

The Effect of different preservation methods on the vitamin C and total phenolic content in okra (*Abelmoschus esculentus* L.) during storage Period

Sally rajoub*
Dr. Ali sultaneh**

(Received 6 / 7 / 2025. Accepted 19 / 8 / 2025)

□ ABSTRACT □

In this research, the okra samples were washed and boiled with hot water at 85 ° C for 2 minutes with the addition of salt by (0.5%) and then exposed to different preservation methods: natural drying methods, drying in the hot air oven at a temperature of 55 ° C and freezing at a temperature (-16, -20 ° C), and kept for 6 months, antioxidants (vitamin C, total phenols) were identified at different periods 0,2,4,6 months.

The results of this research showed that at the end of the storage period (6 months), the freezing method maintained a high content of phenols ($2.96 \pm 0.04\text{g}/100\text{g}$), while the total content of phenols decreased when preserving natural drying ($1.33 \pm 0.03\text{g}/100\text{g}$) and oven drying ($1.09 \pm 0.03\text{g}/100\text{g}$), and thus was the most effective way to maintain these vital compounds.

The content of vitamin C also changed similar to the change of phenols, as the results show that the two methods of drying and natural drying have caused a significant decrease ($P < 0.05$) in the content of vitamin C compared to the freezing treatment (3.13 ± 0.04 , 3.48 ± 0.11 , $16.5 \pm 0.07\text{ mg}/100\text{g}$ respectively).

Consequently, our research concluded that boiled and frozen okra leads to better results in preserving plant chemical properties over time compared to other methods.

Keywords: *Abelmoschus esculentus* L., drying, freezing, storing, phenols, vitamin C

Copyright



:Latakia University journal(formerly Tishreen)-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Master student ,Faculty of Agricultural Engineering, Lattakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria .

rajoubssally@gmail.com

**Associate Professor, Faculty of Agricultural Engineering, Lattakia University(formerly Tishreen), Lattakia, Syria ali.sultaneh@tishreen.edu.sy

تأثير طرائق الحفظ المختلفة على محتوى فيتامين C والفينولات الكلية في البامياء (*Abelmoschus esculentus* L.) خلال فترة التخزين

سالي رجوب^{*} 

د. علي سلطنة^{**}

(تاريخ الإيداع 6 / 7 / 2025. قبل للنشر في 19 / 8 / 2025)

□ ملخص □

تم في هذا البحث غسل عينات البامياء وسلقها بالماء الساخن على درجة حرارة 85°م ولمدة 2 دقيقة مع إضافة الملح بنسبة (0.5%) ومن ثم تعريضها لطرائق حفظ مختلفة: تجفيف طبيعي، تجفيف بفرن الهواء الساخن عند درجة حرارة 55°م وتجميد على درجة حرارة (-16، -20°م)، وحفظت لمدة 6 أشهر، تم تحديد مضادات الأكسدة (فيتامين C، الفينولات الكلية) على فترات مختلفة 0،2،4،6 أشهر.

أظهرت نتائج هذا البحث أنه وبنهاية فترة التخزين (6 أشهر)، حافظت طريقة التجميد على محتوى عالٍ من الفينولات ($2.96 \pm 0.04 \text{ g} / 100 \text{ g}$)، بينما انخفض المحتوى الكلي من الفينولات عند الحفظ بالتجفيف الطبيعي ($1.33 \pm 0.03 \text{ g} / 100 \text{ g}$) والتجفيف بالفرن ($1.09 \pm 0.03 \text{ g} / 100 \text{ g}$)، وبالتالي كان التجميد هو الطريقة الأكثر فعالية في الحفاظ على هذه المركبات الحيوية.

كما تغير المحتوى من فيتامين C بشكل مشابه لتغير الفينولات حيث تبين من النتائج أن طريقتي التجفيف بالفرن والتجفيف الطبيعي أحدثتا انخفاضاً كبيراً معنوياً $P < 0.05$ في المحتوى من فيتامين C مقارنةً بمعاملة التجميد (3.13 ± 0.04 ، 3.48 ± 0.11 ، $16.5 \pm 0.07 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ على التوالي).

وبالتالي توصل بحثنا إلى أن البامياء المسلوقة والمجمدة، تؤدي إلى نتائج أفضل في الحفاظ على الخصائص الكيميائية النباتية مع مرور الوقت مقارنةً بالطرائق الأخرى.

الكلمات المفتاحية: *Abelmoschus esculentus* L.: ، تجفيف، تجميد، تخزين، الفينولات، فيتامين C.



حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب

الترخيص

CC BY-NC-SA 04

^{*}طالبة ماجستير، كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا rajoubsally@gmail.com

^{**}استاذ مساعد - كلية الهندسة الزراعية - جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً) - اللاذقية - سوريا ali.sultaneh@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تُعَدُّ الخضار من المصادر المهمة، وغير المكلفة للعديد من العناصر الغذائية الضرورية لجسم الإنسان مثل الفيتامينات والمعادن، وغالباً ما تستهلك طازجة فور نضجها، لأن تركها تحت الظروف الطبيعية يسبب فسادها ويجعلها غير صالحة لتغذية الإنسان، ومن خصائص هذه المواد موسمية إنتاجها ووفرتها خلال فترة محددة من السنة ونقص توفرها في فترات أخرى يكون خلالها الإنسان بحاجة إليها [1]، لذلك عمد الإنسان منذ القدم لإيجاد أساليب تمكنه من حفظ الخضار، ليستفيد منها عندما تكون غير متوفرة في الأسواق، حيث يهدف حفظ الأغذية إلى إطالة مدة صلاحية الغذاء من خلال تقنيات الحفظ التي تمنع التغيرات الميكروبيولوجية أو البيوكيميائية، وقد أصبحت طرائق حفظ الأغذية أكثر تطوراً وسيطرة من ناحية المحافظة على جودة الغذاء ونوعيته، وكذلك مدى تأثيرها في القيمة الغذائية، وتشمل عمليات حفظ الأغذية الأكثر شيوعاً كلاً من التجفيف والتجميد والتعليب والتدخين [2-3]،

تعد البامياء *Abelmoschus esculentus* L. واحدة من الخضراوات الهامة التي لها قيمة غذائية عالية وأهمية طبية وصناعية [4]، تنتمي البامياء إلى عائلة Malvaceae وتوجد في العديد من المناخات الاستوائية والدافئة حول العالم [5]، في الشرق الأوسط وأفريقيا وآسيا، وتعتبر البامياء مصدراً غذائياً هاماً لبعض الشعوب [6] فهي تحتوي على المعادن والفيتامينات والكربوهيدرات والألياف الخام والماء والبروتينات [7].

يعتبر التجفيف والتجميد من أكثر طرائق حفظ البامياء شيوعاً، ونظراً لارتفاع نسبة الرطوبة في البامياء، فهي عرضة للتحلل الكيميائي النباتي نتيجة للتفاعلات الأنزيمية وغير الأنزيمية، وكذلك عرضة للتلف والتعفن الذي يمكن أن يحدث بسبب الكائنات الحية الدقيقة، ومن ثم تقليل مستوى الرطوبة أو محتوى الماء من خلال عملية التجفيف أمر ضروري للغاية [8] لمنع نمو الميكروبات وإطالة العمر الافتراضي للمنتج.

وأصبحت عملية التجميد مؤخراً طريقة مفضلة لحفظ الأغذية، متجاوزة التجفيف، نظراً لفعاليتها في الحفاظ على جودة الأغذية ونكهتها وملامسها، حيث ان انخفاض درجة الحرارة يمنع النشاط الاستقلابي ويبطئ نمو الميكروبات وبالتالي الحفاظ على جودة المنتج [9].

المعاملة الأولية هي عملية شائعة تستخدم قبل تجفيف المنتجات لتعطيل الأنزيمات وتسهيل عملية التجفيف وتحسين الجودة الشاملة للسلع المجففة، وتشمل هذه المعاملات المحاليل الكيميائية (مثل: القلويات، الكبريتيت والحموض)، وتقنيات السلق الحراري (مثل: الماء الساخن، البخار وتسخين الميكروويف) والعمليات غير الحرارية (مثل: الموجات فوق الصوتية) [10].

لا يعتبر السلق طريقة أولية لحفظ الأغذية، بل هو طريقة معاملة أولية يتم إجراؤها في تجهيز الأغذية للحفظ، حيث يؤدي سلق الخضار قبل تجميدها أو تجفيفها إلى تقليل الحمل البكتيري وتخريب الأنزيمات ويساعد في الحفاظ على السمات الحسية مثل: اللون والرائحة والطعم والملمس [11]

أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من القيمة الغذائية العالية للبامياء لغناها بالعديد من المواد المغذية المهمة، وباعتبار أن البامياء مادة غذائية ذات قابلية عالية للفساد والتلف ويقتصر حفظها طازجة على فترات زمنية قصيرة، فمن الضروري اختيار الطريقة

الأمثل لحفظ وتخزين البامياء لضمان توافرها على مدار العام مع مراعاة المحافظة على جودتها ونوعيتها وقابليتها للاستهلاك.

ويهدف البحث إلى:

إمكانية تطبيق بعض طرائق الحفظ (تجميد، تجفيف طبيعي وتجفيف بفرن الهواء الساخن) والتخزين على البامياء وتأثير هذه الطرائق في المحتوى الكلي للفينولات وفيتامين C للوصول إلى الطريقة الأفضل لحفظ وتخزين البامياء، ومراقبة التغيرات على فترات متعاقبة بمعدل كل شهرين خلال فترة التخزين.

طرائق البحث ومواده:

1- جمع العينات النباتية:

جُمعت عينات البامياء من إحدى مزارع قرية القنجرة في محافظة اللاذقية وذلك من محصول 2022 - 2023، استخدم في تنفيذ البحث صنف البامياء (المحلي): وهو من الأصناف المحلية التي تنتشر زراعته بكثرة في المنطقة الساحلية، ساق النبات قائمة قليلة النقرع أرجوانية اللون، الأوراق خماسية الفصوص متوسطة العنق، الورقة لونها أخضر غامق، القرون حمراء، ذات عنق قصير وزغب ناعم لها خمس حواف.



الشكل (1): صنف البامياء (المحلي)

2- الحفظ بالتجفيف:

بعد أن تمت عملية التنظيف والتخلص من الشوائب للكمية المراد حفظها بطريقة التجفيف تم تقسيم الكمية إلى قسمين حيث تم تطبيق نوعين من التجفيف:

1-2- التجفيف الطبيعي:

قسم من الكمية تم تعريضه لمعاملة سلق بالماء عند درجة حرارة 85 م° لمدة 2 دقيقة، مع إضافة الملح بنسبة (0.5%)، ثم تبريدها بشكل سريع وتصفيته من الماء الزائد، وبعد ذلك فردها على قطعة من القماش في منطقة تتلقى ضوء الشمس وتدفق هواء جيد مع تقليلها بانتظام مرتين يومياً أثناء عملية التجفيف لضمان تجفيف موحد، بعد انتهاء فترة التجفيف التي استغرقت حوالي 4 أيام، تم تحديد وقت انتهاء التجفيف عندما تصبح نسبة الرطوبة في العينات

ضمن المجال (13-14%)، وتم حفظ العينات في أكياس من البولي إيثيلين وفق كميات متساوية (100غ) ثم أُغلقت الأكياس بإحكام، وتم حفظها في خزانة على درجة حرارة الغرفة ورطوبة نسبية معتدلة.

2-2- التجفيف بفرن الهواء الساخن:

قسم من الكمية تم تعريضه لمعاملة السلق السابقة وتجفيفه عن طريق الهواء الساخن في فرن تقليدي عند درجة حرارة 55°م بعد انتهاء فترة التجفيف التي استغرقت حوالي 4 ساعات، ثم حفظ العينات في أكياس من البولي إيثيلين وفق كميات متساوية (100غ) ثم أُغلقت الأكياس بإحكام، وتم حفظها في خزانة على درجة حرارة الغرفة ورطوبة نسبية معتدلة.

3-الحفظ بالتجميد:

جرى سلق العينات بالماء عند درجة حرارة 85°م لمدة 2 دقيقة، مع إضافة الملح بنسبة (0.5%)، ثم تبريدها بشكل سريع وتصفيته من الماء الزائد، وتعبئتها في أكياس من البولي إيثيلين وفق كميات متساوية (100غ) وتخزينها في المجمدة على درجة حرارة (-16، -20°م) لمدة 6 أشهر.

وضعت بطاقات التعريف مع كل كيس وتم حفظها لمدة 6 أشهر، وتم إجراء التحاليل ومراقبة التغيرات على فترات متعاقبة بمعدل كل شهرين مع مراعاة أن الكيس الذي يستخدم لا يعاد استخدامه مرة أخرى، وتم أخذ القراءات بمعدل 3 مكررات لكل معاملة في أثناء فترة التخزين.

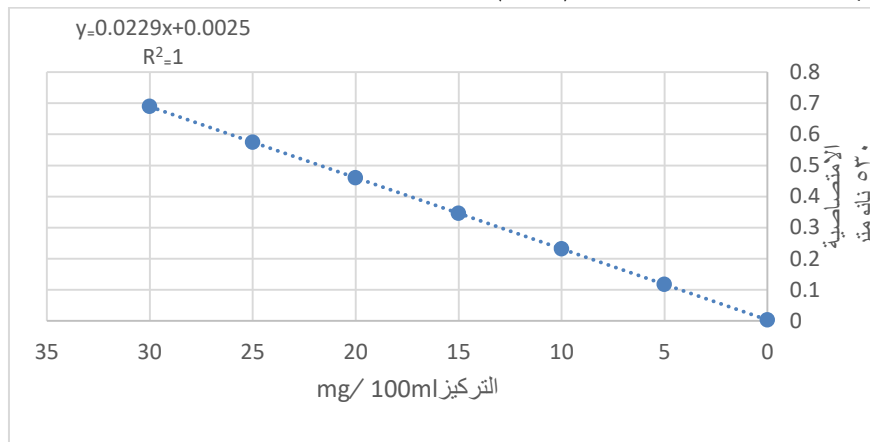
4-الاختبارات الكيميائية:

4-1-تقدير المحتوى من فيتامين C بالطريقة الطيفية اللونية:

تم خلط 100 غرام من عينة البامياء مع 60 مل من حمض الأوكزاليك 0.5% بإستخدام الخلاط الكهربائي، تم الترشيح مرتين بواسطة ورق الترشيح من نوع Whatman، تم نقل الرشاحة إلى دورق حجمي سعة 100 مل وإكمال الحجم حتى العلامة بمحلول حمض الأوكزاليك 0.5%.

تم اخذ 1 مل من المستخلص ونقلته إلى دورق صغير، تم إضافة 1 مل من برمنغنات البوتاسيوم، تم خلط المزيج السابق وترك لمدة 5 دقائق، تم قياس الامتصاص الضوئي بواسطة جهاز سبيكتروفوتومتر على طول موجي 530 نانومتر، وتم حساب المحتوى من فيتامين C على أساس مغ/100غ من العينة، إذ تم تحضير منحنى معياري بتركيزات مختلفة من حمض الأسكوربيك (0-30 mg/ 100ml) [12].

المعادلة التي تربط بين التركيز والامتصاص $Y=0.0229x+0.0025$ ($R^2=1$) حيث Y الامتصاص و X التركيز.



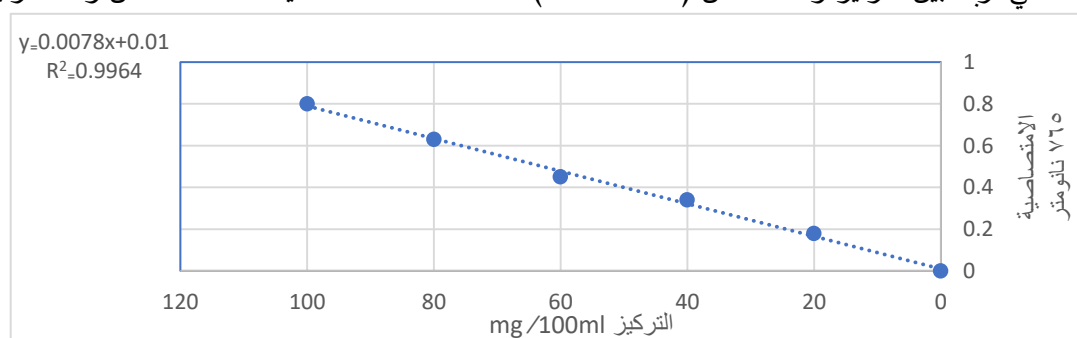
الشكل (2): المنحنى المعياري لحمض الأسكوربيك

4-2- تقدير المحتوى الفينولي الكلي بطريقة فولين - سيوكالتو:

تم مزج 30 غ من العينة المطحونة مع 50 مل إيثانول مطلق في كأس زجاجي، تم وضع الكأس الزجاجي في حمام مائي عند 60°م لمدة 60 دقيقة، رشحت محتويات الكأس بواسطة ورق الترشيح من نوع Whatman، تم تركيز المزيج بواسطة المبخر الدوار على درجة حرارة 40°م، تم بعد ذلك أخذ السائل الرائق للتحليل [13].

تم أخذ 1 مل من المستخلص النباتي في أنبوب الاختبار، وإضافة 4 مل من كاشف فولين سيوكالتو المخفف (1 مل من كاشف فولين مضاف إليه 10 مل ماء مقطر)، 4 مل من كربونات الصوديوم 7.5%، ثم خلط المزيج السابق، وبعد وضع العينات في مكان مظلم لمدة 30 دقيقة على درجة حرارة الغرفة، تم قياس الامتصاص الضوئي بواسطة جهاز سبيكتروفوتومتر على طول موجة 765 نانومتر، تم حساب المحتوى الفينولي على أساس غ مكافئ حمض الغاليك/ 100 غ من العينة، وفق تحضير منحنى معياري بتركيز مختلفة من حمض الغاليك (100-0) [14].

المعادلة التي تربط بين التركيز والامتصاص $Y = 0.0078x + 0.01$ ($R^2 = 0.9964$) حيث Y الامتصاص و X التركيز.



الشكل (3): المنحنى المعياري لحمض الغاليك

4- التحليل الإحصائي: Statistical analysis

خُلِّت البيانات إحصائياً باستخدام برنامجي Excel و SPSS (الإصدار 20)، واستُخدم المتوسط الحسابي $\pm$ الانحراف المعياري للتعبير عن مستويات المكونات، وذلك عند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$.

تم دراسة تأثير زمن التخزين عن طريق تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA) لبيان دلالة الفروق بين المعاملات المدروسة خلال فترات التخزين المختلفة.

بالنسبة لدراسة تأثير طرائق الحفظ أُجري تحليل التباين الأحادي (One-Way ANOVA)، ثم تم التحقق من تجانس التباين باستخدام اختبار Levene.

تم استخدام اختبار Dunnett C لإجراء المقارنات الزوجية بين طرق الحفظ نتيجة عدم تجانس التباين بين المجموعات.

النتائج والمناقشة:

في إطار دراسة المكونات الكيميائية لثمار نبات البامياء، تم في البداية حساب نسبة الرطوبة لعينة من الثمار الطازجة. تعتبر نسبة الرطوبة من المؤشرات الحيوية التي تلعب دوراً أساسياً في تحديد جودة الأغذية، حيث تؤثر بشكل مباشر على قابلية الحفظ والتصنيع، ونتيجة للتبدلات السريعة في المحتوى الرطوبي بسبب امتصاص أو فقد الرطوبة، فإن تقدير نسبة الرطوبة يعد أمراً بالغ الأهمية لتحديد أوزان العينات في الاختبارات اللاحقة. تم تقدير نسبة الرطوبة باستخدام طريقة التجفيف عند حرارة $105 \pm 1^\circ\text{C}$ حتى الوصول إلى ثبات الوزن. وقد أظهرت النتائج أن نسبة الرطوبة كانت 84.86% من وزن العينة مع انحراف معياري قدره 0.24%. بعد ذلك، تم تحليل باقي المكونات على أساس الوزن الرطب، حيث تم تسجيل متوسطات نسب المكونات كما هو موضح في الجدول (1). لم تظهر النتائج الواردة في الجدول (1) فروق معنوية ($P < 0.05$) في محتوى فيتامين C بين العينة المدروسة بالمقارنة مع المحتوى الوارد في دراسة [15] على نفس النبات / *A. esculentus*، في حين توافق المحتوى الفينولي في الدراسة التي قام بها [16] مع نتائج الدراسة الحالية، فكانت نسبة الفينولات الكلية في ثمار البامياء غير المعالجة 3.13-5.63 غ غاليك/100غ وهذا يشير إلى أن النتائج الحالية تعكس توافقاً جيداً.

الجدول (1) المكونات على أساس الوزن الرطب (WWB)

المكون	المتوسط $\pm$ الانحراف المعياري Mean $\pm$ S.D
فيتامين C mg / 100g	26.56 $\pm$ 0.04
الفينولات الكلية g GAL / 100g	3.33 $\pm$ 0.04

1- تأثير زمن التخزين على نسبة المكونات المدروسة في عينات البامياء المحفوظة:

يلاحظ من الجدول (2) أن الكمية من فيتامين C في المعاملة (B) بلغت 12.26 ± 0.15 وكان أكثر المكونات تأثراً بفترة التخزين، إذ انخفض محتواه بنسبة تقدر بحوالي 71% من القيمة الكلية خلال ستة أشهر، أما بالنسبة للمعاملة (D) قد بلغت كميته بعد التجفيف 9.45 ± 0.11 ، وبالتالي فقدت العينات نحو 67% من محتوى الفيتامين خلال فترة التخزين، وقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي أن زيادة مدة التخزين تؤثر بشكل معنوي في محتوى الفيتامين، في المعاملة (F) انخفضت نسبة الفيتامين بشكل طفيف نسبياً من 20.13 ± 0.06 إلى 16.5 ± 0.07 ، مع وجود فروق معنوية بين جميع الأزمنة، مما يشير إلى تأثير الفيتامين بمرور الوقت رغم أن معدل الفقد كان أقل حدة مقارنة بالطرائق الأخرى حيث كان معدل الفقد حوالي 18%.

في المقابل، تأثرت الفينولات الكلية بوضوح بمدة التخزين، إذ ظهرت فروق معنوية بين متوسطات العينات خلال أشهر التخزين مقارنة بعينة بداية التخزين بالنسبة للمعاملة (B)، إلا أن هذه الفروق لم تسجل بين عيني الشهر الثاني والرابع، بالنسبة للمعاملة (D)، لم تسجل فروق معنوية بين عينات الأشهر الثاني والرابع والسادس، مما يشير إلى تغير تدريجي غير منتظم في محتوى الفينولات خلال فترة التخزين، في المعاملة (F) أظهرت النتائج فروقاً معنوية بين الزمن 0 والزمن 2، بينما كانت الفروق بين الزمنين 4 و 6 غير معنوية مما يشير إلى أن التدهور في الفينولات، حدث بشكل أساسي في الفترة الأولى من التخزين، ثم استقر نسبياً.

الجدول (2) المحتوى من فيتامين C والفينولات الكلية في عينات البامياء المحفوظة بالتجفيف والتجميد خلال زمن التخزين

المكون	المعاملة	زمن التخزين/ شهر	Mean±S.D
فيتامين C (mg / 100g)	B تجفيف طبيعي مع سلق	0 ⁱ	12.26±0.15
		2 ^j	8.85±0.05
		4 ^k	6.97±0.05
		6 ^l	3.48±0.11
	D تجفيف بفرن الهواء الساخن مع سلق	0 ^h	9.45±0.11
		2 ⁱ	8.22±0.16
		4 ^j	5.2±0.15
		6 ^k	3.13±0.04
	F تجميد مع سلق	0 ^k	20.13±0.06
		2 ^l	17.48±0.11
		4 ^m	16.96±0.04
		6 ⁿ	16.5±0.07
الفينولات الكلية (g GAL / 100g)	B تجفيف طبيعي مع سلق	0 ^m	1.94±0.04
		2 ⁿ	1.81±0.09
		4 ^{no}	1.71±0.04
		6 ^p	1.33±0.03
	D تجفيف بفرن الهواء الساخن مع سلق	0 ^l	1.24±0.05
		2 ^{lm}	1.2±0.08
		4 ^{lm}	1.14±0.07
		6 ^m	1.09±0.03
	F تجميد مع سلق	0 ^o	3.8±0.08
		2 ^p	3.14±0.03
		4 ^q	3.04±0.15
		6 ^q	2.96±0.04

*اختلاف الأحرف الصغيرة يدل على وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة 0.05

2- تأثير طرائق الحفظ على نسبة المكونات المدروسة في عينات البامياء :

يلاحظ من الجدول (4) أن النتائج الوصفية أظهرت تفاوتاً ملحوظاً في متوسطات تركيز فيتامين C ومركبات البولي فينولات بين المعاملات (B)، (D)، (F) فيما يخص فيتامين C، سجلت المعاملة (F) أعلى متوسط تركيز بلغ 17.77 ± 1.74 ، تلتها المعاملة (B) بمتوسط 9.89 ± 1.52 ، في حين جاءت المعاملة (D) في المرتبة الأخيرة بمتوسط تركيز قدره 7.75 ± 1.29 ، وبالتالي تعكس هذه القيم أن التجميد منفرداً كان أكثر فعالية في الحفاظ على فيتامين C، مما يؤكد أن التجميد لا يمنع تحلل هذا الفيتامين بل يبطله فقط مقارنةً بطرق التجفيف وهذا يتوافق مع دراسات [13] بأن عملية التجميد تحافظ بشكل أفضل على محتوى المواد الكيميائية النباتية مقارنةً بالتجفيف مع مرور الزمن، حيث أدى إدخال عمليات التجفيف إلى انخفاض ملحوظ في مستوياته، وكان أثر التجفيف بالفرن أكثر سلبية مقارنةً بالتجفيف الطبيعي وقد توافقت ذلك مع النتائج التي وصلت إليها دراسة [17] بأن درجة حرارة الفرن تؤدي إلى زيادة

أكسدة

فيتامين C مقارنةً بالتجفيف الطبيعي، وكانت هذه البيانات متفقة مع دراسة [18] حيث وجدوا أن المركبات المضادة للأكسدة مثل فيتامين C والكاروتينات حساسة للغاية للحرارة والتخزين.

كما بينت النتائج الواردة في الجدول (4) بالنسبة لمحتوى البولي فينولات، أن المعاملة (F) سجلت أعلى متوسط تركيز بلغ 3.24 ± 0.36 ، تلتها المعاملة (B) بمتوسط 1.69 ± 0.24 ، في حين سجلت المعاملة (D) أقل تركيز بمعدل 1.17 ± 0.08 ، تدعم هذه النتائج النمط ذاته الملحوظ في فيتامين C، حيث ساهم التجميد فقط في الحفاظ على مستويات مرتفعة من البولي فينولات، بينما كان للتجفيف أثر تقليدي واضح، لا سيما عند استخدام التجفيف بالفرن وهذا يتوافق مع دراسة [19] بأن عمليات التجميد تحتفظ بمحتوى فينولي إجمالي أكثر من عمليات التجفيف، وبالتالي يمكن أن تكون العمليات الأنزيمية التي تحدث أثناء التجفيف أو أكسدة البولي فينول بالأوكسجين، أو استخدام المركبات المتفاعلة في تفاعل ميلارد أثناء عملية التجفيف هو السبب المحتمل لانخفاض إجمالي محتوى الفينول في البامياء المجففة [20-21].

وقد تعزى زيادة محتوى الفينول بعد السلق والتخزين بالتجميد إلى تلف خلايا البامياء الناتج عن نمو بلورات الجليد الكبيرة الناتجة أثناء التخزين بالتجميد، وزيادة تليين أنسجة البامياء وانفصال الخلايا، وأخيراً انخفاض المواد الكيميائية النباتية والمركبات المضادة للأكسدة [22].

جدول (3) تجانس التباين

المتغير	إحصائية Levene	الفرضية
فيتامين C	7.187	H_1
البولي فينولات	10.282	H_1

جدول (4) تحليل التباين

المكون	المعاملات			F-Value	الفرضية
	B	D	F		
فيتامين C	9.89 ± 1.52	7.75 ± 1.29	17.77 ± 1.47	33.42	H_1
البولي فينولات	1.69 ± 0.24	1.17 ± 0.08	3.24 ± 0.36	161.11	H_1

جدول (5) اختبار Dunnett C

المتغير	المقارنة	فرق المتوسط	دلالة الفرق
فيتامين C	B - D	2.14	معنوي
	B - F	-7.87	معنوي
	D - F	-10.01	معنوي
البولي فينولات	B - D	0.52	معنوي
	B - F	-1.54	معنوي
	D - F	-2.07	معنوي

من الناحية الإحصائية، بينت نتائج تحليل التباين الأحادي (ANOVA) وجود فروق ذات دلالة معنوية عالية بين المعاملات لكل من فيتامين C والبولي فينولات ($p < 0.001$)، مما يشير إلى تأثير جوهري لطريقة الحفظ على تركيز

هذه المركبات. وبالنظر إلى نتائج اختبار تجانس التباين (Levene's Test)، تبيّن أن الفرضية الصفرية المتعلقة بتساوي التباينات قد تم رفضها لكل من المتغيرين كما هو موضح في الجدول (3)، مما يستدعي اللجوء إلى اختبارات مقارنة لاحقة تأخذ في الاعتبار عدم تجانس التباينات. في هذا السياق، أظهر اختبار Dunnett C الموضح في الجدول (5) أن الفروق بين المعاملة (F) والمعاملتين (B) و (D) كانت جميعها ذات دلالة إحصائية عالية لكل من فيتامين C والبولي فينولات، مما يعزز من الاستنتاج بأن عملية التجفيف تؤثر بشكل كبير على استقرار هذه المركبات الحيوية في المنتج النهائي. مقارنة بطريقة التجميد التي تفوقت معنوياً على باقي المعاملتين.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- أظهرت طريقة التجميد بعد السلق تفوقاً واضحاً في الحفاظ على محتوى فيتامين C والفينولات الكلية في البامياء خلال فترة التخزين مقارنةً بباقي الطرائق.
- 2- أظهر التجفيف بالفرن أثر سلبي واضح في خفض محتوى فيتامين C والفينولات الكلية، مما يجعله الخيار الأقل ملائمة للحفاظ على القيمة الغذائية.
- 3- يوصى بإجراء مزيد من الدراسات لتقييم أثر إضافة المواد المثبطة للإنزيمات (حمض الستريك، حمض الأسكوربيك، محاليل ملحية بتركيزات مناسبة) على ثباتية هذه المركبات خلال فترات التخزين الطويلة.

References:

- [1] M. Dauthy, *Fruit and vegetables processing. FAO Agricultural Services Bulletin*. Rome, 1995.
- [2] J. Corrêa, L. Rodrigues, G. Vieira and M. Hubinger, "Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas", *Journal of Food Engineering*, Vol. 96, pp. 498–504, 2010.
- [3] C. Damiani, E. Boas, D. Pinto and L. Rodrigues, "Influence of different temperatures in maintenance of quality of fresh-cut Pequi", *Ciencia E Agrotecnologia*, Vol. 32, pp. 203–212, 2008.
- [4] M. Ogwu, U. Onosigbere-Ohwo and M. Osawaru, "Morphological characterization of okra (*Abelmoschus esculentus* (Medik.) accessions", *Makara Journal of Science*, Vol. 22, pp. 67–76, 2018.
- [5] T. Dantas, F. Buriti and E. Florentino, "okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as a potential functional food source of mucilage and bioactive compounds with technological applications and health benefits", *J. Plants*, Vol. 10, pp. 1682, 2021.
- [6] A. Elkalifa, E. Alshammari, M. Adnan, J. Alcantara, A. Awaad elkareem, N. Eltoum, K. Mehmood, B. Pandaan and S. Ashraf, "okra (*Abelmoschus esculentus*) as potential dietary medicine with nutraceutical importance for sustainable health applications", *J. Molecules*, Vol. 26, pp. 696, 2021.
- [7] H. Gemedé, G. Haki, F. Beyene, A. Woldegiorgis and S. Rakshit, "Proximate, mineral and antinutrient compositions of indigenous okra (*Abelmoschus esculentus*) pod accessories: implications for mineral bioavailability", *Food Sci. Nutr*, vol. 4, pp. 223–233, 2016.
- [8] I. Doymaz, "Drying characteristics and kinetics of orka", *Journal of Food Engineering*, vol. 69, pp. 275–279, 2005.

- [9] T. Mazzeo, M. Paciulli, E. Chiavaro, A. Visconti, V. Fogliano, T. Ganino and N. Pellegrini, "Impact of the industrial freezing process on selected vegetables – Part II. Colour and bioactive compounds", *Food Res. Int*, vol. 75, pp. 89–97, 2015.
- [10] L. Deng, A. Mujumdar, Q. Zhang, X. yang, J. Wang, Z. Zheng, Z. Gao and H. Xiao, "Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes – a Comprehensive review", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, vol. 59, pp. 1408–1432, 2017.
- [11] S. Amit, M. Uddin, R. Rahman, S. Islam and M. Khan, "A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing", *Agric. Food Security*, vol. 6, pp. 51–73, 2017.
- [12] A. Alene, T. Tekaligna and A. Habte, "Determination of vitamin C (Ascorbic Acid) in some fresh fruits: A comparative evaluation of methods", *J. Food Processing & Technology*, vol. 15, pp. 1115, 2024.
- [13] T. Rababah, M. AL-U'datt, M. Angor, S. Gammoh, F. Abweni, G. Magableh, A. ALmajwal, S. Yücel, Y. AL-Rayyan and N. AL-Rayyan, "Effect of drying and freezing on the phytochemical properties of okra during storage", *ACS Omega*, vol. 8, pp. 34448–34457, 2023.
- [14] A. Abdullah, I. Azaga, F. Matoug and M. Alwahsh, "Determination of phenol and flavonoid content and total anti-oxidant for *Abelmoschus Esculentus*", *J. Pure & Applied Sciences*, vol. 23, 2024.
- [15] J. Audu, S. Anyebe and P. Kwaya, "EFFECT OF PROCESSING METHODS ON SELECTED PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ORKA (*Abelmoschus esculentus*)", *International Journal of Engineering Technology and Computer Research*, vol. 3, pp. 118–125, 2015.
- [16] D. Olivera, A. Mugridge, A. Chaves, R. Mascheroni and S. Viña, "Quality attributes of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) pods as affected by cultivar and fruit size". *Journal of Food Research*, vol. 1, pp. 224–235, 2012.
- [17] E. AL-Din, R. Sheashe, A. Nagib and E. EL-Hadidy, "Maximizing the antioxidants value of okra by different preservation methods during storage", *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, (2010).
- [18] D. Zhang & Y. Hamauzu, "Antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking", *Food Chemistry*, vol. 88, pp. 503–509, 2004.
- [19] M. AL-Dabbas, M. Moummeh, H. Hamad, M. Abughoush, B. AbuaWad, B. AL-Nawasrah, R. AL-Jaloudi and S. Iqbal, "Impact of processing and preservation methods and storage on total phenolics, flavonoids, and antioxidant activities of okra (*Abelmoschus esculentus* L.)", *J. Food Sci*, vol. 2, pp. 3711–3720, 2023.
- [20] S. Wani, F. Masoodi, M. Ahmad and S. Mir, "Processing and storage of apricots: Effect on physicochemical and antioxidant properties", *J. Food Sci*, vol. 55, pp. 4505–4514, 2018.
- [21] Y. Lim & J. Murtijaya, "Antioxidant properties of *Phyllanthus Amarus* extracts as affected by different drying methods", *LWT – Food Science and Technology*, vol. 40, pp. 1664–1669, 2007.
- [22] G. Lima, T. Lopes, M. Rossetto and F. Vianello, "Nutritional composition, phenolic compounds, nitrate content in eatable vegetables obtained by conventional and certified organic grown culture subject to thermal treatment", *Int. J. Food Sci. Technol*, vol. 44, pp. 1118–1124, 2009.

