر في المنتجات البستانية كرد فعل دفاعي ضد عوامل الإجهاد والشيخوخة، ويعمل على تأخير مظاهر شيخوخة الثمار وخفض إنتاج الإيثلين وبالتالي التحكم بسرعة النضج والحفاظ على مؤشرات الجودة في العديد من الثمار الكلايمكترية والأزهار والخضار (Yang وزملاؤه، 2010)، وهذه النتائج مماثلة لما توصلنا إليه في الحفاظ على نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في ثمار البندورة ولكلا طوري النضج. وتوافقت نتائجنا مع ما أشار

له Zhu وزملاؤه (2008) على ثمار الكيوي. وحسب Lai وزملاؤه (2011) فإن نسبة الحموضة TA% انخفضت تدريجياً مع تقدم ثمار البندورة بالنضج والمعاملة بأكسيد النيتريك خلال مدة التخزين لكنها بقيت أعلى مما هو عليه في ثمار الشاهد وبفارق معنوي. كما أوضح Lai أن لأكسيد النيتريك تأثير خاص في تثبيط التصنيع الحيوي للإيثلين في العديد من الثمار كما يؤدي لتغيرات فيزيولوجية مرتبطة بعملية نضج الثمار الأمر الذي يسبب بطء في عمليات النضج والمحافظة على جودة ثمار البندورة المخزنة. وتوافقت نتائجنا أيضاً مع دراسة لـ Saadatian وزملاؤه (2012) عند تغطيس ثمار الكيوي بأكسيد النيتريك NO، ومع كل من (Zhu وزملاؤه، 2006؛ Duan وزملاؤه، 2007).

حافظت المعاملة بـ **MeJA** على محتوى ثمار البندورة من الحموضة ولكلا طوري النضج لمدة تخزينية لم تتجاوز الأربعة أسابيع، وكانت شدة التدهور في الحموضة عند نهاية التخزين مرتفعة. أشار Gonza´lez-Aguilar ´وزملاؤه (2006) إلى أن المعاملة بالميثيل جاسمونات أدت لظهور أليات دفاعية في الثمار كرد فعل على ظروف الإجهاد المختلفة. وقد خفضت من جهة أخرى أضرار البرودة أثناء التخزين للعديد من الحاصلات البستانية، كما ذكر Gonza´lez-Aguilar أنه يمكن للميثيل جاسمونات أن يحسن من اصطناع الإثيلين ويسرع عمليات النضج مما ينعكس على انخفاض جودة الثمار في المراحل المتقدمة من النضج ويستهلك مخزونها من الأحماض وغيرها، وهذا ما قد يفسر ارتفاع شدة الانخفاض في الحموضة القابلة للمعايرة في ثمار البندورة عند نهاية مدة التخزين.

أوضح Baltazar وزملاؤه (2007) عند دراسة الصفات الفيزيائية والبيوكيميائية لثمار البندورة Charleston بطورين من النضج والمعاملة بالميثيل جاسمونات أثناء التخزين، أن للمعاملة بالميثيل تأثير قليل في عمليات نضج الثمار وخاصة البندورة المخزنة عند 10درجة مئوية. ومن الجدير ذكره أن درجات حرارة التخزين المستخدمة في هذه الدراسة هي 13 درجة مئوية للطور الأخضر و8 درجة مئوية لطور نضج التحول، وقد يعود الدور المحدود للميثيل جاسمونات في الحفاظ على جودة الثمار ومحتواها من الأحماض العضوية لفترة أطول من التخزين أو حتى المراحل المتقدمة من النضج في أن هذه المادة تكون فعالة في درجات حرارة أقل من المستخدمة في هذه الدراسة. وتطابقت نتائجنا مع أكده Ding وزملاؤه (2001) بأن استجابة ثمار البندورة للمعاملة بالميثيل جاسمونات ترتبط بطور النضج وتركيز المادة الفاعلة كما أن تأثيره قليل على

عمليات النضج وخاصة بعد حدوث ذروة التنفس الكلايمكترية. ولا بد من التنويه إلى أن الاختلاف في تأثير المعاملة بـ NO على ثمار البندورة تعود لاختلاف الأصناف أو حسب طريقة المعاملة بأكسيد النيتريك (غازي أو محلول مائي) (Eum وزملاؤه، 2009).

أثرت المعاملة بالشيتوزان **CTS** إيجاباً في الحفاظ على جودة ثمار البندورة ولكلا طوري النضج المدروسة. إن تغطيس الثمار بمادة الشيتوزان والطبقة الرقيقة (film) المتشكلة نتيجة لذلك توفر مناخ معدلModified atmosphere يعمل على الحد من الفقد المائي والتبادل الغازي والخفض من الفقد بالقيمة الغذائية بالإضافة لإعاقة نمو الأحياء المجهرية (El Ghaouth وزملاؤه ،1991). وبالتالي يعتبر ذو قدرة عالية على تحسين معايير جودة الثمار ومنها نسبة الاحماض القابلة للمعايرة (Jiang و Li، 2001). ذكر El Ghaouth أيضاً نتائج مطابقة أيضاً وأكد أن المعاملة بالشيتوزان أدت للمحافظة على الحموضة TA%، حيث أنها خفضت من معدل التنفس وإنتاج الإيثلين وخاصة مع التركيز 2 % وذلك بالمقارنة مع ثمار الشاهد غير المعامل. كذلك توافقت نتائجنا مع Ghasemnezhad وزملاؤه(2011) على ثمار البشملة، و Liu وزملاؤه (2007) على ثمار البندورة.

أما بالنسبة للمعاملة **بفيتامين E** فلم يظهر لها تأثيراً قوياً في الحفاظ على حموضة الثمار ولكلا طوري النضج المدروسة، توصل Krieg وزملاؤه (1998) على نتائج مماثلة عند معاملة ثمار التفاح.

أبدت المعاملة بـ **AVG** قدرة في الحفاظ على محتوى ثمار البندورة في طور النضج الأخضر للأسبوع الأول فقط، في حين حافظت على نسبة الحموضة % في طور نضج التحول لمدة شهر من التخزين. وذلك لتأثيرها في إعاقة إنتاج الإثيلين وخاصة في المراحل الأولى من تشكله (Paliyath و Murr ،2008) نتائج متوافقة أشار لها (Tiwari و Paliyath، 2011؛ Jobling وزملاؤه، 2003) على ثمار التفاح والخوخ والنكتارين والدراق والكمثرى والبندورة.

الجدول 2. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الحموضة القابلة للمعايرة (TA %) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين/ أســـــبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8				
	control	0.43 **a**		B	0.41 **ab**	DE	0.40 **ab**	CD	0.39 **ab**	CD	0.38 **b**	C	0.33 **c**	C	0.39	0.03
	VE	0.43 **b**		AB	0.43 **ab**	CD	0.43 **ab**	B	0.44 **a**	CD	0.38 **c**	B	0.38 **c**	B	0.42	0.02
	SNP	0.43 **a**		B	0.41 **ab**	E	0.39 **ab**	CD	0.39 **ab**	CD	0.38 **b**	B	0.38 **b**	C	0.40	0.04
	CTS	0.43 **a**		B	0.41 **a**	DE	0.41 **a**	C	0.41 **a**	B	0.41 **a**	B	0.37 **b**	B	0.41	0.03
	MeJa	0.43 **b**		AB	0.43 **b**	AB	0.47 **a**	B	0.47 **a**	BC	0.40 **b**	C	0.34 **c**	B	0.42	0.03
	1-MCP	0.43 **c**		A	0.46 **b**	A	0.49 **a**	A	0.50 **a**	A	0.49 **a**	A	0.48 **ab**	A	0.48	0.03
	AVG	0.43 **a**		AB	0.43 **a**	BC	0.45 **a**	D	0.37 **b**	D	0.36 **b**	C	0.32 **c**	C	0.39	0.04
	L.S.D 0.05	0.03												L.S.D 0.05 =0.01		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 3. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الحموضة القابلة للمعايرة (TA %) للثمار المخزنة بطور التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين/ أسبوع										متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8		
	control	0.46 a		0.41 b	B	0.41 b	BC	0.38 bc	C	0.37 c	C	0.36 c	CDE	DE 0.40	0.04
	VE	0.46 a		0.38 b	C	0.38 b	C	0.36 b	C	0.36 b	C	0.35 b	DE	E 0.38	0.04
	SNP	0.46 a		0.46 a	A	0.46 a	A	0.45 a	B	0.41 b	B	0.38 c	BC	B 0.44	0.03
	CTS	0.46 a		0.41 b	BC	0.41 b	BC	0.41 b	BC	0.41 b	B	0.4 b	B	C 0.42	0.02
	MeJa	0.46 a		0.43 a	B	0.43 a	AB	0.43 a	AB	0.39 b	BC	0.34 c	E	CD 0.41	0.03
	1-MCP	0.46 a		0.48 a	A	0.46 a	A	0.46 a	A	0.46 a	A	0.45 a	A	A 0.46	0.04
	AVG	0.46 a		0.46 a	A	0.46 a	A	0.43 b	AB	0.41 c	B	0.37 d	CD	B 0.43	0.02
	L.S.D 0.05			0.03		0.03		0.04		0.03		0.03		L.S.D 0.05= 0.02	-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

4.2 تأثير معاملات ما بعد القطاف في المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS %:

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية للمعاملات خلال مدة التخزين:

تم عرض التغيرات التي حصلت في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS%) لثمار البندورة المقطوفة بطور النضج الأخضر في الجدول رقم (4) سجلت نسبة الـ TSS عند بداية التخزين 4.26% ثم ارتفعت النسبة خلال الأسابيع الأولى من التخزين، ثم طرأ عليها انخفاضاً تدريجياً حتى نهاية مدة التخزين وبفروقات معنوية بين فترات التخزين المختلفة، حيث وصلت ثمار **الشاهد** والثمار المعاملة بـ **AVG** إلى أعلى محتوى من الـ TSS مع نهاية الأسبوع الأول وبلغت (4.41 و4.79 %، على التوالي) وكانت الفروق بينها معنوية. تلا ذلك تراجع في القيم حتى نهاية مدة التخزين (3.72 و4.03 %، على التوالي) وبتفوق معنوي لـAVG .

حافظت ثمار كل من معاملة **VE**و **SNP** و**CTS** و**MeJa** مع نهاية الأسبوع الثاني على تركيز مرتفع من المواد الصلبة الذائبة الكلية وبلغت قيم الـ TSS ذروتها (4.65 و4.51 و4.54 و4.51 %، على التوالي)، تلا ذلك انخفاض معنوي وتدريجي بدأً من الأسبوع الرابع وحتى نهاية مدة التخزين، حيث لوحظ انخفاض في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فوصلت إلى (3.96 و3.78 و4.37 و4.01 %، على التوالي)، وعلى الرغم من الانخفاض فقد بقيت متفوقة معنوياً على معاملة الشاهد.

ولعل أهم التغيرات التي حصلت بقيم TSS كانت في الثمار المعاملة بـ **1-MCP**، حيث استمر محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS بالارتفاع بشكل تدريجي مع زيادة مدة التخزين ليصل إلى أعلى نسبة له بعد مضي أربعة أسابيع (4.48 %)، وكان الانخفاض قليلاً في نهاية مدة التخزين (4.07%). ومن خلال النتائج السابقة يُمكن ملاحظة أن المعاملة بـ AVG استطاعت الحفاظ على محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية حتى نهاية الأسبوع الأول فقط. في حين أظهرت المعاملات الأخرى مثل VEو SNP و CTS و MeJa انخفاضاً محدوداً أثناء مراحل التخزين المدروسة وهذا دليل على بطء الفعاليات الحيوية ضمن هذه الثمار. وكانت المعاملة الأكثر فعالية في المحافظة على نسبة TSS هي معاملة الـ1-MCP.

ب. تغيرات نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بين المعاملات خلال كل فترة تخزينية:

لوحظ **بعد أسبوع** من التخزين استقرار نسبة TSS في ثمار معظم المعاملات (VE وSNP وCTS وMeJa) ولم يكن هناك فروقات معنوية (جدول4)، باستثناء الثمار المعاملة بـ AVG والتي تفوقت معنوياً على كافة المعاملات بمحتواها من الـ TSS (4.79%)، بينما كانت أقل الثمار محتواً من TSS هي المعاملة بمادة 1-MCP (4.26%).

أما **بعد أسبوعين** من التخزين فقد تفوقت معنوياً الثمار المعاملة بـ VE بمحتواها من TSS (4.65%) على باقي المعاملات، تلاها المعاملات AVG وCTS وSNP وMeJa (4.52 و4.54 و4.51 و4.51%، على التوالي)، وتفوقت المعاملات السابقة الذكر على ثمار الشاهد معنوياً. جاءت الثمار المعاملة بـ 1-MCP بأقل نسبة من المواد الصلبة الذائبة الكلية (4.38%) بفارق معنوي مقارنة بباقي المعاملات.

بعد مضي **أربع أسابيع** من التخزين كانت الثمار المعاملة بـ MCP ذات قيم مرتفعة معنوياً من TSS (4.48%) مقارنة بباقي المعاملات. أظهرت معاملات VEوCTS وMeJa وSNP انخفاضاً طفيفاً (4.55 و4.39% و4.27 و4.23%، على التوالي). لكنها تميزت بمحتوى أعلى من ثمار الشاهد والتي انخفضت قيمها إلى 4.01%.

مع **نهاية مدة التخزين** تميزت الثمار المعاملة بـ CTS بتفوقها المعنوي (4.37%) بالمقارنة مع المعاملات كافة، أما المعاملات MeJa وMCP وAVG فلم يُلاحظ فروق معنوية بينها وبلغت القيم (4.01 و4.07 و4.03%، على التوالي). في الوقت نفسه سجلت المعاملة بـVE وSNP (3.96 و3.87%، على التوالي) فروقاً معنوية مع جميع المعاملات عداMeJa (4.01%) وAVG (4.03%)، كما كانت ثمار الشاهد الأكثر انخفاضاً (3.72%) وبفارق معنوي مقارنة بالمعاملات كافة.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق الثمار المعاملة بـ CTS معنوياً بمحتوى ثمارها من TSS على جميع المعاملات عدا المعاملة بـ VE.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية خلال مدة التخزين:

تشير النتائج الواردة في الجدول (5) إلى تغيرات نسبة TSS للثمار المخزنة بطور نضج التحول خلال مدة التخزين، حيث أظهرت النتائج انخفاضاً تدريجياً ومعنوياً بقيم TSS من بداية

التخزين وحتى نهايته في كافة المعاملات. انخفض محتوى ثمار الشاهد إلى (3.74%) عند نهاية مدة التخزين بعد أن كان (4.44%) في الأسبوع الأول.

لم يلاحظ فروق معنوية في الثمار المعاملة بـ 1-MCP بدءاً من الأسبوع الأول (4.43%) وحتى نهاية مدة التخزين (4.29%)، وفي الوقت نفسه حققت هذه المعاملة أعلى نسبة من TSS متفوقة على باقي المعاملات.

بدء الانخفاض المعنوي لـ TSS% للمعاملة بـ VE مع نهاية الأسبوع السادس (4.02%) بينما وصلت إلى (3.96%) عند نهاية مدة التخزين.

انخفض محتوى الثمار للمعاملة بـ CTS وMeJa وAVG تدريجياً خلال مدة التخزين مع وجود فروقات معنوية بين بداية ونهاية التخزين والذي بلغت القيم عنده (4.31% و3.4% و4.09%، على التوالي).

ب. تغيرات نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بين المعاملات خلال كل فترة تخزينية:

من البيانات الواردة في الجدول (5) والدالة على تغيرات المحتوى من الـ TSS% لثمار البندورة المقطوفة بطور نضج التحول أثناء التخزين المبرد، لوحظ عند نهاية **الأسبوع الأول** تفوق بعض المعاملات معنوياً، فعلى سبيل المثال، تفوقت المعاملة AVG (4.7%) وSNP (4.72%) معنوياً على جميع المعاملات عدا المعاملة بـ VE (4.63%) وCTS (4.58%)، بينما لم تظهر فروقات معنوية بين معاملات الشاهد و1-MCP وMeJa من حيث محتوى ثمارها من TSS (4.44 و4.43 و4.28%، على التوالي).

لوحظ بعد مضي **أسبوعين من التخزين** المبرد استمرار التفوق المعنوي لمعاملتي الـ AVG وVE. ظهر أيضاً تأثير إيجابي للمعاملة بـ CTS في الحفاظ على نسبة أعلى من TSS (4.49%) وبفارق معنوي مقارنةً بمعظم المعاملات بما فيها الشاهد والذي تدنت فيه القيم إلى (4.26%).

أظهرت النتائج بعد **4 أسابيع** من التخزين أن نسبة TSS للمعاملة VE بلغت (4.58%) مسجلت فروق معنوية مع معظم المعاملات عدا SNP (4.4%) وCTS (4.42%) وAVG (4.41%). بينما لم تُظهر المعاملات SNP وCTS وMeJa و1-MCP وAVG أية فروق معنوية بينها من حيث المحتوى من الـ TSS (جدول 5). وكانت ثمار الشاهد الأقل محتوى من TSS (3.83%) وبفروق معنوية مع جميع المعاملات.

عند **نهاية مدة التخزين** لوحظ أن الثمار المعاملة بـ CTS و1-MCP حافظت على أفضل القيم (4.31 و4.29%، على التوالي) مُسجلة بذلك تفوقاً معنوياً على جميع المعاملات المتبقية. في نفس الوقت لم تظهر فروق معنوية بين باقي المعاملات، باستثناء الانخفاض المعنوي لمحتوى ثمار الشاهد من TSS (3.74%).

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ CTS وAVG على باقي المعاملات، تلتها المعاملة بـ VE وSNP، ثم المعاملة بـ 1-MCP وMeJa، وتدنت القيم في الشاهد.

يُلاحظ من النتائج السابقة أن محتوى الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر من TSS أقل معنوياً من محتوى الثمار المقطوفة بطور التحول وأكد ذلك Guill´en وزملاؤه (2006) عند مقارنة محتوى عدة أصناف من البندورة من TSS، حيث تراوحت قيم (Brix◦) TSS بين [4.3إلى7.5] للطور الأخضر و[من 4.5 إلى 7.5] لطور نضج التحول. كما تُبين النتائج ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) في الثمار المخزنة بطور النضج الأخضر مع التقدم بالنضج ومن ثم عادت وانخفضت عند نهاية مدة التخزين وهذا يتوافق مع ما توصل إليه Zhu وزملاؤه (2015) وَGetinet (2008) وَGiovanelli وزملاؤه (1999)، وقد يعود ذلك إلى أن الثمار التي تم قطافها بطور النضج الأخضر والتي أنهت مرحلة اكتمال النمو بدأت بمرحلة النضج واستكمال التكوين الداخلي للثمرة من طعم ولون وتركيب كيميائي خلال التخزين. لذلك مع التقدم في النضج يلاحظ ارتفاع محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة، ويتوافق ذلك مع ما أكدته مجموعة من الدراسات بأن محتوى ثمار البندورة من المواد الصلبة الذائبة الكلية يزداد أثناء الفترة الأولى من التخزين (Akbudak وزملاؤه، 2006؛ MacDonald وزملاؤه، 1999). أما انخفاض نسبة المواد الصلبة الذائبة (TSS) في نهاية مدة التخزين فقد توافقت نتائج هذه الدراسة مع ما أشار إليه Znidarcic وPozrl (2006)، وكذلك مع ما أورده Schulz (2000) من أن محتوى الثمار من TSS يرتفع أثناء ارتفاع مسار تنفس النضج Climacteric وذلك بفعل التحلل المائي للنشاء ثم ينخفض تدريجياً بعد تخطي مرحلة النضج الاستهلاكي بسبب أكسدة المواد الكربوهيدراتية والأحماض العضوية بالتنفس مع استقرارها في مراحل متقدمة كنتيجة للتوازن بين استهلاك السكريات البسيطة وتحلل الكربوهيدرات المعقدة الأخرى.

إن المعاملة بـ **1-MCP** أخرت من فقدان المواد الصلبة الذائبة الكلية وحققت تفوقاً معنوياً مقارنة بثمار الشاهد وخاصة في نهاية مدة التخزين، وتوافقت نتائجنا مع نتائج Bai وزملاؤه (2005)

ووسوف(2009) على ثمار التفاح. كما توافقت مع نتائجنا مع ما توصل إليه Martinez-Romero وزملاؤه(2003) على ثمار الأجاص حيث كان محتوى الثمار المعاملة أعلى من ثمار الشاهد. نتائج مشابه أكدها Radenkovs وزملاؤه(2016) و Lee (2005) و Celso وزملاؤه(2002) و Fan وزملاؤه (2000)، حيث إن استجابة الثمار غير الناضجة لمركب 1-MCP تكون أكبر من استجابة الثمار الناضجة، مما يشير إلى أهمية تطبيق مادة 1-MCP قبل بدء تنفس النضج. ولم يظهر تأثير واضح للمعاملة بـ الـ 1-MCP في مؤشرات النضج للثمار مثل نسبة TSS في الثمار بطور نضج التحول إلا بعد مضي شهر على التخزين، وتوافق ذلك مع ما أشار له كريم(2011) و Watkins وزملاؤه(2000). سُجلت نتائج مماثلة عند ثمار المانغو والخوخ والمشمش والتفاح والتمر (Hofman وزملاؤه،2001؛Dong وزملاؤه،2002). وبالتالي فإن السيطرة على عمل الإثيلين وبمرحلة النضج المناسبة يعد أمر هام للمحافظة على جودة الثمار (Fluhr و Mattoo، 1996).

توافقت نتائج هذه الدراسة حول أثر معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر وطور نضج التحول بمادة **AVG** مع ما أكدته العديد من الدراسات التي تشير إلى قدرة AVG على إعاقة إنتاج الاثيلين وخاصة في المراحل الأولى من تشكله. توصل Paliyath و Murr (2008) لنتائج مطابقة حيث أدت معاملة الثمار بمادة AVG إلى تأخير أو إعاقة تشكل الإثيلين وهذا بدوره خفض من تحطم النشاء وتراكم السكريات القابلة للذوبان وذلك في الأسابيع الأولى من التخزين. أيضاً توافقت نتائجنا مع ما أثبتته الدراسات حول فعالية المعاملة بـ AVG في إطالة العمر التسويقي للثمار والحفاظ على مؤشرات الجودة ومنها محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية في العديد من ثمار الفاكهة والخضار مثل التفاح والخوخ والنكتارين والدراق والكمثرى والبندورة (Tiwari و Paliyath، 2011؛ Jobling وزملاؤه، 2003). يستخدم الـ AVG كمثبط لإنتاج الإيثلين الحيوي وله دور في تحديد تأثير الإيثلين في نمو الثمار وتطورها واستجابتها لإجهاد البرودة الذي تتعرض له الثمار أثناء التخزين (Fadhil و Al-Bamarny ، 2010؛Wang و Dilley ،2001؛ Abeles وزملاؤه، 1992)، وله أيضاً دور في السيطرة على الأمراض الفطرية (Robison وزملاؤه، 2001). وقد ساهمت معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر بتراكيز مختلفة 1 و3 و10 مل من AVG في خفض كبير في نسبة الإيثلين المنتجة بنسبة (57 %، 73 %، و89 %، على التوالي) (Mikal و Saltveit، 2004). وتوافقت نتائجنا أيضاً مع ما وجده Fadhil

و Al–Bamarny (2010) على ثمار التفاح، حيث أظهرت النتائج محافظة الثمار المعاملة على نسبة TSS كذلك خفضت المعاملة من معدل التنفس حتى 6 أشهر من التخزين المبرد. ومع نتائج Tavallaliو Moghadam (2015) على ثمار المندرين حيث أدت المعاملة بـ AVG منفرداً، و AVG مع 1–MCP معاً في الحفاظ على نسبة أعلى من المواد الصلبة الذائبة بالمقارنة مع ثمار الشاهد. كما توافقت نتائج هذه الدراسة مع Argiriou و Nanos (2010) حول معاملة ثمار الخوخ والنكتارين بمادة AVG تركيز 0.1% ثم تخزينها عند درجة حرارة 2 درجة مئوية ورطوبة نسبية 90–95%، فكانت الثمار المعاملة أكثر صلابة وزادت نسبة الحموضة% ومحتوى المواد الصلبة الذائبة% مقارنة بالشاهد، لكن اختفت هذه الآثار بعد الأسبوع الأول من التخزين البارد مما أدى إلى معايير جودة مماثلة لثمار الشاهد مع بداية الأسبوع الثاني للتخزين، وهذه النتيجة مطابقة لما توصلنا إليه. وهناك نتائج إضافية تدعم ما توصلنا له، فقد أشار Palou و Crisosto (2003) عند معاملة ثمار المشمش صنف Patterson بمحلول AVG تركيز 50 ppm، أن هذه المعاملة دوراً في المحافظة على جودة الثمار خلال الأسبوع الأول من المعاملة حيث أدت لانخفاض إنتاج الإثيلين وبالتالي التأثير في معدل النضج.

كان للمعاملة **SNP** وعند كل من طوري النضج تأثير معنوي في الحفاظ على محتوى الثمار المعاملة من المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS بالمقارنة مع ثمار الشاهد. جاءت هذه النتيجة متوافقة مع نتائج Lai وزملاؤه (2011) و Duan وزملاؤه (2007) بأن المعاملة بالتغطيس بمحلول مائي من SNP حافظت على مستوى عالي منTSS مقارنة بالثمار غير المعاملة. وربما يعود دور SNP في إعاقة إنتاج الاثيلين إلى الحد الذي يسمح بالمحافظة على نسب أعلى من المواد الصلبة الذائبة الأمر الذي ينعكس إيجابياً على جودة الثمار. لوحظ وجود نتائج مطابقة توصل إليها Saadatian وزملاؤه(2012) على ثمار الكيوي، وَYang وزملاؤه (2010) على ثمار البندورة، وَSozzi وزملاؤه (2003) على ثمار الفليفلة، و Wills وزملاؤه (2000) على ثمار الفريز.

أدت المعاملة بالميثيل جاسمونات **MeJa** إلى الحفاظ نسبة الـ TSS في كلا طوري النضج وخاصة الطور الأخضر، وكانت الفروق غير معنوية بالمقارنة مع الشاهد حتى نهاية الأسبوع الثاني عند تخزين الثمار بطور التحول. توافقت نتائجنا مع Baltazar وزملاؤه(2007) عند دراسة

الصفات الفيزيائية والبيوكيميائية لثمار البندورة صنف Charleston والمعاملة بـ MeJa، حيث حافظت المعاملة على محتوى الثمار من TSS. كما توصل Meng وزملاؤه(2009) أيضاً إلى نتيجة مماثلة في ثمار الدراق أثناء التخزين المُبرد، فحسنت المعاملة النسبة بين TSS/TA مما أدى إلى إعاقة الخسارة بنسبة TSS في الثمار. كما توافقت هذه النتيجة مع Gonza´lez–Aguilar ´وزملاؤه (2006) على ثمار التفاح، وثمار الجوافة (*Psidium guajava*) (Gonzalez–Aguilar وزملاؤه، 2004)، وثمار المانغو (Gonzalez–Aguilar وزملاؤه، 2001) أثناء التخزين المبرد وحدّت المعاملة من الإصابة بأضرار البرودة. وربما يعود تأثير MeJaفي العمليات الحيوية المترافقة مع التقدم بالنضج إلى ما أوضحه Gonza´lez-Aguilar ´وزملاؤه حول دوره في ظهور أليات دفاعية في الثمار كرد فعل على ظروف الاجهاد المختلفة اللاحيوية ومنها التخزين المُبرد. نتائج متوافقة ذكرها Fung وزملاؤه (2004) على ثمار الفليفلة (*Capsicum annuum L.*). من جهة أخرى قد يعود تأثير الميثيل جاسمونات في الحفاظ على مؤشرات جودة الثمار إلى أثره في نشاط أنزيم 1–aminocyclopropane–1–carboxylate oxidase(ACO) والذي بدوره يشارك في التحكم بإنتاج الإثيلين، وهذا ما أثبته Yu وزملاؤه(2011) عند معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر، وبالتالي فإن المعاملة بـ MeJa قد خفضت من إنتاج الإثيلين. نتيجة مماثلة بينتها دراسة لـ Zhang وزملاؤه (2012) على ثمار البندورة الكرزية صنف (Messina).

أشار Ding وزملاؤه (2001) إلى أن استجابة ثمار البندورة للمعاملة بالميثيل جاسمونات ترتبط بطور النضج وتركيز المادة الفعالة. وذكر Sayyari وزملاؤه(2011) أنه لم تظهر فروق معنوية في نسبة TSS ونسبة TA بين ثمار الرمان (*Punica granatum L*) المعاملة بـ MeJa وثمار الشاهد، وهذا ما توافق مع النتائج التي توصلنا إليها عند كل من طور النضج الأخضر وطور نضج التحول.

حافظت معاملة ثمار البندورة بالشيتوزان **CTS** وعند كلا طوري النضج الأخضر وطور نضج التحول على تركيز مرتفع من المواد الصلبة الذائبة وذلك خلال مدة تخزينية امتدت لثمانية أسابيع، ويُلاحظ تفوق هذه المعاملة على معاملة الشاهد وعلى معظم المعاملات الأخرى عند نهاية التخزين. إن عدم انخفاض نسبة الـ TSS أثناء التخزين دليل على بطء الفعاليات الحيوية ضمن

الثمار لأن نسبة السكريات عادة ما تنخفض أثناء التخزين بسبب استهلاكها في عملية التنفس (Osterloh، 1980). وقد يعود الدور الإيجابي للمعاملة بالشيتوزان إلى عدة أسباب منها قدرته على إثارة ردود فعل دفاعية بيوكيميائية في ثمار البندورة تعمل على حماية محتوى الثمار من التدهور السريع، وهذا ما أكده Muñoz وزملاؤه (2008) و Liu وزملاؤه (2007). كما أن الطبقة الرقيقة من المواد الكيتينية التي تحيط بالثمار نتيجة معاملتها بالشيتوزان تعمل على توفير مناخ معدلModified atmosphere شبه نفوذ للجو الداخلي المحيط بالثمار، مما يؤدي إلى بطء في معدل سرعة النضج وانخفاض في تغيرات محتوى الثمار من الحموضة والمواد الصلبة الذائبة الكلية (El Ghaouth وزملاؤه،1991؛ Jiang و Li، 2001). وهذا ما تم التوصل إليه في هذه الدراسة من خلال معاملة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر وطور التحول بالشيتوزان. من جهة أخرى ربما يعود تأثير CTS إلى خفض معدل التنفس وإنتاج الإيثلين وخاصة مع التركيز 2 % حيث بينت الدراسة أن التغطيس CTS أدى إلى زيادة مستوى أكسيد الكربون الداخلي وخفض من مستويات O_2 الداخلي (El Ghaouth وزملاؤه، 1992). هناك نتيجة مماثلة تم الإشارة لها على ثمار البشمله (Ghasemnezhad وزملاؤه،2011) حيث أدت المعاملة إلى إعاقة نضج الثمار أثناء التخزين المبرد بالمقارنة مع الشاهد، كما ازدادت نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS). أيضاً تطابقت نتائجنا مع نتائج دراسات أخرى على ثمار الجوجوبا (Quipping و Wenshul، 2007) وثمار التفاح والاجاص (Davis وزملاؤه ،1989).

تبعاً للنتائج الواردة في الجدول (4، 5) فقد استطاعت المعاملة **بفيتامين E** أن تحافظ على مستوى أعلى من المواد الصلبة الذائبة في ثمار البندورة وعند كل من طوري النضج المدروسين خلال مدة تخزين لا تقل عن أربعة أسابيع من التخزين المُبرد. وقد تُفسر هذه الفعالية بما يملُكه فيتامين E من خواص مضادة للأكسدة وبالتالي تأخير شيخوخة الثمار والحفاظ على جودتها ومكوناتها.

توافقت نتائج هذه الدراسة على ثمار البندورة مع نتائج عبيد (2004) على ثمار التفاح، والذي أكد على الدور الهام للتوكوفيرول والذي يعمل على الحفاظ على جودة الثمار، حيث دلت نتائجه على انخفاض نسبة الفقد في وزن الثمار خلال التخزين وزيادة صلابتها وعدم ظهور اضطرابات فيزيولوجية كبيرة مقارنة مع الشاهد. وتبين العديد من الأبحاث والتجارب تأثير المعاملة بمحلول α– توكوفيرول في زيادة القدرة التخزينية للثمار من خلال تأخير النضج أثناء التخزين،

حيث يقوم هذا الفيتامين المنحل بالدهون بدور هام كمضاد أكسدة يحد من عمليات الأكسدة المختلفة التي تحدث خلال التخزين وتؤدي إلى هرم الثمار وزيادة نضجها إضافة إلى دور هذا الفيتامين في خفض نفاذية الأغشية الخلوية والحفاظ على صلابة ونوعية جيدة للثمار (Lafer، 2003؛ Fryer، 1992).



الشكل 23. جهاز الرفراكتوميتر

الجدول 4. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS%) للثمار بطور النضج الأخضر والمخزنة عند درجة حرارة (13 و 8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور النضج الأخضر	المعاملات	مـدة الـتخزين/ أســـــبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8				
	control	4.26 **b**		CB	4.41 **a**	D	4.23 **b**	E	4.01 **c**	D	3.84 **d**	E	3.72 **d**	E	4.08	0.12
	VE	4.26 **c**		B	4.51 **ab**	A	4.65 **a**	AB	4.42 **b**	B	4.22 **c**	CD	3.96 **d**	AB	4.40	0.15
	SNP	4.26 **b**		B	4.47 **a**	B	4.51 **a**	DC	4.23 **b**	C	4.08 **b**	D	3.87 **c**	D	4.24	0.16
	CTS	4.26 **c**		B	4.52 **ab**	AB	4.54 **a**	ABC	4.39 **bc**	A	4.38 **bc**	A	4.37 **c**	A	4.41	0.15
	MeJa	4.26 **b**		BC	4.42 **a**	B	4.51 **a**	BCD	4.27 **b**	BC	4.21 **b**	BC	4.01 **c**	CD	4.28	0.14
	1-MCP	4.26 **c**		C	4.26 **c**	C	4.38 **b**	A	4.48 **a**	CB	4.10 **d**	B	4.07 **d**	D	4.26	0.08
	AVG	4.26 **b**		A	4.79 **a**	B	4.52 **b**	D	4.18 **c**	BC	4.18 **c**	BC	4.03 **d**	BC	4.33	0.13
	L.S.D 0.05	0.16				0.13		0.21		0.14		0.09		**L.S.D 0.05**= 0.06		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

جدول 5. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS%) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول Turning	المعاملات	مـدة الـتخزين/ أســـــبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8				
Turning	control	4.72 **a**		BCD	4.44 b	E	4.26 b	C	3.83 c	D	3.81 c	C	3.74 c	D	4.14	0.20
	VE	4.72 **a**		AB	4.63 a	AB	4.61 a	A	4.58 a	C	4.02 b	B	3.96 b	B	4.42	0.27
	SNP	4.72 **a**		A	4.72 a	CD	4.40 b	AB	4.40 b	C	4.08 c	B	4.07 c	BC	4.40	0.16
	CTS	4.72 **a**		ABC	4.58 ab	BC	4.49 bc	AB	4.42 bc	AB	4.32 c	A	4.31 c	AB	4.47	0.18
	MeJa	4.72 **a**		D	4.28 b	DE	4.30 b	B	4.30 b	B	3.89 b	C	3.40 c	C	4.32	0.16
	1-MCP	4.72 **a**		CD	4.43 b	CDE	4.37 b	B	4.36 b	AB	4.36 b	A	4.29 b	C	4.42	0.17
	AVG	4.72 **a**		A	4.70 a	A	4.70 a	AB	4.41 b	A	4.41 b	B	4.09 c	A	4.55	0.11
	L.S.D 0.05	0.19				0.13		0.2		0.16		0.17		L.S.D 0.05=0.08		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات خلا ل الزمن نفسه.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

المؤشرات الفيزيائية:

4.3 *تأثير معاملات ما بعد القطاف في صلابة لب الثمار (كغ/سم²):*

إن دراسة مؤشر الصلابة من أهم الصفات لتقيم الخصائص الداخلية للثمار، وتعد الصلابة أحد أهم مؤشرات الجودة لثمار البندورة الطازجة بعد الحصاد (Wu وAbbott، 2002).

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات الصلابة خلال مدة التخزين:

تبين نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (6) تشابه مسار التغير في الصلابة بين المعاملات المدروسة، فقد تناقصت صلابة لب الثمار وبشكل تدريجي مع التقدم بالنضج وزيادة مدة التخزين. بلغت صلابة الثمار عند بداية التخزين 8.38 كغ/سم^2 وهي أعلى معنوياً من قيم الصلابة في الثمار بطور نضج التحول. كان الانخفاض معنوياً منذ الأسبوع الأول فبلغ 2.66 و4.15 و3.67 و4.66 و4.06 و5.12 و4.30 كغ/سم^2، على التوالي لمعاملات الشاهد وVE وSNP وCTS وMeJa و1-MCP وAVG. وازداد الانخفاض بقيم الصلابة تدريجياً حتى نهاية مدة التخزين وبفروق معنوية ما بين فترات التخزين المختلفة، حيث بلغت القيم بعد 8 أسابيع من التخزين 1.29 و1.72 و1.72 و1.39 و1.39 و1.92 و1.22 كغ/سم^2، على التوالي لمعاملات الشاهد وVE وSNP وCTS و MeJa و1-MCP وAVG.

ب. تغيرات صلابة الثمار بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

حافظت المعاملة بـ 1-MCP على صلابة ثمارها بشكل أفضل من ثمار الشاهد وثمار المعاملات الأخرى خلال فترات التخزين كافة وبتفوق معنوي (جدول 6)، حيث نلاحظ تميز المعاملة بـ 1-MCP وCTS وAVG عند **الأسبوع الأول** من التخزين متفوقةً معنوياً بقيم صلابة ثمارها 5.12 و4.66 و4.3 كغ/سم^2، على التوالي. ثم تابعت المعاملة بـ 1-MCP تفوقها المعنوي على المعاملات كافة في **الأسبوع الثاني** من التخزين مُسجلةً 4.71 كغ/سم^2 مقابل 2.28 و3.73 و3.4 و3.05 و3.34 و3.08 كغ/سم^2، على التوالي لمعاملات الشاهد وVE وSNP وCTS وMeJa وAVG.

بعد مضي **6 أسابيع** من التخزين استمر التأثير الإيجابي للمعاملة بـ 1-MCP 2.58 كغ/سم^2 ثم المعاملة بـ CTS 2.24 كغ/سم^2 من خلال المحافظة على صلابة لب ثمار البندورة متفوقة معنوياً على المعاملات الأخرى. كما استطاعت المعاملة بـ VE وSNP خفض شدة الفقد في الصلابة وبفارق

معنوي مع معظم المعاملات مُسجلةً 2.06 و2.11 كغ/سم^2، على التوالي. بينما انخفضت قيم الصلابة مع معاملة الشاهد وMeJa وAVG 1.53 و1.68 و1.52 كغ/سم^2، على التوالي.

بعد مضي **8أسابيع** على تخزين الثمار تفوقت المعاملة بـ 1-MCP 1.92 كغ/سم^2 وثمار المعاملة VE وSNP معنوياً بقيم صلابة بلغت 1.72 كغ/سم^2، على التوالي لكل منها متفوقة بذلك معنوياً على باقي المعاملات المدروسة (جدول 6).

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ 1-MCP على كافة المعاملات، تلتها المعاملة بـ VE، ثم المعاملات SNP وCTS وMeJa وAVG، وتدنت القيم في الشاهد.

الثمار المقطوفة بطور التحول:

أ. تغيرات الصلابة خلال مدة التخزين:

تُظهر الأرقام الواردة في الجدول (7) انخفاضاً في صلابة لب الثمار ضمن المعاملات المختلفة مع زيادة مدة التخزين. ويلاحظ التأثير المعنوي للمعاملة بـ **1-MCP** ودورها في المحافظة على صلابة الثمار، حيث لم تظهر أي فرق معنوية في قيم صلابة ثمارها حتى الأسبوع الرابع من التخزين 3.22 كغ/سم^2. في حين بدأ الانخفاض المعنوي للصلابة في ثمار المعاملات الأخرى بعد الأسبوع الأول من التخزين ثم استمر الانخفاض بشكل تدريجي حتى نهاية فترة التخزين، حيث بلغت قيم الصلابة لكل من ثمار معاملات الشاهد وVE وSNP وCTS و MeJa وAVG، 0.95 و1.62 و1.46 و1.21 و1.35 و1.82 و1.52 كغ/سم^2، على التوالي.

ب. تغيرات الصلابة بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

تدل البيانات الموضحة في الجدول (7) على التفوق المعنوي للثمار المعاملة بـ1-MCP حتى الأسبوع الرابع من التخزين 3.22 كغ/سم^2 بالمقارنة مع باقي المعاملات بما فيها الشاهد. فقد بلغت قيم الصلابة مع الثمار المعاملة بـ 1-MCP 4.6 و4.16 و3.22 و2.45 و1.83 كغ/سم^2، على التوالي عند الأسبوع الأول والثاني والرابع والسادس والثامن للتجربة. بينما لم تظهر فروق معنوية بين VE وSNP وMeJa عند **الأسبوع الأول** من التخزين 3.55 و3.33 و3.79 كغ/سم^2، على التوالي.

وكانت ثمار الشاهد والثمار المعاملة بـ AVG الأكثر انخفاضاً بصلابتها (2.3 و2.76 كغ/سم^2، على التوالي). عند **الأسبوع الثاني** بقيت الفروق غير معنوية بين المعاملة بـ VE وSNP وCTS وMeJa (جدول 7). ثم لوحظ بعد مضي **4 أسابيع**، تدنت قيم صلابة ثمار الشاهد وبفارق معنوي 1.52 كغ/سم^2 بالمقارنة مع باقي المعاملات، حيث سجلت المعاملة بـ VE وSNP وMeJa صلابة

لثمارها قُدرت بـ 2.27 و2.48 و2.67 كغ/سم^2، على التوالي، تلتها وبفارق معنوي المعاملة بـ CTS و AVG 1.94 و2.25 كغ/سم^2، على التوالي.

حافظت المعاملة بـ 1-MCP عند **نهاية مدة التخزين** على تفوقها المعنوي مقارنة بالمعاملات الأخرى والتي تفوقت بمجملها على ثمار الشاهد 0.95 كغ/سم^2. كما استطاعت المعاملة بـ VE المحافظة على قيم للصلابة أعلى معنوياً 1.62 كغ/سم^2 مقارنة بالثمار المعاملة بـ CTS 1.12 كغ/سم^2. ولم تُظهر المعاملات VE و SNP و MeJa و AVG فروق معنوية فيما بينها 1.62 و1.46 و1.35 و1.52 كغ/سم^2، على التوالي.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ 1-MCP على كافة المعاملات، تلتها المعاملات VE و SNP و MeJa، ثم المعاملة بـ CTS و AVG وتدنت القيم في الشاهد.

يُلاحظ من خلال النتائج السابقة انخفاض صلابة لب الثمار بشكل ملحوظ مع زيادة مدة التخزين لكلا طوري النضج المدروسين وضمن كافة المعاملات، وقد يعزى ذلك إلى أن الثمار تميل للطراوة (انخفاض الصلابة) بدرجة كبيرة مع استمرار العديد من العمليات الحيوية خلال مدة التخزين (الحمدان والسعدون، 2004)، وربما يعود السبب في ذلك لتفكك المواد البكتينية غير الذائبة المسؤولة عن صلابة جدار الخلايا وتماسكها وتحولها إلى مواد بكتينية ذائبة، والتي تتحول بدورها إلى سكريات ومواد أبسط تستخدم في العمليات الحيوية المختلفة التي تشمل التنفس والنشاط الأنزيمي، بالإضافة إلى تغير الخواص الطبيعية والأنشطة الأخرى مثل فقد/ اكتساب الرطوبة ونشاط الأحياء الدقيقة (الحمدان و السعدون ،2004 ؛ يونس، 1993).

يرتبط معيار الصلابة بالفقد بالوزن الحاصل في الثمار بعد قطافها كنتيجة لفقد الماء بشكل رئيسي (Chiesa وزملاؤه، 2000)، وإن نشاط أنزيم Polygalacturonase (من الأنزيمات المفككة للبكتين في الجدر الخوية) يزداد مع زيادة مدة التخزين ويوجد ارتباط قوي بين نشاطه وانخفاض قيم الصلابة (Sayyari وزملاؤه، 2011؛ Siddiqui وزملاؤه، 2004). كما وجد Gómez وزملاؤه(2009) عند دراسة بنية ثمار البندورة "Micro-Tom" وتغيرات تركيبها الكيميائي أثناء التخزين المبرد، أن نسيج الثمرة يتحطم وبشكل تدريجي مع زيادة فترة التخزين والتقدم بالنضج بسبب انهيار الطبقات العميقة للبيريكارب.

عموماً انخفضت صلابة ثمار (الشاهد والمعاملات) مع التخزين وحافظت الثمار المعاملة على صلابة أعلى من ثمار الشاهد حتى نهاية مدة التخزين وبشكل خاص الثمار بطور النضج الأخضر والمعاملة بـ VE و SNP و 1-MCP، ومعظم المعاملات بالنسبة للثمار المقطوفة بطور التحول.

وقد أظهرت نتائج التجربة انخفاض الصلابة بشكل تدريجي بدءاً من الأسبوع الأول الذي يلي تخزين الثمار، حيث أن دخول الثمرة في مرحلة الكلايمكتيرك يعمل على الخفض من صلابتها (يونس، 2003). ومن المعروف أن الاثيلين ضروري لاستكمال نضج الثمار وتطورها، ولكن النضج الزائد يقصر العمر التخزيني والتسويقي للثمار ويؤدي إلى خلل فيزيولوجي ينتهي بشيخوخة الثمار وموتها (Delong وزملاؤه، 2004)، وبالتالي فإن السيطرة على عمل الإثيلين وبمرحلة النضج المناسبة يعد أمر هام للمحافظة على جودة الثمار، وقد استخدم لذلك تقنيات متعددة استهدفت التركيب الحيوي للإيثلين (Fluhr و Mattoo، 1996).

كان تأثير المعاملة بـ **1-MCP** ممتاز في الحفاظ على صلابة ثمار البندورة طوال مدة التخزين بالمقارنة مع باقي المعاملات وعند كلا طوري النضج المدروسين، حيث أخرت المعاملة بـ 1-MCP نضج الثمار الأمر الذي أدى للحافظ على صلابتها لمدة أطول، وهذا ما يؤكد أهميتها كونها تقلل كثيراً من فعالية غاز الإيثلين، إذ أنها تحجز مستقبلات الإيثلين في الجدر الخلوية في الثمار وتتوضع عليها وبالتالي تعيق عمل الإيثلين في إحداث التغيرات المطلوبة لنضج الثمار (Radenkovs وزملاؤه، 2016؛ Li وزملاؤه، 2016)، أي إعاقة عمل الإثيلين كهرمون إنضاج. نتائج مطابقة على ثمار الفليفلة أكدها Cao وزملاؤه (2012)، وعلى ثمار البندورة (Gajewski وزملاؤه، 2015؛ Tiwariو Paliyath،2011؛ كريم،2011؛ Zhang وزملاؤه ،2010؛ Choi وزملاؤه،2009؛ Choi وزملاؤه، 2008؛ Lee وزملاؤه، 2005؛ Huber وزملاؤه، 2003)، كذلك على ثمار الإجاص والتفاح (تبارة، 2011؛ Younesو Streif، 2005)، وعلى ثمار المشمش (Martino وزملاؤه، 2006). كما اتفقت نتائجنا مع ما أورده Zhang وزملاؤه (2010) عند دراسة تغييرات مكونات الاستقلاب في جدر الخلايا لثمار البندورة (*cv. Florida 47*) بطور نضج التحول Turningوبدء التلون Breaker بعد معاملتها بمحلول مائي من الـ 1-MCP ثم تخزينها، حيث انخفض تركيز الإثيلين الداخلي **IE** في الثمار بنسبة وصلت لـ 75.6% بالمقارنة مع الشاهد، كما انخفض معدل التنفس وتأخرت ذروة الاثيلين نحو 2-4 يوم، كما حافظت المعاملة على صلابة الثمار لتأثيرها المباشر في نشاط أنزيمات جدر الخلايا polygalacturonase (PG)،

β-galactosidase ،(α-Gal) α-galactosidase ،(PME) pectinmethylesterase (β-Gal). نتيجة مشابهه أكدها Eduardo وKader (2007). من جهة أخرى يمكن تفسير فعالية المعاملة بـ 1-MCP في الحفاظ على الصلابة كونها تؤثر على التعبير المورثي الخاص بالأنزيمات المسببة لتآكل أو تهدم جدر الخلايا وهذا يؤدي بدوره إلى الحفاظ على الصلابة وبشكل معنوي في ثمار البندورة المعاملة مقارنة بالثمار غير المعاملة (Tiwari وPaliyath، 2011). نتائج موافقة أكدها Khan وSingh(2007) على ثمار الأجاص 'Tegan Blue' فالمعاملة بـ 1-MCP ترتبط بمستقبلات الاثيلين فتمع تأثيره وتخفض فعل المورثات التي ترتبط بعمليات نضج الثمار مثل (PC-PG1 and PC-PG2). وقد فسر Martino وزملاؤه (2006) ذلك بقدرة 1-MCP على التحكم بإنتاج الإثيلين والمحافظة بشكل أكبر على المنظومة الخلوية والتحكم بعملية تآكل أو تشوه الخلايا، وبالتالي فقدان الصلابة. كما توافقت نتائجنا مع دراسة لـ Guill´en وزملاؤه (2007)، حيث حافظت المعاملة بـ1-MCP على الصلابة لدى عدة أصناف من البندورة وبطوري النضج الأخضر وطور التحول، وقد كانت الفروق كبيرة بين الشاهد والثمار المعاملة وخاصة في الطور الأخضر. نتيجة مطابقة دعمت هذه الدراسة أشار لها Wills وKu (2002). توافقت النتائج السابقة مع ما توصلنا إليه في هذا البحث. أكد Choi وزملاؤه (2009) على سرعة انتشار 1-MCP (كمحلول مائي) خلال الأنسجة الداخلية العميقة في الثمار وذلك عند معاملة ثمار البندورة بطور التحول ثم تخزينها، الأمر الذي أدى إلى تأخير النضج والحفاظ على قيم صلابة الثمار وتأخير تلون قشرتها. نتائج موافقة وردت في دراسة لـ (Ohashi وزملاؤه، 2016) على ثمار الجوافة.

وهذا ما أكده أيضاً النتائج البحثية على ثمار المندرين (Tavallaliو Moghadam، 2015)، وثمار البندورة الكرزية (Mazur وزملاؤه، 2013)، والموز (Zhang وزملاؤه، 2006)، وثمار التفاح (Watkins وزملاؤه، 2006)، والبندورة (Jeong وزملاؤه، 2004)، والأجاص (Mart´ınez-Romero وزملاؤه، 2003).

أوضحت نتائج هذه الدراسة أيضاً الدور الإيجابي للمعاملة بـ نتروبروسيد الصوديوم **SNP** في المحافظة على صلابة الثمار بالمقارنة مع ثمار الشاهد، وتوافقت نتائجنا مع نتائج Lai وزملاؤه (2011) على ثمار البندورة، ويمكن تفسير ذلك بأن المعاملة بأكسيد النيتريك NO الناتج من SNP تعمل على إعاقة إنتاج الاثيلين وتصنيعه الحيوي، نتائج مطابقة أكدها كل من (Wu وزملاؤه، 2012؛ Yang وزملاؤه، 2010). دعمت هذه النتيجة أيضاً دراسات مختلفة على العديد من

المحاصيل فقد حافظت المعاملة على الصلابة في ثمار الكيوي (Saadatian وزملاؤه، 2012)، وثمار المانغو (Zaharah و Singh، 2011)، وثمار البندورة (Eum وزملاؤه، 2009)، وثمار الدراق (Flores وزملاؤه، 2008)، وثمار الأجاص (Sozzi وزملاؤه، 2003)، ثمار الفريز (Wills وزملاؤه، 2000). وحسب Lai وزملاؤه (2011) فإن نقل الإشارة أو التحريض كنتيجة لمعاملة ثمار البندورة بأكسيد النيتريك يسبب تغيير في التعبير الوراثي يعمل بدوره على تحفيز نظام دفاع ذاتي مكتسب في النسيج الثمري ضد الاجهادات المختلفة، ومنها البرودة (Mur وزملاؤه، 2006)، لذلك يمكن أن يعتبر أكسيد النيتريك مرشح محتمل كناقل إشارة رئيسي في تحريض المناعة المكتسبة ذاتياً (Arasimowicz و Floryszak–Wieczorek ، 2007) في النسج النباتية في ثمار البندورة وبالتالي يزيد من قدرتها التخزينية. نتيجة مماثلة أشار لها Manjunatha وزملاؤه (2012) إلى أن الإشارة الناتجة عن الـ NO تتحكم في التصنيع الحيوي للإيثلين ولها دور في تثبيط التعبير المورثي المُتحكم بالأنزيمات المسؤولة عن تصنيع الإيثلين، حيث يقوم بتغير نشاط أنزيم المثيونين أدينوزيل ترانسفيراز (MAT)، كما يقوم أكسيد النيتريك بالتفاعل مع باقي الهرمونات في النباتات وجزيئات نقل الإشارة الأخرى بهدف التنظيم والتحكم في إزالة تأثير الإيثلين عن طريق التحكم بالأنزيمات والبروتينات التي يؤثر فيها الإيثلين في مرحلة ما بعد الكلايمكترية، وبالتالي يزيد من القدرة التخزينية لثمار البندورة. كما يمكن بيان دور SNP من خلال خفضه لنشاط أنزيم 1–aminocyclopropane–1–carboxylic acid oxidase (ACC) وبالتالي انخفاض في إنتاج الإيثلين وتأخير النضج للثمار المعاملة (Zhu و Sun ،2009). نتيجة متوافقة على ثمار البندورة المخزنة بطور التحول ذكرها Eum وزملاؤه (2009) مبيناً دور المعاملة في تنظم التصنيع الحيوي للإيثلين.

يترافق تخزين الثمار مع خسارة في سلامة جدر الخلايا بسبب تهدم المواد البكتينية وزيادة البكتين الذائب وبالتالي نقص بقيم الصلابة، وقد انخفضت قيم صلابة ثمار البندورة بطوري النضج الأخضر والتحول المعاملة بالميثيل جاسمونات **MeJa** تدريجياً مع زيادة مدة التخزين، نتيجة مماثلة توصل إليها Sayyari وزملاؤه(2011) على ثمار الرمان و González وزملاؤه(2006). إن آلية تأثير MeJa في المحافظة على صلابة الثمار وسلامة الجدر الخلوية لم تفسر بعد حتى الآن (Sayyari وزملاؤه، 2011). لكن دراسة لـ Meng وزملاؤه (2009) بينت أن المعاملة بالميثيل أدت إلى خفض في نشاط الأنزيمات المفككة للبكتين pectinmethylesterase (PME). وظهر

تأثير هذه المعاملة في الحفاظ على الصلابة لمدة شهر من التخزين المبرد بالنسبة للثمار بطور النضج الأخضر، بينما كان أثرها طوال مدة التخزين بالنسبة للثمار بطور نضج التحول، وهذا ما تتطابق مع نتائج هذه الدراسة.

لاحظ Sayyari وزملاؤه (2011) أن مدة التخزين ودرجة الحرارة هي العامل الرئيسي المؤثر على نضج الثمار مع تأثير الميثيل جاسمونات على تجانس النضج. وتوافقت نتائجنا أيضاً مع ما توصل إليه Yu وزملاؤه (2011) حول تأثير المعاملة MeJa بتركيز 100 ميكرومول في ثمار البندورة الخضراء صنف (*Solanum esculentum cv. Lichun*) في أن المعاملة خفضت من الإصابة بالأمراض الفطرية وخفضت من إنتاج الإثيلين وبالتالي المحافظة على جودة الثمار أثناء التخزين، نتيجة مماثلة لما توصلنا له، أكدها Zhang وزملاؤه (2011) عند معاملة ثمار البندورة الكرزية صنف "Messina". وقد أدت معاملة ثمار التفاح " Fuji " بـ MeJa إلى فرق معنوي في قيم الصلابة وسماكة القشرة (skin thickness) مقارنة بالشاهد، وازدادت قيم الصلابة مع زيادة التركيز المستخدم (Öztürk وزملاؤه، 2013).

لم يكن للمعاملة بـ **AVG** تأثير واضح في الحد من الفقد في صلابة ثمار البندورة بالرغم من اعتباره كمثبط لإنتاج الإيثلين الحيوي (Fadhil و Al–Bamarny، 2010). ويلاحظ من النتائج الواردة في الجدولين (7،8) أن المعاملة بـ AVG استطاعت الحفاظ على صلابة ثمار البندورة بطور النضج الأخضر للأسبوع الأول من التخزين فقط، نتائج مشابه على ثمار البندورة الخضراء أكدها Mikal و Saltveit (2004)، وعلى ثمار الخوخ والنكترين التي حافظت على صلابتها، لكن اختفت هذه الآثار بعد الأسبوع الأول من التخزين البارد مما أدى إلى معايير جودة مماثلة لثمار الشاهد مع بداية الأسبوع الثاني للتخزين (Argiriou و Nanos، 2010). بينما نجد أن الفروق المعنوية بين ثمار الشاهد والثمار المعاملة بطور التحول لم تظهر إلا في المراحل الأخيرة من مدة التخزين . وقد أوضح Mikal و Saltveit (2004) إمكانية الحصول على استجابة مختلفة في الحفاظ على الصلابة عند استخدام تراكيز مختلفة من AVG، حيث حافظت ثمار التفاح المعاملة بـ AVG على صلابتها لفترة قصيرة بعد القطاف (Escalada وزملاؤه، 2009)، وقد فسر Capitani وزملاؤه (2002) ذلك بأن AVG له القدرة أيضاً على إعاقة نشاط أنزيم aminocyclopropane synthase (ACS) وبشكل خاص أثناء مسار الاصطناع الحيوي للإثيلين.

إن تغطيس الثمار بالشيتوزان **CTS** له القدرة على تغطية سطح الثمار بطبق رقيقة (film) تعمل على الحد من الفقد المائي والتبادل الغازي وبالتالي الحفاظ على قيم أعلى للصلابة وعلى معايير جودة أفضل بالمقارنة مع ثمار الشاهد، وهذا ما أظهرته نتائجنا وخاصة مع الثمار المقطوفة بطور نضج التحول، كما كان لها أثر مشابه نوعاً ما لباقي المعاملات التي خفضت من طراوة الثمار خلال مدة التخزين. وربما يعود ذلك لقدرة **CTS** على إثارة ردود دفاعية بيوكيميائية في ثمار البندورة كزيادة المحتوى من الفينولات (Liu وزملاؤه،2007)، وقدرتها الفعالة على منع تطور الأعفان خلال التخزين والحفاظ على جودة الثمار، حيث أن الشيتوزان يمنع تطور العفن ويلحق أضرار للأغشية البلازمية للمسببات المرضية (Muñoz وزملاؤه،2008). بالإضافة إلى تأثيره في خفض معدل التنفس وإنتاج الإيثلين وزيادة مستوى أكسيد الكربون وخفض مستويات O_2 الداخلي (El Ghaouth وزملاؤه، 1992). نتائج مماثلة توصل إليها Ghasemnezhad وزملاؤه(2011) عند معاملة ثمار البشمله بـ **CTS**. في حين اقتصرت فعالية المعاملة بـ **CTS** في الحفاظ على الصلابة خلال الأسبوع الأول من التخزين بالنسبة لثمار البندورة المخزنة بطور النضج الأخضر.

وتجدر الإشارة إلى أن تأثير المعاملة بـ **CTS** يرتبط طرداً مع الوزن الجزيئي للشيتوزان والتركيز المستخدم (Badawy و Rabea، 2009). وأن معاملة الثمار بالشيتوزان والميثيل سكلو بروبان أعطت نتائج أفضل بالمحافظة على صلابة الثمار (Qiuping و Wenshui ، 2007).

ومن خلال نتائجنا يمكن أيضاً الملاحظة بأن مرحلة النضج التي تُعامل عندها ثمار البندورة بالشيتوزان لها دور في الاستجابة للحفاظ على نوعية الثمار، حيث كانت آثار المعاملة أكثر وضوحاً على الثمار بطور نضج التحول Turning.

يُلاحظ أن المعاملة **بفيتامين E** حدت من الانخفاض الحاصل في صلابة ثمار البندورة وعند كل من طوري النضج الأخضر والتحول أثناء مدة التخزين، نتائج مماثلة أشار إليها عبيد (2004) على ثمار التفاح. ويمكن تفسير هذه النتيجة في كون فيتامين E مضاد أكسدة، ومنظم لنفاذية الأغشية الخلوية ويعيق الأكسدة التي تؤدي لهدم الأغشية الخلوية وبالتالي الحفاظ على صلابة الثمار (Lafer، 2003؛ Fryer، 1992).

الجدول 6. تأثير المعاملات المدروسة في قيم الصلابة (كغ/سم^2)للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13 و8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور النضج الأخضر Green	المعاملات	مـدة الـتخزين/ أســـــبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8				
	control	8.38 **a**		4.66 **b**		3.05 **c**		2.25 **d**		1.53 **c**		1.29 **c**		E	3.06	0.55
	VE	8.38 **a**		4.15 **b**		3.73 **bc**		3.01 **c**		2.06 **d**		1.72 **d**		B	3.84	0.91
	SNP	8.38 **a**		3.67 **b**		3.40 **b**		2.52 **c**		2.11 **cd**		1.72 **d**		BC	3.63	0.69
	CTS	8.38 **a**		4.66 **b**		3.05 **c**		2.25 **d**		2.24 **d**		1.39 **e**		BC	3.66	0.65
	MeJa	8.38 **a**		4.06 **b**		3.34 **b**		2.15 **c**		1.68 **c**		1.39 **c**		CD	3.5	0.84
	1-MCP	8.38 **a**		5.12 **b**		4.71 **b**		3.54 **c**		2.58 **d**		1.92 **e**		A	4.38	0.61
	AVG	8.38 **a**		4.30 **b**		3.08 **c**		2.08 **d**		1.52 **de**		1.22 **e**		D	3.43	0.57
	L.S.D 0.05	0.95				0.83		0.42		0.36		0.47		**L.S.D 0.05** = 0.29		-

- **تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.**
- **تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.**

الجدول 7. تأثير المعاملات المدروسة في قيم الصلابة (كغ/سم^2)للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول Turning	المعاملات	مـدة الـتخزين/ أســـــبوع												متوسط المعاملات	
		0		1		2		4		6		8			
	control	4.61a		D	2.30 b	D	2.08 bc	E	1.52 cd	D	1.23 d	D	0.95 d	2.12	E
	VE	4.61a		B	3.55 b	B	3.15 b	BCD	2.27 c	AB	2.23 cd	AB	1.62 d	2.91	B
	SNP	4.61a		BC	3.33 b	B	3.32 b	BC	2.48 c	BC	1.97 cd	BC	1.46 d	2.86	BCD
	CTS	4.61a		BC	3.16 b	BC	2.80 b	D	1.94 c	C	1.79 c	CD	1.21 d	2.59	CD
	MeJa	4.61a		B	3.79 b	BC	3.01 c	B	2.67 cd	BC	1.97 d	BC	1.35 e	2.9	B
	1-MCP	4.61a		A	4.60 a	A	4.16 a	A	3.22 b	A	2.45 c	A	1.83 c	3.48	A
	AVG	4.61a		CD	2.76 b	CD	2.39 bc	CD	2.25 bcd	C	1.8c d	B	1.52 d	2.56	D
	L.S.D 0.05			0.63		0.65		0.41		0.38		0.28		L.S.D 0.05 = 0.27	

L.S.D 0.05
0.66
0.63
0.57
0.57
0.62
0.69
0.76
-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

4.4 تأثير معاملات ما بعد القطاف في النسبة المئوية للفاقد بالوزن %:

يبين الجدولين (8،9) تغيرات نسبة الفاقد بالوزن (%) للمعاملات المدروسة أثناء التخزين، حيث يُلاحظ ارتفاع بنسبة الفاقد للثمار مع زيادة مدة التخزين ولكافة المعاملات من بداية التخزين وحتى نهايته سواء في ثمار الشاهد أو المعاملات المدروسة ولكلا طوري النضج الأخضر وطور نضج التحول.

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات النسبة المئوية للفقد بالوزن خلال مدة التخزين:

يُلاحظ من الجدول(8) ازداد شدة الفقد من ثمار البندورة المقطوفة بطور النضج الأخضر مع زيادة مدة التخزين، لكن اختلفت مقدار هذه الزيادة تبعاً للمواد التي عُوملت بها الثمار ما بعد القطاف، إذ لم تظهر فروق معنوية في ثمار **الشاهد** والثمار المعاملة بـ **MeJa** من الأسبوع الأول وحتى الأسبوع السادس من التخزين، حيث ازدادت نسبة الفقد في الشاهد من 4.49 إلى 19.78%، وفي المعاملة بـ MeJa من 1.66 إلى 6.69%، تلا ذلك زيادة معنوية كبيرة في الفاقد بوزن الثمار في الأسبوع السابع والثامن بالنسبة للشاهد 49.59%، أما بالنسبة للثمار المعاملة بـ MeJa فقد كانت الزيادة غير معنوية . بينما يُلاحظ زيادة متسارعة معنوية في الفاقد بالوزن لمُعاملة **AVG** بدءاً من الأسبوع الرابع من التخزين 7.49% وحتى الأسبوع الثامن 22.47%.

لوحظ سلوك معاكس لدى المعاملة بـ **VE** فقد حافظت على أقل تدرج في الفقد خلال مراحل التخزين المدروسة، والتي لم تظهر فروق معنوية فيما بينها إلا في الأسبوع الثامن من التخزين 8.98%. كما لم يُلاحظ وجود فروقات معنوية في الفقد بالوزن للثمار المعاملة بـ **1-MCP** خلال الأسابيع الثلاثة الأولى من التخزين (2.08% وحتى 4.18%)، ثم ازداد الفقد بوزن الثمار بعد ذلك حتى نهاية مدة التخزين 8.78%.

لم تُظهر المعاملة بـ **SNP** فروق معنوية في نسبة الفقد بالوزن خلال الأسابيع الستة الأولى من التخزين وتراوحت القيم من1.86 وحتى 8.19%، ثم حصلت زيادة معنوية في الفقد بوزن الثمار في نهاية مدة التخزين 16.4% (جدول 8).

تباطىء الفاقد بالوزن للثمار المعاملة بـ **CTS** ولم تكن الزيادة في الفقد معنوية إلا ما بين بداية التخزين في الأسبوعين الأول والثاني 3.29 و4.10%، على التوالي، ونهاية مدة التخزين في الأسبوع الثامن 12.7%.

ب. تغيرات نسب الفقد بالوزن بين المعاملات خلال كل مدة زمنية:

يُلاحظ من البيانات الواردة في الجدول (8) أن معاملتا الشاهد وAVG قد سجلتا في **الأسابيع الثلاثة الأولى** أعلى نسبة في الفقد بالوزن وبفارق معنوي مقارنة بباقي المعاملات، إذ بلغت النسب في الأسبوع الأول 4.49 و3.77%، على التوالي، وبلغت في الأسبوع الثالث 7.05 و6.23%، على التوالي.

تميزت المعاملة بـ VE بالحد من النسبة المئوية للفقد بالوزن وبفروقات معنوية مقارنة بباقي المعاملات خلال الأسابيع الخمس الأولى من التخزين، حيث بلغ الفقد 0.95% بعد مضي أسبوع، و2.86% عند **الأسبوع الخامس** من التخزين.

كما يُلاحظ الدور الإيجابي للمعاملات بـ SNP وMeJa و1-MCP في خفض نسبة الفقد بالوزن في **الأسبوع الثاني** 3.31 و2.66 و3.14%، على التوالي، و**الأسبوع الثالث** 4.29 و3.82 و4.18 %، على التوالي، تلتها المعاملة بـ CTS (جدول 9). ويظهر التأثير المعنوي للمعاملات VE وSNP وCTS وMeJa و1-MCP وAVG في الحد من الفاقد بوزن الثمار عند **الأسبوع السادس** 3.47 و8.19 و9.19 و6.69 و7.07 و10.20%، على التوالي، مقارنة بثمار الشاهد (19.78%). وفي الوقت الذي ازدادت فيه نسبة الفقد في الشاهد عند **نهاية مدة التخزين** لتصل إلى (49.59%) كان مستوى الزيادة أقل في باقي المعاملات لمدى تراوح بين 8.78% وحتى 22.47%.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق الشاهد بنسبة الفقد بالوزن، تلتها المعاملة بـ AVG، تلتها باقي المعاملات.

الثمار المقطوفة بطور التحول:

أ. تغيرات نسب الفقد بالوزن للمعاملات خلال مدة التخزين:

تُظهر البيانات الواردة في الجدول (9) تغيرات النسبة المئوية للفاقد بالوزن لثمار البندورة المُخزنة بطور نضج التحول خلال 8 أسابيع من التخزين المُبرد، إذ طرأ زيادة في نسبة الفقد الوزني% في ثمار المعاملات كافة مع زيادة مدة التخزين، وتبايّنت شّدة الفقد من معاملة لأخرى،

حيث يُلاحظ زيادة معنوية كبيرة في فقد ثمار **الشاهد** بالوزن وبلغت هذه النسبة ذروتها في نهاية مدة التخزين 43.23%.

بينما أبدت المعاملة بـ **VE** دور هام في الحد من نسبة الفقد الوزني، ويمكن القول إن الخسارة الحاصلة في وزن الثمار تَمثّلت في مرحلتين زمنيتين الأولى خلال الأسابيع الخمسة الأولى من التخزين بقيم تراوحت من 1.56% إلى 4.37% مع عدم وجود فروقات معنوية. وتبدأ المرحلة الثانية من الأسبوع السادس وحتى نهاية مدة التخزين بقيم تراوحت من7.48% إلى 9.29%.

لُوحظ مسار مشابه تقريباً مع المعاملة بـ **CTS**، حيث لم تظهر فروق معنوية للفقد بوزن الثمار خلال الخمس أسابيع الأولى من التخزين وتراوحت النسب من 4.16% إلى 11.01%، تلا ذلك زيادة معنوية بالفقد بالوزن 29.24% عند نهاية مدة التخزين.

أظهرت الثمار المعاملة بـ **SNP** و**MeJa** و**1-MCP** و**AVG** تدرجاً في الزيادة بنسبة الفقد الوزني مع زيادة مدة التخزين، وقد تراوحت نسب الفقد بوزن الثمار من بداية مدة التخزين وحتى نهايته مع المعاملة بـ SNP من1.75% إلى 9.32%، ومع MeJa من1.40 إلى 10.33%، ومع 1-MCP من1.73 إلى9.98%، ومع AVG من 4.95 إلى31.35%.

ب. تغيرات نسب الفقد بالوزن بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

يُلاحظ من خلال مقارنة المعاملات المختلفة التأثير الإيجابي للمعاملاتVE و SNP وMeJa و1-MCP في خفض نسبة الفقد بالوزن مقارنة بمعاملة الشاهد وCTS وAVG والتي زادت فيها نسبة الفقد بالوزن في الأسبوع الثامن لتصل لـ 43.23 و29.24 و31.55%، على التوالي، وكانت الفروق معنوية بينها من جهة، وبالمقارنة مع باقي المعاملات VE وSNP وMeJa و1-MCP من جهة أخرى والتي بلغت نسبة الفقد فيها 9.29 و9.32 و10.33 و9.98 %، على التوالي (جدول 9).

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق الشاهد بنسبة الفقد بالوزن، تلتها المعاملة بـAVG وCTS، ثم جاءت باقي المعاملات.

4.5 تأثير معاملات ما بعد القطاف في النسبة المئوية للفاقد المطلق Spoilage loss%:

تُبين النتائج الواردة في الجدولين(10،11) النسبة المئوية للفقد المطلق لثمار البندورة وبطوري النضج الأخضر ونضج التحول أثناء التخزين المبرد، والتي تشير إلى بداية تدهور الثمار وتطور

أمراض التخزين وظهور أضرار البرودة المؤدية بمجملها إلى تلف الثمار وعدم صلاحيتها للاستهلاك، وذلك بدءاً من الأسبوع الخامس للتخزين. وبدراسة تغيرات الفقد المطلق لثمار البندورة بطور النضج الأخضر وبالمقارنة بين المعاملات المدروسة يلاحظ تدهور ثمار الشاهد وبفارق معنوي مقارنة بالمعاملات الأخرى وذلك في الأسبوع الخامس والسادس والسابع والثامن للتخزين بنسب وصلت لـ 19.17 و19.54 و26.19 و28.28%، على التوالي. بينما لم تُظهر باقي المعاملات فروق معنوية فيما بينها. واقتصر ظهور الفقد المطلق على الأسبوع الثامن فقط للتخزين في كل من معاملتي الـ VEو MCP-1 بنسب لم تتجاوز 2.94 و5.21%، على التوالي.

أما بالنسبة للثمار بطور نضج التحول فقد كانت ثمار الشاهد والثمار المعاملة بـ CTS الأسرع تدهوراً والأعلى بنسبة الفقد المطلق كما هو الحال في ثمار الطور الأخضر، حيث ازداد الفقد المطلق من الأسبوع الخامس وحتى الثامن للتخزين في الشاهد من 9.41 وحتى 19.93%، وفي المعاملة بـ CTS من 6.48 وحتى 16.63%. ولم يبدأ تلف الثمار المعاملة بباقي مواد الدراسة حتى الأسبوع السابع من التخزين المُبرد. ويُلاحظ تَميز المعاملات VE وSNP وMeJa و1-MCP للتخزين بالقدرة على حماية ثمار البندورة بطور التحول من التلف، حيث سَجلت أقل نسبة للفقد المطلق في نهاية مدة التخزين 2.12 و6 و8.53 و2.43%، على التوالي.

يقصد بالفقد المطلق الثمار غير الصالحة للاستعمال الغذائي أو التصنيعي، إذ يُلاحظ زيادة الفقد المطلق في الثمار المخزنة مع تقدم مدّة التخزين وذلك لأن صلابة الثمار ومتانة طبقة القشرة تقل بتقدمها بالعمر فتزداد بذلك قدرة الكائنات الممرضة على مُهاجمة الثمار وبالتالي تزيد نسبة الفقد المطلق. نتيجة مماثلة توصل إليها (Getinet وزملاؤه، 2008؛ Celso وزملاؤه، 2002؛ Chiesa وزملاؤه، 2000).

يحدث عادة فقد في وزن الثمرة بعد قطافها وأثناء التخزين ويعود ذلك لسببين أساسيين السبب الأول: نتيجة استمرار العمليات الحيوية في الثمرة والمُتمثلة بشكل أساسي بعملية التنفس التي تؤدي إلى أكسدة المواد العضوية الاحتياطية ضمن الثمرة مما ينتج عنه انخفاض في وزن الثمرة، ويُعبر عن هذا الفقد باسم الفقد الكربوهيدراتي بنتيجة أن معظم المركبات المستهلكة في هذه العملية هي مواد كربوهيدراتية ويمثل هذا الفقد حوالي 20% من إجمالي الفقد بالوزن (Osterloh ،1980). السبب الثاني: يعود إلى خروج الماء على شكل بخار ماء من أنسجة الثمرة، لتعديل ضغط بخار الماء بين الهواء المحيط بالثمرة وهوائها الداخلي، ويسمى هذا الفقد بالفقد المائي الذي يمثل حوالي

80% من إجمالي الفقد بالوزن (Schulz، 1996). وهناك العديد من العوامل المؤثرة في شدة الفقد بالوزن من الثمار مثل الصنف ودرجة نضج الثمار وتركيبها الكيميائي ودرجة حرارة التخزين ومعاملات ما بعد التخزين ومدة التخزين (Getinet، 2008؛ يونس وأبو ترابي، 2004).

لقد أظهرت نتائجنا دور المعاملة بمادة 1−MCP في الحد من الزيادة في النسبة المئوية للفقد الوزني لثمار البندورة ولكلا طور النضج الأخضر والتحول، وربما يفسر ذلك بقدرة هذه المادة على التحكم بإنتاج الإثيلين والمحافظة بشكل أكبر على المنظومة الخلوية والتحكم بعملية تآكل أو تشوه الخلايا (Martino وزملاؤه، 2006). بالإضافة لدورها في خفض معدل التنفس لثمار البندورة المعاملة ولكلا طوري النضج وما ينتج عن ذلك من خفض الطاقة الحيوية المتشكلة والمؤثرة في زيادة العمليات الاستقلابية داخل الخلايا وبالتالي تباطء الفقد بمدخرات الثمار، وهذا ما توصل إليه Younesو Streif(2005) وَWills و Ku (2002). يرتبط عادة الفاقد بالوزن بعمليات التنفس ونتح الماء من الثمار ووجد أن الثمار المعاملة بـ 1-MCPوAVG انخفض الفاقد بالوزن فيها نتيجة للحفاظ على سلامة قشرة الثمار والتي تخفض بدورها من تبخر الماء ومن التبادل الغازي وتخفض الخسارة بمكونات الثمرة، وهذا ما أكده Tavallaliو Moghadam (2015) عند معاملة ثمار المندرين. نتيجة أخرى دعمت هذا الرأي أكدتها دراسة لـ Longling(2012) أوضح فيها ارتبط تأثير الـ 1- MCP بطور نضج الثمار وبتركيز الـ1- MCPالُمستخدم وبزمن المعاملة، وذلك عند معاملة ثمار بندورة منتجة تحت الظروف الحقلية صنف 901، حيث أكد أن دور الميثيل سكلو بروبان كان واضحاً في خفض معدل تنفس الثمار عند معاملة ثمار البندورة بالتراكيز الأعلى من جهة، وبأطوار النضج الأولى من جهة أخرى. كذلك كان للمعاملة بـ 1-MCP أثراً إيجابياً في المحافظة على الثمار، حيث لم يظهر الفقد المطلق في الثمار حتى الأسبوع الأخير من التخزين فقط ولكلا طوري النضج. ومما تجدر ملاحظته أن ثمار البندورة المعاملة بـ 1-MCP حافظت على صلابة أعلى فقلت قدرة الممرضات على مهاجمة الثمار وبالتالي قلت نسبة الفقد المطلق.

توافقت هذه النتيجة مع العديد من الدراسات على ثمار الأجاص والمشمش والخوخ والبندورة، حيث كان للمعاملة بـ 1- MCP دور معنوي في الحد من الفقد بالوزن (Li وزملاؤه، 2016؛ كريم، 2011؛ تبارة، 2011؛ Martino وزملاؤه، 2006؛ Guillen وزملاؤه، 2006؛ Valero وزملاؤه، 2003). ومن المعروف أن من أسباب الفقد المطلق إصابة الثمار بالأمراض الفطرية، فقد أكد

Valero وزملاؤه (2003) غياب الإصابة كنتيجة للمعاملة بـ MCP −1 على ثمار الإجاص، نتيجة مطابقة سجلها Guill´en وزملاؤه (2007) على ثمار البندورة.

أما بالنسبة للمعاملة بـ SNP فقد استطاعت خفض نسب الفقد بوزن الثمار خلال مدة التخزين وهي إحدى المعاملات التي تفوقت معنوياً على الشاهد، وربما يعود ذلك لقدرتها على المحافظة على الأغشية الخلوية من التلف وخفض مستويات الـ ROS وإعاقة إنتاج الاثيلين وبالتالي الحد من الفقد بالوزن، نتيجة مماثلة توصل إليها Saadatian وزملاؤه(2012). وبما أن المعاملة بـ SNP تعمل على خفض معدل إنتاج الإيثلين (Wu وزملاؤه، 2012؛ Yang وزملاؤه، 2010؛ Lai وزملاؤه، 2011) فهي بذلك تحمي الثمار وتقلل من تأثير الإثيلين كهرمون نضج وتقلل من الخسارة الحاصلة بوزن الثمار تبعاً لذلك، حيث أن أكسيد النيتريك NO المتحرر من مادة الـ SNP في الأوساط المائية عبارة عن عامل مُتحكم ومُنظم للنضج وشيخوخة الثمار، نتائج مطابقة أشار لها Manjunatha وزملاؤه(2012) وَ Arasimowicz و Floryszak (2007) على ثمار البندورة وبكلا طوري النضج المدروسة. كما أثرت هذه المعاملة في الحد من الفقد المطلق لثمار البندورة المخزنة وقد تعود هذه النتيجة إلى دور المعاملة بأكسيد النتريك في تأخير نضج ثمار البندورة مع المحافظة على نوعيتها وتحسين مقاومتها للأمراض الفطرية أثناء التخزين وانخفاض نسبة التالف منها، وهذه النتيجة تتفق مع Lai وزملاؤه (2011).

يُعد الـ MeJa من الهرمونات النباتية التي تنظم مجموعة متنوعة من عمليات التطور والنمو والمقاومة في الثمار (Ryan و Pearce، 2003 ؛Turner وزملاؤه، 2002) ، وقد ظهر تأثير المعاملة بـ MeJa جلياً عندما انخفضت الزيادة في النسب المئوية للفقد بالوزن والفقد المطلق مقارنة بالشاهد، وقد يعود هذا التأثير لما أشار له Baltazar وزملاؤه (2006) عند دراسة الصفات الفيزيائية والبيوكيميائية لثمار البندورة Charleston في أن معاملات ما بعد الحصاد بـ MeJa خفضت من الاضطرابات الفيزيولوجية أثناء النضج والتخزين وحدّت من الفقد الطبيعي بالوزن والفقد المطلق الناتج عن تلف الثمار إما بالأمراض الفيزيولوجية أو الأمراض الفطرية والبكتيرية. وهنا نؤكد على ما تم ملاحظته على أرض الواقع من حيث فعالية هذه المعاملة في الحد من إصابة ثمار البندورة وبكلا طوري النضج الأخضر والتحول بأضرار البرودة والأمراض غير الفيزيولوجية. وهذه النتيجة اتفقت مع ما ذكره Gonza´lez-Aguilar ´وزملاؤه (2006) وَ Fung وزملاؤه (2001)

على ثمار الفليفلة الخضراء (*Capsicum annuum L. cv Century*) وأكدوا على أن المعاملة بـ MeJa خفضت من أضرار البرودة chilling injury أثناء التخزين، بالإضافة إلى زيادة أنزيم alternative oxidase (AOX) المضاد لإجهاد الأكسدة في الثمار المعاملة مقارنة بالشاهد.

من جهة أخرى يمكن تفسير دور MeJa في الحد من الفاقد في الوزن وتلف ثمار البندورة أثناء التخزين المُبرد إلى فعاليته في الحفاظ على جدر الخلايا من التلف وتأثيره في تعديل بنيتها ونفاذيتها، نتيجة أشار لها Meng وزملاؤه (2009) في دراسة أجراها لمعرفة تأثير الميثيل جاسمونات في صفات الجودة لثمار الدراق صنف (Jiubao) أثناء التخزين المُبرد. واتفقت نتائج هذه الدراسة أيضاً مع ما بينته دراسة لـ Yuوزملاؤه (2011) ولـ Zhang وزملاؤه (2012) على ثمار البندورة العادية والبندورة الكرزية في أن المعاملة خفضت الإصابة بالأمراض الفطرية وبالتالي حافظت على جودة الثمار اثناء التخزين. كما يعتقد أن الميثيل جاسمونات يشترك في إنتاج البروتينات الدفاعية الذاتية المنشأ ضد الفطور والبكتريا (Schroder، 1998).

رغم أنه لم يُلاحظ تأثير معنوي لاستعمال مادة CTS في الحد من الفقد بوزن الثمار والفقد المطلق بالمقارنة مع معاملة الشاهد والمعاملات الأخرى، ولكن استطاعت هذه المعاملة التدرج في الحد من الزيادة في الفقد الوزني خلال مدة التخزين المدروسة لثمار البندورة ولكلا طوري النضج، وربما يعود ذلك إلى أن الطبقة الهلامية المحيطة بالثمار قد خفضت من الفاقد المائي وحدّت من التنفس الأمر الذي انعكس على بطء في الفعاليات الاستقلابية، لكن هذا التأثير في الحد من الزيادة في الفاقد لم يكن مكافئاً لفعالية باقي المواد المستخدمة للحفاظ على جودة ثمار البندورة وإطالة عمرها التخزيني، هذه النتيجة أكدتها الدراسات السابقة حول دور CTS في زيادة مستوى ثاني أكسيد الكربون الداخلي وخفض من مستويات O2 الداخلي، والحد من الفقد المائي والتبادل الغازي بالإضافة لإعاقة نمو الأحياء المجهرية من خلال قدرته على إعاقة نمو العديد من الفطور (EI Ghaouth وزملاؤه، 1992؛ Ghasemnezhad وزملاؤه، 2011)

أظهرت المعاملة بـ VE أفضل النتائج في الحد من الفقد الوزني والفقد المطلق، وربما يعود السبب في ذلك إلى امتلاك VE خواص مضادة للأكسدة شديدة الفاعلية، بسبب قلة ميوله لإعطاء الالكترونات (Njus و Kelley، 1991). كما أن موقعه على مستوى الأغشية، جعل منه مضاد الأكسدة الأكثر أهمية في الوقاية من أكسدة الليبيدات في الجدار الخلوي (Fryer، 1992)، فهو يستطيع ارجاع الليبيدات المؤكسدة وإيقاف التفاعلات المتسلسلة لأكسدة الليبيدات التي تبدأ بعد

أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة (Collin وزملاؤه، 2008). ويعد فيتامين E مضاد حيوي رئيسي في حماية بنية الجدر الخلوية، وبالتالي له القدرة الكبيرة على الحفاظ على قيم مرتفعة لصلابة الثمار وخفض نسبة الفاقد من الماء والمواد العضوية وتأخير هرم وشيخوخة ثمار البندورة المعاملة به. وقد لوحظ ذلك في الثمار المعاملة من خلال انخفاض نسبة الفقد في وزن الثمار خلال التخزين وزيادة صلابتها وظهور الفقد المطلق في الأسبوع الأخير من التخزين فقط لعدم ظهور اضطرابات وتعفنات فيزيولوجية كبيرة مقارنة مع الشاهد. نتائج متوافقة مع نتائجنا أكدها عبيد (2004) و Lafer (2003) و Fryer (1992).

الجدول 8. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الفقد الطبيعي بالوزن (%) للثمار بطور النضج الأخضر والمُخزنة عند درجة حرارة (13°م و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين/ أسبوع																متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		1		2		3		4		5		6		7		8				
	control	4.49 c	A	6.56 c	A	7.05 c	A	9.11 c	A	9.71 c	A	19.78bc	A	32.37ab	A	49.59a	A	A	17.33	18.23
	V.E	0.95 b	B	1.46 b	E	2.05 b	E	2.44 b	D	2.86 b	E	3.47 b	C	4.04 b	B	8.98 a	B	C	3.28	4.83
	SNP	1.86 c	BC	3.31bc	CD	4.29bc	CD	5.35bc	C	6.62 bc	BCD	8.19 b	CB	13.96 a	B	16.4 a	B	BC	7.50	4.9
	CTS	3.29 c	AB	4.10 c	BC	5.11bc	BC	6.01bc	C	8.03abc	ABC	9.19abc	CB	11.64abc	B	12.7ab	B	BC	7.52	8.66
	MeJa	1.66 c	B	2.66 c	DE	3.82 c	D	4.64 c	C	5.51 bc	D	6.69abc	CB	11.39 ab	B	11.89a	B	BC	6.03	4.05
	1-MCP	2.08 e	BC	3.14 e	CD	4.18de	CD	5.49cd	C	6.18bcd	CD	7.07abc	CB	7.90 ab	B	8.78 a	B	BC	5.60	2.11
	AVG	3.77 f	A	4.99 f	AB	6.23ef	AB	7.49de	B	8.59 cd	AB	10.20 c	B	14.26 b	B	22.47a	B	B	9.75	2.31
	L.S.D 0.05	1.5		1.33		1.13		1.39		2.24		6.83		14.4		14.28		L.S.D 0.05= 4.57		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 9. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الفقد الطبيعي بالوزن (%) للثمار بطور نضج التحول المُخزنة عند درجة حرارة (8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور التحول	المعاملات	مـدة التخـزين/ أسـبوع																متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		1		2		3		4		5		6		7		8				
	control	4.08d	AB	5.67d	B	7.70d	A	8.51d	B	8.87d	C	15.92c	A	27.26b	A	43.23a	A	A	15.16	6.80
	V.E	1.56d	C	2.36d	C	3.12cd	E	3.65cd	D	4.37bcd	E	7.48abc	C	8.32ab	D	9.29a	C	C	5.02	4.57
	SNP	1.75f	C	3.17ef	C	4.22de	B	5.32cd	C	6.38bc	D	7.42b	C	9.28a	D	9.32a	C	C	5.86	1.83
	CTS	4.16c	B	6.35c	AB	8.06c	A	9.79c	AB	11.01c	B	12.38b	A	20.47b	B	29.24a	B	B	12.69	6.59
	MeJa	1.40f	C	2.49ef	C	3.84de	BC	4.89cd	C	6.14bc	D	7.24b	C	9.21a	D	10.33a	C	C	5.70	1.62
	1-MCP	1.73g	C	3.28f	C	4.62e	B	5.92d	C	7.02c	D	8.15b	C	9.15a	D	9.98a	C	C	6.23	0.91
	AVG	4.95g	A	6.87f	A	8.85e	A	10.65d	A	12.67c	A	15.23b	B	14.31b	C	31.35a	B	B	13.11	0.98
	L.S.D 0.05	0.77		0.93		1.07		1.18		1.21		3.16		4.24		7.26		L.S.D 0.05 = 1.70		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 10. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الفقد المطلق (%) للثمار بطور النضج الأخضر والمخزنة في درجة حرارة (13 و8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين/ أسبوع										متوسط المعاملات	
		1	2	3	4	5		6		7		8			
	control	0	0	0	0	A	19.17	A	19.54	A	26.19	A	28.28	A	11.65
	V.E	0	0	0	0	B	0	B	0	B	0	B	2.94	B	0.37
	SNP	0	0	0	0	B	0	B	1.4	B	4.66	B	7.31	B	1.67
	CTS	0	0	0	0	B	5.67	B	5.92	B	8.47	B	8.47	B	3.57
	MeJa	0	0	0	0	B	0	B	0	B	8.42	B	8.34	B	2.10
	1-MCP	0	0	0	0	B	0	B	0	B	0	B	5.21	B	0.65
	AVG	0	0	0	0	B	0	B	4.47	B	7	B	7.01	B	2.31
	L.S.D $_{0.05}$	-	-	-	-	7.52		9.94		14.17		16.54		L.S.D. $_{0.05}$= 5.22	

تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.

الجدول 11. تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الفقد المطلق (%) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور نضج التحول Turning	المعاملات	مـدة التخـزين/ أســـبوع								متوسط المعاملات	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
	control	0	0	0	0	A 9.41	A 10.79	AB 19.73	A 19.93	A	7.48
	V.E	0	0	0	0	B 0	B 0	C 2.00	B 2.12	D	0.52
	SNP	0	0	0	0	B 0	B 0	C 5.15	B 6.00	D	1.39
	CTS	0	0	0	0	AB 6.48	A 7.61	A 12.42	A 16.03	B	5.32
	MeJa	0	0	0	0	B 0	B 0	C 3.41	AB 8.53	D	0.49
	1-MCP	0	0	0	0	B 0	B 0	C 0	B 2.43	D	0.30
	AVG	0	0	0	0	B 0	B 0	A 15.23	A 16	C	3.90
	L.S.D $_{0.05}$	-	-	-	-	9.78	4.82	6.52	12.95	L.S.D $_{0.05}$ =1.17	

تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.

4.6 تأثير معاملات ما بعد القطاف في مؤشرات اللون a* :

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات مؤشر اللون a* للمعاملات خلال مدة التخزين:

يُبين الجدول رقم (12) تغيرات قيمة مؤشر التلون a* لقشرة ثمار البندورة المقطوفة بطور النضج الأخضر خلال مدة التخزين وتأثير المعاملات المدروسة فيها. إذ بلغت القيم عند بداية التخزين(−31.24)، ثم لوحظ حدوث زيادة معنوية في شدة التغيرات اللونية (المؤشر a*) لقشرة ثمار معاملة **الشاهد** خلال فترة التخزين حيث بلغت 46.28 في الأسبوع الثامن. لوحظ أيضاً تغيراً مشابهاً في ثمار جميع المعاملات، فقد ازدادت قيم a* معنوياً خلال فترة التخزين، حيث تراوحت قيمة a* في **الثمار المعاملة** عند نهاية التخزين ما بين 39.16 في الثمار المعاملة بـ VE و42.69 في الثمار المعاملة بـ 1−MCP.

ب. التغيرات بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

يُلاحظ في **الأسبوع الأول** من التخزين تفوق معنوي لمعاملة الشاهد 37.69 بالمقارنة مع باقي المعاملات عدا معاملتي SNP وAVG وVE والتي بلغت 31.84 و31.20 و29.27، على التوالي. لوحظ عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات VE وSNP وCTS وMeJa وAVG حيث سجلت 29.27 و31.84 و26.60 و27.43 و31.20، على التوالي. ونجد أن المعاملة بـ 1−MCP قد أخرت تلون الثمار باللون الأحمر فكانت قيمة a* 3.17 وهي أقل من باقي المعاملات وبفارق معنوي (جدول 12). واستمرت المعاملة بـ 1−MCP بالحد من التغير اللوني حتى الأسبوع السادس من التخزين بقيم تراوحت من 4.39 وحتى 35.35 وبفارق معنوي مقارنة بالمعاملات الأخرى، عدا المعاملة بـ VE (36.94). وعند **نهاية مدة التخزين** ازدادت قيمة a لثمار الشاهد (46.28) وبفارق معنوي كبير بالمقارنة مع باقي المعاملات والتي لم نجد فيما بينها أي فرق معنوي وتراوحت القيم بين 39.16 و42.69.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات ازدياد التلون بالأحمر في ثمار الشاهد، وتراجع التلون مع المعاملة بـ SNP ثم VE وCTS وMeJa وAVG، وتدنت قيم a في المعاملة بـ1−MCP.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات مؤشر اللون *a للمعاملات خلال مدة التخزين:

تُوضح البيانات الواردة في الجدول (13) تغيرات قيم*a الدالة على تحول لون الثمار من الأخضر إلى الأحمر، إذ بلغت عند بداية التخزين للثمار بطور التحول 14.70، ويُلاحظ زيادة معنوية في شدة التلون لكافة المعاملات بدءاً من الأسبوع الأول عدا معاملتي 1-MCP وAVG، حيث لم تَظهر فروق معنوية في الثمار المعاملة بـ **1-MCP** إلا بعد مضي أربعة أسابيع من التخزين فوصلت لـ 29.45 ثم ازدادت معنوياً شدة التلون في نهاية مدة التخزين لتصل لـ 43.93. كذلك الأمر بالنسبة للمعاملة بـ **AVG** والتي أخرت تطور اللون حتى الأسبوع الثاني (32.89) تلا ذلك زيادة معنوية لتصل عند نهاية التخزين إلى 40.29. زادت القيم بشكل متدرج معنوي في المعاملة بـ **VE** و**CTS** و**MeJa** فبلغت عند الأسبوع الثاني 34.26 و40.07 و38.96، على التوالي، واستمرت الزيادة حتى نهاية مدة التخزين (34.82 و42.02 و41.48، على التوالي). لم يُلاحظ فروقات معنوية بقيم *a بين مراحل التخزين السابقة (جدول13). زادت قيم *a في معاملة **الشاهد** لكن لم يُلاحظ فروقات معنوية من الشهر الأول وحتى نهاية مدة التخزين أي من 40.06 وحتى 46.71، كذلك الأمر بالنسبة للمعاملة بـ **SNP** من 38.12 وحتى 42.99.

ب. تغيرات قيم *a بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

لوحظ زيادة معنوية في تلون الثمار باللون الأحمر مع التقدم بالنضج بدءاً من **الأسبوع الأول** لمعاملات الشاهد وVE وCTS (29.69 و26.08 و31.65، على التوالي). في حين أخرت المعاملة بـ 1-MCP وAVG من تلون الثمار (11.58 و17.52، على التوالي) وبفارق معنوي بالمقارنة مع المعاملات الأخرى. وسُجل عند المعاملة بـ MeJa 24.16 مع عدم وجود فروق معنوية بالمقارنة بـ AVG (جدول 13).

لوحظ زيادة معنوية في التلون بعد مضي **أسبوعين** من التخزين لثمار الشاهد والمعاملة CTS 39.54 و40.07، على التوالي مقارنةً بباقي المعاملات، بينما لم تظهر فروق معنوية بين VE وMeJa كما لم تظهر الفروق بين VE وSNP وAVG (جدول 13).

ازدادت شدة التلون في **الأسبوع الرابع** بالنسبة للثمار المعاملة بـ CTS معنوياً (42.43) بالمقارنة بالمعاملات الأخرى عدا الشاهد. ولم تظهر فروقات معنوية في القيم بين الـ VE وSNP

و MeJa و AVG حيث بلغت 38.67 و 38.12 و 36.12 و 35.98، على التوالي. كذلك لم يلاحظ فروق معنوية بين معاملة الشاهد و VE و SNP (جدول 13).

حققت ثمار الشاهد في **نهاية مدة التخزين** أعلى قيمة لـ a* (46.71) بفروقات معنوية عن باقي المعاملات، في الوقت الذي لم تظهر هذه الفروقات بين المعاملات، عدا المعاملة بفيتامين E حيث سجل أقل قيمة معنوياً لمؤشر التلون (34.82).

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات ازدياد التلون في ثمار الشاهد والمعاملة بـ MeJa، وتراجعت قيم اللون مع باقي المعاملات، وانخفضت القيم في المعاملة بـ 1-MCP.

4.7 تأثير معاملات ما بعد القطاف في مؤشر سطوع اللون L* (lightness of colors):

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات مؤشر السطوع L* للمعاملات خلال مدة التخزين:

نعرض في الجدول رقم (14) تغيرات درجة سطوع الثمار L*. سَجلت الثمار بطور النضج الأخضر (93.60) عند بداية التخزين، ويُلاحظ تناقص درجة سطوع الثمار مع التقدم بالنضج وزيادة مدة التخزين، أي زيادة درجة التلون من اللون الفاتح باتجاه اللون الداكن لكافة المعاملات بدءاً من الأسبوع الأول وبفروقات معنوية فيما بينها.

لوحظ تغير لوني باتجاه الأحمر الداكن لوجود فروقات معنوية في قيم L في ثمار الشاهد من الأسبوع الأول (46.44) وحتى نهاية مدة التخزين (44.81). وفي جميع ثمار المعاملات كذلك، ففي معاملة **VE** من 48.55 وحتى 45.28. والمعاملة بـ **SNP** من 49.59 وحتى 44.25. ومع معاملة**MeJa** من 47.27 وحتى 44.29. بينما كان الفرق معنوي بين نهاية التخزين وبدايته عند المعاملة بـ **AVG** 40.25 و 52.11، على التوالي. حافظت المعاملة بـ **1-MCP** على سطوع اللون حتى الأسبوع الرابع من التخزين تلا ذلك انخفاضاً معنوياً حتى نهاية فترة التخزين وتراوحت القيم لهذه المدة من 53.53 إلى 51.09. ولوحظ أيضاً انخفاضاً معنوياً في المعاملة **CTS** امتد من الأسبوع الرابع 44.40 حتى نهاية التخزين 41.99 بالمقارنة مع الأسبوعين الأول 50.52 والثاني 50.46، على التوالي.

ب. تغيرات مؤشر السطوع بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

تُبين دراسة المعطيات الواردة في الجدول (14) قدرة المعاملة بـ 1-MCP في الحفاظ على قيم أعلى للسطوع وبفروقات معنوية مقارنةً بالمعاملات الأخرى وذلك طوال مدة التخزين بقيم بلغت في الأسبوع الأول والثاني والرابع والسادس والثامن 69.63 و66.25 و53.53 و51.10 و51.09، على التوالي. لم يُلاحظ وجود فروقات معنوية بين باقي المعاملات خلال مدة التخزين لكن عند نهاية المدة كانت المعاملة بـAVG و CTS الأقل قدرة في تأخير النضج والإبطاء من تلون الثمار بالمقارنة مع باقي المعاملات في هذه الدراسة.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ 1-MCP، تلتها باقي المعاملات.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات مؤشر السطوع *L للمعاملات خلال مدة التخزين:

تدل النتائج الواردة في الجدول (15) على تغير قيم *L للثمار المقطوفة بطور التحول، حيث بلغت عند بداية التخزين 87.79، ثم حدث انخفاض معنوي متدرج في القيم مع زيادة مدة التخزين والتقدم بالنضج لكافة المعاملات بدءاً من الأسبوع الأول. لم تظهر فروقات معنوية من الأسبوع الثاني حتى الأسبوع الثامن في كافة المعاملات، حيث تراوحت القيم في معاملة **الشاهد** من 44.04 وحتى 38.98، وفي المعاملة بـ **VE** من 45.60 وحتى 42.91، وفي معاملة الـ **CTS** من 42.13 وحتى 41.16، وفي معاملة الـ **MeJa** من 44.61 وحتى 40.92. أما معاملة الـ **AVG** فحافظت على قيم*L في الأسبوعين الأول والثاني (56.43 و54.33، على التوالي)، ولم تتغير القيم معنوياً من الأسبوع الرابع وحتى الأسبوع الثامن.

تميزت المعاملة بـ **1-MCP** و**SNP** في المحافظة على سطوع قشرة الثمار ضمن الفترة الممتدة من الأسبوع الثاني وحتى الرابع من التخزين بقيم بلغت 56.64 و53، على التوالي، للمعاملة بـ 1-MCP. و48.83 و44.04، على التوالي، للمعاملة بـ SNP. بينما لم تظهر فروق معنوية في المعاملتين المذكورتين من الأسبوع الرابع وحتى نهاية التخزين بقيم 42.24 للمعاملة SNP و47.44 للمعاملة 1-MCP.

ب. تغيرات مؤشر السطوع *L بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

كان للمعاملة بـ 1-MCP الدور الأبرز وبفارق معنوي عن باقي المعاملات في الحد من التغير بقيم L طوال مدة التخزين. كما يُلاحظ الدور الإيجابي للمعاملة بـ AVG في الحفاظ على

قيم أعلى خلال الأسبوعين الأول والثاني من التخزين، حيث بلغت56.43 و 54.33، على التوالي مقارنة بباقي المعاملات. لم يلاحظ بعد مضي **شهر** على التخزين فروقات معنوية بين معاملة الشاهد وVE وSNPوCTS وMeJa (39.27 و43.2 و44.04 و38.34 و42.86، على التوالي). مع ملاحظة تفوق معنوي للمعاملة بـ AVG (48.74) مقارنة بالشاهد وCTS.

حققت المعاملة بـ 1-MCP عند نهاية مدة التخزين أعلى القيم معنوياً 47.44 مقارنة بباقي المعاملات التي لم تظهر فيما بينها أية فروقات معنوية، في الوقت الذي انخفضت معنوياً فيه القيم في الشاهد ليسجل 38.98.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ 1-MCP ثم المعاملة بـ AVG، تاتها المعاملة بـ VE وSNP، وتدنت القيم في ثمار الشاهد والـ MeJa.

يتأثر لون ثمار البندورة بعدة عوامل أهمها نسبة الصبغات الموجودة في الثمرة وخاصة الليكوبين والذي يتأثر بالعوامل البيئية والطبيعية وشكل الثمار والصنف ومرحلة النضج والسطوع الشمسي ودرجة الحرارة وظروف ومعاملات التخزين، وإن سرعة زيادة قيم مؤشرات اللون a هي دليل على سرعة نضج الثمار فكلما زادت قيمته دل ذلك على زيادة محتوى ثمار البندورة من الليكوبين، وكلما قلت، إلى درجة تصبح معها سالبة، أعطت دليل على عدم نضج الثمرة وبقائها خضراء (نجلا، 2013)، وعندما تكون قيم اللون a منخفضة وقيم الصلابة مرتفعة فهذا دليل على أن الثمار تنضج ببطء بالمقارنة مع غيرها (MARŠIĆ وزملاؤه، 2011). تعد عملية نضج ثمار البندورة عملية معقده، وهي مُبرمجة جينياً والنتيجة النهائية هي التغيرات التي تقود للنضج كالتغيرات في اللون والقوام والرائحة والنكهة. تتكون الأصبغة المميزة لثمار البندورة الناضجة الحمراء نتيجة لتشكل الكاروتينات carotenoids، وبشكل رئيسي الليكوبين lycopene و β -كاروتين والذي يرتبط بهما تحول لون الثمار من الأخضر الذي يبدأ بالاختفاء تدريجياً مع التقدم بالنضج إلى اللون الأحمر، وتختلف شدة التدرج اللوني من الأخضر إلى الأحمر تبعاً لمعاملات ما بعد القطاف بهدف تثبيط التغيرات والتفاعلات الكيميائية والأنزيمية وإنتاج الإثيلين المؤدي لتحلل الكلوروفيل (Jan، 2008). أي أن اللون الأحمر ينتج من تحلل الكلوروفيل وتركيب الليكوبين وغيره من الكاروتينات وتحول الصانعات الخضراء (الكلوروبلاست) إلى الصانعات الملونة (كروموبلاست) (Garcia

وDiane، 2006). هذا ويعد تغير لون ثمار البندورة واحداً من أهم مؤشرات الجودة لتقييم درجة النضج.

ترتبط الخسارة في اللون في ثمار البندورة بالأثيلين ذاتي المنشأ (Lu وزملاؤه، 2010). وقد أكد Guill´en وزملاؤه (2007) أن لون ثمار البندورة له علاقة وثيقة مع درجة قبول المستهلك للسلعة، وأن التغير السريع في اللون بعد الحصاد وأثناء التخزين مرتبط بتدهور النوعية وقصر عمر الثمار.

بينت نتائجنا زيادة قيم *a مع التقدم بالنضج وزيادة مدة التخزين لكافة المعاملات ولكلا طوري النضج، لكن معاملة ثمار البندورة بـ **1-MCP** ولكلا الطورين خفضت من سرعة تغير مؤشر اللون *a. وحققت المعاملة بـ1-MCP أفضل النتائج في الحد من التغيرات اللونية لثمار البندورة المعاملة ولكلا طوري النضج، بمعنى أخر أن المعاملة أثرت في تأخير تحول لون الثمار من اللون الأخضر إلى اللون الأحمر أي تأخير النضج. وقد أكدGajewski وزملاؤه (2015) وTadesse وزملاؤه (2012) نتائج مطابقة، حيث أن المعاملة بـ 1-MCP خفضت من قيم شدة التلون a في ثمار البندورة المخزنة. وإن انخفاض قيم a دل على زيادة محتوى قشرة الثمار من الكلوروفيل وبالتالي بطء تلونها بالأحمر (Jan، 2008). كما أوضحت دراسة لـ Sun وزملاؤه (2102) أن قيم معامل Hue كانت أعلى من الشاهد وحافظت على مستوى أعلى لقيم a وL. دراسات أخرى أكدت الحد من تغير قيم **L** عند المعاملة بـ 1-MCP (Rocculi وزملاؤه، 2009). علماً أن قيم L تتدرج من الـ 100 ويقابل اللون الأبيض إلى الـ 0 المقابل للون الأسود أي أنه كلما زادت قيمته زاد تدرج سطوع اللون (فاتح إلى داكن). وبالنسبة لثمار البندورة فإن التقدم بالنضج يترافق مع زيادة قيم a وانخفاض قيم L أي تحول اللون من الأخضر الفاتح إلى الأحمر الفاتح فالأحمر الداكن المرافق لطور النضج الأحمر، ويرجع ذلك إلى دور الإثيلين في تحلل صبغة الكلوروفيل وتراكم صبغات الليكوبين المسؤولة عن اللون الأحمر في ثمار البندورة وذلك مع تقدمها بالنضج (Huber، 2008؛ Jan، 2008). وبالتالي المعاملة المؤدية لإعاقة إنتاج الإثيلين هي المسؤولة عن تأخر التلون وتأخير النضج. وتتوافق نتائجنا مع دراسة لـ Longling (2012) أشار فيها إلى أن معاملة ثمار البندورة بـ 1- MCP قد حققت أفضل النتائج بالنسبة لمؤشرات اللون ,a و L بالمقارنة مع الثمار غير المعاملة. كما أكد Okan وزملاؤه (2013) الأثر الإيجابي لـ 1-MCP عند معاملة ثمار البندورة صنف " cv. Zoro" بطور النضج الوردي والمنتجة حقلياً والمخزنة عند درجة حرارة 13 درجة مئوية، في

تأخير النضج وتلون الثمار. نتائج موافقة وردت في دراسة لـ (Ohashi وزملاؤه، 2016) على ثمار الجوافة.

كما أوضح Phebe و Ong(2010) عند معاملة الثمار بتراكيز مختلفة من 1-MCP وبأزمنة مختلفة ثم تخزينها، أن معامل °H وقيم السطوع L أعلى بالمقارنة مع الشاهد. وقد يعود ذلك لدور 1-MCP في الحد من تسارع النضج وإعاقة التغيرات اللونية لمؤشري اللون a و L.

توافقت النتائج التي توصلنا إليها مع ما وجد MARŠIĆ وزملاؤه(2011)، عند المقارنة بين عدة أصناف من البندورة، حيث أن مؤشرات اللون في ثمار البندورة، تتأثر تبعاً لمرحلة النضج وحدوث التنفس الكلايمكتري، وأشار إلى أن لثمار البندورة الناضجة قيم مرتفعة لـ a وقيم منخفضة لـ L. كذلك الأمر جاءت نتائجنا مشابهة مع لدراسة أجراها Villalobos-Acu˜na وزملاؤه (2011) على ثمار الإجاص، و Hassan و Mahfouz (2012) على نبات الريحان.

أثرت المعاملة بـ **SNP** في تأخير تلون الثمار بطور نضج التحول، نتائج مطابقة أكدها Lai وزملاؤه (2011) فقد وجدوا أن المعاملة أعاقت وبشكل معنوي تلون البيريكارب باللون الأحمر في ثمار البندورة. كما أشار Eum وزملاؤه (2009) أن معاملة ثمار البندورة بطور التحول أدى لانخفاض إنتاج الإيثلين وأخر تطور اللون.

حافظت المعاملة بـ **AVG** على قيم مؤشرات اللون a و L خلال الأسبوع الأول من التخزين فقط، وهذه النتيجة متوافقة مع نتائج Cassandro وزملاؤه (2002) على ثمار التفاح، حيث أخرت المعاملة التلون باللون الأحمر مدة 12 يوماً فقط، وقد أشاروا أيضاً إلى أن المعاملة بـ AVG قد تضعف جودة الثمار من خلال منع تشكل المواد العطرية المسؤولة عن النكهة volatiles كما أنها تساعد على تطور اللون الأحمر لقشرة الثمار. في حين أشارت دراسة لـ Silverman وزملاؤه (2004) على ثمار التفاح 'Red chief 'Delicious بعدم تأثير المعاملة بـ AVG في قيم مؤشر اللون a أثناء التخزين. توصل Kang وزملاؤه(2007) إلى أن رش ثمار التفاح صنف "Tsugaru" بـ AVG تركيز 75مغ/ل أدت لزيادة مؤشر اللون الأحمر a* مع التقدم بالنضج.

توافقت نتائجنا أيضاً مع نتائج Yildiz وزملاؤه (2012) في أن رش ثمار التفاح صنف 'Red Chief' بـ AVG تركيز 150 و300 و600 مغ/ل أخر من نضج الثمار، وخفضت المعاملة من إنتاج الإثيلين في المراحل الأولى من التخزين، كما زادت قيم مؤشر اللون L* ومعامل hue.

نتائج متوافقة أيضاً أكدهاDuane (2004) عند رش ثمار التفاح كولدن ديليشيس بـ AVG فقد خفضت المعاملة من إنتاج الاثيلين في مرحلة الكلايميكتري فقط، وأخرت نضج العديد من الثمار لمنع AVG التخليق الحيوي للإثيلين ولذلك تأخرت في التلون، وأظهرت المعاملة بـ AVG تأثير إيجابي في الحفاظ على مؤشرات الجودة للثمار خلال مدة تتراوح من 10 –14 يوماً من المعاملة، وأضافوا أن فعالية الرش بـ AVG تتعلق بالقدرة على تغطية الثمار بشكل كامل أثناء الرش. كما أدت معاملة ثمار التفاح بألفاتيكوفيرول تركيز (0.1% و4%) إلى زيادة في درجة التلون بالأحمر مع عدم التأثير على درجة النضج بالمقارنة مع الشاهد غير المعامل (Schmitz وNoga، 1998).

لم يظهر تأثير معنوي للمعاملة بـ **MeJa** في الحد من التغيرات اللونية قيم اللون (a وL) في كلا طوري النضج، وجاءت هذه النتيجة متوافقة مع Kondo وزملاؤه (2005) في أن المعاملة بـ MeJa شجعت اختفاء الكلوروفيل وزادت من التلون الأحمر لثمار التفاح، حيث أن منظمات النمو تحسن من تلون الثمار فقد زادت من تلون ثمار التفاح الأحمر في مرحلة ما قبل وما بعد الكلايمكترية. وتوافقت نتائجنا مع ما توصل له Baltazar وزملاؤه(2007) على ثمار البندورة Charleston. كما ذكر Gonza´lez–Aguilar´ وزملاؤه (2004) أن المعاملة بـ MeJa يمكن أن تحسن من اصطناع الإثيلين وتسرع عمليات تلون الثمار في ثمار التفاح والمانغو. كما توافقت نتائجنا مع Öztürk وزملاؤه (2013) عند معاملة التفاح صنف "Fuji"، حيث ازداد مؤشر اللون a*مع المعاملة بـ MeJA وأوضحوا أن المعاملة بـ MeJa حسنت من تشكل الأصبغة في قشرة الثمار، وأشاروا إلى أن تأثيرMeJA في تحرر الإثيلين يعتمد على مرحلة نمو الثمرة ويمكنه أن يُسرع النضج ويُسرع من تفكك الكلوروفيل ويزيد من تراكم الكاروتينات.

لوحظ من دراسة نتائج باقي المعاملات المستخدمة في هذه الدراسة أن معظمها أحيانا لم تُظهر تأثير معنوي في الحد من التغيرات اللونية وأحيانا أخرى لم تبدي فروقات معنوية فيما بينها، وربما يعود ذلك إلى ظروف التخزين المّبرد والذي يعمل بدوره على الحد من التغير في لون الثمار، لكن ظهرت فروق معنوية لمؤشري اللون L*, a* في الفترة الأخيرة من مدة التخزين. نتائج متوافقة أشار إليها Baltazar وزملاؤه (2007)، حيث أن تغيرات قيم اللون كانت أقل في ثمار البندورة المخزنة عند درجة حرارة 10 درجة مئوية وذلك يعود لانخفاض درجة الحرارة. كما لم تُظهر المعاملة بـ (V.E وCTS) فروق معنوية فيما بينها بمؤشر اللون L*, a* وكانت بمعظم الأحيان ذات سلوك مشابهه لمعاملة الشاهد.

الجدول 12. تأثير المعاملات المدروسة في قيم مؤشر اللون (a*) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع												L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		0		1		2		4		6		8				
	control	-31.24 **c**		A	37.69 **b**	A	47.13 **a**	A	49.39**a**	A	49.34 **a**	A	46.6 **a**	4.51	A	45.97
	V.E	-31.24 **c**		AB	29.27 **b**	BC	35.67 **a**	BC	40.79 **a**	CD	36.94 **a**	B	39.16 **a**	6.10	C	36.37
	SNP	-31.24 **c**		AB	31.84 **b**	B	38.64 **a**	BC	42.42 **a**	B	42.42 **a**	B	40.80 **a**	6.75	B	39.22
	CTS	-31.24 **c**		B	26.6 **b**	C	30.80 **b**	BC	40.35 **a**	AB	45.11 **a**	B	41.98 **a**	5.94	BC	36.97
	MeJa	-31.24 **d**		B	27.43 **c**	BC	34.26 **b**	C	38.37**ab**	BC	40.99 **a**	B	40.50 **a**	5.60	C	36.31
	1-MCP	-31.24 **d**		C	3.17 **c**	D	4.39 **c**	D	30.88 **b**	D	35.35**ab**	B	42.69 **a**	7.35	D	23.30
	AVG	-31.24 **c**		AB	31.20 **b**	BC	32.29 **b**	B	44.30 **a**	B	44.43 **a**	B	41.15 a	5.39	BC	38.67
L.S.D 0.05		8.88				7.57		4.71		4.46		3.57		-	L.S.D 0.05 =2.49	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات خلا ل الزمن نفسه.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 13. تأثير المعاملات المدروسة في قيم مؤشر اللون (a*) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع												L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		0		1		2		4		6		8				
	control	14.70 **d**		29.69 **c**	**AB**	39.54 **b**	**A**	40.6 **ab**	**AB**	42.71 **ab**	**AB**	46.71 **a**	**A**	7.07	35.66	A
	V.E	14.70 **c**		26.08 **b**	**AB**	34.26 **a**	**BC**	38.67 **a**	**BC**	39.48 **a**	**C**	34.82 **a**	**C**	6.85	31.34	B
	SNP	14.70 **d**		24.84 **c**	**B**	31.95 **bc**	**C**	38.12 **ab**	**BC**	38.25 **ab**	**C**	42.99 **a**	**B**	7.93	31.81	B
	CTS	14.70 **c**		31.65 **b**	**A**	40.07 **a**	**A**	42.43 **a**	**A**	42.89 **a**	**A**	42.02 **a**	**B**	7.49	35.63	A
	MeJa	14.70 **c**		24.16 **b**	**BC**	38.96 **a**	**AB**	36.12 **a**	**C**	39.82 **a**	**BC**	41.48 **a**	**B**	7.00	32.54	AB
	1-MCP	14.70 **c**		11.38 **c**	**D**	13.93 **c**	**D**	29.45 **b**	**D**	37.71 **ab**	**C**	43.93 **a**	**AB**	8.91	25.18	C
	AVG	14.70 **c**		17.52 **c**	**CD**	32.89 **b**	**C**	35.98 **ab**	**C**	38.55 **ab**	**C**	40.29 **a**	**B**	7.22	29.99	B
	L.S.D 0.05	6.71				5.02		3.32		2.97		4		-	L.S.D 0.05 =3.11	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 14. تأثير المعاملات المدروسة في قيم مؤشر السطوع (L*) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8				
	control	93.60 **a**		B	51.88 **b**	B	46.44 **bc**	B	45.77 **bc**	BC	44.60 **c**	B	44.81 **c**	B	54.52	7.03
	V.E	93.60 **a**		B	53 **b**	B	48.55 **bc**	B	45.13 **c**	BC	45.34 **c**	B	45.28 **c**	B	55.15	6.79
	SNP	93.60 **a**		B	53.53 **b**	B	49.59 **bc**	B	46.90 **bc**	B	46.90 **bc**	B	44.25 **c**	B	55.80	7.40
	CTS	93.60 **a**		B	50.52 **b**	B	50.46 **b**	B	44.49 **bc**	C	42.34 **c**	BC	41.99 **c**	B	53.90	6.53
	MeJa	93.60 **a**		B	54.68 **b**	B	47.27 **c**	B	44.79 **c**	BC	44.37 **c**	B	44.29 **c**	B	54.83	6.20
	1-MCP	93.60 a		A	69.63 **b**	A	66.25 **b**	A	53.53 **c**	A	51.1 **c**	A	51.09 **c**	A	64.20	6.44
	AVG	93.60 **a**		B	52.11 **b**	B	50.28 **b**	B	47.40 **b**	BC	45.59 **bc**	C	40.25 **c**	B	54.87	6.68
	L.S.D 0.05	6.11				6.76		4.17		3.76		3.37		L.S.D 0.05= 2.70		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 15. تأثير المعاملات المدروسة في قيم مؤشر السطوع (L*) للثمار المخزنة بطور التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور التحول	المعاملات	مدة التخزين / أســـــبوع												L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		0		1		2		4		6		8				
	control	87.79 **a**		C	49.94 **b**	D	44.04 **c**	C	39.27 **c**	D	38.97 **c**	C	38.98 **c**	5.27	DE	49.83
	V.E	87.79 **a**		BC	52.65 **b**	CD	45.60 **c**	BC	43.20 **c**	BC	42.81 **c**	B	42.91 **c**	5.37	C	52.49
	SNP	87.79 **a**		B	55.36 **b**	C	48.83 **c**	BC	44.04 **cd**	BC	42.25 **d**	B	42.24 **d**	6.01	BC	53.42
	CTS	87.79 **a**		D	46.07 b	D	42.13 bc	C	38.34 c	CD	40.15 bc	BC	41.16 bc	6.77	E	49.27
	MeJa	87.79 **a**		BC	52.73 **b**	D	44.61 **c**	BC	42.86 **c**	BC	42.51 **c**	BC	40.92 **c**	6.04	CD	51.90
	1-MCP	87.79 **a**		A	59.69 **b**	A	59.64 **b**	A	53 **bc**	A	47.45 **c**	A	47.44 **c**	7.23	A	59.17
	AVG	87.79 **a**		AB	56.43 b	B	54.33 bc	AB	48.74 cd	B	42.86 **d**	B	42.62 **d**	6.12	B	55.46
	L.S.D 0.05			3.92		3.74		6.69		2.66		2.77		-	**L.S.D 0.05**= 2.38	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

معايير الأكسدة Oxidative Parameters:

4.8 تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من بيروكسيد الهيدروجين hydrogen peroxide H_2O_2:

الثمار المقطوفة في طور النضج الأخضر:

أ. تغيرات تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 خلال فترة التخزين:

تدل البيانات الواردة في الجدول (16) على وجود زيادة معنوية في تراكم H_2O_2 مع تقدم الثمار بالنضج وبشكل تدريجي لتصل أقصاها عند نهاية مدة التخزين. تراوحت القيم مع معاملة **الشاهد** من بداية وحتى نهاية فترة التخزين من 8 إلى 80.12 ميكرومول/غ وزن رطب، ولم نلاحظ وجود فرق معنوي في تراكم H_2O_2 في الأسبوعين الرابع والسادس 74.07 و75.40 ميكرومول/غ وزن رطب. لوحظ زيادة أيضاً معنوية بين فترات التخزين المختلفة من البداية إلى نهاية مدة التخزين عند الثمار المعاملة بـ **AVG** و**VE** بقيم تراوحت من 8 ميكرومول/غ وزن رطب إلى 50.81 و93.06 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. يُلاحظ سلوك مماثل للثمار المعاملة بـ **CTS** من الأسبوع الأول وحتى الثامن للتخزين (22.71 و30.15 ميكرومول/غ وزن رطب)، مع غياب الفرق المعنوي بين الأسبوعين الثاني والرابع (27.88 و28.33 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي). لم يظهر الفرق المعنوي للزيادة في تركيز H_2O_2 مع الثمار المعاملة بـ **1-MCP** إلا بعد مضي أسبوعين على التخزين22.94 ميكرومول/غ وزن رطب، وعند نهاية التخزين ازدادت القيم لتصل إلى 48.65 ميكرومول/غ وزن رطب. كانت الزيادة معنوية مع المعاملة بـ **SNP** عند الأسبوع الأول 26.14 والرابع 45.41 ميكرومول/غ وزن رطب، ولم يظهر فرق معنوي بين الأسبوعين الأول والثاني، وازدادت قيمة هذا المؤشر لتصل إلى 61.24 ميكرومول/غ وزن رطب، عند نهاية فترة التخزين. سَجلت المعاملة بـ **MeJa** زيادة معنوية بأعلى مستوى في الأسبوعين السادس والثامن (43.30 و45.23 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي).

ب. تغيرات تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

ازداد معنوياً تركيز H_2O_2 في الثمار المعاملة بـ VE خلال الأسبوعين **الأول** و**الثاني** 37.18 و40.68 ميكرومول/غ وزن رطب، وانخفض التركيز معنوياً في **الأسبوع الأول** في الثمار المعاملة

بـ 1-MCP 8.33 ميكرومول/غ وزن رطب، في الوقت الذي غابت فيه الفروقات المعنوية بين المعاملة بـ AVG وCTS وMeJa فبلغ 21.81 و22.71 و22.58 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي.

استمر في **الأسبوع الثاني** انخفاض تركيز H_2O_2 معنوياً مع المعاملة بـ 1-MCP (22.94 ميكرومول/غ وزن رطب) وللمعاملة بـ AVG (22.91 ميكرومول/غ وزن رطب). ولم تظهر فروقات معنوية بين معاملات الشاهد وMeJa وSNP (25.67 و25.77 و26.67 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي). أيضاً لم يظهر فرق معنوي بين CTS وSNP (27.88 و26.67 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي).

أظهرت المعاملة بـ CTS و1-MCP وMeJa في **الشهر الثاني** من التخزين (خلال الأسابيع الرابع والسادس والثامن) تدني تركيز H_2O_2 معنوياً بالمقارنة مع المعاملات الأخرى مع وجود فروقات معنوية فيما بينها (جدول16)، حيث تراوحت القيم مع المعاملة بـ 1-MCP بين 24.60 وَ48.65 ميكرومول/غ وزن رطب. وبين 28.33 إلى 30.15 ميكرومول/غ وزن رطب للمعاملة بـ CTS. ومن 26.59 إلى 45.32 ميكرومول/غ وزن رطب للمعاملة بـ MeJa. كما حققت المعاملة بـ AVG وفي نفس الفترة التخزينية (خلال الأسابيع الرابع والسادس والثامن) تفوق معنوي مقابل معاملات الشاهد وSNP وVE بقيم تراوحت من 34.19 إلى 50.81 ميكرومول/غ وزن رطب.

نجد بدراسة الفروق المعنوية **بين متوسطات المعاملات** خلال 8 أسابيع من التخزين المبرد، أن ثمار الشاهد كانت أكثر محتوى من H_2O_2 تلاها الثمار المعاملة بـ VE. وانخفض تركيز H_2O_2 مع المعاملة بـ SNP والمعاملة AVG وMeJa، بينما سجلت بـ CTS و1-MCP أدنى القيم مع عدم وجود فروق معنوية فيما بينها.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 خلال فترة التخزين حسب المعاملة:

يُبين الجدول (17) تغير المحتوى من H_2O_2 للثمار المخزنة بطور التحول خلال فترة التخزين المدروسة. فقد ازداد المحتوى من بيروكسيد الهيدروجين مع تقدم الثمار بالنضج وزيادة مدة التخزين بالنسبة للمعاملات كافة. يُلاحظ زيادة معنوية تدريجية وبفروقات معنوية بين فترات التخزين المختلفة لثمار **الشاهد** وللمعاملة بـ **VE**، حيث تراوحت القيم في الأسبوع الأول من 22.82 و40.38

ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي، إلى 75.75 ميكرومول/غ وزن رطب لكليهما في الأسبوع الثامن عند نهاية التخزين. وتراوحت القيم في نفس الفترة الزمنية بالنسبة للمعاملة بـ **AVG** من11.67 إلى54.96 ميكرومول/غ وزن رطب، ولم يظهر فرق معنوي في التركيز بين الأسبوعين الأول والثاني (جدول 17).

بدأت الفروقات المعنوية لمحتوى H_2O_2 بالظهور بعد أسبوعين من التخزين للثمار المعاملة بـ **1-MCP** و**MeJa** و**SNP** (16.67 و25.37 و23.85 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي).

تَباينت تراكيز الـ H_2O_2 مع المعاملة بـ**SNP** من 10 إلى 41.90 ميكرومول/غ وزن رطب من بداية التخزين وحتى نهايته. واتّسمت الزيادة المعنوية الحاصلة في مستوى H_2O_2 بالبطء بالمقارنة مع باقي المعاملات حيث غابت الفروقات المعنوية بين فترات التخزين مثل بداية التخزين والأسبوع الأول، وبين الأسبوع الثاني والرابع، وبين الرابع والسادس، وبين السادس والثامن (جدول 17).

ب. تغيرات تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بين المعاملات خلال كل فترة زمنية:

يُبين الجدول (18) وجود زيادة معنوياً في المحتوى من H_2O_2 خلال **الأسبوعين الأول** و**الثاني** للتخزين في الثمار المعاملة بـ VE مقارنة باقي المعاملات (40.38 و47.41 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي). وللمعاملة بـ CTS (23.65 و30.09 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي). في الوقت الذي بلغ التركيز مع ثمار الشاهد 22.82 ميكرومول/غ وزن رطب. وتدنت القيم مع عدم وجود فروقات معنوية في الأسبوع الأول بالنسبة لباقي المعاملات AVG و1-MCP وMeJa وSNP. في **الأسبوع الرابع** ازداد المحتوى من H_2O_2 في كل من معاملات CTS فالمعاملة بـ VE فثمار الشاهد (60.78 و55.56 و50.33 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي) مع وجود فروقات معنوية فيما بينها. بينما قل محتوى الثمار من H_2O_2 في المعاملة بـ 1-MCP وSNP (33.33 و30.59 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي)، وكذلك الثمار المعاملة بـMeJa42.13 ميكرومول/غ وزن رطب. لوحظ تفوق معنوي في **الأسبوعين السادس والثامن** لتراكم H_2O_2 ضمن معاملات الشاهد وCTS وVE حيث بلغت عند نهاية التخزين 75.75 و80.92 و75.75 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. بينما تدنى محتوى الثمار من H_2O_2 في كل من معاملات AVG و1-MCP وSNP، حيث بلغت عند نهاية فترة التخزين 54.69

و53.70 و41.90 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. مع الاشارة إلى عدم وجود فروقات معنوية فيما بينها في الأسبوع السادس، وكان الانخفاض معنوياً في المعاملة SNP مقابل المعاملة بـ AVG و1-MCP عند انتهاء مدة التخزين.

نجد بمقارنة **متوسطات المعاملات** للثمار المقطوفة بطور التحول، زيادة معنوية بتركيز H_2O_2 في ثمار الشاهد والمعاملة بـ VE و CTS مقارنة مع باقي المعاملات. انخفض التركيز معنوياً في المعاملة بـ MeJa. وتدنى تركيز H_2O_2 في الثمار المعاملة بـ AVG و1-MCP و SNP.

4.9 تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من المالونيل داي ألدهيد MDA:

لقياس أكسدة الليبيدات في الثمار، تم استخدام حمض الثيوباربيتوريك (TBA)، الذي يقيس المالونيل داي ألدهيد (MDA) كناتج نهائي لأكسدة الليبيدات (Velikova وزملاؤه، 2000). ويفيد قياس المحتوى من MDA لتقدير الضرر الحاصل في الغشاء الخلوي ضمن الثمار أثناء التخزين. تشير النتائج الواردة في الجدولين (21،20) إلى ازدياد مستوى الـ MDA مع تقدم الثمار بالنضج وزيادة مدة التخزين بالنسبة لكافة المعاملات ضمن طوري النضج الأخضر والتحول خلال 8 أسابيع من التخزين المُبرد.

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات المحتوى من المالونيل داي ألدهيد MDA خلال فترات التخزين:

يُلاحظ من الجدول (20) زيادة معنوية في مستوى الـ MDA لثمار **الشاهد** من البداية وحتى نهاية فترة التخزين بقيم تراوحت من 17.29 إلى 46.42 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. وظهر الفرق المعنوي عند الأسبوع الأول والسادس.

اتصفت الثمار المعاملة بـ **AVG** باستقرار مستوى الـ MDA من الأسبوع الثاني وحتى السادس (من 22.64 إلى 22.98 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي)، وبلغت أقصاها 27.53 ميكرومول/غ وزن رطب عند نهاية التخزين.

بلغ مستوى الـ MDA أقصاه في الثمار المعاملة بـ **CTS** بدأً من الأسبوع الرابع وحتى نهاية التخزين (29.72 وحتى 30.90 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي).

لم تظهر فروقات معنوية في الثمار المعاملة بـ **1-MCP** حتى الأسبوع الرابع والسادس من التخزين 20.23 و21.37 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. وظهرت أعلى قيمة معنوياً 24.09 ميكرومول/غ وزن رطب عند نهاية التخزين.

لوحظ فروقات معنوية بين فترات التخزين المختلفة في الثمار المعاملة بـ **MeJa** بقيم تراوحت بين بداية ونهاية التخزين 17.29 و30.18 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. ولم تُلحظ فروق معنوية بين الأسبوعين الثاني والرابع.

وُجد فروقات معنوية في الثمار المعاملة بـ **SNP** وتراوحت القيم بين بداية ونهاية التخزين 17.29 و30.82 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. مع غياب الفروقات المعنوية بين الأسبوعين الأول والثاني 21.46 و20.59 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. وبين الأسبوعين الرابع والسادس 22.79 و23.91 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. ظهرت أعلى قيمة معنوياً 30.82 ميكرومول/غ وزن رطب عند نهاية التخزين.

طرأ زيادة معنوية للمعاملة بـ **VE** في مستوى الـ MDA عند الأسبوع الأول والثاني 20.55 و23.94 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. وبلغت القيم أقصاها في الأسبوعين السادس والثامن 26.97 و29.16 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي.

ب. تغيرات تركيز المالونيل داي ألدهيد MDA بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

يُلاحظ من بيانات الجدول (20) وجود تفوق معنوي في **الأسبوع الأول** لثمار الشاهد بمحتواها من الـ MDA 33.55 ميكرومول/غ وزن رطب، مقارنة مع باقي المعاملات والتي لم يُلحظ فيما بينها فروقات معنوية مُسجلةً 20.81 و22.05 و20.25 و21.46 و20.55 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي للمعاملات AVG وCTS وMeJa وSNP وVE، على التوالي، وانخفض معنوياً مستوى MDA مع المعاملة بـ 1-MCP 17.71 ميكرومول/غ وزن رطب مقارنة مع المعاملات الأخرى.

استمر في **الأسبوع الثاني** وحتى نهاية مدة التخزين ازدياد مستوى الـ MDA معنوياً لمعاملة الشاهد بالمقارنة مع باقي المعاملات، حيث تراوحت القيم من الأسبوع الثاني حتى نهاية التخزين من 34.53 إلى 46.42 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. تميزت في الفترة ذاتها المعاملة بـ 1-MCP وAVG بانخفاض معنوي في مستوى الـ MDA مقارنة مع باقي المعاملات بقيم تراوحت

من 18.18 إلى 24.09 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. اتصفت الثمار المعاملة بـSNP بانخفاض معنوي في مستوى الـ MDA 20.56 ميكرومول/غ وزن رطب بالمقارنة مع الشاهد والـ AVG و CTS وMeJa وVE. بينما لم يظهر فرق معنوي بين معاملة الـ CTS وMeJa 27.34 و26.22 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي، والتي جاءت ثانياً بعد الشاهد في ارتفاع قيم الـ MDA مقابل باقي المعاملات.

لوحظ عدم وجود فرق معنوي بين المعاملة بـ MeJa وVE في **الأسبوع الرابع والسادس والثامن** والتي أدت بدورها إلى انخفاض معنوي في مستوى الـMDA مقابل باقي المعاملات، فسجلت معاملة الـMeJa 26.45 و28.18 و 30.18 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. وسجلت المعاملة بـ VE 24.07 و26.97 و29.16 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. مع الإشارة إلى عدم وجود فروقات معنوية بين VE من جهة وبين SNP في الأسبوع الرابع، وMeJa عند نهاية التخزين من جهة أخرى (جدول20). يلاحظ عدم وجود فروق معنوية بين المعاملة بـ AVG وSNP في **الأسبوعين الرابع** 22.14 و22.79 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. و**السادس** 22.98 و23.91 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. حيث حققت انخفاضاً معنوياً في مستوى الـ MAD بالمقارنة مع باقي المعاملات عدا المعاملة بـ 1-MCP وVE في الأسبوع الرابع.

سجلت معاملة الشاهد **عند نهاية التخزين** أعلى تركيز للـ MDA 46.42 ميكرومول/غ وزن رطب، بينما انخفض معنوياً مستوى MDA للمعاملات CTS وMeJa وSNP بقيم 30.90 و30.18 و30.82 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي مقابل الشاهد. تلتها المعاملة بـ VE 29.16 ميكرومول/غ وزن رطب، ثم المعاملة بـ 1-MCP أدنى قيمة.

نجد بمقارنة **متوسطات المعاملات** للثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر أن المواد المدروسة خفضت من مستوى الـ MDA معنوياً مقابل الشاهد، فكانت المعاملة بـ 1-MCP أفضل المعاملات وأقلها محتوى من الـ MDA، تلتها معنوياً المعاملة بـ AVG وSNP. وازدادت قيم الـ MDA مع المعاملة بـ VE. ثم جاءت المعاملة بـ MeJa فالمعاملة بـ CTS والتي سجلت قيم مرتفعة مقارنة بالمعاملات الأخرى.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات تركيز المالونيل داي ألدهيد MDA في المعاملات خلال فترة التخزين:

نجد بدراسة البيانات الواردة في الجدول (21) زيادة في مستوى الـ MDA مع زيادة مدة التخزين والتقدم بالنضج. بلغت في ثمار **الشاهد** في الأسبوع الثاني 41.17 ميكرومول/غ وزن رطب، وازدادت لتصل إلى 44.30 ميكرومول/غ وزن رطب عند نهاية التخزين مع عدم وجود فروقات معنوية بين فترات التخزين المختلفة. بينما ازدادت معنوياً مستويات الـ MDA في الأسبوع السادس والثامن للمعاملة **CTS** 32.99 ميكرومول/غ وزن رطب.

ازداد محتوى الـ MDA في المعاملة**AVG** من بداية التخزين وحتى نهايته (19.74 حتى 30.45 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي). ولوحظت أعلى القيم معنوياً في الأسبوع الأخير من التخزين.

سجلت المعاملة بـ **CTS** زيادة معنوية في مستويات الـ MDA بين فترات التخزين المختلفة بقيم تراوحت من 24.66 ميكرومول/غ وزن رطب في الأسبوع الثاني وازدادت معنوياً لتصل إلى 32.99 و33.21 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي في الأسبوعين السادس والثامن.

تأخرت الزيادة المعنوية في مستوى الـ MDA مع المعاملة بـ **1-MCP** و**SNP** حتى الأسبوع الرابع 23.46 و28.80 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. وسجلتا أعلى مستوى لـ MDA معنوياً عند نهاية فترة التخزين 27.76 و32.19 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي.

كانت الزيادة معنوية مع المعاملة بـ **MeJa** و**VE** بين فترات التخزين المختلفة من بداية التخزين 19.74وحتى نهايته (29.60 و32.78 ميكرومول/غ وزن رطب) مع عدم وجود فرق معنوي بين الأسبوعين الثاني والرابع.

ب. تغيرات المحتوى من المالونيل داي ألدهيد MDA بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

نجد من الجدول (21) تفوق معنوي لثمار الشاهد بمحتواها من الـ MDA طوال فترة التخزين بالمقارنة مع باقي المعاملات بقيم تراوحت من 30.79 إلى 44.30 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي من الأسبوع الأول وحتى نهاية التخزين. يلاحظ في **الأسبوع الأول** عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملة بـ AVG 26.56 ميكرومول/غ وزن رطب من جهة وبين المعاملة بـ CTS وVE24.66 و27.34 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي، من جهة أخرى. وكذلك لم يلاحظ

اختلاف معنوي بين المعاملات بـ 1-MCP و MeJa و SNP فبلغت 20.73 و 22.67 و 22.68 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي.

ظهر في **الأسبوع الثاني** تفوق معنوي بتركيز الـ MDA مع المعاملة بـ CTS و VE 28.24 و 30.09 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي مقارنة مع المعاملات الأخرى عدا AVG وتركيز مستوى الـ MDA مع المعاملة بـ MCP و MeJa و SNP (21.54 و 23.58 و 22.89 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي).

لوحظ من **الأسبوع الرابع وحتى نهاية التخزين** عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملة بـ CTS و VE من حيث محتوى الـ MDA عند نهاية التخزين 33.21 و 32.78 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي. مع الإشارة إلى زيادة معنوية في التركيز في هاتين المعاملتين مقابل المعاملات الأخرى باستثناء المعاملة بـ SNP والتي لم يُلحظ فرق معنوي مقابل VE.

تدنت القيم معنوياً مع المعاملة بـ MCP و MeJa مقابل المعاملات الأخرى مع عدم وجود فروقات معنوية فيما بينها باستثناء الأسبوع الأخير للتخزين، وبلغت 23.49 و 23.72 و 27.76 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي، خلال الأسبوع الرابع والسادس والثامن للمعاملة بـ MCP. و 23.61 و 24.25 و 29.60 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي، للمعاملة بـ MeJa. كما انخفض الـ MDA في الثمار المعاملة بـ AVG في ذات الفترة الزمنية وبفارق معنوي مقابل باقي المعاملات عدا MCP و MeJa 25.54 خلال الأسبوع الرابع والسادس والثامن (27.29 و 30.45 ميكرومول/غ وزن رطب، على التوالي).

نجد من المقارنة بين **متوسطات المعاملات** المدروسة خلال 8 أسابيع من التخزين المُبرد، انخفاض معنوي لكافة المعاملات في تركيز الـ MDA بالمقارنة مع معاملة الشاهد. لوحظ أن المعاملة بـ 1-MCP حققت أقل محتوى لـ MDA معنوياً. تلتها معنوياً المعاملة بـ MeJa. ثم المعاملة بـ AVG و SNP والتي لم نجد فروق معنوية بينها. فالمعاملة بـ CTS و VE والتي لم تظهر فروق معنوية بينها.

من الأهداف الأساسية في هذه الدراسة تقييم مستويات معايير الأكسدة وذلك عند معاملة ثمار البندورة ببعض المواد الكيميائية والطبيعية كمعاملات ما بعد الحصاد لرفع القدرة التخزينية والمحافظة على الجودة والقيمة الغذائية للثمار في ظروف التخزين المبرد والتي لم تدرس حتى الآن. وتعد دراسة معايير الأكسدة أحد المؤشرات الهامة الدالة على درجة تحمل الثمار المخزنة لإجهاد

ظروف التبريد، ووفق النتائج المبينة أعلاه فقد ازداد محتوى الثمار منMalondialdehyde (MDA) و Hydrogen peroxide (H_2O_2) مع تقدم الثمار بالنضج وزيادة مدة التخزين لكافة المعاملات ضمن طوري النضج الأخضر ونضج التحول. وتوافقت هذه النتيجة مع ما أوضحه Zhou وزملاؤه (2012) حول تأثير درجات حرارة التخزين المنخفضة (4–7 C°) في زيادة تركيز H_2O_2 و MDA في ثمار البندورة. وصف Jimenez وزملاؤه (2002b) عملية نضج الثمار بأنها ظاهرة أكسدة بوجود الأنواع النشطة من الأكسجين (ROS). يؤدي وجود الأنواع النشطة للأوكسجين ROS في النسيج الثمري إلى تآكل البروتين والليبيدات والحموض النووي وتراجع في مرونة الغشاء الخلوي وبالتالي تغيرات في النوعية والقيمة الغذائية وبالنهاية شيخوخة الثمار (Hodges، 2003). تتأثر الثمار الكلايمكترية مثل: البندورة والموز والمانغا والإجاص وغيرها بهذه التغيرات بسرعة كبيرة وهي أكثر عرضة للخسارة بعد الحصاد وخاصة بتأثير الإثيلين المنتج ذاتياً أو المنتج من ثمار ناضجة مجاورة أخرى أثناء التخزين(Singh و Dwivedi، 2008)، وهذا ما قد يفسر الزيادة الحاصلة في مستويات الـ MDA و H_2O_2 تدريجياً مع زيادة نضج ثمار البندورة أثناء التخزين المُبرد. توافقت نتائج هذه الدراسة مع ما أكدته العديد من الأبحاث بأن مظاهر شيخوخة الثمار ينظمها فعل مضادات الأكسدة بالإضافة لاشتراك ROS في هذه العملية (Ezhilmathi وزملاؤه، 2007,, Prochazkova وزملاؤه، 2001)، وأن شيخوخة الخلايا وموتها يحدث بسبب الزيادة في إنتاج وتراكم H_2O_2 المرافقة لزيادة النضج ليصل في النهاية لمستويات ضارة بالخلايا بعد بلوغ الثمار مرحلة النضج الكامل، من جهة أخرى قد يسبب حدوث ذروة التنفس أي الزيادة الكبيرة في تنفس الثمار الكلايمكترية زيادة في إنتاج H_2O_2 مع تقدم الثمار بالنضج(Neill وزملاؤه، 2002). تعد الزيادة في مستويات الـ MDA مؤشر على زيادة في إجهاد الأكسدة خلال مراحل نضج الثمار (Singh و Dwivedi، 2008) ونتيجة لذلك تتشكل بعض المركبات على المستوى الخلوي، ومنها MDA، وقد بَين Mittler (2002) أن ضرر الغشاء السيتوبلاسمي قد يكون ناجماً عن زيادة تركيز H_2O_2 الذي يسبب تشكل جذر الهيدروكسيل وبالتالي أكسدة الليبيدات. ولقد أكدت دراسة سابقة لـ Zhang وزملاؤه (2006) وجود علاقة طردية بين تركيز الـ MDA وإنتاج الإثيلين وسرعة نضج الثمار وتدني قيم الصلابة. وتتفق نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليه Shri وزملاؤه (2009). إن الزيادة في محتوى MDA تشير إلى أن الأنظمة المضادة للأكسدة ليست فعالة بما فيها الكفاية

لمواجهة الأضرار الناجمة عن إجهاد الأكسدة الناتج عن البرودة chilling stress، دعم هذا الرأي نتيجة أشار إليها Murshed وزملائه (2013).

تفوقت المعاملة بالميثيل سكلوبروبان على كافة المعاملات المدروسة وضمن كل من طور النضج الأخضر وطور نضج التحول. وتعود فائدة المعاملة بـ **1-MCP** في الحد من الأضرار الفيزيولوجية أثناء التخزين إلى قدرته على زيادة النشاط المضاد للأكسدة وخفض تركيز الـ MDA والحد من تراكم الـH_2O_2 . نتائج موافقة أشار لها Singh و Dwivedi (2008) حيث أدت معاملة ثمار المانغا (*Mangifera indica*) بـ 1-MCP إلى زيادة طفيفة بتركيز H_2O_2 مقابل الشاهد أثناء فترة التخزين كما انخفضت مستويات أكسدة الليبيدات. نتائج مشابهة توصل إليها Ascencio وزملاؤه(2009) على ثمار الأفوكادو، و Egea وزملاؤه (2010) على ثمار المشمش (*Prunus arme-niaca L. cv. Búlida*) . و Tavallali و Moghadam (2015) عند تخزين ثمار المندرين Citrus reticulate صنف 'Kinnow' المعاملة بمحلول مائي من 1-MCP.

حققت المعاملة بـ **SNP** نتائج إيجابية في الحد من الزيادة الحاصلة في تركيز الـ MDA وH_2O_2 وضمن كل من طوري النضج المدروسين. إن تراكم الـ ROS وH_2O_2 وإنتاج الإثيلين أثناء مدة التخزين يؤدي إلى تلف في الأغشية الخلوية وبالتالي زيادة مستويات الـ MDA (Hodges، 2003). وإن دور المعاملة بـ SNP يمكن أن يُفسر في حمايته للنسج النباتية عن طريق إعاقة إنتاج الإثيلين وتصنيعه الحيوي (Wu وزملاؤه، 2012؛ Yang وزملاؤه، 2010). نتيجة مماثلة توصل إليها Saadatian وزملاؤه(2012) على ثمار الكيوي، وعلى ثمار البندورة (Lai وزملائه، 2011)، وعلى ثمار المانغا (Zaharah و Singh، 2011)، وثمار الدراق (Flores وزملاؤه، 2008)، وثمار الخيار (Shi وزملاؤه، 2007). كما يقوم SNP بدور عامل مضاد للأكسدة يعمل على كنس الـ ROS ويقوم بحماية الخلايا النباتية من خطرها (Zhao وزملاؤه، 2009؛ Zhu وزملاؤه، 2008؛ Song وزملاؤه، 2006؛ Wang و Yang، 2005). تتفق هذه النتيجة مع ما وجده لـ Wu وزملاؤه (2012) و Saadatian وزملاؤه (2012). ويمكن أن تعود قدرة الـ SNP من جهة أخرى في خفض الزيادة بتركيز الـ MDA كونه جذر حر غازي يتميز بقابلية انتشار عالية، وله القدرة على الانتقال في الأوساط المائية وغير المائية مثل ليبيدات الجدار الخلوي، وبالتالي فأن لـ SNP عامل مُتحكم ومُنظم للنضج وشيخوخة الثمار، وهذا ما أكده Arasimowicz and Floryszak (2007).

كان للمعاملة بـ **MeJa** أثراً واضحاً في خفض تركيز MDA و H_2O_2 وخاصة في الثمار بطور التحول، وقد يرتبط ذلك بقدرة المعاملة بـ MeJa على حماية الغشاء الخلوي وخفض مستويات الـ MDA، ويمكن تفسير ذلك وفقاً لما أكده Meng وزملاؤه (2009)، حيث أدت المعاملة بـ MeJa إلى خفض في نشاط الأنزيمات المفككة للبكتين **p**ectin**m**ethyl**e**sterase (PME) والمسؤولة عن تعديل جدر الخلايا وبالتالي المحافظة على سلامة الغشاء السيتوبلاسمي. أي أن المعاملة بـ MeJa يمكن أن تحمي غشاء الخلايا عن طريق خفض أكسدة ليبيدات الغشاء الخلوي. نتيجة مماثلة توصل إليها Wang وزملاؤه (1997). توافقت نتائج هذه الدراسة أيضاً مع ما أورده Wang و Buta(1994). نتائج مماثلة توصل إليها Mirdehghan وزملاؤه (2007) عند التخزين المبرد لثمار الرمان. كما اتفقت هذه النتيجة مع ما أورده Heredia و Cisneros–Zevallos (2009) حول زيادة في مضادات الأكسدة والمركبات الفينولية نتيجة المعاملة بـ MeJa والتي تعمل على كنس الأنواع النشطة للأوكسجين والحد من زيادة تركيز MDA و H_2O_2.

تميزت الثمار المعاملة بـ **AVG** بتراكيز منخفضة من الـ MDA و H_2O_2 فجاءت بالمرتبة الثانية معنوياً بعد المعاملة بـ 1–MCP في قدرتها على خفض الضرر الحاصل في الأغشية الخلوية، وجاءت في المرتبة الثالثة معنوياً مقابل باقي المعاملات في الحد من الزيادة الحاصلة في تركيز H_2O_2. وقد يمكن تفسير هذا السلوك بما تم الإشارة له فيما سبق من خلال المؤشرات المدروسة في هذا البحث إلى أن الـ AVG لها القدرة على إعاقة التصنيع الحيوي للإثيلين (Byers، 1997a and b) والذي يعد هرمون نضج بالنسبة للثمار المخزنة ويسبب إجهاد ethylene stress (Tavallaliو Moghadam ، 2015)، وتجدر الإشارة إلى تَميز الثمار المعاملة بـ AVG في هذه الدراسة بمحتواها من حمض الأسكوربيك في كلا طوري النضج بعد 8 أسابيع من التخزين المبرد، ومحتواها المرتفع من الفينولات الكلية مقابل المعاملات الأخرى وخاصة في طور النضج الأخضر. ومن المعلوم أن الفينولات الكلية وحمض الأسكوربيك من مضادات الأكسدة الهامة التي تعمل على خفض الضرر الناتج عن إجهاد الأكسدة في الثمار تحت ظروف التخزين المبرد (Ozkan، 2012)، فالمستويات العالية من حمض الأسكوربيك (AsA) ضرورية للحفاظ على النظام المضاد للأكسدة من أجل حماية النباتات (Shigeoka وزملاؤه، 2002)، الأمر الذي يمكن أن يفسر تفوقها في خفض تراكيز الـ MDA و H_2O_2.

تباينت نتائج المعاملة بـ **CTS** تبعاً لطور النضج الأخضر ونضج التحول. لوحظ في طور **النضج الأخضر** انخفض تركيز الـ H_2O_2 معنوياً مقابل المعاملات الأخرى عدا المعاملة بـ 1-MCP و MeJa في معظم فترات التخزين المدروسة. وتتفق هذه النتيجة ما وجده Song وزملاؤه (2016) عند معاملة ثمار البشملة Loquat (*Eriobotrya japonica*) بالغمر بمحلول مائي لـ CTS ثم التخزين عند 5 درجة مئوية، فقد خففت المعاملة بشكل كبير من أنيون السوبر أكسيد وتراكم بيروكسيد الهيدروجين(H_2O_2)، كما أدت معاملة ثمار البشملة بـ CTS والسيلكا إلى تحسين المقاومة لأضرار البرودة Chilling injury وزادت من مدة التخزين وحسنت النوعية. انخفض أيضاً تركيز الـ MDA بالمقارنة مع الشاهد فقط واتفقت هذه النتيجة مع ما أورده Song وزملاؤه(2016)، ومع نتائج دراسة لـ Li وزملاؤه (2008) فقد أدت معاملة ثمار الكمكوات kumquat بالغمر بـ CTS و $CaCl_2$ إلى إعاقة تراكم MDA وأخرت النضج. أما في طور **نضج التحول** ووفق نتائج دراستنا طرأ زيادة معنوية على تركيزي الـ MDA و H_2O_2 مقابل المعاملات كافة. وجد Zhang وزملاؤه (2015) أن معاملة ثمار البندورة الكرزية بـ CTS لم تؤثر في تغيرات مستوى الـ MDA، وتراكم H_2O_2 مقابل الثمار غير المعاملة، لكن تحسن نشاط peroxidase (POD). واختلفت هذه النتيجة مع نتائج كل من Song وزملاؤه (2016) على ثمار البشملة ومع Li وزملاؤه (2008) على ثمار الكمكوات.

لم تُظهر المعاملة بـ **VE** الفائدة المرجوة في الحفاظ على ثمار البندورة، بطورين النضج الأخضر ونضج التحول، من خطر الأنواع النشطة من الأكسجين ROS وتأثيرها السلبي في جميع المكونات الخلوية من ليبيدات، بروتينات وأحماض النووية (Murshed وزملاؤه، 2008a). لقد أظهرت نتائج هذه الدراسة أن المعاملة بـ VE لم تستطع الحد من الزيادة الحاصلة في تركيز كل من الـ MDA و H_2O_2 وخاصة ثمار البندورة بطور التحول، وربما يعود ذلك، وتبعاً لنتائج هذه الدراسة، إلى تدني محتوى الثمار المعاملة بـ VE معنوياً مقابل المعاملات الأخرى من حمض الأسكوربيك والذي يملك دور أساسي في إرجاع H_2O_2 (Murshed وزملاؤه، 2008a). ومن الجدير بالذكر أن فيتامين C (حمض الأسكوربيك) من بين الجزيئات المضادة للأكسدة وله دوراً هاماً في كنس الأنواع النشطة من الأوكسجين (Asada، 1999).

الجدول 18. تأثير المعاملات المدروسة في تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 (ميكرومول/غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين / أســـــبوع										L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8		
	control	8 e		B 29.76 c		C 25.67 d		A 74.07 b		A 75.40 b		B 80.12 a	1.45	A 48.84
	AVG	8 e		D 21.81 d		D 22.91 d		D 34.19 c		D 48.75 b		D 50.81 a	1.23	D 31.91
	CTS	8 e		D 22.71 d		B 27.88 b		E 28.33 b		G 24.94 c		G 30.15 a	1.08	F 23.67
	MCP	8 e		E 8.33 e		D 22.94 d		G 24.60 c		F 27.35 b		E 48.65 a	1.15	F 23.31
	MeJa	8 d		D 22.58 c		C 25.77 b		F 26.59 b		E 43.30 a		F 45.23 a	2.01	E 28.58
	SNP	8 e		C 26.14 d		BC 26.67 d		C 45.41 c		B 57.14 b		C 61.24 a	1.25	C 37.43
	VE	8 f		A 37.18 e		A 40.68 d		B 47.41 c		C 50.20 b		A 93.06 a	1.81	B 46.09
	L.S.D 0.05			1.37		1.77		1.03		1.32		2.04	-	L.S.D 0.05 = 0.78

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 19. تأثير المعاملات المدروسة في تركيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 (ميكرومول/غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين / أســـــبوع										متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		بداية التخزين		1		2		4		6		8		
	control	10 **f**		**B**	22.82 **e**	**C**	29.37 **d**	**C**	50.33 **c**	**A**	73.89 **b**	**A**	75.75 **a**	**B**	43.69
	AVG	10 **e**		**C**	11.67 **d**	**F**	19.92 **c**	**F**	20.83 **c**	**D**	37.36 **b**	**C**	54.96 **a**	**D**	25.79
	CTS	10 **f**		**B**	23.56 **e**	**B**	32.09 **d**	**A**	60.78 **c**	**A**	74.67 **b**	**A**	80.92 **a**	**A**	47.01
	MCP	10 **e**		**CD**	10.92 **e**	**G**	16.67 **d**	**E**	33.33 **c**	**D**	34.80 **b**	**C**	53.70 **a**	**D**	26.57
	MeJa	10 **e**		**CD**	10.62 **e**	**D**	25.37 **d**	**D**	42.13 **c**	**C**	54.58 **b**	**B**	63.44 **a**	**C**	34.36
	SNP	10 **d**		**D**	9.52 **d**	**E**	23.58 **c**	**E**	30.59 **bc**	**D**	36.09 **ab**	**D**	41.90 **a**	**D**	25.28
	VE	10 **f**		**A**	40.38 **e**	**A**	47.41 **d**	**B**	55.56 **c**	**B**	61.28 **b**	**A**	75.75 **a**	**A**	48.40
	L.S.D 0.05			1.5		1.43		3.27		3.44		6.77		L.S.D 0.05 = 1.94	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

جدول 20. تأثير المعاملات المدروسة في تركيز مالونيل داي ألدهيد MDA (ميكرومول/غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين / أســـــبوع												L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8				
	control	17.29 **d**		**A**	33.55 **c**	**A**	34.53 **c**	**A**	34.96 **c**	**A**	40.42 **b**	**A**	46.42 **a**	1.49	A	35.36
	AVG	17.29 **d**		**BC**	20.81 **c**	**D**	22.64 **b**	**DE**	22.14 **b**	**D**	22.98 **b**	**D**	27.53 **a**	1.33	E	23.06
	CTS	17.29 **d**		**B**	22.05 **c**	**B**	27.43 **b**	**B**	29.72 **a**	**B**	30.30 **a**	**B**	30.90 **a**	1.73	B	27.12
	1-MCP	17.29 **c**		**D**	17.71 **c**	**F**	18.18 **c**	**E**	20.23 **b**	**E**	21.37 **b**	**E**	24.09 **a**	1.16	F	20.64
	MeJa	17.29 **e**		**C**	20.25 **d**	**B**	26.22 **c**	**C**	26.45 **c**	**C**	28.18 **b**	**BC**	30.18 **a**	1.35	C	25.59
	SNP	17.29 **d**		**BC**	21.46 **c**	**E**	20.56 **c**	**D**	22.79 **b**	**D**	23.91 **b**	**B**	30.82 **a**	1.19	E	23.64
	VE	17.29 **d**		**BC**	20.55 **c**	**C**	23.94 **b**	**CD**	24.07 **b**	**C**	26.97 **a**	**C**	29.16 **a**	2.54	D	24.50
	L.S.D 0.05			1.57		1.25		2.53		1.56		1.21		-	L.S.D 0.05 = 0.66	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

جدول 21. تأثير المعاملات المدروسة في تركيز مالونيل داي ألدهيد MDA (ميكرومول/غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين / أســـــبوع												L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8				
	control	19.74 **c**		A	30.97 **b**	A	41.17 **a**	A	44.48 **a**	A	45.32 **a**	A	44.30 **a**	5.36	A	38.00
	AVG	19.74 **c**		BC	26.56 **b**	C	27.18 **b**	D	25.54 **d**	D	27.29 **b**	D	30.45 **a**	3.13	C	26.46
	CTS	19.74 **e**		CD	24.66 **d**	BC	28.24 **c**	B	30.97 **b**	B	32.99 **a**	B	33.21 **a**	0.33	B	28.64
	MCP	19.74 **d**		E	20.73 **cd**	E	21.54 **c**	E	23.46 **b**	E	23.72 **b**	F	27.76 **a**	1.18	E	23.16
	MeJa	19.74 **e**		DE	22.67 **d**	D	23.58 **c**	DE	23.61 **c**	E	24.25 **b**	E	29.60 **a**	0.12	D	23.41
	SNP	19.74 **c**		DE	22.68 **c**	DE	22.89 **c**	C	28.80 **b**	C	30.13 **ab**	C	32.19 **a**	3.05	C	26.41
	VE	19.74 **e**		B	27.34 **d**	B	30.09 **c**	BC	29.89 **c**	B	32.29 **b**	BC	32.78 **a**	0.22	B	29.02
	L.S.D 0.05			2.2		2.08		1.97		1.83		1.01		-	L.S.D 0.05 = 0.73	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

مضادات الأكسدة Antioxidants :

4.10 تأثير معاملات ما بعد القطاف في محتوى الثمار من فيتامين C (ascorbic acid):

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات المحتوى من فيتامين C للمعاملات خلال مدة التخزين:

تُوضح بيانات الجدول (22) محتوى ثمار البندورة بطور النضج الأخضر من فيتامين C والتغيرات التي طرأت عليه خلال فترات التخزين المدروسة. يُلاحظ أن محتوى فيتامين C قد ازدادت معنوياً مع زيادة مدة التخزين حتى الأسبوع الثاني وكان مسار التغير هذا متقارباً إلى حد ما بين المعاملات المدروسة ماعدا معاملتي الشاهد والـ MeJa، تلا ذلك تدرج القيم بالانخفاض حتى نهاية مدة التخزين. احتوت الثمار عند بداية التخزين على محتوى من فيتامين C قُدرت بـ (351.93 ميكروغرام/غ وزن رطب) ولقد انخفضت في ثمار **الشاهد** بعد مضي أسبوع على التخزين وبدون فرق معنوي لتصل لـ 298.89 ميكروغرام/غ، تلا ذلك انخفاضاً معنوياً متدرجاً حتى نهاية مدة التخزين 196.09 ميكروغرام/غ.

ازداد محتوى فيتامين C مع المعاملة بـ **MeJa** لتصل إلى ذروتها بعد مضي أسبوع على التخزين 397.83 ميكروغرام/غ، ثم انخفضت وبفروق معنوية بين المراحل التخزينية المدروسة لتصل إلى 306.43 ميكروغرام/غ في نهاية مدة التخزين. أما بالنسبة لباقي المعاملات **AVG** و**CTS** و**MCP-1** و**SNP** و**VE** فنجد زيادة في قيم فيتامين C لتصل ذروتها بعد مضي أسبوعين على التخزين 390.58 و410.33 و476.09 و514.01 و375.36 ميكروغرام/غ وزن رطب، على التوالي. ثم يُلاحظ انخفاضاً معنوياً في جميع المعاملات السابقة بمحتوى فيتامين C بين فترات التخزين الممتدة من الأسبوع الرابع وحتى الثامن بقيم بلغت326.41 و359.71 و390.58 و415.22 و333.33 ميكروغرام/غ، على التوالي.

ب. تغيرات محتوى فيتامين C بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

يُلاحظ بالعودة للنتائج الواردة في الجدول (22) أن المعاملة بـ **SNP** و**MCP-1** قد حققت أفضل تأثير من حيث الحفاظ على كمية أعلى من فيتامين C وبفروقات معنوية بالمقارنة مع باقي المعاملات وذلك طوال مدة التخزين المدروسة، وتراوحت القيم مع المعاملة بـSNP من بداية

التخزين وحتى نهايته من 458.94 وحتى 415.22 ميكروغرام/غ ، حيث تفوقت معنوياً على باقي المعاملات.

حققت المعاملات **AVG** و**CTS** و**MeJa** و**VE** محتوى أعلى معنوياً من فيتامين C 326.44 و359.71 و306.43 و333.33 ميكروغرام/غ، على التوالي مقارنة بالشاهد في نهاية مدة التخزين. وكانت المعاملة بـ **VE** هي الأقل تأثيراً من حيث الحد من شدة الفقد بفيتامين C بالمقارنة مع باقي المواد المستخدمة في هذه الدراسة طوال مدة التخزين، إذ كانت ثمارها دوماً الأقل بمحتواها من فيتامين C وبفروقات معنوية مقارنة مع المعاملات الأخرى.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـSNP ثم 1-MCP بمحتوى ثمارها من فيتامين C، تلتها المعاملة بـ AVG و CTS ثم الـ VE فالشاهد.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات المحتوى من فيتامين C للمعاملات خلال مدة التخزين:

تُوضح المعطيات المُبينة في الجدول (23) محتوى ثمار البندورة بطور التحول من فيتامين C ضمن المعاملات المدروسة. بلغت كمية فيتامين C عند بداية التخزين 407.97 ميكروغرام/غ. ويُلاحظ تناقص قيم فيتامين C مع التقدم بالنضج وزيادة مدة التخزين في معاملات **الشاهد** و**CTS** و**VE** مع وجود فروقات معنوية بين فترات التخزين المدروسة، حيث انخفضت القيم مع المعاملات المذكورة إلى 214.16 و342.51 و302.17 ميكروغرام/غ، على التوالي عند نهاية مدة التخزين مع وجود فروق معنوية فيما بينها.

ازداد محتوى ثمار المعاملات **AVG** و**1-MCP** و**MeJa** و**SNP** من فيتامين C مع زيادة مدة التخزين حتى الأسبوع الثاني لتصل إلى ذروتها (460.63 و477.05 و435.13 و465.94 ميكروغرام/غ، على التوالي)، أعقب ذلك انخفاضاً تدريجياً ومعنوياً حتى نهاية مدة التخزين لتصل إلى 371.88 و456.52 و327.54 و437.44 ميكروغرام/غ، على التوالي، مع المحافظة على قيم لفيتامينC أعلى من قيمه في معاملة الشاهد 214.16 ميكروغرام/غ، والمعاملتين CTS و VE (342.51 و 302.17 ميكروغرام/غ، على التوالي).

ب. التغيرات بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

نجد تأثيراً متشابهاً لمعاملتي 1-MCP وSNP من حيث قدرتها على تأخير عمليات نضج الثمار وبالتالي خفض شدة الفقد بفيتامين C معنوياً مقارنة بباقي المعاملات المدروسة وطوال مدة التخزين، إذ تراوح محتوى فيتامين C مع المعاملة بـ 1-MCP في الأسبوع الأول والرابع والثامن 436.23 و465.94 و456.52 ميكروغرام/غ، على التوالي، محققةً بذلك أعلى القيم طوال مدة التخزين وبشكل معنوي مقارنة مع باقي المعاملات. وبلغ محتوى الثمار المعاملة بـ SNP خلال نفس الفترات السابقة 386.23 و458.69 و437.44 ميكروغرام/غ، على التوالي، مُسجلة بذلك فروق معنوية مقارنة مع باقي المعاملات.

ومما يجدر الإشارة له أن المعاملة بـ AVG وSNP وبعد مضي **شهر** على تخزين الثمار، قد احتوت على نسبة أعلى معنوياً من فيتامين C بقيم بلغت 443.23 و458.69 ميكروغرام/غ، على التوالي، بالمقارنة مع بداية التخزين.

عموماً كان للمعاملة بـ CTS وMeJa وAVG تأثيراً متوسطاً من حيث المحافظة على قيم أعلى من فيتامينC أثناء التخزين حيث انخفضت قيمه إلى 342.51 و327.54 و371.88 ميكروغرام/غ، على التوالي، في نهاية مدة التخزين.

وكان التأثير أقل للمعاملة بـ **VE** في الحد من شدة الفقد بفيتامين C بالمقارنة مع باقي المواد المستخدمة في هذه الدراسة طوال مدة التخزين، إذ كانت ثمارها دوماً الأقل بمحتواها من فيتامين C وبفروقات معنوية مع باقي المعاملات وتراوحت قيمها من بداية التخزين وحتى نهايته (407.97 وحتى 302.17 ميكروغرام/غ، على التوالي)، مع ملاحظة تفوقها على الشاهد (جدول 23).

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ 1-MCP ثم الـ SNP على باقي المعاملات، تلتها الـ AVG، فالـ MeJa، وتدنت القيم مع CTS، فالشاهد.

يعد فيتامين C (حمض الأسكوربيك) من الجزيئات المضادة للأكسدة (الأنظمة غير الأنزيمية)، وله دوراً هاماً في التخلص من الأنواع النشطة من الأوكسجين إما عن طريق تأثيره بشكل مباشر أوغير مباشر عن طريق حلقة الأسكوربات – جلوتاثيون (Miyake وAsada، 1996).

يعتمد محتوى الثمار من فيتامين C على معدل تصنيعه وتفككه وكذلك على إعادة إرجاع المونودايهيدرو أسكوربات (MDHA) والدايهيدرو أسكوربات (DHA) إلى أسكوربات (AsA). لذلك ترتبط مواصفات الجودة لثمار البندورة وبشكل خاص على غناها بفيتامين C. وهناك القليل فقط من المعلومات المتاحة حول تغير محتوى ثمار البندورة من فيتامين C تحت تأثير المعاملات الواردة في هذه الدراسة أثناء التخزين المبرد.

لوحظ من خلال دراستنا ازدياد كمية فيتامين **C** عند بداية التخزين في ثمار البندورة المقطوفة بطور النضج الأخضر ثم عادت لتنخفض تدريجياً حتى نهايته، وقد تعود الزيادة في كمية فيتامين **C** نتيجة لاستمرار عمليات الاستقلاب الحيوية بعد القطاف (Zee وزملاؤه، 1991). توصل Fernando وزملاؤه (2014) لنتيجة مماثلة.

لقد انخفضت كمية فيتامين**C** في ثمار كل من طوري النضج الأخضر ونضج التحول ولكافة المعاملات مع زيادة مدة التخزين والتقدم بالنضج وهذا ما اتفق مع Guan وزملاؤه (2008)، و Sablani وزملاؤه (2006)، و Lee و Kader (2000)، حيث أكدوا أن تدهور محتوى الثمار من فيتامينC في نهاية مدة التخزين نتيجة لزيادة مجمل الفعاليات الحيوية في الثمار بالإضافة لزيادة النضج وزيادة معدل التنفس واستهلاك مدخرات الخلايا وتحول المركبات المعقدة إلى مركبات بسيطة وبالتالي زيادة معدل الهدم ومجمل العمليات البيوكيميائية الأخرى، جاءت هذه النتيجة أيضاً متوافقة مع (يونس وأبو ترابي، 2004؛ Serenella وزملاؤه، 2002؛ Sablani وزملاؤه، 2006؛ Guan وزملاؤه، 2008).

لوحظ تباطؤ سرعة نضج الثمار المعاملة بـ **1-MCP** مما أدى إلى استمرارية ارتفاع قيم فيتامين C معنوياً بالمقارنة بباقي المعاملات وذلك لأن مادة 1-MCP من المواد الهامة التي تعيق وتؤخر عمليات نضج الثمار (Gajewski وزملاؤه، 2015). نتيجة مماثلة أشار لها Wang وزملاؤه (2009) و Celso وزملاؤه (2002)، حيث لاحظوا أن شدة العمليات الحيوية في الثمار تكون في حدودها الدنيا بسبب تأثير هذه المادة في إعاقة التحريض المطلوب لتحفيز عملية النضج. أوضح Cao وزملاؤه (2012) عند معاملة ثمار الفليفلة الخضراء نتيجة مماثلة. كما توافقت نتائجنا مع دراسة لـ Phebe و Ong (2010) على ثمار الجوافة.

تعيق المعاملة بـ **AVG** تشكل حمض 1-aminocyclopropane-1-carboxylic (ACC) وهو خطوة أساسية لتصنيع الإثيلين، فتعد كمانع فعال لتركيب الإثيلين الحيوي، حيث تعيق

التحول من S-adenosyl methionine (SAM) إلى (ACC) وبالتالي تتم إعاقة العمليات الرئيسية لنضج الثمار، وإن استعماله قبل وبعد الحصاد حسن من الإنتاجية ونوعية الثمار وخاصة الكلايمكترية (Cassandro وزملاؤه، 2002). في هذه الدراسة كانت فعالية معاملة ثمار البندورة بعد القطاف بـ AVG جيدة في الحفاظ على مستوى أعلى وبفارق معنوي من فيتامين C مقارنة مع باقي المعاملات عدا 1-MCP، وذلك خلال الأسبوع الأول من التخزين، نتائج متوافقة أكدها Cassandro وزملاؤه(2002) و Yildiz وزملاؤه (2012) على ثمار التفاح المعاملة رشاً قبل التخزين بأربعة أسابيع، حيث خفضت المعاملة من إنتاج الإثيلين وأخرت النضج في المراحل الأولى من التخزين لمدة 12 يوماً. لكن لم تبدي المعاملة بـAVG استمرارية في فعاليتها في المحافظة على محتوى ثمار البندورة ولكل من طوري النضج من فيتامين C وجاءت في المرتبة الثالثة بعد 1-MCP و SNP. أشار Silverman وزملاؤه (2004) لنتائج مشابهة على ثمار التفاح. أوضح Clayton وزملاؤه (2000) عند معاملة ثمار الإجاص بـ AVG أثناء القطاف إعاقة تطور مؤشرات النضج لفترة محدودة لم تتجاوز 7–14 يوماً مباشرة بعد معاملة الثمار، وأضافوا أن فعالية المعاملة بـ AVG تظهر إذا تم الرش قبل الحصاد بعدة أيام. نتائج مماثلة ذكرها Duane (2004) وأشار إلى أن المعاملة بـ AVG لم تُظهر تأثير موحد وثابت في الحد من نضج الثمار، ويُضيف أن فعالية الرش بـ AVG تتعلق بالقدرة على تغطية الثمار بشكل كامل أثناء الرش، وتتعلق بنوع الثمار وكمية الاثيلين المنتجة منها أثناء النضج (فكلما كانت الثمرة أكثر انتاجاً للإثيلين كانت أكثر تأثراً بالمعاملة). علماً أن هناك دراسات تنصح بتطبيق المعاملة بـ AVG قبل الحصاد بـ 1 إلى 4 أسابيع (Paliyath و Murr ، 2008)، وفي هذه الدراسة عُوملت الثمار مباشرة بعد القطاف ثم تم التخزين.

أظهرت نتائجنا فائدة المعاملة بـ **SNP** في الحد من الخسارة الحاصلة بمحتوى ثمار البندورة من فيتامين C وفي كلا طوري النضج الأخضر ونضج التحول. توافقت نتائجنا مع نتائج Saadatian وزملاؤه (2012)، وفسر ذلك بفعالية هذه المعاملة في الحد من إنتاج الاثيلين وتصنيعه. ناهيك عن الدور الذي يقوم به أكسيد النيتريك المتحرر من SNP كعامل مضاد للأكسدة يحمي الخلايا النباتية ومكوناتها (Zhao وزملاؤه، 2009؛ Song وزملاؤه، 2006؛ Wang و Yang، 2005)، بالإضافة لدوره في خفض معدل التنفس (Navarre وزملاؤه، 2000)، وخفض إنتاج الإثيلين (Wu وزملاؤه، 2012؛ Lai وزملاؤه، 2011) وبالتالي فهو يحافظ على محتوى الثمار من حمض الأسكوربيك أثناء مدة التخزين. توافقت هذه النتيجة مع دراسة لـ Zhu

وزملاؤه(2009) على ثمار الجوجوبا. و Duan وزملاؤه (2007) على ثمار Longan وهي ثمار استوائية.

أبدت معاملة ثمار البندورة بـ **MeJa** وعند كل من طوري النضج تأثيراً محدوداً في المحافظة على محتوى الثمار من فيتامين C بالمقارنة مع المعاملات الأخرى لكنها تفوقت معنوياً على ثمار الشاهد. ذُكرت نتائج مشابه على ثمار البندورة (Yuوزملاؤه، 2011)، وثمار التفاح (Öztürk وزملاؤه، 2013). كما أوضح Gonzalez وزملاؤه (2004) في أن معاملة ثمار الجوافة (*Psidium guajava*) بـ MeJa لم تؤدي لفروق معنوية في محتوى الثمار من حمض الأسكوربيك، وأكد على أن تأثير MeJa في تحرر الإثيلين يعتمد على مرحلة نمو الثمرة ويمكنه أن يُسرع النضج ويحسن من اصطناع الإثيلين وبالتالي زيادة الفعاليات الحيوية وتدهور محتوى الثمار من فيتامين C.

كان للمعاملة بـ **CTS** دوراً مشابه لـ MeJa. فقد تفوقت معنوياً فقط عند ثمار طور النضج الأخضر على معاملة الشاهد، بينما كان دورها أقل وبفروقات معنوية بالمقارنة مع باقي المعاملات. أشار Liu وزملاؤه (2007) إلى أن المعاملة بـ CTS أعاقت نضج الثمار أثناء التخزين المبرد بالمقارنة مع الشاهد، وحافظت على محتوى الثمار من فيتامين C. لكن دراسات أخرى أكدت أن الفقد بالوزن للثمار المعاملة **فقط** بالشيتوزان كان أقل بالمقارنة بالشاهد، في حين أن معاملة الثمار بالشيتوزان و 1-MCP **معاً** أعطت نتائج أفضل في المحافظة على محتوى الثمار من فيتامين C (Qiuping و Wenshuil ، 2007).

لم تبدي معاملة ثمار البندورة بـ **VE** وعند كلا طوري النضج الأخضر والتحول النتائج المرجوة في الحفاظ على محتوى الثمار من فيتامينC. أكد Krieg وزملاؤه (1998) أن المعاملة لم تؤثر معنوياً في محتوى فيتامين C. ويمكن القول إن معاملة بـ VE تميزت في الحد من الفقد بالوزن ولكن تأثيرها في الحفاظ على مؤشرات الجدودة لثمار البندورة أثناء التخزين المبرد كان محدوداً.

جدول 22. تأثير المعاملات المدروسة في كمية فيتامين C (ميكروغرام/غ وزن رطب) للثمار بطور النضج الأخضر والمخزنة عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

متوسط المعاملات		L.S.D 0.05	مدة التخزين / أســـبوع												المعاملات	طور النضج الأخضر Green
			8		6		4		2		1		0			
F	266.11	56.51	F	196.09d	G	210.13cd	E	236.98cd	E	294.60bc	G	298.89ab	351.93a		control	
C	367.93	19.41	D	326.41c	C	383.09 a	B	389.61 a	CD	390.58 a	D	357.97 b	351.93b		AVG	
C	367.31	1.67	C	359.71c	D	359.42 c	BC	371.74 b	C	410.33 a	E	342.75 e	351.93d		CTS	
B	423.54	1.63	B	390.58e	A	426.81 d	A	453.04 b	B	476.09 a	B	434.78 c	351.93f		1-MCP	
E	340.81	1.17	E	306.43e	F	309.42 d	D	310.15 d	D	361.11 b	C	397.83 a	351.93c		MeJa	
A	438.09	1.26	A	415.22e	B	423.67 d	A	456.76 c	A	514.01 a	A	458.94 b	351.93f		SNP	
D	346.38	1.57	D	333.33e	E	342.99 d	C	360.87 b	D	375.36 a	F	305.8 f	351.93c		VE	
L.S.D 0.05= 5.53		-	17.88		1.7		27.7		32.38		1.57		L.S.D 0.05			

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 23. تأثير المعاملات المدروسة في كمية فيتامين C (ميكروغرام/غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول Turning	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		0		1		2		4		6		8				
	control	407.97 a		G	285.97 b	G	300.28 c	G	277.78d	G	270.42e	G	214.16 f	G	292.76	1.17
	AVG	407.97 c		B	403.38 d	C	460.63 a	C	443.23b	C	371.74f	C	371.88 f	C	411.47	1.22
	CTS	407.97 a		C	389.13 b	E	371.26 c	D	368.12d	D	347.10e	D	342.51 f	E	371.01	1.77
	1-MCP	407.97 f		A	436.23 e	A	477.05 a	A	465.94b	A	458.45c	A	456.52 d	A	450.36	1.4
	MeJa	407.97 b		E	376.08 c	D	432.13 a	E	344.20d	E	342.75d	E	327.54 e	D	371.78	1.86
	SNP	407.97 e		C	386.23 f	B	465.94 a	B	458.69b	B	440.82c	B	437.44 d	B	432.85	1.4
	VE	407.97 a		F	345.65 c	F	360.87 b	F	335.51d	F	311.11e	F	302.17 f	F	343.88	1.69
	L.S.D 0.05	1.57				1.6		1.72		1.45		1.64		L.S.D 0.05= 0. 63		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

4.11 *تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من الفينولات الكلية (مغ/100غ وزن رطب):*

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات محتوى الثمار من الفينولات الكلية خلال مدة التخزين:

يُلاحظ من الجدول (24) زيادة المحتوى من الفينولات الكلية مع التقدم بالنضج وزيادة مدة التخزين، حيث بلغ عند بداية التخزين 16.38 مغ/100غ وزن رطب. ازداد هذا المؤشر في ثمار **الشاهد** من 16.56 مغ/100غ وزن رطب في الأسبوع الأول وحتى 20 مغ/100غ وزن رطب في الأسبوع الثامن للتخزين. وسُجلت أعلى قيمة في الأسبوع الثاني للتخزين (24.85 مغ/100غ وزن رطب).

ازدادت القيم تدريجياً وبشكل معنوي لتصل إلى أعلى محتوى عند الأسبوع السادس من التخزين للمعاملات **CTS** و**1-MCP** و**MeJa** و**VE** و**SNP** بقيم 30.15 و31.88 و31.19 و39.44 و32.81 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي. ثم طرأ انخفاضاً معنوياً للمعاملات CTS و1-MCP و SNP و VE عند نهاية مدة التخزين (28.30 و29.25 و31.83 و31.69 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). كما انخفض المحتوى من الفينولات الكلية عند نهاية مدة التخزين للمعاملة بـ **MeJa** (30.94 مغ/100غ وزن رطب) والمعاملة **AVG** (30.58 مغ/100غ وزن رطب) مع عدم وجود فروقات معنوية.

لم تظهر فروق معنوية للمعاملة بـ **1-MCP** من الأسبوع الأول وحتى الأسبوع الرابع للتخزين لترتفع القيم عند الأسبوع السادس معنوياً إلى (31.88 مغ/100غ وزن رطب)، تلا ذلك انخفاضاً معنوياً عند نهاية مدة التخزين (29.25 مغ/100غ وزن رطب).

ب. تغيّرات محتوى الثمار من الفينولات الكلية بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

يُلاحظ من النتائج الواردة في الجدول (24) تفوق كافة المعاملات في محتوى ثمارها من الفينولات الكلية في **الأسبوع الأول** من التخزين بقيم تراوحت من (19.38 وحتى 30 مغ/100غ وزن رطب) بالمقارنة مع ثمار الشاهد (16.65 مغ/100غ وزن رطب). تميزت المعاملة بـ SNP بمحتوى ثمارها من الفينولات الكلية متفوقةً معنوياً على كافة المعاملات طوال فترة التخزين في الأسابيع الأول والثاني

والرابع والسادس والثامن للتخزين (30 و30.25 و32.85 و39.44 و31.83 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي).

لم تظهر فروقات معنوية في **الأسبوع الثاني** بين معاملة الشاهد وCTS وMeJa وVE (24.85 و24.94 و24.82 و24.94 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). مع وجود تفوق معنوي للمعاملة بـ AVG (29.13 مغ/100غ وزن رطب)، تلاها المعاملة 1-MCP (26.77 مغ/100غ وزن رطب). تباينت المعاملات الأخرى في محتواها من الفينولات الكلية، ففي **الأسبوع الرابع** لوحظ تفوق معنوي للمعاملة بـ AVG (30.40 مغ/100غ وزن رطب) بالمقارنة مع المعاملات الأخرى عدا الـ SNP. و**عند نهاية التخزين** لم يُلاحظ وجود فروقات المعنوية بين المعاملة بـ AVG وMeJa وVE (30.58 و30.94 و30.69 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي)، بينما تفوقت هذه المعاملات معنوياً على المعاملة بـ 1-MCP (29.25 مغ/100غ وزن رطب) والمعاملة بـ CTS (28.30 مغ/100غ وزن رطب).

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ SNP على كافة المعاملات، تلتها المعاملة بـ AVG و1-MCP، ثم VE، فالمعاملة بـ CTS وMeJa، وتدنت القيم في الشاهد.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

أ. تغيرات المحتوى من الفينولات الكلية خلال مدة التخزين:

يُلاحظ زيادة محتوى ثمار البندورة من الفينولات الكلية مع التقدم في النضج وزيادة مدة التخزين الجدول (25). بلغ المحتوى من الفينولات الكلية عند بداية التخزين للثمار بطور التحول (21.38 مغ/100غ وزن رطب). وازدادت القيم مع معاملة **الشاهد** في الأسبوعين السادس والثامن لتصل إلى (27.19 و27.11 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي).

ازداد المحتوى من الفينولات الكلية معنوياً في الأسبوعين الرابع والسادس لكل من المعاملة بـ **AVG** (27.63 و27.50 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). وللمعاملة بـ **CTS** (27 و27.02 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). وللمعاملة بـ **1-MCP** (31 و30.85 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). وللمعاملة بـ **SNP** (28.44 و29.25 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). بينما انخفضت القيم مع المعاملات المذكورة في الأسبوع الثامن لتصل لـ 26.50 و25.25 و27 و27.13 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي للمعاملة بـ **AVG** و**CTS** و **1-MCP** و**SNP** .

بلغ المحتوى من الفينولات الكلية مع المعاملة بـ **MeJa** أقصاه معنوياً في الأسبوع السادس (30.67 مغ/100غ وزن رطب)، وانخفض عند نهاية التخزين ليبلغ (28.15 مغ/100غ وزن رطب). لم تظهر فروقات معنوية مع المعاملة بـ **VE** من الأسبوع الرابع وحتى الثامن (من 31.75 وحتى 31.13 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي).

ب. التغيرات بين المعاملات المدروسة ضمن كل فترة زمنية:

تُشير البيانات الموضحة في الجدول (25) إلى حدوث تفوق معنوي للمعاملة بـVE على كافة المعاملات بقيم تراوحت بين **بداية** و**نهاية** مدة التخزين (من 21.38 إلى31.13 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). تلاها وبتفوق معنوي مقارنة بباقي المعاملات المعاملة بـMCP-1 وMeJa مع وجود فرق معنوي بينهما وذلك في الأسابيع **الأول** و**الثاني** و**الرابع** للتخزين بقيم بلغت (26 و26.46 و31 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي) للمعاملة بـMCP-1، و(24.31 و27.69 و29.21 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي) للمعاملة بـ MeJa. لوحظ تفوق معنوي في **الأسبوع الأول** للمعاملة بـ CTS وSNP على معاملة الشاهد بقيم بلغت (23.55 و23.38 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). كما تفوقت المعاملة AVG وSNP في **الأسبوع الثاني** على الشاهد بقيم (25.68 و26 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي).

عند **نهاية مدة التخزين** لم تظهر فروقات معنوية بين معاملة الشاهد و MCP-1 وSNP (27.11 و27 و27.13 مغ/100غ وزن رطب، على التوالي). في الوقت الذي تفوقت فيه المعاملة بـ MeJa (28.15 مغ/100غ وزن رطب) معنوياً على المعاملات السابقة الذكر. بينما تدنى معنوياً المحتوى من الفينولات الكلية مع المعاملة بـ CTS (25.25 مغ/100غ وزن رطب) مقابل المعاملات الأخرى.

نجد بمقارنة متوسطات المعاملات تفوق المعاملة بـ VE على المعاملات الأخرى، تلتها المعاملات بـ MCP-1 وMeJa ، ثم الـ SNP، ثم الـ AVG وCTS، وتدنت القيم في الشاهد.

4.12 تأثيرمعاملات ما بعد القطاف في النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة الجذر الحر دي فينيل بيكريل هيدرازيل (DPPH):

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر:

أ. تغيرات النشاط المضاد للأكسدة للمعاملات خلال فترة التخزين:

أظهرت النتائج الواردة في الجدول (26) ازدياد النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH في الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر بشكل تدريجي مع تقدم الثمار بالنضج ليبلغ أعلى قيمة معنوياً عند الأسبوع الرابع في الثمار المعاملة بـ **CTS** و**1-MCP** و**MeJa** فبلغ 84.98 و87.94 و92.52 %، على التوالي. وعند الأسبوع السادس لمعاملات **الشاهد** و**AVG** و**SNP** و**VE** فبلغ 83.15 و90.09 و98.98 و94.41%، على التوالي. تلاه انخفاض معنوي مع نهاية فترة التخزين في الأسبوعين السادس والثامن للثمار المعاملة بـ CTS بقيم 82.91 و81.43%، على التوالي، والثمار المعاملة بـ 1-MCP 86.07 و85.95%، على التوالي، وللمعاملة بـ MeJa 90.96 و81.10%، على التوالي.

ب. تغيرات النشاط المضاد للأكسدة بين المعاملات ضمن كل فترة زمنية:

حسب الجدول (26) أن معاملة الثمار بـSNP جعلها تتفوق معنوياً على باقي المعاملات طوال فترة التخزين بقيم تراوحت من بداية التخزين لنهايته من 70.12% إلى 95.33%، على التوالي. في الأسابيع **الأول** و**الثاني** و**الرابع** أبدت المعاملة بـ 1-MCP 77.11 و86.05 و87.94%، على التوالي. وMeJa 78.23 و85.87 و92.52%، على التوالي تفوقاً معنوياً مقابل باقي المعاملات هذا وقد تفوقت المعاملة MeJa معنوياً على المعاملة بـ 1-MCP في الأسبوع الأول والرابع من التخزين.

لوحظ في الأسبوعين **الأول** و**الثاني** انخفاضاً معنوياً في النشاط المضاد للأكسدة في كلاً من ثمار الشاهد والثمار المعاملة بـAVG وCTS وVE بالمقارنة مع المعاملات الأخرى، مع وجود فروق معنوية فيما بينها، حيث بلغت في معاملة الشاهد 75 و76.50%، على التوالي. وفي المعاملة AVG 74.13 و82.51%، على التوالي. وفي المعاملة بـ CTS 75.54و84.40%، على التوالي. ومع المعاملة بـ VE 47.30 و75.98%، على التوالي.

تميزت في **الأسبوع السادس** معنوياً المعاملة بـ VE 94.41% مقابل المعاملات الأخرى عدا SNP. كما تفوقت معنوياً باقي المعاملات AVG (90.09%)، و1-MCP (86.07%)، وMeJa (90.98%)، على ثمار الشاهد والذي انخفض فيه النشاط المضاد للأكسدة إلى 83.15% في حين لم يظهر فرق معنوي بين الشاهد والمعاملة بـ CTS 82.91%.

أثرت المعاملة بـ AVG 86% و1-MCP 85.95% عند **نهاية فترة التخزين** إيجاباً في الحفاظ على قيم أعلى للنشاط المضاد للأكسدة مقابل المعاملات الأخرى عدا SNP، في حين لم يلاحظ

الفروقات المعنوية بين معاملات الشاهد وCTS وMeJa بقيم بلغت 81 و81.43 و81.10%، على التوالي. كما تفوقت عليها معنوياً المعاملة بـ VE (85.74%).

- نجد من دراسة الفروقات المعنوية بين **متوسطات كافة المعاملات** خلال فترة التخزين التفوق المعنوي للثمار المعاملة بـ SNP، تلتها المعاملة بـ MeJa ثم المعاملة بـ 1-MCP بينما لم تظهر فروق معنوية بين AVG وVE. وانخفض النشاط المضاد للأكسدة في معاملتي الشاهد وCTS مع تفوق معنوي لـ CTS.

الثمار المقطوفة بطور التحول:

أ. تغيرات النشاط المضاد للأكسدة للمعاملات خلال فترة التخزين:

تعرض البيانات الموضحة في الجدول (27) تغيرات النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH لثمار البندورة المخزنة بطور التحول. حيث ازدادت قيم النشاط المضاد للأكسدة معنوياً في الثمار المعاملة بـ **1-MCP** من بداية فترة التخزين 61.59% مع استقرارها في الأسبوعين الثاني والرابع 88.98 و89.10%، على التوالي ليعود وينخفض مع زيادة مدة التخزين وتقدم الثمار بالنضج ليصل إلى 79.10% عند نهاية فترة التخزين. بينما ازداد النشاط المضاد للأكسدة في الثمار المعاملة بـ **CTS** و**MeJa** ليصل إلى أعلى نسبة في الأسبوع الرابع 73.73 و97.16%، على التوالي، تلاها انخفاضاً تدريجياً حتى نهاية فترة التخزين 73.19 و86.67%، على التوالي. كما ازدادت القيم مع التقدم بالنضج حتى الأسبوع السادس مع معاملة **الشاهد** و**AVG** 82.50 و92.63%، على التوالي، ثم انخفضت القيم معنوياً في نهاية مدة التخزين إلى 73 و90.90%، على التوالي. ويلاحظ زيادة معنوية وبقيم متزايدة للنشاط المضاد للأكسدة حتى نهاية فترة التخزين لمعاملتي **SNP** و**VE** 91.13 و93.30%، على التوالي.

ب. تغيرات النشاط المضاد للأكسدة بين المعاملات ضمن كل فترة زمنية:

تُشير نتائج الجدول (27) إلى أن معاملة الثمار بـ 1-MCP زادت من النشاط المضاد للأكسدة في ثمار البندورة بطور التحول خلال الأسبوعين **الأول** و**الثاني** 85.57 و88.89%، على التوالي فتفوقت بذلك معنوياً مقارنة بالمعاملات الأخرى، ثم تفوقت الثمار المعاملة بـ MeJa بنفس الفترة مُسجلة 82.45 و86.70%، على التوالي. مع ملاحظة لم يلاحظ وجود فروق معنوية في الأسبوع الأول بينها وبين المعاملة بـ VE. وأثرت المعاملة بـSNP معنوياً في زيادة النشاط المضاد للأكسدة

مقارنة مع معظم المعاملات بما فيها الشاهد، حيث سجلت في الأسبوعين **الأول** و**الثاني** 75.40 و80.88%، على التوالي.

وتجدر الإشارة إلى استعمال مادة الـ CTS لم يكن لها تأثيراً معنوياً في الحفاظ على قيم مرتفعة من النشاط المضاد للأكسدة طوال فترة التخزين وتراوحت القيم من الأسبوع **الأول** إلى **الثامن** 64.13 و73.19%، على التوالي. كذلك الأمر بالنسبة للمعاملة بـ AVG والتي انخفض فيها النشاط المضاد للأكسدة طوال الشهر الأول من التخزين فسجل 66.67 و70 و74.32%، على التوالي في الأسابيع **الأول** و**الثاني** و**الرابع** من التخزين، ثم طرأ عليها ارتفاع في القيم ترافق مع تدهر الثمار في الأسبوعين الأخيرين من التخزين 92.63 و90.90%، على التوالي.

استمر **بعد شهر** من التخزين التفوق المعنوي للمعاملة بـ MeJa 97.16%، على كافة المعاملات تلاها المعاملة بـ 1-MCP 89.10 %، فالمعاملة بـ VE86.59%، ثم المعاملة بـ SNP 82.99%. وتدنت قيم النشاط المضاد للأكسدة مع ما تبقى من معاملات.

لوحظ غياب الفروقات المعنوية في **الأسبوع السادس** بين المعاملة بـMeJa و SNP 90.16 و90%، على التوالي. وبين المعاملة بـ 1-MCP و VE 86.10 و86.79%، على التوالي.

يُلاحظ عند **نهاية مدة التخزين** زيادة طارئة في النشاط المضاد للأكسدة مع المعاملة بـ VE 93.30 % والمعاملة بـ AVG 90.90% بتفوق معنوي مقابل باقي المعاملات. بينما تفوقت المعاملات 1-MCP و MeJa و SNP فبلغت 79.10 و86.67 و91.13%، على التوالي مقارنة الشاهد 73%.

- نجد من دراسة الفروقات المعنوية بين **متوسطات المعاملات** المدروسة خلال فترة التخزين أن النشاط المضاد للأكسدة تفوق وبشكل واضح مع الثمار المعاملة بـMeJa أولاً، فالمعاملة بـ VE، تلاها المعاملة بـ 1-MCP فالمعاملة بـ SNP. وتقاربت القيم مع وجود فارق معنوي مع ثمار الشاهد و AVG. وتدنت معنوياً القيم مع المعاملة بـ CTS مقابل الشاهد.

من الأهداف الأساسية في هذه الدراسة تقييم مستويات مضادات الأكسدة وذلك عند معاملة ثمار البندورة ببعض المواد الكيميائية والطبيعية كمعاملات ما بعد الحصاد لرفع القدرة التخزينية والمحافظة على القيمة الغذائية للثمار في ظروف التخزين المبرد والتي لم تدرس حتى الآن، وبالتالي

تعد الثمار الطازجة أغنى المصادر الطبيعية بمضادات الأكسدة، وإن الزمن بين الحصاد واستهلاك ثمار الخضار والفاكهة يمكن أن يمتد لعدة أسابيع تحدث خلالها تفاعلات فيزياكيميائية كرد فعل على البيئة المحيطة بالثمار ومنها تغيرات في مستوى النشاط البيولوجي والطبي لمركبات معينة بشكل خاص، إن هذه التغيرات تحدد القيمة الغذائية للثمار (Javanmardi و Kubota، 2006).

بينت الدراسات وجود ارتباط إيجابي بين النشاط المضاد للأكسدة ومستوى الفينولات الكلية (Singh و Dwivedi، 2008؛ Kondo وزملاؤه، 2005).

ظهر جلياً التأثير الإيجابي للمواد الكيميائية والطبيعية المستخدمة في هذه الدراسة في الحفاظ على قيم أعلى للنشاط المضاد للأكسدة والمحتوى من الفينولات الكلية في كل من طوري النضج. تعتبر الفينولات مضادات أكسدة هامة تقوم بكبح الجذور الحرة. وتتأثر كمية المركبات الفينولية في الثمار بالتركيب الوراثي وبظروف التخزين وطريقة الاستخلاص والظروف البيئية ومنطقة الزراعة والصنف (Barros وزملاؤه، 2012). وتساعد الفينولات الكلية في كنس الأنواع النشطة للأوكسجين ROS وتعمل على حماية الثمار من التدهور الناتج عن عمليات الأكسدة المرافقة لتقدم الثمار بالنضج وإجهادات البرودة وأضرارها خلال التخزين (Foyer و Redox، 2005).

تراوحت قيم الفينولات الكلية تبعاً في هذه الدراسة في طور النضج الأخضر وطور نضج التحول من 16.38 إلى 39.44 مغ/100غ وزن رطب، وهي ضمن الحد المذكور بالمراجع، وتوافقت هذه النسبة مع ما ذكره MARŠIĆ وزملاؤه، (2011) و Luthria وزملاؤه(2006) عند تقدير الفينولات الكلية في عدة أصناف من البندورة المزروعة تحت ظروف الزراعة الحقلية حيث تراوحت القيم بين 8.60 و45 مغ/100غ وزن رطب. ازداد محتوى ثمار البندورة المقطوفة بطور النضج الاخضر وطور التحول من الفينولات الكلية مع تقدم الثمار بالنضج وطول فترة التخزين المبرد، حيث تبدي الثمار ردود فعل فيزيولوجية دفاعية عندما تتعرض للإجهادات المختلفة كانخفاض درجة الحرارة في ظروف التخزين المبرد، وتكون ردود الفعل الدفاعية مرتبطة بمرحلة النضج ويرافق ذلك عادةً زيادة في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية (Tian وزملاؤه، 2006). يمكن أن نُفسر أيضاً ازدياد المحتوى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة مقدراً بـ DPPH في ثمار البندورة بطور النضج الأخضر Green وطور التحول Turning كنتيجة لارتفاع إجهاد الأكسدة المرافق لذروة التنفس climacteric (Jimenez وزملاؤه، 2002a). ومن المعروف أن ثمار البندورة من الثمار الكلايمكترية التي تُنتج الإثيلين (Louise و Torre، 2015؛ Zhu وزملاؤه، 2015)، وإن ارتفاع

تركيز الإثيلين داخل الثمرة يحدث قبل بدء الكلايمكترك، وبالتالي فان الإثيلين كهرمون نضج قد يكون مسؤولا عن حدوث ذروة التنفس في الثمار (حداد وبايرلي، 2010). نتيجة مشابه توصل إليها Hoang وزملاؤه (2011) على ثمار التفاح صنف 'Cripps Pink' في ظروف التخزين المبرد عند دراسة الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة حيث ازداد محتوى لب الثمار من الفينولات الكلية مع التقدم بالنضج. كما توافقت هذه النتيجة مع ما وجده Pinheiroa وزملاؤه (2013) حول زيادة محتوى ثمار البندورة من الفينولات الكلية مع التقدم بالنضج عند تخزينها بطور النضج الأخضر عند درجات حرارة مختلفة. من جهة أخرى أشار Fernando وزملاؤه (2014) إلى أن الفينولات الكلية في ثمار البندورة (*Solanum lycopersicum, cv. 'Zinac'*) ازدادت مع التقدم بالنضج ثم نقصت مع النضج الكامل، وأن النشاط المضاد للأكسدة مقدراً بـ DPPH ازداد مع النضج وانخفض بسرعة مع الشيخوخة أثناء التخزين.

كما دلت نتائجنا على انخفاض المحتوى من المركبات الفينولية في نهاية فترة التخزين لمعظم المعاملات ضمن طوري النضج المدروسين وربما يعود ذلك وخاصة في المراحل المتقدمة من النضج لثمار البندورة لتهدم التركيب الخليوي متضمناً الفجوات وهي المكان الرئيسي الذي تتراكم فيها الفينولات الذائبة والتي تمثل 62–72 % من الفينولات الكلية، توافقت هذه النتيجة مع ما أكده Gómez وزملاؤه (2009) عند التخزين المبرد لثمار البندورة صنف Micro–Tom. كما يمكن الإشارة إلى حدوث زيادة في أكسدة المركبات الفينولية في نهاية التخزين وبالتالي انخفاض نسبتها في الثمار (Balouchi وزملاؤه، 2011). من جهة أخرى ربما يعود الفقد في المواد الفينولية في نهاية فترة التخزين كرد فعل على الإجهاد الناتج بسبب أضرار البرودة chilling injury (Toorو Savage ، 2006).

لوحظ أيضاً انخفاض النشاط المضاد للأكسدة في نهاية التخزين عند كل من طوري الدراسة، وقد يمكن تفسير ذلك بارتباط تدهور وشيخوخة الثمار مع انخفض النشاط المضاد للأكسدة مقدراً بـ DPPH في المراحل الأخيرة من فترة التخزين نتيجة لاستهلاك كمية كبيرة من المركبات المانعة للتأكسد كرد فعل دفاعي ضد إجهاد ظروف التخزين المُبرد وزيادة الجذور الحرة في المراحل الأخيرة من حياة الثمرة، نتائج موافقة أكدها Tavallaliو Moghadam (2015) على ثمار المندرين أثناء التخزين. نتائج مشابهه أوردها(Tomás–Barberán وزملاؤه (2000،2001؛ Gómez وزملاؤه، 2009) ولاحظوا أن أعلى تركيز للفينولات الكلية في أطور النضج المتوسطة (طور النضج الوردي والأحمر الفاتح) ثم تعود وتنخفض في المراحل الأخيرة من النضج. كما توافقت نتائجنا والنتائج التي

توصل إليها (Javanmardi و Kubota، 2006) على ثمار البندورة صنف " Clermon"، حيث وجدا أن درجة حرارة التخزين المنخفضة قد أثرت معنوياً في المحتوى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة، وفسرا ذلك بأن إجهاد البرودة chilling stress ربما يؤثر في مسارات التصنيع الحيوي للمركبات المشاركة في النشاط المضاد للأكسدة مؤدياً إلى ارتفاعها لمستويات عالية، لذلك يجب الاهتمام بعناية بمعاملات ما بعد الحصاد للحفاظ على جودة الثمار.

أشارت النتائج في هذه الدراسة على تفوق المعاملة بـ **SNP** معنوياً في الحفاظ على محتوى أعلى من الفينولات الكلية وخاصة الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر كما تفوقت معنوياً على معظم المعاملات في الثمار المقطوفة بطور التحول بما فيها ثمار الشاهد. ويمكن تفسير ذلك بأن المعاملة بـ SNP تعمل على خفض معدل إنتاج الإيثلين (Wu وزملاؤه، 2012؛ Lai وزملاؤه، 2011؛ Yangوزملاؤه، 2010؛Zhu و Sun، 2009) وتحمي الجدار الخلوي من خطر الجذور الحرة المتولدة خلال فترة التخزين، كذلك تم تثبيط نشاط الأنزيمات مثل البولي فينول أكسيديز Polyphenol oxidases(PPO) في الثمار المخزنة وبالتالي تحد المعاملة به من أكسدة الفينولات. وتوافقت هذه النتيجة مع Zhao وزملاؤه (2009)، حيث أن مضادات الأكسدة عبارة عن جزيئات صغيرة قادرة على إرجاع الجذور الحرة عن طريق أكسدة نفسها وبالنتيجة تكون أشكالها المؤكسدة ثابته غير ضارة بالخلية (Flores وزملاؤه، 2008).

نتائج متوافقة مع ما توصلنا له ذُكرت في دراسة لـ (Wu وزملاؤه، 2012؛ Saadatian وزملاؤه، 2012) وجدوا أن المعاملة بـ SNP تحد من تراكم الـ ROS وتجعل مظاهر الشيخوخة في حدها الأدنى، ويمكن أن يعود الدور الذي يقوم به إلى عمله كوسيط يتحكم في تعبير المورثات المسؤولة عن تصنيع مضادات الأكسدة والتي تقوم بكنس الـ ROS تحت ظروف الاجهاد المختلفة، فيعمل على تحفيز نظام دفاع ذاتي مكتسب في النسيج الثمري ضد الإجهادات المختلفة مما يزيد من القدرة التخزينية لثمار البندورة في ظروف التخزين المُبرد (Mur وزملاؤه، 2006). وجاءت هذه النتائج أيضاً متوافقة مع العديد من الدراسات التي أكدت على الدور الإيجابي لأكسيد النيتريك المتحرر من SNP في الحفاظ على جودة الثمار ومحتوى الثمار من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة منها (Lai وزملاؤه، 2011؛ Eum وزملاؤه، 2009) عند معاملة ثمار البندورة، وثمار الكيوي (Saadatian وزملاؤه، 2012)، وثمار المانغو (Zaharah و Singh، 2011)، وثمار الدراق (Flores وزملاؤه، 2008)، وثمار الخيار (Shi وزملاؤه، 2007).

أظهرت المعاملة بـ **VE** تفوقاً معنوياً على كافة المعاملات في محتوى الفينولات الكلية للثمار المقطوفة بطور التحول كما تفوقت على معظم المعاملات بما فيها الشاهد في الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر. وربما يمكن أن يفسر ذلك بأن زيادة الجذور الحرة في الخلية النباتية (أوراق، ثمار) تكون نتيجة للإجهادات البيئة المختلفة وتقدم الثمار بالنضج، وتبدأ مع هذه الزيادة أكسدة الحموض الدسمة غير المشبعة وتؤدي إلى زيادة نفاذية الجدر الخلوية وتدفق الأيونات وبالتالي تخريبها، ويتجلى ذلك بمؤشرات ظاهرية وبنيوية في الثمار (Collin وزملاؤه 2008). وقد أثبتت العديد من الدراسات دور فيتامين E في كنس جذور الاوكسجين من الخلايا وتوافقت نتائجنا مع ما توصل إليه Schmitz و Noga (1998) عند معاملة ثمار التفاح بـ VE رشاً أو غمراً بمحلول مائي تركيز 0.25%. نتائج موافقة أكدها (Krieg وزملاؤه، 1998؛ Scandalios،1997a).

اقتصر التفوق المعنوي للمحتوى من الفينولات الكلية للمعاملة بـ **CTS** على ثمار الشاهد فقط وفي كل من طوري النضج الأخضر ونضج التحول. توافقت هذه النتيجة مع Liu وزملاؤه (2007)، حيث أكدوا على أن معاملة ثمار البندورة بالشيتوزان أدت لزيادة معنوية في المحتوى من الفينولات الكلية بالإضافة للحد من نشاط انزيمات البولي فينول أكسيديز polyphenol oxidase (PPO) و peroxidases (POD) وهي المسؤولة عن الخسارة في الجودة كنتيجة لتهدم المواد الفينولية نتيجة مماثلة أكدها (Song وزملاؤه، 2016؛ El–Sayed و Mahdy، 2015). ويمكن تفسير ذلك وفق النتائج التي حصل عليها Badawy و Rabea (2009) عند دراسة تأثير المعاملة بالشيتوزان على مقاومة ثمار البندورة أثناء التخزين، فوجدوا أن للمعاملة إمكانية في تشجيع العوامل الدفاعية ذاتية المنشأ في الثمار ومنها زيادة المحتوى من المواد الفينولية الذائبة الكلية وانخفاض نشاط أنزيم البولي فينول أكسيديز (PPO) وزيادة المحتوى من البروتينات الكلية. نتائج موافقة سجلها Zhang وزملاؤه (2015). وَ García و Barret (2006). دعم هذه النتيجة دراسة لـ Edirisinghe وزملاؤه (2014) على ثمار الفليفلة، ودراسة لـAli وزملاؤه (2012) عند معاملة ثمار الباباظ" *Carica papaya*. L" بـ الـ CTS.

حققت المعاملة بـ **MeJa** في هذه الدراسة نتائج متفوقة معنوياً وخاصة في طور التحول، وقد يعود ذلك لما أوضحته دراسة لـ Heredia و Zevallos (2009) عن تأثير المعاملة بـ MeJa في زيادة تراكم محتوى الفينولات الكلية في ثمار التفاح والتمر والفليفلة والبطاطا والجزر والبندورة والملفوف

وفسروا ذلك بالتعديلات الوراثية التي تحدث في الثمار مع وجود إشارة لتفعيل النظام الدفاعي ذاتي المنشأ مثل التأثير في ألية تشكل وتفكك الفينولات الكلية حيث أثرت المعاملة بـMeJa في نشاط أنزيم فنيل الانين امونيا ليز phenylalanine ammonia lyase (PAL) وهو الأنزيم الرئيسي الذي يحفز تصنيع الحمض الأميني فينيل آلانين المسؤول عن التصنيع الحيوي للفينولات والفلافونوئيدات (Jones و Harthey، 1999). نتيجة مماثلة أشار Öztürk وزملاؤه (2013) في ثمار التفاح صنف "Fuji" المعاملة بـ MeJa، حيث يعد MeJa من العوامل المؤثرة في المحتوى من الفينولات ومضادات الأكسدة، فهو منظم خلوي يشترك في عمليات تطور الثمار ونضجها وتصنيع الإثيلين وتراكم الأصبغة. وربما يعود تفسير هذه النتيجة أيضاً لما ذكره Gonza´lez–Aguilar ´وزملاؤه (2006) حول أن المعاملة بـ MeJa أدت لظهور أليات دفاعية في عدد من الثمار كرد فعل على ظروف التخزين المُبرد كنوع من الإجهادات اللاحيوية، وفي نتيجة مشابه أكدها الباحث نفسه Gonzalez وزملاؤه (2004) إلى أن معاملة ثمار الجوافة (*Psidium guajava*) بـ MeJa أدت لزيادة معنوية في المحتوى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة. كما توافقت هذه النتائج مع Fung وزملاؤه (2004) عند معاملة ثمار الفليفلة الخضراء (*Capsicum annuum L. cv Century*). ومع Sayyari وزملاؤه (2011) عند معاملة ثمار الرمان (*Punica granatum L. cv. Mollar de Elche*) بعد الحصاد بـ MeJa بتركيز 1 mM ثم تخزينها عند 2 درجة مئوية مدة 84 يوماً، بالإضافة لخفض مظاهر أضرار البرودة chilling injury (CI).

استخدم في هذه الدراسة كمعاملات ما بعد القطاف **AVG** و**1–MCP** والتي تعمل على إعاقة إنتاج الإثيلين (Asrey، 2012)، وبالتالي إطالة حياة الثمار التخزينية Storage life. فقد حققت المعاملة بـ 1–MCP و AVG نتائج جيدة في الحفاظ على محتوى من الفينولات الكلية للثمار المعاملة وبتفوق معنوي مقابل معظم المعاملات المدروسة، ويمكن أن يُفسر ذلك من خلال قدرة 1–MCP على تأخير نضج ثمار البندورة في كلا طوري النضج الأخضر والتحول(Wills و Ku، 2002)، وبالتالي الحفاظ على جودة الثمار ومكوناتها وتركيبها الداخلي ومنها النظام المضاد للأكسدة في الثمار كالفينولات، نتائج موافقة أشار لها WANG وزملاؤه(2010) على ثمار البندورة، حيث ازداد محتوى الثمار من الفينولات الكلية معنوياً مقابل ثمار الشاهد، كما تحسن النشاط المضاد للأكسدة مقدراً وفق طريقة DPPH و FRAP[3]. نتيجة مطابقة أوردها Ilic وزملاؤه (2013) و Singh و Dwivedi

[3] أحد طرق النشاط المضاد للأكسدة Ferric reducing activity potential

(2008) في تجارب تم إجراؤها على ثمار البندورة. اتفقت هذه النتيجة مع ما توصل إليه Tavallaliو Moghadam(2015) عند تخزين ثمار المندرين*Citrus reticulate* صنف 'Kinnow' ومعاملتها بمحلول مائي من 1-MCP مدة 5 دقائق وتخزينها عند درجة حرارة ±4 درجة مئوية ورطوبة نسبية 85 ±5% لمدة شهر. كما أشارت عدة دراسات على أنواع مختلفة من الثمار إلى النتيجة ذاتها كثمار الكيوي (Antunes وزملاؤه، 2010) وثمار العنب (Tesniere، 2004) وثمار الفريز (Bower، 2003). وثمار التفاح حيث أكد Hoang وزملاؤه (2011) على زيادة نشاط مضادات الأكسدة في الثمار المعاملة بـ 1-MCP بمعدل 40% في القشرة و70 % في اللب أثناء التخزين المبرد، بالإضافة إلى علاقة ارتباط ايجابية بين الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة، نتيجة مماثلة أكدها Sun وزملاؤه (2002) مستخدماً طريقة الـ DPPH لتقدير النشاط المضاد للأكسدة. أظهرت الدراسة التي أجراها Sun وزملاؤه (2012) نتيجة مشابهة عند معاملة نبات الكيل بـ MCP حيث انخفض محتوى أوراق الكيل *Chinese kale* من الفينولات الكلية مع التقدم بالعمر لكنها احتوت على نسبة أعلى من الفينولات الكلية وبفارق معنوي بالمقارنة مع الشاهد وحافظت على مستوى أعلى من النشاط المضاد للأكسدة.

كان للمعاملة بـ **AVG** أثر إيجابي في الحفاظ على محتوى أعلى من الفينولات الكلية مقارنة بثمار الشاهد وبعض المعاملات وخاصة الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر، كما أبدت تأثير إيجابي معنوي في النشاط المضاد للأكسدة مقابل ثمار الشاهد في طوري النضج الأخضر والتحول، وقد يمكن تفسير ذلك بالإشارة إلى ما وجدناه في هذه الدراسة حول زيادة محتوى الثمار المعاملة بـ AVG من فيتامين C، فالمستويات العالية من حمض الأسكوربيك ضرورية للحفاظ على النظام المضاد للأكسدة من أجل حماية الثمار من إجهاد الأكسدة (Shigeoka وزملاؤه، 2002). توافقت هذه النتيجة مع Ozkan (2012) عند دراسته لتأثير المعاملة بـ AVG على ثمار التفاح، حيث أدت المعاملة إلى زيادة محتوى الثمار من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة.

الجدول 24. تأثير المعاملات المدروسة في تغيرات المحتوى من الفينولات الكلية (مغ/100غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و 8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع										متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		بداية التخزين		1		2		4		6		8		
	control	16.38 c		G	16.65 c	D	24.85 a	F	20.81 b	F	20.61 b	E	20 b	0.77	E	19.88
	AVG	16.38 d		E	21.69 c	B	29.13 b	B	30.40 a	E	30.40 a	B	30.58 a	0.87	B	26.43
	CTS	16.38 e		D	22.71 d	D	24.94 c	C	27.88 b	E	30.15 a	D	28.30 b	0.96	D	25.06
	1-MCP	16.38 e		B	26.63 c	C	26.77 c	DE	27.19 c	C	31.88 a	C	29.25 b	0.92	B	26.35
	MeJa	16.38 e		F	19.38 d	D	24.82 c	E	26.88 b	D	31.19 a	B	30.94 a	1.06	D	24.93
	SNP	16.38 f		A	30 d	A	30.25 d	A	32.85 b	A	39.44 a	A	31.83 c	0.87	A	30.13
	VE	16.38 f		C	23.98 e	D	24.94 d	D	27.35 c	B	32.81 a	B	30.69 b	0.88	C	26.03
	L.S.D 0.05			0.73		0.86		0.44		0.41		0.46		-	L.S.D0.05 = 0.25	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 25. تأثير المعاملات المدروسة في تغيرات المحتوى من الفينولات الكلية (مغ/100غ وزن رطب) للثمار المخزنة بطور التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع												متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		بداية التخزين		1		2		4		6		8				
	control	21.38 **d**		**E**	22.65 **c**	**F**	23.44 **b**	**G**	24.31 **a**	**E**	27.19 **e**	**C**	27.11 **e**	E	24.35	0.68
	AVG	21.38 **c**		**E**	22.55 **c**	**D**	25.68 **b**	**E**	27.63 **a**	**D**	27.50 **a**	**D**	26.50 **b**	D	25.21	0.87
	CTS	21.38 **d**		**D**	23.55 **c**	**E**	25.31 **b**	**F**	27 **a**	**F**	27.02 **a**	**E**	25.25 **b**	D	24.92	0.87
	1-MCP	21.38 **d**		**B**	26 **c**	**C**	26.46 **bc**	**B**	31 **a**	**B**	30.85 **a**	**C**	27 **b**	B	27.12	0.99
	MeJa	21.38 **e**		**C**	24.13 **d**	**B**	27.69 **c**	**C**	29.21 **b**	**B**	30.67 **a**	**B**	28.15 **c**	B	26.87	0.82
	SNP	21.38 **e**		**D**	23.38 **d**	**D**	26 **c**	**D**	28.44 **a**	**C**	29.25 **a**	**C**	27.13 **b**	C	25.93	0.87
	VE	21.38 **c**		**A**	27.63 **c**	**A**	30.52 **b**	**A**	31.75 **a**	**A**	31.75 **a**	**A**	31.13 **ab**	A	29.03	0.77
	L.S.D 0.05			0.57		0.35		0.49		0.10		0.32		**L.S.D 0.05= 0.45**		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العمود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات خلا ل الزمن نفسه.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 26. تأثير المعاملات المدروسة في النشاط المضاد للأكسدة (DPPH %) للثمار بطور النضج الأخضر والمخزنة عند درجة حرارة (13و 8 °م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين/ أسبوع												متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8			
	control	70.12 f		E	75 e	E	76.50 d	G	79.78 c	F	83.15 a	D	81 b	F	77.59
	AVG	70.12 e		G	74.13 d	D	82.51 c	F	82.51 c	D	90.09 a	B	86 b	D	80.89
	CTS	70.12 f		D	75.54 e	C	84.40 b	E	84.98 a	F	82.91 c	D	81.43 d	E	79.90
	MCP	70.12 d		C	77.11 c	B	86.05 b	C	87.94 a	E	86.07 b	B	85.95 b	C	82.21
	MeJa	70.12 f		B	78.23 e	B	85.87 c	B	92.52 a	C	90.96 b	D	81.10 d	B	83.13
	SNP	70.12 f		A	82.45 e	A	86.90 d	A	93.09 c	A	98.98 a	A	95.33 b	A	87.81
	VE	70.12 f		F	74.30 e	F	75.98 d	D	84.92 c	B	94.41 a	C	85.47 b	D	80.87
	L.S.D 0.05			0.17		0.40		0.52		0.32		0.35		L.S.D 0.05= 0.19	

L.S.D 0.05 = 0.34 | 0.30 | 0.38 | 0.38 | 0.45 | 0.28 | 0.22 | -

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العمود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات خلا ل الزمن نفسه.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 27. تأثير المعاملات المدروسة في النشاط المضاد للأكسدة (DPPH %) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور نضج التحول	المعاملات	مـدة الـتخزين/ أســـــبوع										L.S.D 0.05	متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8			
	control	61.59 e		D	72.87 d	E	73.45 c	E	79.77 b	D	82.50 a	F	73 d	0.32	F	73.86
	AVG	61.59 f		E	66.67 e	F	70 d	F	74.32 c	A	92.63 a	B	90.90 b	0.26	E	76.02
	CTS	61.59 f		F	64.13 e	G	64.69 d	G	73.73 a	F	73.42 b	F	73.19 c	0.11	G	68.46
	MCP	61.59 e		A	85.57 c	A	88.89 a	B	89.10 a	C	86.10 b	E	79.10 d	0.22	C	81.73
	MeJa	61.59 e		B	82.45 d	B	86.70 c	A	97.16 a	B	90.16 b	D	86.67 c	0.04	A	84.12
	SNP	61.59 f		C	75.40 e	D	80.88 d	D	82.99 c	B	90 b	C	91.13 a	0.16	D	80.33
	VE	61.59 f		B	82.68 e	C	83.30 d	C	86.59 c	C	86.79 b	A	93.30 a	0.15	B	82.38
	L.S.D 0.05	0.25		0.25		0.19		0.25		0.19		0.17		-	L.S.D 0.05 = 0.04	

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العمود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات خلا ل الزمن نفسه.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

نشاط بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة Antioxidant Enzymes:

4.13 تأثير معاملات ما بعد القطاف في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز Superoxide dismutase(SOD):

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر Green Mature:

تُوضح بيانات الجدول (28) تغير نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) في ثمار البندورة المُخزنة بطور النضج الأخضر تبعاً للمعاملات المدروسة.

أ. نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) خلال فترات التخزين:

بلغت قيم نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) عند بداية التخزين (146.99 وحدة/مغ بروتين). لوحظ انخفاض معنوي في ثمار **الشاهد** في الأسبوع الأول من التخزين (66.55 وحدة/مغ بروتين)، ثم ازدادت القيم بشكل غير معنوي خلال الأسبوع الثاني (77.89 وحدة/مغ بروتين) وكان الانخفاض معنوياً في الأسبوعين السادس والثامن (50.37 و48.87 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). أبدت الثمار المعاملة بـ **AVG** زيادة في نشاط أنزيم الـ SOD في الأسبوع الأول (168.11 وحدة/مغ بروتين) ثم انخفض معنوياً في الأسبوع الثاني (104.07 وحدة/مغ بروتين) واستمر الانخفاض في الأسبوع الرابع والسادس والثامن دون وجود فروقات معنوية خلال هذه الفترات (68.26 و64.59 و64.26 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

لم يُلحظ في المعاملة بـ **CTS** فروقات معنوية بين الفترات الزمنية الممتدة من الأسبوع الأول إلى الأسبوع السادس (من152.81 إلى 130.12 وحدة/مغ بروتين) ثم انخفض نشاط الـ SOD معنوياً عند نهاية التخزين (119.42 وحدة/مغ بروتين).

لُوحظ زيادة تدريجية معنوية بنشاط الـ SOD في الثمار المعاملة بـ **1-MCP** وسُجلت أعلى القيم في الأسبوعين الثاني والرابع (198.14 و208.28 وحدة/مغ بروتين، على التوالي)، تلا ذلك انخفاض في الأسبوعين السادس والثامن مع فروقات معنوية بينهما (162.26 و124.97 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

لم تَظهر فروقات معنوية بين الأزمنة المختلفة في الثمار المعاملة بـ **MeJa** من الأسبوع الأول إلى الأسبوع الثامن وتراوحت القيم (من 173.65 إلى 172.28 وحدة/مغ بروتين) مع ملاحظة زيادة غير معنوية في الأسبوع الرابع بلغت (193.62 وحدة/مغ بروتين).

ازداد نشاط الـ SOD معنوياً في الثمار المعاملة بـ **SNP** عند الأسبوع الرابع (153.88 وحدة/مغ بروتين) بالمقارنة مع الأسبوعين الأول والثامن (116.46 و123.42 وحدة/مغ بروتين) ولم تظهر فروقات معنوية بين الأسابيع الثاني والرابع والسادس (138.29 153.88 و132.02 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

أدت المعاملة بـ **VE** إلى زيادة معنوية في الأسبوعين الرابع والسادس في نشاط الـ SOD (92.73 و90.60 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) بالمقارنة مع الأسبوعين الأول والثامن من التخزين (67.45 و62.83 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

ب. <u>نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) بين المعاملات خلال كل فترة تخزينية:</u>

تُبين النتائج الواردة في الجدول (28) تفوق معنوي في **الأسبوع الأول** في نشاط أنزيم الـ SOD بالنسبة للثمار المعاملة بـ MeJa بالمقارنة مع كافة المعاملات بقيم بلغت (173 وحدة/مغ بروتين)، بينما انخفضت معنوياً في ثمار الشاهد والثمار المعاملة بـ VE (66.55 و67.45 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). تميزت المعاملة بـ AVG بزيادة لنشاط الـ SOD معنوياً (168.11 وحدة/مغ بروتين) بالمقارنة مع بقية المعاملات عدا الـMeJa تلتها المعاملة بـ CTS ثم 1-MCP ثم SNP (152.81 و149.40 و116.46 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

يُلاحظ في **الأسبوع الثاني والرابع** تفوق معنوي للمعاملة بـ 1-MCP مقارنة مع كل المعاملات (198.14 و208.28 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). تلتها المعاملة بـ MeJa (172.21 و193.62 وحدة/مغ بروتين، على التوالي)، ثم المعاملة بـ CTS (152.81 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). في حين انخفض معنوياً نشاط الـ SOD في معاملات الشاهد وAVG مع وجود فرق معنوي بينهما في الأسبوع الثاني (77.89 و104.74 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) بينما لم يلاحظ فرق معنوي في الأسبوع الرابع (69.89 و68.26 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). لوحظ تفوق معنوي في الأسبوع الثاني والرابع للمعاملة بـ SNP (138.29 و153.88 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) مقارنة مع الشاهد وAVG وVE في الأسبوع الثاني والشاهد وVE في الأسبوع الرابع. سَجلت المعاملة

بـ VE أقل نشاط لـ SOD في الأسبوع الثاني معنوياً (72.46 وحدة/مغ بروتين) بينما تفوقت على الشاهد والـ AVG في الأسبوع الرابع (92.73 وحدة/مغ بروتين).

تفوقت المعاملة بـ MeJa في **الأسبوع السادس والثامن** معنوياً على باقي المعاملات (179.43 و172.28 وحدة/مغ بروتين، على التوالي)، تلتها المعاملة بـ 1-MCP (162.26 و124.97 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). في الأسبوع السادس تفوقت المعاملة بـ CTS وSNP (130.13 و132.09 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). وفي الأسبوع الثامن تفوقت المعاملة بـ SNP (123.42 وحدة/مغ بروتين) مقارنة بباقي المعاملات.

يُلاحظ انخفاض معنوي لنشاط الـ SOD في معاملة الشاهد والـ AVG وVE، في الأسبوع السادس تفوقت المعاملة بـ VE (90.60 وحدة/مغ بروتين) على الشاهد وAVG (50.37 و64.59 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). بينما تفوقت في الأسبوع الثامن المعاملة بـ AVG (64.26 وحدة/مغ بروتين) على الشاهد وVE (48.87 و62.83 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

- نجد من الفروقات بين المعاملات المدروسة خلال 8 أسابيع من التخزين المبرد تفوق معنوي في نشاط أنزيم الـ SOD في كل من معاملتي 1-MCP وMeJa، تلتها معنوياً معاملتي الـ CTS وSNP، ثم المعاملة بـAVG . كما انخفض نشاط الـ SOD في معاملة VE، وكانت اقل القيم مع معاملة الشاهد وبفارق معنوي مع كافة المعاملات.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول

أ. نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) خلال فترة التخزين:

نجد من دراسة النتائج الواردة في الجدول (29) أن نشاط الـ SOD بلغ عند بداية التخزين (150.80 وحدة/مغ بروتين) وانخفض معنوياً في ثمار **الشاهد** مع التقدم بالنضج وخاصة في الأسبوعين السادس والثامن (42.50 و28.99 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). لوحظ مسار مشابه في المعاملة بـ **AVG** وتراوحت القيم من الأسبوع الأول إلى الثامن من 84.31 إلى 58.21 وحدة/مغ بروتين، مع وجود فرق معنوي بينهما.

لم نلحظ فروقات معنوية لنشاط الـ SOD مع المعاملة بـ **CTS** من الأسبوع الأول وحتى السادس (من 173.10 وحتى 173.43 وحدة/مغ بروتين) وانخفض معنوياً عند نهاية التخزين (138.49 وحدة/مغ بروتين). ازداد نشاط أنزيم الـ SOD مع المعاملة بـ **1-MCP** و**MeJa** في

الأسبوع الثاني (182.77 و202.92 وحدة/مغ بروتين، على التوالي)، تلا ذلك انخفاض معنوي حتى نهاية فترة التخزين (112.09 و150.34 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

تراوحت القيم مع المعاملة بـ **SNP** من الأسبوع الأول إلى الثامن من74.56 إلى 54.80 وحدة/مغ بروتين، مع ملاحظة وجود زيادة في نشاط الـ SOD معنوياً في الأسبوع الثاني (134.61 وحدة/مغ بروتين) مقارنة بالأزمنة الأخرى، وانخفاض معنوي بين فترات التخزين بدءاً من الأسبوع الرابع فالسادس فالثامن (113.99 و94.59 و54.80 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

غابت الفروقات المعنوية مع المعاملة بـ **VE** خلال الفترة الواقعة بين الأسبوع الثاني إلى السادس (بين 82.23 و74.84 وحدة/مغ بروتين، على التوالي)، تلا ذلك انخفاض معنوي عند نهاية فترة التخزين (70.59 وحدة/مغ بروتين).

ب. نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) بين المعاملات خلال كل فترة تخزينية:

تُوضح النتائج المدونة في الجدول (29) تفوق المعاملة بـ MeJa **طوال فترة التخزين** (174.29 و202.29 و175.69 و155.94 و150.34 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) بنشاط أنزيم الـ SOD في الأسابيع الأول والثاني والرابع والسادس والثامن على كافة المعاملات عدا الأسبوع السادس. وشاركت المعاملة بـ CTS في التفوق المعنوي في الأسابيع **الأول** و**الرابع** و**السادس** مقارنة بباقي المعاملات (173.10 و175.31 و173.34 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

سَجلت معاملة الشاهد من الأسبوع **الثاني** حتى **نهاية** فترة التخزين أقل نشاط لأنزيم الـ SOD معنوياً مقارنة بالمعاملات الأخرى (من50.42 وحتى 28.99 وحدة/مغ بروتين).

تفوقت المعاملة بـ 1-MCP في الأسابيع **الأول** و**الثاني** و**الرابع** معنوياً على كافة المعاملات عدا**MeJa**، والمعاملة بـ CTS في الأسبوعين الأول والرابع فقط، بقيم بلغت (105.66 و182.77 و140.45 وحدة/مغ بروتين، على التوالي)، كما لوحظ انخفاضاً معنوياً مقابل هاتين المعاملتين في الأسبوعين السادس والثامن (115.17 و112.09 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

لم تظهر فروقات معنوية في **الأسبوع الأول** بين الشاهد (50.86 وحدة/مغ بروتين) والمعاملة بـ VE (58.09 وحدة/مغ بروتين).

سَجلت المعاملة بـ SNP في **الأسبوع الثاني والربع** (134.61 و113.99 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) متفوقة معنوياً على معاملات الشاهد وAVG وVE. والمعاملة بـ VE (82.23

و77.45 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) متفوقة معنوياً على معاملات الشاهد وAVG، كما سجلت المعاملة AVG أقل نشاط لـ SOD (64.87 و61.89 وحدة/مغ بروتين، على التوالي).

تابعت المعاملة بـ SNP وVE في **الأسبوع السادس** تفوقها معنوياً (94.59 و74.84 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) على معاملات الشاهد وAVG (42.50 و56.35 وحدة/مغ بروتين، على التوالي). أما في **الأسبوع الثامن** فحققت المعاملة بـ VE نشاطاً لأنزيم الـ SOD أعلى معنوياً (70.59 بالمقارنة وحدة/مغ بروتين) مقارنة بالشاهد وAVG و SNP(28.99 و58.21 و54.80 وحدة/مغ بروتين، على التوالي) مع وجود فروقات معنوية بينها.

- نجد من مقارنة **متوسطات المعاملات** تفوق معنوي في نشاط أنزيم الـ SOD لمعاملتي CTS وMeJa تلتها المعاملة بـ MCP−1، ثم SNP ثمVE، وانخفض نشاط الـ SOD مع المعاملة بـ AVG وتدنت القيم مع الشاهد.

4.14 تأثير معاملات ما بعد القطاف في نشاط أنزيم الكاتالاز catalase (CAT):

الثمار المقطوفة بطور النضج الأخضر Green Mature:

تُوضح البيانات الواردة في الجدول (30) تغير نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) في ثمار البندورة المخزنة بطور النضج الأخضر تبعاً للمعاملات المدروسة.

أ. نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) خلال فترات التخزين:

بلغ نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) عند بداية التخزين (11.14 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين) وانخفض في الأسبوع الأول في كافة المعاملات. ظهرت فروقات معنوية بين فترات التخزين المختلفة في ثمار **الشاهد** فتناقصت القيم من الأسبوع الأول إلى الثامن (من 2.27 إلى 3.77 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين)، مع ملاحظة زيادة معنوية خلال هذه الفترة في الأسبوع الثاني (4.73 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين). سلوك مشابه مع المعاملة بـ **SNP** فكانت الزيادة المعنوية في الأسبوع الثاني أيضاً (7.36 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين) وانخفضت القيم مع التقدم بالنضج حتى بلغت عند نهاية التخزين (4.07 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين)، بينما تناقص نشاط الـ CAT مع المعاملة بـ **AVG** من بداية فترة التخزين إلى نهايته وبفروقات معنوية (من 11.14 إلى 3.23 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين). وازداد نشاط أنزيم الـ CAT معنوياً مع المعاملة بـ **CTS** من الأسبوع الأول (3.59 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين) ليصل إلى أعلى

قيمة في الأسبوع السادس (5.52 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين) ثم انخفض معنوياً عند نهاية التخزين (5.09 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين).

أبدت المعاملات **1-MCP** و**MeJa** و**VE** زيادة بنشاط الـCAT بشكل معنوي من الأسبوع الأول (5.03 و2.52 و3.48 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) لتصل إلى أعلى قيم في الأسبوع الرابع (10.19 و4.45 و5.75 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، ثم انخفضت القيم معنوياً عند نهاية مدة الخزين (7.84 و2.61 و3.98 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

ب. نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) بين المعاملات ضمن كل فترة تخزينية:

تباينت المعاملات المدروسة في نشاط الـCAT (جدول 30)، ويُلاحظ في الأسبوعين **الأول** و**الثاني** تفوقاً معنوياً في القيم مقابل باقي المعاملات للمعاملة بـ SNP (7.13 و7.36 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، وتفوقاً معنوياً في **الأسابيع الرابع والسادس والثامن** للمعاملة بـ 1-MCP بالمقارنة مع باقي المعاملات (10.19 و9.40 و7.84 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

سُجل أقل نشاط لـ CAT في الأسبوع **الأول** و**الرابع** مع معاملة الشاهد (2.27 و4.01 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، وفي الأسابيع **الثاني** و**السادس** و**الثامن** للمعاملة بـ MeJa (3.59 و3.05 و2.61 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

تميزت في **الأسبوع الأول** المعاملة بـ AVG متوفقة معنوياً على المعاملات الأخرى عدا الـ SNP (6.37 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين)، تلتها المعاملة بـ 1-MCP (5.03 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين)، في الوقت الذي انخفض نشاط الـ CAT مع المعاملات CTS وVE وMeJa (3.59 و3.48 و2.52 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) مع وجود فروقات معنوية بينها.

تَميزت في **الأسبوع الثاني** المعاملة بـ 1-MCP و CTS معنوياً بالمقارنة مع المعاملات الأخرى (6.24 و5.15 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، وانخفضت القيم مع باقي المعاملات لتصل إلى أقل قيمة مع المعاملة بـ VE (4.23 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين). بينما سَجلت المعاملة بـ SNP تفوقاً معنوياً بالمقارنة مع باقي المعاملات عدا معاملة الـ 1-MCP في **الأسبوع الرابع** (6.92 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين)، في الوقت نفسه انخفضت القيم معنوياً في معاملات VE و CTS و MeJa (5.75 و4.95 و4.45 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) مع فروق معنوية بينها.

يُلاحظ تفوق معنوي في **الأسبوعين السادس والثامن** للمعاملة 1-MCP (9.40 و7.84 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) تلتها المعاملة بـ CTS (5.52 و5.09 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين،

على التوالي) ثم المعاملة بـ SNP (5.41 و4.07 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي). بينما انخفضت القيم مع المعاملة بـ VE (4.51 و3.89 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) والشاهد بقيم (4.10 و3.77 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

- نجد بالمقارنة بين **متوسطات المعاملات** للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر، تفوق معنوي للمعاملة بـ 1-MCP على كافة المعاملات، تلتها المعاملة بـ SNP، فالمعاملة بـ CTS. بينما انخفضت القيم مع المعاملة بـ AVG، تلتها المعاملة بـVE ، وسجلت ثمار الشاهد أدنى قيمة لنشاط انزيم الـ CAT.

الثمار المقطوفة بطور نضج التحول:

تُشير البيانات الواردة في الجدول (31) إلى تغيرا ت نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) في ثمار البندورة بطور التحول في ظروف التخزين المبرد لمدة 8 أسابيع.

أ. نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) في المعاملات المدروسة خلال مدة التخزين:

سُجل نشاط لأنزيم الـ CAT عند بداية التخزين (14.95 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين)، وانخفضت القيم في الأسبوع الأول لكافة المعاملات فتراوحت بين 3.55 و7.52 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين.

ازداد نشاط الـ CAT معنوياً في معاملة **الشاهد** خلال الأسبوعين الثاني والرابع (5.61 و5.56 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) بالمقارنة مع الفترات الزمنية الممتدة من الأسبوع الأول وحتى نهاية التخزين. ثم طرأ انخفاض معنوي في الأسبوعين السادس والثامن (4.46 و2.40 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي). في حين ازدادت القيم مع باقي المعاملات **AVG وCTS و 1-MCP وMeJa وSNP وVE** في الأسبوع الثاني (8.52 و7.35 و9.95 و7.94 و7.13 و6 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، لتنخفض لاحقاً معنوياً وبشكل متدرج حتى نهاية فترة التخزين (5.19 و3.81 و5.56 و3.13 و4.98 و2.89 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

ب. نشاط أنزيم الكاتالاز (CAT) بين المعاملات خلال كل فترة زمنية:

تُوضح النتائج الواردة في الجدول (31) تفوقاً معنوياً في نشاط الـ CAT مع المعاملة بـ AVG في الأسبوعين **الأول والرابع** (7.52 و7.87 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، ومع المعاملة بـ 1-MCP في الأسابيع **الثاني** و**السادس** و**الثامن** (9.95 و6.26 و5.56 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) بالمقارنة مع كافة المعاملات الأخرى. بينما تدنى نشاط الـ CAT في ثمار الشاهد في

الأسابيع **الأول والثاني والثامن** (3.55 و5.61 و2.40 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي)، ومع المعاملة بـ CTS في الأسبوع **السادس** (3.98 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين).

لوحظ زيادة معنوية في **الأسبوع الأول** مع المعاملة بـ MeJa و CTS و1-MCP (6.55 و6.48 و6.27 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) مقابل المعاملات الأخرى، عدا AVG، مع فروقات معنوية فيما بينها. بينما ازاد معنوياً نشاط الـ CAT مع المعاملة بـ AVG في **الأسبوع الثاني** (8.52 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين) مقابل باقي المعاملات عدا 1-MCP. تلتها المعاملة بـ MeJa ثم الـ CTS (7.94 و7.35 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي). في حين انخفض نشاط الـ CAT مع المعاملة بـ SNP و VE في الأسبوعين **الأول** (4.84 و7.14 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) و**الثاني** مسجلةً (4.49 و6 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

ازداد نشاط الـ CAT في **الأسبوع الرابع** مع المعاملة بـ 1-MCP (7.71 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين) مقابل المعاملات الأخرى عدا الـ AVG. تلتها المعاملة بـ SNP و1-MCP (6.78 و6 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) مع فارق معنوي بينهما. وانخفضت القيم معنوياً مع المعاملة بـ CTS لتصل إلى (5.74 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين).

يُلاحظ زيادة معنوية في **الأسبوعين السادس والثامن** مع المعاملة بـ AVG (5.96 و5.19 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي) مقابل باقي المعاملات عدا 1-MCP. تلتها المعاملة بـ SNP (5.81 و4.98 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي). وسُجل أقل نشاطاً معنوياً لـ CAT **عند نهاية التخزين** مع المعاملات CTS و MeJa و VE (3.81 و3.13 و2.89 **ميلليمول**/د/ مغ بروتين، على التوالي).

- نجد بالمقارنة بين **متوسطات المعاملات** المدروسة تفوقاً معنوياً للمعاملة بـ 1-MCP و AVG مقابل المعاملات الأخرى، تلتها المعاملة بـSNP و MeJa مع غياب الفروقات المعنوية بينها. ثم المعاملة بـ CTS مع عدم وجود فروق معنوية بينها وبين الـ MeJa. وانخفض معنوياً نشاط الـ CAT مع الشاهد و VE.

المناقشة: تفاوت نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة في هذه الدراسة تبعاً لمعاملات ما بعد القطاف المستخدمة، وأعطت هذه المعاملات نتائج أفضل من الشاهد غير المعامل. وما تزال المعلومات محدودة حول كيفية تغير الأنظمة المضادة للأكسدة تحت ظروف التخزين المبرد في ثمار البندورة. فلقد أشارت الدراسات السابقة إلى أن تأقلم النباتات والثمار للإجهادات غير الحيوية كالتبريد

يرافقه نشاط متزايد للأنزيمات التي تعمل على كنس الأنواع النشطة للأوكسجين ROS (Foyer وNoctor، 2005). ومن المعروف أنه خلال الظروف المثالية، يوجد توازن بين استهلاك وإنتاج الأنواع النشطة للأوكسجين ROS ويتم التحكم فيه تماماً بواسطة مضادات الأكسدة الأنزيمية وغير الأنزيمية. بينما خلال ظروف الإجهاد، يتجاوز إنتاج ROS قدرة مضادات الأكسدة على كنسها، مما يسبب إجهاد أكسدة (Noctor وFoyer، 1998). وتكون النباتات والثمار عادةً محمية بشكل طبيعي ضد التأثيرات السلبية للأنواع النشطة من الأوكسجين ROS بواسطة نظام دفاع معقد، يضم الأنزيمات المضادة للأكسدة ومنها أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) والذي يعد أول أنزيم يساهم في كنس ROS (Gomez وزملاؤه، 2004) حيث يحفز تحول أنيون السوبر أكسيد ($O_2^{\bullet-}$) إلى أوكسجين وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2)، بينما يقوم أنزيم الكاتالاز(CAT) بتنشيط تحويل بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) إلى ماء وأوكسجين (Asada، 2006؛ Scandalios وزملاؤه، 1997b).

تدل نتائج هذه الدراسة على زيادة معنوية في نشاط الـ **SOD** في معظم المعاملات خلال الأسابيع الأولى للتخزين وخاصة مع المعاملة بـ MCP-1 في طور النضج الأخضر والمعاملة بـ MeJa وMCP-1 وSNP في طور نضج التحول، وأيضاً زيادة نشاط الـ **CAT** في طور النضج الأخضر في نفس الفترة الزمنية، تلاها انخفاض في نشاط كل من الأنزيمين SOD وCAT وفي كل من طور النضج الأخضر ونضج التحول مع التقدم بالنضج. توافقت هذه النتيجة مع ما وجده Mondal وزملاؤه (2004) في ثمار البندورة حيث سُجلت قيم أعلى لنشاط لأنزيم SOD في طور بدء التلون (Breaker) بالمقارنة مع طور الأحمر الناضج، وأشاروا إلى أن المراحل الأولى من نضج ثمار البندورة تتميز بوجود نظام مضاد للأكسدة قادر على حماية الثمار من الإجهادات المرافقة للتقدم بالنضج، بينما ينخفض النشاط الأنزيمي القادر على كنس ROS في المراحل المتقدمة من النضج. نتيجة موافقة أيضاً أشار لها Murshed وزملاؤه (2013) على ثمار البندورة. توافقت نتائجنا أيضاً مع ما توصل إليه Gómez وزملاؤه (2009) حول تغير نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة كنتيجة للاستجابة لإجهاد البرودة، حيث فسروا أن زيادة نشاط SOD في ثمار البندورة في المراحل الأولى للنضج تشير إلى حدوث إجهاد أكسدة وإلى العمل على تخفيفه والحد من أثره الضار، وأشاروا إلى انخفض كبير في نشاط الـ CAT في طور النضج الأحمر الكامل. نتائج مطابقة أكدها Lai وزملاؤه (2011). كما اتفقت هذه النتيجة مع Tian وزملاؤه (2006) على ثمار الأجاص. من جهة أخرى فإن زيادة نشاط أنزيم SOD مع التقدم بالنضج قد يُفسر بوجود ردود فعل دفاعية في الثمار المخزنة

كنتيجة لتطور أضرار البرودة Chilling Injury تحت ظروف التخزين المبرد، دعم هذه الفرضية ما توصل له Wang وزملاؤه (2005b) عند دراسة النشاط الأنزيمي المضاد للأكسدة في ثمار الدراق خلال التخزين المبرد.

أما في المعاملات التي لم يَظهر فيها تغير في نشاط الـ SOD خلال فترة التخزين مثل المعاملة بـ CTS و VE في طوري النضج الأخضر والتحول، والـ MeJa و SNP في طور النضج الأخضر، فقد أورد Malacrida وزملاؤه (2006) نتيجة موافقة عند دراسة النشاط الأنزيمي المضاد للأكسدة في ثمار البندورة صنف "Micro–Tom" والمخزنة بطور النضج الأخضر عند 4 درجة مئوية، حيث أنه من الممكن تفسير ذلك بأن نشاط أنزيم الـ SOD لم يتأثر بأضرار البرودة خلال فترة التخزين. وهنا يمكن القول بأن زيادة أو نقصان النشاط الأنزيمي لـ SOD قد تأثر في هذه الدراسة أثناء فترة التخزين المبرد بالمواد المستخدمة كمعاملات ما بعد القطاف.

أوضح Kaya وزملاؤه (2013) مشاركة أنزيم الـ CAT في إزالة H_2O_2 خلال ظروف الإجهادات اللاحيوية ومنها التخزين المبرد. بمعنى أخر تؤدي الزيادة في نشاط أنزيم الـ SOD إلى زيادة تحول أنيون السوبر أكسيد إلى بيروكسيد الهيدروجين وماء، لكن H_2O_2 سام أيضًا للخلايا، وتُزال سميته من قبل الـ CAT الذي يحول بيروكسيد الهيدروجين إلى ماء وأوكسجين (Zhu و Shinozaki، 2004). فمن المفترض أن يكون نشاط الـ CAT مرتفعاً بما فيه الكفاية ليكون قادر على إزالة الأثر الضار لـ H_2O_2 الناتج عن نشاط الـ SOD، وإن لم يتحقق ذلك فيمكن أن يزداد تراكم H_2O_2 مما يؤدي إلى ضرر في الخلايا الثمرية وبالتالي انخفاض القدرة التخزينية، واتفقت هذه الفرضية مع ما توصل إليه (Singh و Dwivedi، 2008) حيث أكد على أن انخفاض نشاط أنزيم الـ SOD والـ CAT قد يساهم في تراكم H_2O_2 مؤدياً إلى زيادة إجهاد الأكسدة مع تقدم الثمار بالنضج.

من جهة أخرى تحمي الأنزيمات المضادة للأكسدة بعضها البعض من هجمات الجذور الحرة، فمثلاً يحمي أنزيم الـ SOD أنزيم الـ CAT من أن يصبح غير فعال من قبل جذر السوبر أكسيد ($O_2^{\cdot-}$)، في حين يقوم أنزيم الـ CAT والجلوتاثيون بحماية الـ SOD من أن يصبح غير فعال من قبل H_2O_2 hydroperoxides (Blum و Fridovich، 1985).

لقد أبدت ثمار **الشاهد** والثمار المعاملة بـ **VE** نشاطاً منخفضاً معنوياً لأنزيمي الـ SOD والـ CAT بالمقارنة مع باقي المعاملات في كل من طور النضج الأخضر وطور التحول، وانخفض عمل كلاً من الأنزيمين مع تقدم الثمار بالنضج، وربما يمكن اعتبار قلة التغيرات في نشاط الـ SOD والـ

CAT والتي تعمل بدورها على خفض ضرر الأكسدة الناتج عن التقدم بالنضج وظروف التخزين المبرد، السبب المؤدي إلى انخفاض مقاومة الثمار لأضرار البرودة مما انعكس سلباً على قدرتها التخزينية. نتيجة مشابه أشار لها Malacrida وزملاؤه (2006) حول انخفاض نشاط الـ SOD في ثمار البندورة صنف"Micro-Tom" والمخزنة عند درجة حرارة 4 درجة مئوية لمدة 4 أسابيع. تجدر الإشارة، وحسب ما توصلنا إليه في هذه الدراسة، إلى أن معاملة الشاهد و VE أبدت زيادة في تراكم H_2O_2 وفي كل من طوري النضج المدروسين. هذه النتيجة أكدها أيضاً Neill وزملاؤه (2002) حول أن شيخوخة الخلايا وموتها يحدث بسبب ازدياد في إنتاج H_2O_2 بالإضافة إلى نقص في نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة. كما لوحظ، تبعاً لما توصلنا إليه، انخفاض كمية فيتامين C (حمض الأسكوربيك AsA) في معاملتي الشاهد والـ VE والذي يعتبر أحد أهم مضادات الأكسدة غير الأنزيمية Non-enzymatic Antioxidant التي تتشكل في الغشاء الداخلي للميتاكوندريا، حيث أن فيتامين C (AsA) يستطيع وبشكل مباشرة كنس H_2O_2 وهكذا يحمي صلابة العديد من الأغشية من خلال منع تحول H_2O_2 إلى جذور الهيدروكسيل ($OH^{\cdot}$) عالية الفعالية والتي يمكنها أن تؤدي لأكسدة الليبيدات مما يؤدي إلى تأذي الأغشية الخلوية (Navari-Izzo وزملاؤه، 1994).

أبدت المعاملة بـ **AVG** سلوك مشابه فقد انخفض نشاط الـ SOD معنوياً في طور النضج الأخضر وطور التحول بالمقارنة مع المعاملات الأخرى، لكنها كانت أفضل قليلاً من الشاهد، إلا أن النتائج أظهرت تفوقاً معنوياً في نشاط أنزيم الكاتالاز في الثمار المعاملة بـ AVG بطور التحول وقد انعكست هذه الزيادة في خفض تركيز H_2O_2 و MDA وفقاً للنتائج التي وضحت في هذه الدراسة.

تفوقت المعاملة بـ **1-MCP** معنوياً في نشاط أنزيمي الـ SOD والـ CAT مقابل المعاملات الأخرى وفي كل من طور النضج الأخضر ونضج التحول. ويمكن أن تعود زيادة القدرة التخزينية لثمار البندورة وتحسين جودتها نتيجة للمعاملة بـ 1-MCP إلى هذا النشاط الأنزيمي المرتفع والذي يعد كآلية دفاعية في مواجهة إجهاد الأكسدة وإزالة أو كنس خطر الأنواع النشطة للأوكسجين (ROS).

تتفق هذه النتيجة مع ما أكده (Singh و Dwivedi ، 2008) حيث أدت معاملة ثمار المانغو (climacteric fruit) بـ 1-MCP إلى زيادة نشاط CAT و SOD بالمقارنة مع الشاهد، وأوضحا وجود نقص في نشاط SOD تدريجياً مع زيادة نضج الثمار أثناء التخزين في ثمار الشاهد والثمار المعاملة، لكن نشاط SOD مع المعاملة بـ 1-MCP كان أعلى خلال فترة التخزين، كما أدت المعاملة إلى زيادة طفيفة بتركيز H_2O_2 وقد يعود ذلك للنشاط العالي لـ CAT وهذا يتفق مع ما توصلنا له،

وأظهرت نتائجهما زيادة في نشاط الـ CAT خلال طور النضج الأخضر لثمار المانغو، وانخفاضه مع تطور ونضج الثمار الكامل، ويمكن أن تعزى زيادة إجهاد الأكسدة في الثمار إلى النشاط المنخفض لـ CAT والذي ارتبط مع زيادة النضج. نتيجة مشابه على ثمار الإجاص (*Pyrus bretschneideri*) تُظهر أن الثمار المعاملة بـ MCP أبدت نشاط مرتفع لأنزيم الكاتالاز بالمقارنة مع الثمار غير المعاملة (Fu وزملاؤه، 2007). أكد هذه النتيجة Hassan و Mahfouz (2012) حيث أثرت معاملة أوراق الكزبرة *Coriandrum sativum* L. بـ MCP معنوياً في زيادة النشاط الأنزيمي SOD و CAT خلال مدة التخزين. كما جاءت نتائجنا متفة مع ما فسره MacLean وزملاؤه (2003) في أن لمادة MCP –1 المقدرة على منع نشاط جيل من الجذور الحرة والتي تتواجد عادة أثناء ذروة التنفس فتساعد معاملة الثمار على كنس الجذور الحرة (scavenging of the free radicals ROS). لقد توافقت نتائج العديد من الدراسات مع نتائجنا حول زيادة في الأنزيمات المضادة للأكسدة وزيادة النشاط المضاد للأكسدة وتحسين النظام الدفاعي الذي شكلته الأنزيمات المضادة للأكسدة في الثمار المعاملة بـ MCP –1 والذي أدى بدوره إلى زيادة قدرتها التخزينية بالمقارنة مع الشاهد (Djanaguiraman وزملاؤه، 2011؛ Yuan وزملاؤه، 2010؛ Egea وزملاؤه، 2010) على فول الصويا والبروكلي والمشمش. وهذا ما أورده Cao وزملاؤه (2012) أيضاً عند معاملة ثمار الفليفلة الخضراء، حيث حسنت المعاملة نشاط الأنزيمات (SOD, CAT, APX) وأوضحت النتائج أن التأخر في حدوث مظاهر الشيخوخة يعود إلى أن الـ MCP –1 يُحسن فعل ونشاط أنزيمات مضادات الأكسدة، وأشاروا إلى انخفاض نشاط الـ SOD في الأيام السته الأولى للتخزين ثم ازداد خلال مدة التخزين ليصبح أعلى وبفارق معنوي مقابل الشاهد، وازداد نشاط أنزيم الـ CAT ليصل إلى أعلى قمة بعد ثمانية أيام من التخزين ثم انخفض نشاطه بشكل حاد خلال مع زيادة مدة التخزين، وكان نشاطه في الثمار المعاملة بـ MCP–1 أعلى من الشاهد، هذه النتيجة تطابقت مع ما توصلنا إليه في هذه الدراسة على ثمار البندورة. ومع نتائج مشابه سجلها Ilic وزملاؤه (2013) على ثمار البندورة. و Ilic وزملاؤه(2011) على ثمار الفليفلة.

تميزت المعاملة بـ **SNP** بزيادة معنوية في نشاط أنزيمي الـ SOD والـ CAT وذلك في كل من طور النضج الأخضر وطور التحول بالمقارنة مع المعاملات الأخرى عدا المعاملة بـ MCP. وهذه النتيجة توافقت مع ما وجده Lai وزملاؤه (2011) حول ازدياد نشاط أنزيم الـ SOD في ثمار البندورة بطور النضج الأخضر تحت ظروف التخزين المبرد وخاصة أثناء المراحل الأولى من النضج مع

انخفاض بشكل تدريجي عند التقدم بالنضج، واستمرت المعاملة بـ SNP في المحافظة على نشاط أعلى لأنزيم السوبر أكسيد ديزموتاز SOD بالمقارنة مع ثمار الشاهد. نتائج مشابهه أشار لها Carreras و Poderoso (2007) بوجود علاقة طردية بين المعاملة بـ SNP ونشاط أنزيم الـ SOD في الميتاكوندريا. كما انخفض نشاط أنزيم الكاتالاز CAT تدريجياً مع تقدم ثمار البندورة بالنضج خلال مدة التخزين واستمرت المعاملة بـ SNP في المحافظة على نشاط أعلى لأنزيم CAT بالمقارنة مع الشاهد (Lai وزملاؤه ،2011). إن زيادة نشاط أنزيمات مضادات الأكسدة لها فائدة كبيرة لزيادة العمر التسويقي لثمار البندورة بعد الحصاد، فتؤدي إلى تأخير عمليات النضج وتُحسن المقاومة للأمراض وخاصة الفطرية لأن المعاملة بـ SNP لها القدرة على إعاقة التصنيع الحيوي للإيثلين وتحفيز نشاط الأنزيمات مضادات الأكسدة وتنظم التعبير المورثي المرتبط بها وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة القدرة التخزينية لثمار البندورة ويساهم في إطالة عمرها التخزيني والتسويقي (Lai وزملاؤه، 2011؛ Zhu وزملاؤه، 2008). ونشير هنا وحسب نتائج هذه الدراسة إلى أن معاملة ثمار البندورة بـ SNP وبطوري النضج الأخضر ونضج التحول أدت إلى زيادة في النشاط المضاد للأكسدة والمحتوى من الفينولات الكلية وزادت من كمية فيتامينC بتفوق معنوي وخاصة في طور النضج الأخضر، كما خفضت المعاملة من تركيز H_2O_2 و MDA. فاتفقت بذلك نتائج هذه الدراسة مع الدور الذي يقوم SNP كعامل مضاد للأكسدة يعمل على كنس الـ ROS وله دور في حماية الخلايا النباتية من خطرها، نتائج متوافقة أشار لها (Zhao وزملاؤه، 2009؛ Song وزملاؤه، 2006؛ Wang و Yang، 2005) حيث أكدوا على دور المعاملة بـ SNPفي تحمل إجهاد البرودة. كما اتفقت نتائجنا مع Fung وزملاؤه(2004) على ثمار الفليفلة.

أوضحت نتائج هذه الدراسة تفوقاً معنوياً للمعاملة بـ **MeJa** على باقي المعاملات في نشاط أنزيم الـ SOD في ثمار البندورة بطور النضج الأخضر ونضج التحول معاً. إلا أن نشاط أنزيم الـ CAT كان أفضل معنوياً في الثمار بطور التحول وانخفض في الثمار بطور النضج الأخضر. توافقت هذه النتيجة مع دراسة أجراها Meng وزملاؤه(2009) لمعرفة تأثير الـ MeJa في صفات الجودة لثمار الدراق صنف (Jiubao) أثناء التخزين المُبرد فوجدوا أن المعاملة حافظت على نشاط أعلى لـ superoxide dismutase (SOD). نتيجة مماثلة توصل إليها Clark وزملاؤه(2000)، نتائج متوافقة أشار لها أيضاً Zhang وزملاؤه (2012) حيث أدت المعاملة بـ MeJa لزيادة في نشاط الأنزيمات superoxide dismutase, catalase، ascrobate–peroxidase في ثمار البندورة

الكرزية أثناء التخزين. يمكن القول إن المعاملة بـ MeJa أعطت نتائج أفضل مع الثمار بطور التحول حيث تفوقت الثمار بنشاط الـ SOD والـ CAT وبمحتوى الثمار من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة وتميزت معنوياً وفي كلا طوري النضج الأخضر والتحول في خفض تركيز كلاً من H_2O_2 و MDA فجاءت بالمرتبة الثانية بعد المعاملة بـ 1- MCP و SNP.

أعطت المعاملة بـ **CTS** نتائج أفضل معنوياً من ثمار الشاهد والثمار المعاملة بـ VE و AVG وخاصة في زيادة نشاط أنزيم الـ SOD، حيث سجلت تفوقاً معنوياً في طور التحول مقابل المعاملات الأخرى. كما ازداد نشاط أنزيم الـ CAT بالمقارنة مع ثمار الشاهد غير المعاملة. جاءت هذه النتيجة متوافقة مع دراسة حديثة لـ Song وزملاؤه(2016) على ثمار البشملة Loquat، كما لاحظوا نتيجة للمعاملة بـ CTS مستويات منخفضة من الـ MDA. هذه النتيجة أيضاً توافقت ما توصلنا إليه في هذه الدراسة، حيث سجلت المعاملة بـ CTS تفوقاً معنوياً في خفض تركيز الـ H_2O_2 في الثمار المخزنة بطور النضج الأخضر كما سجلت مستوى منخفض بالمقارنة مع الشاهد في تركيز MDA. لكن الثمار المخزنة بطور نضج التحول وتبعاً لنتائج هذه الدراسة أبدت نشاطاً منخفضاً لأنزيم الـ CAT الأمر الذي قد يفسر ارتفاع تركيز H_2O_2 والـ MDA في ثمارها، أي أن نشاط الـ CAT لم يكن مرتفعاً بما فيه الكفاية ليكون قادر على إزالة الأثر الضار لـ H_2O_2 الناتج عن نشاط الـ SOD (Singh و Dwivedi، 2008). نتيجة مشابهه أشار لها Zhang وزملاؤه(2015) حول زيادة تركيز H_2O_2 في ثمار البندورة الكرزية. أشار Li وزملاؤه(2008) إلى أن معاملة ثمار الكمكوات kumquat بالغمر بـ CTS و CaCl2 أدت إلى انخفاض في نشاط الـ SOD ولكن المعاملة أخرت نضج الثمار.

<u>ملاحظة:</u> دل التحليل الإحصائي عند المقارنة بين طوري النضج (الأخضر والتحول) على عدم وجود فروق معنوية في المؤشرات المدروسة ما عدا تفوق معنوي للطور الأخضر على طور التحول في قيم الصلابة ومؤشر السطوع *L والنشاط المضاد للأكسدة DPPH، بينما سجل طور التحول تفوق معنوي على الطور الأخضر في قيم TSS ومؤشر اللون *a والـ MDA ونشاط أنزيم CAT.

<u>التقييم النهائي للمعاملات المدروسة</u>: حيث مُنحت المعاملات المُتميزة وتبعاً لمؤشر الدراسة علامات اعتماداً على التحليل الاحصائي بين المعاملات (أي العمود الأخير من كل الجدول)، فمثلا تفوقت المعاملة بـ 1-MCP بمحتوى ثمارها من فيتامين C فحصلت بذلك على أعلى علامة بينما خفضت نفس المعاملة معنوياً من تركيز MDA وبالتالي حصلت أيضاً على أعلى علامة (جدول32).

الجدول 28. تأثير المعاملات المدروسة في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) Superoxide dismutase (وحدة/مغ بروتين) للثمار المخزنة بطور النضج الأخضر عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع										متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8		L.S.D 0.05	
	control	146.99 a		F 66.55 bc		F 77.89 b		E 69.89 bc		F 50.37 c		G 48.87 c		22.32	E 76.76
	AVG	146.99 a		B 168.11 a		E 104.47 b		E 68.26 c		E 64.59 c		E 64.26 c		22.42	C 102.78
	CTS	146.99 ab		C 152.81 a		C 152.81 a		C 152.81 a		C 130.13 ab		D 119.42 b		24.72	B 142.50
	1-MCP	146.99 bc		D 149.4 b		A 198.14 a		A 208.28 a		B 162.26 b		B 124.97 c		23.71	A 165.01
	MeJa	146.99 b		A 173.65 a		B 172.21 ab		B 193.62 a		A 179.43 a		A 172.28 ab		22.12	A 173.03
	SNP	146.99 a		E 116.46 b		D 138.29 ab		C 153.88 a		C 132.09 ab		C 123.42 b		22.25	B 135.19
	VE	146.99 a		F 67.45 c		G 72.46 bc		D 92.73 b		D 90.60 b		F 62.83 c		21.92	D 88.85
	L.S.D 0.05			1.99		1.99		2.09		3.50		1.13		-	L.S.D 0.05 = 9.75

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 29. تأثير المعاملات المدروسة في نشاط أنزيم السوبر أوكسيد ديزموتاز (SOD) Superoxide dismutase (وحدة/مغ بروتين) للثمار بطور التحول المخزنة في درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع												متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8			L.S.D 0.05
	control	150.80 a		D	50.86 c	G	50.42 b	F	42.65 bc	G	42.50 d	G	28.99 d	F	61.04	8.02
	AVG	150.80 a		C	84.32 b	F	64.87 c	E	61.89 cd	F	56.35 d	E	58.21 cd	E	79.41	7.94
	CTS	150.80 b		A	173.10 a	C	176.73 a	A	175.31 a	A	173.34 a	B	138.49 c	A	164.63	7.99
	1-MCP	150.80 b		B	105.66 c	B	182.77 a	B	140.45 b	C	115.17 c	C	112.09 c	B	134.49	16.78
	MeJa	150.80 de		A	174.29bc	A	202.92 a	A	175.69 b	B	155.94 cd	A	150.34 e	A	168.33	11.23
	SNP	150.80 a		C	74.56 e	D	134.61 b	C	113.99 c	D	94.59 d	F	54.80 f	C	103.89	8.04
	VE	150.80 a		D	58.09 d	E	82.23 b	D	77.45 bc	E	74.84 bc	D	70.59 c	D	85.67	7.93
	L.S.D 0.05			10.54		1.49		3.65		7.17		3.33		L.S.D 0.05 = 5.15	-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 30. تأثير المعاملات المدروسة في نشاط أنزيم الكاتالاز catalase (CAT) (ميليمول/د/ مغ بروتين) للثمار بطور النضج الأخضر والمخزنة عند درجة حرارة (13و8°م) ورطوبة نسبية (90-95%)

طور النضج الأخضر Green	المعاملات	مدة التخزين / اسبوع										متوسط المعاملات		L.S.D 0.05
		بداية التخزين		1		2		4		6		8		
	control	11.14 a		G 2.27 f		E 4.73 b		G 4.01 d		E 4.10 c		E 3.77 e	F	5.00	0.08
	AVG	11.14 a		B 6.37 b		D 5.08 c		F 4.14 d		F 3.43 e		F 3.23 f	D	5.57	0.12
	CTS	11.14 a		D 3.59 e		C 5.15 c		D 4.95 d		B 5.52 b		B 5.09 cd	C	5.90	0.15
	MCP	11.14 a		C 5.03 f		B 6.24 e		A 10.19 b		A 9.40 c		A 7.84 d	A	8.31	0.05
	MeJa	11.14 a		F 2.52 c		G 3.59 f		E 4.45 b		G 3.05 d		G 2.61 e	G	4.56	0.05
	SNP	11.14 a		A 7.13 c		A 7.36 b		B 6.92 d		C 5.41 e		C 4.07 f	B	7.00	0.06
	VE	11.14 a		E 3.48 f		F 4.23 d		C 5.75 b		D 4.51 c		D 3.89 e	E	5.50	0.05
	L.S.D 0.05			0.002		0.002		0.002		0.008		0.002	L.S.D 0.05= 0.023		-

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 31. تأثير المعاملات المدروسة في نشاط أنزيم الكاتالاز catalase (CAT) (ميلليمول/د/ مغ بروتين) للثمار المخزنة بطور نضج التحول عند درجة حرارة (8°م) ورطوبة نسبية (90-95%).

طور نضج التحول	المعاملات	مدة التخزين / أسبوع										متوسط المعاملات	
		بداية التخزين		1		2		4		6		8			
	control	14.95 a		G	3.55 d	G	5.61 b	E	5.56 b	E	4.46 c	G	2.40 e	D	6.09
	AVG	14.95 a		A	7.52 d	B	8.52 b	A	7.87 c	B	5.96 e	B	5.19 f	A	8.34
	CTS	14.95 a		C	6.48 c	D	7.35 b	F	5.47 d	G	3.98 e	D	3.81 f	C	7.01
	MCP	14.95 a		D	6.27 d	A	9.95 b	B	7.71 c	A	6.26 d	A	5.56 e	A	8.45
	MeJa	14.95 a		B	6.55 c	C	7.94 b	D	6.00 d	F	4.41 e	E	3.13 f	BC	7.14
	SNP	14.95 a		E	4.84 f	E	7.13 b	C	6.78 c	C	5.81 d	C	4.98 e	B	7.41
	VE	14.95 a		F	4.49 d	F	6.00 b	G	5.01 c	D	4.54 d	F	2.89 e	D	6.31
	L.S.D 0.05			0.002		0.01		0.068		0.01		0.002		L.S.D 0.05= 0.28	

L.S.D 0.05 = -

- تشير الأحرف الكبيرة ضمن العامود الواحد إلى الفروق المعنوية بين المعاملات.
- تشير الأحرف الصغيرة ضمن السطر الواحد إلى الفروق المعنوية بين الأزمنة المختلفة ضمن المعاملة الواحدة.

الجدول 32. التقييم العام النهائي للمعاملات المدروسة (وذلك باعطاء علامات للمعاملات حسب تميزها في المؤشرات المدروسة).

ترتيب المعاملات	مجموع عام	مؤشرات مضادات الأكسدة						مؤشرات الجودة								المعاملات
		DPPH	فينولات كلية	SOD	CAT	H_2O_2	MDA	لون L	لون a	فقد مطلق	فقد بالوزن	TA	صلابة	TSS	V.C	
7	15.0	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	control
4	40.0	3	4	3	4	3	5	1	2.5	2	2	1	2	3.5	4	AVG
3	43.5	2	2	4	5	6	2	1	2.5	2	2.5	2	3.5	5	4	CTS
1	57.5	4	4	5	7	6	6	2	4	2	2.5	3	5	2	5	1-MCP
6	38.5	5	2	5	1	5	3	1	3	2	2.5	2	2.5	2.5	2	MeJa
2	49.0	6	5	4	6	3	5	1	2	2	2.5	1	3.5	2	6	SNP
5	39.5	3	3	2	3	2	4	1	3	2	3	2	4	4.5	3	V.E
6	17.0	2	1	1	1	2	1	1.5	1	1	1	1.5	1	1	1	control
3	44.0	3	2	2	4	4	3	4	2	3	2	4	2	4	5	AVG
5	31.3	1	2	6	2	1	2	1	1	2	2	3	2	3.	3	CTS
1	60.0	5	4	5	4	4	5	5	3	4	3	5	4	2	7	1-MCP
2	49.0	7	4	6	2.5	3	4	2.5	1.5	4	3	2.5	3	2	4	MeJa
2	49.0	4	3	4	3	4	3	3.5	2	4	3	4	3	2.5	6	SNP
4	39.0	6	5	3	1	1	2	3	2	4	3	1	3	3	2	V.E

الفصل الخامس

الاستنتاجات والمقترحات

Deductions & Recommendations

5 الاستنتاجات:

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير أهم المواد الكيميائية والطبيعية المستخدمة عالمياً في الحفاظ على جودة ثمار البندورة (الهجين تاله) وزيادة قدرتها التخزينية، وقد دلت النتائج على أن:

- ✓ المعاملة بـ **1-MCP** كانت الأفضل مقارنة بباقي المعاملات المدروسة من حيث إطالة فترة التخزين والمحافظة على نوعية الثمار ولكل من طوري النضج الأخضر والتحول، حيث أدت إلى خفض نسبة الفاقد الوزني والفاقد المطلق وتفوقت في المحافظة على صلابة الثمار وقللت من تفكك الأحماض العضوية والمواد الصلبة الذائبة الكلية وفيتامين C، وأخرت النضج فحدت من التغيرات اللونية لقشرة الثمار (a* ، L*). كما أدت إلى ازدياد المحتوى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة فانخفض بذلك تراكم بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وMDA. وتفوقت على المعاملات كافة في نشاط أنزيم CAT وSOD.
- ✓ حلت المعاملة بـ **SNP** في المرتبة الثانية من حيث إطالة فترة التخزين والمحافظة على نوعية الثمار ولكل من طوري النضج الأخضر والتحول، حيث أخرت النضج وحافظت على الصلابة وحدت من الفاقد الوزني والمطلق، كما تفوقت معنوياً بمحتوى ثمارها من فيتامين C وحافظت على محتوى الثمار بطور التحول فقط من TA%وTSS %. وزادت المعاملة بـ SNP من محتوى الثمار من الفينولات الكلية ونشاط أنزيم الـ SOD وCAT كما خفضت من تركيز الـ MDA في كلا الطورين، وخفضت الزيادة في تركيز الـ H_2O_2 في طور التحول بشكل أكبر من طور النضج الأخضر.
- ✓ جاءت معاملة بـ **MeJa** في المرتبة الثانية بالنسبة لطور التحول بينما حلت بالمرتبة الأخيرة بالنسبة لطور النضج الأخضر، حيث نجحت في الحفاظ على صلابة الثمار والحد من الفاقد الوزني والفاقد المطلق والتغيرات اللونية في كل من طوري النضج الأخضر والتحول. وكان للمعاملة بـ MeJa في الثمار طور التحول دور إيجابي في الحفاظ على المحتوى من الفينولات الكلية حيث تفوقت معنوياً

وتميزت في خفض تركيز الـ MDA في كلا الطورين وخفض تركيز H_2O_2 وخاصة في طور النضج الأخضر، وتميز طور النضج الأخضر ونضج التحول بزيادة في نشاط أنزيم الـ SOD.

- ✓ جاءت المعاملة بـ **CTS** في المرتبة الثالثة بالنسبة لطور النضج الأخضر بينما حلت بالمرتبة الأخيرة بالنسبة لطور التحول، حيث أعطت نتائج مميزة في الحفاظ على صلابة الثمار وخفض الفاقد بالوزن والحد من فقد فيتامين C في طور النضج الأخضر، لكنها لم تؤخر من نضج الثمار وازداد محتوى ثمارها من TSS% في كل من طور النضج الأخضر وطور التحول. وازداد قيم مؤشر اللون a معنوياً. لوحظ زيادة في نشاط أنزيم الـ SOD مقابل المعاملات الأخرى وانخفاض في نشاط أنزيم الـ CAT مقابل معظم المعاملات، وازداد تركيز H_2O_2 في الثمار بطور التحول.
- ✓ حلت المعاملة بـ **AVG** في المرتبة الرابعة في كلا طوري النضج، حيث كان لها أثراً معنوياً في الحفاظ على مؤشرات الجودة في الأسبوعين الأول والثاني من التخزين. وأدت إلى زيادة محتوى الثمار المعاملة من الـ TSS%، وكان لها دور إيجابي في الحفاظ على الصلابة، وتميزت بمحتوى ثمارها من فيتامين C معنوياً بعد معاملتي 1-MCP وSNP. في ثمار الطور الاخضر فقط أثرت في الحد من الفقد بالوزن وأخرت التلون لكنها لم تبدي فروق معنوية في نسبة الحموضة. تفوقت المعاملة بـ AVG في محتوى ثمارها من الفينولات الكلية، وتميزت في خفض تركيز الـ MDA، ونشاط أنزيم الـ CAT في كلا الطورين، لكن انخفض نشاط أنزيم الـ SOD معنوياً مقابل المعاملات الأخرى.
- ✓ جاءت المعاملة بـ **VE** في المرتبة الخامسة في كلا طوري النضج، حيث كان لها أثراً مميزاً في الحفاظ على صلابة الثمار وخفض الفاقد بالوزن والفاقد المطلق في كلا طوري النضج. إلا أنها حافظت على حموضة ثمار الطور الأخضر فقط. سرعت المعاملة من النضج وازداد محتوى الثمار من الـ TSS%، وانخفض محتوى الثمار من فيتامين C، إلا أنها حدت من التغيرات اللونية في

الثمار بطور النضج الأخضر فقط. أظهرت المعاملة بـ VE تفوق على ثمار الشاهد فقط في خفض تركيز الـ MDA و H_2O_2 ونشاط أنزيم SOD و CAT والمحتوى من الفينولات الكلية.

6 المقترحات والتوصيات:

- نوصي بمعاملة ثمار البندورة المقطوفة في كل من طور النضج الأخضر ونضج التحول بمحلول مائي من مادة 1-MCP أو من مادة نتروبروسيد الصوديوم SNP لرفع قدرتها التخزينية، واعتماد المعاملة بهذه المواد كطريقة لمعاملات ما بعد القطاف تجارياً لكونها تحافظ على القيمة الغذائية لثمار البندورة بالإضافة لقدرتها على تأخير عمليات النضج.
- نوصي بقطاف ثمار البندورة المعدة للتخزين بطور النضج الأخضر، كون الثمار المقطوفة بهذا الطور حافظت على قيم صلابة مرتفعة وزيادة النشاط المضاد للأكسدة.
- نوصي باعتماد صنف البندورة تالة كصنف تصديري حيث لم يبدأ الفقد المطلق إلا بعد مضي شهر على التخزين.
- نقترح متابعة الدراسة على هجن وأصناف أخرى وباستخدام تراكيز مختلفة من المواد المدروسة.
- اقتراح اختبار فعالية المواد المدروسة في ظروف تخزين أخرى.
- اقتراح اختبار الأثر المتبقي من المواد الكيميائية المستعملة في هذه الدراسة.

الفصل السادس

المراجع العلمية

References

المراجع العربية

1- **أيوبي، نبيل محمد. خالد المحمد.** 1997. إنتاج خضار خاص. منشورات جامعة حلب- كلية الزراعة. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.

2- **الحمدان، عبد الله بن محمد؛ عبد الله بن عبد الرحمن السعدون.** 2004. تأثير العبوات البلاستيكية على ثمار الطماطم المخزنة عند درجات حرارة مختلفة ورطوبة نسبية عالية :2-الخواص الميكانيكية. نشرة بحثية رقم 133، مركز البحوث -كلية علوم الأغذية والزراعة-جامعة الملك سعود.

3- **السعدون، عبد الله بن عبد الرحمن؛ عبد الله بن محمد الحمدان؛ محمود عبادي عبيد.** 2004. تأثير العبوات البلاستيكية على ثمار الطماطم المخزنة عند درجات حرارة مختلفة ورطوبة نسبية عالية :1-صفات الجودة والقدرة التخزينية والخواص الكيميائية. إصدارات مركز البحوث بكلية علوم الأغذية والزراعة-جامعة الملك سعود. الرياض.

4- **الطراونة، صلاح. محمود ياسين.** 2006. تقييم السياسات الزراعية لمحصول البندورة في سورية باستخدام مصفوفة تحليل السياسات(PAM). مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 22 (2):401-420.

5- **العاني، عبد الإله.** 1985. فسلجة الحاصلات البستانية بعد الحصاد. منشورات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل.

6- **العقلة، بسام.** 2008. بعض الخصائص التركيبية والحسية لمنتجات البندورة المصنعة بالتجفيف الشمسي ومقارنتها بالتجفيف الصناعي. رسالة ماجستير في علوم الأغذية. كلية الزراعة- جامعة دمشق.

7- **بوراس، متيادي؛ بسام أبو ترابي؛ إبراهيم البسيط.** 2006. إنتاج محاصيل الخضار. الجزء النظري. منشورات جامعة دمشق-كلية الزراعة. 465 صفحة.

8- **تبارة، ليلى.** 2011. تأثير استعمال مادة 1-MCP والتعبئة برقائق بولي إثيلين في زيادة القدرة التخزينية لثمار الكمثرى صنف كوشيا. رسالة ماجستير قسم علوم البستنة بكلية الزراعة - جامعة دمشق.167 صفحة.

9- **حداد، سهيل؛ رولا بايرلي.** 2010. فيزيولوجيا الفاكهة (الجزء النظري والعملي). منشورات جامعة دمشق- كلية الزراعة. 528 صفحة.

10- **حسن، أحمد عبد المنعم.** 1988. الطماطم. الدار العربية للنشر والتوزيع. القاهرة. 496 صفحة.

11- **حمد، محمد نزار.** 1992. تقانة تصنيع الأغذية وحفظها. مكتبة دمشق. 838 صفحة.

12- **دوس، مختار منصور؛ أحمد بن جابر موسى وعصام محمد سعيد وحجازي حسن حجازي ومحمد أحمد عبد الفتاح ومحمود عبادي عبيد.** 2002. علم الخضراوات أساسيات وإنتاج. الشهابي للطباعة والنشر- الإسكندرية. 458 صفحة.

13- **عبيد، حسان.** 2004. تأثير فيتامين E (α- توكوفيرول) كمضاد أكسدة لزيادة مقاومة النبات للضغوط البيئية المختلفة. مجلة المهندس الزراعي العربي (44):30-34.

14- **عبيد، حسان.** 1996. تأثيرات وأهمية التطبيقات الخارجية لمادة α- توكوفيرول و α- توكوفيرول أسيتات عند أشجار التفاح لمقاومة اجهادات الأكسدة للأوراق والثمار مع مراعاة الانتاج ونوعية الثمار وقابليتها للتخزين. رسالة دكتوراه-كلية الزراعة العليا بجامعة فريدريش ويليامز. بون. ألمانيا.

15- كريم، إيمان. 2011. تأثير" 1-ميثيل سيكلو بروبان" في القدرة التخزينية لبعض أصناف البندورة. رسالة ماجستير قسم علوم البستنة بكلية الزراعة -جامعة دمشق.110 صفحة.

16- **موصللي، حسين علي.** 1999 . تصنيع وحفظ منتجات البندورة. مركز الجديدة للخدمات الطباعية. دمشق.180 صفحة.

17- **نجلا، صفاء.** 2013. تأثير الإجهاد الملحي في بعض الصفات النوعية لثمار هجينين من البندورة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، 29(2):57-66.

18- **وسوف، فؤاد الياس.** 2009. تاثير المعاملة بـ 1-MCP وبرمنغنات البوتاسيوم في القدرة التخزينية لثمار صنفي التفاح Golden Delicious &Starking Delicious في منطقة ظهر القصير. أطروحة ماجستير. 180 صفحة.

19- **يونس، أحمد.** 1993. تعبئة وتخزين الثمار (الجزء النظري). منشورات جامعة حلب. صفحة 284.

20- **يونس، أحمد؛ بسام أبو ترابي.** (2004). تأثير درجة حرارة التخزين في القدرة التخزينية لبعض هجن البندورة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 20(1): 85-97.

21- **المجموعة الإحصائية** (2014). وزراة الزراعة والإصلاح الزراعي، مديرية التخطيط والتعاون الدولي، قسم الإحصاء، الجمهورية العربية السورية.

المراجع الأجنبية

22- **Abeles, F.B; P.W. Morgan and M.E. Saltveit.** 1992. Ethylene in Plant Biology, 2 nd ed. Academic Press.

23- **Agarwal, S and A.V. Rao.** 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. CMAJ, 163: 739-44.

24- Akanbi, C.T; R.S. Adeyemi and A. Ojo. 2006. Draying características and sorption isotherm of tomato slices. Journal of food Engineering, (73): 157-163.

25- Akbudak, B; N. Akbudak; V. Seniz and A. Eris. 2006. The Effect of Harpin Treatment on Storage of Cherry Tomato cv.'Naomi'. Acta Hort, (712).

26- Ali, Asgar; Mahmud Tengku Muda Mohamed; Yasmeen Siddiqui. 2012. Control of Anthracnose by Chitosan through Stimulation of Defence-Related Enzymes in Eksotika II Papaya (*Carica papaya* L.) Fruit. Journal of Biology and Life Science, 3(1).

27- Alam, M.; M. Rahman; M. Mamun; I. Ahmad and K. Islam. 2006. Enzyme activistas in relation to sugar accumulation in tomato. In: Proceeding of Pakistan Academic Science, 43(4) :241-248.

28- Ames B.N; M.K Shigenaga and T.M Hagen. 1993. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proceedings of the National Academy of Sciences, 90:7915–7922.

29- Andallu B. and N. Varadacharyulu. 2003. Antioxidant role of mulberry (*Morus indica L. cv. Anantha)* leaves in streptozotocin- diabetic rats. Clinica Chimica Acta, 338: 3-10.

30- Andrés, F.; López Camelo and Perla A. Gómez. 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. Hortic. Bras. 22(3). Brasília.

31- ANTUNES, M.D.C; S. DANDLEN; A.M. CAVACO and G. MIGUEL. 2010. Effects of Postharvest Application of 1-MCP and Post cutting Dip Treatment on the Quality and Nutritional Properties of Fresh-Cut Kiwifruit. J. Agric. Food Chem, 58: 6173–6181.

32- Arasimowicz, M. and J. Floryszak-Wieczorek. 2007. Nitric oxide as a bioactive signaling molecule in plant stress responses. Pant Sci, 172:876-887.

33- **Argiriou, S. and G.D. Nanos**. 2010. Postharvest AVG, Kaolin, and Postharvest 1-MCP Application Effects on Advanced Maturity Peach Quality and Storage. Acta Hort, 877: 311-317.

34- **Arias, R; T.C. Lee; D. Specca and H. Janes**. 2000. Quality Comparison of Hydroponic Tomatoes Ripened on and off Vine. Journal of Food Science, 65: 545-548.

35- **Arts, I.C.W. and P.C.H. Hollman**. 2005. Polyphenols and Disease Risk in Epidemiologic Studies. The American Journal of Clinical Nutrition ,81(1): 317-25.

36- **Asada, K**. 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. Plant Physiology 141: 391-396.

37- **Asada, K**. 1999. The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of Active Oxygen and Dissipation of Excess Photons. Annu. Rev. Plant Biol, 50: 604-639.

38- **Asami, D.K; Y.J. Hong; D.M. Barrett and A.E. Mitchell**. 2003. Comparison of the total phenol and ascorbic content of freeze-dried and air-dried Marionberry, Strawberry and Corn grow using conventional, organic and sustainable agricultural practices. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51(5): 1237-1241.

39- **Ascencio, S.O; Maarten L.A.T.M. Hertogb and Bart M. Nicolaib**. 2009. Modelling the Transient Effect of 1-MCP on 'Hass' Avocado Softening: A Mexican Comparative Study. Postharvest Biology and Technology, 51: 62–72.

40- **Asrey, R; C. Sasikala and D. Singh**. 2012. Combinational Impact of Debaryomyces Hansenii Bioagent and 1-MCP on Shelf Life and Quality Attributes of Kinnow Mandarin. Hort. Flor. Res. Spec, 1(2): 103-109.

41- **Autio, W.R. and W.J. Bramgage.** 1982. Effects of AVG on Maturation, Ripening, and Storage of Apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci, 107: 1074–1077.

42- **Badawy, E.I.M and E. Rabea.** 2009. Potential of the Biopolymer Chitosan with Different Molecular Weights to Control Postharvest Gray Mold of Tomato Fruit. Postharvest Biology and Technology, 51(1): 110–117.

43- **Bai, J.; E.A. Baldwin; K.L. Goodner; J.P. Mattheis and J.K. Brecht.** 2005. Response of four Apple cultivars to 1-MCP treatment and controlled atmosphere storage. HortScience, 40(5): 1534-1538.

44- **Bailey, B. A., Mary D. Strem; Hanhong Bae; Gabriela Antunez de Mayolo and Mark J. Guiltinan.** 2005. Gene expression in leaves of Theobroma cacao in response to mechanical wounding, ethylene, and/or methyl jasmonate. Plant Sciences Institute, USDA/ARS. Plant Science, 168: 1247–1258.

45- **Ball, J.A.** 1997. Evaluation of two lipid-based edible coating for their ability to preserve post harvest quality of green ball peppers. M. Sc. Thesis, Blacksburg, Virginia, pp: 89.

46- **Baltazar, Arturo; J. Espina-Lucero; I. Ramos-Torres; G. Gonza´lez-Aguilar.** 2007. Effect of methyl jasmonate on properties of intact tomato fruit monitored with destructive and nondestructive tests. Journal of Food Engineering. 80: 106–109.

47- **Balouchi, Z; G. A. Peyvast; M. Ghasemnzhad and M. Saadatian.** 2011. Change of compounds of broccoli during storage at low and high temperature. South Western Journal of Horticulture. Biology and Enviroment, 2(2):193-212.

48- **Barbara, M.S; J.W. Erdman and M.A. Lila.** 2005. Effects of Food Processing on Blueberry Antiproliferation and Antioxidant Activity. Journal of food science, 70(6): 389-394.

49- **Barros, L; Montserrat Dueñas; José Pinela; Ana Maria Carvalho; Celestino Santos Buelga and Isabel C.F.R. Ferreira.** 2012. Characterization and quantification of phenolic compounds in four tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) farmer' varieties in Northeastern Portugal homegardens. Universidad de Salamanca, Campus Miguel de Unamuno, 37007 Salamanca, Spain.

50- **Beecher, G. R.** 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products. Proc. Soc Exp Biol Med, 218(2): 98-100.

51- **Berlett, B.S; E.R. Stadtman.** 1997. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. J. Biol. Chem, 272: 20313-20316.

52- **Blankenship, S.M and J.M. Dole.** 2003. 1-Methylcyclopropene a Review. Postharvest Biology and Technology, 28: 1-25.

53- **Bleecker, A.B and H. Kendeh.** 2000. Ethylene: a gaseous signal molecule in plant. Annu.Rev. Cell Dev. Biol, 16: 1-18.

54- **Blokhina, O; E. Virolainen; K.V. Fagerstedt K.V.** 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review. Annals of Botany, 91: 179-194.

55- **Blum, J. and I. Fridovich, I.** 1985. Inactivation of glutathione peroxidase by superoxide radical. Archives of Biochemistry Biophysics, 240: 500–508.

56- **Boettcher, H.** 1996. Frischhaltung und Lagerung von Gemuese. Eugen Ulmer GmbH and Co Stuttgart, pp: 252.

57- **Bourget, S; R. Corcuff; P. Angers and J. Arul.** 2012. Effect of the Exposure to static magnetic fild on the ripening and senescence of tomato fruit. Acta Hort, 945:129-133.

58- **Bower, J.H; W.V. Biasi and E.J. Mitcham.** 2003. Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. Posthar. Biol. Tech, 28(3): 417-423.

59- **Bowler, C; M. Van Montagu; D. Inze**. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol, 43: 83-116.

60- **Bradford, M**. 1976. Rapid and sensitive method for Quantitation of microgram quantities of protein ulilzing the principle of protein-dye-binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

61- **Broeck, I.; L. Van-de; C. Ludikhuyze; A. Weemaes and M. Hendrickx**. 1998. Kinetics for isobaric-isothermal degradation of ascorbic acid. Journal of Agricultural Food Chemistry, 46:2001-2006.

62- **Byers, R.E**. 1997a. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of 'Delicious' apples. J. Tree Fruit Prod, 2(1): 53-75.

63- **Byers, R.E**. 1997b. Peach and Nectarine Fruit Softening Following Aminoethoxyvinylglycine Sprays and Dips. HortScience, 32 (1): 86-88.

64- **Cao, S; Z. Yang; Y. Zheng**. 2012. Effect of 1-methylcyclopene on senescence and quality maintenance of green bell pepper fruit during storage at 20 ◦C. Postharvest Biology and Technology, 70: 1-6.

65- **Cassandro Vidal Talamini do Amarante; Anderson Simioni; Clarice Aparecida Megguer; Luiz Eduardo Bassay Blum**. 2002. Effect of aminoethoxyvinilglycine (AVG) on preharvest fruit drop and maturity of apples. Rev. Bras. Frutic, 24(3) Jaboticabal Dec.

66- **Capitani, G; D.L. McCarthy; H. Ght; M.G. Grutter; J.F. Kirsh**. 2002. Apple 1- aminocyclopropane 1-carboxylate synthase (ACS) in complex with the inhibitor AVG. J. Bio. Chem, 277: 49735-49742.

67- **Castro, L.R; Vigneault; M.T. Charles; L.A.B. Cortez**. 2005. Effect of cooling delay and cold-chain breakage on 'Santa Clara' tomato. J. Food Agr. Envir, 3: 49-54.

68- **Carreras, M.C; J.J. Poderoso**. 2007. Mitochondrial nitric oxide in signaling of cell integrated responses. Am. J. Physiol. Cell phsyol, 292: 4569-1580.

69- **Cheng Shen, Y.; S. Lin Chen and Chin-Kun Wang**. 2007. Contribution of Tomato Phenolics to Antioxidation and Down-regulation of Blood Lipids. J. Agric. Food Chem, 55(16): 6475-6481.

70- **Cheong, Jong Joo and Yang Do Choi**. 2003. Trends in Genetics. [http://www.aloj.us.es/bioqplantas/tema9, Retrieved on 2010-10-27.

71- **CIE**, Colorimetry. CIE Publications. 1986. 15.2, 2nd ed., Commission Internationale de LEclairage, Central Bureau of the CIE, Vienna.

72- **Celso, L.M; L.A. Alessandra; A.M. Waldir and L. Washington**. 2002. 1- MCP delays tomato fruit ripeing. Hortic. Bras, 20(4).

73- **Chiesa, L.; L. Diaz; O. Cascone; K. Paňak; S. Camperi; D. Frezza and A. Fraguas**. 2000. Texture changes on normal and long shelf-life tomato (*lycopersicon esculentum*) fruit ripening. Acta Horticulture, 464: 488.

74- **Chiribogaa, M.A; Inmaculada Recasensa; Wendy C. Schotsmansc and Eve Dupilled Christian Larrigaudièreb**. 2012. Cold-induced changes in ACC metabolism determine softening recovery in MCP treated 'conference' pears. Postharvest Biology and Technology, 68: 78–85.

75- **Choi, T. S. and J. D. Huber**.2008. Influence of aqueous 1-methylcyclopropene concentration, immersion duration, and solution longevity on the postharvest ripening of breaker-turning tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit. Postharvest Biology and Technology, 49(1): 147-154.

76- **Choi, T. S.; J. D. Huber; K.J. Gang; Y.P. Hong**. 2009. Influence of chlorine and mode of application on efficacy of aqueous solutions of 1-methylcyclopropene in delaying tomato (*Solanum lycopersicum L.*) fruit ripening. Postharvest Biology and Technology, 53(1-2): 16-21.

77- **Clark, D; J. Durner and D.A. Klessig**. 2000. Nitric oxide inhibition of tobacco catalase and ascorbate peroxidase. Mol. Plant Microbe Interact, 12: 1380-1384.

78- **Clayton, M; W. V. Biasi; S. M. Southwick and E.J. Mitcham**. 2000. Re Tain affects maturity and ripening of 'Bartlett' Pear. HortScience. 35(7):1294-129.

79- **Cliff. M; S. Lok; Ch. Lu and P. Toivonen**. 2009. Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. Postharvest Biology and Technology, 53(1–2): 11–15.

80- **Cline, J.A.** 2006. Effect of aminoethoxyvinylglycine and surfactants on preharvest drop, maturity, and fruit quality of two processing peach cultivars. HortSci, 41: 377–383.

81- **Collin V.C; F. Eymery; B. Genty; P. Rey and M. Havaux**. 2008. Vitamin E is essential for the tolerance of Arabidopsis thaliana to metal-induced oxidative stress. Plant Cell and Environ, 31: 244-257.

82- **Davis, D.H; C.M. Elson and E.R. Hayes**. 1989 .N,O-carboxymethyl chitosan, a new water soluble chitin derivative, p. 467-472. In: G. Skjak-Braek, T. Anthonsen, and P. Sandford .eds. Chitin and chitosan: Sources, chemistry, biochemistry, physical properties and applications.Elsevier, New York.

83- **Davis J.N and Hobson G.E.** 1981. The constituants of tomato fruit the influence of environment, nutrition, and genotype. Crit Rev Food Sci Nutr, 15: 205-280.

84- **Dell, J.R.** 2003. Effects of I-MCP on the quality of "Bartlett"Pears.Fresh Market Quality Program Lead/OMAF, pp:3.

85- **Delong, J. M; K.R. Prange and P.A. Harrsion**. 2004. The influence of 1-methylcyclopropene on 'Cortland' and 'McIntosh' apple quality following long-term storage, J. Am. Soc. Hortic. Sci, 39: 1062-1065.

86- **De Pinto, M. C; D. Francis and L. Gara.** 1999. 'The redox state of ascorbate dehydro ascorbate pairs a specific sensor of cell division in tobacco By-Z cells'. Protoplasma, 209: 90-97.

87- **Diaz de León-Sanchez, F.; L. López; F. Rivera-Cabrera; C. Pelayo-Zaldivar; B. Buentello; F. J. Fernandez; L. J. Perez-Fiores; H. B. Escalona and A. Garcia.** 2008. Effect of storage at 10°C on the aroma of tomato saladette grown in Mixico. ISHS Acta Horticulture, 768: 509-515.

88- **Ding, C.K.; C. Wang; K. Gross; D. Smith.** 2001. Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock protein genes in tomatoes by methyl jasmonate and methyl salicylate. Plant Sci, 161: 1153-1159.

89- **Djanaguiraman, M; V. Prasad and K. Al-Khatib.** 2011. Ethylene perception inhibitor 1-MCP decreases oxidative damage of leaves through enhanced antioxidant defense mechanisms in soybean plants grown under high temperature stress. Environ. Exp. Bot, 71: 215–223.

90- **Dong, L; S. Lurie; H. Zhou, H.** 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of “Canino” apricots and “Royal Zee” plums. Postharvest Biol. Technol, 24: 135–145.

91- **Donovan, J.L; A.S. Meyer and A.L. Waterhouse, A.L.** 1998. Phenolic composition and Antioxidant activity of Prunes and Prune Juice *(Prunus domestica)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46: 1247-1252.

92- **Duan, X; X. Su; Y. You; H. Qu; Y. Li and Y. Jiang.** 2007. Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested Longan fruit in relation to phenolic metabolism. Food Chemistry. 104 :571-576.

93- **Duane, W.Greene.** 2004. Effect of AVG on preharvest drope, fruit Quality, and Maturation of’McIntoch’ apples. HortScience, 39(5): 1036-1041.

94- **Edirisinghe, Madushani; Asgar Ali and Mehdi Maqbool**. 2014. Chitosan controls postharvest anthracnose in bell pepper by activating defense-related enzymes, 51(12): 4078-4083.

95- **Eduardo, V.B. and Kader, A.A.** 2007. Effect of 1-methylecyclopropen on softening of fresh cut kiwifruit, mango and persimmon slices. Posthar Biol Tech 43(2): 238-244.

96- **Egea, I; F.B. Flores; M.C. Martinez-Madrid; F. Romojaroa and P. Sánchez-Bela**. 2010. 1-Methylcyclopropene affects the antioxidant system of apricots (*Prunus arme-niaca L. cv. Búlida*) during storage at low temperature. J. Sci. Food Agric, 90: 549–555.

97- **El Ghaouth, A.; R. Ponnampalam; F. Castaigne and J. Arul**. 1992. Chitosan Coating to Extend the Storage Life of Tomatoes. HortScience, 27(9): 1016-1018.

98- **El Ghaouth, A; J. Arul; R. Ponnamapalam and M. Boulet**. 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries .journal of food Science, (56): 1618-1620.

99- **El-Sayed, S. M and Mahdy, M. E.** 2015. Effect of chitosan on root-knot nematode, Meloidogyne javanica on tomato plants. International Journal of ChemTech Research, 7(4): 1985-1992.

100- **Ergun, M; S. Sargent and D. Huber**. 2006. Postharvest Quality of Grape Tomato**e**s Treated with 1-Methylcyclopropene at Advanced Ripeness Stages. HortScience, 41(1): 183-187.

101- **Escalada, V. S. and Douglas, D. Archbold**. 2009. Pre-harvest AVG plus postharvest heat treatment influence Apple fruit ripening after cold storage. Hort. Science, 44(6):1637-1640.

102- **Eum, H.L; H. B. Kim; S. B. Choi and S. Lee**. 2009. Regulation of ethylene biosynthesis by nitric oxide in tomato fruit harvested at different ripening stage. Eur. Food Res. Technol, 228: 331-338.

103- Ezhilmathi, K; V.P. Singh; A. Arora; R.K. Sairam. 2007. Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of Gladiolus cut flowers. Plant Growth Regul, 51: 99-108.

104- Fadhil, N.N. and S. F. Al-Bamarny. 2010. Postharvest (AVG) aminoethoxyvinylglicine dips on storage on characterstics of "golden delicious" and "red delicious" apples. Acta Hort, 877: 881-885.

105- Fan, B; L. Shen; K. Liu; D. Zhao; M. Yu and J. Sheng. 2008. Interaction between nitric oxide and hydrogen peroxide in postharvest tomato resistance response to *Rhizopus nigricans*. J. Sci. Food Agric, 88 (7): 1238-1244.

106- Fan, X; L. Argenta and J.P. Mattheis. 2000. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. Postharvest Biol. Technol, 20: 135-142.

107- Fernando, H. R. P; V. Srilaong; N. Pongpasert; P. Boonyaritthongchai and P. Jitareerat. 2014. Change in antioxidant properties and chemical composition during repining in banana variety 'Hom Thong' and'Khai'. International Food Research Journal, 21(2): 749-754.

108- Feryer, M.j. 1992. The antioxidant effects of thylakoid vitamin E (tocopherol). Plant Cell and Environment, 15: 381-392.

109- Fish, W. W; J.K. Perkins-Veazie and A. Collins. 2002. Quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents, J. Food Comp. Anal, 15: 309-317.

110- Flores, F.B; P. Sanchez-Bel; M. Valdenegro; F. Romojaro; M.C. Martinez-Madrid and M.I. Egea. 2008. Efects of a pretreatment with nitric dioxide on peach storage at room temperature. European Food Research and Technology, 227: 1599-1611.

111- Fluhr, R and A.K. Mattoo. 1996. Ethylene- biosynthesis and perception, Crit. Rev. Plant Sci, 15: 479-523.

112- **Foyer, C.H. and G. Noctor and G, Redox**. 2005. Homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. Plant Cell, 17: 1866-1875.

113- **Foyer C.H. and G. Noctor**. 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annual Reviews Plant Physiology. Plant Molecular Biology, 49: 249-279.

114- **Franschina, A.; F. Varatorelli; S. Moccia; E. Monaco and A. Chiesa**. 1998. Effect of maturity stage and temperature during tomato storage .Acta Hort, 464: 486-496.

115- **Friedman, M.; C.E. Levin; S.U. Lee; H.J. Kim; I.S. Lee; J.O. Byun and Nobuyuki Kozukue**. 2011. Tomatine-Containing Green Tomato Extracts Inhibit Growth of Human Breast, Colon, Liver, and Stomach Cancer Cells. J. Agric. Food Chem, 57(13): 5727-5733.

116- **Fryer, M.J**. 1992. The antioxidant effects of Thylakoid vitamin E (α-tocopherlo). Plant, Cell an Environment, 15: 381-392.

117- **Fu, L; J. Cao; Q. Li and L. Lin**. 2007. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit quality and physiological disorders in yali pear (*Pyrus bretschneideri*) during storage. Food Science and Technology International, 13: 49-54.

118- **Fung, R.W.M; C.H. Wang; D.L. Smith; K.C. Gross and M. Tian**. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum L.*). Plant Science, 166: 711-719.

119- **Gajewski, M; K. Mazur; M. Niedzińska; K. Kowalczyk and P. Klejman**. 2015. The effect of 1-MCP treatment and CA storage on sone physical traits of "cherry" tomatoes. Electronic Journal of polish agricultural universities (EJPAU), 18(1).

120- **Garcia, E. and M.B. Diane**. 2006. Assessing lycopene content in California processing tomato. Journal of the national cancer institute, 91:317-331.

121- **Garcia, E. and T.D.M. Barret.** 2006. Evaluation of processing Tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peel ability and yield, Journal of food processing and preservation, (30): 20-36.

122- **Gayet, J. P.; E. W. Bleinroth; M. Matallo; E. E. C. Garcia; A. E. Garcia; E.F.G. Ardito and M.R. Bordin.** 1995. Tomate Para Exportação: procedimentos de Colheita e Pós colheita. Minstĕrio da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, Brasília, DF, Brazil.

123- **Getinet, H.; T. Seyoum and K. Woldetsadik.** 2008. The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. Journal of Food Engineering, 87: 467-478.

124- **Ghasemnezhad, M.; M. Ashour Nezhad and S. Gerailoo.** 2011. Changes in postharvest quality of loquat (*Eriobotrya japonica*) fruits influenced by chitosan. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 52, (1): 40-45.

125- **Gill, S.S and N. Tuteja.** 2010. Reactiv eoxygen species and antioxidant Machinery in a biotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Bio chem, 48: 909–930.

126- **Giovanelli, G.; V. Lavelli; C. Peri and Nobili.** 1999. Variation in antioxidant components of Tomato during vine and postharvest ripening. Journal of the Science of Food and Agriculture, 79: 1583-1588.

127- **Gómez, Perla; M. Ángeles. Ferrer; J. P. Fernández-Trujillo; A. Calderón; F. Artés; M. Egea-Cortines and J. Weiss.** 2009. Structural changes, chemical composition and antioxidant activity of cherry tomato fruits (*cv. MicroTom*) stored under optimal and chilling conditions. AGRIS 89(9): 1543-1551.

128- **Gomez, L. D; G.N.M. Knight and C. H. Foyer**. 2004. Regulation of calcium signalling and gene expression by glutathione. Journal of Experimental Botany, 55: 1851-1859.

129- **Gonza lez-Aguilar, G.A; M.E. Tiznado-Hernandez، R. Zavaleta-Gatica, and M.A. Martınez-Tellez.** 2004. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. Biochemical and Biophysical Research Communications, 313: 694–701.

130- **Gonza´lez-Aguilar, G. A; M.E. Tiznado-Herna´ndez and C.Y. Wang.** 2006. Physiological and biochemical responses of horticultural Products to methyl jasmonate. Stewart Postharvest Review, 1(1): 1–10.

131- **Gonza´lez-Aguilar, G. A; Buta, J. G and C.Y. Wang** .2001. Methyl jasmonate reduce chilling injury symptoms and enhances colour development of ‘‘Kent’’ mangoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 1244–1249.

132- **Goosen, M. F.** 1996. Applications of Chitin and Chitosan, pp: 132–139, CRC Press.. ISBN 978-1-56676-449-0.

133- **Gordon, M.** 2001. The development of axidative rancidity in foods. In: Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. (eds). Antioxidants in food: practical applications. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, pp: 7-21.

134- **Goseev, A. M.** 1991. Medicinal Plants, Moscow, pp: 240 (Russian).

135- **Gross, K.** 1998. "Keeping Freshness in Fresh-Cut Produce". Agricultural Research magazine. ARS Horticultural Crops Quality Laboratory (HCQL) in Beltsville, Maryland.

136- **Guan, J.F.; H.W. Park; Y.H. Kim; S.H. Kim; H.R. Park; S.A. Lee and J.Y. Yoon**. 2008. The Effect of MA Film Packaging on Storage of Mature-Red Tomato. Acta Hort, ISHS, 804: 469-475.

137- **Guill´en, F; S. Castillo; P.J. Zapata; D. Mart´ınez-Romero; M. Serrano and D. Valero**. 2007. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato

fruit 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. Postharvest Biology and Technology, 43: 23–27.

138- **Guill´en, F; S. Castillo; P.J. Zapata; D. Mart´ınez-Romero; M. Serrano and D. Valero.** 2006. Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit 2. Effect of cultivar and ripening stage at harvest. Postharvest Biology and Technology, 42: 235–242.

139- **Guo C.J.; J.J. Yang; J.Y. Wei; Y.F. Li; J. Xu and Y.G. Jiang.** 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruit as determind by FRAP assay. Nutr.Res, 23(12): 1719-1726.

140- **Halliwell, B. and J.M.C. Gutteridge.** 1999. Free radicals in Biology and medicine. Oxford Clarendon: Oxford University.

141- **Hart, D. J. and K.J. Scott.** 1995. Development and evalution of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in UK. Food Chem, 54: 101-111.

142- **Hassan, F.A.S and S.A. Mahfouz** .2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the postharvest senescence of coriander leaves during storage and its relation to antioxidant enzyme activity. Scientia Horticulturae, 141: 69–75.

143- **Hardenburg, R. E.; A.E. Watada; C. Y. Wang.** 1986. The commercial storage of fruits, Vegetables, florist, and nursery stocks. Washington, Agriculture Handbook, 66: 130.

144- **Harvey M.; S. Quilley; H. Beynon.** 2002. Exploring the Tomato.Transformations of Nature, Society and Economy. Edgar Publishing, Cheltenham, UK, pp: 304.

145- **Heredia, J. Basilio and Luis Cisneros-Zevallos.** 2009. The effects of exogenous ethylene and methyl jasmonate on the accumulation of phenolic antioxidants in selected whole and wounded fresh produce. Food Chemistry, 115 (4): 1500–1508.

146- **Heinze, P. H.** 1974. The influence of storage, Transportation and marketing condition on composition and nutritional values of fruits and vegetables, in white, P.L. and Selvey, N. (eds). Nutritional Qualities of fresh fruits and vegetables. Future, Mt. Kisco, NY, PP: 133-139.

147- **Herregods, M. and Goffings**, G. 1990. Bewaren van Groenten. Comite voor Onderzoek op de Bewaring van Tuinbouwprodukten.

148- **Hoang. N.T.T.; J.B. Golding and M.A. Wilkes**. 2011. The effect of postharvest 1-MCP treatment and storage atmosphere on 'Cripps Pink' apple phenolics and antioxidant activity. Food Chemistry, 127: 1249-1256.

149- **Hodges, D.M.** 2003. Postharvest oxidative stress in horticultural crops. New York Food Production Press, pp:284.

150- **Hofman, P.J; M. Jobin-D´ecor; G.F. Meiburg; A.J. Macnish; D.C. Joyce**. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. Aust. J. Exp. Agric, 41: 567-572.

151- **Hong, J.H and K.C. Gross**. 2000. Involvement of ethylene in development of chilling injury in fresh-cut tomato slices during cold storage. J. Am. Soc. Hortic. Sci, 125: 736-741.

152- **Huber, D.; J. Jeong and M. Ritenour**. 2003. Use of 1-Methylcyclopropene (1-MCP) on Tomato and Avocado Fruits: Potential for Enhanced Shelf-Life and Quality Retention.University of Florida. Institute of Food and Agricultura Science (UF/IFAS).

153- **Huber D.J**. 2008. Suppression of ethylene responses through application of 1-methylcyclopropene: a powerful tool for elucidation ripening and senescence mechanisms in climacteric and nonclimacteric fruits and vegetables. HortScience, 43: 106-111.

154- **Hurr B.M; D.J. Huber and J.H. Lee**. 2005. Differential responses in color changes and softening of "Florida 47" tomato fruit treated at

green and advanced ripening stages with the ethylene antagonist 1-methylcyclopropene. HortTechnology, 15: 617–622.

155- **Ilic, Z.S; R. Trajkovic; Y. Perzelan; S. Alkalai-Tuvia and E. Fallik.** 2011. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on postharvest storage quality in green bell pepper fruit. Food Bioprocess Technol, doi: 10.1007/s11947-011-0614-7.

156- **Ilic, Z.S., Marinković, D., Trajković, R., Šunić, L., Perzelan, Y., Alkalai-Tuvia, S.H. and Fallik, E.** 2013. Effect of 1-methylcyclopropene on the antioxidant capacity and postharvest quality of tomato fruit. Afr J Biotech 12(6):547-553.

157- **Islam, M. S.; T. Matsui and Y. Yoshida.** 1996. Physical, chemical and physiological changes in storage tomatoes under various temperatures. Technical Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagawa University 48(1): 7-16.

158- **Jakob, B. and U. Heber.** 1996. Photoproduction and detoxification of hydroxylradicals in chloroplasts and leaves in relation to photo inactivation of photosystems I and II. Plant Cell Physiol, 37: 629-35.

159- **Jan, F.L.** 2008. The relation between color and quality of fruit. Acta Horticulture, 259: 31-60.

160- **Javanmardi, J. and C. Kubota.** 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weigh loss of tomato during postharvest storage. J. Postharvest Biology and Technology, 41:151-155.

161- **Jeong, j.w.; J.K. Brecht; D.J. Huber and S.A. Sergeant, S.A.** 2004. 1-Methyl cyclopropene (1-MCP) for maintaining texture quality of Fresh-cut tomato. Horticultural Sciences Department Institute of food and agricultural Sciences, University of Florida, 39(6): 1359-1362.

162- **Jiang, Y.M; D.C. Joyce and L.A. Terry**. 2001. 1-Methylcyclopropene Treatment Affects Strawberry Fruit Decay. Postharvest Biology and Technology, 23: 227-232.

163- **Jiang, Y. M. and Y.B. Li**. 2001. Effects of chitosan coating on storage life and quality of longan fruit. Food Chemistry, (73): 139-143.

164- **Jimenez, A.; G. Cressen; B. Kular; J. Firmin; S. Robinson and M. Verhoeyen**. 2002a. Changes in oxidative process and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. Planta, 214: 751-758.

165- **Jiménez, A.; J.M. Gmez; E. Navarro and F. Sevilla**. 2002b. Changes in the antioxidative systems in mitochondria during ripening of pepper fruits. Plant Physiology and Biochemistry, 40: 515-520.

166- **Jobling, J; R. Pradhan; S.C. Morris; L. Mitchell and A.C. Rath**. 2003. The effect of ReTain plant growth regulator [aminoethoxyvinylglycine (AVG)] on the postharvest storage life of 'Tegan blue' plums, Aust. J. Exp. Agric, 43: 515-518.

167- **Jones, R.B; J.D. Faragher and S. Winkler**. 2006. A review of the influence of postharvest treatments on quality and glucosinolate content in broccoli heads. Postharvest Biology and Technology, 41: 1-8.

168- **Jones C.G and E. Hartley**. 1999. A protein competition model of phenolic allocation. OIKOS, 86(1): 27-44.

169- **Kader, A.A. 1999**. Fruit Maturity, Ripening, and Quality relationships. Acta-Hort, 485:203-208.

170- **Kahknen, M. P.; J. Heinamaki; V. Ollilainen and M. Heinonen**. 2003. Berry anthocyanins: isolation, identifi cation and antioxidantactivities. Journal of the Science of Food and Agriculture, 83: 1403-1411.

171- **Kagan-Zur, V. and Y. Mizrahi**. 1993. Long shelf life small sized (cocktail) tomatoes may be picked in bunches. Sci. Horticult, 56: 31-41.

172- **Kang, I.K; J.K. Byun; H.J. Kweon; M.J. Kim; S.I. Kwon; M.Y. Park; D.H. Lee; C. Choi and D.G. Choi.** 2007. Effects of Aminoethoxyvinylglycine on Preharvest Drop, Fruit Color, and Quality of 'Tsugaru' Apples. National Horticultural Research Institute, RDA, Gunwi, Republic of Korea.

173- **Karaçanci, S.; R.Z. Eltez and Y. TÜzel.** 1999. Determination of shelf life of tomato cultivars grown in greenhouses. ISHS Acta Horticulture 491:439-444.

174- **Kaya, C.; M. Ashraf; M. Dikilitaş and A. L. Tuna.** 2013. Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indoleacetic acid (IAA) and inorganic nutrients– A field trial. Australian Journal of Crop Science, 7: 249–254.

175- **Kean, T; S. Roth; M. Thanou.** 2005. "Trimethylated chitosans as non-viral gene delivery vectors: cytotoxicity and transfection efficiency". J. Control Release, 103(3): 643–53.

176- **Khan, A.S. and Singh**, Z. 2007. 1-MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of 'Tegan Blue' plum. Postharvest Biology and Technology, 43: 298–306.

177- **Klopotek, Y.; K. Otto and V. Bo¬hm.** 2005. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 5640-5646.

178- **Kondo, S.; Kittikorn, M. and S. Kanlayanarat.** 2005. Preharvest antioxidant activities of tropical fruit and the effect of low temperature storage on antioxidants and jasmonates. Postharvest Biology and Technology, 36: 309–318.

179- **Kormin SB.** 2005. The effect of heat processing on triterpene glycosides and antioxidant activity of herbal pegaga (*Centella asiatica l. urban*).drink. Thesis master of Engineering (Bioprocess) Faculty of

Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Teknologi Malaysia.

180- **Kross, R.K.; M.E.R. Mata; M.E.M. Duarte and V.S Junior.** 2004. Drying kinetics of Tomatoes submitted to a previous osmotic treatment, Proceedings of the 14th international drying symposium san Paulo, Brazil, (22-25): 2133-2140.

181- **Krieg, M.; W. Mayer; H. Schirmer and B. Tauscher.** 1998. Change in quality parameters of Vitamin E treated Jonagold and Elster apples after Storage. In: Nga, G. and Scmitz, M. (eds.): Antioxidants in higher plants. Shaker Verlag Aachen, 38-52.

182- **Ku, V. V. V. and Wills, R. B. H.** 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. Postharvest Biology and Technology, 17: 127-132.

183- **Kumar, A.; B.S. Ghuman and A.K. Gupta.** 1999. Non-refrigerated storage of tomatoes-effect of HDPE film rapping. J. Food Sci. Technol, 36: 438-440.

184- **Kumar, Pradeep; Luigi Lucini; Youssef Rouphael; Mariateresa Cardarelli; Raviraj M. Kalunke and Giuseppe Colla.** 2015. Insight into the role of grafting and arbuscular mycorrhiza on cadmium stress tolerance in tomato. Frontiers in Plant Sci, 6: (477)1-6.

185- **Lai, T.; Y. Wang; B. Li; G. Qin; Sh. Tian.** 2011. Defense responses of tomato fruit to exogenous nitric oxide during postharvest storage. postharvest Biology and Technology, 62(2): 127-132.

186- **Lafer, G.** 2003. Auswirkungen der Applikation verschiedener Bioregulatoren auf die Ertragsleistung, Fruchtqualität, Lagerfähigkeit und vegetative Entwicklung der pfelsorten Elster und Gala. Erwerbsobstbau, 45: 69-96.

187- **Larissa R.C.; Luis A.B. Cortez and Clement Vigneault.** 2006. Effect of sorting, refrigeration and packaging on tomato shelf life

International Journal of Food, Agriculture and Environment (JFAE), 4:(1).

188- **Larson, RL.** 1998. The antioxidant of higher plants. Phytochemistry. 4: 969-978.

189- **Lee, J.; R.W. Durst and R.E. Wrolstad.** 2002. Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenols: comparison of two pretreatments. Journal of Food Science, 67(5): 1660-1667.

190- **Lee, S. K. and Kader, A.A.** 2000. Perharvest and postharvest factors influencing Vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20: 207-220.

191- **Lee, E.** 2005. Quality changes induced by mechanical stress on roma-type tomato and potencial alleviation by 1-MCP, university of florida, Master Degree thesis.

192- **Lenucci, M.S; D. Cadinu; M. Taurino; G. Piro and G. Dalessandro.** 2006. Antioxidant Composition in Cherry and High-Pigment Tomato Cultivars. J. Agric. Food Chem, 54(7): 2606–2613.

193- **Leoni C.** 2002. Improving the nutritional quality of processed fruits and vegetables: the case of tomatoes, in Fruit and Vegetable Processing: Improving Quality. Jongen, W Ed, pp. 83-122, Woodhead Publishing Ltd. and.CRC Press. LLC, Cambridge.

194- **LI, Shun-min; MING, Jian; ZENG, Kai-fang.** 2009. Effect of nitric oxide on postharvest maturation and disease resistance of fruit and vegetable.J. Science and Technology of Food Industry, 2009-10. China.

195- **Li, L.; C. Li; G.I. Lee and G.A. Howe.** 2002. Distinct roles for jasmonate synthesis and a ction in the systemic wound respouse of tomato. Proc. Natl. Acad. Sci, 99: 6416.

196- **Li, Zhonghai; Haiyan Zhong; Xianglian Peng; Jilie Li; Jingxing Zheng.** 2008. Effect of chitosan and cacl2 on senescence and membrane lipid peroxidation of postharvest Kumquat fruits. Acta

Horticulturae 769: XXVII International Horticultural Congress - IHC2006: International Symposium on Asian Plants with Unique Horticultural Potential.

197- **Li, Li; Amnon Lichter; Daniel Chalupowicz; Dan Gamrasni; Tali Goldberg; Ohad Nerya; Ruth Ben-Arie and Ron Porat**. 2016. Effects of the ethylene-action inhibitor 1-methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. Postharvest Biology and Technology, 111: 322–329.

198- **Linden, J.C. and R.J. Stoner**. 2005. Proprietary Elicitor Affects Seed Germination and Delays Fruit Senescence."Journal of Food, Agriculture & Environment.

199- **Linden, J.C. and R.J. Stoner**. 2007. Pre-harvest application of proprietary elicitor delays fruit senescence. A. Ramina et al. (eds.). Advances in Plant Ethylene Research: Proceedings of the 7th International Symposium on the Plant Hormone Ethylene. Pp: 301–302. Springer: Dordrecht, the Netherlands".

200- **Liu, j.; Sh. Tian; X. Meng; Y. Xu**. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 44(3): 300–306.

201- **Liu R.H**. 2004. Potential Synergy of Phytochemicals in Cancer Prevention: Mechanism of Action. Journal of Nutrition, 134(12): 3479S-3485S.

202- **Longling, Wang**. 2012. Application of 1-MCP at Different Ripeness Stages Affects Physiology and Final Tomato Fruit Quality. UNIVERSITY OF CALIFORNIA, DAVIS. 52: 153-493.

203- **Louise, E. Arve and Sissel Torre**. 2015. Ethylene is involved in high air humidity promoted stomatal opening of tomato (*Lycopersicon esculentum*) leaves. Plant Function & Evolutionary Biology, 42(4): 376-386.

204- Lorenz Oscar, A; Donald, N Maynard. 1988. Knott's Handbook for Vegetable Growers. 3rd ed .Wiley-Interscience, John Wiley and Sons, New York, NY. Pp: 455.

205- Lu, J.; M.T. Charles; C. Vigneault; B. Goyette and G.S.V. Raghavan. 2010. Effect of heat treatment uniformity on tomato ripening and chilling injury. Postharvest Biol. Technol, 56: 155-162.

206- Luthria, D.L.; Sudarsan Mukhopadhyay; Donald T. Krizek. 2006. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. Journal of Food Composition and Analysis, 19: 771–777.

207- MacDonald, R. E.; Mccollum, T. G.; Baldwin, E. A. 1999. Temperature of water treatments influences tomato fruit quality following low temperature storage. Postharvest Biol. Tech, 16: 147-155.

208- MacLean, D. D.; D.P. Murr; J.R. DeEll; A.B. Mackay and E.M. Kupferman. 2007. Inhibition of PAL, CHS, and ERS1 in 'Red d'Anjou' Pear (*Pyrus communis L.*) by 1-MCP. Postharvest Biology and Technology, 45: 46–55.

209- Madhavi, D. L.; Salunkhe, D. K. 1998. Production, composition, storage and processing. IN: Salunkhe, D. K.; Kadam, S. S.(eds). Tomato, Handbook of Vegetable Science and Technology. Marcel Dekker, New York, pp: 171-201, Ch. 7.

210- Malacrida, C.; E.M. Valle and S.B. Boggio .2006. Postharvest chilling induces oxidative stress response in the dwarf tomato cultivar Micro-Tom. Physiol Plant, 127:10–18.

211- Manach, C; A. Scalbert; C. Morand; C. Rémésy and L. Jiménez. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. America. Journal of Clinical Nutrition. 79(5): 727-47.

212- **Manjunath, G.; K.J. Gupta; V. Lokesh and L. A. M. Neelwarne.** 2012. Nitric oxide countres ethylene effects on ripening fruits. Plant Signal Behav, 7(4): 476-483.

213- **MARŠIĆ, N, K.; Lea GAŠPERLIN. Veronika ABRAM; Maja BUDIČ., Rajko VIDRIH.** 2011. Quality parameters and total phenolic content in tomato fruits regarding cultivar and microclimatic conditions. Turk. J. Agric, 35: 185-194.

214- **Martinez-Romero, D; M. Serrano; F. Guillen and D. Valero.** 2003. 1-MCP increased storability in Plum (*Prunus salicina cv. Golden japan*). Acta Hort, 599(1) :65-69.

215- **Martínez-Huélamo, M; S. Tulipani; X. Torrado; R. Estruch; R.M. Lamuela-Raventó.** 2012. Validation of a New LC-MS/MS Method for the Detection and Quantification of Phenolic Metabolites from Tomato Sauce in Biological Samples. J. Agric. Food Chem, 60 (18): 4542-4549.

216- **Martino, G.D.; Konstantinos Vizovitis; Rinaldo Botondi; Andrea Bellincontro and Fabio Mencarelli.** 2006. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. Postharvest Biology and Technology, 39: 38-47.

217- **Matthhris, J.P; X. Fan and L. Argenta** .2003. Management of climacteric fruit ripening with 1-MCP, an inhibitor of ethylene action. Proceedings-thirtineth annual meeting-plant growth regulation society of American and Japanese society for chemical regulation of plants. Pp: 20-24.

218- **Maul, F.; S. A. Sargent; D.J. Huber; M. O. Balaban; D.A. Luzuriaga and E.A. Baldwin.** 1997. Non destructive quality screening of tomato fruit using ''electronic nose'' technology. Proc. Fla. State Hort. Soc, 110:188-194.

219- **Mazur K.Z.; M. Gajewski; E. Czechowska; J. Decyk; A.M. Metera; M.M. Marcinkowska; J.A. Wtulich and J.L. Przyby.** 2013.

Effect of 1-MCP Treatment on quality of stored 'cherry' tomatoes. CAMA, IX International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference, Trani, Italy, 3–7 June 2013, 52.

220- **Meng, X.; Jin Han; Qing Wang and Shiping Tian.** 2009. Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. Food Chemistry, 114: 1028–1035.

221- **Mikal E. Saltveit.** 2004. Aminoethoxyvinylglycine (AVG) reduces ethylene and protein biosynthesis in excised discs of mature-green tomato pericarp tissue. Postharvest Biology and Technology. 35: 183–190.

222- **Mirdehghan, S. H.; M. Rahemi; S. Castillo; D. Martínez-Romero; M. Serrano and D. Valero.** 2007. Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. Postharvest Biology and Technology، 44: 26–33.

223- **Mittler, R.** 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7: 405-410.

224- **Miyake, C. and K. Asada.** 1996. Inactivation mechanism of ascorbate peroxidase at low concentrations of ascorbate: Hydrogen peroxide decomposes compound I of ascorbate peroxidase. Plant Cell Physiology, 37: 423–430.

225- **Molyneux** P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl for estimating antioxidant activity. J. Sci. Tech, 26: 211-219.

226- **Mondal, K.; N.S. Sharma; S.P. Malhotra; K. Dhawan and R. Singh.** 2004 .Antioxidant systems in ripening tomato fruits. Biol Plant, 48: 49–53.

227- **Moretti, C. L.; L. M. Mattos; F. L. N. Berg; J. Z. Santos.** 2005. Quality attributes of Tomatoes submitted to different postharvest treatment. ISHS Acta Horticulture, 682: 1029-1036.

228- **Muhammed Idris M.A; H. Noraini and L.T. Ng.** 1999. Medicinal plants: trade and investment prospects in Malaysia. In: Ali A.M., Shaari, K. and Zakaria Z., Eds. Phytochemicals and biopharmaceutins from the Malaysian rain forest. Malaysia: FRIM. 21-30.

229- **Munne-Bosh, S.; J. Penuelas.** 2003. Photo and antioxidative protection and a role for salicylic acid during drought and recovery in field-grown *phillyrea angustifolia* plants, Planta, 217: 758-766.

230- **Muñoz.Z; A. Moret and S. Garcés.** 2008. Assessment of chitosan for inhibition of Colletotrichum sp. on tomatoes and grapes. Postharvest Biology and Technology, 44(3): 300-306.

231- **Mur, L.A.J.; L. Carver; E. Prats.** 2006. NO way to live: the various roles of nitric oxide in plant-pathogen interactions. J. Exp. Bot, 57: 489-505.

232- **Murshed, R.; F. Lopez-Lauri; C. Keller; F. Monnet and H. Sallanon.** 2008a. Acclimation to Drought Stress Enhances Oxidative Stress Tolerance in *Solanum lycopersicum* L. Fruits. Plant Stress, 2: 145-151.

233- **Murshed, R.; F. Lopez-Lauri and H. Sallanon.** 2008b. Microplate quantification of enzymes of the plant ascorbate–glutathione cycle. Analytical Biochemistry, 383: 320-322.

234- **Murshed, R; F. L. Lauri and H. Sallanon.** 2013. Effect of salt stress on tomato fruit antioxidant systems depends on fruit development stage. Physiology and Molecular Biology of Plants, 20: 15–29.

235- **Nasir Khan.** 2016. Growth and Physiological Attributes of Tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) Genotypes as Affected by NaCl Stress. American Journal of Plant Sciences, 7: 453-460.

236- **Navari-Izzo, F.; M.F. Quartacci and C.L.M. Sgherri.** 1994. Intercellular membranes: kinetics of superoxide production and changes in thylakoids of resurrection plants upon dehydration and

rehydration. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, 102: 187-191.

237- **Navarre, D.; D. Wendenhenne.; J. Durner.; R. Noad and D.F. Klessing**. 2000. Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense. Plant Physiology, 122: 573-582.

238- **Neill, S.; R. Desikan and J. Hancock**. 2002. Hydrogen peroxide signalling. Curr. Opin. Plant Biol, 5: 388–395.

239- **Nicoli, M.C; M. Anese and M. Parpinel**. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. Trends in Food Science and Technology, 10(3): 94-100.

240- **Njus, D. and P.M. Kelley**. **1991**. Vitamins C and E donate single hydrogen atoms *in vivo*. FEBS Letters, 284: 147-151.

241- **Nguyen, V. X. and P. Mazliak**. 1991. Chilling injury induction is a ccompanied by galactolipid degradation in Tomato fruits. CTIFL, 311-318.

242- **Noctor, G. and C.H. Foyer**. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant Physiol Plant Mol Biol, 49: 249-279.

243- **Oh, J. Y.; Y.B. Kim; K.L. Choi; J.H. Shin; Y.H. Chang; S. K. Kim, and G.M. Shon**. 2008. Changes in quality parameters of truss tomatoes during storage. ISHS Acta Horticulture, 768: 501-508.

244- **Ohashi Thaís Luri; Sofia Foukaraki; Daniel Souza Corrêa; Marcos David Ferreira and Leon Terry**. 2016. Influence of 1-methylcyclopropene on the biochemical response and ripening of 'Solo' papayas. Rev. Bras. Frutic, Jaboticabal - SP, 38(2): e-791.

245- **Okan Özkaya; Hatıra Taşkın; Ömür Dündar and Saadet Büyükalaca**. 2013. Assessment of different 1-methylcyclopropene doses on physical and chemical quality of organically grown tomato cv. Zoro. Journal Food, Agriculture and Environment (JFAE),11(3-4): 195-198.

246- **Opiyo, A.M and T.J. Ying.** 2005. Effect of 1-Methylcyclopropene Post-harvest Treatment on Ripening Process in Cherry Tomato Fruit (*Lycopersicon esculentum var. cerasiforme*). Journal of plant physiology and molecular biology, 31(1): 27-33.

247- **Ordentlich, R.; A. Linzer and I. Raskin.** 1991. Alternative respiration and. heat evolution in plants. Plant Physiol, 97: 1545-1550.

248- **Osterloh, A.** 1980. Obstlagerung. VEB Deutscher Land wirtschaftsverlag Berlin, pp : 236.

249- **Ozkan, Y.; E. Altuntas; B. Ozturk; K. Yildiz and O. Saracoglu.** 2012. The effect of NAA (1-naphthalene acetic acid) and AVG (aminoethoxyvinylglycine) on physical, chemical, colour and mechanical properties of Braeburn apple. Inter. J. Food Eng, 8(3): 24-35.

250- **Öztürk Burhan; Ebubekir Altuntas; Kenan Yildiz; Yakup Ozkan; and Onur Saracoglu.** 2013. Effect of methyl jasmonate treatments on the bioactive compounds and physicochemical quality of 'Fuji' apples. Cienc. Inv. Agr, 40(1) Santiago.

251- **Paliyath, G. and D.P. Murr.** 2008. Biochemistry of fruits. in: G. Paliyath, D.P. Murr, A.K. Handa, S. Lurie (Eds.), Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetable, and Flowers, first ed. Wiley-Blackwell, USA, pp: 19-50.

252- **Palou, L and C. H. Crisosto.** 2003. Postharvest Treatments to Reduce the Harmful Effects of Ethylene on Apricots. Dept. of Pomology, University of California, Davis. CA, USA. Acta Hort, 599.

253- **Patthamakanokporn, O.** 2004. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits and their juices. Thesis master of science (nutrition) faculty of graduate studies Mahidol University.

254- **Pék. Z. and L. Helyes**. 2010. Color Changes, Antioxidant Content of Vine, and Postharvest-ripened Tomato Fruits. HortScience, 45(3): 466-468.

255- **Perez, K.; J. Mercado and H. Soto-valdez**. 2003. Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado. Food Sci. Tech. Int, 10(2): 73-77.

256- **Perumal, R.** 2007. Comparative performance of solar cabinet, vacuum assisted solar and open sun drying methods to storage Tomato. Mcgill University, Montreal, Canada, Page 2, Master's Degree thesis.

257- **Phebe, D. and P.T. Ong**. 2010. Extending 'Kampuchea' guava shelf-life at 27°C using 1-methylcyclopropene. International Food Research Journal, 17: 63-69.

258- **Pinheiroa, J; Alegriab,C; Abreub, M; . Gonçalvesb, E; Silvaa, C.** 2013. Kinetics of changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (Solanum lycopersicum, cv. 'Zinac') during storage. Journal of Food Engineering. 114 (3): 338-345.

259- **Prochazkova, D.R.K.; G.C. Srivastava and D.V. Singh**. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. Plant Sci, 161: 765-771.

260- **Qiupinga, Z. and W.T. Wenshuil**. 2007. Effect of 1methylcyclopropene and/or chitosan coating treatments on storage life and quality maintenance of Indian jujube fruit .Science Direct, 40: 404-411.

261- **Radenkovs, Vitâlijs; Edîte Kaufmane; Edgars Rubauskis and Dalija Seglioà**. 2016. Preliminary results on the effect 1-MCP on quality of plums grown in Lativia. PROCEEDINGS OF THE LATVIAN ACADEMY OF SCIENCES. Section B, 70(1): 21-28.

262- **Raffo, A.; C. Leonardi; V. Fogliano; P. Ambrosino; M. Salucci; F. Giuffrida and G. Quaglia**. 2002. Nutritional value of cheery

Tomatoes harvested at different ripening stages. Journal of Agricultural Food Chemistry, 22: 6550-6556.

263- **Reddy, A.R; K.V. Chaitanya and M. Vivekanandan**. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J. Plant. Physiol, 161: 1189-1202.

264- **Rhoads, D.M. and L. McIntosh**. 1992. Salicylic acid regulation of respiration in higher plants: alternative oxidase expression. Plant Cell, 4: 1131-1139.

265- **Rice-Evans, C.A. and N. J. Miller**. 1998. Structure-Antioxidant Activity Relationships of Flavonoids and Isoflavonoids. In: Flavonoids in Health and Disease (Eds. C.A. Rice-Evans and L. Packer). Marcel Dekker, New York, pp: 199-219.

266- **Robison, M.M.; M. Griffith; K.P. Pauls and B.R. Glick**. 2001. Dual role for ethylene in susceptibility of tomato to Verticillium wilt. J. Phytopathol. 149: 385-388.

267- **Rocculi, P.; Emiliano Coccia; Santina Romania; Giampiero Sacchetti b; Marco Dalla Rosaa**. 2009. Effect of 1-MCP treatment and N_2O MAP on physiological and quality changes of fresh-cut pineapple. Postharvest Biology and Technology, 51: 371-377.

268- **Romanazzi, G.; F. Nigro; A. Ippolito; D. DiVenere and M. Salerno**. 2002. Effects of Pre- and Postharvest Chitosan Treatments to Control Storage Grey Mold of Table Grapes. Journal of Food Science, 67(5): 1862-1867.

269- **Ruangchakpet, A. and T. Sajjaanantakul**. 2007. Effect of Browning on Total Phenolic, Flavonoid Content and Antioxidant Activity in Indian.

270- **Ryan, C.A. and G. Pearce**. 2003. Systemins, a functionally defined family of peptide signal that regulate defensive genes in Solanaceae species. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 100: 14577-14580.

271- **Rupasinghe, H.P.V.; D.P. Murr; G. Paliyath and L. Skog**. 2002. Inhibitory Effect of 1-MCP on Ripening and Superficial Scald Development in "McIntosh" and "Delisious" Apple. J.Hort.Sci.Biotech, 75: 271-276.

272- **Saadatian, M.; S. Ahmadiyan; M. akbari and Z. balouchi**. 2012. Effects of pretreatment with Nitric Oxide on Kiwi fruit storage at low temperature. Advances in Enviroment Biology, 6(7): 1902-1908.

273- **Sablani, S. S.; L. U. Opara and K. AL-Balushi**. 2006. Influence of bruising and storage temperature on vitamin C content of tomato fruit. Journal of Food, Agriculture and Environment, 4(1): 54-56.

274- **Saltveit, M.E.** 2005.Fruit Ripening fruit quality. In: Heuvelink, E. (ed), Tomatoes, CAB International, Wallingford, UK, Pp: 145-170.

275- **Sayyari, M; M. Babalar; S. Kalantari; D. Martnez-Romero; F. Guillén; M. Serrano and D. Valero**. 2011. Vapor treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. Food Chemistry, 124: 64–97.

276- **Scandalios, J** (Ed). 1997a. Catalases in plant gene structure, properties, regulation and expression. In: Oxidative Stress and Molecular Biology of Antioxidant Defenses, Cold Spring Harbor Laboratory, New York, Pp: x-y.

277- **Scandalios, J.G.** 1997b. Molecular genetics of superoxide dismutases in plants, in: Oxidative Stress and the Molecular Biology of Antioxidant Defenses. Cold Spring Harbor Laboratory Press, pp. 527–568.

278- **Scalbert, A.; C. Morand; C. Manach; C. Rémésy**. 2002. Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health .Biomedicine and Pharmacotherapy, 56: 276-282.

279- **Schmitz, M. and G. Noga**. 1998. Alpha-tocopherol reduced environmental stress and improve fruit quality. Acta Hort, 466: 89-94.

280- **Schroder, F. A.** 1998. review of chemical defense in plants. Chem.Int.Ed.Engl, **37**: 12-13.

281- **Schulz, H.** 2000. Physiology der lagerender Früchen. In: Friedrich, M. Physiologischen Grundlagen des Obstbaues. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 327-397.

282- **Schulz, H.** 1996. Aussere und innere Eigenschaften lagernder heimischer Fruchtarten. In: Osterlon, A.; Ebert, G.; Held, W. H.; Schulz, H. Lagerung von Obst und Südfrüchten, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart, 19-72.

283- **Senter, S.D.; R.J. Horvat and W.R. Forbus.** 2006. Quantitative variation of total phenols in fresh market tomatoes at three stages of maturity. J. Food Sci, 53: 639–640.

284- **Serek, M.; E. Tamari; E.C. Sisler and A. Borochov.** 1995. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. Physiol. Plant, 94: 229-232.

285- **Serenella, N; O. Pizzeghelloa; A. Muscolob and A. Vianello.** 2002. Physiological effect of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34: 1527-1536.

286- **Serrano-megias, M. and** J.M. **Lopez-nicolas.** 2006. Application of a glomerative hierarchical clustering to consumer tomato preferences: influence of physicochemical and sensory characteristics on consumer response. J. Sci. Food Agri, 86: 493-499.

287- **Sevillano, L.; M. T. Sanchez-Ballesta; F. Romojaro and F.B. Flores.** 2009. Effect of 1-Methylcyclopropene Post-harvest Treatment on Ripening Process in Cherry Tomato Fruit (*Lycopersicon esculentum var. cerasiforme*). J. of plant physiology and molecular biology. 31(1): 27-33.

288- **Seyoum, T. and K. Woldetsadik**. 2004. Forced ventilation evaporative cooling a case study on banana, papaya, orange, mandarin, and lemon. Tropical Agriculture Journal, 81(3): 179-185.

289- **Shaoying, Z.; R. Xiaolin and R. Jingping**. 2005. Effects of Nitric Oxide on Active Oxygen Metabolism of Postharvest Tomato Fruit. Acta Horticulturae Sinica. 2005-05. China.

290- **Shi, Q.; F. Ding; X. Wang; Wei Min**. 2007. Exogenous nitric oxide protect cucmber roots against oxidative stress induced by salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 45: 542-550.

291- **Shigeoka, S.; T. Ishikawa; M. Tamoi; Y. Miyagawa; T. Takeda; Y. Yabuta and K. Yoshimura**. 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzyme. Journal of Experimental Botany, 53(372):1305-1319.

292- **Shiri, M. A.; M. G. ezhad; D. Bakhshi and M. Saadatian**. 2011. Effects of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grapes. Enviromental Agricultural and food chemistry, 10(7): 2506-2515.

293- **Shiri, M.; S. Kumar; D. Chakrabarty; P. K. Trivedi; S. Mallick; P. Misra; D. Shukla; S. Mishra; S. Srivastava; R. D. Tripathi and R. Tuli**. 2009. Effect of arsenic on growth, oxidative stress, and antioxidant system in rice seedlings. Ecotoxicology and Environmental Safety, 72: 1102-1110.

294- **Siddiqui, S.; J. Sirief and F. Bangerth**. 2004. Apple fruit softening under controlled Atmosphere. The potential role of cell wall enzymes. Journal of food, Agroculture and Environment, 2(3+4): 205-208.

295- **Sies H**. 1997. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. Experimental physiology, 82: 291-5.

296- **Silverman, F.P; Peter D. Petracek; Michael R. Noll and Prem Warrior**. 2004. Aminoethoxyvinylglycine Effects on Late-Season Apple Fruit Maturation. Plant Growth Regulation, 43(2): 153-161.

297- **Sims, W.L.** 1980. History of tomato production for industry around the world. Acta Horticulturae, 100: 25-26.

298- **Singh, H.P. and D.P. Muii.** 2003. Impact of CA,1-MCP and Temperature on Aroma Volatiles in Stored "Gala" Apples. University of Guelph, Guelph on NIG2W.

299- **Singh, R. and U.N Dwivedi.** 2008. Effect of Ethrel and 1-methylcyclopropene (1-MCP) on antioxidants in mango (*Mangifera indica var. Dashehari*) during fruit ripening. Department of Biochemistry, Lucknow University. Food Chemistry, 111: 951–956.

300- **Siracusa, L; C. Patanè; G. Avola and G. Ruberto.** 2012. Polyphenols as Chemotaxonomic Markers in Italian "Long-Storage" Tomato Genotypes. J. Agric. Food Chem, 60 (1): 309–314.

301- **Sisler, E.C. and M. Serek.** 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent Developments .Physiology Plant, 100: 577-582.

302- **Smiley R.; R.J. Cook and T. Pauliz.** 2002. Seed Treatment for Sample Cereal Grains Oregon State University, EM 8797". extension.oregonstate.edu.

303- **Smirnoff, N.** 1998. Plant resistance to environmental stress. Curr. Opin. Biotechnol, 9: 214-219.

304- **Smirnoff, N.** 1993. The role of active oxygen in the response to water deficit and desiccation. New Phytol, 125: 27-58.

305- **Song, L.; W. Ding; M. Zhao; B. Sun and Zhang Lixin.** 2006. Nitric oxide protects against lignification of peeled Bamboo shoots. Postharvest Biology and Technology, 57: 72-76.

306- **Song, Huwei; Weiming Yuan; Peng Jin; Wei Wang; Xinfeng Wang; Liming Yang and Yunfeng Zhang.** 2016. Effects of chitosan/nano-silica on postharvest quality and antioxidant capacity of loquat fruit during cold storage. Postharvest Biology and Technology, 119: 41–48.

307- **Soto-Zamora, G.; E.M, Yahia; J. Brecht and A. Gardea.** 2005. Effects off postharvest hot air treatments on the qualityand antioxidant levels in tomato fruit. Food Science and Technology, 38: 657-663.

308- **Sozzi, G.O.; G.F. Trinchero and A.A. Fraschina.** 2003. Delayed ripening of 'Bartiet' pears treated with nitric aside. Hort. Sci. and Bio, 78: 899-903.

309- **Stanley, D.** 1998. Natural Compounds Protect Fresh-Cut Produce. Agricultural Research Service. Agricultural Research magazine February 1998 issue 5 .http://www.ars.usda.gov.

310- **Steven, M.** 1974. Varietal influence on nutritional value. In white, P.L. and Selvey, N. (eds). Nutritional Qualities of fresh Fruits and vegetables. Futura, Mt. Kisco, NY, pp: 87-110.

311- **Streif, J.** 2003. Die Bedeutung des Reifeinhibitors 1-MCP für die kernobstlagerung. BDGL-Tagungsband. 21 (170).

312- **Su, H. and W. Douglas Gubler.** 2012. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on reducing postharvest decay in tomatoes (*Solanum lycopersicum L.*). Postharvest Biology and Technology, 64:133–137.

313- **Suger, D and Dussi, M.C.** 1998. Using Hue deference to describe and comber Bi-color pear cultivars. Acta Hort, 475: 593-598.

314- **Sun, J.; Y. F. Chu; X. Wu and R.H. Liu.** 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 7449–7454.

315- **Sun, B.; Huizhuan Yan; Na Liu; Jia Wei and Qiaomei Wang.** 2012. Effect of 1-MCP treatment on postharvest quality characters, antioxidants and glucosinolates of Chinese kale. Food Chemistry, 131: 519–526.

316- **Tadesse, T.N., B. Farneti and E. Woltering.** 2012. Effect of ethylene and 1-MCP on color and firmness of red and breaker stage

Tomato stored at different temperatures. Am. J. Food technol, 7(9): 542-551.

317- **Tavallali Vahid and Marzieh Maleki Moghadam**. 2015. Postharvest application of AVG and 1-MCP enhance quality of 'Kinnow' mandarin during cold storage. International Journal of Farming and Allied Sciences, Intl J. Farm & Alli Sci, 4 (6): 526-535.

318- **Tesniere, C.; M. Pradal; A. El-Kereamy; L. Torregrosa; P. Chatelet; J.P. Roustan and C. Chervin**. 2004. Involvement of ethylene signalling in a non-climacteric fruit: new elements regarding the regulation of ADH expression in grapevine. J. Exp. Bot, 55(406): 2235-2240.

319- **Thompson, A. K.** 1996. Post-harvest technology of fruit and vegetables. Blackwell Science Ltd Oxford pp: 410.

320- **Tian, S.P.; Y.K. Wan; G. Qin; Y. Xu**. 2006. Induction of defense responses against Alternaria rot by different elicitors in harvested Pear fruit. Appl. Microbiol. Biotechnol, 70: 729-734.

321- **Tiwari, K. and G. Paliyath**. 2011. Microarray analysis of ripening-regulated gene expression and its modulation by 1-MCP and hexanal. Plant Physiology and Biochemistry, 49: 329-340.

322- **Tomás-Barberan.; F. Ferreres and M.I. Gil**. 2000. Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing. Studies in Natural Products Chemistry, 23: 739–795.

323- **Tomás-Barberán, F. and Juan Carlos Espín**. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81(9): 853–876.

324- **Tonon, R.V.; A.F. Baroni and M.D. Hubinger**. 2005. Mass Transfer Kinetics of Osmodehydrated Tomato Halves. In: 2nd Mercosur

Congress on Chemical Engineering, Rio das Pedras. Anais 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering.

325- **Toor, R.K. and G.P. Savage**. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. Food Research International. Lincoln University, Canterbury, New Zealand, 38: 487–494.

326- **Toor.R.K and G.P. Savage**. 2006. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. Food Chemistry, 99, (4): 724–727.

327- **Turner, J.H ; C. Ellis and A. Devoto**. 2002. The jasmonate signaling pathway. Plant Cell, pp: 153-164.

328- **USDA, 1991**. United States Standard for Grades of Fresh Tomatoes. United states Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, p: 13.

329- **Valero, D.; D. Mart´ınez-Romero; J.M. Valverde; F. Guill´en and M. Serrano**. 2003. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. Inno. Food Sci. Emerg. Technol, 4: 339–348.

330- **Vallverdu - Queralt, A; O. Jáuregui; A. Medina-Remón and R.M. Lamuela-Raventós**. 2012. Evaluation of a Method to Characterize the Phenolic Profile of Organic and Conventional Tomatoes. J. Agric. Food Chem, 60(13): 3373–3380.

331- **Vanegas, J. A. G**. 1987. Fisiologia pós colheita de tomate cultivarĂngela. Faculty of Agricultural Engineering, Unicamp University, Campinas, SP, Brazil.

332- **Vattem, D.A.; R. Ghaedian and K. Shetty**. 2005. Enhancing health benefits of berries through phenolic antioxidant enrichment: focus on cranberry. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 14 (2): 120-130.

333- Velikova, V.; I. Yordanove; A. Edreva .2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants Protection role of exogenous polyamines. Plant Science, 151: 59-66.

334- Velioglu, Y.S.; G. Mazza; L. Gao and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and green products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 4113- 4117.

335- Villalobos-Acu˜na. M.G.; William Biasi; Sylvia Floresa; Cai-Zhong Jiangb; Michael S. Reida; Neil H. Willits c and Elizabeth J. Mitcham. 2011. Effect of maturity and cold storage on ethylene biosynthesis and ripening in 'Bartlett' pears treated after harvest with 1-MCP. Postharvest Biology and Technology, 59: 1–9.

336- Wada, L. and B. Ou. 2002. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon Caneberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50: 3495-3500.

337- Wang, C. J. and J.G. Buta. 1994. Methyl jamsonate reduces chilling injury in *Cucurbita pepo* through its regulation of abscisic acid and polyamine levels .Environmental and Experimental Botany, 34: 427–432.

338- Wang, H.; G. Cao and R.L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45: 304–309.

339- Wang, M.; J. Cao; L. Lin; J. Sun; W. Jiang. 2010. Effect of 1-MCP on nutritional quality and antioxidant activity of tomato fruit during storage .Journal of food quality, 33(2): 150–164.

340- Wang, Z.Y. and D.R. Dilley. 2001. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. HortScience, 36: 328–331.

341-**Wang, B.; J. Wang; X. Feng; Y. Zhao and W. Jiang**. 2009. Effects of 1-MCP and exogenous ethylene on fruit ripening and antioxidants in stored mango. Plant Growth Regul, 57: 185-192.

342-**Wang, Y.S. and Z.M. Yang** .2005. Nitric oxide reduces aluminum toxicity by preventing oxidative stress in the roots of *cassia tora L*. Plant Cell Physiology, 461(12): 1915-1923.

343-**Wang, Y.S.; S.P. Tian and Y. Xu** .2005. Effects of high oxygen concentration on pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharves periods. Food Chem 91:99-104.

344-**Wang, H.; H.u. SH; Z.C. Liang and M.Y. Lee**. 2005. Anti geno toxicity of extracts from Pleurotus citrinopileatus. J. Sci. Food Agr, 85(5): 770-778.

345-**Watt, B. K. and A.L. Merrill**. 1963. Composition of Food. U.S. Dept. Agr, Handbook, No: 8.

346-**Watkins, C**. 2002. Ethylene Synthesis, Mode of action, Consequences and control.In: Fruit quality and its biological basis chapter 8, pp: 180-224.

347-**Watkins, C. and W. B. Miller**. 2004. A summary of physiological processes or disorder in fruits, vegetables and ornamental products that are delayed or decreased, Increased, or unaffected by Application of 1-MCP.http.//www.hort.cornell.edu/mcp/.

348-**Watkins, C.B.; J.F. Nock; B.D. Whitaker**. 2000. Responses of early mid and late season apple cultivar to postharvest application of 1-Methylcyclopropene under air and controlled atmosphere storage conditions. Postharvest biology and technology, 19:17-23.

349-**Watkins, C.B**. 2006. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetable, Biotechnol. Adv, 24: 389-409.

350-**Wawrzynczak, A.; Zbigniew B. Jozwiak; Krzysztof P. Rutkowski**. 2007. THE INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS AND 1-MCP TREATMENT ON ETHYLENE EVOLUTION AND FRUIT QUALITY

IN 'GALA' APPLES. Storage and Processing Department. Research Institute of Pomology and Floriculture. Poland, 66: 187-196.

351- **Wills, R.; M. Glasson; D. Graham; D. Joyce**. 1998. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals, 4th ed. UNSW Press, 213p.

352-**Wills, R.B.H. and V.V.V. Ku**. 2002. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. Postharvest Biol. Technol, 26: 85-90.

353-**Wills, R.B.H.; V.V.V. Kuand Y.Y. Leshem**. 2000. Fumigation with nitric acide to extend the postharvest life of strawberries. Postharvest Biology and Technology, 18:75-79.

354- **Winston G.W**. 1990. Physiochemical basis for free radical formation in cells: production and defense. In: Alscher R.G., Cumming J.R. (Eds.) Stress responses in plants: adaptation and acclimation mechanisms, New York, Wiley-Liss Inc, pp: 57-86.

355-**Wongsa-Ngasir, P.M.S**. 2004. Ohmic heating of biomaterials: peeling and effect of rotating electric field. The Ohio state University. The Degree Doctor of Philosophy thesis.

356-**Wu, T. and J.A. Abbott**. 2002. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. Postharvest Biology and Technology, 24: 59-68.

357-**Wu, F.; H. Yang; Y. chang; J. Cheng; S. Bai and J. Yin**. 2012. Effects of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant capacity in Chinese Bayberry during storage. Scientia Horticultural, 135: 106-111.

358-**Xie, Y.; Z. BenZhong and X. Yang**. 2006. Delay of postharvest ripening and senescence of tomato through virus-induced LeACS2 gene silencing. Postharvest Biology and Technology, 42:8-15.

359-Xu, T.; J. Wang and L. Sh. 2005. Cloning of the key genes in maize oxylipins pathways and their roles in herbivore-induced defense. Chinese Science Bulletin, 50(21): 2457-2466.

360-Xuan, H. and J. Streif, J. 2003. 1-MCP Eine neue dimension in derobstlagerung Frische logistic 2: 30-33.

361-Yang, S.F.; N.E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants.Ann.Rev.Plant physiol, 35: 155-189.

362-Yang, H.; C. Zhou; F. Wu; J. Cheng. 2010. Effect of nitric oxide on bowning and lignification of peeled bamboo shoots. Postharvest Biology and Technology, 57: 72-76.

363- Yildiz, Kenan; Burhan Ozturk and Yakup Ozkan. 2012. Effects of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest fruit drop, fruit maturity, and quality of 'Red Chief' apple, 144(6): 121-124.

364-Younes, A. and J. Streif. 2005. Effect of 1-MCP on the quality of" Conference" Pears. Postharvest Biology and Technology, pp: 315-318.

365-Young. I. S and J.V. woodside. 2001. Antioxidants in health and disease. J.clincal pathology, 154: 176-186.

366-Yu, M.; Lin Shena; Aijun Zhangb and Jiping Shenga. 2011. Methyl jasmonate-induced defense responses are associated with elevation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase in *Lycopersicon esculentum* fruit. Journal of Plant Physiology, 168: 1820- 1827.

367-Yuan, G.; B. Sun; J. Jing Yuan and Q. Wang. 2010. Effect of 1-methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets. Food Chem, 118: 774-781.

368-Yuting, C.; J. Rongliang; J. Zhongjian and J. Young. 1990. Flavonoids as superoxide scavengers and antioxidants. Free Radical Biology and Medicine, 9: 145-150.

369-Zaharah, S. and Z. Singh. 2011. Postharvest nitric oxide fumigation alleviates chilling injury delays fruit ripening and maintains quality incold-stored 'KensingtonPride' Mango. Postharvest Biology and Technology, Articale in press.

370-Zee, J. A.; L. Carmicael; D. Codere and M. Fournier. 1991. Effect of storage conditions on stability of vitamin C in various fruits and vegetable produced and consumed in Quebec. Journal of Food Composition and Analysis, 4: 77-86.

371-Zhang, L.; X. Lu; Q. Shen; Y. Chen and T. Wang. 2011. Identification of Putative Artemisia annua ABCG Transporter Unigenes Related to Artemisinin Yield Following Expression Analysis in Different Plant Tissues and in Response to Methyl Jasmonate and Abscisic Acid Treatments. *Plant Molecular Biology Reporter,* Online First™, 27 December 2011.

372-Zhang Danfeng; Hongtao Wang; Yi Hu and Yongsheng Liu. 2015. Chitosan Controls Postharvest Decay on Cherry Tomato Fruit Possibly via the Mitogen-Activated Protein Kinase Signaling Pathway. J. Agric. Food Chem,, 63 (3): 7399-7404.

373-Zhang, X; J. Sheng; F. Li; D. Meng and L. Shen. 2012. Methyl jasmonate alters arginine catabolism and improves postharvest chilling tolerance in cherry tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 64(1): 160-167.

374-Zhang, X; L. Shen; F. Li; D. Meng and J. Sheng. 2011. Methyl Salicylate-Induced Arginine Catabolism Is Associated with Up-regulation of Polyamine and Nitric Oxide Levels and Improves Chilling Tolerance in Cherry Tomato Fruit. J. Agric. Food Chem, 59(17): 9351-9357.

375-Zhang, M; Y. Jiang; W. Jiang and X. Liu. 2006. Regulation of ethylene synthesis of harvested Banana fruit by 1-MCP. Food Tech. Biotechnol, 44(1):111-115.

376- **Zhang, Zhengke; D. Huber and J. Lee.** 2010. Effect to finter action between internal ethyleneand 1-methylcyclopropene on ripening and cell wall components metabolism of tomato fruit. AGRIS, 38(1): 95-102.

377-**Zhao, M.G.; L. Chen and L.L. Zhang.** 2009. Nitric Reductase-Dependent Nitric Oxide production is involved in cold acclimation and freezing tolerance in Arabidopsis. American Society of Plant Biologists, 151: 755-767.

378-**Zhou, Jie; Jian Wang; Kai Shi; Xiao Jian Xia; Yan Hong Zhou and Jing Quan Yu.** 2012. Hydrogen peroxide is involved in the cold acclimation-induced chilling tolerance of tomato plants. Plant Physiology and Biochemistry, 60: 141-149.

379-**Zhu, J. K and K. Shinozaki.** 2004. Comparative genomics in salt tolerance between Arabidopsis and Arabidopsis-related halophyte salt cress using Arabidopsis microarray. Plant Physiology, 135: 1697-1709.

380-**Zhu, S.H.; L.N. Sun; M.C. Liu and J. Zhou.** 2008. Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in Kiwifruit during storage. Science Food Agriculture, 88: 2324-2331.

381-**Zhu, S.H. and L.N. Sun.** 2009. Effects of nitric oxide fumifation on phenolic metabolism of postharvest Chinesen winter jujube in relation to fruit quality. Food Science and Technology, 42: 1009-1014.

382-**Zhu, S.H.; M.C. Liu and J. Zhou.** 2006. Inhibition by nitric oxide biosynthesis and lipoxygenase activity in peach fruit during storage. Postharvest Bio. Tech, 42: 41-48.

383-**Zhu, Tong; Wen-Rong Tan; Xing-Guang Deng; Ting Zheng; Da-Wei Zhang and Hong-Hui Lin.** 2015. Effects of brassinosteroids on quality attributes and ethylene synthesis in

postharvest tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 100: 196–204.

384- **Zhuangdong, Y.** 2007. "Study on the synthesis and catalyst oxidation properties of chitosan bound nickel (II) complexes. Chemical Industry Times, 21 (5): 22–24.

385- **Zia-ul, Hassan; K.A. Kubar; M.A. Chhajro; M.N. Kandhro; G.M. Jamro; K.H. Talpur and N. Talpur.** 2016. Response of Tomato (*Lycopersicon esculentum L.*) at Varying Levels of Soil Applied Potassium. Journal of Basic & Applied Sciences 12: 198-201.

386- **Znidarcic, D. and T. Pozrl.** 2006. Comparative study of quality changes in tomato cv. Malike. Whilst stored at different temperatures. Acta Agriculture, 87(2): 235-243.

387- (**USDA**) National Organic Program (NOP) Rule. 2007. USDA NOP and EPA Rule on Chitosan, Federal Register, 72(236). Rules and Regulation. www.ams.**usda**.gov.

388- Faostat/2013/.

Syrian Arab Republic
Damascus univirsty
Faculty of Agriculture
Department of Horticulture Sciences

Effect of Some Chemical and Natural Substances on Storage Ability and Antioxidant activity of tomato fruits during cold storage.

Thesis

Sumitted for The Degree of Doctorate (Ph.D) in Agricultural Engineering

Horticulture Sciences

BY

Eng. Hanan Sharaby

Supervision

Prof. Hassan Obid
Damascus Universit
Faculty of Agricultur

Dr. Ramzi Murshed
Damascus Universit
Faculty of Agricultur

2016