



جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم الهندسة الريفية

دراسة فعالية التبريد الأولي في إزالة حرارة الحقل للفتح وفي بعض خصائص
الجودة للتخزين المبرد

**Studying the effectiveness of Pre-cooling for field heat removal
of apple and on some quality attributes for cold storage**

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية تخصص
(الهندسة الريفية)

إعداد المهندس : أمان الدلبي

بإشراف

د. حسان عبيد

أستاذ في قسم علوم البستنة
كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق
مشرفاً مشاركاً

د. أسامة البدعش

مدرس في قسم الهندسة الريفية
كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق
مشرفاً علمياً

2015

حفظ الجميل وذكر فضل المرشد

وأبر أعمال الفتى في دهره

وبحسن رأي الوالدين تقييد

فاحفظ جميل معلم ومهذب

كلمة شكر

أتوجه بالشكر والتقدير الى الأساتذة الكرام في كلية الهندسة الزراعية وفي قسم الهندسة الريفية وفي قسم علوم البستنة اللذين كانوا بحق ينبوع للمعرفة ولم ييخلوا بأي معلومة في سبيل اغناء هذا البحث .

وأخص بالشكر

د.أسامة البدعش المدرس في قسم الهندسة الريفية - كلية الهندسة الزراعية- جامعة دمشق- لتفضله بالاشراف العلمي على هذا البحث مذكلاً الصعوبات العلمية والعملية التي كانت تعترض سبيل البحث جزاه الله عني كل خير.

د.حسان عبيد الأستاذ في قسم علوم البستنة- كلية الهندسة الزراعية- جامعة دمشق- الذي قدم لي كل العون والمساعدة في هذه الدراسة وعمل على اغنائها بخبراته العلمية والعملية .

وأقدم بجزيل الشكر للدكتور محمود عبد اللطيف رئيس قسم الهندسة الريفية مذكلاً الصعوبات الادارية وقدم لي كل العون والمساعدة.

والأساتذة الأفاضل أعضاء لجنة الحكم:

الدكتور عبد الله يعقوب – الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الريفية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

الدكتور ناصر حبوب – الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الريفية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

كما أتوجه بالشكر للمهندسة حنان الشرابي التي كانت مساندة لي في جميع مراحل العمل المخبري، والتي كانت توجيهاتها بمثابة الحجر الأساس الذي رسخ هذا العمل، حيث كان لها الفضل في دعم هذا البحث.

والى كل من بذل جهداً في مساعدتي لانجاز هذا البحث ومن دعى الله لى بالنجاح والتوفيق

اهداء

إلى القلب النابض بالحب والمعين الخير الذي لاينضب
إلى من غرس في نفسي الثقة والعزيمة والصبر
إلى الصدر الرحب الذي يؤرقه قلقي ويسعده فرحي ونجاحي
إلى من اطلب من الله أن يعينني على برهما ورد جميلهما

إلى أبي الغالي وأمي الحنون

إلى من تشاركني أفراحي وأتراحي وتحمل عني همومي وتحفزني للسير قدما
إلى من تشاركني نجاحي
إلى شريكة حياتي ورفيقة عمري

إلى زوجتي المخلصة ولاء أورفه لي

إلى زهور اليوم وثمار الغد

إلى النفوس البريئة والعقول النيرة التي تتابعني منذ بدأت ومهجة فؤادي
إلى الشمس والضياء وسنا البرق

أسأل الله المولى عزوجل الله أن يعينني على رد جميلهم

ومن كل قلبي خالص الشكر والامتنان والتقدير

إلى أخوتي الأعزاء

الدكتور مازن ادلبي والمهندس يامن ادلبي

والمهندس يمان ادلبي والأستاذ جمان ادلبي

الفهرس

المحتوى	رقم الصفحة
المخلص	-
Abstract	-
الفصل الأول: المقدمة وأهداف البحث	1
1-1-المقدمة	2
2-1-مبررات البحث وأهدافه	3
الفصل الثاني : الدراسة المرجعية	6
1-2-أهمية معاملات ما بعد الحصاد	7
2-2-مفهوم معاملات ما بعد الحصاد	8
3-2-تأثير التبريد الأولي أو المبدئي في الصفات النوعية لثمار التفاح المخزنة	9
4-2-فوائد التبريد الأولي	11
5-2-تأثير تأخير التبريد الأولي	11
6-2-تأثير طرائق انتقال الحرارة	16
1-6-2-التوصيل الحراري	16
2-6-2-الحمل الحراري	17
7-2-طرائق التبريد الأولي	18
1-7-2-التبريد في غرف باردة	18
2-7-2-التبريد بسحب (بدفع) الهواء البارد	19
3-7-2-التبريد بالتفريغ	20
4-7-2-التبريد بالتبخير	20
5-7-2-التبريد المائي	21
1-5-7-2-الطريقة التقليدية	24
2-5-7-2-طريقة الغمر	25
6-7-2-التبريد بالتلج	26
8-2-الخصائص التخزينية للثمار	28
9-2-تأثير ظروف التخزين في الصفات النوعية للثمار	29
10-2-التأثير في المؤشرات المدروسة	30
1-10-2-الفقد الطبيعي بالوزن	30
2-10-2-الفقد المطلق	31
3-10-2-الشكل والحجم	34
4-10-2-الصلابة	34
5-10-2-نسبة المواد الصلبة الذائبة	35
6-10-2-اللون	36
الفصل الثالث : مواد البحث وطرائقه	38

39	1-3-المادة النباتية
39	2-3-موقع الدراسة
39	3-3-طريقة العمل
41	4-3-المعاملات خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف
45	5-3-المؤشرات المدروسة لقياس الخصائص الهندسية للمواد الزراعية
45	1-5-3-تحديد نسبة الفقد الطبيعي في الوزن
45	2-5-3-تقدير الفقد المطلق
46	3-5-3-تغيرات صلابة الثمار
46	4-5-3-نسبة المواد الصلبة الذائبة
47	5-5-3-تغيرات حجم الثمار
47	6-5-3-مؤشرات تغير اللون
48	7-5-3-قياس درجة حرارة المياه المبرده ضمن جهاز التبريد الأولي
48	8-5-3-قياس تغير درجة حرارة الثمار
49	6-3- التحليل الاحصائي للتجربة
50	الفصل الرابع : النتائج والمناقشة
51	1-4- نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالحمل المائي
53	2-4- نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالتوصيل المائي
55	3-4- نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بطريقة الحمل الثلجي
58	4-4- نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بطريقة التوصيل بالثلج
60	5-4-صلابة الثمار
66	6-4-نسبة المواد الصلبة الذائبة
72	7-4-حجم الثمار
79	8-4-الفقد الطبيعي في وزن الثمار
85	9-4-الفقد المطلق
92	10-4-مؤشرات تلون الثمار
93	1-10-4-شدة السطوع اللوني
98	2-10-4-شدة التدرج اللوني الأخضر
104	3-10-4-شدة التدرج اللوني الأصفر
110	الفصل الخامس : الاستنتاجات والمقترحات
111	الاستنتاجات
112	المقترحات
113	المراجع العلمية العربية والأجنبية

فهرس الجداول

رقم	عنوان الجدول	صفحة
1	كمية الحرارة المتولدة من الثمار جول / كغ..ساعة عندما تكون بدرجات حرارة مختلفة	14
2	الأنواع المنتجة للإيثيلين (p) والحساسية للإيثيلين (s) والرائحة (+)	14
3	معدلات إنتاج الإيثيلين للتفاح Rates of Ethylene Production	15
4	معدلات التنفس للتفاح Rates of respiration	15
5	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال 24 ساعة من القطف	52
6	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بعد 48 ساعة من القطف	52
7	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي خلال 24 ساعة من القطف	54
8	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بعد 48 ساعة من القطف	55
9	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي خلال 24 ساعة من القطف	56
10	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي بعد 48 ساعة من القطف	57
11	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي خلال 24 ساعة من القطف	58
12	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي بعد 48 ساعة من القطف	59
13	متوسطات الصلابة كغ / سم ² لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف	61
14	متوسطات الصلابة كغ / سم ² لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطف	63
15	متوسطات الصلابة كغ / سم ² لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة شهور من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	66
16	متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف	67
17	متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطف	69
18	متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	72
19	متوسطات حجم الثمار سم ³ لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف	74

76	متوسطات حجم الثمار سم ³ لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف	20
78	متوسطات حجم الثمار سم ³ لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	21
79	متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف	22
81	متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف	23
85	متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	24
86	متوسطات الفقد المطلق % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف	25
88	متوسطات الفقد المطلق % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف	26
92	متوسطات الفقد المطلق % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	27
94	متوسطات شدة السطوع اللوني (L) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف	28
96	متوسطات شدة السطوع اللوني (L) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطف	29
98	متوسطات شدة السطوع اللوني (L) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	30
99	متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف	31
101	متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطف	32
103	متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	33
105	متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (B) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف	34
106	متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (B) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطف	35
109	متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (B) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف	36

فهرس الأشكال

صفحة	عنوان الشكل	رقم
17	تقنية تبريد الثمار بالتوصيل الثلجي	1
17	تقنية تبريد الثمار بالتوصيل المائي	2
18	تقنية التبريد الأولي بالحمل المائي للثمار	3
19	مسقط أفقي لغرفة التبريد (Top View – Room Cooler (Kitinoja and Gorny1999)	4
20	شكل تخطيطي لنفق التبريد بدفع الهواء البارد القسري a tunnel-type forced-air cooler.(Parsons and Kasmire, 2006)	5
21	تصميم التبريد بالتبخير (Thompson and Kasmire, 1992)	6
22	طريقة التبريد الأولي بالغمر المائي	7
23	طريقة التبريد الأولي بالدوش المائي	8
25	طريقة التبريد الأولي بالمرش المائي(الدوش) عبر سير ناقل	9
26	طريقة التبريد الأولي بالغمر المباشر بالماء عبر سير ناقل	10
27	طريقة التبريد الأولي بالثلج المباشر	11
27	مصنع تجاري لصناعة قطع الجليد الخاصة بالتبريد الأولي	12
33	عفن القلب من فطريات ASPERGILLUS	13
34	العفن الأزرق من فطريات Botrytis cinerea	14
36	Minolta chroma meter,CR-300 with an 8-mm aperture	15
37	الدائرة اللونية Color Wheel	16
37	الفضاء اللوني color space	17
40	التصميم العام لمعدات جهاز التبريد الأولي بالماء المثلج مع ظهور مضخة الماء وتوربين الهواء	18
41	مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالحمل المائي	19
42	مقياس الثيرموكبل لقياس درجة حرارة الثمار	20
42	مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالتوصيل المائي	21
43	غرفة التخزين لصناديق الثمار	22
43	طريقة التبريد الأولي بالغمر المباشر بالثلج	23
44	طريقة التبريد الأولي بالتوصيل بالثلج	24
45	ميزان كهربائي حساس لقياس الفقد الطبيعي في الوزن	25
45	الفقد المطلق نتيجة الإصابة بأضرار مرضية	26
46	جهاز بينيتروميتر لقياس صلابة الثمار	27
46	جهاز رفرأكتوميتر لقياس نسبة المواد الصلبة الذائبة	28
47	كأس مدرج لقياس حجم السائل المزاح	29
48	جهاز المينولتا الضوئي	30
48	ميزان زنبرقي	31

49	مقياس الثيرموكبل	32
51	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال 24 ساعة من القطاف	33
53	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بعد 48 ساعة من القطاف	34
53	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي خلال 24 ساعة من القطاف	35
55	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بعد 48 ساعة من القطاف	36
56	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي خلال 24 ساعة من القطاف	37
57	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي بعد 48 ساعة من القطاف	38
58	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي خلال 24 ساعة من القطاف	39
60	تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي بعد 48 ساعة من القطاف	40

الملخص

الهدف من هذا البحث دراسة تأثير معاملات التبريد الأولى في القدرة التخزينية وجودة ثمار صنف التفاح غولدن ديليشس خلال مدتي 24 و 48 ساعة من القطاف، نُفِّدَت التجربة في مخابر قسمي الهندسة الريفية وعلوم البستنة في كلية الزراعة بجامعة دمشق، إذ أُجريت تجربة التبريد الأولى لدراسة تأثيرها في الصفات النوعية (فيزيائية- كيميائية) للثمار؛ وذلك قبل إدخالها إلى وحدة التبريد لتخزينها في درجة حرارة (0-1) درجة مئوية، ورطوبة نسبية 90-95%، وكانت المعاملات على الشكل الآتي خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف: الحمل المائي، التوصيل المائي، الحمل الثلجي، التوصيل الثلجي والشاهد. وحددت تغيرات قيم الصلابة، وتغيرات نسبة المواد الصلبة الذائبة، وتغيرات الفقد الطبيعي من وزن الثمار، وتغيرات الفقد المطلق، وتغيرات اللون.

أظهرت النتائج تفوق معاملات التبريد الأولى خلال مدة 24 ساعة من القطاف ولاسيما معاملة الحمل المائي على معاملات التبريد الأولى بعد مدة 48 ساعة من القطاف حتى نهاية مدة التخزين، إذ حافظت على أعلى قيمة صلابة للثمار خلال مدة 24 ساعة من القطاف بقيمة وصلت إلى 5.9 كغ/سم² مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف التي وصلت إلى 5.01 كغ/سم². وحافظت على أعلى قيمة في حجم الثمار خلال مدة 24 ساعة من القطاف وصلت إلى 147.6 سم³ مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف وصلت إلى 137 سم³.

وتم الحصول على أقل نسبة ارتفاع في نسبة المواد الصلبة الذائبة؛ وهي ذات دلالة إيجابية ناتجة عن تفكك المواد والمركبات المكونة للثمرة إلى مركبات أبسط، وتحللها إلى ذائبات، وهي المسؤولة عن روابط الجدر الخلوية لإعطاء قساوة الثمار بنسبة وصلت إلى 13.33% خلال مدة 24 ساعة من القطاف مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف التي وصلت إلى 14.23% وتمت المحافظة على أقل نسبة ضياع في الفقد الطبيعي من وزن الثمار خلال مدة 24 ساعة من القطاف بنسبة وصلت إلى 4.82% مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف وصلت إلى 8.42%؛ وكذلك الأمر في الفقد المطلق بنسبة كانت شبه معدومة خلال مدة 24 ساعة من القطاف مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف بنسبة 1.95%، وحافظت على أعلى قيمة في تغيرات شدة التدرج اللون الأخضر خلال مدة 24 ساعة من القطاف بقيمه وصلت إلى 10.63- مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف، إذ حصلت على أقل قيمة وصلت إلى 8.79- فضلاً عن حصولها على أقل

نسبة شدة تدرج لوني أصفر؛ وهي ذات دلالة إيجابية على تأخر مرحلة وصولها إلى الهرم والشيخوخة خلال 24 ساعة من القطاف بقيمة وصلت إلى 33.28 مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف وصلت إلى 38.73

.

الكلمات المفتاحية : تفاح، غولدن ديليشس، التبريد الأولي، الصلابة، نسبة المواد الصلبة الذائبة، الفقد بالوزن، الفقد المطلق، حجم الثمار، تغيرات اللون، الحمل، التوصيل.

ABSTRACT

The Purpose of this research is to study the effect of initial cooling transactions in storage capacity and the quality of the fruits of apples (Golden Delicious type) through periods of 24 and 48 hours since harvest, then perform the experiment in the laboratories of rural Science and Engineering horticulture sections at the Faculty of Agricultural Engineering at the University of Damascus, where the experiment of initial cooling was carried out to study the effects on the qualitative characteristics of fruits (Physical- chemical) before introduced to the cooling unit to be stored at a temperature of $(0-1)^{\circ}\text{C}$ with relative humidity 90-95% Transactions during the periods 24 and 48 hours of harvest were as follows: Water convection, water conduction, ice convection, ice conduction, sample. Changes of hardness values, changes in the proportion of soluble solids, changes in natural fruit weight loss, absolute loss changes, and color changes, have been identified.

The results showed superiority of initial cooling transactions during the period of 24 hours of harvest, especially the treatment of the water convection on the initial cooling transactions after 48 hours of harvest until the end of the storage period (after five months of cold storage), where it has maintained the highest value of hardness during the 24-hour period of harvest worth up to $5.9 \text{ kg} / \text{cm}^2$, compared with 48 hours of harvest and up to $5.01 \text{ kg} / \text{cm}^2$.

Also, maintained at the highest value in fruit size within 24 hours of the harvest period of up to 147.6 cm^3 , compared with 48 hours of harvest worth up to 137 cm^3 .

It has been obtained least increase in the percentage of soluble solids which is a positive significance by up to 13.33% during the period of 24 hours of harvest, compared with 48 hours of harvest of up to 14.23% and maintained less rate of loss in the natural loss of fruit weight through period of 24 hour of harvest by up to 4.82% compared with 48 hours of harvest of up to 14.03% , as well as the absolute loss rate of was almost non-existent during the period of 24 hours of harvest, compared with 48 hours of harvest 1.95% And maintained at the highest value in the changes of gradient green color during the 24 hours of harvest worth up to - 10.63, compared with 48 hours of harvest where I got less value up to - 8.79 in addition to access to the lowest gradient yellow color, as this is a positive sign on

late access to old aging during the period of 24 hours of harvest worth up to 33.28 compared with the period of 48 hours from harvest up to a value of up to 38.73.

Key words: apples, Golden Delicious, the initial cooling, hardness, total soluble solids, weight loss, absolute loss, fruit size, color changes, convection, and induction.

الفصل الأول

المقدمة وأهداف البحث

Introduction

&

Objective Research

1-1- المقدمة Introduction

الموطن الأصلي للتفاح

ينتمي التفاح للعائلة Rosaceae وتحت العائلة Pomoidae والجنس Malus الذي يضم نحو خمسين نوعاً وأكثر من ألف صنف؛ و يُعتقد بأن الموطن الأصلي للتفاح هو منطقة القوقاز وبحر قزوين، ومن هذه المناطق انطلقت إلى أوروبا وروسيا، ومنها إلى أمريكا عام 1600 م عن طريق المهاجرين، ومن ثم إلى استراليا وباقي الأقاليم المعتدلة من الكرة الأرضية، أما في منطقة المشرق العربي فلم تنتشر زراعة التفاح إلا في مطلع القرن العشرين، وفي المناطق الجبلية التي يزيد ارتفاعها على 900م. (حامد وعيسى، 1991)

واقع زراعة التفاح في سورية

يعدُّ التفاح من الأشجار المثمرة المهمة التي تنتشر انتشاراً كبيراً محلياً وعالمياً؛ تتركز زراعته في القطر العربي السوري في المرتفعات الجبلية التي يزيد ارتفاعها على 900 م عن سطح البحر، إذ تفضل هذه الشجرة الإقليم المعتدل الذي لا ترتفع فيه درجة الحرارة عن 26 درجة مئوية خلال فصل النمو، وتتركز زراعة الأشجار في المناطق الآتية: المنطقة الساحلية: طرطوس- اللاذقية، المنطقة الداخلية: ادلب - حمص - حماه على ارتفاع 600 إلى 1500م، المنطقة الجنوبية: محافظة ريف دمشق (سرغايا- بلودان - الزبداني)، القنيطرة (عنة - بيت جن) والسويداء التي تعدُّ أكبر منطقة لزراعة التفاحيات في سورية على ارتفاع 1000-1600م عن سطح البحر(عبيد، 2005) وبحسب المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية عام 2012 فقد وصل إنتاج سورية من ثمار التفاح إلى نحو 307760 طن، وبلغت المساحة المزروعة 517757 هكتار.

الأهمية الغذائية والطبية لثمار التفاح

تعدُّ ثمار التفاح من الفواكه المفيدة في الهضم، ومصدراً مهماً للطاقة وللعديد من الفيتامينات ولاسيما فيتامين C و A وتعدُّ الثمرة غنية في قشرتها أكثر من لبها بالنسبة إلى فيتامين A، وتنبأين الأصناف فيما بينها بالنسبة إلى محتواها من المواد الغذائية الغنية بالطاقة الحرارية التي تتعدى 85 كالوري /100غ ثمرة، لما تحتويه من مواد أخرى، إذ تحتوي 7.6-16.4% سكريات معظمها سهل الذوبان، و 0.16-1.27% مواد

بروتينية، و 0.23-1.14% مواد بكتينية وفيتامينات (A,B,C) فضلاً عن حمض المالك (كردوش وسحر، 1991)، كما تحتوي ثمرة التفاح على (86% ماء، 12% كربوهيدرات، 0.3% بروتين، 0% دسم، 2% ألياف) من الوزن الكلي (HUI, 2006).

توصل عدد من الباحثين البريطانيين إلى أن أكل تفاحة واحدة يومياً يساعد على أداء وظيفة الرئتين أداءً جيداً فثمار التفاح تحتوي على مواد مضادة للتسمم تدعى Quercetin تسهم في حماية الرئتين من أضرار تلوث الهواء والتدخين، كما تحتوي ثمار التفاح على فيتامين C و E اللذين يحميان من مرض الربو، فقد تبين أن الأمهات الحوامل اللواتي يأكلن تفاحة يومياً خلال مدة الحمل يكون أطفالهن أقل عرضة للإصابة بأمراض ربو الأطفال؛ وذلك من خلال دراسة أجريت على 1200 أم حامل (Britton, 2000).

تسهم الفلافونينات والألياف الموجودة في ثمار التفاح اسهاماً معنوياً في الحد من تطور سرطان القناة الهضمية وسرطان الكولون (Johnson, 2004). إن تناول ثمار التفاح يحسن الذاكرة والتعلم ويحمي من أضرار مضادات التأكسد التي تسهم في هرم الدماغ وشيخوخته كمرض Alzheimer (Shea, 2004).

1-2- مبررات البحث وأهدافه

نظراً إلى الأهمية الكبيرة لثمار التفاح، أجريت العديد من الدراسات المختلفة التي حاولت المحافظة على إنتاج محصول من نوعية جيدة من الثمار سواء قبل القطاف أو بعده أو حتى في أثناء التخزين؛ وذلك بهدف إطالة مدة تخزينه واستمرارية بقائه على مدار السنة؛ وهذا يتحقق من خلال تقليل الأضرار التي قد تنتج أثناء التخزين من الإصابة بالأمراض التخزينية المختلفة، أو التي قد تنتج عن تراجع في الصفات النوعية (فقدان الصلابة - الفقد بالوزن - اللون - نسبة المواد الصلبة الذائبة...الخ) التي تؤدي إلى انخفاض القيمة التسويقية لهذا المنتج، وهناك عدة إجراءات يمكن اتباعها بهدف إطالة مدة التخزين، والحفاظ على نوعية الثمار، وتقليل الإصابة بالأمراض الفيزيولوجية التي قد تظهر أثناء التخزين ومن هذه الإجراءات عملية التبريد الأولى التي تعد من أهم عمليات ما بعد الحصاد تسهم اسهاماً فعالاً في المحافظة على جودة الحاصلات البستانية بعد الحصاد مباشرة، وخفض درجات الحرارة لهذه المواد من درجة حرارة الجو المحيط المرتفعة؛

وذلك بهدف تبطىء النشاط الأنزيمي وتأخيرته، والحد من زيادة معدل تنفس الثمار الذي يؤدي بدوره إلى إنتاج طاقة حرارية يتولد بفعلها غاز الايثيلين؛ مما يعني إحداث تدهور نوعية المواد وتهدف هذه العملية إلى المحافظة مبدئياً على الحاصلات البستانية تمهيداً لإجراء العمليات اللاحقة مثل الفرز والتدريج والنقل والتخزين؛ وذلك من خلال تعريض هذه الحاصلات إلى تيار من هواء بارد أو وضع المادة في غرف تبريد خاصة أو تعريضها إلى ماء بارد أو الثلج، وتهدف أيضاً إلى الإزالة السريعة لحرارة الحقل للمحاصيل بعد جمعها و قبل عملية الشحن أو التخزين والتسويق؛ وذلك وفقاً لدراسة (Will et al., 1998).

هَدَفَ البحث إلى :

1- دراسة تأثير فعالية معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي (غمر مباشر بوسيط التبريد) والتوصيل المائي والتلجي (غمر غير مباشر بوسيط التبريد) خلال مدة 24 ساعة من القطاف في مواصفات الجودة لثمار التفاح المخزن .

2- دراسة تأثير تأخير معاملات التبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف في مواصفات الجودة لثمار التفاح المخزن .

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

Literature Review

2- الدراسة المرجعية

2-1- أهمية معاملات مابعد الحصاد :

أشارت الإحصائيات العالمية لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2005) إلى أن زهاء 25 % من الغذاء لا يصل إلى المستهلك على مستوى العالم؛ وذلك لسوء عمليات القطاف والتداول بين المزرعة والمستهلك، ولا شك أن هناك فجوة غذائية في أماكن كثيرة من العالم ولاسيما الدول النامية، لذلك ازداد اهتمام هذه الدول بزيادة الإنتاج؛ إذ يمكن تحقيق ذلك عن طريق ميايأتي المحور الأول، ويعني الزيادة الأفقية والتوسع في الرقعة الزراعية بإضافة مساحات جديدة عن طريق استصلاح الأراضي أو تحسينها، والمحور الثاني، ويعني الزيادة الرأسية؛ وذلك برفع الغلة الإنتاجية لوحدة المساحة باستخدام أصناف عالية الإنتاج وتطبيق أساليب تكنولوجية مناسبة، والمحور الثالث وهو الأهم، وهو تقليل الفاقد من الإنتاج؛ وهذا المحور لم يكن يلقى الاهتمام المناسب خاصة في الدول النامية، ولكنه في المدة الأخيرة أصبح من المحاور المهمة في تحقيق وفرة الغذاء، ومن هنا فقد ازداد الاهتمام بمعاملات ما بعد الحصاد على مستوى الباحثين والمنتجين.

تعود أهمية تقنية معاملات مابعد الحصاد للحاصلات البستانية إلى أنها وسيلة سريعة ورخيصة في تقليل الفاقد والتالف بعد الحصاد، وتعد من الطرائق غير المباشرة لزيادة الإنتاج، إذ إن طرائق القطف المناسب والفرز والتدريج والتعبئة والنقل السليم تؤدي إلى رفع الصفات النوعية وجودة الحاصلات البستانية؛ مما يعمل على زيادة دخل المنتج والعائد الاقتصادي له كنتيجة للتسويق المحلي أو الخارجي، واستخدام المعاملات التي تؤدي إلى إبطاء الشيخوخة وعملية الإنضاج، تطيل من العمر التسويقي لتلك المحاصيل، كما أن التخزين الجيد يساعد على انسياب المحاصيل البستانية وتوافرها مدة أطول خلال العام، والعناية بعمليات الإنتاج للوصول إلى محاصيل بستانية عالية الجودة يكون باختيار الأصناف المناسبة والاهتمام بالعمليات الفلاحية المختلفة، إذ أصبحت الحاجة ماسة لاستخدام تقنيات جديدة في معاملات ما بعد الحصاد للمنتجات الزراعية، وفقاً لمتطلبات السوق المحلي وأسواق التصدير العالمية. (Liu, 1985) .

تتطلب عمليات التخزين والتجارة مواصفات معينة للثمار للمحافظة على خصائص الجودة، تبدأ من مرحلة اختيار الصنف وعمليات الخدمة والري والتسميد مروراً بمراحل تكوين الثمار وطرائق حصادها إلى الحصاد ومعاملات الثمار بعد الحصاد، لذلك لا بد أن يكون هناك وعي لدى العاملين بهذا الموضوع للحصول على أعلى عائد اقتصادي يزيد من دخلهم (أبو القاسم، 2003).

2-2- مفهوم معاملات ما بعد الحصاد:

هي مجموعة من العمليات التي تطبق على المواد الزراعية بهدف المحافظة على جودة هذه المواد؛ ومن أهم تقنيات معاملات ما بعد الحصاد: عمليات النقل والتداول، وعمليات الفرز والتدريج، وعمليات التعبئة والتغليف، وعمليات التجفيف، وعمليات التبريد الأولي، وعمليات التخزين؛ لذلك فإن معرفة الأسس الهندسية لهذه العمليات يسهم اسهاماً فعالاً في حسن اختيار التقنية المناسبة للمحصول المناسب، ونسعى القوانين الهندسية التي تستخدم في إنجاز الأجهزة والتقانات المتعلقة بالعمليات السابقة وتصميمها بهندسة معاملات ما بعد الحصاد. (عبود، 2011).

تسهم تقانات معاملات ما بعد الحصاد في تحقيق ما يأتي: المحافظة على جودة المنتجات الزراعية من وقت الحصاد حتى وصولها إلى المستهلك أو المصنع؛ مما يقلل من كمية الفاقد في هذه المنتجات ويحافظ على خصائص الجودة لهذه المحاصيل، ويطيل العمر التخزيني لهذه المواد؛ مما يسهم في توافر هذه المنتجات في غير مواسمها، والتقليل من الفاقد من خلال العمليات السريعة بعد عمليات الحصاد مباشرة والسماح بعمليات الحصاد المبكر، وتطبيق هذه التقانات لتأخير تلف المواد الزراعية على سبيل المثال خلال المدة من مرحلة الحصاد إلى مرحلة المعاملة النهائية تجعل جودة المحصول تنخفض 5- 25 % في الدول المتقدمة، و 20 - 50 % في الدول النامية (FAO, 1989).

تختلف المدة اللازمة للتبريد المبدئي بحسب الطريقة المتبعة في التبريد، وكذلك بحسب طبيعة المحصول المراد تبريده، وتتراوح هذه المدة بين عدة دقائق إلى عدة ساعات، ويعد التبريد الأولي من العمليات التقنية المهمة اللازمة للمواد الغذائية التي تتأثر تأثيراً مباشراً بالتغيرات الجوية مثل الخضار والفواكه؛ إذ إن درجات الحرارة المرتفعة تسبب سرعة إنضاجها وتدهورها، ومن ثم سرعة فسادها مقارنة بدرجات الحرارة المنخفضة (Song, 2000).

أشارت دراسة (Beaudry et al., 2004) إلى أنّ عملية التبريد الأولي من أهم معاملات ما بعد الحصاد الرئيسية التي تسهم في خفض درجة حرارة الحاصلات البستانية بعد الحصاد مباشرة تمهيداً لعمليات الفرز والتدريج والنقل والتخزين اللاحقة، إذ تساهم هذه العملية في تحقيق ما يأتي: تقلل من معدل التنفس ومن توليد الحرارة التي تؤدي إلى تلف المواد الزراعية، وتقلل من تشكل الايتلين الذي يؤثر في سرعة إنضاج الثمار وفي القوام والإصابات الفطرية، ويؤدي إلى تلوين الأوراق بلون أصفر مثل الملفوف والقرنبيط.

بينت دراسة (shewfelt, 1990) أن العنب والخس والفريز تُبرد خلال مدة لا تزيد على 3 ساعات بعد قطافها. أما المنتجات الأقل حساسية للعطب مثل التفاح والبندورة والمشمش والمانغو فيجب تبريدها خلال مدة 24 ساعة بعد قطافها، وتقل الحاجة لتبريد المنتجات الأخرى مثل البطاطا والحمضيات والبصل والثوم .

2-3- تأثير التبريد الأولي أو المبدئي في الصفات النوعية لثمار التفاح المخزنة:

التبريد الأولي هو واحد من أهم الإجراءات المستخدمة للحفاظ على جودة الثمار والخضار بعد الحصاد وقبل التخزين أو الشحن، وإن اختيار طريقة التبريد السريع (الأولي) المناسب للمنتج يعتمد على عوامل عدة، مثل مدى ملائمة طريقة التبريد لمنتج معين، ودرجة الحرارة المناسبة للمنتج، ومعدل التبريد والتكلفة وغيرها من الأمور (Watkinse et al., 2004).

وتختلف مدد التبريد من بضع دقائق حتى عدة ساعات؛ وذلك بحسب المنتجات المراد تبريدها (1985, Liu)، يلزم أحياناً عدة أسابيع للوصول بالثمار إلى درجة حرارة التخزين الملائمة لها؛ وهنا تظهر فعالية التبريد السريع الذي من شأنه أن يُخفّض أكبر قدر ممكن من حرارة الحقل ومن ثم التخزين بالمبردات على درجة الحرارة اللازمة بحسب النوع والصنف (Eugene, 1986).

يُبرّد التفاح إلى حرارة لب تصل حتى (40 فهرنهايت) في 3 أو 4 أيام ويختلف ذلك بحسب المخازن التي تختلف بظروف التبريد القادرة على توفيرها (Eugene, 1986).

تختلف أصناف التفاح بالإجراءات المتخذة لتبريدها إذ تتفاوت درجات الحرارة الأساسية اللازمة للتبريد من (32 إلى 40 فهرنهايت) ما يعادل (0 إلى 4 درجات مئوية) تقريباً التي تؤدي للوصول إلى حرارة لب تعادل (40 فهرنهايت) على عمق (1/2) بوصة أي (1,27) سم من الثمرة؛ وذلك بالتطبيق مدة من (3-7-

14-28) يوماً (Eugene, 1986). وبالنسبة إلى الصنف المدروس غولدن ديليشس فاتباع طرائق التبريد الأولى المختلفة يمكن تمديد موسم تخزينها حتى 7 أشهر (Eugene, 1986)، وإن القاعدة الذهبية في معاملات ما بعد الحصاد هي (برد السلعة بسرعة، وحافظ عليها مبردة) إذ إن التبريد هو أهم تقنية تحافظ على جودة الحاصلات البستانية، ودرجات الحرارة العالية هي السبب الرئيس في تدهور هذه الحاصلات وزيادة الفاقد منها.

ومع أهمية هذه العملية إلا أن كثيراً من المزارعين يتجاهلون، وتتضمن عملية التبريد الأولى الإزالة السريعة لحرارة المحصول قبل الشحن أو التخزين، وهذه الحرارة تعرف بحرارة الحقل الكامنة، ومن ثم فإن هذا الإجراء يساعد على اختصار مدة الزمنية اللازمة للوصول إلى درجة الحرارة التي تخزن عليها الثمار (2003 Fricke and Becker).

إن تخفيض الفقد بعد القطف أثناء التخزين، وتلبية متطلبات السوق من المنتجات البستانية المعرضة للتلف، ومن ثم حفظها بالحالة الطازجة له أهمية كبيرة (2003 Fricke and Becker)، والتبريد الأولى السريع للمنتجات الزراعية بعد القطف (ولاسيما تلك التي تملك معدلات عالية للتنفس _ أو نسبة سطح وحجم كبيرين) يخفض من معدل الفقد، ويطيل من عمر الثمار بعد التخزين (1995 Reina et al.).

يهدف التبريد الأولى إلى إزالة حرارة الحقل من الثمار الطازجة المقطوفة، وتقليل فعالية الأحياء الدقيقة ونشاطها ومن معدلات التنفس، وفضلاً عن ذلك فإن النشاط التنفسي وإنتاج الإيثيلين يتوقفان على درجة الحرارة، ويسبب معاملات التبريد الأولى فإن النشاط الاستقلابي ومعدل التنفس وإنتاج الإيثيلين في الثمار سوف ينقص إلى حد كبير، هذا أيضاً يخفض من معدل النضج ويقلل من خسارة الماء وفقدانه وهكذا يساعد على الحفاظ على النوعية ويطيل حياة الثمار بعد التخزين (1994 Ferreira et al.).

إن عملية إزالة الحرارة من المنتج الطازج يمكن أن تتحقق بطرائق مختلفة ومتعددة، مثل: التبريد بالهواء الطبيعي، والتبريد بالهواء المضغوط، والتبريد بالماء، والتبريد بالجليد، والتبريد بالتفريغ، (2000 Ryall and Pentzer).

تختلف الطرائق عن بعضها في كفاءة إزاحة الحرارة، وفي كلفة العملية ويعدُّ التبريد الأولي المائي أقل تكلفة وأكثر كفاءة (فاعلية) من التبريد بالهواء المضغوط؛ لأنَّ التبريد المائي يزيل حرارة الحقل من المنتج ويكون أسرع ب 5-10 مرات من التبريد بالهواء المضغوط (Ferreira et al., 1994).

2-4- فوائد التبريد الأولي:

- 1-تقليل معدل التنفس، ومن ثمَّ تقليل التفاعلات الأنزيمية التي تسبب تحلل المواد البكتينية.
- 2-الحد من فقدان الماء ومن ثمَّ الحد من الذبول.
- 3-بطء نمو البكتيريا التي تسبب التلف السريع في درجات الحرارة المرتفعة.
- 4-تأخير النضج وتبطينه إذ إنّ درجات الحرارة المرتفعة تسبب إنتاج الإيثيلين الذي يسبب نضج الثمار بسرعة، وربما حتى قبل أن تستهلك. (Kader, 2002).
- 5- بالنسبة إلى المنتجات سريعة التلف مثل الفريز التي يحدث بها التدهور بسرعة كبيرة عند ارتفاع درجات الحرارة فإن كل ساعة تأخير في تبريد الثمار يعادلها خسارة 10% في مدة الصلاحية (Kader, 2002).

2-5- تأثير تأخير التبريد الأولي :

المحاصيل البستانية سريعة التلف مقارنة بالمحاصيل الحقلية، ويعود ذلك لأنها تتميز بخصائص منها الحيوية فهي حية حتى بعد حصادها، وعالية في المحتوى المائي؛ لذلك فهي معرضة للأضرار الميكانيكية ولفقد الماء، ومختلفة جداً في شكلها ومحتواها الكيميائي ووظائف أعضائها وطرائق التعامل معها، وشديدة الحساسية لعوامل متعددة. فالمحاصيل البستانية قبل الحصاد وما تفقده نتيجة لعمليات التنفس وفقد الماء (النتح) يُعوَضُ، إذ تصلها المواد العضوية من الأجزاء الخضرية عن طريق التمثيل الضوئي، أمّا الماء والعناصر الغذائية الأخرى فتصلها من التربة عن طريق امتصاص الجذور، أمّا بعد الحصاد فيستمر فقد المواد المخزونة في المحصول عبر التنفس وفقد الماء عبر النتح، دون وجود وسيلة للتعويض. (الجوخ، 2002).

تقوم المحاصيل البستانية بتخزين المواد المختلفة بكمية تزيد على حاجتها المباشرة، وهذه المواد المخزنة (سكريات، نشاء، بروتينات، وغيرها) تكفي لبقائها حية مدة معينة بعد القطف؛ وعلى ذلك فإن الهدف الرئيس لتقنية ما بعد الحصاد هو توفير الظروف المناسبة للحاصلات البستانية بعد القطف للحفاظ على

المواد المخزونة فيها (الجوخ، 2002)، لذلك لوحظ أنَّ تأخير التبريد الأولي للحاصلات البستانية سيجعلها معرضة لتغيرات كيميائية مستمرة بعد الحصاد، وهذه التغيرات لا يمكن إيقافها ولكن يمكن إبطاؤها؛ ومن تلك التغيرات الكيميائية تحول المواد البكتينية، ولها علاقة مباشرة بصلابة الثمار، وتحول النشاء إلى سكر، وفقد الكلوروفيل (Song, 2000).

كما أنَّ هذه الحاصلات تكون عرضةً للعديد من التفاعلات الحيوية التي تسبب تلفاً للثمار بعد الحصاد؛ مثل التفاعلات الأنزيمية التي تنتج عنها رائحة غير مرغوب بها، أو تلوين غير مرغوب به، أو زيادة طراوة الثمار؛ فضلاً عن فقدان القيمة الغذائية للثمار بعد الحصاد (Will et al., 1998).

يسبب فقد الماء عن طريق عملية النتح تدهوراً في جودة الحاصلات البستانية في أثناء التداول والتخزين، فهو يؤثر في فقد المظهر، وفقد القوام، وفقد الإحساس الهش للأنسجة، وفقد القيمة الغذائية، وفقد الوزن، وزيادة الحساسية للأضرار الفيزيولوجية والمرضية، وتعني عملية النتح فقد الرطوبة من المنتج من خلال البخر والانتشار؛ ويعدُّ النتح في الخضار والفواكه عملية انتقال للمادة بحيث يتحرك بخار الماء من سطح المنتج إلى الوسط المحيط من خلال قنوات موجودة داخل المادة؛ تؤدي هذه العملية بشكل مباشر إلى ذبول المنتج والتأثير في جودة المادة أو المنتج والكرمشة، وتغيرات في قوام المادة (عبود، 2011).

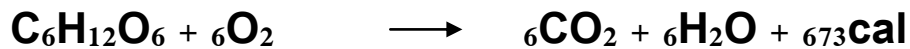
كما أنَّ عملية الهدم والبناء تتكسر من خلالها المركبات العضوية إلى عناصرها الأولية، وتفرز الطاقة المختزنة على شكل طاقة حرارية؛ لأنَّ كمية الحرارة الحيوية الناتجة من تلك الحاصلات تتوقف على معدل تنفسها، وأنَّ جزءاً مهماً من القيمة الغذائية يفقد عن طريق استهلاك المكونات المختلفة في التنفس، وفقد المواد المخزونة ويتولد بفعل الحرارة غاز الإيثيلين الذي يسبب نضجاً مبكراً للفاكهة، فقد الصلابة، سرعة فقدان الكلوروفيل (اللون الأخضر)، وزيادة معدل التنفس، وتليف الثمار البستانية بعد حصادها، وظهور الأضرار الفسيولوجية (Schulz, 2000).

ويزداد إنتاج الإيثيلين كلما اتجهت الثمار نحو اكتمال النمو والنضج، وعند الإصابة بالأمراض والحشرات (Abeles et al., 1992).

أجريت دراسة من قبل (Bachmann and Earles, 2005) ولوحظ أنَّ استخدام طرائق التبريد الأولى التي تؤدي إلى إبطاء الشيخوخة، وعملية الإنضاج تطيل من العمر التسويقي لتلك المحاصيل.

التخزين الجيد يساعد على انسياب المحاصيل البستانية وتوافرها مدة أطول خلال العام، وهذا ما أشار إليه (Fernando, 2006) من خلال متطلبات تخزين ثمار الفاكهة، بأنه يجب مراعاة القيام بعملية التبريد الأولي pre – cooling قبل إدخال المواد إلى البراد، ويجري العمل على تخفيض درجة الحرارة تدريجياً وصولاً إلى حرارة التخزين الدائمة، وقد يؤدي تأخير عملية التبريد الأولي عدة ساعات لبعض المنتجات الزراعية إلى فسادها وتلفها وتسبب التدهور في جودة المواد الزراعية؛ والسبب يعود لبقاء عملية التنفس عند مستويات عالية جداً؛ ممَّا يؤدي إلى استهلاك السكر والفيتامينات ومكونات أخرى، وزيادة فقد الرطوبة ومن ثمَّ فقد الوزن.

أشارت دراسة (Bachmann and Earles, 2005) إلى أنَّ التنفس يعتبر من أكثر العمليات الكيميائية أهمية للمنتج بعد الحصاد، والتنفس عبارة عن تفاعل كيميائي حيث تتأكسد الهيدروكربونات (سكريات) في أنسجة المنتجات بواسطة الأكسجين من الوسط المحيط لإنتاج مواد متحللة التي يتبعها التحول إلى غاز ثاني أكسيد الكربون، كما هو مبين في المعادلة الآتية :



يرافق هذه العملية إطلاق حرارة، ومع زيادة سرعة التفاعل تزداد كمية الحرارة المنطلقة ؛ لذلك لا بدَّ من إزالة هذه الحرارة وثاني أكسيد الكربون، ويزداد معدل التنفس من ضعفين إلى ثلاثة أضعاف عند كل زيادة مقدارها 10 درجات مئوية (الجدول 1)، ويتولد بفعل الحرارة غاز الايثيلين الذي يسبب نضجا " مبكرا" للفاكهة أو شيخوخة بعض النباتات؛ لذلك فإنَّ عمليات التبريد الأولى و التهوية تقلل بشكل كبير من تولد هذا الغاز (Bachmann and Earles, 2005).

الجدول (1) كمية الحرارة المتولدة من الثمار جول / كغ. ساعة عندما تكون بدرجات حرارة مختلفة

درجة حرارة الوسط المحيط درجة مئوية				
المادة	0	5	15	20
تفاح	24	78 - 53	329 - 145	373 - 179
مشمش	40	402 - 78	732 - 402	1330 - 640
جزر	218 - 112	281 - 136	572 - 276	1010 - 489
قرنبيط	204 - 174	233 - 204	532 - 455	1490 - 869

(Gast and Flores, 2006)

كما أنَّ غاز الايثيلين، وهو من أهم الغازات أو العوامل التي تؤدي إلى تدهور الثمار مروراً بمرحلة النضج حتى الوصول إلى مرحلة الشيخوخة من ثم موت الخلايا وظهور الصفات غير المرغوب بها.

غاز الايثيلين هو من أبسط المركبات العضوية في تكوينه C_2H_6 ، وهو عامل التدهور الداخلي، ويؤدي إلى التدهور ولو كان بنسبة بسيطة 0.1 جزءاً في المليون، ويعرف بأنه هرمون النضج الطبيعي للثمار، وهو هرمون الشيخوخة، وهو يُخلق طبيعياً في الثمار بحسب العمر الفسيولوجي للنبات أو الثمرة والظروف البيئية المحيطة (Abeles et al., 1992)، فضلاً عن وجود أنواع منتجة وحساسة للإيثيلين (الجدول 2).

جدول (2) الأنواع المنتجة للإيثيلين (p) والحساسة للإيثيلين (s) والرائحة (+)

التفاح p	الاجاص p	الخوخ p	موز p	دراق p	مشمش p	جزر s
ملفوف s	زهرة القرنبيط s	باننجان s	بطاطا +	بندورة p-s	بصل +	خيار s

(Gast and Flores, 2006)

كما تبيّنت أنَّ الأعراض التي يسببها الايثيلين للثمار البستانية وهي سرعة اندفاع الثمار البستانية للشيخوخة - وقصر العمر الفسيولوجي والتخزيني - وفقد الصلابة - وسرعة فقدان الكلورفيل (اللون الأخضر) في المحاصيل الورقية والثمار الخضرية - وزيادة معدل التنفس - وتليف الثمار البستانية بعد حصادها وظهور الأضرار الفسيولوجية، ويلاحظ أنَّ إنتاج الايثيلين يزيد في حرارة الجو المحيط من 20 إلى

25 درجة مئوية (الجدول 3)، ويزيد إنتاج الإيثيلين كلما اتجهت الثمار نحو اكتمال النمو والنضج، وعند الإصابة بالأمراض والحشرات.

جدول (3) معدلات إنتاج الإيثيلين للتفاح Rates of Ethylene Production

درجة الحرارة °م	°م0	°م5	°م10	°م20
مايكرو ليتر/ كجم * ساعة	10-1	25-2	60-5	150-20

(Elizabeth et al., 2000)

وقد أشار (Rij, 2004) إلى أن التلف ينتج عن فعاليات فسيولوجية في الثمار بعد الحصاد مثل التنفس والنضج يؤديان إلى فقدان الوزن وإنتاج حرارة حيوية تزيد من سرعة التلف، وزيادة سرعة نضج الثمار يزيد أيضاً من التلف، فمثلاً هناك الذبول الذي يعد أحد الأمراض الفسيولوجية، فمن السهل لثمار التفاح جلدن ديليشس أن تفقد جزءاً من الماء الموجود بأنسجتها إلى الجو المحيط، وقد تصل نسبة فقدان الوزن نتيجة فقدان الماء بدرجات الحرارة العالية بين 3 إلى 6 % وإنتاج كمية من غاز ثاني أوكسيد الكربون بدرجات حرارة مختلفة (الجدول 4)

جدول (4) معدلات التنفس للتفاح Rates of Respiration

درجة الحرارة	°م0	°م5	°م10	°م20
CO2 (مل/كجم * ساعة)	6-3	8-4	12-7	30-15

(Elizabeth et al., 2000)

التبريد السريع وتخزين الثمار في بطانات بلاستيكية داخل صناديق واستخدام أجهزة التبريد الجيدة يساعد على التقليل من هذه الظاهرة، الأضرار الميكانيكية وتعد أيضاً من أهم عوامل التدهور في المحاصيل البستانية فهي تؤدي أيضاً إلى ارتفاع معدلات التنفس، وإنتاج غاز الإيثيلين، وفقد الماء، وتغير لون الجزء المصاب، وارتفاع معدل الإصابة المرضية، ومن ثم يمكن التغلب على المشكلات السابقة تغلباً سريعاً وعملياً باستخدام تقنية التبريد الأولي pre-cooling (Smith, 1982).

2-6- تأثير طرائق انتقال الحرارة:

انتقال الحرارة هي انتقال للطاقة نتيجة للفرق في درجات الحرارة، فأينما يظهر الفرق في درجات الحرارة في وسط معين أو بين وسطين يجب أن يظهر انتقال للحرارة، وهي حركة الطاقة الحرارية من مكان إلى مكان آخر، أو بين جسم ووسط تبريد، وهي ظاهرة نقل الطاقة الحرارية، أو تحركات الطاقة من مكان ذي درجة حرارة أعلى إلى مكان ذي درجة الحرارة الأقل للمكان. (Dincer, 1996)

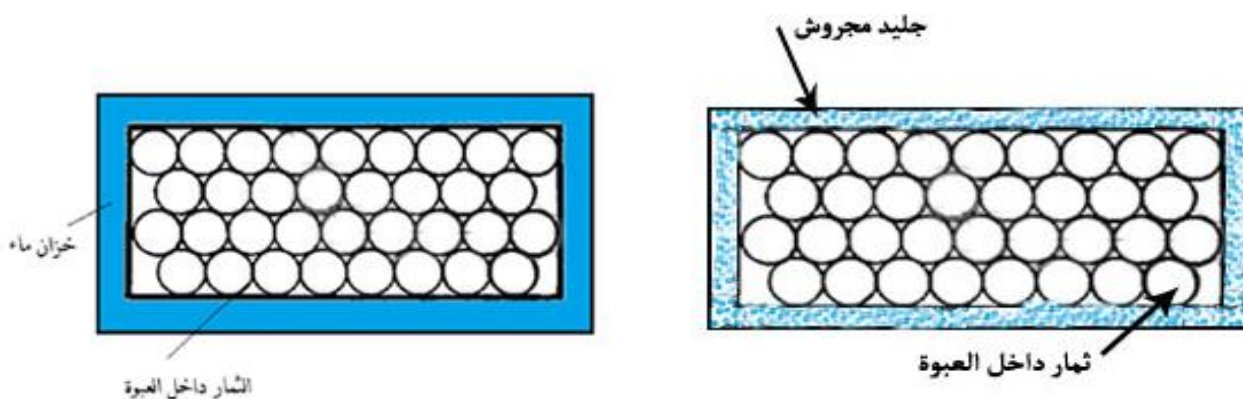
يعتمد معدل انتقال الحرارة على التباين أو الاختلاف الكبير في درجات الحرارة لأنظمة تبريد المنتج، وتعتمد على نقل حرارة المنتج إلى وسيط التبريد بواسطة الحمل الحراري أو التوصيل أو الإشعاع. (Dincer, 1996).

طرائق انتقال الحرارة مهمة في التبريد الأولي للمنتج ابتداءً من درجة حرارة المنتج عند الحصاد حتى انخفاض حرارة المنتج لتكون قريبةً من درجة حرارة التخزين الدائمة، ومن ثمَّ لابدَّ من فهم طرائق انتقال الحرارة لكل منتج، وفهم أساليب انتقالها؛ لأن أسلوب انتقال الحرارة لا يؤثر فقط في معدل إزالة الحرارة بل يحدد المنتجات التي تتوافق مع هذه الطرائق؛ فمثلاً هناك بعض المنتجات لن تحصل على الرطوبة المثالية ولا يمكن تحملها للتلف، فبعض المنتجات يناسبها تحمل الهواء فقط وهكذا؛ لذلك لابدَّ من إتباع طرائق وأساليب مختلفة في إزالة الحرارة أو انتقال حرارة المنتج؛ وذلك بالارتباط مع أنظمة التبريد الأولي للمنتجات كي تسمح بتحقيق انخفاض الحرارة ونقلها وتسويق المنتج إلى المستهلك بأعلى جودة (Hardenburg et al., 1986)

2-6-1- التوصيل الحراري:

وفقاً لدراسة (Dincer, 1996) هو انتقال الحرارة من الجزيئات الأكثر نشاطاً إلى الجزيئات الأقل نشاطاً لمادة معينة نتيجة تفاعل فيزيائي بين جزيئاتها، إذ إنّ للجزيئات حركة انتقالية عشوائية وحركة دورانية واهتزازية وتعتمد على نقل الحرارة أو الطاقة الحرارية بين الجزيئات المجاورة في كائن أو بين جزيئات في الأجسام المجاورة، أي إنّها لا تعتمد على الحركة الإجمالية للجسم، وإنما يعتمد معدل انتقال الحرارة بالتوصيل على توضع الثمار بشكل موحد وعلى نسق أو مسار واحد.

فكلما زادت مسافة التوصيل بين الثمار قلَّ معدل انتقال الحرارة بالتوصيل، وفي حال زيادة سماكة الخزان أو الحوض يقل معدل انتقال الحرارة بالتوصيل، وفي حال تماس الثمار في غرفة مليئة بوسيط التبريد ثلج (الشكل 1) أو ماء (الشكل 2) فإنَّ حركة حرارة التوصيل يجب أن تتبع مسار انتقال الحرارة من ثمرة إلى ثمرة من خلال نقاط الاتصال بين الثمار إلى أن تصل الحرارة إلى سطح الحوض، ففي حال المسارات الكبيرة والحوض كبير فإنها تعيق انتقال الحرارة، وفي حال المسارات القصيرة والحوض صغير فهي الوسيلة الوحيدة لإزالة الحرارة وتعتمد على مساحة اتصال وسيط التبريد بالسطح الخارجي للثمرة (Hardenburg et al., 1986).



الشكل (2) تقنية تبريد الثمار بالتوصيل المائي

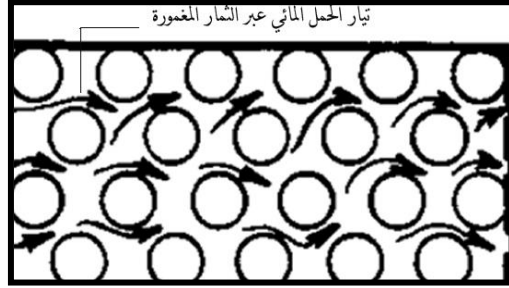
الشكل (1) تقنية تبريد الثمار بالتوصيل الثلجي

2-6-2- الحمل الحراري :

وفقاً لدراسة (Dincer, 1996) هو انتقال للحرارة يحدث بين سطح ومائع متحرك، أوبين سطحين بوجود وسط بينهما، أو انتقال للحرارة من مكان إلى آخر من خلال السوائل أو الغازات، وذلك بحركة جزيئات مادة الوسط من مكان إلى آخر، على نقيض حركة جزيئات المادة الصلبة خلال عملية التوصيل الحراري التي لا تتضمن حركة الجزيئات من مكان إلى آخر، أي إنَّ الحرارة تنتقل من جزيء إلى آخر بالتصادم (الشكل 3).

تعدُّ طريقة الحمل الحراري أساس انتقال الحرارة في الأجسام المائعة، أي انتقال المادة (غاز أو سائل) من منطقة ذات درجة حرارة عالية إلى المنطقة ذات درجة حرارة أقل؛ يولد تيار يسمى بتيار الحمل الذي

يعرّف بأنه كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة من قبل السطح الملامس للغاز أو السائل خلال وحدة زمن.
(Hardenburg et al., 1986).



الشكل (3) تقنية التبريد الأولي بالحمل المائي للشمار

2-7- طرائق التبريد الأولي :

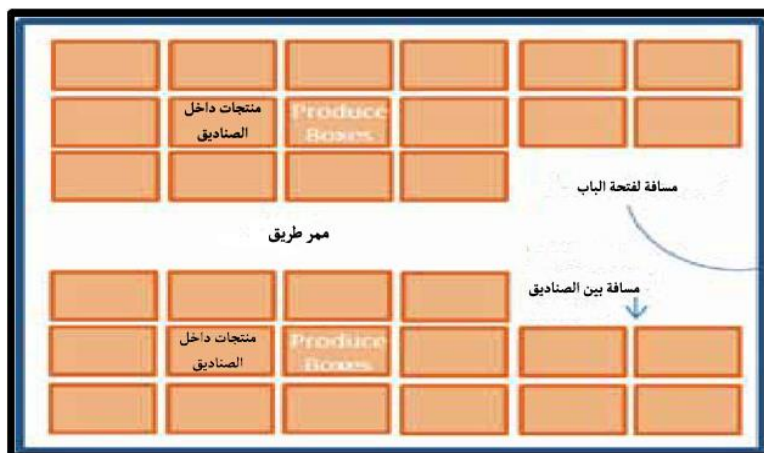
تستعمل عدة طرائق للتبريد الأولي تختلف بحسب الأنواع المراد تخزينها منها التبريد بغرف التبريد العادية، والتبريد بالهواء القسري، والتبريد بالماء، والتبريد بالتبخير والتفريغ، والتبريد بالثلج المجروش.
(Thompson, 2009)

2-7-1- التبريد في غرف باردة:

يوضع المحصول ضمن صناديق في غرف باردة، بحيث تكون سرعة الهواء زهاء 60 متراً/دقيقة، تعدّ هذه الطريقة بسيطة لا تشكل عبئاً كبيراً على آلة التبريد، لكن يعاب عليها أنها بطيئة وتحتاج وقتاً كبيراً، تستعمل هذه الطريقة لتبريد التفاح والشمش، وتخفض الحرارة بهذه الطريقة بشكل بطيء وتدرجي، وتكون الحرارة بين 10-13 درجة مئوية، وتحتاج إلى زمن تبريد أطول مقارنة بطرائق التبريد الأخرى، ويمكن أن تجري عملية التبريد الأولي داخل شاحنات النقل، إذ يجب ترك مسافات بين الصناديق داخل غرف التبريد وذلك لزيادة سرعة تبريد المحصول وتكفي مسافة 2.5 سم لتسهيل مرور الهواء المبرد حول العبوات الفردية للمحصول، ويُبزّد المحصول المعبأ في عبوات ذات فتحات تهوية أسرع مما هو معبأ في صناديق ليس بها فتحات تهوية.

ففي كثير من الغرف المبردة الصغيرة يوضع المحصول فيها بطريقة متلاصقة لا يمكن معها إجراء التبريد، ومع ارتفاع تكاليف تشغيل نظام التبريد فإنّ درجة حرارة المحصول لا يمكن خفضها إلى الدرجة

الموصى بها، ومن ثمَّ لابدَّ من أن تكون المسافات بين الصناديق داخل غرف التبريد ضيقة، وتوضع مراوح بشكل يؤدي إلى تحريك الهواء داخل الغرفة، وعلى السطوح من خلال أي مسافات مفتوحة (الشكل 4).

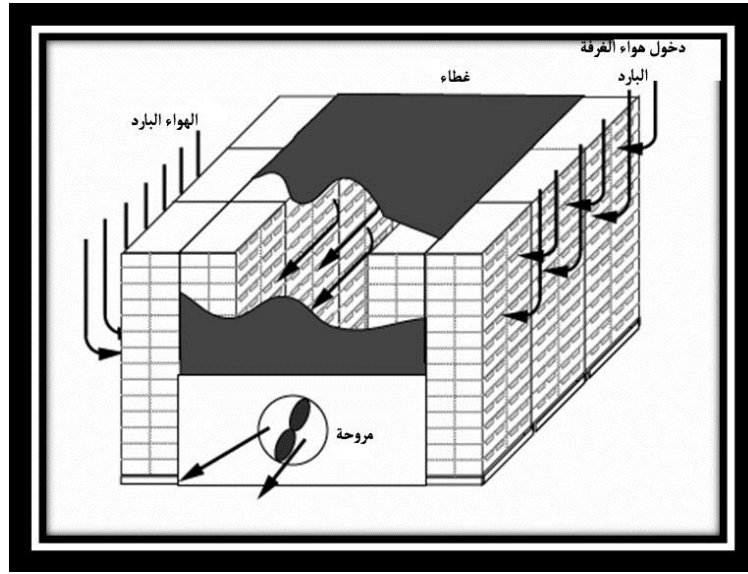


الشكل (4) مسقط أفقي لغرفة التبريد

Top View – Room Cooler (Kitinoja and Gorny, 1999)

2-7-2-التبريد بسحب (دفع) الهواء البارد:

تعتمد على وضع المحصول في صناديق تحوي فراغات هوائية، وتُرتَّبُ في صفوف متوازية، ونعمل على إحداث خلخلة للهواء الموجود بين صفوف الصناديق باستعمال مراوح ضخمة تقوم بعملية سحب الهواء أو دفعه من مصدر التبريد باتجاه عبوات التخزين، مما يزيد من معدل التبريد الذي يعتمد على درجة حرارة الهواء، وعلى معدل تدفق هواء التبريد، مما يؤدي إلى تحريك الهواء المار حول الثمار، وعند ملامسة الهواء البارد لسطح الثمار سيخفض من حرارتها، ويعمل على تبريدها، عادة ما تكون سرعة الهواء حول الثمار زهاء 200-400 متر/دقيقة، من مساوئها أن ملامسة الهواء بقوة للثمار يزيد من شدة النتج، ومن ثمَّ يزيد من سرعة ذبول المحاصيل، لذا يُرطَّبُ الهواء المستخدم، وتعدُّ هذه الطريقة أسرع من الطريقة الأولى، وتستعمل للملفوف والعنب، وتزوَّدُ المراوح المستخدمة بحساسات لوقف المراوح وتشغيلها عند الضرورة (الشكل 5).



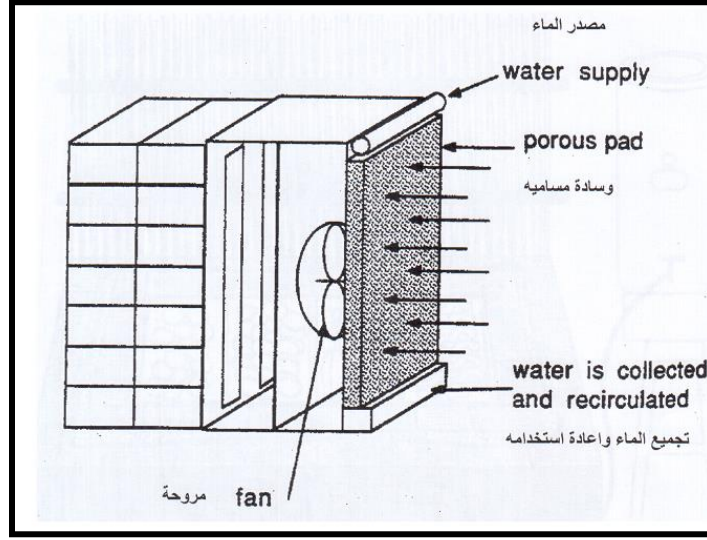
الشكل (5) شكل تخطيطي لنفق التبريد بدفع الهواء البارد القسري
a tunnel-type forced-air cooler. (Parsons and Kasmire, 2006).

2-7-3- التبريد بالتفريغ:

تعدُّ طريقة فعالة على الأجزاء التي تتميز بسطح كبير بالنسبة إلى الحجم التي يصعب تبريدها بطريقة الهواء القسري والتبريد المائي، وتطبق على عدد واسع من المنتجات مثل الملفوف الصيني و الكراث و الكرفس وغيرها من المحاصيل، تُوضَعُ المنتجات المراد تبريدها داخل اسطوانة كبيرة، وتُفَرَّغُ من الهواء ومن ثمَّ تتاح الفرصة لتبخّر الماء بشكل سريع من الثمار، وتُخَفِّضُ درجة حرارتها؛ وهي طريقة سريعة لكن يعاب عليها الكمية الكبيرة التي ستفقد من ماء المنتج، ويتم التغلب على ذلك برش المحاصيل بالماء قبل أن تُدخَلَ إلى جهاز التفريغ، فضلاً عن أنَّها طريقة مكلفة ولا تصلح لأنواع الثمار كلها، ولاسيّما التي تتميز بقشرة سمكية تمنع خروج الماء منها، مثل التفاح، لكنها تعدُّ فعالة على المحاصيل الورقية (KMUTT, 2007).

2-7-4- التبريد بالتبخير:

يمكن تصميم مبرد بالتبخير لتبريد مجموعة عبوات أو مخزن كامل من المحصول، وتتاسب هذه المبردات المناطق قليلة الرطوبة حيث درجة التبريد ستكون محددة في حدود 1-2 درجة مئوية، وتستخدم وسادة تبريد من ألياف خشبية، أو قش مبلى، ويُسحبُ الهواء من خلال هذه الوسادة باستخدام مروحة صغيرة. ويمكن دمج وحدة التبريد بالتبخير مع التبريد بدفع الهواء من أجل الكميات الصغيرة من المحصول، إذ يُبرَّدُ الهواء بمروره خلال الوسادة المبتلة، ثم يمر بعد ذلك حول العبوة وخلال المحصول. (الشكل 6)



الشكل (6) تصميم التبريد بالتبخير
(Thompson and Kasmire, 1992)

2-7-5-التبريد المائي:

هي طريقة تعتمد على وضع المحصول في أوعية تحوي على ماء بارد؛ من عيوبها الحاجة إلى تبريد الماء باستمرار، كما أنها لا تستعمل في تبريد المنتجات التي يجب ألا تكون على تماس مباشر مع الماء مثل البصل والملفوف والخس؛ لأن الماء يدخل إلى داخل الأوراق مؤدياً إلى ارتفاع الرطوبة مسبباً من ثمّ أمراضاً فطرية كالعفن الأسود، ويمكن تفادي هذا الضرر عن طريق إضافة المبيدات الفطرية إلى الثمار أو الكلور إلى الماء، للتخلص من الكائنات الدقيقة وللسيطرة على العامل المسبب للعفن (Thompson, 2009). أشارت الدراسات (Thompson et al., 2006) إلى أنّ مبدأ التبريد بالماء وسيلة سريعة وفعّالة ولاسيّما تبريد المنتجات، وهذا النظام يُبرّد بسرعة وفعالية خلافاً لتبريد الهواء، وهذه الطريقة تعتمد بشكل عام على تبريد المياه وتعريض المنتجات أو السلع لتصبح على اتصال مباشر مع المياه المبردة (الشكل 7).



الشكل (7) طريقة التبريد الأولي بالغمر المائي

وتتحرك هذه المياه وتتخلل الفراغات الموجودة بين السلع، وتتطلب معظم طرائق التبريد بالماء مضخة تعمل على تحريك الماء المبرد الذي يكون على اتصال مباشر مع المنتجات الحارة أو الدافئة، إذ إنّ المياه المبردة التي تجري حول السلع هذا ما يجعل درجة الحرارة المنتج مساوية لدرجة حرارة المياه المبردة. أمّا المياه الدافئة أو الحارة أو التي ارتفعت درجة حرارتها فتتطلب إعادة تدويرها وإعادة تبريدها. (Thompson et al., 2006).

أشارت الدراسات إلى أنّ طريقة تصميم التبريد المائي (Hydrocooling) يمكن أن تعمل على تبريد الفواكه والخضراوات من 30°م إلى 5°م (kader and rolle, 2004)، وفقاً لعدة شروط، وهي: فيضان الماء وتحريكه بواسطة مضخة، ودرجة حرارة المياه ليست أقل من 1°م، ولا تزيد على 6°م.

أشارت الدراسات إلى أن بعض نظم التبريد المائي التي تستخدم الجليد (التلج) والتي تكون على شكل قطع كبيرة يمكن القيام بسحقها من أجل سهولة تبريد الماء وتنقل هذه الكتل وتضاف بحسب الحاجة إلى خزان المياه، ومع ارتفاع درجة حرارة المياه في أثناء عملية التبريد يضاف جليد بشكل دوري فضلاً عن أن لا بدّ من وجود تصريف صحي مناسب فهو ضروري لمنع العدوى البكتيرية، وقد يؤدي إلى انتشار الأمراض (Thompson, 2009).

تثليج السائل:

هو وسيلة تبريد ممتازة يربط سطح المحصول، وفي هذه العملية يتدفق الماء المتلج على المنتجات ويعمل على إزالة الحرارة بسرعة، إذ تُزال الحرارة أسرع بمقدار 5-10 مرات مقارنة بالتبريد بالهواء (Ferreira et al, 1994).

نظام التبريد المائي قادر على تبريد عدة شحنات من المنتجات الطازجة، ويعمل على إزالة الحرارة بسرعة من المواد الغذائية، وتمديد مدة الصلاحية (Thompson and Kasmire, 1992)، وهذا هو أسلوب التبريد المفضل لأنواع كثيرة من المنتجات القابلة للتلف، ويمكن استخدام طرائق التبريد بالماء المبرد و الثلج المجروش استخداماً فعالاً من قبل المزارعين مع العمليات الصغيرة و الكبيرة على حد سواء، ولوحظ أن المياه المبردة لها تأثير التبريد نفسه في المنتجات من البروكلي والجزر والذرة الحلوة والتفاح والإجاص ... الخ. (kader and rolle, 2004).

ويجب الأخذ بالحسبان أن السلع المراد تبريدها بالماء ربما تكون سائبة (حرة) أو معبأة و مغلقة، وفي حال كانت معبأة ومغلقة يجب أن يُسمح للمياه بتدفق كافٍ أن يمرّ عبرها، وأن تتحمل اتصال المياه بها من دون فقدان قوة التغليف والتعبئة، وإذا كانت صناديق بلاستيكية أو خشبية فهي مناسبة تماماً لاستخدامها في التبريد المائي (wang, 1990).

أشارت دراسة (Will et al., 1998) إلى أن التبريد بالماء له ميزة لأنه يسبب عدم فقدان رطوبة المنتج، ولكن في المقابل هناك طرائق أخرى للتبريد الأولي، مثل التبريد بالتبخير أو بالهواء القسري الذي ربما يؤدي إلى فقدان الرطوبة بشكل كبير والذبول؛ لذلك فهي تقلل من جودة المنتج، وتكون أقل رواجاً للبيع، ولوحظ أن كفاءة الطاقة في التبريد المائي أكبر من الهواء القسري، وتعتمد طريقة التبريد بالماء على وضع مواد زراعية ضمن حوض مائي بارد، ويُغمّر هذا المحصول بعد الحصاد مباشرة، أو بعد تعريضه إلى مرش مائي (الشكل 8) لخفض الحرارة، وفي الوقت نفسه تسهم هذه العملية في التنظيف، وتقلل من فقد الرطوبة وذبول المحصول. (Will et al., 1998).



الشكل (8) طريقة التبريد الأولي بالدوش المائي

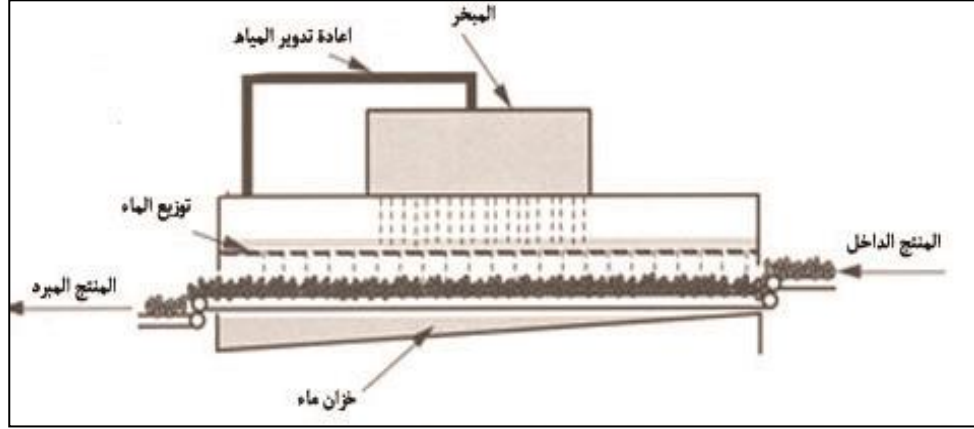
أشارت دراسات (Fernando, 2006) إلى أنَّ هناك العديد من تصاميم نظام التبريد المائي المختلفة في طريقة التبريد والتصميم التي تُستخدمُ بطريقة النقل أو بوضع المنتج، ولكن طرائق المياه كلها يكون فيها اتصال مباشر مع المنتج المراد تبريده وهناك طريقتان للتبريد المائي:

2-7-5-1- الطريقة التقليدية:

تعتمد هذه الطريقة على تعريض السلع أو المنتجات لأبواب من المياه المبردة، أو لمرش مائي، إذ إنّ المرش المائي يتحقق من خلال إدراج أنابيب مثقبة تعمل على فيضان المياه المبردة وتعويمها فوق الحمولة، ويمكن لهذه الطريقة أن تتم باستخدام سيراً ناقلاً في حال وجود تدفق مستمر للسلع وبكميات كبيرة (حمولات كبيرة)، وتوضع المنتجات الحارة أو الدافئة على واحدة من نهاية الناقل وتُزال المنتجات المبردة في النهاية المقابلة (الجهة المقابلة)، ويتطلب كميات كبيرة من المياه لتمريرها عبر المنتجات، إذ إنّ معدل تدفق الماء بالمرش المائي من 6.8←6.13 لتر/ثانية. (Fricke and Becker, 2005).

أجريت دراسة من قبل (Bennett et al., 2000) على ثمار الخوخ، ولوحظ أنَّ استخدام هذه الطريقة أدى إلى إبطاء الشيخوخة وعملية الإنضاج، وأطالت من العمر التسويقي لتلك الثمار، كما أنها ساعدت على توافر المحاصيل البستانية مدة أطول خلال العام وقد توصل إلى زيادة القدرة التخزينية للثمار من خلال الحفاظ على صلابتها ووزنها أطول مدة ممكنة والإقلال من نسبة الفقد في الوزن خلال مدة التخزين. أجريت دراسة أخرى من قبل (Sivakumar and Korsten, 2007) على ثمار صنف الخوخ (سانتاروزا) باستخدام معاملات التبريد الأولى وتبين أنَّ معدل التنفس وإنتاج الإيثيلين في الثمار انخفض انخفاضاً كبيراً، وهذا أيضاً خفض من معدل النضج وقلل من خسارة الماء وفقدانه، وقلل من طراوة الثمار، وهكذا ساعد في الحفاظ على النوعية وإطالة حياة الثمار بعد التخزين.

وبيّنت دراسة (USDA, 2004) أنَّ التبريد المبدئي بالماء Hydro-cooling تبريداً سريعاً ومتجانساً لبعض المحاصيل ومنها التفاح، ويجب أن تكون العبوات في هذه الحالة تتحمل البلل ويجب أن تتحمل العبوة الضرر الناتج عن ضربات ماء من الرشاشات، ويعيب هذه الطريقة عدم صلاحيتها للمواد التي لاتقاوم الرطوبة أو لاتمتصها مثل الثوم والبصل والبطاطا (الشكل9).



الشكل (9) طريقة التبريد الأولي بالمرش المائي (الدوش) عبر سير ناقل

2-5-7-2- طريقة الغمر :

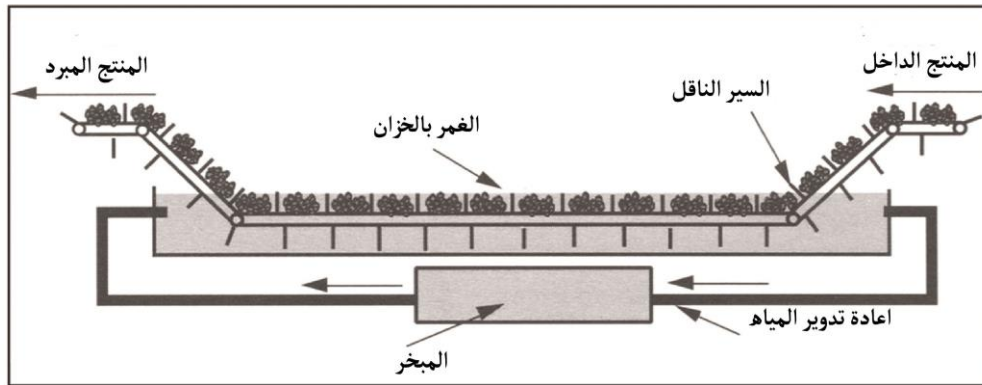
تعتمد هذه الطريقة على وجود خزانات سطحية ضحلة غير عميقة، ضمن هذه الخزانات تتحرك المياه المبردة بواسطة مضخة تحافظ على حركتها، وقد يكون التبريد عبر الثلج المجروش، أو بنظام التبريد بواسطة قسم المبخر، وقد تكون السلع أو المنتجات سائبة أو متوضعة ضمن صناديق، وفي حال كانت الحمولة كبيرة و كان هناك تدفق مستمر من السلع عندها تُحمَّلُ المنتجات عبر سير ناقل على واحدة من نهاية الناقل، وينتقل السير الناقل إلى الطرف الآخر، ومن ثم تُزال هذه المنتجات بعد أن تُبرَّد في النهاية المقابلة (الجهة المقابلة) من السير الناقل، مع العلم أنه عندما ينتقل السير الناقل من طرف إلى طرف آخر يبقى مغموراً على طول الحوض المائي (الخزان)، ومن ثم تميل هذه الطريقة إلى إبقاء المغمور من المنتجات ضمن الأحواض المائية، والماء مايزال ينتج في الأحواض (USDA, 2004).

أظهرت الاختبارات أن معظم التبريد السريع يتم الحصول عليه من خلال غمر المنتجات في خزانات مياه مبردة، والغمر بالماء يقلل من درجة الحرارة المواد بسرعة أكبر بسبب نقل المياه المبردة، وتحيط تماماً بالسطح الخارجي للثمار.

أجريت دراسة من قبل (Fricke and Becker, 2005) على محصول الجزر والإجاص باستخدام معاملات التبريد الأولي (غمر مباشر بالماء) إذ تكمن أهمية الطريقة في أنَّ العمليات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية تتم ببطء شديد في درجات الحرارة المنخفضة، وبعضها يتوقف كلياً، ويعمل تباطؤ العمليات الحيوية للبكتيريا على زيادة المدة الزمنية المسموح بها لحفظ المواد والأغذية مع الاحتفاظ بعناصرها ومكوناتها

الأساسية (الأنزيمات-البكتيريا-الجراثيم) في شروط درجة الحرارة المنخفضة؛ لذلك يجب أن يكون المنتج المعرض لهذه العوامل المؤدية إلى العطب محفوظاً منذ إنتاجه وخلال مدة تخزينه - ومدة نقله حتى استهلاكه ضمن درجة الحرارة المناسبة للمحافظة عليه سليماً وصالحاً للاستعمال، ليس الغرض من الحفظ بالتبريد هو المحافظة على العناصر الغذائية فقط ولكن من حيث الشكل والرائحة.

كما أجريت دراسة من قبل (Bennett et al., 2000) على ثمار صنف الكرز (بوربانك) والخوخ صنف (رين كلود) باستخدام طريقة الغمر بالماء؛ ممّا أدى إلى تقليل التفاعلات الأنزيمية التي تسبب التحلل، ومن ثمّ تقليل معدل التنفس والحد من فقدان الماء، والحد من الذبول وبطء نمو البكتيريا التي تسبب التلف السريع في درجات الحرارة المرتفعة، وتأخير النضج وتبتيئه إذ إنّ درجات الحرارة المرتفعة تسبب إنتاج الايتلين الذي يسبب نضج الثمار بسرعة (الشكل 10).



الشكل (10) طريقة التبريد الأولي بالغمر المباشر بالماء عبر سير ناقل

2-6-7-التبريد بالتلج package ice:

هذه الطريقة شائعة الاستخدام إذ تُضاف طبقة من الثلج المجروش إلى الجزء العلوي من الصناديق، وتُشحن المنتجات فوراً، أو تُضاف كتل الجليد إلى الخزان على الجزء العلوي من المحصول باليد أو بواسطة آلة، وهذا الأسلوب يعمل بشكل جيد مع السلع التي لديها معدل تنفس عالٍ، مثل الذرة الحلوة و القرنييط و الخوخ و..... الخ، وتُستخدم كتل الجليد للقيام بعملية التبريد، وهو أمر ضروري للحفاظ على جودة المنتجات بعد الحصاد مباشرة، ويعمل على إزالة الحرارة بسرعة من المواد الغذائية، وتمديد مدة الصلاحية (الشكل 11).



الشكل (11) طريقة التبريد الأولي بالتلج المباشر

وهذا هو أسلوب التبريد المفضل لأنواع كثيرة من المنتجات القابلة للتلف، ولوحظ أن طرائق التبريد بالماء المبرد و الثلج المجروش يمكن استخدامها استخداماً فعالاً من قبل المزارعين مع العمليات الصغيرة و الكبيرة على حد سواء.

استعمال الجليد أو الثلج المجروش هو أبسط طريقة للتبريد الأولي والأكثر فعالية في حال النقل لمسافات بعيدة (Hardenburg et al., 1986) ويعدُّ هذا الأسلوب كافياً في كثير من الحالات، ولكن يمكن أن يسبب تبريداً متفاوتاً (غير متجانس) للمنتجات إذ إنّ قطع الجليد تبقى في موقع إضافتها إلى أن تنوب وتبدأ بالسيلان، وهي أيضاً عملية بطيئة مقارنة بالحمل المائي (De Castro et al., 2004)، وتحتاج إلى يد عاملة كثيرة، إذ يجب فتح كل صندوق لإضافة الثلج، وتُسحق كتل من الجليد من مصنع الثلج التجاري(الشكل12).



الشكل (12) مصنع تجاري لصناعة قطع الجليد الخاصة بالتبريد الأولي

ويجب أن يكون مصدر الثلج موثقاً وأن يكون الجليد متاح بتكلفة معقولة؛ مما يتطلب بعض الوقت لاتمام عملية التبريد، ويجب الأخذ بالحسبان تكلفة رأس المال من التبريد الأولي من هذا النوع فهو جزء لا يتجزأ في التبريد، وربما يكون المفضل من قبل المزارعين مع كمية محددة من المنتجات أو خلال موسم تبريد

قصير؛ ومع ذلك يجب إجراء مقارنة اقتصادية دقيقة والنظر في تكلفة الجليد لاستخدامه في نظام التبريد الأولي.

أُجريت دراسة من قبل 1992 (Boyette et al.) باستعمال معاملة التبريد الأولي بواسطة الثلج package icing على المحاصيل الزراعية، ومنها الجزر حيث يستخدم بوضع الثلج على المحصول ويقوم بتبريد المحصول عند ذوبانه فقط؛ ولذلك فإنّ التهوية الجيدة ضرورية لضمان كفاءة التبريد بهذه الطريقة، وأنّ الثلج المجروش يمكن أن يضاف مباشرة لتبريد المحصول ويوفر رطوبة نسبية عالية حولها. ويستخدم الثلج في حالة تحمل المحصول للبل بالماء، وعدم حساسية المحصول لأضرار التبريد (جزر - ذرة سكرية - خس.. الخ) مع تحمل العبوة نفسها للبل (كرتون مشمع، خشب، بلاستيك) (Dincer, 1995).

أُجريت دراسة أخرى من قبل (KMUTT, 2007) على محصول الذرة السكرية باستخدام معاملات التبريد الأولي (غمر مباشر بالثلج)، ولوحظ أنّ استخدام هذه الطريقة تؤدي إلى إبطاء الشيخوخة وعملية الإنضاج وتطيل من العمر التسويقي لتلك الثمار، كما أنّ التخزين الجيد يساعد على انسياب المحاصيل البستانية وتوافرها مدة أطول خلال العام.

وقد توصل إلى زيادة القدرة التخزينية للثمار من خلال الحفاظ على صلابتها ووزنها أطول مدة ممكنة، والإقلال من نسبة الفقد في الوزن خلال التخزين .

2-8- الخصائص التخزينية للثمار

تتوقف جودة الثمار قابليتها على تحملها التخزين مدة طويلة وعلى موعد قطافها إذ يؤدي موعد القطاف دوراً كبيراً في تحديد القدرة التخزينية للثمار، وتُقطف الثمار عادةً عند اكتمال نموها في مرحلة نضج القطاف إذ يكون قد اكتمل فيها تراكم المواد الغذائية، ولكن صفات الجودة مثل الطعم والنكهة ونسبة السكر لم تكتمل بعد.

ويمكن أن تستمر في النضج دون نقص ظاهري في جودتها، وهذا ما يطلق عليه ظاهرة Climacteric حيث تصل ثمار التفاح إلى النضج الاستهلاكي بعد مدة من الزمن في أثناء النقل أو التخزين، ويمكن أن تُصاب الثمار المقطوفة وهي غير ناضجة نوعاً ما (مرحلة ما قبل النضج) في المخزن بالذبول بشكل أسرع من الثمار المقطوفة في موعدها الصحيح، وإنّ موعد قطاف ثمار صنف التفاح Golden delicious

المزروع في فرنسا يبدأ عند تلون (75-100%) من سطح بذوره باللون البني (يونس، 1993)، وتعدّ درجة نضج الثمار عند قطافها من أهم العوامل المؤثرة في نوعية الثمار وتركيبها الكيميائي ومدة تخزينها (الوزير، 2008).

يؤدي جني الثمار قبل نضجها إلى إصابتها بعدد من الأمراض في أثناء تخزينها، فمثلاً تتعرض الثمار المخزنة والمقطوفة قبل اكتمال نموها إلى مرض عدم النضج الناتج عن انخفاض درجة الحرارة عن درجة الحرارة المطلوبة (المناسبة) التي تؤدي إلى عدم تكوين بعض المواد المتطايرة كالايتلين، كما أن ثمار التفاح الأخضر أكثر عرضة للإصابة بمرض الانسلاق في أثناء التخزين من التفاح القريب إلى درجة النضج (حموي وآخرون، 1999).

ويُعد عمر الثمرة من الإزهار الكامل وحتى اكتمال النمو الدليل الأكثر ثباتاً في تحديد موعد القطاف، فالصنف Golden delicious يحتاج 135-150 يوماً (كردوش وسحار، 1991)، ويُعدّ التذكير في قطف الثمار من العوامل الأساسية التي تساعد على ظهور مرض النقرة المرة، ومن الإجراءات المتبعة للحد من ظهورها قطف الثمار في الموعد المناسب، وتخزينها في ظروف مناسبة (حداد وآخرون، 2002)، كما أن بعض الأصناف مثل Starking delicious لا يؤثر موعد الجني في صلابته ثماره. (DeEll et al., 1999).

2-9- تأثير ظروف التخزين في الصفات النوعية للثمار:

تحدث عادةً تغيرات للحموضة سواء على الشجرة الأم أو بعد القطاف أو في المخزن، وقد لوحظ في ثمار الصنف Golden delicious أن حمض الأسكوربيك يوجد في قشرة ولحم الثمار ولبها قبل التخزين، في حين يوجد بعد التخزين في اللحم ولب الثمار فقط (Felicetti et al., 2008).

كما أنّ وجود الايتلين في المخازن يزيد من طراوة الثمار وحساسيتها للأضرار الفيزيولوجية، ومن ثمّ فإن منع وجود الايتلين في المخازن يساعد الثمار في المحافظة على صلابتها، والحد من الأضرار الفيزيولوجية (Liu, 1985)، كما يمكن أن يحدث إنتاج الايتلين في الثمار وهي على الشجرة، ولكن بصورة أكبر بعد القطاف وبشكل تلقائي؛ وهذا يعني أنّ كمية قليلة من الايتلين تنتج في الثمار، وتزداد بصورة تلقائية فيما بعد، ولاسيما بعد التخزين (Watkins et al., 2004)، ومن ثمّ فإنّ إنتاج الايتلين بشكل سريع يؤدي إلى تسريع

تشكل الماء في لب الثمرة؛ مما يقلل من مدة حياتها في المخزن، إذ إنّ الثمرة التي أصبحت مائية من الداخل تكون قد اجتازت المرحلة الكلايمكترية واحتوت على كميات كبيرة من الايتيلين، كما تكمن خطورة إنتاج الايتيلين في الثمار بأنها تحرض على إنتاج الايتيلين في ثمار أخرى، وهذا ما يفسر عدم تخزين ثمار مختلفة النضج ضمن المخزن نفسه أو حتى مع أصناف مختلفة (Eugene, 1986).

وتكمن أهمية التخزين المبرد للثمار بأنها تحتاج إلى التخزين بدرجات حرارة منخفضة (0- 6 درجات مئوية) ورطوبة عالية (90-95 %) ومدة التخزين (3 - 6 أشهر) ضمن الجو العادي، ومن الأمور التي يجب أن تراعى عند مراقبة المخازن تحديد درجات الحرارة - والرطوبة - ومدة التخزين والإشراف على نظافة المخزن، وإحكام إقفال الأبواب، والمحافظة على ثبات الحرارة والرطوبة، وعدم خلط الأصناف مع بعضها بعضاً في أثناء التخزين، والمحافظة على المنتج بشكل جيد أطول مدة ممكنة وضمان توفير المنتج في الأسواق أطول مدة ممكنة، ويمكن الاحتفاظ بالمنتج الفائض في المخازن إلى وقت الحاجة؛ وذلك بهدف الحصول على أعلى سعر، وخصوصاً في مواسم الندرة، وتحسين جودة المنتج كما في التفاح، ويسمح بتجميع أكبر كمية من المنتج لتصديرها إلى الخارج وتحسين الصفات التذوقية للثمار، وتحول النشاء إلى سكر كما في التفاح والكمثرى. (Thompson et al., 2001).

2-10- التأثير في المؤشرات المدروسة :

2-10-1- الفقد الطبيعي بالوزن

يسبب قطف ثمرة الفاكهة من النبات الأم فقد إمدادها المائي والكربوهيدراتي، في حين يستمر النشاط الحيوي لخلاياها المتمثل بالدرجة الأساسية بالتنفس، بمعنى أن هناك نقصاً لا بد أن يحصل في المركبات العضوية الموجودة داخل الثمرة ولاسيما الكربوهيدراتية منها التي تستهلك في عملية التنفس الهادفة إلى المحافظة على حياة الثمرة، ويحدث الفقد على شكل ثاني أكسيد الكربون بوصفه أحد نواتج التنفس الذي يعدّ قليلاً مقارنة بفقدان الماء بالنتح (Schulz, 1996)، إذ يعدّ الفقد المائي الناتج عن تبخر الماء من سطح الثمار في أثناء التخزين من العوامل المهمة المؤثرة تأثيراً كبيراً في جودة الثمار (Perez et al., 2003)، فهو يسبب ذبولها ويخفض قيمتها التسويقية (Ball, 1997).

وقد بينَ (Weichman, 1993) أن فقد كمية صغيرة من محتوى الماء (5%) في ثمار التفاح يجعلها غير صالحة للتسويق، وتتحدد درجة الفقد المائي في أثناء التخزين بمواصفات المنتج نفسه، وبالعوامل المحيطة فيه.

زيادة سماكة القشرة للثمرة وطبيعة تكوينها يؤديان دوراً مهماً في تحديد مقدار الفقد الرطوبي منها، كما أن زيادة المواد الصلبة في عصير الثمرة يقلل من نسبة الفقد بالوزن (العاني، 1985) فالخضار الورقية ولاسيما السبانخ تفقد ماءها بسرعة، إذ تتميز بقشرة شمعية رقيقة مع العديد من المسامات، أما البطاطا مثلاً فتتملك جلدًا فلينيًا سميكاً مع بضعة مسامات، فتكون نسبة فقد الماء منها أقل، كما أن الظروف البيئية التي تخزن فيها الخضار والفاكهة لها تأثير رئيس في الحفاظ على نوعية الثمار وتقليل الفقد نذكر منها:

الحرارة: عموماً كلما كانت درجة حرارة التخزين أعلى كانت حياة الخزن أقصر للمنتجات البستانية؛ ويعود ذلك إلى أن درجة الحرارة العالية تزيد من فرق ضغط بخار الماء بين الثمرة والجو المحيط بها؛ الأمر الذي يؤدي إلى زيادة خروج الماء من الثمرة إلى الهواء المحيط بها، ومن ثمَّ إلى زيادة الفقد (Woldetsadik, Seyoum and 2004).

الرطوبة: تمتلك المنتجات البستانية الطازجة محتوى رطوبياً عالياً، ومن الضروري أن تخزن ضمن شروط الرطوبة النسبية العالية لكي تمنع فقد الرطوبة وذبول الثمار، لأن نسبة الماء المفقود من أي جزء من النبات يعتمد على الاختلاف بين ضغط بخار الماء داخل النبات وضغط بخار الماء في الهواء المحيط. (Getinet et al., 2008)

2-10-2 - الفقد المطلق:

يقصد به الثمار غير الصالحة للاستعمال الغذائي أو التصنيعي المصابة بالأمراض والاضطرابات الفيزيولوجية، ويعبّر عنه كنسبة مئوية من الوزن النهائي للثمار بعد التخزين (يونس، 1993).

ومن الأمراض التي قد تصاب بها ثمار تفاح الجولدن وتسبب الفقد :

الأضرار الفسيولوجية Physiological Disorders

الذبول shrvel :

من السهل لثمار تفاح الجولدن ديليشس أن تفقد جزءاً من الماء الموجود في أنسجتها إلى الجو المحيط، وقد تصل نسبة فقدان الوزن نتيجة فقدان الماء إلى درجة عالية تراوح من 3 إلى 6%، ويساعد التبريد السريع وتخزين الثمار في بطانات بلاستيكية داخل الصناديق في الحد من هذه الظاهرة (Elizabeth et al., 2000).

الكدمات Bruising:

يظهر بكثرة وبوضوح في هذا الصنف من التفاح، ومن المهم تداول الثمار بعناية (kader, 2002) .

الثقرة المرة Bitter Pit:

عبارة عن بقع بنية غائرة على قشرة الثمرة، و خصوصاً عند طرف الكأس الزهري. ويرتبط حدوث هذا المرض بانخفاض تركيز نسبة الكالسيوم في التفاح، من أفضل طرائق السيطرة عليه هي رش الكالسيوم قبل الحصاد وغمر الثمار في محاليل الكالسيوم قبل التخزين المبرد، كما أنَّ التخزين في (CA) يساعد في تقليل نسب الإصابة (حداد وآخرون، 2002)

الانسلاق السطحي Superficial Seald:

هو تلون القشرة باللون البني الذي يتطور في مدة التخزين المبرد، وتكون قابلية تفاح جولدن ديليشس للإصابة بهذا الضرر قليلة. فالتخزين في الجو الهوائي المتحكم فيه يؤخر حدوث الانسلاق وقلما يستعمل الدايفينيلامين وإن استعمل وجب اتباع المعدلات المقترحة بها من قبل الشركة المصنعة له. Elizabeth et al., 2000).

الأضرار الباثولوجية : Pathological Disorder

فطر المونيليا البني

يظهر بشكل بقع دائرية على قشرة الثمرة، وتتوسع لتشمل السطح كله، والعفن الأسود ويصيب الثمرة قبل النضج، ويبدأ المرض على شكل بقعة زيتية على فجوة عنق الثمرة تتحول إلى اللون البني بسرعة، ثم تصبح سوداء لامعة ويتعفن اللب المجاور لها، والعفن البني ويظهر بشكل بقع بلون بني وبأشكال مختلفة، وهناك العفن المر، والعفن الأخضر. (Kader, 2002).

عفن القلب Moldy Core

تتسبب به عدة أنواع من الفطريات، منها *Alternaria sp.* و *Fusarium sp.* و *ASPERGILLUS* و *Penicillium* (الشكل 13).

تفاح جولدن ديليشس حساس للإصابة بهذا المرض بسبب التجويف الجيبي العميق (mitcham et al., 2002)، وقد تزيد عملية رش الثمار بمحلول الدايفنيلامين (drenching) من نسبة حدوث عفن القلب.



الشكل (13) عفن القلب من فطريات ASPERGILLUS

العفن الأزرق / العفن الرمادي Blue Mold , Grey Mold

وهما من أهم الأمراض التي تصاب بها ثمار تفاح جولدن ديليشس بعد الحصاد، و يتسببان عن نوعين من الفطريات، وهما *Penicillium expansum* و *Botrytis cinerea* (الشكل 14). فاستعمال وسائل النظافة تعدّ مهمة جداً في السيطرة على هذه الأمراض. من الممكن أن عملية رش الثمار بمحلول الدايفنيلامين تنتشر الجراثيم الفطرية لفطريات *Penicillium* و *Botrytis* إلى الجروح التي أصيبت بها الثمار

في أثناء الحصاد، واستعمال مبيدات الفطريات في أثناء عملية رش الثمار بمحلول الدايفنيلامين يمكن أن يقلل نسبة العفن. (mitcham et al., 2002).



الشكل (14) العفن الأزرق من فطريات *Botrytis cinerea*

2-10-3- الشكل والحجم :

إنَّ الحجم المتماثل للثمار والممثل للصفة من أهم الصفات التي تُقَدَّرُ إذْ إنّ الثمار غير المطابقة للشكل أو المشوهة شكلياً قد تكون أكثر عرضة للإصابات الميكانيكية، وعادة ما يستبعد المستهلك عند الشراء. وهناك مثال لأهمية الشكل كما في حالة البروكلي إذ في حالة التسويق الطازج للبروكلي يفضل أن تكون الرؤوس ذات براعم زهرية مندمجة الأزهار، في حين نجد في حالة التصنيع بالتقطيع أنّ تباعد مجموعات البراعم الزهرية المتكتلة عن بعضها مطلوبة لتسهيل التقطيع لأقل أضرار ممكنة، كما أن الحجم قد يكون مهماً؛ وذلك وفقاً للاستخدام النهائي للمحصول، ويمكن التعبير عن الحجم باستخدام كأس الإزاحة إذ إنّ حجم الثمار = حجم الماء المزاح من الكأس (أبو اليزيد، 2004).

2-10-4- الصلابة:

تأتي صلابة الثمار من تكون جدر الخلايا بشكل أساسي من المواد البكتينية والسيللوز والهيميسيللوز مع العديد من الأنزيمات مثل أنزيمات السيللولاز والغالكتوسيداز والغلوكاناز؛ هذه الانزيمات تزداد فعاليتها ونشاطها خلال مراحل نضج الثمرة وعند تخزين ثمار التفاح (Barrett and Gonzalez, 1994)، ومن ثمّ لا بدّ من مراعاة الموعد الأمثل لقطاف ثمار التفاح وتوفير كافة ظروف التبريد والتخزين الملائمة التي من شأنها الحفاظ على أفضل صلابة ممكنة للثمار المخزنة بعد التبريد؛ بغية الحفاظ على دعم هذه الجدر الخلوية والمحافظة على صلابتها أطول مدة ممكنة، إذ تقوم معاملات التبريد الأولي بالتنشيط أو الحد من

نشاط الأنزيمات المفككة للسليلوز وباقي مكونات جدر الخلايا من جهة؛ ومن المعروف أن البروتوبكتين يتراكم أثناء نمو الثمرة في الجدر الأولية للخلايا، ومع النضج فإن البروتوبكتين يتحول إلى بكتين ذائب في الماء بفعل أنزيم البروتوبكتيناز (Paliyath and murr, 2006).

تدرس مؤشرات مختلفة لتحديد مواصفات الثمار وجودتها قبل التخزين وبعده، على سبيل المثال تقدر صلابة لب الثمار كمعيار رئيس ضمن مواصفات جودة الثمار، وذلك لأن ازدياد طراوة ثمار التفاح بشكل عام عملية غير مرغوب فيها في أثناء النضج، إذ تميل الثمار الأكثر صلابة لتكون أكثر عصيرية وتقصفاً وقرمشة وأقل تفتتاً (Johnston et al., 2002)، وتبقى قدرة هذا الاختبار على التنبؤ الدقيق بالصفات الحسية لقوام ثمرة التفاح موضوعاً متعلقاً بالصنف والخواص الحسية (Harker et al., 2002)، فضلاً عن ذلك تعدّ المواد الصلبة الذائبة والحموضة مؤشراً مهماً على قيمة الثمار الغذائية وجودتها الأكلية وقدرتها على التخزين، فضلاً عن المعايير السابقة لابدء من دراسة الفقد الحاصل في وزن الثمار بعد قطافها كنتيجة لفقد الماء بشكل رئيس (Abbott et al., 1984)، ولا بد من أخذه بالحسبان عند تطبيق أي تقانة من تقانات التخزين، فمع أهمية هذا الفاقد كخسارة مباشرة من المحصول المخزن يؤثر هذا الفقد في جودة الثمار التي تفقد رطوبتها، وتميل للتجعد وتفقد لمعانها وتزداد إصابتها بالأمراض الفيزيولوجية المختلفة، حتى أن هذا الفقد يؤدي إلى تناقص صلابة الثمار؛ وهي مؤشر مهم للجودة، وهذا ما أكدته (Mitropoulos and Lambrinos, 2005) الذي ذكر وجود علاقة بين الصلابة وفقد الوزن في ثمار التفاح، ويمكن استخدامها كأداة لتقدير الجودة خلال التخزين، وهذه العلاقة تتباين بحسب الصنف .

2-10-5 - نسبة المواد الصلبة الذائبة %:

تعدّ نسبة المواد الصلبة الذائبة ذات أهمية كبرى في حياة ثمار الفاكهة في المخزن بوصفها مضاد تجمد (Kupferman, 1995)، وقد ذكرت دراسات وجود ارتباط بين مرحلة نضج الثمار عند الحصاد ودرجة حرارة التخزين من جهة، وتغيرات قيم المواد الصلبة الذائبة من جهة أخرى (Znidarcic and Pozrl, 2006)، فقد لوحظ انخفاض نسبة المواد الصلبة الذائبة مع ازدياد مدة التخزين الذي 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؛ وهذا يتفق مع ما أورده (Osterloh, 1980; Schulz, 1996, 2000).

2-10-6- اللون :

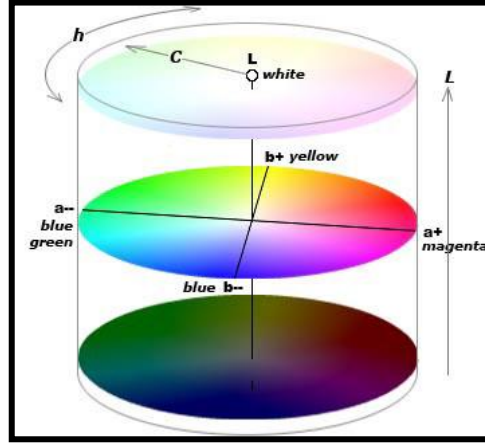
تقاس مؤشرات اللون باستعمال الجهاز الضوئي Minolta (Minolta chroma meter,CR-300) (with an 8-mm aperture) (الشكل 15) بحسب نظام (CIELAB color space system) وأشارت إليه الهيئة العالمية لقياس اللون (Commission International de l'Eclairage)، إذ يستخدم على نطاق واسع في تصنيف الألوان التي تُقاس وفق طريقة L A B Color space، وهذه الطريقة تعتمد على وجود دلالات القياسات اللونية. (<http://www.eci.org>)



الشكل (15) Minolta chroma meter,CR-300 with an 8-mm aperture

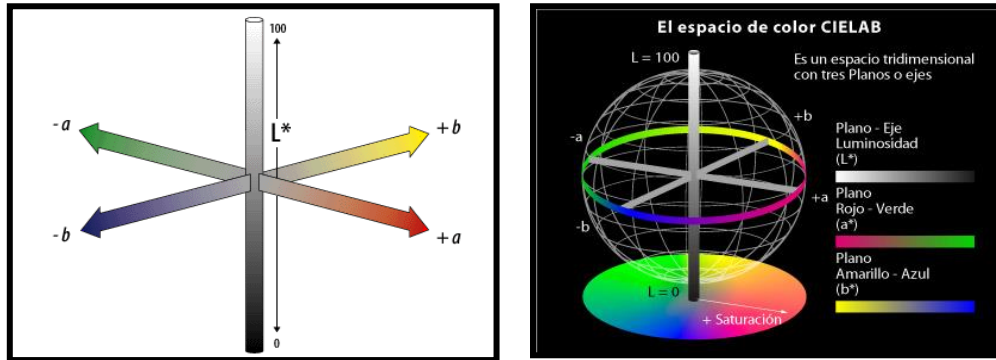
دلالات القياسات اللونية :

hue: تحدد درجة اللون وتمثل وفق دائرة لونية بمقطع عرضي Color Wheel (الشكل 16)، وهي تحدد قيم A B ، فعندما تكون قيمة A موجبة فهذا يشير إلى اللون الأحمر، وعندما تكون قيمة A سالبة فإنها تشير إلى اللون الأخضر، وعندما تكون قيمة B موجبة فإنها تشير إلى اللون الأصفر، وعندما تكون قيمة B سالبة فإنها تشير إلى اللون الأزرق. (<http://www.eci.org>)



الشكل (16) الدائرة اللونية Color Wheel

Lightness: فهي تحدد شدة الإضاءة أو السطوع للمادة (white – black) وتزداد شدة الإضاءة بالابتعاد عن مركز المادة باتجاه الأعلى، إذ إنها تمثل وفق مقطع طولي (شاقولي) للمادة (الشكل 17)، ومن ثمّ عندما نقوم بجمع المقاييس اللونية كلها (Lightness–hue) مع بعضهما بعضاً؛ وذلك استناداً إلى هيئة المواصفات العالمية لقياس اللون cielab سوف نحصل على المساحات اللونية التي تُمثّل ضمن الفضاء اللوني (color space) <http://www.color.org>.



الشكل (17) الفضاء اللوني color space

الفصل الثالث

مواد البحث وطرائقه

Material & Methods

3- مواد البحث وطرائقه

Material and Methods

3-1-المادة النباتية:

قُطفت ثمار صنف التفاح غولدن ديليشس من أشجار بعمر 13 سنة وكانت نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية 12.18%. قُطفت الثمار في الصباح الباكر وأجريت معاملات التبريد الأولي خلال 24 و 48 ساعة من لحظة القطاف، وقيسَ تغيّر درجة حرارة الثمار في أثناء التبريد الأولي بوصفه تابعاً لزمن التبريد وطريقته باستخدام مقياس الثيرموكبل وهو عبارة عن نظام ثنائي الأسلاك، وهو جهاز استشعار درجة حرارة المنتجات، وعادة ما يوصل الجهاز بعدد عرض يمكن استخدامه لقياس درجة حرارة السوائل، والغازات، والسطوح الصلبة قياساً مباشراً.

3-2- موقع الدراسة:

مزرعة تفاح في محافظة ريف دمشق (منطقة الزبداني)، أُجريت تقنية التبريد الأولي بواسطة جهاز التبريد في مخبر قسم الهندسة الريفية بكلية الزراعة، وأجريت قياسات الجودة والتخزين المبرد والاختبارات اللازمة لها في مخبر قسم علوم البستنة في كلية الزراعة بجامعة دمشق، حيث كانت المدة بين القطاف والقياس في الكلية 4 ساعات.

3-3- طريقة العمل:

نُفِّذَ البحث خلال موسم 2013 - 2014 منذ شهر تشرين الأول 2013 (بداية التخزين) حتى شهر شباط 2014 (نهاية التخزين)؛ وذلك بأخذ ثمار الصنف المدروس وإجراء معاملات التبريد الأولي مع أخذ شاهد دون معاملة، أخذ لكل معاملة 6 صناديق بلاستيكية بمتوسط وزن 2.2 كغ للصندوق وقياسه (10×30×40) سم، إذ أخذت أول ثلاثة صناديق منها من أجل حساب نسبة الفقد الوزني والفقد المطلق. وأخذت ثلاثة صناديق أخرى من أجل قياسات الجودة (نسبة المواد الصلبة الذائبة، وحجم السائل المزاج والصلابة، واللون) وحُزنت بعد ذلك الثمار في وحدة التخزين المبرد قسم علوم البستنة - كلية الزراعة - جامعة دمشق على درجة حرارة (0-1) درجة مئوية ورطوبة نسبية (90-95%)، وتركّت مسافة بين الصناديق نفسها، وبين الصناديق والجدران بمقدار 5 سم؛ وذلك للسماح للتيار الهوائي بالمرور بين الصناديق

دون وجود عوائق، بهدف زيادة كفاءة التخزين المبرد، وأجريت التحاليل والقياسات المتعلقة بصفات الجودة والقدرة التخزينية في مخبر بحوث التخزين بقسم علوم البستنة في كلية الزراعة بجامعة دمشق .

تصميم جهاز التبريد الأولي:

- صمم الجهاز على شكل غرفتين متداخلتين (غرفة خارجية وغرفة داخلية)، الغرفة الخارجية مصنوعة من الزجاج بسماكة 6 مم من أجل تحمل ضغط الماء، قياسها بطول 125 سم X وعرض 85 سم X وارتفاع 45 سم مزودة بمروحة توربينية، مواصفاتها: القطر 7 سم والطول 15 سم والاستطاعة 10 واط وسرعة الدوران 1500 دورة بالدقيقة، الهدف منها زيادة سرعة تبريد الماء وتحريك الهواء البارد الناتج من الماء المبرد بقطع الجليد الموجودة ضمن الغرفة الخارجية، مزود بمضختي ماء توضع كل منها في زاويتين متقابلتين من زوايا الغرفة الخارجية بهدف تحريك الماء البارد ودفعه وتجانس تبريده ضمن الغرفة الخارجية، وملامسة الماء البارد بشكل مباشر للثمار المغمورة الموجودة داخل الغرفة الخارجية، وانتقال البرودة بشكل مباشر إلى الثمار المغمورة بطريقة الحمل المائي.

- الغرفة الداخلية مصنوعة من الزجاج بسماكة 6 مم. قياس الغرفة الداخلية 65 سم X 25 سم X 35 سم. الغرفة الداخلية منخفضة عن حيز سطح الغرفة الخارجية مسافة 5 سم كي تكون على سوية توربين الهواء الذي يعمل على دفع الهواء البارد باتجاهها، ومرتفعة عن قاعدة الغرفة الخارجية مسافة 5 سم بغرض تأمين الإحاطة الكاملة بالماء المبرد للغرفة الداخلية، ودورانه حول الغرفة الداخلية لتبريدها وانتقال البرودة إلى المنتج الغذائي الموجود ضمن الغرفة الداخلية بطريقة التوصيل المائي، المسافة الفاصلة بين الغرفتين المتداخلتين 30 سم، وارتفاع الجهاز الكلي مع قاعدة الحديد 90 سم؛ مع العلم أن قاعدة الحديد التي يركز عليها الجهاز ارتفاعها 45 سم الشكل (18).



الشكل (18) التصميم العام لمعدات جهاز التبريد الأولي بالماء المثلج مع ظهور مضخة الماء وتوربين الهواء

3-4 المعاملات خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف على الشكل الآتي:

- 1- معاملة الثمار بالتبريد الأولي بالحمل المائي.
- 2- معاملة الثمار بالتبريد الأولي بالتوصيل المائي.
- 3- معاملة الثمار بالتبريد الأولي بالحمل الثلجي.
- 4- معاملة الثمار بالتبريد الأولي بالتوصيل الثلجي.
- 5- الشاهد غير معاملة بالتبريد الأولي إذ أُخذت الثمار، ووضعت مباشرة في غرفة التخزين.

مواعيد أخذ القراءات:

أُخذت القراءات المطلوبة في مواعيد محددة، وكانت منذ بداية التخزين بفواصل شهر حتى نهاية مدة التخزين.

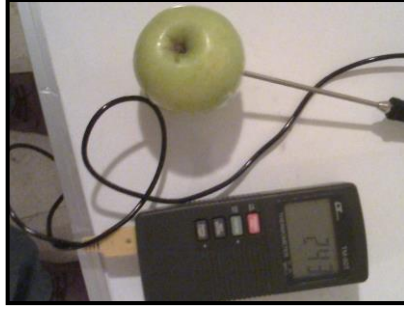
مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالحمل المائي:

تعتمد هذه الطريقة على معاملة الثمار بالتبريد الأولي بطريقة الحمل المائي (غمر مباشر بوسيط التبريد) إذ كان وسط التبريد المستخدم هو الماء بدرجة حرارة 2 °C (الشكل 19).



الشكل (19) مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالحمل المائي

وقيسَ تغيّر درجة حرارة الثمار في أثناء التبريد الأولي بواسطة جهاز الثيرموكيل (الشكل 20)، كتابع لزمن وطريقة التبريد اللازمة لهذه الثمار من الحرارة الأولية التي تكون عند الحصاد؛ وصولاً إلى الحرارة النهائية للثمار تدريجياً، وهي حرارة التخزين الدائمة بشكل تقريبي.



الشكل (20) مقياس الثيرموكبل لقياس درجة حرارة الثمار

مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالتوصيل المائي :

تعتمد هذه الطريقة على معاملة الثمار بالتبريد الأولي بطريقة التوصيل المائي (غمر غير مباشر بوسيط التبريد) إذ كان وسط التبريد المستخدم هو الماء بدرجة حرارة 2 °C (الشكل 21).



الشكل (21) مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالتوصيل المائي

وقيسَ تغير درجة حرارة الثمار في أثناء التبريد الأولي بواسطة جهاز الثيرموكبل كتابع لزمن وطريقة التبريد اللازمة لهذه الثمار من الحرارة الأولية التي تكون عند الحصاد؛ وصولاً إلى الحرارة النهائية للثمار تدريجياً، وهي حرارة التخزين الدائمة تقريباً للثمار المخزنة داخل غرفة التخزين (الشكل 22).



الشكل (22) غرفة التخزين لصناديق الثمار

مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بطريقة الحمل الثلجي :

تعتمد هذه الطريقة على معاملة الثمار بالتبريد الأولي بطريقة الحمل الثلجي (غمر مباشر بوسيط التبريد) إذ كان وسط التبريد المستخدم هو الثلج (الشكل 23).



الشكل (23) طريقة التبريد الأولي بالغمر المباشر بالثلج

وقيسَ تغير درجة حرارة الثمار في أثناء التبريد الأولي بواسطة جهاز الثيرموكبل، كتابع لزمن وطريقة التبريد اللازمة لهذه الثمار من الحرارة الأولية التي تكون عند الحصاد؛ وصولاً إلى الحرارة النهائية للثمار تدريجياً، وهي حرارة التخزين الدائمة تقريباً.

مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بطريقة التوصيل بالتلج :

تعتمد هذه الطريقة على إضافة طبقة من التلج المجروش ضمن الحوض الخارجي إلى جهاز التبريد الأولي الذي يحيط تماماً بالسطح الخارجي للحوض الداخلي الحاوي على المنتج الغذائي، ويمكن إضافة قطع الجليد إلى الحوض الخارجي باليد أو بواسطة آلة، وتضاف بحسب الحاجة إلى حوض التبريد الخارجي فضلاً عن تشغيل التوربين الهوائي الذي يعمل على تحريك الهواء البارد وزيادة سرعة تبريد المحصول الموجود ضمن الحوض الداخلي لجهاز التبريد الأولي، واحكام إغلاق الوجه العلوي بالكامل لجهاز التبريد الأولي من أجل حصر عملية التبريد الأولي ضمن الجهاز بكامله.

وتعتمد هذه الطريقة بشكل عام على تبريد الحوض الداخلي من خلال تلامس التلج المجروش لمساحة سطح الحوض الداخلي من الخارج، وتعرض المنتجات أو السلع الموجودة ضمن الحوض الداخلي لتصبح على اتصال غير مباشر مع التلج المجروش (Dincer, 1996) (الشكل 24).



الشكل (24) طريقة التبريد الأولي بالتوصيل بالتلج

وقيس تغير درجة حرارة الثمار في أثناء التبريد الأولي بواسطة جهاز التيرموكيل كتابع لزمن وطريقة التبريد اللازمة لهذه الثمار من الحرارة الأولية التي تكون عند الحصاد وصولاً إلى الحرارة النهائية للثمار تدريجياً، وهي حرارة التخزين الدائمة.

3-5- المؤشرات المدروسة لقياس الخصائص الهندسية للمواد الزراعية :

3-5-1 - تحديد نسبة الفقد الطبيعي في الوزن Weight Loss %:

وقد حددت من المعادلة الآتية النسبة المئوية للفقد الطبيعي من الوزن بحسب (عبد الله، 1991) :

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



الشكل (25) ميزان كهربائي حساس لقياس الفقد الطبيعي في الوزن

3-5-2 - تقدير الفقد المطلق: Spoilage :

يعبر عن النسبة المئوية للثمار غير الصالحة للاستهلاك نتيجة إصابتها بأضرار مرضية كالعفن والتي تُستبعد من العينة وتحسب على أساس الوزن النهائي للثمار.

الفقد المطلق % = وزن الثمار المصابة $\times 100$ / الوزن النهائي للثمار. (يونس و أبو ترابي، 2004)



الشكل (26) الفقد المطلق نتيجة الإصابة بأضرار مرضية

3-5-3 - تغيرات صلابة الثمار Firmness (كغ / سم²) :

أُخذتِ القراءات المتعلقة بتغيرات صلابة الثمار باستخدام جهاز Penetrometer بينيتروميتر من خلال إدخال المكبس في الجزء الذي قُشِّرَ من جهتين متقابلتين حتى تصل علامة محددة على المكبس وأُخذَ متوسط القراءة لكل ثمرة. (Raese et al., 1999).



الشكل (27) جهاز بينيتروميتر لقياس صلابة الثمار

3-5-4 - نسبة المواد الصلبة الذائبة % :

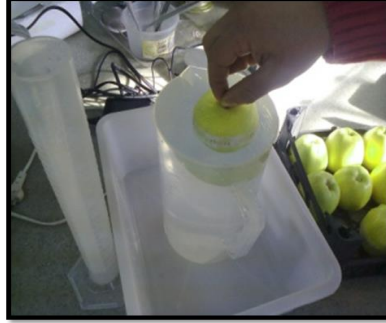
قيست نسبة المواد الصلبة الذائبة في عصير الثمار بواسطة جهاز الرفاكتوميتر (Refractometer) (Schwallier et al., 2005).



الشكل (28) جهاز رفاكتوميتر لقياس نسبة المواد الصلبة الذائبة

3-5-5- تغيرات حجم الثمار (سم³):

لمعرفة تغيرات حجم الثمار استخدمت طريقة الماء المزاح وسُجِّلَتِ القراءة الجديدة التي وصل إليها الماء بعد وضع الثمرة في الكأس المدرج، ويطرح القراءتين حصلنا على حجم السائل الذي أُزِيحَ، وهو عبارة عن حجم الثمرة . (أبو اليزيد، 2014)



الشكل (29) كأس مدرج لقياس حجم السائل المزاح

3-5-6 - مؤشرات تغير اللون :

قيست هذه المؤشرات باستعمال جهاز ال Minolta (Minolta chroma meter, CR-300 with an 8-mm aperture) بحسب نظام (CIELAB color space system) وفقاً لهيئة المواصفات العالمية لقياس الألوان إذ إنّ الألوان التي يمكن إدراكها بالعين المجردة جميعها يمكن أن تتوضع ضمن مجال لوني يتحدد بشكل كروي ثلاثي المحاور، يعطي اللون بطريقة رقمية كمية.

ويعبر المحور الأول L عن تدرج اللون بين الأبيض والأسود، ويعطي فكرة عن شدة السطوع (التدرج بين اللون الأبيض والأسود)، في حين يعبر المحور الثاني A عن تدرج اللون بين الأخضر والأحمر، أمّا المحور الثالث B فيعبّر عن تدرج اللون بين الأزرق والأصفر، وتستخدم هذه المؤشرات للتعبير عن درجة النضج. <http://www.color.org>



الشكل (30) جهاز المينولتا الضوئي

3-5-7 - قياس درجة حرارة المياه المبردة ضمن جهاز التبريد الأولي :

يستخدم لقياس درجة حرارة المياه المبردة، ضمن جهاز التبريد الأولي ميزان زئبقي.



الشكل (31) ميزان زئبقي

3-5-8 - قياس تغير درجة حرارة الثمار:

يستخدم لقياس تغير درجة الحرارة الثمار في أثناء التبريد الأولي مقياس الثرموكبل، وهو جهاز استشعار لدرجة حرارة المنتجات، وعادة ما يوصل بعدد عرض يمكن استخدامه لقياس درجة الحرارة السوائل، والبخار، والغازات، والسطوح الصلبة بشكل مباشر فضلاً عن أن جهاز الثرموكبل عبارة عن نظام ثنائي الأسلاك.



الشكل (32) مقياس الثيرموكيل

3-6- التحليل الإحصائي للتجربة:

صُممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية البسيطة، وحُللت النتائج باستخدام برنامج SPSS واختبار ANOVA، وحسب أقل فرق معنوي LSD على مستوى ثقة 95% لمقارنة المتوسطات ومعرفة الفروقات المعنوية بينها.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Discussion

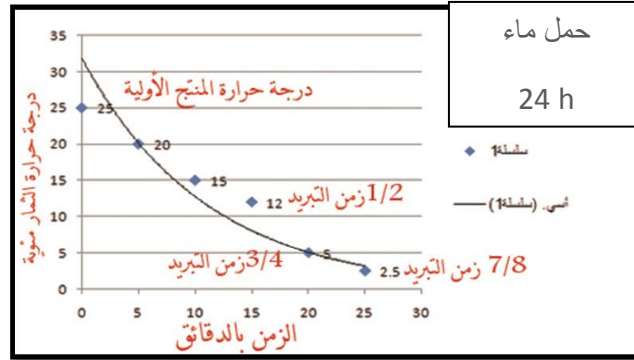
&

Results

4- النتائج والمناقشة

4-1 نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالحمل المائي:

مُنِّلتِ النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله وذلك تبعاً لدراسة (De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001) (الشكل 33).



الشكل (33) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال 24 ساعة من القطاف

وقيسَت درجة حرارة الماء المبرد بقطع الجليد بواسطة ميزان زئبقي، وأخذت القراءة كل 5 دقائق حتى انخفاض درجة حرارة الثمار من الحرارة الابتدائية 25 درجة مئوية ووصولها إلى أخفض نقطة ممكن أن تصل إليها درجة حرارة الثمار بين (2.5- 6 درجات مئوية) تدريجياً؛ وذلك وفقاً لدراسة (Kitinoja 1999; Hardenburg et al., 1990 ;and Gorny,

إذ إنَّ طريقة الحمل المائي تمكنت من خفض درجة حرارة الثمار إلى 12 درجة مئوية، وهي نصف قيمة الحرارة الابتدائية تقريباً، ومن ثمَّ فهي تمثل مرحلة نصف زمن التبريد الأولي خلال 15 دقيقة، وباستمرار التبريد الأولي تمكنت طريقة الحمل المائي من خفض درجة حرارة الثمار إلى 5 درجات مئوية، وهنا تمثل مرحلة 3/4 زمن التبريد الأولي خلال 20 دقيقة.

ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً في النهاية إلى درجة حرارة ثمار تصل إلى 2.5 درجة مئوية، وتمثل مرحلة 7/8 زمن التبريد الأولي خلال 25 دقيقة، وهي مرحلة انتهاء التبريد الأولي بشكل كامل (الجدول 5).

جدول (5) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال 24 ساعة من القطف

مرحلة التبريد الأولي	المرحلة البدائية	المراحل الانتقالية بانخفاض درجة حرارة الثمار		مرحلة 1/2 زمن التبريد	مرحلة 3/4 زمن التبريد	مرحلة 7/8 زمن التبريد
درجة حرارة الثمار °م	25	20	15	12	5	2.5
الزمن بالدقائق	0	5	10	15	20	25

أما حرارة الثمار المعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف؛ في البداية كانت تصل إلى 20 درجة مئوية، وهي درجة الحرارة الابتدائية للثمار، وتمكنت هذه الطريقة من خفض حرارة الثمار إلى 10 درجات مئوية خلال 20 دقيقة الأولى.

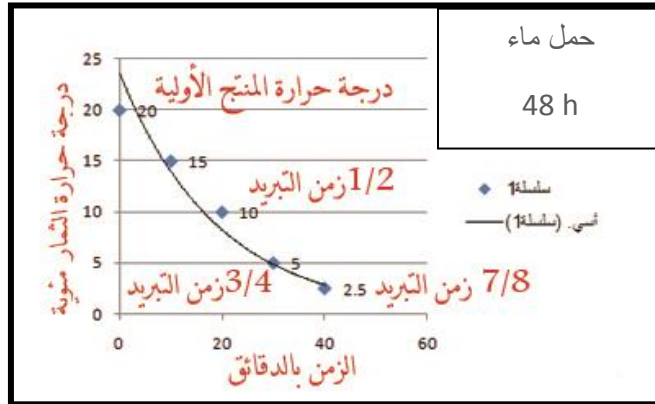
وتمثل هذه المرحلة 1/2 نصف زمن التبريد الأولي ، وباستمرار عملية التبريد تمكنت من خفضها إلى درجة حرارة 5 درجات مئوية خلال 30 دقيقة الأولى، وتمثل هذه المرحلة 3/4 زمن التبريد الأولي، ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً إلى 2.5 درجة مئوية خلال 40 دقيقة، وتمثل هذه المرحلة 7/8 زمن التبريد الأولي، وهي مرحلة انتهاء التبريد الأولي بشكل كامل (الجدول 6).

جدول (6) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بعد 48 ساعة من القطف

مرحلة التبريد الأولي	المرحلة البدائية	مرحلة انتقالية	مرحلة 1/2 زمن التبريد	مرحلة 3/4 زمن التبريد	مرحلة 7/8 زمن التبريد
درجة حرارة الثمار °م	20	15	10	5	2.5
الزمن بالدقائق	0	10	20	30	40

وُمثلت النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة (De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986;Thompson et al., 2001) (الشكل 34).

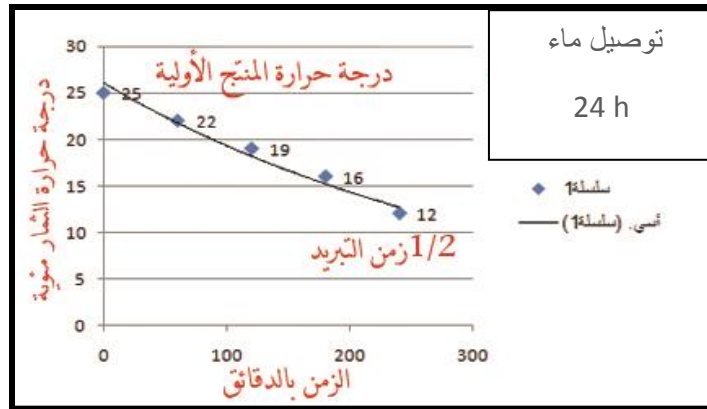
مع العلم أنه أُحْكَمَ إغلاق الوجه العلوي بالكامل لجهاز التبريد الأولي بلوح زجاجي سميك من أجل حصر عملية التبريد الأولي ضمن الجهاز بكامله، وتتطلب المياه الدافئة أو الحارة أو التي ارتفعت درجة حرارتها إعادة تدويرها وإعادة تبريدها.



الشكل (34) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي
بعد 48 ساعة من القطاف

4-2 نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بالتوصيل المائي :

مُنْتَلِ النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة (DeCastro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001) (الشكل 35).



الشكل (35) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي
خلال 24 ساعة من القطاف

وَقِيستُ درجة حرارة الماء المبرد بقطع الجليد بواسطة ميزان زئبقي، وأخذت القراءة كل 5 دقائق حتى انخفاض درجة حرارة الثمار من الحرارة الابتدائية 25 درجة مئوية ووصولها إلى أخفض نقطة يمكن أن تصل إليها درجة حرارة الثمار تدريجياً؛ وذلك وفقاً لدراسة (Hardenburg et al.; Kitinoja and Gorny, 1999)

(al., 1990) إذ إنّ طريقة التوصيل المائي تمكنت من خفض درجة حرارة الثمار إلى 19 درجة مئوية خلال 120 دقيقة، وباستمرار عملية التبريد تمكنت من خفضها إلى درجة حرارة 16 درجة مئوية خلال 180 دقيقة، ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً إلى 12 درجة مئوية، وهي نصف قيمة الحرارة الابتدائية للثمار تقريباً، وتمثل مرحلة نصف زمن التبريد خلال 240 دقيقة (الجدول 7).

جدول (7) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي خلال 24 ساعة من القطف

مرحلة 1/2 زمن التبريد	المراحل الانتقالية بانخفاض درجة حرارة الثمار			المرحلة البدائية	مراحل التبريد الأولي
12	16	19	22	25	درجة حرارة الثمار م°
240	180	120	60	0	الزمن بالدقائق

مع العلم أنه أحمك إغلاق الوجه العلوي بالكامل لجهاز التبريد الأولي بلوح زجاجي سميك من أجل حصر عملية التبريد الأولي ضمن الجهاز بكامله، وتتطلب المياه الدافئة أو الحارة أو التي ارتفعت درجة حرارتها إعادة تدويرها وإعادة تبريدها.

التهوية الجيدة ضرورية لضمان كفاءة التبريد من خلال توربين الهواء الذي يولد تياراً هوائياً إذ يعمل على دفع الهواء البارد وتحريكه ضمن جهاز التبريد، وتجانس تبريده وزيادة سرعة تبريد المحصول الموجود ضمن الغرفة الداخلية لجهاز التبريد الأولي، وانتقال الطاقة الحرارية من ثمرة إلى أخرى من خلال نقاط الاتصال بين الثمار إلى أن تصل الحرارة إلى سطح الحوض بأقل مدة زمنية ممكنة ومن ثم تعمل هذه الطريقة على إزالة درجة حرارة الثمار المكتسبة من الحقل وانخفاضها بشكل أبطأ مقارنة بطريقة الحمل المائي وصولاً إلى درجة حرارة التخزين الدائمة تقريباً؛ والسبب يعود إلى أنّ طريقة التبريد بالتوصيل المائي بطيئة وغير متجانسة بالتبريد؛ مقارنة بالحمل المائي الذي يعمل على تبريد المنتجات بشكل أسرع وتجانس أكبر، وتحافظ على رطوبة عالية حول المنتجات وتعدّ طريقة الحمل المائي ذات كفاءة تبريد أكبر وأسرع من طريقة التوصيل المائي (Ryall and Pentzer, 2000).

أمّا حرارة الثمار المعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطف في البداية فكانت تصل إلى 20 درجة مئوية، وتمكنت هذه الطريقة من خفض درجة حرارة الثمار إلى 18 درجة مئوية خلال 120 دقيقة، وباستمرار عملية التبريد تمكنت من خفضها إلى درجة حرارة 17 درجة مئوية خلال 180 دقيقة، ثم واصلت

الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً في النهاية إلى درجة حرارة للثمار تصل إلى 16 درجة مئوية خلال 240 دقيقة (الجدول 8)

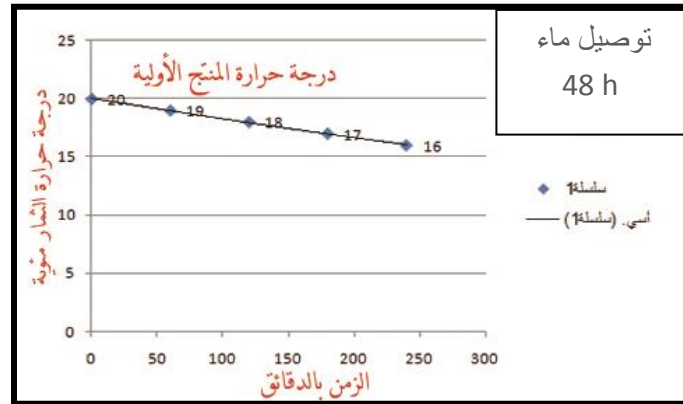
جدول (8) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بعد 48 ساعة من القطف

المراحل الانتقالية بانخفاض درجة حرارة الثمار				المرحلة البدائية	مراحل التبريد الأولي
16	17	18	19	20	درجة حرارة الثمار م°
240	180	120	60	0	الزمن بالدقائق

وُمثلت النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة

(De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001)

(الشكل 36) .



الشكل (36) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي

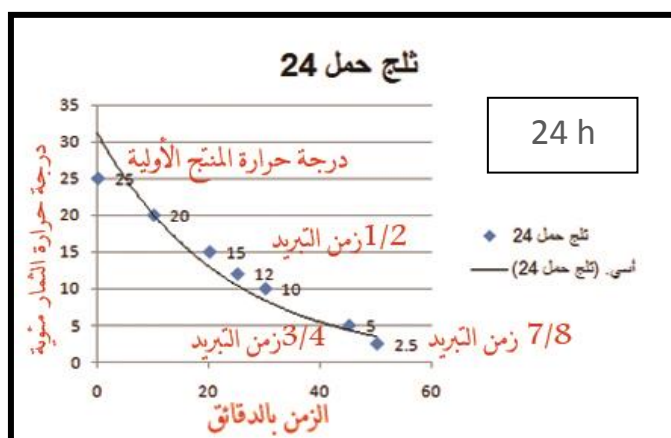
بعد 48 ساعة من القطف

3-4 نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بطريقة الحمل الثلجي :

مُثلت النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة

(De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001)

(الشكل 37).



الشكل (37) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي خلال 24 ساعة من القطاف

وأخذت القراءة كل 5 دقائق حتى انخفاض درجة حرارة الثمار من الحرارة الابتدائية 25 درجة مئوية ووصولها إلى أخفض نقطة يمكن أن تصل إليها درجة حرارة الثمار بين (2.5- 6 درجات مئوية) تدريجياً؛ وذلك وفقاً لدراسة (Hardenburg et al., 1990 ; Kitinoja and Gorny, 1999).

إذ إنّ طريقة الحمل الثلجي تمكنت من خفض درجة حرارة الثمار إلى 12 درجة مئوية، وهي نصف قيمة الحرارة الابتدائية للثمار تقريباً، وتمثل مرحلة 1/2 نصف زمن التبريد الأولي خلال 25 دقيقة، وباستمرار التبريد الأولي تمكنت طريقة الحمل الثلجي من خفض درجة حرارة الثمار إلى 5 درجات مئوية وتمثل مرحلة 3/4 زمن التبريد خلال 45 دقيقة.

ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً في النهاية إلى درجة حرارة تصل إلى 2.5 درجة مئوية، وتمثل مرحلة 7/8 زمن التبريد خلال 50 دقيقة؛ وهي مرحلة انتهاء التبريد الأولي بشكل كامل (الجدول 9).

جدول (9) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي خلال 24 ساعة من القطاف

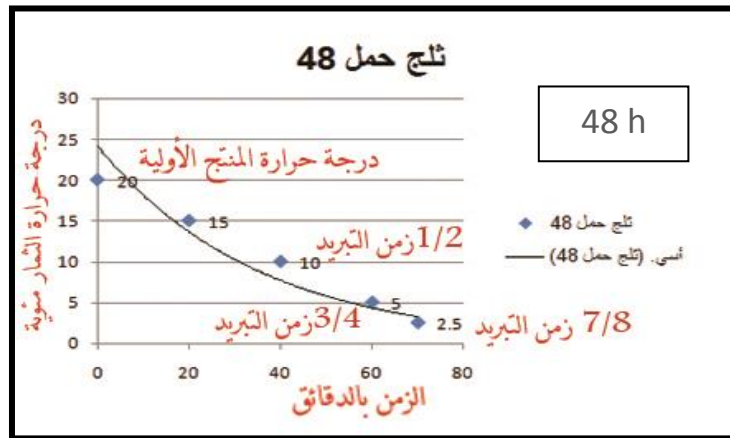
مرحلة التبريد الأولي	المرحلة البدائية	المراحل الانتقالية بانخفاض درجة حرارة الثمار	مرحلة 1/2 زمن التبريد	مرحلة انتقالية	مرحلة 3/4 زمن التبريد	مرحلة 7/8 زمن التبريد
درجة حرارة الثمار °م	25	20	15	12	10	5
الزمن بالدقائق	0	10	20	25	30	45

أمّا حرارة الثمار المعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف في البداية فكانت تصل إلى 20 درجة مئوية، وهي درجة الحرارة الابتدائية للثمار، وتمكنت هذه الطريقة من خفض حرارة الثمار إلى 10 درجات مئوية خلال 40 دقيقة الأولى، وتمثل هذه المرحلة 1/2 نصف زمن التبريد الأولي، وباستمرار عملية التبريد تمكنت من خفضها إلى درجة حرارة 5 درجات مئوية خلال 60 دقيقة الأولى، وتمثل هذه المرحلة 3/4 زمن التبريد، ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً إلى 2.5 درجة مئوية خلال 70 دقيقة، وتمثل هذه المرحلة 7/8 زمن التبريد، وهي مرحلة انتهاء التبريد الأولي بشكل كامل (الجدول 10)

جدول (10) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي بعد 48 ساعة من القطاف

مراحل التبريد الأولي	المرحلة البدائية	مرحلة انتقالية	مرحلة 1/2 زمن التبريد	مرحلة 3/4 زمن التبريد	مرحلة 7/8 زمن التبريد
درجة حرارة الثمار م°	20	15	10	5	2.5
الزمن بالدقائق	0	20	40	60	70

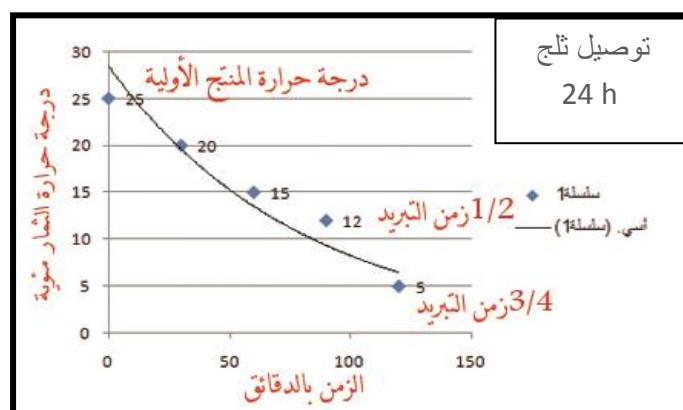
ومُنِّلتِ النتائج على مخطط تغيّر درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة (De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001) (الشكل 38).



الشكل (38) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي بعد 48 ساعة من القطاف

4-4 نتائج مبدأ عمل جهاز التبريد الأولي بطريقة التوصيل بالتلج :

مُنِّلتِ النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة (De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001) (الشكل 39).



الشكل (39) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي

خلال 24 ساعة من القطاف

أُخذت القراءة كل 5 دقائق حتى انخفاض درجة حرارة الثمار من الحرارة الابتدائية 25 درجة مئوية ووصولها إلى أخفض نقطة يمكن أن تصل إليها درجة حرارة الثمار تدريجياً؛ وذلك وفقاً لدراسة (Hardenburg et al., 1990 ; Kitinoja Gorny, 1999).

إذ إنّ طريقة التوصيل الثلجي تمكنت من خفض درجة حرارة الثمار إلى 15 درجة مئوية خلال 60 دقيقة الأولى، وباستمرار عملية التبريد تمكنت من خفضها إلى درجة حرارة 12 درجة مئوية خلال 90 دقيقة، وهي نصف قيمة الحرارة الابتدائية للثمار تقريباً، وتمثل مرحلة نصف زمن التبريد، ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً إلى 5 درجات مئوية خلال 120 دقيقة (الجدول 11).

جدول (11) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي خلال 24 ساعة من القطاف

مراحل التبريد الأولي	المرحلة البدائية	المراحل الانتقالية بانخفاض درجة حرارة الثمار	مرحلة 1/2 زمن التبريد	مرحلة 3/4 زمن التبريد
درجة حرارة الثمار °م	25	20	15	12
الزمن بالدقائق	0	30	60	90

والتهوية الجيدة ضرورية لضمان كفاءة التبريد من خلال توربين الهواء الذي يولد تياراً هوائياً إذ يعمل على دفع الهواء البارد وتحريكه ضمن جهاز التبريد الأولي، وتجانس تبريد الهواء وزيادة سرعة تبريد المحصول الموجود ضمن الغرفة الداخلية لجهاز التبريد الأولي، وانتقال الطاقة الحرارية من ثمرة إلى أخرى من خلال نقاط الاتصال بين الثمار إلى أن تصل الحرارة إلى سطح الحوض بأقل مدة زمنية ممكنة، ومن ثمّ تعمل هذه الطريقة على إزالة درجة حرارة الثمار المكتسبة من الحقل وخفضها بشكل أبطأ مقارنة بسابقتها وصولاً إلى درجة حرارة التخزين الدائمة، والسبب يعود إلى أن طريقة التبريد بالتوصيل الثلجي بطيئة وغير متجانسة مقارنة بالحمل الثلجي الذي يعمل على تبريد المنتجات بشكل أسرع وتجانس أكبر وتحافظ على رطوبة عالية حول المنتجات، وتعدّ طريقة الحمل الثلجي ذات كفاءة تبريد أكبر وأسرع من طريقة التوصيل الثلجي (Ryall and Pentzer, 2000).

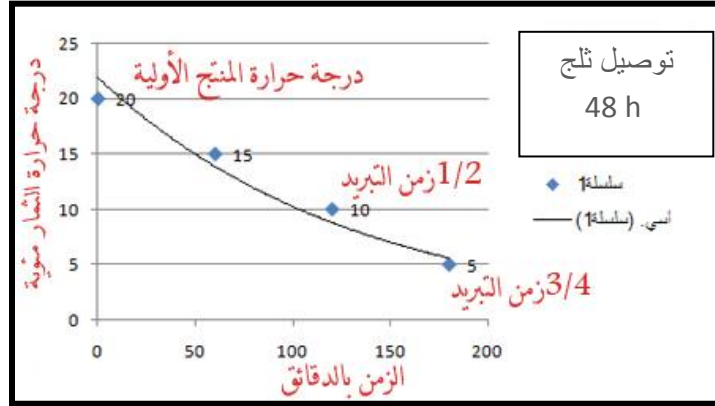
أمّا حرارة الثمار المعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف ففي البداية كانت تصل إلى 20 درجة مئوية، وتمكنت هذه الطريقة من خفض درجة حرارة الثمار إلى 15 درجة مئوية خلال 60 دقيقة، وباستمرار عملية التبريد تمكنت من خفضها إلى درجة حرارة تصل إلى 10 درجات مئوية خلال 120 دقيقة، وهي نصف قيمة الحرارة الابتدائية للثمار، وتمثل مرحلة نصف زمن التبريد الأولي، ثم واصلت الثمار انخفاض درجة حرارتها وصولاً في النهاية إلى درجة حرارة للثمار 5 درجات مئوية خلال 180 دقيقة، وتمثل هذه المرحلة 4/3 زمن التبريد، وهي مرحلة انتهاء التبريد الأولي بشكل كامل (الجدول 12)

جدول (12) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي
بعد 48 ساعة من القطاف

مرحلة التبريد الأولي	المرحلة البدائية	مرحلة انتقالية	مرحلة 1/2 زمن التبريد	مرحلة 3/4 زمن التبريد
درجة حرارة الثمار °م	20	15	10	5
الزمن بالدقائق	0	60	120	180

ومُنِّلتِ النتائج على مخطط تغير درجة حرارة المنتج مع زمن التبريد ومراحله؛ وذلك تبعاً لدراسة (De Castro et al., 2004; Hardenburg et al., 1986; Thompson et al., 2001)

(الشكل 40) وأحكام إغلاق الوجه العلوي بكامله لجهاز التبريد الأولي بلوح زجاجي سميك من أجل حصر عملية التبريد الأولي ضمن جهاز التبريد الأولي بكامله.



الشكل (40) تغير درجة حرارة الثمار بتغير الزمن وفق طريقة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي

بعد 48 ساعة من القطاف

4-5- صلابة الثمار :

تأتي صلابة ثمار التفاح في مقدمة الصفات الشكلية والحسية التي يعتمد عليها نجاح تسويق ثمار التفاح فضلاً عن الصفات الأخرى كنسبة المواد الصلبة الذائبة وغيرها (Kappel et al., 2002).

وتتباين صلابة ثمار التفاح بتباين مجموعة من العوامل، أهمها: اختلاف الأصناف، ومنطقة الزراعة، وموعد القطاف، ومعاملات ما قبل القطاف وما بعده، وطرائق التبريد والتخزين المتبعة.

وتبين نتيجة تطبيق معاملات التبريد الأولي على ثمار التفاح صنف الجولدن ديليشس فعاليتها؛ وذلك في الحفاظ على أقل نسبة فقد في الصلابة، أو قساوة الثمار.

متوسط الصلابة بعد 30 يوماً من التخزين المبرد، والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف :

يبين الجدول رقم (13) تغيرات متوسطات الصلابة خلال مدة التخزين لمعاملات التبريد الأولي لثمار صنف التفاح الغولدن ديليشس، إذ يلاحظ انخفاض قيم الصلابة للثمار مع زيادة مدة التخزين وحتى نهايتها.

وتبين أن هناك انخفاضاً تدريجياً بسيطاً في قيم الصلابة بعد 30 يوماً من التخزين المبرد بين معاملات التبريد الأولي والشاهد؛ مقارنة ببداية التخزين، وقد دلت نتائج التجارب على عدم وجود فروق معنوية لدى

معاملات التبريد الأولي مع الشاهد وبين المعاملات نفسها، في حين أظهرت معاملتا التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلجي أعلى قيمة فقد بالصلابة وصلت إلى (6.21 و 6.26 كغ/سم²) على التوالي، مقارنة ببداية مدة التخزين بقيمة وصلت إلى 6.8 كغ/سم² والشاهد 6.4 كغ /سم²، وبالمقابل أظهرت نتائج التجارب في الحصول على أقل قيمة فقد بالصلابة لدى معاملتي التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي التي وصلت إلى (6.76 و 6.56 كغ / سم²) على التوالي مقارنة ببداية مدة التخزين والشاهد.

جدول (13) متوسطات الصلابة كغ / سم² لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي

خلال مدة 24 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين	الشاهد	
4.22 ^{b c d}	4.75	5.1	5.73	6.4 ^{a b c}	6.8	حمل ماء	
5.9 ^a	6.23	6.59	6.7	6.76 ^a		توصيل ماء	
4.5 ^{b c d}	4.83	5.36	5.86	6.21 ^{a b c d}		حمل ثلج	
5.35 ^b	5.5	5.61	6.28	6.56 ^{a b}		توصيل ثلج	
4.57 ^{b c}	4.95	5.4	5.9	6.26 ^{a b c d}		LSD 5%	
0.45	1.02	0.86	0.74	0.78			

* تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط الصلابة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف :

تبين النتائج في الجدول (13) أن هناك انخفاضاً ملحوظاً في قيم الصلابة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد بين معاملات التبريد الأولي والشاهد، مقارنة ببداية التخزين، وقد دلت نتائج التجارب على وجود تفوق معنوي لمعاملتي التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج على الشاهد بقيمة وصلت إلى (5.9 و 5.35 كغ/سم²) على التوالي، وهي القيمة العليا في المحافظة على قيم الصلابة؛ مقارنة بالشاهد، وهي القيمة القليلة 4.22 كغ/سم²، وقد أظهرت نتائج التجارب عدم وجود فروق معنوية بين معاملتي التبريد الأولي توصيل ماء وتوصيل ثلج ، إذ كانت قيم الصلابة وصلت إلى 4.5 و 4.57 كغ/ سم² على التوالي؛ مقارنة بالشاهد.

وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي بين بعضها بعضاً في التجربة، وقد أظهرت النتائج تفوقاً معنوياً لمعاملة التبريد الأولي حمل ماء على معاملة التبريد الأولي توصيل ماء بقيمة وصلت إلى 5.9 كغ/سم²؛ فضلاً عن التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ثلج على معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بقيمة تصل إلى 5.9 كغ/سم².

وتبين عدم وجود فرق معنوي بين معاملتي التبريد الأولي توصيل ماء وتوصيل ثلج، ويمكن تفسير ماسبق بأن هناك تحولات مسؤولة إلى حد كبير عن ليونة لب الثمار (يونس، 1993)، وهذه التحولات لها علاقة وثيقة بين تحلل البكتين وصلابة الثمار من جهة، ودرجة حرارة الثمار من جهة أخرى؛ وقد يعود تفوق معاملة التبريد الأولي بالحمل بالماء مقارنة بباقي المعاملات إلى أن عملية التبريد السريع لثمار التفاح بعد القطاف أدت إلى المحافظة على صلابتها نتيجة محافظتها على نسبة أعلى من البكتين ومن ثم المحافظة على صلابة الثمار.

متوسط الصلابة بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف:

تبين النتائج في الجدول (14) أن هناك انخفاضاً أكبر بقيم الصلابة بعد 30 يوماً من التخزين المبرد، والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف؛ مقارنة بالقيم من الشهر الأول خلال 24 ساعة من القطاف؛ وذلك بين المعاملات والشاهد.

وقد دلت نتائج التجارب على عدم وجود فروق معنوية لدى معاملات التبريد الأولي مع الشاهد وبين المعاملات نفسها، في حين أظهرت أعلى قيمة فقد بالصلابة معاملتا التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلجي بقيمة وصلت إلى (6.11 و 6.19 كغ/سم²) على التوالي، وقد أظهرت أقل قيمة فقد بالصلابة معاملتا التبريد الأولي بالحمل الثلجي والحمل المائي بقيمة وصلت إلى (6.42 و 6.7 كغ/سم²) على التوالي، في حين أظهرت قيمة الصلابة لدى الشاهد بقيمة 6.22 كغ/سم²، وفي بداية التخزين بقيمة 6.74 كغ/سم².

جدول (14) متوسطات الصلابة كغ / سم² لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي

بعد مدة 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
3.44 ^{b c d e}	4.02	4.54	5.32	6.22 ^{a b c}	6.74	الشاهد	
5.01 ^a	5.27	5.69	6.65	6.7 ^a		حمل ماء	
3.76 ^{b c d}	4.08	4.89	5.54	6.11 ^{a b c d}		توصيل ماء	
4.33 ^b	5.27	5.15	6.39	6.42 ^{a b}		حمل ثلج	
4.1 ^{b c}	4.68	5.21	5.71	6.19 ^{a b c d}		توصيل ثلج	
0.21	0.64	0.44	0.93	0.605		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط الصلابة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف:

دلت النتائج في الجدول (14) أن هناك تفاوتاً في قيم الصلابة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد، والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف، إذ انخفضت قيمة الصلابة في ثمار الشاهد إلى 3.44 كغ/سم² وتفوقت معنوياً معاملة التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج على الشاهد بقيمة وصلت إلى (5.01 و 4.33 كغ/سم²) على التوالي، وتلتها بالتفوق المعنوي معاملي التبريد الأولي توصيل ثلج وتوصيل ماء على الشاهد بقيمة وصلت إلى (4.1 و 3.76 كغ/سم²) على التوالي، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي ببعضها بعضاً، ودلت النتائج على وجود تفوق معنوي للثمار المعاملة بالحمل بالماء بقيمة وصلت إلى 5.01 كغ/سم² على الثمار المعاملة بالتوصيل بالماء، وقد تفوقت معنوياً أيضاً الثمار المعاملة بالحمل بالثلج بقيمة وصلت إلى 4.33 كغ/سم² على الثمار المعاملة بالتوصيل بالثلج فضلاً عن التفوق المعنوي للثمار المعاملة بالحمل بالماء على الثمار المعاملة بالحمل بالثلج بقيمة وصلت إلى 5.01 كغ/سم²، وقد أظهرت النتائج تفوقاً معنوياً لثمار التفاح المعاملة بالتوصيل بالثلج على الثمار المعاملة بالتوصيل بالماء بقيمة وصلت إلى 4.33 كغ/سم²، ويمكن تفسير نقصان الصلابة الحاصل بعد 150 يوماً من التخزين المبرد للثمار بتحلل المواد البكتينية الرابطة بين جدر الخلايا، في حين ظهر تأثير معاملة التبريد الأولي في الحفاظ على متانة الجدر والحفاظ على أقل قيمة فقد في الصلابة حتى نهاية مدة التخزين (العاني، 1985).

متوسط الصلابة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة ويعد 48 ساعة

من القطاف :

يبين الجدول رقم (15) مقارنة متوسطات الصلابة بين معاملات التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف؛ وذلك بعد 150 يوماً من التخزين المبرد لدى ثمار التفاح صنف غولدن ديليشس، وبيّنت النتائج وجود تفوق معنوي لثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال مدة 24 ساعة من القطاف بقيمة وصلت إلى 5.9 كغ/سم² على الثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بعد مدة 48 ساعة من القطاف بقيمة وصلت إلى 5.01 كغ/سم²، وتفاوتت معنوياً معاملة التبريد الأولي حمل ثلج خلال مدة 24 ساعة من القطاف بقيمة وصلت إلى 5.35 كغ/سم² على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بعد مدة 48 ساعة من القطاف بقيمة وصلت إلى 4.33 كغ/سم²، في حين لم تتفوق معنوياً معاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بعد مدة 24 ساعة من القطاف، وكانت الصلابة فيها 4.5 كغ/سم² على معاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء بعد مدة 48 ساعة من القطاف، وكانت الصلابة عندها 3.76 كغ/سم² فضلاً عن عدم وجود فروق معنوية بين معاملتي التبريد الأولي التوصيل بالثلج خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف وكانت قيم الصلابة على التوالي (4.57 و 4.1 كغ/سم²)، وتأتي هذه النتيجة متوافقة مع مذكروه (Ashtari, 2004) عن ثمار الإجاص وذلك في فاعلية التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف وعدم التأخير في عملية التبريد السريع للثمار بعد القطاف، إذ أدت إلى المحافظة على صلابتها نتيجة احتوائها على نسبة أعلى من البكتين خلال مدة 24 ساعة من القطاف، مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف ومن ثمّ المحافظة على صلابة الثمار بشكل أكبر.

وبيّنت دراسة (Song, 2000) أنّ الحاصلات البستانية تكون معرضة لتغيرات كيميائية مستمرة بعد الحصاد، هذه التغيرات لا يمكن إيقافها ولكن يمكن إبطاؤها؛ ومن تلك التغيرات الكيميائية تحول المواد البكتينية، وهذه لها علاقة مباشرة بصلابة الثمار؛ وهذا يعود إلى تأخير عملية التبريد الأولي، ووفقاً لدراسة (Sastry and Baird, 1978) عن طريقة انتقال الحرارة بالتوصيل بالثلج والماء، لدى ثمار الفاكهة هناك بطء وتأخر في انتقال الطاقة الحرارية من وسيط التبريد إلى المنتج، وهذا يؤثر في تأخير التغيرات والتفاعلات الكيميائية ونشاط الانزيمات وفي إبطائها لذلك لابدّ من دراسة معاملات التبريد الأولي المناسبة

لإيصال حرارة التبريد بشكل سريع إلى لب الثمار لإيقاف هذه التغيرات، وهذا ما يحفز بإجراء معاملات التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة مقارنة بمدة 48 ساعة، واختيار طريقة التبريد السريعة والمناسبة للمنتج وفقاً لدراسة (Fricke and Becker, 2005)، وتتوافق هذه النتائج مع دراسة (Dincer, 1996) عن ثمار صنف الكرز (لامبرت)، إذ أجريت التجربة على معاملات التبريد الأولي المباشر وغير المباشر خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف، ودلت نتائج التجربة على وجود تفوق معنوي للثمار المعاملة بتبريد أولي مباشر خلال مدة 24 ساعة من القطاف مقارنة بالثمار المعاملة بتبريد أولي غير مباشر فضلاً عن تفوق قيم المعاملة خلال مدة 24 ساعة من القطاف على الثمار المعاملة بالتبريد بعد مدة 48 ساعة من القطاف.

وتتوافق مع دراسة (Hardenburg et al., 1986) عن طرائق انتقال الحرارة بالتبريد الأولي لدى ثمار الفاكهة، في حين تم الحصول على أفضل النتائج لدى معاملة الثمار مباشرة بالماء البارد والتلج عدة دقائق مقارنة بالثمار المعاملة بالتبريد الأولي غير المباشر بالتوصيل بالماء والتلج فضلاً عن تفوق قيم معاملتي الحمل والتوصيل خلال 24 ساعة من القطاف مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف، وهذه تتوافق مع دراسة (Robbins and Moore, 1992) إذ أجرى دراسته على ثمار تفاح صنف Cortland، وكذلك الأمر تتوافق مع دراسة (Sivakumar and Korsten, 2007) على ثمار صنف الخوخ (سانتاروزا) التي أبدت نتائجها تأثيراً إيجابياً بتأثير استعمال معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلج، إذ حافظت على أقل نسبة ضياع في صلابة الثمار وقساوتها خلال 24 ساعة، واستمر انخفاض صلابة الثمار بتأثير معاملات التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلج بعد مدة 48 ساعة من القطاف، وهذا ما يدعم جدر الخلايا خلال مدة 24 ساعة من القطاف، ويقلل من تحلل المواد البكتينية الرابطة بين جدر الخلايا (Paliyath and murr, 2006).

جدول (15) متوسطات الصلابة كغ / سم² لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة شهور من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف

المعاملات					
المقارنة	الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج
متوسط الصلابة في معاملة التبريد الأولي خلال 24h	4.22	5.9 ^a	4.5 ^a	5.35 ^a	4.57 ^a
متوسط الصلابة في معاملة التبريد الأولي بعد 48h	3.44	5.01 ^b	3.76 ^a	4.33 ^b	4.1 ^a
LSD 5%		0.32	0.98	0.7	0.59

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-6- نسبة المواد الصلبة الذائبة %:

ثمار التفاح من ثمار الفاكهة كلايمكترية (climatic fruits) وهي الثمار التي يصاحب نضجها ارتفاع في التنفس وإنتاج الإثيلين وهي سريعة التدهور بعد حصادها ومن ثمَّ فإنَّ جودة ثمارها تستند بالدرجة الأولى إلى تحديد الموعد الأمثل للقطف، وإجراء التبريد الأولي، إذ إنَّ القطف المبكر يعني عدم اكتمال تكوينها؛ من حيث حجم الثمار ولونها وطعمها ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة التي تعدُّ أحد عوامل الجودة المحددة لقابلية تسويق ثمار التفاح، وخيارات المستهلك الشرائية المتمركزة بشكل أساسي على لون ثمار التفاح والصلابة ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة (Walsh, 2006)، ويؤدي التأخر في إجراء معاملات التبريد الأولي إلى تدني مواصفاتها الإنتاجية وانخفاض قدرتها التسويقية والتخزينية على حد سواء (Kader, 2002)، وعلى هذا فإنَّ الإسراع في التبريد الأولي من أهم العوامل المؤثرة في محتواها الأمثل من المواد الصلبة الذائبة.

متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من

القطف:

يبين الجدول رقم (16) تغيّرات متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة خلال مدد التخزين لمعاملات التبريد الأولي لثمار التفاح صنف الغولدن ديليشس إذ يلاحظ ازدياد نسب المواد الصلبة الذائبة للثمار مع زيادة مدة التخزين وحتى نهايته.

وتبيّن نتيجة تطبيق معاملات التبريد الأولي على ثمار التفاح صنف الغولدن ديليشس بطرائق: حمل ماء وحمل ثلج أنّ هذه الطرائق أثبتت فعاليتها بشكل واضح في الحفاظ على أقل نسبة ارتفاع للمواد الصلبة الذائبة مقارنة بمعاملات التبريد الأولي الأخرى من توصيل ماء، وتوصيل ثلج، إذ ارتفعت نسبة المواد الصلبة الذائبة فيها بعد مرور شهر على التخزين، وقد دلت نتائج التجارب على عدم وجود فروق معنوية بين معاملات التبريد الأولي والشاهد وبين المعاملات نفسها، في حين وصلت أعلى نسبة للمواد الصلبة الذائبة لدى الشاهد إلى 12.81% مقارنة ببداية التخزين التي كانت فيها 12.19% تليها الأقل نسبة معاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء بنسبة 12.64%، ومعاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بنسبة 12.52%، بالمقابل تم الحصول على أقل نسبة ارتفاع في المواد الصلبة الذائبة في معاملي التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج، وكانت نسبة المواد الصلبة الذائبة تصل فيها إلى (12.24 و 12.35%) على التوالي .

. جدول (16) متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس

والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
14.86 ^a	14.33	13.83	13.22	12.81 ^a	12.18	الشاهد	
13.33 ^{b c d}	12.96	12.56	12.45	12.24 ^{a b c d}		حمل ماء	
14.66 ^{a b}	14	13.82	13.21	12.64 ^{a b}		توصيل ماء	
13.9 ^{b c d}	13.61	13.11	12.73	12.35 ^{a b c d}		حمل ثلج	
14.29 ^{a b c}	13.95	13.22	12.84	12.52 ^{a b c}		توصيل ثلج	
0.66	1.19	2.05	1.47	1.6		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من

القطاف:

دلت نتائج التجارب المعروضة في الجدول رقم (16) على وجود فروق معنوية بين معاملتي التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج مع الشاهد، إذ إنَّ معاملة الشاهد تفوقت معنوياً على معاملتي التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج؛ وذلك في الحصول على أعلى نسبة ارتفاع بالمواد الصلبة الذائبة وصلت إلى 14.86 % مقارنة بالمعاملات كلها فضلاً عن معاملة التبريد الأولي ماء حمل التي حصلت على أقل نسبة ارتفاع في المواد الصلبة الذائبة وصلت فيها إلى 13.33%، تليها معاملة التبريد الأولي حمل ثلج وصلت فيها إلى 13.9 %، في حين لم تظهر التجارب أية فروق معنوية بين الشاهد و معاملتي التبريد الأولي توصيل ماء وتوصيل ثلج، وكانت نسب المواد الصلبة الذائبة فيها على التوالي (14.66 و 14.29 %)، وقد أجريت مقارنة النتائج بين المعاملات نفسها، وأبدت تفوقاً معنوياً واحداً لمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء بنسبة 14.66 % على معاملة التبريد الأولي ماء حمل التي وصلت فيها 13.33 %.

أمَّا بقية المعاملات فيما بينها فلم تُبدِ أية فروق معنوية وقد يعزى ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة في الثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلجي إلى ازدياد معدل فقد الماء من الثمار خلال التخزين، وتدهور جودة الحاصلات البستانية، وفقد القوام والقيمة الغذائية والوزن، ولوحظ أنها طريقة بطيئة في إيصال حرارة التبريد من وسيط التبريد إلى المنتج، ومن ثمَّ هناك تأخير وبطء في إيقاف التفاعلات الحيوية التي تسبب تلفاً للثمار بعد الحصاد (DeEll et al., 2000)

متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من

القطاف:

تبيّن لدينا من الجدول رقم (17) أن التجارب دلت على عدم وجود فروق معنوية بين معاملات التبريد الأولي والشاهد وبين المعاملات نفسها، في حين وصل الشاهد إلى 13.12 %، وهي الأعلى نسبة بين معاملات التبريد الأولي كلها ومقارنة ببداية التخزين كانت فيها 12.54 %، وكانت الأخفض نسبة بين معاملات التبريد الأولي كلها معاملة الحمل المائي بنسبة تصل إلى 12.74 %، تليها معاملة حمل ثلج

12.83 %، وقد أظهرت معاملتا التبريد الأولي التوصيل بالماء والتلج أعلى نسبة ارتفاع وصلت إلى (13 و 12.95 %) على التوالي مقارنة بطريقة التبريد بالحمل (ماء - تلج) .

. جدول (17) متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس

و المعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
15.21 ^a	14.9	14.11	13.74	13.12 ^a	12.54	الشاهد	
14.23 ^{b c d}	13.89	13.44	13.2	12.74 ^{a b c d}		حمل ماء	
14.87 ^{a b}	14.41	13.96	13.51	13 ^{a b}		توصيل ماء	
14.44 ^{b c d}	13.98	13.52	13.25	12.83 ^{a b c d}		حمل تلج	
14.56 ^{b c}	14.3	13.87	13.44	12.95 ^{a b c}		توصيل تلج	
0.4	1.89	3.44	2.47	2.5		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من

القطاف:

دلت النتائج المدونة في الجدول رقم (17) على وجود تفوق معنوي للشاهد، وهي النسبة العليا بين معاملات التبريد الأولي كلها بنسبة تفوق 15.21 %، على معاملة التبريد الأولي حمل ماء التي وصلت فيها إلى 14.23 %، وهي الأخفض نسبة بين المعاملات كلها في حين لم تظهر بقية معاملات التبريد الأولي فروقاً معنوية مع الشاهد، وكانت نسبة المواد الصلبة الذائبة في معاملة التبريد الأولي توصيل ماء وصلت إلى 14.87 % تليها معاملة التبريد الأولي توصيل تلج وصلت إلى 14.56 %.

أمّا معاملة التبريد الأولي حمل تلج وصلت فيها إلى 14.44 % فضلاً عن مقارنة التجارب بين معاملات التبريد الأولي مع بعضها البعض، وأظهرت نتائج التجارب وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بنسبة وصلت إلى 14.87 %، فيما أبدت بقية

المعاملات فيما بينها عدم وجود فروق معنوية، وتأتي هذه النتائج متوافقة مع ما توصل إليه (Maxie et al., 1959) عند دراستهم لأفضل الأصناف من حيث محتواها من المواد الصلبة الذائبة التي بلغت 12.30%، وقد دلت النتائج على أن نسبة المواد الصلبة الذائبة كانت أقل عند القطاف، وأجريت معاملات التبريد الأولي فكانت وسطياً 13.26 % خلال مدة 24 ساعة من القطاف، و 14.19 بعد مدة 48 ساعة من القطاف، ويمكن تفسير النتيجة بأنه مع زيادة مدة التخزين وتقدم عمر الثمار تزداد سرعة تنفسها، ومن ثمّ تتحلل بعض المركبات المكونة للثمار إلى مركبات أبسط والتي بدورها تزيد من نسبة المواد الصلبة الذائبة فيها (العاني، 1985)، فضلاً عن ذلك فمع زيادة المدة التخزينية للثمار يزداد معدل فقد الماء منها، من ثمّ تتركز الذائبات ضمن الثمار بشكل أكبر الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة، ولكن مع استمرار تخزين الثمار مدة أطول يحصل تراجع في نسبة المواد الصلبة الذائبة نتيجة تراجع نسبة السكريات الذوابة فيها بسبب استمرار عملية التنفس؛ وهذا يتوافق مع دراسة (Toivonen et al., 2004)، ومع استقرارها في مراحل متقدمة كنتيجة للتوازن بين استهلاك السكريات البسيطة وتحلل الكربوهيدرات المعقدة الأخرى، وهذا يتفق مع (Osterloh, 1980; Schulz, 1996).

ويلاحظ أن الزيادة الحاصلة في نسبة المواد الصلبة الذائبة خلال المدة التخزينية كانت محدودة في معاملات التبريد بالحمل المائي والتبريد بالحمل بالتلج مقارنة بالمعاملات الأخرى وهذا يتوافق مع دراسة (Sastry and Baird, 1978) إذ أجرى دراسته على ثمار صنف التفاح Grany Smith، وكذلك تتوافق نتائجه مع دراسة (Sivakumar and Korsten, 2007) على ثمار الخوخ التي أبدت نتائجها تأثيراً إيجابياً باستعمال معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلج، إذ حافظت على أقل نسبة ارتفاع في نسبة المواد الصلبة الذائبة خلال 24 ساعة، في حين استمر ارتفاع النسب بتأثير معاملات التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلج بعد مدة 48 ساعة من القطاف، ومن ثمّ تتركز الذائبات ضمن الثمار بشكل أكبر حيث يسود سكر الفركتوز في ثمار التفاح وتزداد كميته مع نمو الثمرة، تستمر هذه الزيادة بعد القطاف حتى مرحلة الشيخوخة حيث تتخفض كميته بسبب استهلاكه في عملية التنفس (يونس، 1993).

متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24

ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف :

أجريت مقارنة متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة بين معاملات التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة و48 ساعة من لحظة القطاف؛ وذلك بعد 150 يوماً من التخزين المبرد لدى ثمار التفاح صنف الغولدن ديليشس، ولوحظ من الجدول رقم (18) أن هناك تفوقاً معنوياً لمعاملة التبريد الأولي ماء حمل بعد مدة 48 ساعة من القطاف بنسبة وصلت إلى 14.23% على معاملة التبريد الأولي حمل ماء خلال مدة 24 ساعة من القطاف بنسبة وصلت إلى 13.33%، وهي النسبة الأكثر انخفاضاً بين المعاملات كلها، فضلاً عن وجود تفوق معنوي للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي بعد مدة 48 ساعة من القطاف بنسبة 14.44% على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج خلال مدة 24 ساعة من القطاف بنسبة 13.9%، في حين لم تظهر معاملة التبريد الأولي توصيل ماء خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف فروقاً معنوية فيما بينها، وكانت النسب على التوالي: (14.66 و 14.87 %) فضلاً عن عدم وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالثلج خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف، وكانت النسب على التوالي: (14.29 و 14.56 %)؛ وهذا يتوافق مع مذكره (Toussaint et al., 1955) عن ثمار تفاح صنف Boiken من أن القيام بعمليات التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف فإنها تحافظ على عدم ارتفاع نسبة المواد الصلبة الذائبة لأنَّ معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف تثبط تنشيطاً أسرع وتحد من نشاط الأنزيمات التي تعمل على هدم المواد البكتينية والسيلولوزية المسؤولة عن زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة، ويلاحظ أن محتوى ثمار الشاهد ومعاملات التبريد الأولي بلغت أعلى نسبة من المواد الصلبة الذائبة % وذلك بعد 150 يوماً من التخزين المبرد ولاسيما بعد مدة 48 ساعة من القطاف مقارنة مع معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف؛ وهذا قد يكون نتيجة لاستمرار تدهم النشاء الذي مازال موجوداً في الثمار، وتوافقت هذه النتيجة مع دراسة (Osterloh, 1980; Schulz, 2000).

جدول (18) متوسطات نسبة المواد الصلبة الذائبة لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف

المعاملات					
المقارنة	الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج
متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة في معاملة التبريد الأولي خلال 24h	14.86	13.33 ^b	14.66 ^a	13.9 ^b	14.29 ^a
متوسط نسبة المواد الصلبة الذائبة في معاملة التبريد الأولي بعد 48h	15.21	14.23 ^a	14.87 ^a	14.44 ^a	14.56 ^a
LSD 5%		0.33	2.8	0.24	1.24

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-7- حجم الثمار :

حجم الثمار مرتبط بالفقد المائي الناتج عن تبخر الماء من سطح الثمار في أثناء التخزين، ويعد من العوامل المهمة والمؤثرة تأثيراً كبيراً في جودة الثمار (Perez et al., 2003) إذ يسبب ذوبلها، ويخفض من قيمتها التسويقية (Ball,1997) وتتباين شدة الفقد تبعاً لعدة عوامل، منها: درجة حرارة التخزين، ومعاملات التبريد الأولي، والرطوبة النسبية ومعدل التنفس الذي يعد من أهم المشكلات المحددة لنجاح عمليتي النقل والتسويق لهذه الثمار (Mozetic et al., 2006)؛ ولذلك فهو من المؤشرات الفيزيائية الأكثر تأثيراً في جودة ثمار التفاح المخزنة خاصة من الناحية التسويقية، وقد أمكن باستخدام تقنيات ومعاملات التبريد الأولي التقليل من أضرار الفقد في حجم الثمار الحاصلة خلال عملية التخزين، والنمط العام للتغيرات في حجم الثمرة خلال مراحل النمو والنضج مشابه للنمط العام للتغيرات في وزن الثمرة، فقد يكون سبب انخفاض حجم الثمار لانخفاض المحتوى المائي وزيادة نفاذية الأغشية وحصول زيادة في فعالية الأنزيمات الخاصة بالنضج التي تؤدي إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة وزيادة تحول السكريات (Mozetic et al., 2004)، وهذه العوامل بدورها تساعد على إسراع عملية النضج.

متوسط حجم الثمار بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف :

بيّن الجدول رقم (19) متوسطات حجم الثمار سم³ خلال 24 ساعة من القطاف، إذ يلاحظ ارتفاع قيمة الفقد بالحجم للثمار مع زيادة مدة التخزين للمعاملات كلها منذ بداية التخزين حتى نهايته، سواء في ثمار الشاهد أو في ثمار المعاملات المدروسة، مع الإشارة إلى تباين قيمة هذا الفقد بين معاملة وأخرى .

أشارت النتائج في الجدول رقم (19) بعد مرور 30 يوماً على تخزين ثمار التفاح صنف الغولدن إلى تفوق معاملة الشاهد معنوياً، إذ وصل فيها حجم الثمار إلى 172.3 سم³ على معاملة التبريد الأولي توصيل ماء التي وصل فيها حجم الثمار إلى 164 سم³، وهي الأخفض قيمة في حجم الثمار مقارنة ببقية معاملات التبريد الأولي والشاهد، في حين لم تظهر بقية معاملات التبريد الأولي أية فروق معنوية مع الشاهد، وكانت الأعلى قيمة في الحفاظ على حجم الثمار معاملتا التبريد الأولي حمل ماء و حمل ثلج على التوالي بقيمة (174.6 و 173.7 سم³)، تليها معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج التي وصلت فيها إلى 168.2 سم³، وقد أجريت مقارنة المعاملات فيما بينها، وأظهرت نتائج التجارب وجود تفوق معنوي للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي حمل ماء على معاملة التبريد الأولي توصيل ماء بقيمة وصلت إلى 174.6 سم³ ولم تُبدِ بقية المعاملات أية فروق معنوية فيما بينها.

وهذا يتوافق مع ما ذكره (Geeson, 1981) حيث أكد أن هذا يعود إلى تأثير استخدام معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي في توفير الرطوبة النسبية حول الثمار المبردة التي تسهم في تقليل شدة النتج الحاصل من الثمار الذي ينعكس على انخفاض نسبة الفقد المائي منها، ومن ثمّ على الفقد في الحجم.

جدول (19) متوسطات حجم الثمار سم³ لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف

مدة التخزين						المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
130.5 ^{b c d}	136.4	149.6	165	172.3 ^{a b c}	176.2	الشاهد	
147.6 ^a	155.4	163.6	171.5	174.6 ^a		حمل ماء	
135 ^{b c d}	140.9	150	156.3	164 ^{b c d}		توصيل ماء	
143.7 ^{a b}	149	160.8	168.2	173.7 ^{a b}		حمل ثلج	
139.2 ^{a b c}	145.9	153.7	159	168.2 ^{a b c d}		توصيل ثلج	
11	2.9	26	28	7.5		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العنود

متوسط حجم الثمار بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف:

تشير نتائج التجارب بعد مرور 30 يوماً على تخزين ثمار التفاح صنف الغولدن إلى أنَّ معاملة التبريد الأولي حمل ماء وهي الأعلى قيمة في الحفاظ على حجم الثمار مقارنة ببقية معاملات التبريد الأولي الأخرى والشاهد، وتدل النتائج في الجدول رقم (19) على وجود تفوق معنوي للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بقيمة وصلت إلى 147.6 سم³ على الشاهد الذي وصل إلى 130.5 سم³. وقد أظهرت أيضاً معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بتفوق معنوي على الشاهد بقيمة وصلت إلى 143.7 سم³، في حين لم تُبدِ بقية معاملات التبريد الأولي أية فروق معنوية مع الشاهد وكانت الأعلى قيمة بعد معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي معاملة التبريد الأولي حمل ثلج، تليها معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بقيمة 139.2 سم³، وصولاً إلى أخفض قيمة في الحفاظ على حجم الثمار معاملة توصيل ماء بقيمة 135 سم³، فضلاً عن إجراء مقارنة المعاملات فيما بينها، ودلت نتائج التجارب على وجود تفوق معنوي لمعاملة ماء حمل على معاملة توصيل ماء بقيمة 147.6 سم³، فيما لم تظهر بقية معاملات التبريد الأولي مع بعضها أية فروق معنوية.

وهذا يتوافق مع ما أكدته (Geeson, 1981) بأنه يحدث للمحاصيل البستانية سواء ثمار الفاكهة أو الخضر أو نباتات الزينة عدة تغيرات كيميائية وفسيولوجية وباثولوجية تؤدي في النهاية إلى فسادها، وأهم التغيرات النقص الحادث في الحجم والقطر وسمك القشرة، ويرجع ذلك إلى فقد الماء بالبخار، ويمكن التقليل من شدة حدوثها بتجنب العوامل التي تساعد على البخر، إذ إنّ هذه التغيرات تؤثر في الوزن وصافي الربح ومدى قابلية المحصول للتسويق؛ وهذا يتوافق أيضاً مع دراسة (Parsons and Kasmire, 2006) على ثمار التفاح صنف جون كرايمز خلال 24 ساعة من القطف، إذ تم الحصول على أقل قيمة فقد بحجم الثمار لدى طريقة التبريد الأولي بالحمل المائي والتلج، والأسرع في انخفاض درجة حرارة الثمار، فهي تقلل من معدل تنفس الثمار وإنتاج الإيثيلين الذي يسبب النضج، ومن ثمّ تحد من زيادة فقد الرطوبة وفقد الوزن؛ لذلك فإنّ استخدام تقنيات ومعاملات التبريد الأولي يقلل من أضرار الفقد في حجم الثمار الحاصل خلال عملية التخزين. (Bachmann and Earles, 2005)

حجم الثمار بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف :

تشير النتائج في الجدول رقم (20) إلى أنّ أعلى قيمة فقد هي في حجم ثمار معاملة الشاهد مقارنة بالمعاملات الأخرى بنسبة 167.6 سم³، وإلى عدم وجود فروق معنوية بين معاملات التبريد الأولي المدروسة والشاهد وبين المعاملات نفسها، فقد كانت أعلى قيمة فقد في حجم الثمار بعد الشاهد معاملتي التبريد الأولي توصيل ماء و توصيل ثلج بقيمة وصلت إلى (160.7 و 165.4 سم³) على التوالي، في حين أظهرت أقل قيمة فقد في حجم الثمار معاملتي التبريد الأولي حمل ماء، تليها حمل ثلج بقيمة وصلت إلى (170.2 , 170 سم³) على التوالي.

جدول (20) متوسطات حجم الثمار سم³ لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي
بعد 48 ساعة من القطف

مدة التخزين						المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
114.4 ^{b c d e}	130	140.5	158.4	167.6 ^{a b c}	174.5	الشاهد	
137 ^a	143.7	158.2	163.5	170.2 ^a		حمل ماء	
121 ^{b c d}	133	143.8	148.2	160.7 ^{a b c d}		توصيل ماء	
131.6 ^b	139.5	154.4	160.7	170 ^{a b}		حمل ثلج	
125.3 ^{b c}	136.5	143.8	154.2	165.4 ^{a b c d}		توصيل ثلج	
3.9	2	0.68	5.3	13		LSD 5%	

*تتشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

حجم الثمار بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف :

تدل النتائج في الجدول رقم (20) على زيادة الفقد في حجم الثمار مع طول المدة التخزينية للثمار، وبشكل واضح في المعاملات غير المغمورة غمراً مباشراً بوسيط التبريد (توصيل مائي وثلجي)، إذ وصلت أعلى قيمة فقد في حجم الثمار في المعاملات التالية: الشاهد وتوصيل ماء، تليها توصيل ثلج بقيم وصلت إلى (114.4 و 121 و 125.3 سم³) على التوالي، ودلت النتائج على وجود تفوق معنوي لمعاملي تبريد أولي توصيل ثلج وتوصيل ماء على الشاهد بقيمة وصلت إلى (125.3 و 121 سم³) فضلاً عن التفوق المعنوي للثمار المعاملة بالتبريد الأولي بالحمل المائي بقيمة وصلت إلى 137 سم³ على الشاهد، وتفوق معنوي للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل الثلجي بقيمة 131.6 سم³ على الشاهد .

كما دلت نتائج التجارب على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ماء على معاملي التبريد الأولي توصيل ماء وحمل ثلج بقيمة 137 سم³، والتفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالثلج على معاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء بقيمة 125.3 سم³ ووجود فروقات معنوية بين معاملي التبريد الأولي حمل ثلج وتوصيل ثلج؛ وهي لصالح حمل ثلج بقيمة 131.6 سم³ .

تتوافق هذه الدراسة مع ماتوصل إليه (Stewart and Couey, 1963) على ثمار التفاحيات من أنَّ هناك دوراً لمعاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف مقارنة بمدة 48 ساعة من القطف في الحفاظ على جودة الثمار، وتتمثل في خلق الرطوبة النسبية العالية حول الثمار المبردة بشكل أسرع، والتبكير في إجراء معاملات التبريد الأولي يقلل من شدة النتح الحاصل من الثمار؛ ممّا يخفف الشدة التنفسية؛ وهذا بدوره يقلل من هدم المركبات العضوية داخل الثمرة ومن ثمّ يحافظ على حجمها بشكل أفضل.

وتتوافق مع دراسة (wang,1990) عندما أجرى تجاربه من معاملات التبريد الأولي على ثمار الفاكهة خلال 24 ساعة مقارنة بمدة 48 ساعة من القطف التي أظهرت نتائج إيجابية في الحصول على أعلى نسبة جودة في حجم الثمار خلال 24 ساعة من القطف مقارنة بمدة 48 ساعة من القطف، والمعاملة بتأثير الحمل المائي والتلج التي أبدت نتائج إيجابية أكبر على جودة حجم الثمار مقارنة بتأثير معاملة التوصيل المائي والتلجي في جودة حجم الثمار طيلة مدة التخزين .

حجم الثمار بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة ساعة 24 وبعد 48 ساعة من

القطف :

يبين الجدول رقم (21) مقارنة معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف بمعاملات التبريد الأولي خلال 48 ساعة من القطف، وقد أظهرت نتائج مقارنة معاملات التبريد الأولي تفوق معاملة التبريد الأولي حمل ماء خلال 24 ساعة على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بعد 48 ساعة معنوياً بقيمة حجم ثمار وصلت إلى 147.6 سم³، وتفوق معاملة التبريد الأولي حمل تلج خلال 24 ساعة على معاملة التبريد الأولي حمل تلج بعد 48 ساعة معنوياً بقيمة حجم وصلت إلى 143.7 سم³، وتفوق معاملة التبريد الأولي توصيل تلج خلال 24 ساعة على معاملة التبريد الأولي توصيل تلج بعد 48 ساعة معنوياً بقيمة حجم وصلت إلى 139.2 سم³، في حين لم تظهر نتائج مقارنة معاملة التبريد الأولي توصيل ماء خلال 24 ساعة مع معاملة التبريد الأولي توصيل ماء بعد 48 ساعة فروقاً معنوية؛ وهذا يتوافق مع ماتوصل إليه (Sousa and Ingle, 1989) من أنّه في حال التأخير بإجراء معاملات التبريد الأولي للحاصلات البستانية خلال 48 ساعة من القطف ومقارنتها بمعاملات التبريد خلال 24 ساعة من القطف تحدث زيادة تراكمية في نسبة الفقد في الحجم للثمار المبردة نتيجة زيادة شدة النتح ومعدل التنفس، كلما تأخرنا في إجراء

معاملات التبريد الأولي، وهذا مايفسر زيادة نسب الفقد مع زيادة طول مدة التخزين، و اختيار الطريقة الأسرع والأنسب في إيصال حرارة التبريد الأولي من وسيط التبريد إلى المنتج.

وتتوافق مع دراسة (kader and rolle, 2004) في استخدام معاملات التبريد الأولي لدى الحاصلات البستانية التي أبدت تأثيراً إيجابياً باستخدام الغمر أوالتغطيس المباشر بالماء والتلج لدى المنتجات الزراعية التي حافظت على أقل نسبة ضياع بحجم الثمار خلال 24 ساعة مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف، إذ إنّ كفاءة طاقة التبريد المباشر أفضل من كفاءة طاقة التبريد غير المباشر.

جدول (21) متوسطات حجم الثمارسم³ لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف

المعاملات					المقارنة
الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج	
متوسط حجم الثمار في معاملة التبريد الأولي خلال 24h	130.5	147.6 ^a	135 ^a	143.7 ^a	139.2 ^a
متوسط حجم الثمار في معاملة التبريد الأولي بعد 48h	114.4	137 ^b	121 ^a	131.6 ^b	125.3 ^b
LSD 5%		8.3	22.3	9.7	6.7

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-8- الفقد الطبيعي في وزن الثمار :

يبين الجدول رقم (22) تغيرات نسبة الفقد بالوزن لمعاملات التبريد الأولي لثمار التفاح صنف الغولدن ديليشس، إذ يلاحظ ارتفاع نسبة الفقد بالوزن للثمار مع زيادة المدة التخزينية سواء في ثمار الشاهد أم في المعاملات المدروسة؛ وهذا يتوافق مع دراسة (يونس وأبو ترابي، 2004) و (Getinet et al., 2008) من أن زيادة شدة الفقد بالوزن في الثمار تزداد طردياً مع طول مدة التخزين .

جدول (22) متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف

مدة التخزين					المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر		
10.21 ^a	6.7	4.73	1.87	1.09 ^{a b c}	الشاهد	
4.82 ^{b c d e}	3.57	2.87	1.24	0.66 ^{b c d}	حمل ماء	
9.1 ^b	6.48	4.08	2.31	1.54 ^a	توصيل ماء	
7.2 ^{b c d}	5.04	3.97	1.97	0.89 ^{b c d}	حمل ثلج	
8.41 ^{b c}	6.37	3.89	2.96	1.25 ^{a b}	توصيل ثلج	
0.59	0.74	0.48	0.54	0.57	LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط الفقد الطبيعي في الوزن بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من

القطاف:

أظهرت النتائج في الجدول (22) تباين نسبة الفقد بين معاملة وأخرى ضمن المدة الواحدة، فبعد ثلاثين يوماً من التخزين المبرد لوحظ أن أقل نسبة فقد بالوزن في ثمار التفاح صنف الغولدن كانت الثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بنسبة فقد وصلت إلى 0.66 %، مقارنة بالشاهد بنسبة وصلت إلى 1.09 %، تليها معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بنسبة وصلت إلى 0.89 %، في حين أظهرت أعلى نسبة فقد بالوزن معاملة التبريد الأولي توصيل ماء وثلج بنسبة (1.54 و 1.25 %) على التوالي مقارنة ببقية المعاملات، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي بالشاهد، ولم تُبدِ أية فروق معنوية، وبالمقابل أجريت

مقارنة المعاملات فيما بينها، وقد أظهرت النتائج وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي على معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي بنسبة وصلت إلى 1.54%. أمّا بقية المعاملات فيما بينها فلم تُبدِ فروقاً معنوية .

الفقد الطبيعي في الوزن بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف:

لوحظ من الجدول (22) بعد 150 يوماً من التخزين المبرد أن نسبة الفقد بالوزن زادت في المعاملات كلها ودلت النتائج على أن نسبة الفقد العليا كانت لدى الشاهد ووجود تفوق معنوي للشاهد بنسبة 10.21 % على المعاملات الآتية: حمل ماء، حمل ثلج ، توصيل ثلج، توصيل ماء بالنسب الآتية على التوالي: (4.82 و 7.2 و 8.41 و 9.1 %)، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، وأظهرت نتائج المقارنة التفوق المعنوي للمعاملات كلها فيما بينها، إذ أظهرت معاملة التبريد الأولي توصيل ماء تفوقاً معنوياً على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بنسبة 9.1%، كذلك الأمر التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل ثلج على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بنسبة 8.41% والتفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ثلج على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بنسبة 7.2 %، والتفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء على معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بنسبة 9.1%، مع العلم أن أعلى نسبة فقد كانت لدى الشاهد ومعاملة التبريد الأولي توصيل ماء والأخفض نسبة فقد كانت لدى معاملة التبريد الأولي حمل ماء، تليها معاملة التبريد الأولي حمل ثلج، ويعود ذلك إلى تأثير معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي في تقليل نسبة الفقد بالوزن للثمار، وإلى زيادة نسبة الرطوبة حول الثمار من جهة؛ ممّا يسهم في التقليل من الفرق في ضغط بخار الماء بين الثمار والهواء المحيط؛ وهذا يقلل من شدة النتح ومن جهة أخرى يقلل من معدل التنفس، فيخفض من معدل هدم المواد الكربوهيدراتية في الثمرة، ومن ثمّ يحافظ على وزنها . (Harvey, 1978).

الفقد الطبيعي في الوزن بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف:

لوحظ ازدياد الفقد في الوزن بعد 48 ساعة من القطاف من الشهر الأول مقارنة مع 24 ساعة من القطاف، وقد أظهرت معاملة التبريد الأولي توصيل ماء في الحصول على أعلى نسبة فقد في الوزن وصلت إلى 1.88 % مقارنة بالشاهد الذي وصل فيه نسبة الفقد إلى 1.83 %، والمعاملات كلها، تليها نسبة الفقد في معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج 1.59 %، وكانت الأقل نسبة الفقد في الوزن معاملتي التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج بنسبة وصلت إلى (1.43 و 1.67 %) على التوالي، ولم تُبدِ أية فروق معنوية للمعاملات مع الشاهد وبين معاملات التبريد الأولي فيما بينها. (الجدول 23)

جدول (23) متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس

والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين					المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر		
14.03 ^a	11.93	5.51	2.92	1.83 ^{a b}	الشاهد	
8.42 ^{b c d e}	6.55	4.46	2.84	1.43 ^{a b c d}	حمل ماء	
13.65 ^b	11.05	5.38	3.08	1.88 ^{a b}	توصيل ماء	
8.65 ^{b c d}	7.6	4.88	2.87	1.59 ^{a b c d}	حمل ثلج	
12.93 ^{b c}	9.71	4.9	3.03	1.67 ^{a b c}	توصيل ثلج	
0.18	0.54	0.37	0.1	0.95	LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط الفقد الطبيعي في الوزن بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف:

يلاحظ من الجدول رقم (23) أن معاملات التبريد الأولي الحمل المائي والتلجي حققت أقل قيم للفقد بالوزن بين المعاملات كلها، بما فيها ثمار الشاهد مقارنة بالثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلجي خلال المدد الزمنية للتخزين، فبعد 150 يوماً من التخزين المبرد دلت النتائج على وجود فروق معنوية واضحة بين معاملات التبريد الأولي والشاهد وبين المعاملات فيما بينها كلها من دون

استثناء، وقد أظهرت نتائج المقارنة وجود تفوق معنوي للشاهد بنسبة وصلت فيها 14.03 % على معاملة التبريد الأولي التوصيل المائي التي وصلت فيها نسبة الفقد في الوزن إلى 13.65 %، في حين أظهرت التفوق المعنوي للشاهد على معاملات التبريد الأولي كلها من معاملة حمل ماء و حمل ثلج وتوصيل ثلج بنسبة وصلت إلى 14.03 %، كما أظهرت بقية المعاملات فروقاً معنوية فيما بينها بتفوق معاملة التبريد الأولي توصيل ماء على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بنسبة فقد 13.65 % وتفوق معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بنسبة فقد 12.93 %، والتفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ثلج على معاملة التبريد الأولي الحمل المائي بنسبة فقد 8.65 %، وكذلك الأمر تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي على معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بنسبة فقد 13.65 % .

وهذا ما يتوافق مع مذكره (Thompson,1999) بأن ثمار التفاحيات المعاملة بمعاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والثلجي خلال 24 ساعة من القطاف تحافظ على أقل نسبة فقد في الوزن الطبيعي للثمار مقارنة بالمعاملات الأخرى توصيل بالماء والثلج، ومقارنة بمعاملات التبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف، ويتوافق مع ماتوصل إليه (Flockens and Meffert, 1972) في أن نسبة الفقد في ثمار التفاح يمكن أن ينخفض كثيراً في معاملات التبريد الأولي حمل ماء وثلج؛ مما يمكن من تخزين الثمار مدة تصل إلى 6 أشهر مع حد أدنى للضرر، وتظهر فاعلية معاملات التبريد الأولي بالماء والثلج بشكل مباشر في التقليل من نسبة الفقد بالوزن مقارنة بالشاهد ومعاملة التبريد بالتوصيل المائي، وهذا يتفق مع مذكره (Kesta and Leelawatana,1992) بأن تغطية ثمار التفاحيات والخضار الورقية بالماء البارد 3-4 درجات مئوية مدة زمنية تبدأ من عدة دقائق إلى عدة ساعات، وتختلف بحسب كل نوع وصنف من المنتج يُقلل من الفقد الطبيعي في الوزن، وتوافقت النتائج مع مذكره (Showalter and Grierson,1970) بأن معاملة ثمار تفاح الستاركينغ الأحمر بطريقة الحمل المائي على درجة حرارة مياه مبردة 3 درجات مئوية عدة دقائق خفضت تخفيضاً معنوياً فقد الوزن من الثمار.

كما أظهرت النتائج التأثير الإيجابي لمعاملات التبريد الأولي بالماء والثلج بشكل مباشر في خفض نسبة الفقد بالوزن من ثمار تفاح صنف الغولدن بالمقارنة بالثمار المعاملة بالتوصيل بالماء والثلج في مدد التخزين جميعها، وتتفق هذه النتيجة مع مذكره (Kitinoja et al., 2010) بأن تبريد ثمار الفاكهة بالحمل المائي

والتلج حَسَنَ من لون الثمار ونوعيتها وخفض فقد الوزن عند درجة حرارة مياه مبردة تصل إلى 2-3 درجات مئوية .

متوسط الفقد الطبيعي في الوزن بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة
وبعد 48 ساعة من القطاف

أجريت مقارنة متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن بين المعاملات خلال 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف؛ وذلك بعد 150 يوماً من التخزين المبرد لدى ثمار التفاح، دلت نتائج التجارب في الجدول رقم (24) على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ماء بعد 48 ساعة من القطاف بنسبة 8.42 % على معاملة التبريد الأولي حمل ماء خلال 24 ساعة من القطاف التي تصل فيها نسبة الفقد إلى 4.82 %، وهي الأقل نسبة فقد بالوزن بين المعاملات كلها خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف، ووجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ثلج بعد 48 ساعة من القطاف بنسبة 8.65 % على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج خلال 24 ساعة من القطاف التي وصلت فيها نسبة الفقد إلى 7.2 %، فضلاً عن وجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بعد 48 ساعة من القطاف بنسبة وصلت فيها إلى 12.93 % على معاملة التبريد الأولي التوصيل الثلجي خلال 24 ساعة من القطاف بنسبة وصلت إلى 8.41 %، في حين أظهرت النتائج فروقاً معنوية لمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف، وهي لصالح معاملة التبريد الأولي توصيل ماء بعد 48 ساعة من القطاف بنسبة وصلت إلى 9.1 %، مقارنة بمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء خلال 24 ساعة من القطاف وصلت فيها إلى 13.65 %؛ وهذا ما يُحدث عادة فقداً في كتلة الثمرة بعد قطافها عن نباتها الأم وفي أثناء التخزين، ويعود ذلك لسببين الأول: نتيجة استمرار العمليات الحيوية في الثمرة المتمثلة بشكل أساسي بعملية التنفس التي تؤدي إلى أكسدة المواد العضوية الاحتياطية ضمن الثمرة؛ ممّا ينتج عنه انخفاض في وزن الثمرة، ويعبّر عن هذا الفقد باسم الفقد الكربوهيدراتي بنتيجة أن معظم المركبات المستهلكة في هذه العملية هي مواد كربوهيدراتية، ويمثل هذا الفقد نحو 20 % من إجمالي الفقد بالكتلة (Osterloh, 1980). والثاني: يعود إلى خروج الماء على شكل بخار ماء من أنسجة الثمرة لتعديل ضغط بخار الماء بين الهواء المحيط بالثمرة وهوائها الداخلي ويسمى هذا بالفقد المائي الذي يمثل نحو 80 % من إجمالي الفقد بالكتلة (Schulz,

1996)، وهناك عدد من العوامل المؤثرة في شدة الفقد بالوزن من الثمار مثل: الصنف، ودرجة حرارة التخزين، ودرجة النضج، وتركيبها الكيميائي، وطريقة التبريد الأولي، ومدة التخزين (يونس وأبو ترابي، 2004)و(Getinet et al., 2008).

ومن نتائج دراستنا نستنتج أن معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي قد حققت أقل قيم للفقد بالوزن مقارنة بمعاملات التبريد الأولي الأخرى بالتوصيل، وهذا يتوافق مع ما ذكره (Shewfelt , 1990) إذ إنَّ معاملات التبريد الأولي تعتمد إلى زيادة نسبة الرطوبة حول الثمار، ومن ثمَّ يقلَّ فرق ضغط بخار الماء بين الثمار والوسط المحيط، ممَّا يقلل من شدة نتحها فضلاً عن أن شدة تنفس الثمار تقل وهذه بدورها تخفض من هدم المركبات العضوية داخل الثمرة، وتحافظ على وزنها بشكل أفضل (Mitcham et al., 2002)، ولكن مع زيادة المدة التخزينية للثمار تحدث زيادة تراكمية في نسبة الفقد الوزني للثمار المخزنة، وهذا ما يفسر زيادة الفقد مع زيادة طول مدة التخزين، وتتوافق النتائج مع ما توصل إليه (Thompson et al., 1998)، وذلك في الحصول على أقل نسبة فقد بالوزن لدى تطبيق معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي على الحاصلات البستانية، وفي مدى مدد التخزين، و يتوافق مع ما توصلت إليه أيضاً (Thompson et al., 2002) عندما غطست ثمار الإجاص في ماء بارد مباشر درجة حرارته 2 - 3 درجات مئوية مدة 15 دقيقة أدت إلى تخفيض النسبة المئوية لفقد الوزن بالثمار بالمقارنة بثمار الشاهد والمعاملات الأخرى من توصيل بالماء والتلج التي استهلكت وقتاً أكبر للوصول إلى درجة حرارة التخزين الدائمة.

كما يتوافق مع دراسة (Gormley, 1990) بأن معاملة الثمار بطريقة الحمل المائي تبطئ عمليات النضج وتقلل من الاضطرابات الطبيعية في الثمار المعاملة، ومن ثمَّ تقلل من قيم الفقد بالوزن، في حين لم يكن لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي والتلج الأثر نفسه الذي تؤثر به معاملات التبريد الأولي المباشر بالماء والتلج في الحفاظ على أقل نسبة فقد بالوزن.

كما نلاحظ أن معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة مقارنة بمدة 48 ساعة أدت إلى تقليل الفقد بالوزن خلال مدد التخزين بشكل أكبر، وهذا يتوافق مع (Showalter and Grierson, 1970) واللذين أثبتا أن معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة مقارنة بمدة 48 ساعة من القطاف تقلل بشكل أكبر من

خسارة الماء من ثمار التفاحيات في أثناء التبريد الأولي التي تعتمد إلى زيادة نسبة الرطوبة حول الثمار، ومن ثمَّ إلى تقليل فرق ضغط بخار الماء بين الثمار والوسط المحيط، مما يقلل من شدة نتحها، ومن ثمَّ يقلل من خروج الماء من ثغور الثمرة ومساماتها في أثناء عملية التنفس .

جدول (24) متوسطات الفقد الطبيعي في الوزن لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف

المعاملات					المقارنة
الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج	
10.21	4.82 ^b	9.1 ^b	7.2 ^b	8.41 ^b	متوسط الفقد الطبيعي في الوزن في معاملة التبريد الأولي خلال 24h
14.03	8.42 ^a	13.65 ^a	8.65 ^a	12.93 ^a	متوسط الفقد الطبيعي في الوزن في معاملة التبريد الأولي بعد 48h
	3.47	3.97	1.1	1.54	LSD 5%

* تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-9- الفقد المطلق:

يعبر عن النسبة المئوية للثمار غير الصالحة للاستهلاك نتيجة إصابتها بأضرار مرضية كالعفن الذي استبعد من العينة وحُسب على أساس الوزن النهائي للثمار (يونس، 1993) ، والتفاح من أكثر ثمار الفاكهة تحملاً للتخزين، وتختلف طول مدة التخزين بحسب الصنف ورائحة التفاح من أهم مميزات الطعم.

ويخزن التفاح في درجات حرارة منخفضة مع إجراء معاملات التبريد الأولي الذي يساعد الثمار على تأخير الإصابة بالأضرار الباثولوجية: وهي أمراض ناتجة عن الفطور والبكتريا وتدخل عن طريق الجروح المختلفة بالتماس بين الثمار.

وبيّن الجدول رقم (25) تباين المعاملات في شدة إصابتها بالأمراض الطفيلية في أثناء التخزين، فقد لوحظ ازدياد نسبة الفقد المطلق مع زيادة مدة التخزين لكلتا المدتين وعدم وجود إصابة فطرية أو بكتيرية في ثمارهما المعاملة بمعاملات التبريد الأولي سواء بالحمل أو بالتوصيل؛ وذلك بعد 90 يوماً من التخزين المبرد؛ إذ كانت مسببة الفقد المطلق في تلك المعاملات صفراً بالمئة خلال أول شهرين .

جدول (25) متوسطات الفقد المطلق % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي

خلال 24 ساعة من القطف

مدة التخزين				24h
المعاملات	بعد 3 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 5 أشهر	
الشاهد	2.58 ^a	0	5.66 ^a	
حمل ماء	0 ^{b c d}	0	0 ^{b c d}	
توصيل ماء	2.1 ^{a b}	0	2.44 ^b	
حمل ثلج	0 ^{b c d}	0	0 ^{b c d}	
توصيل ثلج	1.86 ^{a b c}	0	0 ^{b c}	
LSD 5%	1.86	0	2	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط الفقد المطلق بعد 90 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطف :

يبين الجدول (25) من خلال النتائج وجود فروقات معنوية بين معاملات التبريد الأولي والشاهد، إذ سجلت أعلى نسبة فقد مطلق ثمار الشاهد بنسبة وصلت إلى 2.58 % التي أصيبت بأمراض طفيلية بنسبة أعلى مما هي عليه في الثمار المعاملة بمعاملات التبريد الأولي، في حين أظهرت معاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء بعد الشاهد النسبة العليا بالفقد المطلق وصلت إلى 2.1%، تليها معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج 1.86%. أما معاملتا التبريد الأولي حمل ماء وثلج فقد كانت صفراً بالمئة وأشارت إلى عدم وجود إصابة فطرية أو بكتيرية في الثمار، وقد لوحظ التفوق المعنوي لثمار الشاهد على معاملتي التبريد الأولي حمل ماء وثلج بنسبة 2.58%، في حين فلم تُبدِ أية فروق معنوية بين الشاهد والمعاملات الأخرى، وأجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها وأظهرت وجود التفوق المعنوي للثمار المعاملة بطريقة

التبريد الأولي ماء توصيل بنسبة 2.1 % على معاملة التبريد الأولي حمل ماء، وعدم وجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ثلج مع معاملة التبريد الأولي توصيل بالثلج لتساوي التباين فيما بينها؛ وكذلك الأمر بقية المعاملات فيما بينها لم تكن هناك فروق معنوية.

متوسط الفقد المطلق بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف :

بيّنت النتائج في (الجدول 25) بعد 150 يوماً من التخزين المبرد زيادة نسبة إصابة الثمار بالأمراض الفطرية التي أدت إلى زيادة نسبة الفقد المطلق بشكل أكبر فقط في ثمار الشاهد، ومعاملة التبريد الأولي التوصيل المائي، إذ بلغ أقصاه في ثمار الشاهد، ثم معاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء بنسبة (5.66 و 2.44 %) على التوالي، في حين كانت نسب الفقد في بقية معاملات التبريد الأولي صفراً بالمئة وأشارت إلى عدم وجود إصابات فطرية أو بكتيرية في الثمار، فضلاً عن التفوق المعنوي لثمار الشاهد على المعاملات كلها بنسبة 5.66%.

وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، وأظهرت نتائج التجارب وجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي التوصيل المائي على معاملتي التبريد الأولي الحمل المائي والحمل الثلجي بنسبة 2.44%. أما بقية المعاملات فلم تُبدِ أية فروق معنوية فيما بينها. وهذا يتوافق مع نتائج دراسة (Branch,1998) على ثمار السفرجل عندما أجريت معاملات التبريد الأولي من حمل وتوصيل مائي وثلجي إذ تم الحصول على أقل نسبة فقد مطلق للثمار المعاملة بالحمل مقارنة بالمعاملات الأخرى بالتوصيل؛ وهذا يعود إلى كفاءة التبريد بالحمل وسرعته التي تعمل بشكل سريع على ببطء نمو البكتيريا التي تسبب التلف السريع في درجات الحرارة المرتفعة والتي تؤدي إلى إنتاج الايتلين الذي يسبب النضج وزيادة الحساسية للأضرار الفسيولوجية والمرضية .

متوسط الفقد المطلق بعد 90 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف :

دلت نتائج التجارب في (الجدول 26) على وجود تفوق معنوي للشاهد بنسبة 3.87 % على معاملة التبريد الأولي الحمل المائي التي وصلت إلى صفر بالمئة، ودلت النتائج على عدم وجود فروقات معنوية بين بقية المعاملات الأخرى إذ بلغت أقصاها في ثمار الشاهد ومعاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بنسبة

وصلت إلى (3.87 و 3.7 %) على التوالي، تليها معاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج وصلت إلى 2.99 %، في حين أظهرت معاملتا التبريد الأولي الحمل المائي والحمل بالتلج أقل نسبة فقد مطلق مقارنة بالمعاملات السابقة بنسبة (صفر بالمئة و 2.72 %) على التوالي، في حين أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، ودلت النتائج على وجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء بنسبة 3.7 % على معاملة حمل ماء، وتفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل تلج بنسبة 2.72 % على معاملة التبريد الأولي حمل ماء.

أما بقية معاملات التبريد الأولي فلم تُبدِ أية فروق معنوية فيما بينها، ولوحظ ارتفاع نسبة التلف بشكل أكبر بعد 3 أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف مقارنة بمعاملة التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف، وعند المعاملة بمعاملات التبريد الأولي بطريقة التوصيل المائي والتلجي وبالمقارنة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي إذ يعود إلى تأخير التبريد وإلى كفاءة سرعة التبريد بالحمل، ومن ثم يؤدي إلى زيادة نسبة النضج ويساعد الاثيلين المتحرر في الثمار على زيادة نشاط أنزيم Polygalacturonase الذي يزيد من طراوة الثمار نتيجة تحلل جدار الخلية الأولى (Beudry et al., 2004) مما يسهل إصابة الثمار بالمسببات المرضية ولاسيما Botrytis Cinerea و Alternaria spp. التي تصيب ثمار التفاح بالمخزن المبرد (Elizabeth et al., 2000).

جدول (26) متوسطات الفقد المطلق % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي

بعد 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين				48h
المعاملات	بعد 3 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 5 أشهر	
الشاهد	3.87 ^a	0	7.26 ^a	
حمل ماء	0 ^{b c d e}	1.12	1.95 ^{b c d}	
توصيل ماء	3.7 ^{a b}	4.46	6.23 ^{a b}	
حمل تلج	2.72 ^{a b c d}	0	2.86 ^{b c d}	
توصيل تلج	2.99 ^{a b c}	0	3.26 ^{b c}	
LSD 5%	1.76	2.93	3.47	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط الفقد المطلق بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف :

بيّنت نتائج التجارب في (الجدول 26) بعد 150 يوماً من التخزين المبرد زيادة نسبة الإصابة بالأمراض الفطرية التي أدت إلى زيادة نسبة الفقد المطلق بشكل أكبر في ثمار المعاملات كلها، إذ بلغت أقصاها في ثمار الشاهد، وتفاوتت معنوياً على المعاملات الآتية: حمل ماء، حمل ثلج، توصيل ثلج، بنسبة فقد وصلت إلى 7.26 % في حين لم تتفوق معنوياً ثمار الشاهد على الثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي التي وصلت فيها نسبة الفقد المطلق إلى 6.23 %، وكانت الأقل نسبة فقد مطلق الثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي والثلجي بنسبة فقد مطلق وصلت إلى (1.95 , 2.86 %) على التوالي، تليها معاملة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي بنسبة فقد 3.26 %، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، ودلت النتائج على وجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل بالماء بنسبة فقد 6.23 % على معاملة التبريد الأولي الحمل المائي، في حين لم تظهر بقية المعاملات فيما بينها أية فروق معنوية.

وهذا يدل على أن معاملة التبريد الأولي كان لها أثر في تخفيض نسبة الفقد المطلق؛ وهذا يتوافق مع (Anon, 1994) وذلك عند الغمر المباشر بالماء والثلج عدة دقائق لدى ثمار صنف الخوخ (بيوتي) والكرز صنف (بينغ) والذي خفض من نسبة الأمراض الطفيلية، وكذلك يتوافق مع (Anon, 1993) بأن الغمر المباشر لهذه الثمار بالحمل أدى إلى منع تحلل الثمار، ومن ثمّ إلى تقليل نسبة الإصابة، وكذلك يتوافق مع (Kitinoja et al., 2010) إذ تم إثبات استخدام معاملات للتبريد الأولي للحد من الإصابات الفطرية، إذ تكون درجة حرارة الماء لارتفاع على 6 درجات مئوية، ولا تقل عن الواحد درجة مئوية، ومدة معاملة التبريد الأولي من عدة دقائق إلى عدة ساعات بالغمر المباشر، كما تبين أن معاملات التبريد الأولي بالحمل لثمار الفاكهة عدة دقائق بالغمر المباشر تخفض من نسبة العفن، وذلك بحسب دراسة (Perkins, 2012).

ويتوافق مع ما وجدته (Thompson et al., 2001) من أن استعمال معاملات التبريد الأولي خلال 24 خفض حادثة التحلل وأبطأ تليين ثمار العنب، ومن ثمّ قلّ نسبة إصابة الثمار بالأعفان، كما يعمد الغمر المباشر إلى الحفاظ بشكل أكبر على صلابة الثمار (Branch, 1986) ومن ثمّ على مقاومتها لدخول

المسببات المرضية. وإنَّ زيادة نسبة الفقد المطلق وخاصة لمعاملات التبريد الأولي غير المباشر قد يعود إلى زيادة فساد الثمار الذي قد يعود إلى أن التبريد غير المباشر يحتاج إلى وقت أطول لأنه على تلامس غير مباشر مع وسيط التبريد، ومن ثمَّ هناك تأخر وبطء في عملية التبريد الأولي غير المباشر، ومن ثمَّ تأخر وبطء التفاعلات الأنزيمية والكيميائية، وبطء في تأخير توقف استمرار التنفس؛ ممَّا يؤدي إلى إنتاج الغاز الايتيلين مسبباً سرعة اندفاع الثمار للشيخوخة وقصر العمر الفيزيولوجي لها وظهور الأضرار الفيزيولوجية والباثولوجية؛ وهذا يتوافق مع ما وجدته الباحثة (Bourne, 2003) بأن التبريد الأولي خلال 24 ساعة أخرَّ فقد الصلابة والإصابة بالأمراض، كما أن النتائج تتوافق مع (DeEll et al., 2003) في دراسته للخيار بأن نسبة الإصابة بالأمراض الطفيلية في معاملات التبريد بعد مدة 48 ساعة من القطاف، ولاسيما التبريد غير المباشر كانت الأعلى بسبب التأخير في التبريد الأولي والتبريد بطيء وغير متجانس حول الثمار، ممَّا يؤخر ويبطئ توقف نشاط التفاعلات الأنزيمية والكيميائية والتنفس ومن ثمَّ في إنتاج الايتيلين ممَّا يخلق جوًّا ملائماً لنمو الفطريات والأمراض .

متوسط الفقد المطلق بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف :

يبين الجدول رقم (27) مقارنة متوسطات الفقد المطلق لمعاملات التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف مع معاملات التبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف، وقد سجلت معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال مدتي 48/24 ساعة من القطاف أقل نسبة فقد مطلق بالثمار بنسبة (صفر بالمئة و 1.95 %) على التوالي مقارنة ببقية المعاملات الأخرى تليها معاملة التبريد الأولي بالحمل بالتلج خلال مدتي 48/24 ساعة من القطاف (صفر و 2.86 %) على التوالي، ثم معاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة (صفر و 3.26 %) على التوالي، في حين أظهرت أعلى نسبة فقد مطلق بين الثمار خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف معاملة الشاهد بنسبة وصلت إلى (5.66 و 7.26 %) على التوالي، تليها معاملة التبريد الأولي توصيل ماء (2.44 و 6.23 %) على التوالي فضلاً عن عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات خلال المديتين، وهذه النتائج تتفق مع ما جاء في دراسة أجراها (DeEll et al., 2003) وبينت أن تغطيس ثمار الخيار بالماء البارد والتلج خلال مدة 24 ساعة من

القطاف بدرجة حرارة 2-3 °م عدة دقائق تخفض نسبة الأمراض الطفيلية بشكل أكبر مقارنة بثمار الخيار غير المعاملة، وكذلك بيّنت دراسة (Kesta and Leelawatana, 1992) أن معاملة ثمار الفاكهة بمعاملة التبريد الأولي بالحمل المائي والتلحي أدى إلى انخفاض تحلل الثمار بنسبة 50%، كما أنّ تأثير تأخير معاملات التبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة يسهم في زيادة نسبة الفقد المطلق من خلال زيادة نسبة الثمار المتعفنة الذي يعود إلى التأخر في وقف نشاط الكائنات الحية الدقيقة، وتقليل نشاط بعض التفاعلات الكيميائية، ووقف نشاط الأنزيمات، وتقليل التعرض لفقد الرطوبة؛ مما يشجع نمو الفطريات، ويزيد من ثمّ حادثة العفن ونسبة الفقد المطلق، في حين تتحكم معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة بفقد الرطوبة بشكل أفضل، وتخفف من نسبة الفقد المطلق.

وتوافقت هذه النتيجة مع ما ذكره (Olesen et al., 2003) بأنّ معاملات التبريد الأولي بالغمر المباشر خلال مدة 24 ساعة من القطاف أخرت فقد الصلابة وتغير لون قشرة الليمون، وبتخزين الثمار مدة ستة أشهر لم تتجاوز نسبة التعفن 10%، وهذا يوافق ما ورد ذكره في الدراسة المرجعية بأنّ معاملات التبريد الأولي المباشر 24 تخفض معدل التحلل من خلال الردود الفيزيولوجية للثمار التي تتضمن إنتاج مضادات حيوية في القشرة، ومنها الليغنين الذي يمنع تطور الفطر في أنسجة الثمار ويعمل على معالجة الجروح في القشرة، وزيادة المقاومة للأمراض وهذا يتوافق مع دراسة (Will et al., 1998) بأنّ فعالية التبريد الأولي خلال 24 ساعة أفضل في السيطرة على العفن الأخضر (*Penicilium digitatum*) الذي يصيب ثمار الليمون، فقد ان ساعة خفضت نسبته إلى 1.3% في حين كانت نسبة الإصابة 15.1 عند معاملات التبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف، وقد تعود زيادة نسبة الفقد المطلق في معاملات التبريد الأولي بعد مدة 48 إلى زيادة فساد ثمار التفاح مع استمرار التخزين الذي قد يؤدي إلى تحللها الداخلي Soggy breakdown، ومن الأمراض الاسوداد الداخلي internal Browning، وكذلك اللفحة الطرية الناتجة عن استمرار عملية التنفس التي تؤدي إلى اضطراب العمليات الحيوية وإلى حدوث التخمرات وتدهور الطعم للثمار (Olesen et al., 2003) فضلاً عن أن الحرارة المرتفعة التي يمكن أن تشجع الظروف التي تؤدي إلى فساد الثمار. وتعدّ طريقة التبريد الأولي للثمار طريقة مفضلة لتبريد ثمار التفاح بأقل تلف ممكن قد يصل إلى 7 أشهر، وتراوح درجات الحرارة الملائمة لتخزين معظم أصناف التفاح بين 31 - 42 فهرنهايت، ورطوبة نسبية 95% (DeEll et al., 2000).

جدول (27) متوسطات الفقد المطلق % لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف

المقارنة	المعاملات				
	الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج
متوسط الفقد المطلق في معاملة التبريد الأولي خلال 24h	5.66	0 ^a	2.44 ^a	0 ^a	0 ^a
متوسط الفقد المطلق في معاملة التبريد الأولي بعد 48h	7.26	1.95 ^a	6.23 ^a	2.86 ^a	3.26 ^a
LSD 5%		1.95	4	2.86	3.26

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-10- مؤشرات تلون الثمار :

قيست هذه المؤشرات باستعمال جهاز Minolta chroma meter, CR-300 with an 8-(Minolta (mm aperture)، بحسب نظام (CIELAB color space system) إذ أشارت الهيئة العالمية لقياس اللون (Commission International de l'Eclairage) إلى أن الألوان التي يمكن إدراكها بالعين المجردة جميعها يمكن أن تتوضع ضمن مجال لوني يتحدد بشكل كروي ثلاثي المحاور، يعطي اللون بطريقة رقمية كمية، ويعبر المحور الأول L عن تدرج اللون بين الأبيض والأسود ويعطي فكرة عن السطوع اللوني، في حين يعبر المحور الثاني A عن تدرج اللون بين الأخضر والأحمر، أما المحور الثالث B فيعبر عن تدرج اللون بين الأزرق والأصفر، وتستخدم هذه المؤشرات للتعبير عن درجة النضج، وقد صُنِّفَتِ الألوان وفق المقاييس اللونية الآتية وهي :

hue:

تحدد درجة اللون، وتمثل وفق دائرة لونية Color Wheel، وهي تحدد قيم A، B ؛ فعندما تكون قيمة A موجبة فهذا يشير إلى اللون الأحمر، وعندما تكون قيمة A سالبة فإنها تشير إلى اللون الأخضر، وعندما تكون قيمة B موجبة فإنها تشير إلى اللون الأصفر، وعندما تكون قيمة B سالبة فإنها تشير إلى اللون

الأزرق، فكلما زادت قيمة المؤشر A السالبة دلّ ذلك على زيادة محتواها من مادة الكلوروفيل، ولكن مع زيادة مدة التخزين يحدث نقصان في مادة الكلوروفيل الموجودة في جلد الثمرة لثمار تفاح صنف الغولدن (Ján, 2008) في حين يؤخذ المؤشر B إلى جانب المؤشر A للدلالة على نضج الثمار، ففي حال زادت قيمة المؤشر B الموجبة دلّ ذلك على زيادة محتواها من الكاروتينات والزانثوفيلات (تغيير اللون الأساسي من الأخضر إلى الأصفر) في ثمار التفاح صنف الغولدن (Fairchild, 2005) .

Lightness:

تحدد شدة الإضاءة أو السطوع للمادة (white or black)، وتزداد شدة الإضاءة بالابتعاد عن مركز المادة باتجاه الأعلى، إذ تمثل وفق مقطع طولي(شاقولي) للمادة، أي إنّ المؤشر L يدل على درجة سطوع اللون للثمار، فكلما زادت قيمته زاد السطوع، ومع زيادة مدة التخزين يزداد سطوع الثمرة لازدياد ظهور اللون الأصفر الأكثر سطوعاً وفقاً لتصنيف الألوان بحسب المقاييس اللونية وبالمقارنة باللون الأخضر الذي يظهر على قشرة ثمار صنف التفاح الغولدن في البداية فهذا يدل على مؤشرات أو علامات اكتمال النمو في النهاية بالنسبة إلى ثمار صنف التفاح الغولدن ديليشس بأن يزداد سطوع الثمرة. ويُحدث النضج تغييرات طبيعية وكيميائية، مثل تغيّر في لون الثمرة الخارجي (لون القشرة أو الجلد)، ويتحدد باختفاء اللون الأخضر وظهور الألوان الأخرى المميزة لكل صنف (Wyszecki and Stiles, 1982).

ويرجع ذلك إلى دور الايتلين في تحلل صبغة الكلوروفيل وتراكم صبغات الكاروتين لدى ثمار التفاح والإجاص واللايكوبين المسؤولة عن اللون الأحمر في ثمار الطماطم في مرحلة النضج النهائية. (Nielsen and Stokes, 1998) .

4-10-1 - شدة السطوع اللوني :

وتبيّن نتيجة تطبيق معاملات التبريد الأولى على ثمار التفاح صنف الجولدن ديليشس بالطرائق الآتية:
حمل ماء، توصيل ماء، حمل ثلج، توصيل ثلج فعالية معاملات التبريد الأولى بالحمل المائي والثلجي مقارنة بالمعاملات الأخرى؛ وذلك في الحفاظ على أقل نسبة سطوع للثمار.

متوسط شدة السطوع اللوني L بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من

القطاف :

يبين الجدول رقم (28) تغيرات شدة سطوع الثمار خلال مدد التخزين لمعاملات التبريد الأولي لثمار التفاح صنف الغولدن ديليشس، إذ يلاحظ ازدياد نسب السطوع للثمار مع زيادة مدة التخزين حتى نهايته . وأشارت النتائج إلى ارتفاع نسب القيم مقارنة ببداية التخزين، وعدم وجود فروقات معنوية بين معاملات التبريد الأولي والشاهد، فبينما أظهرت نتائج التجارب أن معاملي التبريد الأولي حمل ماء وتلج حافظتا على أقل نسبة سطوع بين الثمار مقارنة بالمعاملات الأخرى بنسبة وصلت إلى 61.81 و 62.7 على التوالي، وأظهرت معاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج نسبة سطوع وصلت إلى 62.91 أقل من نسبة سطوع معاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي التي وصلت إلى 63.09، وهي الأعلى نسبة سطوع بين معاملات التبريد الأولي والشاهد الذي وصل إلى 62.14 . وقد أجريت مقارنة بين معاملات البريد الأولي فيما بينها، ودلت نتائج التجارب على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي على معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي بنسبة 63.09، في حين لم تظهر بقية المعاملات فيما بينها أية فروق معنوية.

جدول (28) متوسطات شدة السطوع اللوني (L) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين	الشاهد	
72.9 ^a	68.65	66.09	64.74	62.14 ^{a b c}	60.91	حمل ماء	
66.74 ^{b c d e}	65.61	63.9	63.28	61.81 ^{b c d}		توصيل ماء	
71.85 ^{a b}	68.23	65.41	63.81	63.09 ^a		حمل تلج	
69.63 ^{b c d}	67.21	65.16	63.96	62.7 ^{a b c d}		توصيل تلج	
70.13 ^{b c}	67.55	65.31	63.44	62.91 ^{a b}		LSD 5%	
2.3	4.5	8.4	0.78	1.2			

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط شدة السطوع اللوني L بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة من

القطاف :

دلت النتائج من الجدول رقم (28) على وجود تباين واضح في نسبة سطوع الثمار بين المعاملات وارتفاعها مقارنة ببداية التخزين و الشهر الأول من التخزين المبرد، وقد سجلت معاملة الشاهد أعلى نسبة وصلت إلى 72.9، ويتفوق معنوي على معاملة التبريد الأولي حمل ماء، وهي الأقل نسبة سطوع بين المعاملات الأخرى التي وصلت فيها إلى 66.74، وقد أظهرت ثمار الشاهد تفوقاً معنوياً بنسبة 72.9 على معاملتي حمل ثلج وتوصيل ثلج وصلت فيها إلى 69.63 و 70.13 على التوالي، في حين لم تظهر أية فروق معنوية مع معاملة التبريد الأولي التوصيل المائي التي وصلت فيها إلى 71.85. وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، وأظهرت نتائج التجارب وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي التوصيل المائي على معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي بنسبة 71.85، فضلاً عن وجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ثلج على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بنسبة 69.63، في حين لم تظهر أية فروق معنوية بين المعاملات الأخرى، ويتوافق هذا مع دراسة (Wyszecki and Stiles 1982).

وقد أجريت معاملات التبريد الأولي على ثمار التفاح صنف غولد سبور (Gold spur) إذ تم الحصول في البداية على أقل نسبة سطوع لدى الثمار المعاملة بالتبريد الأولي بالحمل المائي، وبدأت تتزايد طيلة مدة التخزين، وتم الحصول في النهاية على أقل نسبة سطوع بالثمار نتيجة معاملتها بمعاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والثلجي التي تعمل في الحفاظ على رطوبة الثمار، والتي تترافق مع التغيرات الفيزيائية في نقصان مادة الكلوروفيل الموجودة في جلد الثمرة وزيادة في الكاروتينات و الزانثوفيلات (تغيير اللون الأساسي من الأخضر إلى الأصفر) والنقصان في نسبة الصبغة الكلوروفيل متماشية في الوقت نفسه مع الزيادة في صبغة الكاروتينات التي تؤدي إلى زيادة في اللون الأصفر، مما يؤدي إلى ازدياد شدة سطوع قشرة الثمرة . (Kader, 2002).

متوسط شدة السطوع اللوني L بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف :

يبين الجدول رقم (29) تغيرات شدة سطوع الثمار، إذ يلاحظ ارتفاع نسب القيم مقارنة بمعاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف منذ الشهر الأول، وقد سجلت ثمار الشاهد أعلى نسبة سطوع بين المعاملات الأخرى بنسبة وصلت إلى 64.21 ، تليها معاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء والتوصيل بالتلج بنسبة وصلت إلى 64.45 و 64.08 على التوالي، وسجلت معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي والحمل بالتلج أقل نسبة سطوع وصلت إلى 62.84 و 63.33 على التوالي؛ علماً أن معاملات التبريد الأولي فيما بينها وبين الشاهد لم تُبدِ أية فروق معنوية .

جدول (29) متوسطات شدة السطوع اللوني (L) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين	الشاهد	
77.28 ^a	74.69	69.81	66.34	64.21 ^{a b}	62.07	حمل ماء	
73.09 ^{b c d}	69.5	65.71	64.11	62.84 ^{a b c d}		توصيل ماء	
76.15 ^{a b}	73.25	69.19	67.51	64.45 ^{a b}		حمل تلج	
73.29 ^{b c d}	70.78	68.13	66.39	63.33 ^{a b c d}		توصيل تلج	
75.98 ^{a b c}	71.61	69.44	67.08	64.08 ^{a b c}		LSD 5%	
2.4	4.4	5.4	3.4	1.9			

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط شدة السطوع اللوني L بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف :

دلت النتائج في الجدول رقم (29) بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف على ارتفاع نسب القيم بشكل أكبر مقارنة بالشهر الأول مع وجود تفوق معنوي لثمار

الشاهد، وهي النسبة العليا بين المعاملات وصلت إلى 77.28 على معاملتي التبريد الأولي حمل مائي وتلجي إذ حافظتا على أقل نسبة سطوع وصلت إلى 73.09 و 73.29 على التوالي، ولم تظهر معاملتي التبريد الأولي توصيل ماء وتلج أية فروق معنوية مع الشاهد، وكانت نسبة السطوع وصلت فيها إلى 76.15 و 75.98 على التوالي، وهي الأعلى نسبة من بعد معاملة الشاهد، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، وبينت النتائج وجود فروق وتفاوت معنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي على الحمل المائي بنسبة 76.15، ووجود التفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي على معاملة التبريد الأولي حمل تلج بنسبة 75.98، في حين بقيت المعاملات لم تُبدِ أية فروق معنوية فيما بينها.

متوسط شدة السطوع اللوني L بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف :

يبين الجدول رقم (30) مقارنة متوسطات شدة السطوع لمعاملات التبريد الأولي لثمار صنف التفاح الغولدن خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف، وقد أظهرت نتائج المقارنة وجود تفاوت معنوي لمعاملة التبريد الأولي بالحمل المائي بعد 48 ساعة بنسبة 73.09 على معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي خلال 24 ساعة بنسبة 66.74، وقد حافظت على أقل نسبة سطوع بين المعاملات كلها، تليها معاملة التبريد الأولي حمل تلج بعد 48 التي تفوقت معنوياً بنسبة 73.29 على معاملة التبريد الأولي حمل تلج خلال 24 ساعة التي وصلت فيها إلى 69.63، ولم تظهر بقيت المعاملات أية فروق معنوية وكانت نسبة السطوع للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل بالثلج خلال مدة 24 ساعة من القطاف 70.13، وهي أقل من نسبة السطوع للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل بالثلج بعد مدة 48 ساعة من القطاف التي وصلت إلى 75.98، وقد أظهرت معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء خلال 24 ساعة الحفاظ على نسبة سطوع أقل من معاملة الثمار بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بعد 48 ساعة بنسبة وصلت إلى 71.85 و 76.15 على التوالي، وتوافقت هذه النتيجة مع ما ذكره (Fairchild, 2005) بأنَّ فعالية التبريد الأولي أخرت فقد الصلابة وتغيّر لون قشرة ثمار التفاح وأخرت من حدوث النضج بشكل مبكر الذي يُحدث تغيرات طبيعية وكيميائية مثل تغير في لون القشرة (الجلد) ولمعان وبريق الثمرة واللحم و ليونة

الثمار. وينتج تليين الثمار من التغيرات التي تحدث في المواد البكتينية الرابطة بين الخلايا مسببة التناقص في قوة تماسك الخلايا مع بعضها بعضاً .

جدول (30) متوسطات شدة السطوع اللوني (L) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطف

المعاملات					المقارنة
الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج	
72.9	66.74 ^b	71.85 ^a	69.63 ^b	70.13 ^a	متوسط L في معاملة التبريد الأولي خلال 24h
77.28	73.09 ^a	76.15 ^a	73.29 ^a	75.98 ^a	متوسط L في معاملة التبريد الأولي بعد 48h
	5.9	4.3	3.3	6.8	LSD 5%

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-10-2- شدة التدرج اللوني الأخضر A

وتبيّن نتيجة تطبيق معاملات التبريد الأولي على ثمار صنف التفاح الجولدن ديليشس فعالية معاملات التغطيس أو الغمر المباشر بالماء والثلج مقارنة بالمعاملات الأخرى طريقة التوصيل أو الغمر غير المباشر بوسيط التبريد؛ وذلك في الحفاظ على أقل نسبة اختفاء بالتدرج اللوني الأخضر A للثمار.

متوسط شدة التدرج اللوني الأخضر A بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة

وبيّن الجدول رقم (31) تغيرات شدة تدرج اللون الأخضر للثمرة خلال مدد التخزين لمعاملات التبريد الأولي لثمار التفاح صنف الغولدن ديليشس خلال مدة 24 ساعة من القطف، إذ يلاحظ انخفاض نسبة التدرج اللوني الأخضر للثمار مع زيادة مدة التخزين وحتى نهايته.

وأشارت النتائج إلى انخفاض نسب التدرج اللوني الأخضر مقارنة ببداية التخزين، وقد سجلت أعلى نسبة فقد بشدة التدرج اللون الأخضر ثمار الشاهد إذ وصلت قيمة التدرج اللوني لثمار الشاهد 12.1- في حين

تفوقت معنوياً معاملة التبريد الأولي الحمل بالماء على ثمار الشاهد بقيمة وصلت إلى 15.67- وهي الأقل نسبة فقد بشدة التدرج اللوني الأخضر للثمار مقارنة ببقية المعاملات، تليها بالتفوق المعنوي معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بقيمة 14.4- على ثمار الشاهد؛ وكذلك الأمر بالنسبة إلى معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج فقد تفوقت معنوياً على ثمار الشاهد بقيمة وصلت إلى 13.9- ولم تظهر معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء أي فرق معنوي مع الشاهد، وقيمتها وصلت إلى 13- وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي مع بعضها بعضاً ودلت النتائج على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي الحمل بالماء على معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء وبقيمة وصلت إلى 15.67- في حين لم تُبدِ بقية المعاملات فيما بينها أية فروق معنوية .

جدول (31) متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
-4.61 ^{b c d}	-7.28	-7.39	-9.03	-12.1 ^{b c d}	-16.5	الشاهد	
-10.63 ^a	-11.97	-12.16	-14.02	-15.67 ^a		حمل ماء	
-5.57 ^{b c d}	-6.31	-8.76	-11.83	-13 ^{b c d}		توصيل ماء	
-9.69 ^{a b}	-8.77	-10.02	-12.45	-14.4 ^{a b}		حمل ثلج	
-7.5 ^{a b c}	-11.81	-10.98	-13.84	-13.9 ^{b c}		توصيل ثلج	
3.8	3.4	2.7	1.6	1.5		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط شدة التدرج اللوني الأخضر A بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة

نلاحظ في الجدول رقم (31) انخفاض نسب القيم بشكل أكبر مقارنة بالشهر الأول، وقد دلت النتائج على أن معاملتي التبريد الأولي بالحمل بالماء والحمل بالثلج هما الأقل نسبة فقد بشدة التدرج اللوني الأخضر

مقارنة بالمعاملات الأخرى، وتفاوتت معنوياً على ثمار الشاهد بالقيم الآتية على التوالي: 10.63- و 9.69- والشاهد وصل إلى 4.61- وهي الأعلى نسبة فقد مقارنة بالمعاملات الأخرى، ولم تظهر معاملتا التوصيل بالماء والتوصيل بالتلج أي فروق معنوية مع الشاهد التي وصلت إلى 5.57- و 7.5- وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها وأظهرت نتائج التجارب وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي الحمل بالماء على معاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج بقيمة وصلت إلى 10.63- أمّا بقية المعاملات فلم تُبدِ أية فروق معنوية فيما بينها.

وتوافقت مع دراسة (Nielsen and Stokes, 1998) على ثمار صنف التفاح ملكة كندا (Reinette de Canada) بأنه يبدأ باختفاء اللون الأخضر تدريجياً حتى نهاية التخزين، ويبدأ بظهور اللون الأصفر في النهاية، ولكن تختلف شدة التدرج اللوني بين الأصفر والأخضر؛ وذلك بالاعتماد على طريقة التبريد المتبعة والأسرع كفاءة طريقة التبريد في إيصال درجات حرارة تبريد من الوسيط إلى المنتج خلال أقل مدة زمنية ممكنة من أجل تثبيط التغيرات والتفاعلات الكيميائية والأنزيمية وإنتاج الايتلين الذي يسبب التحلل في صبغة الكلوروفيل، وتراكم صبغات الكاروتين في الثمار .

متوسط شدة التدرج اللوني الأخضر A بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة :

يبين الجدول رقم (32) تغيرات نسب التدرج اللوني والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف، وانخفاضها بشكل أكبر مقارنة مع 24 ساعة منذ الشهر الأول، وقد دلت نتائج التجارب على وجود تفوق معنوي لمعاملة الحمل بالماء بنسبة تصل إلى 15.3- على معاملة الشاهد التي تصل إلى 11.09- وهي الأعلى نسبة فقد بين المعاملات، بينما سجلت طريقة الحمل المائي أقل نسبة فقد، تليها معاملة الحمل بالتلج بقيمة تصل إلى 14.11- ثم معاملة التوصيل بالتلج تصل إلى 13.04- وسجلت معاملة التوصيل بالماء 12.24- مع العلم لم تُبدِ بقية المعاملات مع الشاهد وبين المعاملات نفسها أية فروق معنوية .

جدول (32) متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
-2.9 ^{b c d}	-3.85	-4.79	-8.58	-11.09 ^{b c d}	-15.8	الشاهد	
-8.79 ^a	-10.09	-14.21	-13.46	-15.3 ^a		حمل ماء	
-3 ^{b c d}	-4.9	-7.6	-10.25	-12.24 ^{a b c d}		توصيل ماء	
-6.3 ^b	-7.36	-9.74	-11.05	-14.11 ^{a b}		حمل ثلج	
-5.21 ^{b c}	-9.07	-10.35	-11.44	-13.04 ^{a b c}		توصيل ثلج	
1.2	1.4	1.9	2.1	3.4		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط شدة التدرج اللوني الأخضر A بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة:

نلاحظ انخفاض القيم في الجدول رقم (32) بشكل أكبر مقارنة بالشهر الأول، فقد حافظت معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي والتوصيل الثلجي على أقل نسبة فقد بشدة التدرج اللون الأخضر للثمار، دلت النتائج على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي الحمل المائي على الشاهد بقيمة وصلت إلى -8.79 - وتفق معنوي لمعاملة التبريد الأولي الحمل الثلجي على الشاهد بقيمة وصلت إلى -6.3 - وتفق معنوي لمعاملة التبريد الأولي التوصيل بالثلج على الشاهد بقيمة وصلت إلى -5.21 - إذ إن ثمار الشاهد وصلت فيها قيمة التدرج اللوني الأخضر إلى -2.9 وهي الأعلى نسبة فقد بين المعاملات، تليها معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء ووصلت فيها قيمة شدة التدرج -3 التي لم تُبدِ أية فروق معنوية مع الشاهد، وقد أجريت مقارنة المعاملات فيما بينها، ودلت النتائج على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ماء على معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء بقيمة -8.79 - ووجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ماء على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بقيمة -8.79 - وتفق معنوي لمعاملة التبريد

الأولي توصيل بالتلج على معاملة التبريد الأولي توصيل بالماء بقيمة وصلت إلى 5.21- و لم تبد أية فروق معنوية معاملة التبريد الأولي تلج حمل مع معاملة التبريد الأولي تلج توصيل، وتتوافق هذه النتائج مع دراسة (Nielsen and Stokes, 1998) على ثمار صنف التفاح ملكة كندا (Reinette de Canada)، وتتفق مع دراسة (Ján, 2008) على ثمار تفاح صنف ويلثي Welthy بأن نسب التدرج اللوني الأخضر بعد مدة 48 ساعة من القطاف تتخفض انخفاضاً كبيراً مقارنة بمدة 24 ساعة من لقطاف، وحقت معاملة الحمل المائي أقل نسبة ضياع بالتدرج اللوني الأخضر، مقارنة بالمعاملات كلها بما فيها الشاهد.

متوسط شدة التدرج اللوني الأخضر A بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف :

يبين الجدول رقم (33) مقارنة متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لمعاملات التبريد الأولي لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد، و المعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف، وقد أظهرت نتائج مقارنة معاملات التبريد الأولي وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل ماء خلال 24 ساعة على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بعد 48 ساعة بقيمة 10.63- وتفق معنوي لمعاملة التبريد الأولي حمل تلج خلال 24 ساعة على معاملة التبريد الأولي حمل تلج بعد 48 ساعة بقيمة 9.69- في حين لم تظهر نتائج المقارنة لبقية المعاملات أية فروق معنوية، إذ أشارت النتائج إلى تفوق القيم ظاهرياً لمعاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة من القطاف على معاملات التبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطاف، إذ وصلت شدة التدرج اللوني الأخضر للثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالتوصيل المائي خلال 24 ساعة 5.57- أمّا معاملة التبريد الأولي بالتوصيل المائي بعد 48 ساعة فوصلت إلى 3- ومعاملة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي خلال 24 ساعة وصلت شدة التدرج اللوني إلى 7.5- ومعاملة التبريد الأولي بالتوصيل الثلجي بعد 48 ساعة وصلت إلى 5.21- .

وُدُرست معاملات التبريد الأولي وتخزين الثمار بدرجات حرارة منخفضة مقارنة بالثمار غير المعاملة والمخزنة بدرجات حرارة مرتفعة، وقد لوحظ أن المعاملات التي أدت إلى زيادة التلون أو السكريات أو المواد الصلبة الذائبة وقلة الصلابة هي أكثر المعاملات عرضة إلى حدوث تلف بها مقارنة بالثمار الخضراء المرتفعة في الصلابة والمنخفضة في السكريات والمواد الصلبة الذائبة الكلية (Fairchild, 2005).

وتتوافق النتائج مع دراسة (Nielsen and Stokes, 1998) على ثمار صنف التفاح ملكة كندا (Reinette de Canada)، إذ لوحظ أن تأخير التبريد الأولي للحاصلات البستانية جعلها معرضة لتغيرات كيميائية مستمرة لا يمكن إيقافها، وإنما يجري إبطاؤها ومن تلك التغيرات فقد الكلوروفيل فضلاً عن تحول المواد البكتينية التي لها علاقة بصلابة الثمار وتحول النشاء إلى سكر (Song, 2000) وهناك فروق معنوية بين ثمار المعاملات في نسبة صبغة الكلوروفيل ويعود ارتفاع نسبة هذه الصبغة في قشور الثمار المعاملة بمعاملات التبريد الأولي بشكل مباشر قياساً بمعاملة المقارنة غير المباشرة إلى دور هذه المعاملات في الحفاظ على رطوبة الثمار وتأخير شيخوختها (العاني، 1985)، وهذا يتوافق مع عدة نتائج ودراسات مثل دراسة (Kader, 2002) عن ثمار التفاحيات التي تترافق مع التغيرات الفيزيائية الطبيعية والتي تشمل تغيرات في الحجم والطعم والرائحة ونقصان في صلابة الثمار ونقصان في مادة الكلوروفيل الموجودة في جلد الثمرة والزيادة في الكاروتينات و الزانثوفيلات (تغيير اللون الأساسي الأخضر إلى الأصفر) والزيادة في الأنثوسيانينات (تعطي اللون الأحمر للثمار) النقصان في نسبة الصبغة الكلوروفيل متماشية مع النقصان في اللون الأحمر، ومتماشية في الوقت نفسه مع الزيادة في صبغة الكاروتينات التي تؤدي إلى زيادة في اللون الأصفر أو البرتقالي بحسب كل صنف، وهذا يتوافق مع دراسة (Nielsen and Stokes, 1998).

جدول (33) متوسطات شدة التدرج اللوني الأخضر (A) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف

المعاملات					المقارنة
الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج	
-4.61	-10.63 ^a	-5.57 ^a	-9.69 ^a	-7.5 ^a	متوسط A في معاملة التبريد الأولي خلال h24
-2.9	-8.79 ^b	-3 ^a	-6.3 ^b	-5.21 ^a	متوسط A في معاملة التبريد الأولي بعد h48
	0.12	2.9	1.87	3.3	LSD 5%

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

4-10-3- شدة التدرج اللوني الأصفر B :

تبيّن نتيجة تطبيق معاملات التبريد الأولي على ثمار التفاح صنف الجولدن ديليشس فعالية معاملات التغطيس أو الغمر المباشر بالماء والتلج مقارنة بالمعاملات الأخرى؛ وذلك في الحفاظ على أقل شدة تدرج لوني أصفر B للثمار.

متوسط شدة التدرج اللوني الأصفر B بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة

يبين الجدول رقم (34) تغيرات شدة التدرج اللوني الأصفر للثمار خلال مدد التخزين لمعاملات التبريد الأولي لثمار صنف التفاح الغولدن ديليشس، إذ يلاحظ ازدياد نسب تدرج اللون الأصفر للثمار مع زيادة مدة التخزين وحتى نهايته.

وقد دلت النتائج في البداية منذ الشهر الأول على ارتفاع بسيط في نسب القيم لدى المعاملات كلها، ولكن سجلت أقل شدة ظهور بالتدرج اللوني الأصفر مقارنة ببقية المعاملات الثمار المعاملة بطريقة التبريد الأولي بالحمل المائي بقيمة وصلت إلى 27.81، تليها معاملة التبريد الأولي بالحمل بالتلج التي وصلت إلى 28.12، تليها معاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج بقيمة وصلت إلى 28.97، وقد أظهرت أعلى شدة ظهور بالتدرج اللوني الأصفر ثمار الشاهد ومعاملة التبريد الأولي بالتوصيل بالماء، وكانت القيم على التوالي 29.14 و 29.56، في حين لم تظهر النتائج أية فروق معنوية بين معاملات التبريد الأولي والشاهد، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، وبيّنت نتائج التجارب وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل بالماء على معاملة التبريد الأولي حمل ماء بقيمة وصلت إلى 29.56، وهي الأعلى قيمة بين المعاملات كلها، أمّا بقية المعاملات فلم تُبدِ أية فروق معنوية فيما بينها.

جدول (34) متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (B) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس
والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف

مدة التخزين						المعاملات	24 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
38.02 ^a	37.81	35.64	32.91	29.14 ^{a b}	25.8	الشاهد	
33.28 ^{b c d}	32.63	31.37	29.47	24.81 ^{b c d}		حمل ماء	
37.9 ^{a b}	36.12	35.42	31.85	29.56 ^a		توصيل ماء	
33.88 ^{b c d}	32.85	32.11	30.04	28.12 ^{b c d}		حمل ثلج	
35.33 ^{b c}	33.21	32.8	30.51	28.97 ^{a b c}		توصيل ثلج	
2.34	1.47	2.4	0.88	1.4		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط شدة التدرج اللوني الأصفر B بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال 24 ساعة

تبيّن النتائج من الجدول رقم (34) بعد مرور 150 يوماً من التخزين المبرد ارتفاع نسب القيم مقارنة بالشهر الأول، و كانت أعلى شدة ظهور بالتدرج اللوني الأصفر للثمار مقارنة بالمعاملات الأخرى ثمار الشاهد بقيمة 38.02 التي تفوقت معنوياً على معاملة التبريد الأولي الحمل المائي التي وصلت فيها إلى 33.28، وهي الأقل شدة بالتدرج اللوني الأصفر للثمار، وتفوقت معنوياً ثمار الشاهد بقيمة 38.02 على معاملي التبريد الأولي حمل ثلج وتوصيل ثلج التي وصلت فيها القيم إلى 33.88 و 35.33 على التوالي، في حين لم تظهر أية فروق معنوية مع معاملة التبريد الأولي توصيل ماء التي وصلت فيها إلى 37.9، وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، وتبين وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي توصيل ماء على معاملي حمل ماء وتوصيل ثلج بقيمة 37.9، ولم تظهر بقية المعاملات فيما بينها أية فروق معنوية، وتتفق هذه النتائج مع دراسة (Ján, 2008) على ثمار صنف التفاح ويلثي Welthy، بأنه يبدأ في نهاية التخزين بظهور اللون الأصفر، ولكن تختلف شدة التدرج اللوني الأصفر وذلك بالاعتماد على معاملات التبريد الأولي، وكفاءة طريقة التبريد المتبعة الأسرع في تثبيط التفاعلات والتغيرات، والتقليل من معدل التنفس، وإنتاج الايتلين الذي يسبب التحلل في الأصبغة الموجودة في قشور الثمار، ونضج الثمار، والحفاظ

على أقل نسبة ضياع واختفاء بشدة التدرج اللوني الأخضر؛ أي تقلل من سرعة فقدان الكلوروفيل، وتقلل من ظهور الأصبغة الكاروتينية .

متوسط شدة التدرج اللوني الأصفر B بعد 30 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة:

يبين الجدول رقم (35) ارتفاع نسب قيم التدرج اللوني الأصفر للثمار مقارنة بقيم المعاملات 24 ساعة خلال الشهر الأول، وقد سجلت معاملة التبريد الأولي حمل ماء أقل شدة ظهور بالتدرج اللوني الأصفر الخاص بثمار صنف التفاح الغولدن بنسبة 28.84؛ مقارنة ببقية المعاملات، تليها معاملي التبريد الأولي الحمل بالتلج والتوصيل بالتلج وصلت إلى 29.77 و 30.51 % على التوالي، وسجلت معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء قيمة وصلت إلى 31.54 %، تليها ثمار الشاهد بقيمة 30.16، فضلاً عن عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات التبريد الأولي والشاهد.

وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، ودلت النتائج على وجود تفوق معنوي لمعاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء على معاملة التبريد الأولي بالحمل المائي بقيمة وصلت إلى 31.54، ولم تُد بقية المعاملات أية فروق معنوية فيما بينها .

جدول (35) متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (B) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس

والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف

مدة التخزين						المعاملات	48 h
بعد 5 أشهر	بعد 4 أشهر	بعد 3 أشهر	بعد 2 شهرين	بعد 1 شهر	بداية التخزين		
42.61 ^a	40.78	38.17	34.91	30.16 ^{a b c}	26.43	الشاهد	
38.73 ^{b c d e}	35.44	33.63	30.87	28.84 ^{b c d}		حمل ماء	
41.6 ^b	41	38.91	35.41	31.54 ^a		توصيل ماء	
40.54 ^{b c d}	38.59	35.82	33.22	29.77 ^{b c d}		حمل تلج	
41.47 ^{b c}	40.26	38.4	34.19	30.51 ^{a b}		توصيل تلج	
0.44	3.47	1.47	1.98	1.45		LSD 5%	

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

متوسط شدة التدرج اللوني الأصفر B بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي بعد 48 ساعة

دلت النتائج من الجدول رقم (35) على وجود تغير ملحوظ في ارتفاع نسب القيم في نهاية مدة التخزين بعد 150 يوماً من التخزين المبرد، مقارنة بالشهر الأول والمعاملة بالتبريد الأولي بعد مدة 48 ساعة من القطاف، وقد سجلت ثمار الشاهد القيمة العليا بين المعاملات بقيمة وصلت إلى 42.61 التي تفوقت معنوياً على معاملي الحمل بالماء والتلج التي وصلت فيهما قيمة شدة التدرج اللوني الأصفر إلى 38.73 و 40.54 على التوالي، وهي الأقل شدة بالتدرج اللوني الأصفر للثمار مقارنة ببقية المعاملات، وتفوقت معنوياً ثمار الشاهد على معاملي التبريد الأولي التوصيل بالماء والتلج إذ وصلت فيها قيمة شدة التدرج اللوني الأصفر إلى 41.6 و 41.47 على التوالي.

وقد أجريت مقارنة معاملات التبريد الأولي فيما بينها، ودلت نتائج التجارب على وجود فروقات معنوية بتفوق معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء على معاملة التبريد الأولي الحمل المائي بقيمة 41.6، والتفوق المعنوي لمعاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج على معاملة التبريد الأولي الحمل بالتلج بقيمة وصلت إلى 41.47، وتفوقت معاملة التبريد الأولي الحمل بالتلج على معاملة التبريد الأولي الحمل المائي بقيمة وصلت إلى 40.57، في حين لم تُبدِ معاملة التبريد الأولي التوصيل بالماء تفوقاً معنوياً على معاملة التبريد الأولي التوصيل بالتلج، وتتفق عدة دراسات مثل دراسة (Ján, 2008) و (Wyszecki and Stiles, 1982) و (Nielsen and Stokes, 1998) و (Fairchild, 2005) عن ثمار التفاح من صنف ويلثي والملكة كندا والغولد سبور على التوالي إذ إنَّ شدة التدرج اللوني (a-b) مترافقة ومتماشية مع شدة السطوع اللوني لدى الثمار في أثناء التخزين المبرد، إذ تنقص مادة الكلوروفيل الموجودة في جلد الثمرة وتزداد الكاروتينات والزانثوفيلات (تغيير اللون الأساسي الأخضر إلى الأصفر).

وتزداد الأنثوسيانينات (التي تعطي اللون الأحمر للثمار)، وتنقص نسبة الصبغة الكلوروفيل متماشية مع النقصان في اللون الأحمر، ومتماشية في الوقت نفسه مع الزيادة في صبغة الكاروتينات التي تؤدي إلى زيادة في اللون الأصفر أو البرتقالي .

متوسط شدة التدرج اللوني الأصفر B بعد 150 يوماً من التخزين المبرد والتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة ويعد 48 ساعة من القطف :

يبين الجدول رقم (36) مقارنة متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (b) لمعاملات التبريد الأولي لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدتي 24/48 ساعة من القطف.

وقد أظهرت نتائج مقارنة المعاملات تفوق معاملات التبريد الأولي بعد 48 ساعة من القطف؛ وهي النسب الأعلى معنوياً على معاملات التبريد الأولي خلال 24 ساعة، إذ تفوقت معاملة التبريد الأولي حمل ماء بعد 48 ساعة بقيمة وصلت إلى 38.73 على معاملة التبريد الأولي حمل ماء خلال 24 ساعة التي وصلت شدة التدرج اللوني الأصفر فيها إلى 33.28 وتفوقت معنوياً معاملة التبريد الأولي توصيل ماء بعد 48 ساعة بقيمة وصلت إلى 41.6 على معاملة التبريد الأولي توصيل ماء خلال 24 ساعة التي وصلت شدة التدرج اللوني الأصفر فيها إلى 37.9، وتفوقت معنوياً معاملة التبريد الأولي حمل ثلج بعد مدة 48 ساعة بقيمة وصلت إلى 40.54 على معاملة التبريد الأولي حمل ثلج خلال 24 ساعة التي وصلت فيها شدة التدرج اللوني 33.88 فضلاً عن تفوق معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج بعد مدة 48 ساعة بقيمة وصلت إلى 41.47 على معاملة التبريد الأولي توصيل ثلج خلال 24 ساعة التي وصلت فيها إلى 33.35، وهذا يتوافق مع دراسات تابعة ل (Heuvelink, 2005) بأن فعالية التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطف تؤخر من المؤشرات أو الدلائل أو العلامات التي تدلّ على اكتمال النمو لحجم الثمار ووزنها وشكلها ولون الثمرة الخارجي (لون القشرة أو الجلد) وأحياناً الداخلي (لون اللب أو اللحم)، والصلابة وتتحدد أيضاً بتأخير أو تبطيئ اختفاء اللون الأخضر وظهور الألوان الأخرى المميزة لكل صنف، وهذا يتوافق مع صنف الغولدن والغراني سميث وأنواع أخرى بظهور اللون الأصفر في نهاية التخزين، وقد أثبتت معاملات التبريد فعاليتها في الحفاظ على طعم الثمار، ودورها الفاعل في تقليل عمليتي التنفس والفقد الرطوبي لما لهما من تأثيرات مباشرة في مظهر الثمار وصلابتها وتلونها، وتقلل من تحلل صبغة الكلوروفيل والكاروتين ومن نسبة التلف، إذ تؤدي هذه العوامل مجتمعة إلى بقاء الثمار ذات قيمة غذائية عالية وطعم مستساغ مما يطيل من عمرها التخزيني. (Wu and Kubota, 2008) .

جدول (36) متوسطات شدة التدرج اللوني الأصفر (B) لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس بعد خمسة أشهر من التخزين المبرد والمعاملة بالتبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة وبعد 48 ساعة من القطاف

المعاملات					المقارنة
الشاهد	حمل ماء	توصيل ماء	حمل ثلج	توصيل ثلج	
38.02	33.28 ^b	37.9 ^b	33.88 ^b	35.33 ^b	متوسط B في معاملة التبريد الأولي خلال 24h
42.61	38.73 ^a	41.6 ^a	40.54 ^a	41.47 ^a	متوسط B في معاملة التبريد الأولي بعد 48h
	3.6	2.4	3.8	4.4	LSD 5%

*تشير الحروف المختلفة إلى وجود فروقات معنوية عند مستوى ثقة 95% والترتيب الأبجدي إلى معنوية الفروق بين المعاملات بحسب العمود

الفصل الخامس

الاستنتاجات والمقترحات

Conclusions

And

Suggestions

الاستنتاجات

- 1- أثّرت معاملات التبريد الأولي إيجابياً في القدرة التخزينية والمحافظة على جودة ثمار التفاح مدة زمنية تصل إلى 5 أشهر مقارنة بالشاهد التي تصل فيها إلى 3 أشهر للمحافظة على جودتها .
- 2- حافظت معاملات التبريد الأولي ولاسيما الحمل المائي على صلابة ثمار التفاح بفارق معنوي بقيمة تصل إلى 5.9 كغ / سم²، خلال مدة 24 ساعة من القطاف مقارنة بالمعاملات كلها بما فيها الشاهد وكذلك الأمر تفوقت معنوياً على المعاملات كلها والشاهد بعد مدة 48 ساعة من القطاف بقيمة 5.01 كغ/سم² .
- 3- تفوقت معاملات التبريد الأولي كلها خلال مدة 24 وبعد 48 ساعة من القطاف معنوياً مقارنة بالشاهد وخاصة عند استخدام الحمل المائي في خفض نسبة الفقد الطبيعي في الوزن %، والمحافظة على أقل خسارة في حجم الثمار خلال مدة 24 ساعة من القطاف بنسبة 4.82%، والشاهد أعلاها بنسبة تصل إلى 10.21 % .
- 4- حافظت معاملات التبريد الأولي بالحمل المائي والتلجي على صفات الجودة في ثمار التفاح المخزنة ولاسيما المواد الصلبة الذائبة % في نهاية مدة التخزين وخلال مدة 24 ساعة من القطاف بنسبة تصل إلى 13.33 و 14.29 % على التوالي، مقارنة بمعاملة الشاهد التي حصلت على أعلى نسبة 14.86 %.
- 5- حافظت معاملات التبريد الأولي ولاسيما الحمل المائي والتلجي مقارنة بالمعاملات الأخرى في الحصول على أقل نسبة فقد مطلق % في نهاية مدة التخزين خلال مدة 24 ساعة من القطاف، إذ كانت معدومة لكل من الحمل المائي والتلجي مقارنة بمعاملة الشاهد التي تصل إلى 5.66 % . أمّا خلال بعد 48 ساعة من القطاف فكانت معاملة الحمل المائي 1.95 % والتلجي 2.86 % مقارنة بالشاهد 7.26 % .
- 6- حافظت معاملة التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج على أعلى قيمة في تغيرات شدة تدرج اللون الأخضر بنسبة تصل إلى 10.63- و 9.69- على التوالي؛ مقارنة بمعاملة الشاهد التي تصل إلى 4.61- خلال 24 ساعة من القطاف.
- 7- حافظت معاملة التبريد الأولي حمل ماء وحمل ثلج على أقل نسبة في تغيرات شدة تدرج اللون الأصفر وهي ذات دلالة إيجابية في تأخر وصول الثمار إلى مرحلة الهرم والشيخوخة خلال مدة 24 ساعة من القطاف بقيمة تصل إلى 33.28 و 35.33 على التوالي، مقارنة بمعاملة الشاهد التي تصل إلى 38.02.

المقترحات

- 1- استخدام معاملات التبريد الأولي كمعاملة من معاملات بعد القطاف نظراً إلى دورها الفعال في السيطرة على الأضرار التخزينية التي تصيب الثمار وتخفيض نسبة الفقد، ومن ثم الحفاظ على جودتها خلال التخزين.
- 2- استخدام معاملة الحمل المائي والتلجي في معاملات التبريد الأولي خلال مدة 24 ساعة من القطاف نظراً إلى دوره الفعال في الحفاظ على الجودة والتقليل من نسبة الفقد بالوزن والفقد المطلق حتى 150 يوماً من التخزين المبرد، عندما تتوافق مع معاملة التبريد الأولي.
- 3- إجراء دراسات مستقبلية على معاملات أخرى من حيث درجة الحرارة والمدة الزمنية اللازمة للتوصل إلى أفضل شروط للحفاظ على نوعية الثمار، خلال التخزين أطول مدة ممكنة.
- 4- يفضل استعمال طريقة التبريد الأولي لثمار التفاح المعدة للتخزين، ولاسيما التبريد بالحمل المائي بدرجة حرارة مياه تصل من 1 - 6 درجات مئوية مدة 25 دقيقة بعد القطاف مباشرة للحصول على تبريد سريع ذي كفاءة بأقل مدة زمنية ممكنة.
- 5- دراسة طرائق أخرى للتبريد الأولي بدرجات حرارة مختلفة وأزمنة مختلفة من خلال ابتكار الجهاز وتطويره
- 6- التوسع في معاملات التبريد الأولي على أنواع وأصناف أخرى من الثمار.
- 7- عدم التأخير في استعمال معاملات التبريد الأولي مدة تتجاوز 24 ساعة؛ وذلك بالمقارنة مع 48 ساعة من القطاف لثمار صنف التفاح غولدن ديليشس.

المراجع العربية

- (1) أبو القاسم، سامح (2003). منشورات هيئة البحوث العلمية الزراعية مصر رقم النشرة 373 الصفحات 8 - 16
- (2) أبو اليزيد، أحمد (2014). دليل قياسات الجودة للحاصلات البستانية الطازجة بعد الحصاد - كلية الزراعة - جامعة عين شمس ص 274
- (3) الجوخ، علي (2002). منشورات الهيئة السودانية للمواصفات والمقاييس رقم النشرة 175 - الصفحات 1 - 9 .
- (4) حامد، فيصل؛ العيسى، عماد (1991). الفاكهة (إنتاجها و تخزينها). كلية الزراعة- جامعة دمشق، ص 93-94.
- (5) حداد، سهيل؛ البسيط، إبراهيم؛ عبيد، حسان (2002). دراسة مرجعية حول النقرة المرة على ثمار التفاح - مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد (16).
- (6) حموي، محمود؛ بغدادى، محمود؛ المحمد، حسين (1999). الأمراض البيئية والفيزيولوجية - منشورات جامعة حلب - كلية الزراعة. 390 ص.
- (7) العاني، عبد الله محلف (1985). فيزيولوجيا الحاصلات البستانية بعد الحصاد. مديرية مطبعة الجامعة، جامعة الموصل.
- (8) عبد الله، حسن (1991). تعبئة وتخزين الفاكهة والخضار - الجزء النظري والعملي، منشورات جامعة دمشق.
- (9) عبود، أحمد (2011). هندسة عمليات ما بعد الحصاد، محاضرات منشورة - كلية الزراعة - جامعة دمشق .
- (10) عبيد، حسان (2007). دراسة مرجعية حول واقع زراعة التفاح في سورية- مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، العدد(1).
- (11) كردوش، محمد عيسى؛ سحار، محمد وليد (1991). إنتاج الفاكهة المتساقطة الأوراق- كلية الزراعة جامعة حلب.

- (12) المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية الصادرة عن وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي للعام 2012.
- (13) منشورات منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2005).
- (14) الوزير، دريد عبد الصمد (2008). تقانة الخضار والفاكهة (الجزء النظري) ص 15-91 . قسم الهندسة الغذائية، كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية، جامعة البعث، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.
- (15) يونس، احمد؛ ابوترابي، بسام (2004). تأثير درجة حرارة التخزين في القدرة التخزينية لبعض هجن البندورة ، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (20)، العدد (1)، ص 85-97
- (16) يونس، أحمد (1993). تعبئة وتخزين الثمار (الجزء النظري) منشورات جامعة حلب .

المراجع الأجنبية

- 1) Abbott, j. A., Watada, A. E. and Massie, D. R. (1984). Sensory and instrument measurement of apple texture. Journal of the American Society for Horticultural Science 109, 221-228. In: Johnston, J. W., Hewett, E. W. and Hertog, M. L. A. T. M. Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. (2002). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 30, 145-160.
- 2) Abeles, F. B., Morgan, P. W., Saltveit, M. E., 1992. Fruit ripening, abscission and postharvest disorders. In: Ethylene in plant biology, Academic Press, New York. S: 182-221.
- 3) Anon, 1993. Chilling facts, Food-Review; 20 (5) 23, 25-26,29.
- 4) Anon, 1994. Chilling thoughts on spoilage, International-Food-Hygiene; 4 (5) 25, 27-29.
- 5) Ashtari, A. K. 2004. Effects of Post harvest Pre-cooling Processes and Cyclical heat treatment on the Physico-chemical Properties of "shahmiveh Pears" during cold storage. Journal of scientific Research and Development. 33(2):28-40.
- 6) Bachmann, J. and R. Earles. 2005. Postharvest Handling of Fruits and Vegetables. ATTRA Horticulture Technical Note. 19 pp.(WWW.attra.ncat.org).
- 7) 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. P:89.
- 8) Barrett. D. M.. and Gonzalez. C. (1994). Activity of softening enzymes during cherry maturation . J. Food Sci. 59:574-577.
- 9) Beaudry, R.M., Watkins, C.B., J.F. Nock , S.A. Weis and S. Jayanty, (2004). Storage temperature, diphenylamine, and pre-storage delay effects on soggy breakdown, soft scald and bitter pit of ‘Honeycrisp’ apples. Postharvest Biology and Technology 32:213-221.
- 10) Bennett, A.H., R.E. Smith and J.C. Fortson. 2000. “Hydrocooling peaches: A practical guide for determining cooling requirements and cooling times.” United States Department of Agriculture, Agricultural Information Bulletin No. 293.
- 11) Bourne, M.C. Postharvest food losses(2003) The neglected dimension in increasing the world food supply, Cornell Intl. Agri Mimeograph No. 53, Cornell Univer., Ithaca, NY, 1977.
- 12) Boyette, M.D., E.A. Estes and A.R. Rubin. 1992. “Hydrocooling.” Postharvest Technology Series.AG-414-4.North Carolina Cooperative Extension Service.
www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag_414-4/index.html.

- 13) Branch, B., 1986. Follow cooling basics to preserve quality, American-Vegetable-Grower; 34 (11) 20, 22-23.
- 14) Britton, M. chairman, British Lung Foundation. (2000). Apples 'protect the lungs'. Publish of Medical Journal Thorax, V.55, PP:102-108.
- 15) Sousa, M.C. and M. Ingle. 1989. Effect of delayed cooling on the poststorage flesh firmness of apples. J. Food Sci. 54:493-494.
- 16) De Castro, L. R., C. Vigneault, and L. A. B. Cortez. 2004. Container opening design for horticultural produce cooling efficiency. Food, Agriculture and Environment. 2(1):135-140.
- 17) DeEll, J.R., Vigneault C. and Lemerre S. 2000. Water temperature for hydro-cooling field cucumbers in relation to chilling injury during storage. Postharvest Biol. and Tech. 18: 27-32.
- 18) DeEll, J.R., Vigneault C. and Lemerre S. 2003. Optimum hydrocooling temperature for cucumbers. ENESAD, France http://res2.agr.ca/stjean/publication/resume9900/vigneault2_e.htm.
- 19) DeEll, Saad, Khanizadeh (1999). Presented at the international Dwarf Fruit Tree Association annual conference, Hamilton, Ontario. V3. No.38. 7p.
- 20) Dincer, I. 1995. "An effective method for analysing precooling process parameters." International Journal of Energy Research 19(2):95 – 102.
- 21) Dincer, I. 1996. "Convective&Conduction heat transfer coefficient model for spherical products subject to hydrocooling." Energy Sources 18(6):735 – 42.
- 22) Elizabeth J. Mitcham, Carlos H. Crisosto and Adel A. Kader. 2000. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality, Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616.
- 23) Eugene. K (1986). The Role of Ethylene in Determining Apple Harvest and Storage Life. Vol.4, No.1.
- 24) FAO. 1989. Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops. A training manual. Rome.
- 25) Felicetti, E., Zhu, Y., Mattheis, J.P. (2008). Ascorbic Acid Profiles in 'Delicious' and 'Honeycrisp' Apples During on-Tree Development and Cold Storage. Washington State Univ. Meeting Abstract.

- 26) Fernando, M.D. 2006. Country paper: Sri Lanka (2). In APO. 2006. Post-harvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region. Asian Productivity Organization (APO) and FAO. pp. 264–275.
- 27) Ferreira, M.D., J. K. Brecht, S. A. Sargent and J. J. Aracena. 1994. Physiological responses of strawberry to film wrapping and precooling methods.43:32-51.
- 28) Flockens, I.H. and H.F. Th. Meffert. 1972. Biophysical properties of horticultural products as related to loss of moisture during cooling down. J. Sci. Food Agric. 23:285-298.
- 29) Fricke, B. A. and B. R. Becker. 2003. Storage temperature, diphenylamine and pre-storage delay effects on soggy breakdown, soft scald and bitter pit of ‘Honeycrisp’ apples. Postharvest Biology and Technology. 32:213-221.
- 30) Fricke, B.A. and B.R. Becker. 2005. “Comparison of hydrocooling time estimation methods.” Proceedings of the 21st IIR International Congress of Refrigeration: Serving the Needs of Mankind.
- 31) Gast, K.L.B. and Flores, R. 2006. Precooling produce. Kansas State University cooperative Extension, Manhattan, Kansas.
- 32) Geeson, J. D. 1981. Cool storage of fruit and vegetables, Food,-Flavourings,-Ingredients,-Packaging-and-Processing; 3 (9): 11- 15.
- 33) Getinet, H.; Seyoum, T.; Woldetsadik, K.(2008). The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. Journal of Food Engineering 87:467-478.
- 34) Gormley, T.R., 1990. Chilled Foods, The State of the Art, Elsevier Applied Science.
- 35) Heuvelink, E. 2005. Tomates . Book, Wageningen Agricultural University, Netherlands. 157P
- 36) Hardenburg, R. E., A. E. Watada and C. Yi. Wang. 1990. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursery Stocks. United State Departement of Agriculture. Agricultural Research Service. Agriculture Handbook No. 66:130.
- 37) Hardenburg, R.E., A.E.Watada, and C.Y. Wang, Revised 1986. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist andNursery Stocks. USDA-ARS. Agriculture Handbook Number 66.
- 38) Harker, F. R., Maindonald, J., Murray, S. H., Gunson, F. A., Hallett, I. C., andWalker, S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. Postharvest Biology and Technology 24, 225-239.

- 39) Harvey, J. (1978). Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. *Annual Review of Phytopathology*.16:321-341.
- 40) HUI,Y.H.,(2006).Handbook of fruit and fruit processing. Blakwell publishing, Iowa, USA.
- 41) Jan, F.L., (2008). The relation between colour and quality of fruits. *Acta Horticulturae*, v.259, p.31-60.
- 42) Johnson,I.T.(2004). Digestive cancers, Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis; vol. 551, issues 1-2, pp. 9-28.
- 43) Johnston, J. W., Hewett, E. W. and Hertog, M. L. A. T. M. (2002). Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. *New Zealand Journal of Crop and Hort. Science*. 30, 145-160.
- 44) Kader, A. A. 2002. Post-harvest technology of horticultural crops, University of California.125:617-621.
- 45) Kader, A.A. and Rolle, R.S. 2004. The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. Rome, FAO Agric. Serv. Bull., 152, p. 51.
- 46) Kappel. F. Toivonen. P.. Mckenzie. L. D..and Stan. S. (2002). Storage Characteristics of APPLE. *Hort Science*. 37(1):139-143.
- 47) Kesta, S., and Leelawatana. 1992. Effect of precooling and polyethylene film liners in corrugated boxes of quality of lychee fruits. *Acta Hort*. 321: 742-746.
- 48) Kitinoja, L. and Gorny, J.R Postharvest Technology for Small-Scale Produce Marketers: Economic Opportunities, Quality and Food Safety. 1999. UC PTRIC Horticultural Series No. 21.
- 49) Kitinoja, L., Thompson, James F. (2010). "Pre-cooling systems for small-scale producers." *Stewart Postharvest Review* 2(2).
- 50) KMUTT. 2007. Post-harvest: atechnology for living produce. Multimedia prouduced by the Division of Post-harvest Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thialand .
- 51) Kupferman, E.(1995). Postharvest handling of Anjou pears . postharvest information network . *Tree fruit postharvest journal*,6(2):3-8.
- 52) Liu, F. W. (1985). "Conditions for low ethylene CA storage of apples: a review. Blankenship, S. M. Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities. Dept. of Hort. Sci., N. Carolina State Univ. pp.127.

- 53) Maxie, E. C., F. G. Mitchell and A. Greathead. 1959. Studies on apple quality. Calif. Agric., Feb. 1:16.
- 54) Mitcham. E. J., Crisosto. C. H., and Kader . A. A. (2002). Sweet Cherry Recommendations for Maintaining Post harvest Quality . post harvest Tecnology Research and Information Center .
- 55) Mitropoulos, D. and Lambrinos, G. (2005). Changes in firmness of apples affected by moisture loss during storage. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 80(4),421-426.
- 56) Mozetic . B., Simcic. M., and Trebse. P. (2004). Changes at anthocyanins and hydroxycinnamic acids effecting the skin color during maturation of sweet cherries . Swiss Society of Food Science and Tecnology . 37:123-128.
- 57) Mozetic . B., Simcic. M., and Trebse. P. (2006). Anthocyanins and hydroxycinnamic acids of Lambert compact cherries after cold storage and 1-methylcyclopropene treatment . food . Food chem. 97:302-309.
- 58) Olesen, T., Wiltshire, N., and McConchie, C. 2003. Improved post-harvest handling of lychee. RIRDC Pub. 03/111, Queensland, Australia.
- 59) Osterloh, A. 1980. Obstlagerung. VEB Deutscher Land Wirtschaftsverlag Berlin. 236p.
- 60) Paliyath. G., and Murr. D. P. (2006). Biochemistry of fruits . Y. H. Hui. Blackwell Publishing. Oxford. P:487-514.
- 61) Parsons, R.A. and Kasmire, R.F. 2006. Forced-air Unit to rapidly cool small lots of packaged produce. University of California Cooperative Extension, OSA #272.
- 62) Perez, K., Mercads, J., and Soto- valdez, H.(2003). Effect of storage temperature on the shelf life of Hass avocado. Food Sci. Technol. Int. 10(2): 73-77.
- 63) Perkins-Veazie, P. (2012). "Pack'n Cool Construction Summary." Retrieved October, 2012, from.
- 64) Raese, J. T., S. R. M. Drake. and D. C. Staiff. 1999. Calcium Sprays, time of harvest, and duration in cold storage affects fruit quality of d, Anjou pears in a critical year. J. Plant Nutrition. Marcel Dekker Inc., Monticello, N.Y. 122(12): 1921-1929.
- 65) Reina, L. D., H. P. Fleming. and E. G. Humphries. 1995. Microbial control of cucumber hydrocooling water with chlorine Dioxid. Journal of food protection, 58(5):541-546.

- 66) Rij, R. et al. 1979. Handling Precooling and Temperature Management of cut Flower crops for Truck Transportation. USDA Science and Education Administration, AAT-W-5, UC Leaflet 21058.
- 67) Robbins, J. and P. P. Moore. 1992. Fruit quality of stored fresh red raspberries after a delay in cooling. HortTechnology, 2(4):468-470.
- 68) Ryall, A. L. and W.T. Pentzer. 2000. Treatments Before Shipment or Storage of Fruits and Vegetables, 2: 292-310, AVI, Westport, Connecticut.
- 69) Sousa, M.C. and M. Ingle. 1989. Effect of delayed cooling on the poststorage flesh firmness of apples. J. Food Sci. 54:493-494
- 70) Sastry, S. K. and C. D. Baird. 1978. Transpiration rates of certain fruits and vegetables. ASHRAE Trans. 84(2):237-255.
- 71) Schulz, H. 1996. Aussere and innere Eigenschaften lagernder heimischer Fruchtarten In: Osterloh, A., Ebert, G., Held, W. H., Shulz, H. Lagerung von Obst und Südfrüchten, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart. Pp. 19-72.
- 72) Schulz, H., 2000. Physiologie der lagerenden Frucht, In: Friedric, G.; Fiscer, M. Physiologische Grundlagen des Obstbaues. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany, 512p.
- 73) Schwallier, P., A. Brown. and D. Ruwersma. 2005. MSU fruit team apple maturity report 2005 grand rapids area report number 7. Michigan State University Extension.
- 74) 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.
- 75) Shea, T. (2004). Cognitive function, memory and learning. Journal on Nutrition Health and Aging, V(8). PP: 92-97.
- 76) Shewfelt, R.L. 1990. Quality of FRUITS and Vegetables. A Scientific Status Summary by the institute of Food Technologists Expert Panel on Food Safety and Nutrition institute of Food Technologists, 22 North Lasalle Street, Chicago, Illinois 60601.
- 77) Showalter, R.K., Grierson, W., 1970. Precooling of Fruits and Vegetables, Semiannual Meeting of the ASHRAE, Florida Agr. Exp. Stations Journal Series No. 3556, San Francisco, California.

- 78) Sivakumar, D. & Korsten, L. 2007. Maintaining fresh produce quality during cold storage. In Horticultural chain management for Southern and East Africa: theoretical manual. FAO, and the Commonwealth Secretariat
- 79) Smith, R. B. 1982. From tree to table: quality in Ontario Peaches. Highlights of Agricultural Research in Ontario, 5(2) : 11-14.
- 80) Song,J., Bangerth, F.,2000.The effect of harvest date on aroma compound production from ' Golden Delicious ' apple fruit and relationship to respiration and ethylene production . Postharvest Biology and Technology . 8:259-269.
- 81) Stewart, K. S. and H. M. Couey. 1963. Hydrocooling fruits – A practical guide to predicting final temperatures and cooling times. USDA Agric. Mkt. Serv. Mkt. Res. Rpt. 637.
- 82) Thompson, A.K. et al. 2006. Commercial cooling of fruits, Vegetables, and flowers. Publ, 21567 , ANR, University of California, Oakland, CA, 61 pp.
- 83) Thompson, J. F. 1999. Cold-storage systems. In: F.W. Bakker-Arkema (ed) CIGR Hdbk Agric. Eng., Vol. IV, ASAE, St. Joseph MI, pp. 339-361.
- 84) Thompson, J. F. and Kasmire, R.F. 1992. An evaporative cooler for vegetable crops.California Agriculture, March-April: 20-21.
- 85) Thompson, J. F., F. G. Mitchell, T. R. Rumsey, R. F. Kasmire and C. H. Crisosto. 2001. Commercial cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers. Regents of the University of Calufornia , Davis:DANR Publications 21567:61.
- 86) Thompson, J. F., F. G. Mitchell. T. R. Rumsey, R. F. Kasmire and C. C. Crisosto. 1998. Commercial cooling of fruits, vegetables, and flowers. Univ. Calif. DANR Pub. No. 21567.
- 87) Thompson, J.F. 2009.Cooling horticultural commodities.Pp.97- 112. in: Kader, A.A.(ed) Postharvest Technology of Horticultural Crops. Univ. of California, Div. of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311.
- 88) Thompson, J.F. et al. 2001. Effect of cooling delays on fruit and vegetable quality.Perishables Handling Quarterly Issue No. 105 : 2-5.
- 89) Thompson, J.F., F.G. Mitchell, and R.F. Kasmire. 2002. Cooling horticultural commodities. In: A.A.Kader (ed) Postharv. Technol. Hort. Crops, Univ. Calif. DANR Pub. No. 3311, pp. 97-112.

- 90) Tiovonon. P. M. A., Kappel. F., Stan. S., McKenzie. D. L., and Hocking. R. (2004) . Firmness, Respiration, and weight loss of Bing , Lapins , and Sweetheart cherries in relation to fruit maturity and susceptibility to surface pitting. Hort Science . 39(5):1066-1069
- 91) Toussaint, W.D., T.T. Hatlow and G. Abshier. 1955. Hydrocooling Apple in the North Carolina sandhills. N.C. Agric. Exp. Stn. Agric. Env. Infor. Ser. No. 320.
- 92) U.S. Department of Agriculture. 2004. "The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks." USDA Agriculture Handbook Number 66. <http://usna.usda.gov/hb66/contents.html>.
- 93) Walsh. K. B. (2006). Setting and meeting objective standards for eating quality in fresh fruit . Acta Horticulturae . 712:191-201.
- 94) Wang, C.Y. 1990. Chilling injuries of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 313 pp.
- 95) Watkins, C.B., Rosenberger, D.A., Bartsch, J.A. (2004). Cornell Fruit Handling and Storage Newsletter. 26pp.
- 96) Weichman, J. (1993). Kuehlraeume fuer obstand Gemuese, Einflussdes Raum klimas and die kuhly valitat. sonder Druch 205.
- 97) Will, R., McGlasson, B., Graham, D. & Joyce, D. 1998. Post-harvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. 4th edition. UNSW Press, Australia. 262 pp.
- 98) Wu, M. and C. Kubota . 2008. Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene , chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening , scientia Horticulturae, 116:122-129
- 99) Znidarcic, D. ;pozrl. T.(2006). Comparative study of quality changes in tomato cv. Malilke. Stored at different temperatures . Acta Agriculture 87(2):235-243.

مراجع انترنت

1- International Color Consortium. <http://www.color.org>

2- <http://www.eci.org/> .

3-**Nielsen, M. and Stokes, M.** The Creation of the sRGB ICC Profile.

<http://www.srgb.com/c55.pdf> Year unknown, after 1998

4-**G.Wyszecki and W.S.Stiles** Color Science John Wiley & Sons, New York ,...,

1982. **References for Color Science** :

<http://docs-hoffmann.de/ciexyz29082000.pdf>

5-**M.D.Fairchild** Color Appearance Models John Wiley & Sons, Ltd

England, 2005. **References for Color Science** :

<http://docs-hoffmann.de/cielab03022003.pdf>