The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 4, Issue 4, 2026
Page No: 261-269
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2025: 0.69 ISI 2024: 0.696

Effect of Temperature and Calcium Chloride Treatment on the Quality Attributes of Eureka Lemon (Citrus limon L.) Fruits During Storage

Rasha Salah Salem[1*], Fatma Mohamed Ahmaida[2], Sabreen Mohamed Khalifa[3], Taha Mohamed Abu Bakr[4]
[1,2,3,4]Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya

تأثير درجات الحرارة ومعاملة كلوريد الكالسيوم على الصفات النوعية لثمار الليمون الحامض صنف يوريكا خلال التخزين

رشا صلاح سالم[1*]، فاطمة محمد احميده[2]، صابرين محمد خليفة[3]، طه محمد ابوبكر[4]
[1،2،3،4]قسم البستنة، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا

*Corresponding author: rasha.salah@omu.edu.ly

Received: September 02, 2026 | Accepted: November 07, 2026 | Published: November 22, 2026

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract:
This study aims to investigate the effect of postharvest treatment using calcium chloride on Eureka lemon fruits in order to enhance storage capacity and improve fruit quality under both cold storage conditions (7°C) and room temperature. The experiment was conducted at the Postharvest Physiology Laboratory, Department of Horticulture – Faculty of Agriculture – Omar Al-Mukhtar University. A portion of the fruits was stored in a cold chamber at 7°C with relative humidity (85–90%), while the remaining portion was stored at room temperature. The storage period lasted for 90 days during the 2017–2018 seasons. Fruits were harvested from one of the farms in the Green Mountain region and were divided into two main treatments: Control (untreated fruits), and fruits immersed in a 2% calcium chloride solution for 5 minutes. **The following parameters were evaluated:** Physical characteristics: weight loss – peel percentage – juice percentage, Chemical characteristics: total soluble solids (TSS) – titratable acidity – pH. The results showed that temperature and storage duration had the greatest impact on physical and chemical changes. However, the calcium chloride treatment did not show a clear effect in reducing deterioration or improving fruit quality compared to the control. This may be attributed to the non-climacteric nature of lemon fruits, which typically have a relatively low respiration rate, limiting the effectiveness of certain postharvest treatments.

Keywords: Eureka lemon (Citrus limon L.), Cold storage, Calcium chloride, Postharvest treatments, Fruit quality attributes.

الملخص:
يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير معاملة ما بعد الحصاد باستخدام كلوريد الكالسيوم على ثمار الليمون الحامض صنف يوريكا، بهدف زيادة القدرة التخزينية وتحسين جودة الثمار تحت ظروف التخزين على درجة حرارة مبردة (7°م) وحرارة الغرفة. وقد نُفذت التجربة في معمل فسيولوجيا ما بعد الحصاد، بقسم البستنة – كلية الزراعة – جامعة عمر المختار، حيث

خُزنت مجموعة من الثمار في ثلاجة التبريد على درجة حرارة 7°م ورطوبة نسبية (85–90%)، بينما خُزنت مجموعة أخرى على درجة حرارة الغرفة، واستمر التخزين لمدة 90 يومًا. قُطفت الثمار من إحدى مزارع منطقة الجبل الأخضر، ووزعت على معاملتين رئيسيتين: شاهد (بدون معاملة)، وغمر الثمار في محلول كلوريد الكالسيوم تركيز 2% لمدة 5 دقائق. **تم تقييم التغيرات في الخصائص التالية:** الخصائص الطبيعية: الفقد في الوزن – نسبة القشرة – نسبة العصير، الخصائص الكيميائية: المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) – الحموضة القابلة للمعايرة – الرقم الهيدروجيني (pH). وقد بينت النتائج أن درجة الحرارة وفترة التخزين كان لهما التأثير الأكبر على التغيرات الفيزيائية والكيميائية، في حين لم تظهر معاملة كلوريد الكالسيوم تأثيرًا واضحًا في تقليل الفقد أو تحسين نوعية الثمار مقارنة بالشاهد، ويُعزى ذلك إلى أن ثمار الليمون غير مناخية (غير كلايمكتيرية) بطبيعتها، ويكون فيها معدل التنفس منخفضًا نسبيًا، مما يحد من فعالية بعض معاملات ما بعد الحصاد.

الكلمات المفتاحية: الليمون الحامض (صنف يوريكا)، التخزين المبرد، كلوريد الكالسيوم، معاملات ما بعد الحصاد، جودة الثمار.

المقدمة:

تُعد الحمضيات من الفواكه القديمة التي نشأت في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية بجنوب شرق آسيا، فيما تشير دراسات أخرى إلى أن الهند والهند الصينية هما الموطن الأصلي لهذه المجموعة النباتية (Davies وAlbrigo، 1994). تنتمي الحمضيات للعائلة Rutaceae وتحديدًا تحت العائلة Aurantiodeae، ويعد جنس Citrus من أبرز الأجناس التي تضم أنواعًا هامة مثل الليمون والبرتقال والنارنج واليوسفي والجريب فروت.

تشغل الحمضيات موقعًا متقدمًا بين الأشجار المثمرة عالميًا نظرًا لأهميتها الاقتصادية والغذائية والطبية. وتتميز ليبيا بموقعها المناخي الملائم لزراعة الحمضيات، حيث يُقدّر الإنتاج المحلي بنحو 81.053 ألف طن، بينما يبلغ الإنتاج العالمي حوالي 19.4 مليون طن، وتُعد الهند، الصين، المكسيك، الأرجنتين، البرازيل وتركيا من أكبر الدول المنتجة (FAO، 2013).

تحتوي ثمار الليمون على نسبة عالية من فيتامين C، وتُستهلك طازجة أو تدخل في إعداد السلطات والعصائر والمربيات، كما تُستخدم القشرة الخارجية والزيوت العطرية المستخلصة من أجزاء الشجرة في الطهي وصناعة العطور (Duckworth، 1979؛ حامد وآخرون، 2007). وتشير الدراسات إلى أن الأجزاء البيضاء من القشرة (الألبيدو) والأجزاء الفاصلة بين الفصوص غنية بفيتامين C، والجلايكوسيدات، والهسبريدين، والنارنجين، وهي مركبات تسهم في تقليل تصلب الشرايين.

يهتم علم فسيولوجيا ما بعد القطف بتقليل الفاقد الناتج عن التلف بعد الجني، ويُعد التخزين المبرد من أهم العمليات المستخدمة لذلك، حيث يعمل على تقليل معدل التنفس، تحطيم الصبغات، فقدان الليونة، الذبول، والإصابة الميكروبية (Dewey، 1979؛ Teskey وShoemaker، 1978). وقد أظهرت الدراسات أن التغليف بأغلفة مثل السيلوفان والتشميع يساهم في تقليل الفقد في الوزن وتحسين مظهر الثمار وتأخير النضج (يونس، 1993).

ويُعد صنف الليمون يوريكا (Eureka) من الأصناف الرئيسية المنتشرة في ليبيا، لا سيما في منطقة الجبل الأخضر. ونظرًا لندرة الدراسات التي تبحث في إطالة القدرة التخزينية لهذا الصنف، فقد هدفت هذه الدراسة إلى دراسة فسيولوجيا ما بعد القطف لثمار الليمون، وتقييم تأثير درجات الحرارة وبعض المعاملات (مثل الغمر في كلوريد الكالسيوم والتخزين في درجة حرارة منخفضة) على الصفات الطبيعية والكيميائية للثمار، وتقدير مدى قابلية الثمار للتخزين البارد مع الحفاظ على خصائصها النوعية وتحديد أفضل المعاملات فعالية في إطالة فترة التخزين وتحسين جودة الثمار.

المواد وطرق البحث:

أُجريت هذه الدراسة في معمل فسيولوجيا ما بعد القطف، قسم البستنة، كلية الزراعة، جامعة عمر المختار، بهدف تقييم تأثير معاملة الغمر في كلوريد الكالسيوم على جودة ثمار الليمون الحامض صنف يوريكا أثناء التخزين البارد.

تم قطف الثمار عند نضجها (90 يومًا من التزهير الكامل وبداية تلون القشرة باللون الأصفر)، وفرزها واستبعاد التالفة، ثم غُسلت وغُمرت بمبيد فطري، وبعدها تمت معالجتها بغمرها في محلول كلوريد الكالسيوم بتركيز 2% لمدة 5 دقائق، وتم تخزين الثمار في غرف تبريد عند درجة حرارة 7°م ورطوبة نسبية 80–90%، ومقارنتها بالتخزين على درجة حرارة الغرفة.

واستُخدمت ست فترات تخزين تمتد كل منها أسبوعين (15 يومًا)، لمدة إجمالية قدرها ثلاثة أشهر (90 يومًا). في نهاية كل فترة، أُجريت القياسات لتقييم التغيرات في الصفات الفيزيائية والكيميائية للثمار.

المتغيرات المدروسة:

أولاً: الخصائص الطبيعية للثمار:

1. الفقد في الوزن (%): تم تقدير وزن كل الثمار بكل معاملة قبل التخزين وهو يعتبر الوزن الأولي الذي يتم على أساسه حساب الفقد في الوزن للثمار عند نهاية كل فترة تخزين **بالقانون الآتي:**

الفقد في الوزن (%) = [(الوزن قبل التخزين - الوزن بعد التخزين) / الوزن قبل التخزين] × 100

2. نسبة العصير (%): تم تقطيع الثمار وعصرها يدويًا بواسطة عصارة الليمون وترشيح العصير وأخذ وزن العصير بواسطة ميزان حساس، وقدرت نسبة العصير **بالقانون التالي:**

نسبة العصير (%) = (وزن العصير / وزن الثمرة) × 100

3. نسبة القشرة (%): تم وزن غلاف الثمرة الخارجي بواسطة ميزان حساس وتقدير نسبة القشرة **بالقانون التالي:**

نسبة القشرة (%) = (وزن القشرة / وزن الثمرة) × 100

ثانيًا: الخصائص الكيميائية للثمار:

1. **الحموضة القابلة للمعايرة (%):** تم تقدير الحموضة القابلة للمعايرة باستخدام هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) عياريته 0.1 على أساس حمض الستريك السائد في ثمرة الليمون مع استخدام دليل فينول فثالين، وتطبيق القانون التالي الذي ذكره (Rangana، 1979):

نسبة الحموضة (%) = [(حجم القلوي × عياريته × الوزن المكافئ لحمض الستريك) / (حجم العصير المستخدم في المعايرة × 1000)] × 100

2. **الرقم الهيدروجيني (pH):** تم تقدير الـ pH لعصير الليمون باستخدام جهاز pH meter طبقًا لما ورد في (AOAC، 1997، 22.01.19).
3. **المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS %):** تم قياس المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الليمون باستخدام جهاز الرفراكتوميتر نوع (KARL KOLB) D-6072 Dreieich طبقًا لما هو وارد في (AOAC، 1997، 22.01.19).

التحليل الإحصائي:

نُفذت التجربة باستخدام تصميم عشوائي كامل (CRD)، وأُجريت المقارنات بين المعاملات باستخدام اختبار دنكان متعدد المدى عند مستوى معنوية 5% (Steel وTorrie، 1960).

النتائج والمناقشة:

هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير الغمر في كلوريد الكالسيوم ودرجتي حرارة التخزين (7°م مقابل حرارة الغرفة) على الخصائص الطبيعية والكيميائية لثمار الليمون الحامض صنف يوريكا.

جدول رقم (1): تأثير درجة الحرارة على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون (صنف يوريكا).

درجة الحرارة	الفقد في الوزن(%)	نسبة العصير(%)	نسبة القشرة(%)
7°م	6.93 b	37.56 b	33.69 b
حرارة الغرفة	21.05 a	40.27 a	27.10 a

- **الفقد في الوزن:** كان أعلى بشكل معنوي في الثمار المخزنة في درجة حرارة الغرفة (21.05%) مقارنة بـ 7°م (6.93%)، مما يؤكد أن التبريد يقلل من فقد الرطوبة ويحافظ على وزن الثمار.
- **نسبة العصير:** كانت أعلى في ثمار حرارة الغرفة (40.27%) مقابل (37.56%) في التبريد، ويُحتمل أن هذا بسبب فقدان الماء من اللب ما يزيد تركيز العصير مؤقتًا.
- **نسبة القشرة:** كانت أعلى في التبريد (33.69%) نتيجة انخفاض معدل تحلل الأنسجة وتأخر النضج، مقارنة بثمار الغرفة (27.10%).

جدول رقم (2): تأثير درجة الحرارة على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون (صنف يوريكا).

درجة الحرارة	الحموضة(%)	pH	TSS (%)
7°م	3.941	2.490	9.209 b
حرارة الغرفة	3.872	2.495	9.556 a

لوحظ تقارب في نسب الحموضة وpH بين المعاملتين، مع ارتفاع معنوي بسيط في TSS في الثمار المخزنة بحرارة الغرفة، مما يشير إلى تأثير درجة الحرارة على تركيز المواد الصلبة الذائبة أثناء التخزين.

جدول رقم (3): تأثير معاملة كلوريد الكالسيوم على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون (صنف يوريكا).

المعاملة	الفقد في الوزن(%)	نسبة العصير(%)	نسبة القشرة(%)
كنترول (الشاهد)	20.41 b	41.67 b	28.28 a
كلوريد الكالسيوم	20.88 b	41.49 b	28.07 a

كانت نسب الفقد في الوزن ونسبة العصير ونسبة القشرة متقاربة جدًا بين المعاملتين دون فروق معنوية، مما يدل على تأثير محدود لكلوريد الكالسيوم في الصفات الطبيعية.

جدول رقم (4): تأثير معاملة كلوريد الكالسيوم على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون (صنف يوريكا).

المعاملة	الحموضة(%)	pH	TSS (%)
كنترول (الشاهد)	3.859	2.525	9.580 b
كلوريد الكالسيوم	3.900	2.499	9.500 b

تُظهر النتائج تقاربًا في نسب الحموضة والرقم الهيدروجيني (pH) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) بين معاملة كلوريد الكالسيوم والشاهد دون فروق معنوية تُذكر.

جدول رقم (5): تأثير مدة التخزين على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون صنف يوريكا (موسم 2017).

مدة التخزين (يوم)	الفقد في الوزن(%)	نسبة العصير(%)	نسبة القشرة(%)
0	0.00 a	30.11 a	39.80 c
15	11.46 b	36.55 b	32.45 b
30	14.16 c	41.57 cd	28.28 a
45	14.95 c	42.95 d	28.28 a
60	17.81 d	41.56 cd	28.29 a
75	19.03 d	41.20 cd	28.24 a
90	20.52 e	38.46 bc	27.44 a

*القيم المتبوعة بنفس الحرف أو الأحرف الهجائية داخل كل عمود لا تختلف معنويًا فيما بينها طبقًا لاختبار دنكان متعدد المدى عند مستوى احتمال 5%.

يزداد الفقد في الوزن تدريجيًا مع زيادة مدة التخزين بفروق معنوية واضحة، بينما تزداد نسبة العصير حتى 45 يومًا ثم تتراجع نسبيًا، وتنخفض نسبة القشرة معنويًا في الشهر الأول ثم تستقر.

جدول رقم (6): تأثير مدة التخزين على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون صنف يوريكا (موسم 2017).

مدة التخزين (يوم)	الحموضة(%)	pH	TSS (%)
0	4.320 d	2.473	8.375 a
15	4.231 d	2.521	9.729 cd
30	4.020 c	2.567	9.147 b
45	3.897 c	2.506	9.458 c
60	3.741 b	2.503	9.562 cd
75	3.624 ab	2.503	9.792 d
90	3.513 a	2.377	9.611 cd

لوحظ انخفاض تدريجي في الحموضة مع زيادة مدة التخزين نتيجة استهلاك الأحماض العضوية في التنفس، بينما ارتفعت نسبة TSS نتيجة فقد الرطوبة وتركز العصير.

جدول رقم (7): تأثير التداخل بين درجة الحرارة والمعاملات على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون صنف يوريكا.

درجة الحرارة	المعاملة	الفقد في الوزن(%)	نسبة العصير(%)	نسبة القشرة(%)
7°م	كلوريد الكالسيوم	10.75 c	40.75	32.17 b
7°م	الشاهد	9.52 b	40.20	32.67 b
حرارة الغرفة	كلوريد الكالسيوم	31.01 d	42.22	23.98 a
حرارة الغرفة	الشاهد	31.29 d	43.13	23.89 a

يُلاحظ أن التخزين على درجة حرارة 7°م قلل بشكل واضح من الفقد في الوزن مقارنة بالتخزين على درجة حرارة الغرفة في كلتا المعاملتين، بينما انخفضت نسبة القشرة بوضوح في درجة حرارة الغرفة نتيجة تسارع النضج وفقدان الرطوبة.

جدول رقم (8): تأثير التداخل بين درجة الحرارة والمعاملات على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون صنف يوريكا.

درجة الحرارة	المعاملة	الحموضة(%)	pH	TSS (%)
7°م	الشاهد	3.880	2.497	9.321
7°م	كلوريد الكالسيوم	3.976	2.476	9.321
حرارة الغرفة	الشاهد	3.838	2.534	9.839
حرارة الغرفة	كلوريد الكالسيوم	3.825	2.521	9.679

سُجلت أعلى نسبة حموضة في الثمار المعاملة بكلوريد الكالسيوم عند 7°م (3.976%)، بينما أدى التخزين في درجة حرارة الغرفة إلى ارتفاع نسبي في المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) نتيجة تبخر الماء وتركز المواد الذائبة.

جدول رقم (9): تأثير التداخل بين درجات الحرارة ومدة التخزين على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون صنف يوريكا.

درجة الحرارة	مدة التخزين (يوم)	الفقد في الوزن(%)	نسبة العصير(%)	نسبة القشرة(%)
7°م	0	0.00 a	30.11	39.80 e
7°م	15	3.67 b	32.60	35.43 d
7°م	30	5.73 c	40.28	32.53 c
7°م	45	6.81 c	41.44	33.20 cd
7°م	60	9.52 d	40.34	32.50 c
7°م	75	10.28 d	40.61	31.73 bc
7°م	90	12.52 e	37.54	30.63 bc
حرارة الغرفة	0	0.00 a	30.11	39.80 e
حرارة الغرفة	15	19.24 f	40.50	29.47 b
حرارة الغرفة	30	22.60 g	42.86	24.02 a
حرارة الغرفة	45	23.09 g	44.45	23.36 a
حرارة الغرفة	60	26.09 h	42.78	24.07 a
حرارة الغرفة	75	27.78 hi	41.79	24.76 a
حرارة الغرفة	90	28.52 i	39.39	24.24 a

* القيم المتبوعة بنفس الحرف أو الأحرف الهجائية داخل كل عمود لا تختلف معنويًا فيما بينها طبقًا لاختبار دنكان متعدد المدى عند مستوى احتمال 5%.

يتضح وجود علاقة طردية بين مدة التخزين والفقد في الوزن، حيث وصل الفقد بعد 90 يومًا إلى 12.52% عند 7°م مقارنة بـ 28.52% في حرارة الغرفة، مما يبرز أهمية التبريد في إطالة العمر التسويقي للثمار.

جدول رقم (10): تأثير التداخل بين درجات الحرارة ومدة التخزين على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون صنف يوريكا.

درجة الحرارة	مدة التخزين (يوم)	الحموضة(%)	pH	TSS (%)
7°م	0	4.320	2.473 bc	8.375 a
7°م	15	4.276	2.508 g	9.708 defg
7°م	30	4.086	2.542 b	9.127 b
7°م	45	3.957	2.509 cd	9.333 b-f
7°م	60	3.768	2.472 bcd	9.292 bcd
7°م	75	3.623	2.483 cd	9.333 b-e
7°م	90	3.559	2.445 a	9.292 bcd
حرارة الغرفة	0	4.320	2.473 bc	8.375 a
حرارة الغرفة	15	4.187	2.534 cd	9.750 eg
حرارة الغرفة	30	3.953	2.592 bcd	9.167 bc
حرارة الغرفة	45	3.837	2.503 def	9.583 c-g
حرارة الغرفة	60	3.713	2.535 fg	9.833 g
حرارة الغرفة	75	3.625	2.523 de	10.250 h
حرارة الغرفة	90	3.467	2.308 efg	9.391 gh

* القيم المتبوعة بنفس الحرف أو الأحرف الهجائية داخل كل عمود لا تختلف معنويًا فيما بينها طبقًا لاختبار دنكان متعدد المدى عند مستوى احتمال 5%.

انخفضت الحموضة تدريجيًا مع طول مدة التخزين في كلا المعاملتين الحراريتين، مع احتفاظ الثمار المبردة (7°م) بنسبة حموضة أعلى قليلًا (3.559% مقابل 3.467% في الغرفة عند اليوم 90).

جدول رقم (11): تأثير التداخل بين المعاملات ومدة التخزين على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون صنف يوريكا.

المعاملة	مدة التخزين (يوم)	نسبة الفقد في الوزن(%)	وزن القشرة(%)	نسبة العصير(%)
الشاهد	0	0.00 a	0.00 a	30.11 ab
الشاهد	15	18.56 c	8.72 d	43.84 ef
الشاهد	30	20.99 d	15.30 e	44.52 ef
الشاهد	45	21.11 d	20.88 f	44.51 ef
الشاهد	60	25.62 e	23.99 b	43.28 ef
الشاهد	75	26.83 ef	25.34 gh	42.15 d-f
الشاهد	90	29.74 g	26.35 h	43.26 ef
كلوريد الكالسيوم	0	0.00 a	0.00 a	30.11 a-c
كلوريد الكالسيوم	15	15.57 b	8.75 d	35.79 a-d
كلوريد الكالسيوم	30	20.99 d	13.94 e	44.47 ef
كلوريد الكالسيوم	45	23.21 d	21.93 f	46.79 f
كلوريد الكالسيوم	60	26.94 ef	24.43 g	46.22 f
كلوريد الكالسيوم	75	29.02 fg	26.78 h	43.35 ef
كلوريد الكالسيوم	90	30.43 g	28.54 i	43.66 ef

* الحروف المختلفة تشير إلى فروق معنوية دالة إحصائيًا عند مستوى احتمال 0.05 حسب اختبار LSD.

جدول رقم (12): تأثير التداخل بين المعاملات ومدة التخزين على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون صنف يوريكا.

المعاملة	مدة التخزين (يوم)	الحموضة(%)	pH	TSS (%)
الشاهد	0	4.320	2.473	8.375 ab
الشاهد	15	4.199	2.569	9.562 defg
الشاهد	30	4.036	2.594	9.250 cdef
الشاهد	45	3.850	2.510	9.812 gh
الشاهد	60	3.623	2.524	10.000 gh
الشاهد	75	3.543	2.515	10.062 gh
الشاهد	90	3.443	2.494	10.000 gh
كلوريد الكالسيوم	0	4.320	2.473	8.375 a
كلوريد الكالسيوم	15	4.255	2.479	9.938 gh
كلوريد الكالسيوم	30	4.000	2.553	9.062 cd
كلوريد الكالسيوم	45	3.850	2.507	9.688 efgh
كلوريد الكالسيوم	60	3.760	2.486	9.562 defg
كلوريد الكالسيوم	75	3.610	2.515	10.125 h
كلوريد الكالسيوم	90	3.508	2.480	9.750 fgh

جدول رقم (13): تأثير التداخل الثلاثي بين درجة الحرارة والمعاملات ومدة التخزين على الخصائص الطبيعية لثمار الليمون صنف يوريكا.

درجة الحرارة	المعاملة	مدة التخزين (يوم)	الفقد في الوزن(%)	نسبة القشرة(%)	نسبة العصير(%)
7°م	الشاهد	0	0.00 a	39.80	30.11
7°م	الشاهد	15	5.12 b	33.80	38.11
7°م	الشاهد	30	8.22 b-d	30.44	44.73
7°م	الشاهد	45	9.25 d	33.05	42.27
7°م	الشاهد	60	13.40 ef	32.19	39.70

43.17	29.94	13.59 ef	75	الشاهد	7°م
43.31	29.44	17.07 gh	90	الشاهد	7°م
30.11	39.80	0.00 a	0	كلوريد الكالسيوم	7°م
30.45	36.86	5.71 bc	15	كلوريد الكالسيوم	7°م
42.66	31.18	8.55 cd	30	كلوريد الكالسيوم	7°م
45.59	30.19	10.82 df	45	كلوريد الكالسيوم	7°م
49.09	28.94	14.36 fg	60	كلوريد الكالسيوم	7°م
44.31	28.81	16.08 fg	75	كلوريد الكالسيوم	7°م
43.07	29.39	19.72 h	90	كلوريد الكالسيوم	7°م
30.11	39.80	0.00 a	0	الشاهد	حرارة الغرفة
49.57	25.72	32.00 j	15	الشاهد	حرارة الغرفة
44.32	20.21	33.77 jk	30	الشاهد	حرارة الغرفة
46.75	18.77	32.97 jk	45	الشاهد	حرارة الغرفة
46.86	19.13	37.84 lm	60	الشاهد	حرارة الغرفة
41.13	21.77	40.07 mn	75	الشاهد	حرارة الغرفة
43.21	21.82	42.41 n	90	الشاهد	حرارة الغرفة
30.11	39.80	0.00 a	0	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة
41.14	26.59	25.44 i	15	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة
46.28	20.28	33.42 jk	30	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة
47.99	19.89	35.61 kl	45	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة
43.36	20.25	39.52 mn	60	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة
42.39	22.22	41.95 n	75	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة
44.25	18.84	41.15 mn	90	كلوريد الكالسيوم	حرارة الغرفة

جدول رقم (14): تأثير التداخل الثلاثي بين درجة الحرارة والمعاملات ومدة التخزين على الخصائص الكيميائية لثمار الليمون صنف يوريكا.

الصفة	الحرارة	المعاملة	0يوم	15يوم	30يوم	45يوم	60يوم	75يوم	90يوم
الحموضة(%)	7°م	الشاهد	4.32	4.26	4.05	3.85	3.62	3.58	3.46
الحموضة(%)	7°م	كلوريد	4.32	4.16	4.00	3.84	3.60	3.59	-
الحموضة(%)	غرفة	الشاهد	4.32	4.13	4.02	3.85	3.62	3.50	3.42
الحموضة(%)	غرفة	كلوريد	4.32	4.19	3.84	3.70	3.68	3.62	3.42
pH	7°م	الشاهد	2.47	2.57	2.55	2.48	2.47	2.47	2.45
pH	7°م	كلوريد	2.47	2.42	2.54	2.52	2.46	2.48	2.42
pH	غرفة	الشاهد	2.47	2.56	2.63	2.53	2.57	2.55	2.53
pH	غرفة	كلوريد	2.47	2.53	2.56	2.49	2.51	2.54	2.53
TSS (%)	7°م	الشاهد	8.37	9.37	8.75	9.75	9.62	9.37	9.50
TSS (%)	7°م	كلوريد	8.37	9.87	9.12	9.50	9.37	9.62	9.37
TSS (%)	غرفة	الشاهد	8.37	9.75	9.25	9.87	10.37	10.75	10.50
TSS (%)	غرفة	كلوريد	8.37	10.00	9.00	9.87	9.75	10.62	10.12

المناقشة العامة:

أولاً: الخصائص الطبيعية:

1. **الفقد في الوزن:** يحدث فقد في كتلة الثمرة بعد قطافها وأثناء التخزين لسببين أساسيين: الأول هو استمرار العمليات الحيوية والتنفس الذي يؤدي إلى أكسدة المواد الكربوهيدراتية الاحتياطية ويمثل نحو 20% من إجمالي الفقد (Osterloh، 1980)، والثاني هو خروج الماء على شكل بخار لتعديل ضغط البخار بين الهواء المحيط والداخلي للثمرة ويمثل نحو 80% من إجمالي الفقد (Schulz، 1996). وقد استُنتج من هذه الدراسة أن معاملة كلوريد الكالسيوم لم يكن لها أثر معنوي في خفض الفقد في الوزن مقارنة بالتبريد؛ نظرًا لأن ثمار الليمون ثمار غير كلايمكتيرية ذات معدل تنفس منخفض بطبيعتها.

2. **نسبة القشرة:** تأثرت نسبة القشرة بدرجة حرارة التخزين حيث كانت أعلى في التخزين المبرد (7°م) مقارنة بحرارة الغرفة، وتناقصت مع طول فترة التخزين نتيجة عمليات النتح وفقد الرطوبة وتحلل الجدر الخلوية (سعدون وآخرون، 1988).
3. **نسبة العصير:** ارتفعت نسبة العصير في الفترات الأولى من التخزين نتيجة فقدان الماء من القشرة وانخفاض وزنها النسبي مقارنة باللب، ثم بدأت بالانخفاض التدريجي في نهاية فترة التخزين (90 يومًا) نتيجة التحلل التدريجي للأنسجة وفقدان السوائل، وهو ما يتوافق مع نتائج (Mohammed وآخرون، 2002؛ Alebidi، 2007).

ثانيًا: الخصائص الكيميائية:

1. **نسبة الحموضة القابلة للمعايرة:** يُعد حمض الستريك الحمض العضوي السائد في ثمار الليمون (72–98% من الأحماض الكلية). ولوحظ انخفاض تدريجي في نسبة الحموضة مع تقدم مدة التخزين نتيجة استهلاك الأحماض العضوية في العمليات التنفسية والاستقلابية داخل الثمرة (العاني، 1985؛ Kuenwoo وآخرون، 1999)، وكان هذا الانخفاض أبطأ في التخزين المبرد.
2. **الرقم الهيدروجيني (pH):** أظهرت قيم pH استقرارًا نسبيًا مع تذبذب طفيف يعكس العلاقة العكسية المعتادة مع انخفاض الحموضة وتحول الأحماض العضوية خلال التخزين (Pesis وآخرون، 1999؛ Chafer وآخرون، 2012).
3. **المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS):** ارتفعت قيم TSS تدريجيًا خلال التخزين نتيجة فقد الماء بالتبخر وتركز السكريات والمواد الذائبة في العصير، بالإضافة إلى تحلل بعض المركبات المعقدة إلى سكريات بسيطة (العاني، 1985؛ Toivonen، 2004).

المراجع:

أولاً: المراجع العربية:

1. حامد، م.، وآخرون. (2007). الزيوت العطرية المستخلصة من الحمضيات واستخداماتها. مجلة العلوم الزراعية، 22(4)، 147–155.
2. سعدون، أ.، وآخرون. (1988). دراسة تأثير التغليف والتخزين على خصائص الحمضيات. المجلة الليبية للعلوم الزراعية، 14(3)، 115–123.
3. عبد الله، أ. (1986). الكيمياء الحيوية لثمار الحمضيات أثناء التخزين. مجلة البحوث الزراعية، 10(2)، 203–210.
4. العاني، ع. ع. (1985). فسيولوجيا النضج والتخزين. جامعة بغداد.
5. محفوض، م. (1982). المناخ والزراعة في المناطق شبه الاستوائية. منشورات جامعة دمشق.
6. منيسي، ع. م. (1975). الزراعة في العصر الإسلامي وتأثيرها على انتقال المحاصيل. دار الفكر العربي، القاهرة.
7. يونس، أ.، وأبو ترابي، م. (2004). التخزين والعمر التسويقي لثمار الحمضيات في الأسواق المحلية. المجلة الليبية للبحوث الزراعية، 19(1)، 78–84.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1. Albrigo, L. G., & Davies, F. S. (1994). Citrus. CAB International.
2. Alebidi, A. (2007). Effect of calcium chloride treatment on postharvest quality of lemon fruits. Journal of Horticultural Science, 43(2), 122–130.
3. AOAC. (1997). Official methods of analysis (16th ed., Vol. II). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
4. Bates, R. P., Morris, J. R., & Crandall, P. G. (2001). Principles and practices of small- and medium-scale fruit juice processing. FAO Agricultural Services Bulletin No. 146.
5. Chafer, M., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A., & Fito, P. (2012). Microstructure and chemical changes in orange fruit during cold storage. Journal of Food Quality, 35(4), 350–358.
6. Dewey, D. H. (1979). Postharvest physiology of citrus fruits. In N. F. Childers (Ed.), Modern fruit science (pp. 435–442). Horticultural Publications.
7. Duckworth, R. B. (1979). Fruit and vegetable processing. Pergamon Press.
8. FAO. (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Citrus production statistics. Retrieved from http://www.fao.org
9. Fry, S. C. (2001). Plant cell wall remodeling during fruit ripening. Annual Review of Plant Biology, 52, 265–289.
10. Getinet, H., Seyoum, T., & Woldetsadik, K. (2008). Effect of maturity stage on postharvest biochemical quality of tomato. African Journal of Biotechnology, 7(14), 2533–2539.
11. Hamid, M., Ali, M., & Al-Sayed, A. (2007). The effect of essential oils from citrus flowers and leaves on food and cosmetic applications. Journal of Applied Sciences, 10(3), 145–151.
12. Ibrahim, H. M. (2016). Effect of storage on pH and chemical composition of fruit juices. Journal of Food and Nutrition Sciences, 4(3), 75–82.

13. Isreal, T. (2009). Changes in physicochemical properties of orange juice during storage. International Journal of Food Science, 6(2), 89–94.
14. Kader, A. A., & Roll, D. (2004). Postharvest technology of horticultural crops (3rd ed.). University of California, Agriculture and Natural Resources.
15. Kuenwoo, L. (1999). Effects of temperature on quality attributes of citrus fruits during storage. Postharvest Biology and Technology, 15(1), 85–92.
16. MalliK, A. K., & Biswajit, B. (1996). Physiological responses of citrus fruits to storage conditions. Indian Journal of Horticulture, 53(2), 102–108.
17. Manner, H., Buker, R. S., Smith, V., & Constantin, R. J. (2006). Citrus (Citrus spp.). University of Guam, College of Agriculture and Life Sciences.
18. Mohammed, M. T., Wickham, L. D., & Asemota, H. N. (2002). Changes in physicochemical characteristics of Valencia oranges during storage. Journal of Food Science, 67(4), 1452–1456.
19. Mohammed, M., Wickham, L. D., & Asemota, H. N. (2003). Postharvest quality changes in seedless grapefruit during storage. Postharvest Biology and Technology, 28(3), 335–341.
20. Osterloh, H. (1980). Postharvest losses and storage of citrus fruits. Fruit Processing, 1, 12–17.
21. Pesis, E., Ben-Yehoshua, S., & Feygenberg, O. (1999). Modified atmosphere packaging to reduce decay in citrus fruits. Acta Horticulturae, 485, 485–490.
22. Rangana, S. (1979). Manual of analysis of fruit and vegetable products. Tata McGraw-Hill.
23. Sass, M. (1993). Effect of calcium treatment on firmness and cell wall degradation in fruit. Postharvest Horticulture Series, 12, 201–210.
24. Schulz, H. (1996). Water loss and weight reduction in citrus fruits. Journal of Agricultural Engineering Research, 65(2), 123–130.
25. Schulz, H. (2000). Postharvest behavior of citrus fruits during storage. Acta Horticulturae, 535, 487–495.
26. Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1960). Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill.
27. Teskey, B. J., & Shoemaker, J. S. (1978). Storage and handling of citrus fruits. USDA Bulletin.
28. Thompson, A. K. (1996). Postharvest technology of fruits and vegetables. Blackwell Publishing.
29. Toivonen, P. M. A. (2004). Fruit quality changes and respiration during storage. Journal of Postharvest Biology and Technology, 33(2), 115–120.
30. Younis, A. (1993). Effect of waxing and packaging on storage quality of citrus. Journal of Horticultural Science, 68(2), 235–240.