وزارة التعليم والبحث العلمي

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم الأغذية

تأثير عمليات التصنيع والتخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية للجزر الأسود

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في كلية الهندسة الزراعية

(قسم علوم الأغذية)

إعداد:

المهندسة رند محسن ديوب

إشراف

المشرف العلمي	المشرف المشارك
أ.د محمد خير طحلة	د. رأفت اسماعيل
كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق	كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

٢٠٢٤

تصريح

أصرّح بأن البحث الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان: "**تأثير عمليات التصنيع والتخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية للجزر الأسود**" لم يسبق أن قُدّم للحصول على أي درجة جامعية أخرى، وغير مُقدَّم حالياً لذلك، وأنَّ كافة العمل، والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي والمشرف المشارك وأنَّ المراجع التي ذُكرت في الأطروحة نُسبت إلى مصادرها ضمن النَّص وفي قائمة المراجع.

المرشَّحة

رند محسن ديوب

Declaration

To whom it may concern: I declare that the present research work entitled: "**The Effect of Manufacturing and Storage Processes on the Physicochemical and Biological Characteristics of Black Carrots**" is a new research work ,and has neither been already accepted for any degree, nor has been submitted concurrently for any other degree. All the mentioned results are My own efforts and done by direct supervisor of my guides. All the referred literature are cited, and well-documented in the list of references.

Candidate

Rand Mohsen Dayoub

شهادة

نشهد بأنَّ العمل الموصوف في هذه الرسالة:

"تأثير عمليات التصنيع والتخزين في الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية للجزر الأسود"

جاء نتيجة بحثٍ علميٍّ قامت به المرشَّحة رند محسن ديوب بإشراف الدكتور محمد خير طحلة الأستاذ في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة – جامعة دمشق، والدكتور رأفت اسماعيل الأستاذ المساعد في قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة – جامعة دمشق، وأنَّ المراجع المستخدمة في هذه الرسالة موثَّقة أصولاً ضمن النص.

المشرف العلمي	المشرف المشارك	المرشَّحة
أ.د محمد خير طحلة	**أ.رأفت اسماعيل**	**رند ديوب**

It is hereby certificated that the work described in the thesis: "**The Effect of Manufacturing and Storage Processes on the Physicochemical and Biological Characteristics of Black Carrots**" is the result of the scientific research done by candidate Rand Dayoub under the supervision of prof. Mohammed Kher Tahla Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture Engineering, Damascus University and assistant prof. Raffat Ismael Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture Engineering, Damascus University, and any reference to other research works has been duly acknowledged in the text.

Supervision	Co- supervision	Candidate
prof. Mohammed Tahla	assistant prof. Raffat Ismael	Rand Dayoub

قُدمت هذه الرّسالة استكمالاً لمتطلّبات نيل درجة الماجستير في قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة – جامعة دمشق، وأُجيزت من قبل السَّادة أعضاء لجنة الحكم.

This thesis has been submitted as partial fulfillment of the requirements for the Master Degree in Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture–Damascus University. The thesis has been approved by referee committee.

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ ٢٠٢٤/٨/٧

لجنة الحكم على الرّسالة:

أ.د. محمد خير طحلة (عضواً مشرفاً)

الأستاذ في قسم علوم الأغذية– كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

الاختصاص: تكنولوجيا السكر

د. جهاد سمعان (عضواً)

الأستاذ المساعد في قسم علوم الأغذية– كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

الاختصاص: تكنولوجيا الطحن

د. روعة طلي (عضواً)

الأستاذ المساعد في قسم علوم الأغذية– كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق

الاختصاص: تجفيف صناعي للفاكهة

شكر وتقدير

الحمد لله أولاً وآخراً.. والحمد لله على بلوغ النجاح والفلاح.

أودُّ أن أتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان لأستاذي الفاضل: الأستاذ الدكتور محمد خير طحلة على ما أفاضه علي من نصح وإرشاد وتوجيه وسعة للصدر وبذل للجهد لإتمام هذا العمل.

وكذلك أشكر مشرفي المشارك الدكتور رأفت اسماعيل على تعاونه وتوجيهاته القيمة وأخلاقه العالية وعلى كل ما قدمه لي من نصح ودعم.

وكل الشكر أيضاً لعمادة كلية الزراعة في جامعة دمشق وللجنة الحكم الموقرة على جميع جهودهم المبذولة.

كما أود أن أعبر عن امتناني لأساتذتي وزملائي في قسم علوم الأغذية، الذين شكلوا لي مصدر إلهام دائم وبيئة أكاديمية مفعمة بالبحث والنقاش المثمر.

وفي النهاية أتقدم بالشكر لكل من كان له أية مساهمة سواءً كانت كبيرة أم صغيرة في إنجاح هذ العمل.

الإهداء

أهدي عملي هذا وبكل تواضع إلى والديَّ العظيمين على كل ما بذلوه، من دعم لا محدود وحب غير مشروط، بارك الله لي فيكم ودمتم تاجاً أزين فيه رأسي ما حييت.

إلى إخوتي الأعزاء أشقاء روحي، النعمة التي أفتخر بها في حياتي، لا يسعني إلا أن أشكركم من أعماق قلبي على دعمكم ومحبتكم، فأنتم الأمل الذي يضيء دربي.

إلى عائلة زوجي الذين أحاطوني بحب الأهل وأخص بالشكر والدي زوجي على ما قدماه لي من أشكال الدعم وكانا لي عوناً وسنداً.

وفي النهاية أقدم هذا الجهد إلى رفيق روحي، زوجي الحبيب، الداعم الأول ومُلهمي الذي ما مل يوماً من دفعي وتشجيعي لأتابع مسيرة دراستي.

إلى أميرتي الصغيرة وفلذة كبدي، ابنتي الغالية، ماريتا.

فهرس المحتويات Table Of Content

البند	رقم الصفحة
١- المقدمة	٢
الإشكالية البحثية	٣
تساؤلات البحث	٤
فرضيات البحث	٥
أهداف البحث	٥
أهمية موضوع البحث	٦
مسوغات البحث (مبررات البحث)	٦
حدود البحث	٦
الفصل الأول **الدراسة المرجعية**	
٢- الدراسة المرجعية	٩
٢-١-الجزر	٩
٢-٢-الموطن الأصلي للجزر وتاريخه	١٠
٢-٣-التصنيف العلمي للجزر المزروع	١١
٢-٤-الجزر في سورية	١٢
٢-٥-الجزر الأسود	١٢
٢-٦-التركيب الكيميائي للجزر الاسود	١٤
٢-٦-١-فيتامين C (حمض الأسكوربيك في الجزر الأسود)	١٤
٢-٦-٢-المركبات الفينولية في الجزر الأسود	١٦
٢-٦-٣-الفلافونيدات في الجزر الأسود	١٧
٢-٦-٤-الأنثوسيانينات في الجزر الأسود	١٧
٢-٧-خصائص الجزر الأسود المعززة للصحة	٢٠
٢-٧-١-خصائص مضادة للأكسدة	٢٠
٢-٧-٢-الدور الوقائي للجزر الأسود في الاضطرابات الأيضية	٢١
٢-٧-٣-التأثير المضاد للالتهابات	٢١

٢-٧-٤-الدور الوقائي للجزر الأسود في مرض السرطان	٢٢
٢-٧-٥- الدور الوقائي للجزر الأسود في مرض السكري	٢٢
٢-٧-٦- الدور الوقائي للجزر الأسود ضد أمراض القلب والأوعية الدموية	٢٣
٢-٧-٧-تأثير مضاد للسمنة	٢٣
٢-٨-تأثير عمليات التصنيع في محتوى الجزر الأسود من مضادات الأكسدة	٢٤
٢-٩-عصير الجزر المبستر	٢٦
٢-١٠-مركّز الجزر الأسود	٢٧
٢-١١-مسحوق الجزر الأسود المجفف	٢٨
٢-١٢-تأثير عملية التخزين في محتوى الجزر الأسود من مضادات الأكسدة	٢٨
٢-١٣-تطبيقات الجزر الأسود في المنتجات الغذائية كمادة ملونة ذات قيمة مضافة	٢٩
٢-١٣-١-منتجات الألبان المدعمة بالجزر الأسود	٣٠
٢-١٣-٢-الوجبات الخفيفة المدعمة بالجزر الأسود	٣٠
٢-١٣-٣-المشروبات المدعمة بالجزر الأسود، المربيات والمرملاد	٣١
٢-١٣-٤-المخبوزات المدعمة بالجزر الأسود	٣١
٢-١٤- عملية التخليل وإضافة الملونات الطبيعية	٣٢
الفصل الثاني **مواد البحث وطرائقه**	
٣-مواد البحث وطرائق التحليل	٣٥
٣-١-مواد البحث	٣٥
٣-١-١-ثمار الجزر الأسود	٣٥
٣-١-٢-ثمار الشوندر الأحمر	٣٦
٣-٢-تصنيع المنتجات	٣٦
٣-٢-١-عصير الجزر الأسود الطازج	٣٦
٣-٢-٢-عصير الجزر الأسود المبستر	٣٦
٣-٢-٣-عصير الجزر الأسود المركز الطازج	٣٧
٣-٢-٤-مسحوق الجزر الأسود	٣٧
٣-٣-تخزين المنتجات	٣٧

٣-٤-طرائق التحليل	٣٨
٣-٤-١-تقدير النسبة المئوية للرطوبة (المحتوى المائي)	٣٨
٣-٤-٢-تقدير المواد الصلبة الذائبة	٣٨
٣-٤-٣-تقدير الجوامد الكلية	٣٨
٣-٤-٤-تقدير المحتوى من السكريات	٣٨
٣-٤-٤-١-تحضير العينة	٣٨
٣-٤-٤-٢-تحضير المحلول القياسي	٣٨
٣-٤-٤-٣-التحليل الكروماتوغرافي	٣٩
٣-٤-٥-تقدير النسبة المئوية للرماد	٣٩
٣-٤-٦-تقدير البروتين الكلي	٣٩
٣-٤-٧-تقدير الألياف	٣٩
٣-٤-٨-تقدير الدسم	٣٩
٣-٤-٩-رقم الـ pH	٤٠
٣-٤-١٠-تقدير الحموضة الكلية	٤٠
٣-٤-١١-تقدير الكربوهيدرات الكلية	٤٠
٣-٤-١٢-تعيين مؤشرات اللون(L, a, b)	٤٠
٣-٥-تقدير المركبات الفعالة بيولوجياً	٤١
٣-٥-١-تقدير فيتامين C (حمض الأسكوربيك)	٤١
٣-٥-٢-تقدير الفينولات الكلية	٤١
٣-٥-٣-تقدير الفلافونيدات الكلية	٤٢
٣-٥-٤-تقدير الأنثوسيانينات	٤٤
٣-٦-تقدير النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH	٤٤
٣-٧-استخدام مسحوق الجزر الأسود كملون	٤٥
٣-٨-تقييم الخصائص الحسية	٤٦
٣-٩-التحليل الإحصائي	٤٧
٣-١٠-مخطط البحث	٤٨
الفصل الثالث **النتائج والمناقشة**	

٤-النتائج والمناقشة	٥٠
٤-١-المؤشرات الكيميائية لجذور الجزر الأسود الطازجة	٥٠
٤-٢-محتوى جذور الجزر الأسود الطازجة من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٥٣
٤-٣-تقدير مؤشرات اللون لجذور الجزر الأسود الطازجة	٥٥
٤-٤-محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في جذور الجزر الأسود وعصيرها الطازج	٥٦
٤-٥-تقدير مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود الطازج	٥٨
٤-٦-محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في عصير الجزر الأسود المبستر والطازج	٥٩
٤-٧-تقدير مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود المبستر	٦١
٤-٨-تأثير التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المبستر في المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٦٣
٤-٩-تأثير التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المبستر في مؤشرات لونه	٦٥
٤-١٠-تأثير عملية تركيز العصير في المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٦٧
٤-١١-تأثير عملية تركيز عصير الجزر الأسود في لونه	٦٩
٤-١٢-تأثير التخزين المبرد لمركّز الجزر الأسود في محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٧١
٤-١٣-تأثير التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المركز في مؤشرات لونه	٧٤
٤-١٤-تأثير عملية تجفيف الجزر الأسود في المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٧٦
٤-١٥-تأثير عملية تجفيف الجزر الأسود في اللون	٧٨
٤-١٦-تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر الأسود في محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٧٩
٤-١٧-تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر الأسود في مؤشرات لونه	٨١
٤-١٨-اختبارات اللون للمنتجات المعاملة بمسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر:	٨٣

٤-١٩-دراسة الخصائص الحسية لكل من مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر:	٨٤
الفصل الرابع **الاستنتاجات والتوصيات**	
١-الاستنتاجات	٨٨
٢-التوصيات	٨٩
الفصل الخامس **المراجع العلمية**	
قائمة المراجع	٩١

فهرس الجداول List Of Tables

البند	الصفحة
جدول ١؛ تصنيف الجنس *Daucus*	١١
جدول ٢؛ التركيب الكيميائي لجذور الجزر الأسود الطازجة	٥٠
جدول ٣؛ متوسط محتوى الجزر الأسود من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة	٥٣
جدول ٤؛ مؤشرات اللون الخاصة بجذور الجزر الأسود الطازجة	٥٥
جدول ٥؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في عصير الجزر الأسود الطازج	٥٦
جدول ٦؛ مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود الطازج	٥٨
جدول ٧؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المبستر	٥٩
جدول ٨؛ مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود المبستر	٦١
جدول ٩؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة خلال التخزين المبرد لعصير الجزر المبستر.	٦٣
جدول ١٠؛ مؤشرات اللون لعصير الجزر المبستر خلال مدة التخزين المبرد	٦٥
جدول١١؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المركز	٦٧
جدول ١٢؛ مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود المركز	٦٩
جدول ١٣؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة خلال التخزين المبرد لعصير الجزر المركز	٧١
جدول ١٤؛ مؤشرات اللون لعصير الجزر المركز خلال مدة التخزين المبرد	٧٤
جدول ١٥؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في مسحوق الجزر الأسود	٧٦
جدول ١٦؛ مؤشرات اللون الخاصة بمسحوق الجزر الأسود المجفف	٧٨
جدول ١٧؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة خلال	٧٩

التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر المجفف.	
جدول ١٨؛ مؤشرات اللون لمسحوق الجزر الأسود المجفف خلال مدة التخزين	٨١
جدول ١٩؛ مؤشرات اللون لمخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر	٨٣
جدول ٢٠؛ الخصائص الحسية لعينات مخلل القرنبيط (الزهرة) الملونة	٨٥

فهرس الرسوم والمخططات والأشكال البيانية List Of Figures

البند	رقم الصفحة
الشكل ١؛ الصيغة العامة للأنثوسيانينات	١٨
الشكل ٢؛ المنحني المعياري لحمض الغاليك	٤٢
الشكل ٣؛ المنحني المعياري لمركب الكويرستين	٤٣
مخطط١؛ خطوات العمل	٤٨

List Of Terminologies And Acronyms قائمة المصطلحات والاختصارات

الاختصار	المصطلح	المصطلح العربي
PPO	Polyphenol Oxidase	إنزيم البولي فينول أكسيديز
LOX	Lipoxygenase	إنزيم الليبو أكسيجيناز
POD	peroxidase	إنزيم البيروكسيديز
PME	Pectin methylesterase	إنزيم البكتين ميتيل إستراز
GAE	Gallic Acid	حمض الغاليك
QE	Quercetin	مركب الكويرستين
DPPH	2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl	ثنائي فينيل- بيكريل هيدرازيل

"الملخص"

نفّذ هذا البحث بهدف دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية المختلفة للجزر الأسود المزروع في سورية، بالإضافة إلى معرفة تأثير عمليات التصنيع والتخزين في بعض منتجاته المختارة (عصير مبستر، مركز، مسحوق مجفف) وذلك من ناحية اللون والمحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة، بالإضافة إلى دراسة تأثير إضافة مسحوق الجزر الأسود بنسب(٥، ١٠، ١٥)% كملون لمخلل القرنبيط (الزهرة) بالمقارنة مع مسحوق الشوندر الأحمر بالنسب ذاتها وتقييمه حسياً.

أظهرت النتائج محتوى جذور الجزر الأسود الطازجة من المركبات الفعالة بيولوجياً المتمثلة بالفينولات الكلية، الفلافونيدات الكلية، الأنثوسيانينات، فيتامين C (248.80، 187.60، 84.62، 2.07 مغ/١٠٠غ) على الترتيب، وكانت قيمة النشاط المضاد للأكسدة 77.52%، بينما بلغت قيم مؤشرات اللون *L و*a و*b وChroma (27.54، 7.42، 0.80−، 7.46) على الترتيب. دلّت النتائج على وجود فروق معنوية طفيفة بين عصير الجزر الطازج والمبستر بطريقة البسترة السريعة من ناحية محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه وكانت نسبة الفقد في اللون والمحتوى من المواد الفعالة بيولوجياً طفيفةً أيضاً خلال مدة التخزين المبرد بدرجة حرارة ٤م° لعصير الجزر الأسود المبستر وبالنسبة لعصير الجزر الأسود المركز فقد كان لعملية التركيز تحت التفريغ تأثيراً كبيراً من ناحية محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه وكانت نسبة الفقد في اللون والمحتوى من المواد الفعالة بيولوجياً في المركز أكبر مما هي عليه في العصير المبستر خلال مدة التخزين المبرد بدرجة حرارة ٤م°، أما بالنسبة لمسحوق الجزر المجفف فقد كان تأثير عملية التجفيف بالهواء الساخن كبيراً من ناحية المحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه والذي يفوق تأثير عملية التركيز تحت التفريغ وكانت نسبة الفقد في اللون والمحتوى من المواد الفعالة بيولوجياً متوسطة خلال مدة التخزين المبرد لمسحوق الجزر المجفف.

وضّحت النتائج أيضاً أن ألوان عينات مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الجزر الأسود كانت أعلى بقيم مؤشر السطوع *L من عينات مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الشوندر الأحمر في جميع نسب الإضافة المدروسة، وقد أبدت عينة مخلل (القرنبيط) الزهرة الملون بمسحوق الشوندر ٥% الأثر المعنوي الأكبر في إعطاء أعلى درجات القبول الحسي بكافة المؤشرات المدروسة (الطعم واللون والرائحة والقبول العام) مقارنة مع جميع العينات الأخرى المدروسة.

الكلمات المفتاحية: الجزر الأسود، الفينولات الكلية، الفلافونيدات الكلية، الأنثوسيانينات، فيتامين C، النشاط المضاد للأكسدة، مؤشرات اللون، تخزين مبرد، مُلوِّن، مخلل.

الجزء التمهيدي(الإطار العام)

١- المقدمة Introduction:

تشكل الخضروات والفاكهة جزءاً كبيراً من النظام الغذائي اليومي للإنسان في أغلب أنحاء العالم ويرتبط استهلاكها ارتباطاً وثيقاً بالصحة الجيدة بشكل عام، من خلال تحسين صحة الجهاز الهضمي وتقليل خطر الإصابة ببعض أشكال السرطان، وأمراض القلب، والسكتة الدماغية، والسكري وفقر الدم وقرحة المعدة، والتهاب المفاصل، وغيرها من الأمراض المزمنة وذلك باعتبارها مصدراً للمواد المغذية كالفيتامينات (C، A، B_1، B_6، B_9، E)، والمعادن، والألياف ومضادات الأكسدة، وهي عبارة عن مركبات نباتية ثانوية يُعتقد أنها تقلل من خطر الإصابة بالأمراض المزمنة عن طريق الحماية من أضرار الجذور الحرة.

تعد الفلافونويدات والكاروتينات والغلوكوزيدات من أهم مضادات الأكسدة الموجودة في الفاكهة والخضروات ومن بين الفلافونيدات الكلية، يُعد الأنثوسيانين فئة مهمة ذات نشاط مرتفع مضاد للأكسدة حيث تشير العديد من الدراسات إلى التأثير المحتمل الذي قد تحدثه هذه المركبات في تقليل الإصابة بالأمراض المزمنة، ومن المؤشرات المهمة على أهميتها ما يسمى بـ"المفارقة الفرنسية" الشهيرة حيث نلاحظ في فرنسا انخفاض معدل الإصابة بأمراض القلب على الرغم من ارتفاع تناول الدهون المشبعة والكوليسترول وانتشار التدخين ويعزى ذلك إلى الاستهلاك الكبير للنبيذ الأحمر الغني بالأنثوسيانين وتتمتع مركبات الأنثوسيانين إلى جانب آثارها المعززة للصحة، بإمكانية عالية لاستخدامها كملونات طبيعية بسبب ألوانها البرتقالية والحمراء والأرجوانية والزرقاء الجذابة وقابليتها للذوبان في الماء، مما يسمح بدمجها في مجموعة متنوعة من الأنظمة الغذائية والصناعية، ويتزامن ذلك مع تزايد الطلب على ملونات الطعام الطبيعية من قبل المستهلكين وأصحاب العمل بسبب المخاوف بشأن سلامة الصبغات والملونات الغذائية الاصطناعية نظراً لأن تناول كميات كبيرة منها بشكل منتظم قد يؤدي إلى حدوث طفرات و/أو الإصابة بالسرطان وفقاً للعديد من الأبحاث.

نلاحظ في وقتنا الحاضر اهتماماً متزايداً بتسويق منتجات غذائية غير معتادة من حيث الشكل أو اللون أو الحجم بهدف جذب اهتمام المستهلك ومع ذلك، بالنسبة للفاكهة والخضروات، من الجيد التمييز بين استعادة الأصناف القديمة من أجل حماية التنوع البيولوجي والحصول على أصناف جديدة، سواءً عن طريق استخدام طرائق الانتقاء الزراعي أو التعديل الوراثي.

فيما يتعلق باللون، فإن هذا التباين ينعكس في التركيب الكيميائي وبالتالي على الخصائص الحسية والصحية. من الخضروات الشائعة، والتي لوحظ وجود ألوان مختلفة منها، الجزر والذي عادةً ما يكون برتقالي اللون، على الرغم من وجود أصناف أرجوانية وحمراء وبيضاء وصفراء وسوداء.

يتميز الجزر الأسود باحتواءه على كمية كبيرة من الأنثوسيانينات، والتي تمنح هذا الصنف نشاطاً مضاداً للأكسدة أكبر من تلك الموجودة في الجزر البرتقالي أو الأصفر أو الأبيض وبالإضافة إلى الأنثوسيانينات، يعد الجزر الأسود مصدراً ممتازاً للمواد الكيميائية النباتية بما في ذلك حمض الأسكوربيك والمركبات الفينولية والفلافونيدات وهو من بين الخضروات غير شائعة الاستهلاك في الروتين الغذائي السوري على الرغم من مزاياه كمصدر غني بمضادات الأكسدة وملونات الطعام الطبيعية ولذلك هدفت هذه الدراسة لدراسة الخصائص الفيزيوكيميائية والبيولوجية المختلفة للجزر الأسود المزروع في سورية بالإضافة إلى معرفة تأثير عمليات التصنيع والتخزين في بعض منتجاته المختارة وذلك من ناحية اللون والمحتوى من مضادات الأكسدة للحصول على معطيات تُمكّن من تطوير منتج وظيفي وصحي، غني بمضادات الأكسدة وقادر على إضفاء لون جذاب.

الإشكالية البحثية:

نظراً لأهمية الجزر الأسود كغذاء وظيفي باعتباره مصدراً للمركبات النشطة بيولوجياً ودور هذه المركبات في تعزيز الخصائص المعززة للصحة لمختلف المنتجات الغذائية بالإضافة إلى اعتباره ملوناً طبيعياً وبديلاً واعداً للملونات الصناعية لاحتواءه على كمية كبيرة من صبغة الأنثوسيانين. فقد توخينا في هذا البحث تسليط الضوء على هذا النوع من الخضروات وذلك للاستفادة من خصائصه الكاملة من

خلال دراسة التركيب الفيزيوكيميائي والبيولوجي للجزر الأسود الطازج المزروع في سورية وتأثير بعض عمليات التصنيع والتخزين في لونه ومحتواه من مضادات الأكسدة بالإضافة إلى دراسة تأثير إضافته كملون لأحد المنتجات في الصناعات الغذائية.

تساؤلات البحث:

- ما هو التركيب الفيزيوكيميائي والحيوي للجزر الأسود الطازج والذي يجعله غذاءً وظيفياً؟
- ما هو تأثير عملية البسترة السريعة لعصير الجزر الأسود الطازج في لونه ومحتواه من مضادات الأكسدة؟
- ما هو تأثير عملية تركيز عصير الجزر الأسود تحت التفريغ في لونه ومحتواه من مضادات الأكسدة؟
- ما هو تأثير عملية تجفيف الجزر الأسود بالهواء الساخن وتحويله إلى مسحوق في لونه ومحتواه من مضادات الأكسدة؟
- ما هو تأثير عملية التخزين المبرد لمدة شهرين في اللون والمحتوى من مضادات الأكسدة لكل من عصير الجزر المبستر والمركز؟
- ما هو تأثير عملية التخزين في مكان مظلم وجاف لمدة شهرين في اللون والمحتوى من مضادات الأكسدة لمسحوق الجزر الأسود؟
- ما هو تأثير إضافة مسحوق الجزر الأسود بثلاث نسب مختلفة في مخلل القرنبيط (الزهرة) في لونه خلال مدة ١٠ أيام وذلك بالمقارنة مع مسحوق الشوندر المجفف بالطريقة ذاتها؟
- ما هو الفرق بين مخلل القرنبيط (الزهرة) الملون بمسحوق الجزر الأسود ومخلل القرنبيط (الزهرة) الملون بمسحوق الشوندر الأحمر من الناحية الحسية وذلك عن طريق إجراء تقييم حسي؟

فرضيات البحث:

امتلاك الجزر الأسود المزروع في سورية قدرة عالية كمضاد للأكسدة لاحتواءه على كمية كبيرة من المركبات الفينولية والحصول على منتجات وظيفية من الجزر الأسود تحتفظ بأعلى نسبة ممكنة من المركبات النشطة بيولوجياً بعد عمليات التصنيع والتخزين المختلفة بالإضافة إلى القدرة العالية لصبغة الأنثوسيانين الموجودة في الجزر الأسود على إعطاء لون جذاب.

أهداف البحث:

نظراً إلى عدم وجود أي دراسة محلية عن الجزر الأسود السوري بشكله الطازج أو المصنع، وندرة استخدامه كغذاء وظيفي هام في الوقاية من العديد من الأمراض بالإضافة إلى قدرته العالية كملون طبيعي ونظراً إلى تراجع سورية في زراعة الجزر الأسود بالرغم من إمكانية إنتاجه بشكل كبير، فقد جاء هذا البحث ليحقق الأهداف التالية:

- ✓ تعيين القيمة الغذائية للجزر الأسود المزروع في سورية من خلال تحديد محتواه من المركبات النشطة بيولوجياً وربطها بقدرته العالية كمضاد للأكسدة.
- ✓ تقدير مؤشرات اللون للجزر الأسود كأحد أهم الخصائص الفيزيائية.
- ✓ دراسة تأثير البسترة السريعة في خصائص عصير الجزر الأسود من خلال تحديد محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه ونشاطه المضاد للأكسدة.
- ✓ دراسة تأثير التركيز تحت التفريغ بواسطة المبخر الدوراني في عصير الجزر الأسود من خلال تحديد محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه ونشاطه المضاد للأكسدة.
- ✓ دراسة تأثير التجفيف بالهواء الساخن في مسحوق الجزر الأسود من خلال تحديد محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه ونشاطه المضاد للأكسدة.
- ✓ دراسة تأثير التخزين المبرد لمدة شهرين في المحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً واللون والنشاط المضاد للأكسدة لكل من العصير المبستر والمركز.

✓ دراسة تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمدة شهرين في المحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً واللون والنشاط المضاد للأكسدة لمسحوق الجزر الأسود.

✓ دراسة إمكانية استخدام مسحوق الجزر الأسود كملون لمخلل القرنبيط (الزهرة) وتقييمه حسياً ومقارنته مع مسحوق الشوندر الأحمر بالطريقة ذاتها.

أهمية موضوع البحث:

نظراً للأهمية الكبيرة للجزر الأسود الناتجة عن تركيبه الغذائي الغني بالمواد الفعالة بيولوجياً وفوائده الصحية العديدة ولونه الجذاب فهو يعد غذاءً وظيفياً شائعاً في العديد من بلدان العالم سواءً من خلال استهلاكه طازجاً أو مصنعاً أو ملوناً أو كقيمة غذائية مضافة.

مسوغات البحث (مبررات البحث):

نظراً إلى ضرورة التنوع في الروتين الغذائي اليومي والاتجاه الحديث في تفضيل الأغذية الوظيفية ذات الفوائد الصحية العالية والتي من شأنها الوقاية من العديد من الأمراض المزمنة وأيضاً من مبدأ السعي إلى استخدام الملونات الطبيعية كبديل عن الملونات الصناعية ذات المخاطر المحتملة العديدة بالإضافة إلى المساهمة في الحصول على مؤشرات تساهم في إنتاج وتخزين مصنعات ذات جودة غذائية ولونية عالية، فقد سعى هذا البحث إلى بيان أهمية الجزر الأسود كغذاء وظيفي وكمادة ملونة سواءً باستهلاكه طازجاً أو مصنعاً أو مضافاً للأغذية الأخرى.

حدود البحث:

- جُمعت الدراسة المرجعية في شهر كانون الثاني ٢٠٢٢.
- أُمنت المواد الأولية للبحث (الجزر الأسود) في شهر كانون الثاني لعام ٢٠٢٤.
- أُجريت الاختبارات على الجزر الأسود الطازج في شهر كانون الثاني لعام ٢٠٢٤.
- جُهزت عينات العصير المبستر والمركز والمسحوق المجفف في كانون الثاني لعام ٢٠٢٤ وأجريت الاختبارات عليها مباشرة بعد التصنيع لكل منها.

- خُزنت عينات العصير المبستر والمركز بالتبريد لمدة شهرين بدءاً من شهر شباط لعام ٢٠٢٤.
- خُزنت عينات المسحوق المجفف في مكان مظلم وجاف لمدة شهرين بدءاً من شهر شباط لعام ٢٠٢٤.
- أُجريت الاختبارات على العينات المخزنة كل شهر ابتداءً من شهر شباط ولغاية شهر نيسان عام ٢٠٢٤.
- جُهزت عينات جديدة من المسحوق المجفف للجزر الأسود والشوندر بالشروط ذاتها في شهر أيار عام ٢٠٢٤.
- جُهزت عينات مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود بنسب معينة ومخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر بالنسب ذاتها في شهر أيار عام ٢٠٢٤.
- أُجريت اختبارات اللون المقارنة على المخللات وأخذت قراءتان في بداية التخليل وبعد مضي ١٠ أيام على المخلل في شهر حزيران عام ٢٠٢٤.
- أُجري تقييم حسي لعينات المخلل في شهر حزيران عام ٢٠٢٤.
- نُوقشت النتائج وحُللت إحصائياً بدءاً من شهر شباط عام ٢٠٢٤.

الفصل الأول

الدراسة المرجعية

Review of Literature

٢-الدراسة المرجعية Literature review :

٢-١-الجزر (*Daucus carrota L.*):

يُعدّ الجزر واحداً من أهم الخضروات الجذرية الغنية بمحتوياتها الغذائية بما في ذلك الكاروتينات ومضادات الأكسدة الطبيعية والألياف الغذائية والبولي أستيلين (Sezer and Demirdöven, 2015) وعادة ما يكون برتقالي اللون، على الرغم من وجود أصناف أرجوانية وحمراء وبيضاء وصفراء وسوداء (Sifferlin, 2018)، وهو نوع عشبي ثنائي الحول ومن أكثر خضروات الموسم البارد أهمية في تغذية الإنسان (Colquhoun *et al.*, 2003).

يُزرع الجزر للحصول على جذره الذي يستعمل في الأكل طازجاً أو مطهياً وكذلك في عمل السلطات والمخللات والمربيات، فضلاً عن ذلك فإن أوراق الجزر تكون ذات فائدة أيضاً بأكلها طازجة أو في استعمالها في الحساء (Arscott and Tanumihardjo, 2010).

يُصنف الجزر بحسب منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) ضمن الأصناف الخضرية العشرة الأولى في العالم لأهميته الاقتصادية ومنافعه الغذائية المتعددة، وما لمركباته من تأثيرات طبية وعلاجية ووقائية (Prohens *et al.*, 2008) وبحسب إحصائيات المنظمة، تحتل الصين المرتبة الأولى في العالم من حيث الإنتاج، تليها أوزباكستان ثم روسيا والولايات المتحدة الأمريكية (FAO, 2013).

بناءً على اللون والأصل الجغرافي والجيني، فإن الجزر المزروع *Daucus carota L. spp. sativus (Hoffm.) Arcageli*، يُقسم إلى نوعين: الجزر الغربي (*D. carota L. ssp. sativus var. sativus Hoffm.*)، بجذور برتقالية أو صفراء أو بيضاء وأوراق مقسمة جيداً، والجزر الشرقي (*D. carota L. ssp. sativus var. atrorubens Alef.*)، بجذور أرجوانية داكنة (سوداء) أو أرجوانية أو حمراء ونادراً ما تكون صفراء وأوراق مقسمة بالكاد (Esatbeyoglu *et al.*, 2016).

لوحظ أن الجزر ذو اللون المختلف يحتوي على تكوين صبغي مختلف وتم تحديد ستة أنواع أساسية من الصبغات المنتجة في الجزر وهي: كاروتينات α-، β-، γ-، ξ، وصبغة الليكوبين، وصبغة β زياكاروتين والأنثوسيانينات (Arscott and Tanumihardjo, 2010)، وتعد كاروتينات α-، β- هي المسؤولة عن تصبغ الجذور باللونين الأصفر والبرتقالي، هذا ويشكل كاروتين β نسبة تزيد على ٥٠% من إجمالي محتوى الكاروتنيات في النبتة، أما اللون الأحمر للجذر فهو بسبب كاروتين الليكوبين (Ahmad, 2019)، ويعزى لون الجزر الأبيض إلى فقر الجذر بالمحتوى الكلي للصبغات إليها (Leja *et al.*, 2013)، ويمتاز الجزر الأسود باحتوائه على كميات كبيرة من الفينولات وبشكل أساسي الأنثوسيانين، وبذلك يتميز هذا النوع من الجزر بلونه الأسود (الأرجواني الغامق) وقدرته العالية كمضاد للأكسدة والتي تفوق الجزر الأصفر أو البرتقالي أو الأبيض (Alasalvar *et al.*, 2005).

٢-٢-الموطن الأصلي للجزر وتاريخه:

يُعتقد أن الجزر المزروع ذو اللون الأسود (الأرجواني الغامق) أو الأصفر نشأ في أفغانستان، حيث توصف هذه المنطقة بأنها المركز الرئيس لأكبر تنوع للجزر (Nagraj *et al.*, 2020)، ويقترح (Iorizzo *et al.*, 2013) أن تكون تركيا مركزاً ثانوياً للمنشأ، توسعت زراعة الجزر إلى إسبانيا في القرن الثاني عشر عبر الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. في أوروبا، أدى التحسين الوراثي إلى تنوع كبير في الأصناف وكان أول توثيق للجزر الأبيض والبرتقالي في أوروبا الغربية في أوائل القرن السابع عشر (Bradeen and Simon, 2007). بالتزامن مع ذلك، تم تطوير الجزر الآسيوي من النوع الأفغاني، وظهر النوع الأحمر في الصين والهند حوالي القرن الثامن عشر(Shinohara, 1984). انتشرت سلالة الجزر ذات اللون البرتقالي بشكل أسرع إلى القارات الأخرى عبر طرق التجارة وأصبحت سائدة في الإنتاج التجاري (Bransky, 2012)، وقد أدى انتشار الجزر البرتقالي إلى الاختفاء التدريجي للأصناف ذات الألوان الأخرى المنتشرة على نطاق واسع سابقاً ولكن اليوم يتم ملاحظة اتجاه معاكس جديد، سواءً من أجل الحفاظ على التنوع البيولوجي أو لأغراض تجارية بسيطة.

٢-٣-التصنيف العلمي للجزر المزروع:

هو نوع نباتي ينتمي إلى العائلة الخيمية (*Umbelliferae*) أو الكرفسية (*Apiaceae*) التي تضم (٢٥٠) جنساً وما يقارب (٢٨٠٠) صنفاً نباتياً، وتنتشر زراعتها في المناخات المعتدلة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية (Judd *et al.*, 1999)، ويتبع إلى الجنس *Daucus* والذي يعد من أشهر أجناس العائلة الخيمية وهو يحتوي على ٦٠ نوعاً في العالم (Ahmed *et al.*, 2005)، ومعظم أنواعه عبارة عن نباتات عشبية ثنائية الحول وقليل منها سنوية (Grzebelus *et al.*, 2011).

يتميز الجنس *Daucus* بكونه غنياً بمنتجات أيضية خاصة ومميزة لهذا الجنس منها الفينولات، التربينات والأحماض الدسمة (Grzebelus *et al.*, 2011)، ويعد الجزر المزروع *Daucus carota* من أشهر أنواع هذا الجنس، لذا تسمى فصيلة الخيميات أيضاً بعائلة الجزر (Ashour and Wink, 2011).

الجدول ١؛ تصنيف الجنس *Daucus*

Embranchement	*Magnoliophyta*	**الشعبة**
Classe	*Magnoliopsida*	**الصف**
Ordre	*Apiales*	**الرتبة**
Famille	*Apiaceae*	**العائلة**
Sous famille	*Apioideae*	**تحت العائلة**
Tribu	*Dauceae*	**القبيلة**
Genre	*Daucus*	**الجنس**

(Pimenov and Leonov, 1993)

٢-٤-الجزر في سورية:

تُعد سورية موطناً أصلياً ومركزاً لنشوء الكثير من الموارد الوراثية النباتية (الأنواع البرية والمزروعة) في العالم وذلك بسبب تنوع النظم البيئية والظروف المناخية (Zohary, 1973) وفيما يتعلق بجنس *Daucus*، تُعد سورية مركزاً للتنوع (Al-Safadi, 2008) وعلى الرغم من أن الجزر (*Daucus carrota L*) يأتي من جنوب آسيا الوسطى، إلا أن معظم الأنواع الأخرى من جنس *Daucus* نشأت حول البحر الأبيض المتوسط (Peterson, 1986).

تتمتع سورية بمناخ ملائم وتربة خصبة تساعد في نمو محصول الجزر حيث تنتشر زراعته على نطاق واسع في معظم مناطقها وعلى ارتفاعات تتراوح بين مستوى سطح البحر إلى ١٨٠٠م، حيث نجده بكثافة عالية في خط الساحل وبكثافة متوسطة في جبل السويداء في الجنوب(Al-Safadi, 2008).

يشكل إنتاج الجزر في سورية جزءاً مهماً من القطاع الزراعي في البلاد، ووفقاً لإحصائيات منظمة الأغذية والزراعة العالمية للأمم المتحدة لعام ٢٠١٩، تحتل سورية المرتبة التاسعة عربياً والمركز ٧٧ عالمياً بإنتاج الجزر الذي يصل إلى ١٩,٨٧٥ طن في السنة (FAO, 2019)، وبالنسبة للجزر الأسود بشكل خاص لا تتوفر بيانات عن كمية الإنتاج والمساحة المزروعة، ويعزى ذلك إلى قلة إنتاجه بشكل عام في سورية واقتصار زراعته على بعض الأماكن الخاصة المزروعة وفق رغبة مالكها لأغراض تجارية.

٢-٥-الجزر الأسود (*Daucus carota L. ssp. sativus var. atrorubens Alef*):

حظي الجزر الأسود في السنوات الأخيرة باهتمام كبير في المجال العلمي حيث تمت دراسته لفوائده الغذائية والتكنولوجية والطبية الكبيرة، وهو خضار جذري يوجد في جميع دول آسيا ودول شرق البحر الأبيض المتوسط ولا يزال يُزرع ويُستهلك في الهند وأفغانستان وباكستان والشرق الأقصى. سُجل استخدام الجزر الأسود منذ العصر النيوليثي (العصر الحجري الحديث ٤٥٠٠-٩٠٠٠ قبل الميلاد)

(Akhtar *et al.*, 2017) ووفقاً لـ Rodriguez–Concepcion وStange (٢٠١٣)، تم استخدام الجزر الأسود لتدجين الجزر وذلك للحد من المرارة وزيادة الحلاوة وتقليل النواة الخشنة.

تكمن الميزة الرئيسة للجزر الأسود في لونه الأرجواني الغامق الجذاب الناتج من وجود صبغة الأنثوسيانين في الأجزاء الخارجية له (Wrolstad, 2004) وهي عبارة عن صبغات طبيعية تصل حتى ٣٥٠مغ/١٠٠غ من الجزر وبذلك يمكن أن يكون الجزر الأسود بديلاً واعداً للملونات الاصطناعية في الوقت الحالي وذلك كملون طبيعي بمعايير جودة استثنائية بسبب استقراره العالي بالنسبة لدرجة الحموضة وتغيرات درجات الحرارة والضوء (Sadilova *et al.*, 2007).

يلعب الجزر الأسود دوراً مهماً في تغذية الإنسان لاحتوائه على مجموعة متنوعة من المكونات الغذائية المعززة للصحة مثل المركبات الفينولية والبولي أسيتيلين وحمض الأسكوربيك والعديد من المنتجات الفعالة التي تظهر تأثيرات صحية مفيدة ومتنوعة مثل: الحد من مخاطر السكتة الدماغية، والحد من مخاطر أمراض القلب التاجية، والخصائص المضادة للأورام، والتأثيرات المضادة للالتهابات وغيرها (Netzel *et al.*, 2007).

من الميزات الإضافية للجزر الأسود أن الفينولات ليست من أنواع التانين، مما يمكننا من إثراء المنتجات بالجزر الأسود لتحسين جودتها الوظيفية دون أن تضفي أي مرارة أو طعم قابض على المنتج (Khandare, 2008).

يتم استهلاك الجزر الأسود طازجاً ومصنعاً كعصائر ومركزت وتوابل، بينما يتم استخدام مستخلصه في تلوين وتدعيم العديد من المنتجات الغذائية بما في ذلك العصائر والمشروبات الغازية والكعك والخبز والحلويات والآيس كريم وغيرها. في تركيا، يستخدم الجزر الأسود أيضاً لصنع "الشلغم"، وهو عبارة عن مشروب مخمر تقليدي (Tanriseven *et al.*, 2020)، وقد أظهرت المستخلصات الكحولية للجزر الأسود نشاطاً مضاداً للبكتيريا ضد مسببات الأمراض المنقولة بالأغذية بما في ذلك *Bacillus cereus* و*Staphylococcus aureus* (Güler *et al.*, 2015).

٢-٦-التركيب الكيميائي للجزر الأسود:

يحتوي الجزر الأسود على رطوبة عالية نسبياً ما يقارب ٨٨%، و١% بروتين، و٧% كربوهيدرات، و٠.٢% دهون، و٣% ألياف (USDA, 2015). يُعد مصدراً غنياً للفيتامينات المتعددة مثل النياسين والثيامين والريبوفلافين وحمض الأسكوربيك، وكذلك المعادن مثل الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والمغنزيوم والحديد والزنك، وبالنسبة للكاروتينات في الجزر الأسود فهي موجودة بشكل منخفض للغاية (Pandey and Grover, 2020).

يمكن أن تختلف نسبة الكربوهيدرات والألياف الغذائية في الجزر الأسود تبعاً للصنف، حيث أفاد (Geetha *et al.*, 2024) أن ٧% من الكربوهيدرات عبارة عن سكريات بسيطة مثل السكروز والغلوكوز والفركتوز، والجزء الأكبر من إجمالي الألياف الغذائية (٥٠% إلى ٩٢%) يتكون من السيليلوز والهيمي سيلولوز ويوجد حوالي ٤% من اللغنين.

يعتمد التركيب الكيميائي للجزر الأسود على الصنف، والموسم، وإدارة الإنتاج، والظروف البيئية، وظروف التداول والتخزين بعد الحصاد. يمكن أن تؤثر عملية الطهي في المحتويات الغذائية وكذلك على التوافر الحيوي لها (Char, 2017).

٢-٦-١-فيتامينC (حمض الأسكوربيك) في الجزر الأسود:

يُصنّف فيتامين C والمعروف أيضاً باسم حمض الأسكوربيك ضمن الفيتامينات الذائبة في الماء والذي يصنع في الكبد ابتداءً من الغلوكوز عند أغلب الثدييات باستثناء الإنسان(Nishikimi *et al.*, 1994) وهو مضاد أكسدة غير مستقر، ويمكن أن يتحطم بأكسجين الهواء والأوساط القلوية ودرجات الحرارة العالية (Klopotek *et al.*, 2005)، وهو من المغذيات الهامة، فهو ضروري لاصطناع الكولاجين (Voća *et al.*, 2009)، ويساعد في الحفاظ على صحة الجلد واللثة والأوعية الدموية، ويخفض مستوى الكولسترول في بلازما الدم، كما أن الأغذية الغنية بفيتامين C تقلل من

مخاطر سرطان القناة الهضمية إضافة إلى أنها تعزز نظام المناعة(Mešči ć Macan *et al.*, 2019).

يُعدّ الجزر الأسود مصدراً غنياً بحمض الأسكوربيك، المعروف أيضاً باسم فيتامين C وقامت العديد من الدراسات بدراسة محتوى حمض الأسكوربيك في الجزر الأسود، على سبيل المثال، وجدت دراسة نشرت في مجلة تركيب وتحليل الأغذية أن الجزر الأسود يحتوي على كمية أعلى من حمض الأسكوربيك مقارنة بالجزر البرتقالي، بمتوسط حوالي ١٣.٨٦مغ/١٠٠غ وزن طازج مقارنة بـ ٧.٤٨ مغ/١٠٠غ وزن طازج للجزر البرتقالي (Kumar and Kumar, 2011)، بينما كانت كمية حمض الأسكوربيك في الجزر الأسود في النشرة الصادرة عن وزارة الزراعة في الولايات المتحدة الأمريكية حوالي ١.٦٨ مغ/١٠٠غ وزن طازج (Zadernowski *et al.*, 2010).

في دراسة أخرى، تراوح محتوى حمض الأسكوربيك في الجزر الأصفر من ١.٨ إلى ٢.٣٤ مغ/١٠٠غ، ولوحظ وجود محتوى أعلى بثلاث مرات تقريباً في الجزر الأسود حوالي ٧.٧مغ/١٠٠غ (Khandare, 2008).

بحثت دراسة أخرى نشرت في المجلة الدولية لعلوم الأغذية في تأثير طرائق المعالجة المختلفة في محتوى حمض الأسكوربيك في الجزر الأسود ووجدت الدراسة أن عملية السلق بدرجة الغليان كان لها تأثيراً كبيراً في محتوى حمض الأسكوربيك في الجزر الأسود، حيث يحتفظ الجزر المقشر بحمض الأسكوربيك أكثر من الجزر المسلوق (Mangaraj *et al.*, 2015).

يمكن أن يتأثر استقرار فيتامين C في الجزر بعوامل من مرحلة ما قبل الحصاد (بما في ذلك الأصناف والظروف البيئية) إلى الحصاد ومرحلة ما بعد الحصاد. يزداد إجمالي محتوى فيتامين C في أنسجة النبات تحت كثافة أشعة الشمس العالية، وقد وُجد أن تركيز فيتامين C يتناقص مع تأخير الحصاد (Leong and Oey, 2012).

٢—٦-٢-المركبات الفينولية في الجزر الأسود:

تُعرّف المركبات الفينولية بأنها مشتقات غير آزوتية تحتوي في هيكلها البنيوي واحدة أو أكثر من الحلقات العطرية (بنزن) مرتبطة بمجموعة واحدة أو أكثر من مجاميع الهيدروكسيل بالإضافة إلى مجاميع الأستر والكربوكسيل وكذلك الميثيل (Vermerris and Nicholson, 2007).

يستند تصنيف المركبات الفينولية على:

١. عدد مجموعات الهيدروكسيل.

٢. التركيب الكيميائي: أحادية، ثنائية ومتعددة الفينولات.

٣. بدائل في الهيكل الكربوني: عدد الحلقات وذرات الكربون في السلسلة الجانبية.

مما يجعلها تنقسم إلى فينولات بسيطة كالأحماض البسيطة والكومارينات وإلى متعددات الفينول مثل الفلافونيدات، التانينات واللغنين (Apak *et al.*, 2007).

أما الأحماض الفينولية فهي مركبات غير فلافونويدية تحتوي على مجموعة وظيفية واحدة من حمض الكربوكسيل. يمكن تصنيفها إلى مجموعتين فرعيتين، على أساس تركيبها الكيميائي وهما أحماض الهيدروكسيسينناميك والهيدروكسي بنزويك (Pandey and Grover, 2020).

يُعدّ الجزر الأسود مصدراً غنياً للمركبات الفينولية (تتراوح من ٣١.٩ إلى ٢٩٠.٠ مغ GAE/ 100غ وزن طازج)، حيث تم العثور على غالبية الفينولات في شكل قابل للذوبان أو حر في النمط الجيني للجزر الأسود، ويتميز بغناه بالأحماض الفينولية وكان الحمض الفينولي السائد هو حمض (5-O-caffeoylquinic acid) وهو إستر من حمض الكافيين وحمض الكينيك إلى جانب أربعين حمضاً فينولياً آخراً (Singh *et al.*, 2018a). بالإضافة إلى ذلك، تم الإبلاغ عن العديد من مشتقات حمض الهيدروكسي بنزويك، حمض الفيروليك، حمض الكوماريك، مشتقات حمض الكافيين، بولي أسيتيلين، فالكاريندیول، فالكارنيديول- ٣ أسيتات في الجزر الأسود من قبل (Kumar *et al.*, 2019).

أما من حيث محتوى حمض الكلوروجينيك الذي يمثل ٣٠% من إجمالي الفينولات الموجودة فقد أظهر الجزر الأسود أعلى مستوى بين الأنماط الجينية بالمقارنة مع أصناف الجزر الأخرى (Blando *et al.*, 2021). بينت العديد من الدراسات أن جذور الجزر الأسود أظهرت كمية أعلى بكثير من المحتوى الفينولي مقارنة بالخضروات الجذرية الملونة الأخرى (Koley *et al.*, 2014). أفاد (Kumar *et al.*, 2019) أن الكمية العالية من المركبات الفينولية الموجودة في الجزر الأسود تُمكّن من استخدامه كغذاء وظيفي لمنع أو علاج مجموعة متنوعة من اضطرابات نمط الحياة.

٢-٦-٣-الفلافونويدات في الجزر الأسود:

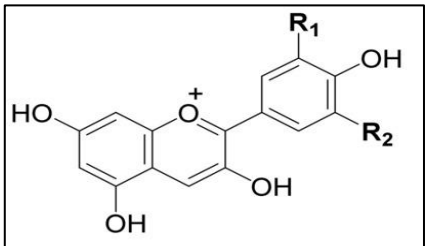
هي مركبات فينولية واسعة الانتشار في النباتات وخاصة الراقية منها، ذات وزن جزيئي منخفض، لها دور حيوي في التركيب الضوئي، حماية النباتات من الميكروبات ومقاومة الأمراض عند الإنسان (Beecher, 2003)، اشتق اسمها من الكلمة اللاتينية Flavus وتعني اللون الأصفر فهي المسؤولة عن وجود الألوان في الأزهار والفاكهة وأحياناً الأوراق (Bouheroum, 2007).

توافرت العديد من الأدلة على إمكانية امتصاص مركبات الفلافونويد في جسم الإنسان بكميات كافية لممارسة عملها كمضادات أكسدة في الجسم الحي (Aung *et al.*, 2003). يبلغ متوسط محتوى الفلافونويد في الجزر الأسود حوالي ٩٤.٣٨ مغ/100غ من الوزن الطازج ومن المثير للاهتمام أن الخضروات عادةً ما تكون منخفضة في المحتوى من الفلافونويد، مقارنة بالفاكهة، ولكن إجمالي محتوى الفلافونويد الموجود في الجزر الأسود مماثل لتلك الموجودة في بعض الفاكهة (Khandare, 2008).

٢-٦-٤-الأنثوسيانينات في الجزر الأسود:

هي عبارة عن مركبات فلافونويدية، بشكل جزيئات قطبية ذات مجاميع (هيدروكسيل) و(كربوكسيل) و(ميتوكسيل) و(غليكوكسيل) مرتبطة بحلقات عطرية، تملك حلقة كربونية (C) تحوي على أكسجين رباعي التكافؤ، ورابطتين مزدوجتين الأولى بين C1 وC2 والثانية بين C3 وC4 (Rice-Evans *et al.*, 1996) والموضحة في الشكل (١)، لها القابلية على الذوبان في الماء بدرجة

أفضل من ذوبانها في المحاليل غير القطبية، لذلك امتازت بسهولة استخلاصها وفصلها من النباتات المختلفة (Harborne and Grayer, 1988)، وهي ملونات طبيعية توجد في مختلف أنسجة النباتات (سيقان، جذور، ثمار، أوراق وأزهار) مسؤولة عن اللون البرتقالي، الوردي، الأحمر، الأرجواني والأزرق للعديد من الثمار والخضروات والحبوب والأزهار (Jackman and Smith, 1996)، ونظراً إلى خاصية هذه الصبغة في تغيير لونها بسبب اختلاف الرقم الهيدروجيني (pH) لكل منها، فلونها الأحمر والبنفسجي والأزرق يظهر بوضوح في الأوساط الحامضية (pH<6) والحامضية الضعيفة (6<pH<7) والقاعدية (pH>7) على الترتيب (Vukosavljević *et al.*, 2003)، لذلك فقد تم استخدام هذه الصبغة دليلاً للكشف عن الرقم الهيدروجيني للعديد من المواد الكيميائية (Chigurupati *et al.*, 2002)، ومن خصائص هذه الصبغة أنها عديمة الرائحة والطعم (Lebling and Pepperdine, 2006) وغير سامة (Zhou *et al.*, 2011)، كما أنها ذات فاعلية مضادة للأكسدة والسرطان والالتهابات (Rossi *et al.*, 2003).



R1	R2	Anthocyanidin
H	H	Pelargonidin
OH	H	Cyanidin
OH	OH	Delphinidin
OH	OCH3	Petunidin
OCH3	H	Peonidin
OCH3	OCH3	Malvidin

الشكل١؛ الصيغة العامة للأنثوسيانينات

(Rice-Evans *et al.*, 1996)

تحتوي جميع الصبغات على مجموعتين أساسيتين، هما: مجموعة ذرية مرتبطة باللون تدعى حاملات اللون (Chromophores) وتكون عديمة اللون، ومجموعة لها القابلية على ربط المركبات

الكيميائية للصبغات مع الأنسجة وتعرف بماسكات اللون (Auxochromes) ووظيفتها تعزيز وتكثيف وتعميق اللون (Bancroft and Gamble, 2008)، وقد تبين أن صبغة الأنثوسيانين تمتلك هاتين المجموعتين مما يجعلها تحافظ، وبنجاح، على ثباتية الألوان التي تمتاز بها(Dangles *et al.*, 1993) ومن أكثر المصادر التجارية شيوعاً لهذه الصبغة (E163)، مستخلص قشرة العنب، والملفوف الأحمر، والتوت، والكرز، والخوخ، الجزر الأسود والبطاطا البنفسجية (Riaz *et al.*, 2016).

تُعدّ الأنثوسيانينات كما هو الحال في الفينولات الأخرى كابحات فعالة للجذور الحرة، وبسبب خصائصها الفيزيولوجية المتعددة فإن استهلاك الأنثوسيانينات يلعب دوراً في حماية أنظمة الحياة المرتبطة بالأمراض كالسرطان، السكري، وأمراض القلب الإكليلية والأمراض العصبية (Konczak and Zhang, 2004).

يُعدّ مركب الأنثوسيانين المسؤول عن لون الجزر الأسود، ويمثل وحده حوالي ٥٠% من إجمالي الفينولات في الجزر الأسود (Wallace and Giusti, 2008)، حيث يقدر إجمالي محتوى الأنثوسيانين في الجزر الأسود بما يصل إلى ٣٥٠ مغ/١٠٠ غ من الجزر، ويمكن أن يختلف محتوى الأنثوسيانين في الجزر الأسود بشكل كبير بين الأصناف المختلفة وحتى داخل صنف الجزر نفسه على أساس شدة اللون في جذور الجزر الأسود (Kammerer *et al.*, 2004).

تظهر مركبات الأنثوسيانين في الجزر الأسود ظلالاً حمراء جذابة قريبة من FD&C Red 40 (Allura Red) حيث أنه يضفي ظلاً أحمراً خوخياً جذاباً في الأوساط الحمضية (Giusti and Wrolstad, 2003).

يكون الأنثوسيانين في الجزر الأسود مسيلاً بأحماض الفيروليك، وهيدروكسي بنزويك، كوماريك، وسينابيك ولذلك فهو أكثر استقراراً عند تعرضه للضوء ودرجة الحموضة (٣-٥) والإماهة (Malien-Aubert *et al.*, 2001; Stintzing *et al.*, 2002)، كما وجدت بعض الدراسات أن أكثر من نصف الأنثوسيانين الموجود في الجزر الأسود له هيكل مؤسيل(Acetylated structure)،

مع كون (cyanidin-3-xylosyl- feruloyl-glucosyl-galactoside) السيانيدين -٣ زيلوسيل - فيرولويل - غلوكوسيل - غالاكتوزيد هو الأنثوسيانين الأكثر انتشاراً (Kamiloglu *et al.*, 2018).

تساهم الخصائص الهيكلية للأنثوسيانين المستخلص من الجزر الأسود في استقراره بشكل أفضل من المستخلص من مصادر أخرى، كالعنب على سبيل المثال (Kammerer *et al.*, 2004).

تُستخدم ألوان مستخلص الجزر الأسود على نطاق واسع لتوفير اللون الأحمر والأرجواني للعديد من الأطعمة الحمضية والمشروبات الغازية والحلويات والمعلبات (Kırca *et al.*, 2006).

قام العديد من العلماء بتحسين استخلاص صبغة الأنثوسيانين من الجزر الأسود، وأفادوا أن الرقم الهيدروجيني المنخفض ودرجة الحرارة المرتفعة هما أفضل تقنية لأقصى قدر من استخلاص الأنثوسيانين عند الإنتاج على نطاق واسع (Guldiken *et al.*, 2016).

درس (Kammerer *et al.*, 2004) محتوى الأنثوسيانين في الجزر الأسود وقام بتقييم خصائص التلوين الخاصة به تحت درجات الحموضة المختلفة، وأشاروا إلى أنه يمكن استخدام الأنثوسيانين في الجزر الأسود كملونات غذائية طبيعية حتى للأطعمة منخفضة الحموضة.

٢-٧-خصائص الجزر الأسود المعززة للصحة:

٢-٧-١-خصائص مضادة للأكسدة:

ثبت أن الجزر الأسود يحتوي على عدد كبير من مضادات الأكسدة التي تعمل على منع تفاعل الأكسدة المتسلسل في الجسم، والذي لديه القدرة على إيذاء الخلايا وذلك كما أفاد العديد من الباحثين في دراساتهم (Kamiloglu *et al.*, 2016; Kammerer *et al.*, 2004; Khandare, 2008)، وقام (Day *et al.*, 2009) بمقارنة القدرة المضادة للأكسدة للجزر الأسود مع الفاكهة الطازجة مثل الكرز والفريز والتوت والبطاطا الحلوة، وكشفت النتائج أن للجزر الأسود قدرة مكافئة متساوية مع القدرة المضادة للأكسدة للتوت الأزرق والذي أظهر أعلى نشاط مضاد للأكسدة بين جميع

الفاكهة والخضروات المقارنة، كما أفاد (Algarra *et al.*, 2014) امتلاك الجزر الأسود قدرة مضادة للأكسدة أعلى بكثير من الجزر البرتقالي.

٢-٧-٢-الدور الوقائي للجزر الأسود في الاضطرابات الأيضية:

أوضح (Park *et al.*, 2015) عن التأثير الإيجابي لمستخلص الجزر الأسود في الوقاية من الأمراض الناتجة عن الاضطرابات الأيضية للكربوهيدرات والدهون والطاقة. مع ذلك أظهر (Wright *et al.*, 2013) أن تناول المكملات المحتوية على مسحوق الجزر الأسود (١١٨.٥ مغ/ يوم من الأنثوسيانين و٢٥٩.٢ مغ/ يوم من الأحماض الفينولية) لمدة ٤ أسابيع لـ ١٦ شخصاً، لم يكن له تأثير كبير في كتلة الجسم وتكوينه ومجموع الكوليسترول وضغط الدم. من ناحية أخرى، في تجربة على الفئران، أفاد (Poudyal *et al.*, 2010) عن دمج عصير الجزر الأسود بمستوى ٥% في النظام الغذائي للفئران (التي تتغذى على نظام غذائي عالي الكربوهيدرات والدهون)، مما أدى إلى تحسن كبير في تحمل الغلوكوز، وتقليل خطر السمنة في منطقة البطن، ودهون البلازما، وضغط الدم الانقباضي، تليف القلب والتنكس الدهني للكبد والتهابه. تفيد التقارير أن الأنثوسيانين الموجود في الجزر الأسود هو المسؤول عن هذه التأثيرات الأيضية المحسنة، كما وُجد أن المركبات النشطة بيولوجياً في الجزر الأسود تقلل من أمراض القلب والأوعية الدموية عن طريق خفض مستويات الكوليسترول والغلوكوز في الدم (Akhtar *et al.*, 2017).

٢-٧-٣-التأثير المضاد للالتهابات:

وُجد أن المركبات الفينولية لمستخلص الجزر الأسود لها تأثير كبير في تقليل الالتهاب عن طريق تثبيط المسارات الالتهابية وذلك وفقاً للدراسة التي أجراها (Pandey and Grover, 2020)، وكانت هناك العديد من الدراسات السريرية التي أثبتت التأثير المضاد للالتهابات لمستخلص الجزر الأسود في الأنظمة المخبرية وفي الجسم الحي (Kamiloglu *et al.*, 2015a).

يحتوي الجزر الأسود أيضاً على مركبات البولي أسيتيلين، والتي ثبت أنها تمنع إنتاج ثنائي أكسيد النيتروجين في الخلايا البلعمية بنسبة ٦٥% ولذلك، يمكن اقتراح أن الخصائص المضادة للالتهابات للجزر الأسود قد تعزى أيضاً إلى محتواه من البولي أسيتيلين (Metzger *et al.*, 2008).

٢-٧-٤-الدور الوقائي للجزر الأسود في مرض السرطان:

يُظهر مستخلص الجزر الأسود خصائص مضادة للسرطان وفقًا لـ (Saleem *et al.*, 2018) وهي نتيجة دَعَمها أبحاث أخرى وجدت أن أنثوسيانين الجزر الأسود يمتلك خصائص مضادة للسرطان (Lin *et al.*, 2017).

أثبت (Jing *et al.*, 2008) أن المستخلصات الإيثانولية من أنثوسيانين الجزر الأسود تمتلك خصائص مضادة للتكاثر ضد أنواع الخلايا السرطانية المختلفة، والتي يمكن استخدامها لعلاج سرطان الثدي وسرطان البروستات والقولون. وفي دراسة أخرى وُجد أن المسحوق المجفد من مستخلص الجزر الأسود يمنع نمو الخلايا السرطانية من نوع HT-29 وHL-60 (Netzel *et al.*, 2007).

في دراسة أجراها (Pala *et al.*, 2017) تبين أن الأنثوسيانين كان له تأثيراً استثنائياً مضاداً للورم الأرومي العصبي.

٢-٧-٥-الدور الوقائي للجزر الأسود في مرض السكري:

تعد المستويات المنخفضة للأنسولين أو فقدان امتصاصه على مستوى الأنسجة من الأسباب المعروفة لزيادة تركيز الغلوكوز في الدم. من ناحية أخرى، فإن مضادات الأكسدة الغذائية، بما في ذلك الأنثوسيانين، لديها القدرة على حماية خلايا بيتا البنكرياسية من الإجهاد التأكسدي الناجم عن الغلوكوز (Al-Awwadi *et al.*, 2005).

تفشل الأدوية الكيميائية في التحكم في مستويات الغلوكوز الطبيعية في الدم وقد تؤثر سلباً في قدرة خلايا بيتا على إفراز مستوى ثابت من الأنسولين مما يؤدي إلى زيادة الوزن وبناءً على ذلك، هناك حاجة ملحة للغاية لاستبدال الأدوية الاصطناعية بالمنتجات الطبيعية للوقاية من الأمراض وعلاجها.

تتوفر دراسات عديدة تبين الدور المحتمل للبوليفينول المتوفر في الفاكهة والخضروات في تقليل خطر الإصابة بالنوع الثاني من مرض السكري (Anderson, 2008). علاوة على ذلك، وجد الباحثون أن استهلاك نظام غذائي منخفض الدهون وغني بمضادات الأكسدة قد يقلل من خطر مقاومة الأنسولين (Blakely *et al.*, 2003).

٢-٧-٦-الدور الوقائي للجزر الأسود ضد أمراض القلب والأوعية الدموية:

تعد أمراض القلب والأوعية الدموية سبباً رئيساً للوفيات في جميع أنحاء العالم ووفقاً للإحصاءات، من بين ١٧.٣ مليون حالة وفاة في عام ٢٠٠١، كان ٣٠% منها مرتبطاً بأمراض القلب والأوعية الدموية (Ohira and Iso, 2013).

ارتبط استهلاك الجزر الأسود، كونه مصدراً محتملاً للألياف والبوليفينول، بانخفاض خطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية لأن المكونات النشطة بيولوجياً الموجودة فيه تمتلك القدرة على ربط جزيئات مثل الكوليسترول والغلوكوز وتقليل توافر هذه الأجزاء غير المرغوب فيها في الجسم (Akhtar *et al.*, 2017).

٢-٧-٧-تأثير مضاد للسمنة:

تُعدّ السمنة وباءً يؤثر في فئة سكانية كبيرة في جميع أنحاء العالم ويواجه المجتمع العالمي تحدياً لمكافحة السمنة وعوامل الخطر المرتبطة بها مثل داء السكري وأمراض القلب التاجية وأشكال معينة من السرطان واضطرابات التنفس أثناء النوم (Kopelman, 2000).

تتمتع الخضروات والفاكهة بالقدرة على توفير الحماية ضد عدد لا يحصى من الأمراض بما في ذلك السمنة لكونها مصدراً جيداً للمواد الكيميائية النباتية. في نفس السياق، وجد (Tsuda *et al.*, 2004) أن الأنثوسيانين يتمتع بميزة علاجية فريدة وله أيضاً آثار مهمة للوقاية من السمنة ومرض السكري.

في دراسة أخرى أجراها (Park *et al.*, 2016) وُجد أن السيانيدين والمالفيدين الموجودين في المستخلصات المائية للجزر الأسود المخمر مع *Aspergillus oryzae* يمنعان أعراض انقطاع الطمث، بما في ذلك ضعف الطاقة والغلوكوز واستقلاب الدهون في الحيوانات التي تعاني من نقص هرمون الاستروجين مع السمنة الناجمة عن خلل النظام الغذائي. بالإضافة إلى ذلك، خفضت هذه المركبات بشكل ملحوظ مستويات الدهون الثلاثية الكبدية.

٢-٨-تأثير عمليات التصنيع في محتوى الجزر الأسود من مضادات الأكسدة:

يرغب الناس بشكل عام تناول الخضروات والفاكهة الطازجة بسبب فوائدها المميزة ومع ذلك قد لا يحصل المستهلكون على احتياجاتهم من الخضروات الطازجة بسبب توافرها في مواسم معينة وكونها شديدة التلف بطبيعتها (٧٠-٩٠% من المحتوى المائي)، ولذلك سيختار المستهلكون منتجات الخضروات الجاهزة والمصنعة والمعاملة بحد أدنى من العمليات التصنيعية والهدف منها هو الحفاظ على نضارة المنتج بأقل تأثير ممكن في قيمته الغذائية وإطالة مدة حفظه (Santosa *et al.*, 2016)، ومع ذلك، فإن ظروف التصنيع هذه تؤثر بشكل كبير في التركيب الكيميائي النباتي، الذي تمت دراسته على نطاق واسع (Kamiloglu *et al.*, 2015b; Khandare *et al.*, 2011) وأثناء تحويل المنتجات الزراعية إلى منتجات غذائية، يتم استخدام عمليات تصنيع مختلفة وتشمل هذه العمليات الغسيل، والتقشير، والسحق وتقليل الحجم، وفصل العصير، والسلق، والمعاملات الحرارية، والتركيزات (التركيز الحراري، وتركيز الغشاء)، وعمليات التعبئة والتغليف (التعليب والتعقيم) والتخزين وغيرها من العمليات اللازمة للوصول إلى منتج غذائي جاهز للاستهلاك (Heldman *et al.*, 1997).

يمكن أن يكون لطرائق التصنيع المختلفة تأثيرات ملحوظة في مضادات الأكسدة في الفاكهة والخضروات سواءً من ناحية فقدانها أو حتى اكتسابها ويرتبط ذلك بالطبيعة الدقيقة للعمليات التصنيعية المطبقة وظروفها، وتنوع/مصدر المواد الغذائية المستخدمة، والخصائص الكيميائية الحيوية لمضادات الأكسدة نفسها (Arfaoui, 2021).

يتم التركيز بشكل خاص على تأثيرات المعالجة الحرارية وغير الحرارية في تركيبة الغذاء وكذلك التوافر البيولوجي لمضادات الأكسدة الغذائية المختلفة لأنهما العاملان الأكثر تأثيراً في تحديد الجودة النهائية للمنتج (Yuste *et al.*, 2020).

تتضمن خطوات التصنيع اللازمة للحصول على منتج معين خطوة أو أكثر من خطوات المعاملة الحرارية ويمكن أن تشمل هذه الخطوات التجفيف والسلق والغليان والبسترة والتركيز وما إلى ذلك حيث يتم استخدام هذه المعاملات لأسباب محددة مثل تعطيل الكائنات الحية الدقيقة أو الإنزيمات، لتقليل المحتوى المائي وبالتالي تركيز المنتج، أو على سبيل المثال، لتليين المواد من أجل تسهيل فصل لب الفاكهة/الخضروات عن القشرة (Toydemir *et al.*, 2022).

يعمل التسخين على تمزيق جدران الخلايا ويؤدي إلى إطلاق الفينولات المرتبطة بالأغشية وبالتالي تعزيز استخلاصها. مع ذلك، في الوقت نفسه، تؤدي الزيادة في درجة الحرارة إلى التحلل الحراري وأكسدة المركبات الفينولية الأكثر حساسية (Minatel *et al.*, 2017)، ويساهم ذلك في تفسير النتائج المتناقضة للتغيرات في قيمة المركبات الفينولية تحت المعاملات الحرارية المختلفة المطبقة على العديد من النباتات في دراسات سابقة (Garzoli *et al.*, 2020; Musilova *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019).

من المحتمل أن تؤثر المعاملات غير الحرارية التي يتم تطبيقها في تصنيع الأغذية، مثل التقطيع والمجانسة والتقشير والطحن وغيرها في خصائص مضادات الأكسدة في المنتجات الغذائية (Khan *et al.*, 2018)، حيث أدى إلغاء التقشير قبل التصنيع إلى تعزيز المحتوى الفينولي للخوخ والجزر بشكل كبير (Talcott *et al.*, 2000).

وثقت الدراسات السابقة آثار طرائق استخلاص العصير في جودة العصائر الناتجة، ففي دراسة أجراها (Kim *et al.*, 2017) قارن فيها القيمة الغذائية لعصير العنب المحضر بثلاث طرق منزلية مختلفة: عصارة منخفضة السرعة، وعصارة طرد مركزي عالية السرعة، وخلاط. وجد أن العصير

المستخرج بواسطة العصارة ذات السرعة المنخفضة يتمتع بجودة غذائية أعلى من النوعين الآخرين، كما أن المعالجة بإنزيم البكتين ساهمت بشكل كبير في تعزيز الخصائص المضادة للأكسدة لعصير الجزر الأسود، وزيادة إنتاج العصير، ومحتوى الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية وزاد محتوى الأنثوسيانين في عصير الجزر الأسود بمقدار يقارب ضعفين (Khandare *et al.*, 2011). ورد أيضاً أن إزالة البكتين والمعالجة بالبنتونيت كان لها تأثير إيجابي في لون عصير الجزر الأسود (Türkyılmaz *et al.*, 2012).

على الرغم من أن عمليات التصنيع بشكل عام تؤدي إلى تحلل الأنثوسيانين والمركبات الفينولية، إلا أنه في الجزر الأسود، تم الإبلاغ عن أن ثبات الأنثوسيانين والفينولات الأخرى في درجة الحرارة ودرجة الحموضة أعلى بكثير من الأنثوسيانين الموجود في البطاطا الأرجوانية والعنب (Reyes and Cisneros-Zevallos, 2007)، وكان ثبات الأنثوسيانين في عصير الجزر الأسود أعلى بكثير من عصائر الفريز ويمكن أن يعزى الثبات العالي للأنثوسيانين في الجزر الأسود إلى ارتفاع نسبة الأنثوسيانين المؤسيل (Sadilova *et al.*, 2007).

٢-٩-عصير الجزر الأسود المبستر:

تعد البسترة شكلاً معتدلاً من أشكال المعالجة الحرارية التي تستخدم درجات حرارة أقل من ١٠٠°م للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة الممرضة وتعطيل الإنزيمات لمنع الأمراض المنقولة بالغذاء ولإطالة مدة صلاحيته وفي حين أن هذه الطريقة فعالة في التخلص من البكتيريا المسببة للأمراض والخمائر والعفن، فإن درجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى تغيرات كيميائية وفيزيائية، وتغيير الخصائص الحسية وتقليل محتوى أو قابلية استخلاص بعض المواد الكيميائية النباتية (Rawson *et al.*, 2011). على سبيل المثال، تبين أن البسترة تقلل من إجمالي محتوى الفينول، وفيتامين C، وإجمالي الأنثوسيانين، والكاروتينات في مختلف الفاكهة والعصائر (Zepka *et al.*, 2009).

يتم استخدام البسترة الحرارية بنجاح لتعطيل إنزيمات عصير الفاكهة والخضروات مثل البولي فينول أكسيديز (PPO)، والليبو أكسيجيناز (LOX)، والبيروكسيديز (POD)، والبكتين ميتيل إستراز (PME)، المسؤولة عن تدهور الجودة (Lewis and Heppell, 2000).

في إحدى الدراسات التي أُجريت على عصير الجزر الأسود كان للبسترة تأثيراً عكسياً فكانت هناك زيادات تتراوح بين ١.١ إلى ٢.٣ أضعاف في إجمالي المحتوى من الفينولات والأنثوسيانينات بينما لم يكن للبسترة أي تأثير كبير في الرقم الهيدروجيني والحموضة القابلة للمعايرة لعينات العصير (Dereli *et al.*, 2015).

٢-١٠-مركّز الجزر الأسود:

تسمى عملية إزالة جزء معين من المحتوى المائي الطبيعي لعصائر الفاكهة والخضروات (تركيز العصير)، ويتم تحقيق تركيز العصير بشكل أساسي عن طريق تقليل النشاط المائي لمنتج العصير الأمر الذي يطيل مدة صلاحيته بالإضافة إلى تقليل تكاليف التعبئة والتخزين والنقل، وزيادة ثباتية منتج العصير النهائي. إن اختيار طريقة تركيز عصير الفاكهة ذو أهمية كبيرة لأن الطريقة المستخدمة في عملية التركيز تحدد جودة المنتج النهائي مثل النكهة، اللون، الرائحة والمظهر (Yousefi *et al.*, 2012).

يتم استخدام مجموعة واسعة من التقنيات لتركيز العصائر مثل: التبخير الحراري، التركيز التناضحي، التركيز بالتناضح العكسي والتركيز بالتجميد (Surin *et al.*, 2014).

يتم في طريقة التركيز تحت التفريغ تجنب ارتفاع درجة الحرارة، وتغير نكهة العصير وتغير جودة اللون الذي ينتج بسبب التأثير الحراري والوقت الطويل أثناء التركيز (Jiao *et al.*, 2004). بالرغم من ذلك وفي دراسة أجراها Suzme وآخرون (٢٠١٤) وجدوا أنه عندما تمت معالجة الجزر الأسود وتحويله إلى مركّز بواسطة المبخر الدوراني، أدى ذلك إلى تقليل إجمالي الفينولات بنسبة ٧٠%، ومجموع الفلافونويدات بنسبة ٧٣% والأنثوسيانين بنسبة ٤٤%.

٢-١١-مسحوق الجزر الأسود المجفف:

تعد طريقة التجفيف بالهواء الساخن من أكثر طرائق التجفيف الصناعية انتشاراً، حيث أنه من الممكن التحكم بظروف عملية التجفيف من حرارة ورطوبة من خلال وضع المادة في أطباق على حوامل خاصة ويُمرر على الأطباق تيار هوائي ساخن حتى وصول المادة الغذائية لمحتوى رطوبي معين (Devahastin *et al.*, 2004).

وأفاد Murali وآخرون (٢٠١٥) عن تأثير التجفيف في خصائص الجزر الأسود، عن طريق إخضاعه للمعالجة الحرارية، مما أدى إلى تدهور نسبة الأنثوسيانين.

قارن (Witrowa-Rajchert *et al.*, 2009) بين طرائق تجفيف الجزر، ولاحظوا أن التجفيف الحراري بالميكروويف والتجفيف بالتجميد أديا إلى الحد الأدنى من فقدان الأنثوسيانين مقارنة بالتجفيف الحراري في أصناف الجزر الأرجوانية والأرجوانية الداكنة على الترتيب.

٢-١٢-تأثير عملية التخزين في محتوى الجزر الأسود من مضادات الأكسدة:

تؤثر الأنواع المختلفة من عمليات تجهيز الأغذية في مضادات الأكسدة والاستقرار التأكسدي للأغذية، مما يؤدي إلى فقدان النشاط المضاد للأكسدة، والذي يحدث بسرعة أثناء التسخين أو ببطء أثناء عملية التخزين (Pokorny *et al.*, 2001).

يؤدي التخزين طويل الأجل إلى التقليل من نشاط مضادات الأكسدة في الفاكهة (Kozłowska *et al.*, 2019)، حيث أدى التخزين المجمد لفاكهة التوت على المدى الطويل (١٢ شهراً) إلى انخفاض كبير في فيتامين C والقدرة على التخلص من الجذور الحرة (De Ancos *et al.*, 2000)، وقد أدى التخزين في درجات حرارة أعلى إلى تحلل الأنثوسيانين بشكل أسرع مقارنة بالتخزين في درجات حرارة منخفضة حيث قام Lee وآخرون (٢٠١١) بتخزين شرائح الجزر الأسود عند درجات الحرارة (٢-٤٠) درجة مئوية لمدة ٤ أسابيع ولم يلاحظ أي فرق كبير في إجمالي محتوى الأنثوسيانين.

كشفت دراسة عن تخزين مركّز الجزر الأسود عند ٤ و٢٠ و٣٧ درجة مئوية أنه في التخزين البارد على درجة حرارة ٤ درجة مئوية كان محتوى مركّز الجزر الأسود من الأنثوسيانين أفضل مقارنة بالتخزين عند ٢٠-٣٧ درجة مئوية، وبينت أيضاً أن أنثوسيانين الجزر الأسود أكثر استقراراً عند درجة الـ pH الأقل من ٥ وعند درجة الحرارة الأقل(Kırca *et al.*, 2007).

وأفاد العديد من الباحثين أيضاً عن ارتفاع معدل تحلل الأنثوسيانين في الجزر الأسود عند درجات حرارة التخزين العالية (Oezen *et al.*, 2011; Türkyılmaz *et al.*, 2012).

٢-١٣-تطبيقات الجزر الأسود في المنتجات الغذائية كمادة ملونة ذات قيمة مضافة:

يعد الجزر الأسود مصدراً غنياً للمركبات النشطة بيولوجياً ويرتبط بفوائد علاجية وبالتالي فإن تسويق الجزر الأسود وتصنيعه بشكل منتجات مختلفة، مع مراعاة مزاياه الصحية والتغذوية، يعد أمراً بالغ الأهمية لتلبية احتياجات المستهلكين من المغذيات (Haq *et al.*, 2015).

يمكن زيادة استهلاك الجزر الأسود من خلال استخدامه في تكوين العديد من الأطعمة كقيمة غذائية مضافة، وبالإضافة إلى معالجة فترات توافر السلع وقابلية تلفها، ستسهم القيمة المضافة أيضاً في تحسين قيمتها الاقتصادية وفرصها في السوق (Dhiman *et al.*, 2021). عند إضافته إلى المنتج، فإن الجزر الأسود لا يعزز المحتوى الغذائي والحيوي فحسب، بل يعزز أيضاً جاذبيته البصرية باعتباره مصدراً طبيعياً مرغوباً لتلوين المنتجات كبديل طبيعي للملونات الاصطناعية.

بسبب المخاوف بشأن سلامة الألوان الاصطناعية، والتي تم حظر بعضها، كان هناك اتجاه حديث نحو استخدام الملونات الطبيعية (Giusti and Wrolstad, 2003)، كما أن الطلب على المنتجات الطبيعية بين المستهلكين يغذي هذا الاتجاه ولذلك تم استخدام الجزر الأسود (مستخلص، عصير، مركز، مسحوق) لتدعيم وتلوين المشروبات ومنتجات الألبان والمخبوزات والوجبات الخفيفة وفق التالي:

٢-١٣-١-منتجات الألبان المدعمة بالجزر الأسود:

نظراً لنكهتها الغنية وقيمتها الغذائية، يتم استهلاك منتجات الألبان على نطاق واسع وإن تدعيم هذه المنتجات بمركبات البوليفينول يمكن أن يزيد من تعزيز قيمتها الغذائية والعلاجية، وقد استخدم العديد من الباحثين الجزر الأسود كملون وكمصدر للألياف والبولي فينولات في منتجات الألبان مثل اللبن والآيس كريم (Baria *et al.*, 2021; Karaman and Ozcan, 2021)، حيث أدت إضافة مركز الجزر الأسود إلى تحسين محتوى البوليفينول ونشاط مضادات الأكسدة والمحتوى المعدني لمنتجات الألبان بشكل ملحوظ وأظهرت هذه المنتجات زيادة في محتوى الفلافونويد بمقدار ١٤-٣٤ مرة ومحتوى الأنثوسيانين بمقدار ٢٤-١١٣ مغ/١٠٠غ، وبالتالي تعزيز خصائصها الغذائية (Pandey *et al.*, 2021). بالإضافة إلى ذلك، تم تحسين خصائص لون اللبن الرائب أيضاً (زيادة مؤشر درجة الاحمرار a وانخفاض مؤشري درجة السطوع L ودرجة الاصفرار b)، مما يشبه لون الفريز. في دراسة أخرى تم تدعيم لبن العيران (مشروب تقليدي يعتمد على اللبن الرائب) بمسحوق الجزر الأسود بنجاح مما أدى إلى زيادة نشاط مضادات الأكسدة في العيران من ٤.٧ إلى ٢٢% (Say *et al.*, 2018).

٢-١٣-٢-الوجبات الخفيفة المدعمة بالجزر الأسود:

أدى خلط رقائق البطاطا بمستخلص الجزر الأسود إلى تحسن في تركيبتها الحيوية (زيادة محتوى الأنثوسيانين من ٢٢ إلى ٤٠ مغ/كغ، إلى جانب تحسين الصفات اللونية (زيادة قيم مؤشرات درجة السطوع L ودرجة الاحمرار a ودرجة الاصفرار b)، وكان المستخلص الغني بالأنثوسيانين قادراً على تثبيط نمو كل من *Salmonella* و*Shigella* في عينات رقائق البطاطا (Nath *et al.*, 2022)، وبالمثل، استخدم Rojas وآخرون (٢٠٢١) مستخلص الجزر الأسود لخلطه مع رقائق التفاح وأدى ذلك إلى تحسين خصائص اللون وزيادة محتوى الأنثوسيانين ونشاط مضادات الأكسدة.

أدى دمج مسحوق الجزر الأسود بنسبة ١٠% في تدعيم المعكرونة إلى زيادة محتوى الأنثوسيانين ونشاط مضادات الأكسدة، ومحتوى الفلافونويد. بالإضافة إلى ذلك، تم أيضاً تحسين قدرة

امتصاص الماء، وهو ما يمكن أن يعزى إلى الألياف الموجودة في مسحوق الجزر الأسود (Singh *et al.*, 2018b).

٢-١٣-٣-المشروبات المدعمة بالجزر الأسود، المربيات والمرملاد:

"الشلغم" (Shalgam) و"الكانجي" (Kanji) هي مشروبات مخمرة تقليدية مصنوعة من الجزر الأسود، حيث يتم إنتاج الشلغم في المطبخ التركي والكانجي في المطبخ الهندي والباكستاني (Büyükdinç *et al.*, 2019; Özdemir and Güldemir, 2021)، وقد وجدت إحدى الدراسات أن عصير الشلغم يثبط نمو خطوط خلايا سرطان القولون (Caco-2) بشكل ملحوظ أكثر من الجزر الأسود (Ekinci *et al.*, 2016) ويحتوي مشروب الكانجي المخمر على نسبة عالية من الفينولات (٤٠.٨ مغ/ مل)، والفلافونويدات (٣٨.١٤ مغ/مل)، وحمض الأسكوربيك (١١٠مغ/١٠٠مل) ونشاط مضاد للأكسدة (٧٩.٩٦%) (Sharma *et al.*, 2021). تم التنويه أيضاً عن أن مشروب الكانجي المتخمر يثبط نمو كل من *Shigella boydii* و*Salmonella enterica*، مما يجعله مشروباً فريداً (Manzoor *et al.*, 2021).

تعد المربيات والمرملاد المصنوعة من الجزر الأسود مصدراً ممتازاً للمركبات البوليفينولية (Kamiloglu *et al.*, 2015b).

٢-١٣-٤-المخبوزات المدعمة بالجزر الأسود:

تم استخدام الجزر الأسود لتطوير منتجات المخابز المختلفة مثل الكعك والكيك والبسكويت والمعجنات (Gölge *et al.*, 2022). في دراسة أجراها Song وآخرون (٢٠١٦) تم استخدام مسحوق الجزر الأسود لتحضير الكعكة الإسفنجية وقد وُجد أن استبدال ٦% من دقيق القمح بمسحوق الجزر كانت النسبة الأفضل في الخبز مقارنة ببدائل ٢ و٤ و٨%. بزيادة نسبة مسحوق الجزر الأسود انخفضت قيم مؤشرات درجة السطوع L ودرجة الاحمرار a ودرجة الاصفرار b. من حيث القبول الحسي، والنشاط المضاد للأكسدة والخصائص الريولوجية، كان الاستبدال بنسبة ٦% هو الأكثر قبولاً.

في دراسة أخرى، تم استخدام مسحوق تفل الجزر الأسود لتعزيز الخصائص الغذائية للكعك وأدى تدعيم دقيق الكعك بمسحوق تفل الجزر الأسود إلى زيادة نشاط مضادات الأكسدة والأحماض الفينولية والفينولات الكلية والأنثوسيانين الكلي (Kamiloglu et al., 2017). بالمثل، قام (Pekmez and Yılmaz, 2020) بتدعيم الخبز بألياف الجزر الأسود، مما أدى إلى زيادة محتوى مضادات الأكسدة وتوفير مظهر أكثر جاذبية.

٢-١٤-عملية التخليل، وإضافة الملونات الطبيعية:

تعد صناعة المخللات من الصناعات التغذوية الهامة والتي تقع تحت عنوان الحفظ بالتخمرات وهي تعتمد على التأثير الحافظ لملح الطعام وحمض اللبن والخل الناتجين عن التخمر اللاكتيكي للسكريات والتي تقوم بها بكتيريا حمض اللاكتيك اللاهوائية وتتصف المخللات بشكل عام بطعم حامضي مائل للملوحة بناءً على المواد الأولية الداخلة في التصنيع وخاصةً الأحماض العضوية والملح والخل والتوابل وبعض الأعشاب (Behera *et al.*, 2020).

نتيجة انخفاض درجة الحموضة في المخللات والتي تضمن مدة الحفظ الطويلة للمنتجات(لعدة أشهر) ومع ذلك، يعتمد ذلك بشكل أساسي على توفر ظروف تخزين جيدة، مثل درجة الحرارة المنخفضة ونقص الأشعة فوق البنفسجية (Lombardelli *et al.*, 2021).

تعد الخصائص الحسية مثل اللون والطعم والرائحة والملمس للمواد الخام والمنتجات الغذائية من محددات الجودة المهمة والعوامل الرئيسة التي تؤثر في قبولها من قبل المستهلكين. ومع ذلك، يعد اللون أحد المعلمات الرئيسة التي تحدد الاختيار النهائي للمنتج الاستهلاكي (Nowacka *et al.*, 2021).

في الوقت الحاضر، أصبحت صبغات الأغذية الطبيعية تحظى بشعبية متزايدة في صناعة المواد الغذائية وفي السنوات الأخيرة، تم إجراء الكثير من الأبحاث للحفاظ على الصبغة الطبيعية للأغذية أو لاستخراج وتثبيت الصبغات الطبيعية لتحل محل الصبغات الغذائية الاصطناعية (Rodriguez-Amaya, 2019) وبالمقارنة مع ألوان الطعام الاصطناعية، فإن الصبغات الطبيعية

أقل استقراراً، ولها تكلفة إنتاج أعلى، وقد تتفاعل مع المكونات الغذائية الأخرى، مما يشكل تحديات في استخدامها بدلاً من المضافات الاصطناعية (Rozylo, 2020) وهناك العديد من العوامل التي تقلل ثبات الصبغات الطبيعية كالعوامل البيئية، مثل درجة الحرارة والضوء ودرجة الحموضة، ووجود مواد أخرى مثل الأكسجين والإنزيمات وحمض الأسكوربيك وأيونات المعادن والمركبات الفينولية الأخرى والسكريات (Zeece, 2020)، ويعد البيتالين والكاروتينات والكلوروفيل والأنثوسيانين من أهم الصبغات الطبيعية المستخدمة في تلوين الأطعمة (Nowacka *et al.*, 2021).

يُعدّ الشوندر الأحمر (*Beta vulgaris L.*) المصدر الرئيس للبيتالين (Ribeiro and Veloso, 2021) وتنقسم صبغات البيتالين إلى البيتاسيانين والبيتاكزانثين ويعتمد تنوع واحمرار الشوندر على نسبة البيتاسيانين (اللون الأحمر البنفسجي) والبيتاكزانثين (اللون الأصفر)، ومع ذلك، يمكن أن يتواجد البيتالين في خضروات أخرى مثل السلق، وفي الفاكهة مثل الصبار والكمثرى وبعض الزهور (Rodriguez-Amaya, 2019).

تتميز صبغة البيتالين بأنها مستقرة في مجال واسع من الرقم الهيدروجيني (٣.٠-٧.٠)، مما يجعلها جيدة للتطبيقات الغذائية الحمضية (Zeece, 2020)، كما أنها تتمتع بثبات جيد في ظل الظروف المبردة (٠-٦ درجة مئوية) ويزداد ثبات البيتالين خطياً مع انخفاض تركيز الأكسجين (Chhikara *et al.*, 2019).

علاوة على ذلك، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تحلل البيتالين (Bassama *et al.*, 2020) وتمت أيضاً مقارنة الثبات الحراري للملونات الطبيعية بواسطة (Jiménez-Aguilar *et al.*, 2015) الذي ذكر أن مستخلصات البيتاسيانين أكثر حساسية لدرجة الحرارة من مستخلصات الأنثوسيانين أو الكاروتينويد وينتج عن ذلك مشاكل في استخلاصها.

الفصل الثاني

مواد البحث وطرائقه

Materials & Methods

٣-مواد البحث وطرائقه:

نُفّذ البحث في:

١. مخابر قسم علوم الأغذية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق.

٢. مخابر الهيئة العامة للتقانة الحيوية – وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

٣. مخابر كلية العلوم– جامعة دمشق.

٤. المخبر المركزي لوزارة التموين – وزارة التموين والتجارة الداخلية.

٣-١-مواد البحث:

٣-١-١-ثمار الجزر الأسود :

جُمعت ٢٥ كغ من ثمار الجزر الأسود من أسواق محافظة ريف دمشق (بلدة الطيبة) في موسم الحصاد التجاري لها (النضج الكامل في الشهر الأول من العام ٢٠٢٤). كانت العينات المستخدمة طازجة، مختلفة في الحجم ودون وجود أضرار عليها. نُقلت الثمار إلى المخبر، ثم تم تنظيفها لإزالة الأوساخ والأتربة الملتصقة باستخدام ماء الصنبور الجاري وقُسّمت لخمسة أجزاء متساوية في الوزن وفق ما يلي:

١. جزء طازج خضع للتحليل الكيميائي مباشرةً (٥كغ).

٢. جزء تم تحويله لعصير دون أي معاملة (٥كغ) وكان مردود العصير ٤٥% على أساس الوزن الرطب.

٣. جزء تم تحويله لعصير مبستر(بسترة سريعة) (٥كغ).

٤. جزء تم تحويله لعصير مركز (٥كغ).

٥. الجزء الأخير قد تم تجفيفه للحصول على مسحوق الجزر (٥كغ).

حُفظت العينات في البراد عند درجة حرارة 4 ± 1 درجة مئوية للمحافظة على رطوبة المادة الأولية، تُنقل العينات من مكان التخزين (البراد) إلى المختبر قبل حوالي ساعتين من التجارب للوصول

إلى درجة حرارة الغرفة وتم التعامل مع الجزر الأسود بشكل صحيح لتجنب أي إصابة ميكانيكية أو كدمات.

٣-١-٢-ثمار الشوندر الأحمر:

جُمعت ٥ كغ من ثمار الشوندر الأحمر من أسواق محافظة دمشق في موسم الحصاد التجاري لها (الشهر الرابع من العام ٢٠٢٤) وذلك لاستخدامها في تحضير مسحوق الشوندر المجفف وكانت العينات المستخدمة طازجة، مختلفة في الحجم ودون وجود أضرار عليها. نُقلت الثمار إلى المخبر، ثم تم تنظيفها لإزالة الأوساخ والأتربة الملتصقة باستخدام ماء الصنبور الجاري.

حُفظت العينات في البراد عند درجة حرارة 4 ± 1 درجة مئوية للمحافظة على رطوبة المادة الأولية، تُنقل العينات من مكان التخزين (البراد) إلى المختبر قبل حوالي ساعتين من عملية التجفيف للوصول إلى درجة حرارة الغرفة.

٣-٢-تصنيع المنتجات:

٣-٢-١-عصير الجزر الأسود الطازج:

حُضّر العصير وفق الطريقة التي ذكرها (Rayman *et al.*, 2011) باستخدام ماكينة عصر الجزر الكهربائية والتي تعمل وفق مبدأ الطرد المركزي (MIRACO, MODEL NO: GK-2543, Made in China)، وذلك بأخذ (٥ كغ) من جذور الجزر الأسود الطازجة والمغسولة والخالية من الإصابات، ثم وزن العصير المستخرج وحساب مردود العصير على أساس الوزن الطازج للكتلة وتعبئته في أوعية زجاجية معقمة وتخزين العبوات في البراد عند درجة حرارة 4 ± 1 درجة مئوية إلى حين التحليل.

٣-٢-٢-عصير الجزر الأسود المبستر:

اتُبعت الطريقة السابقة في تحضير العصير الطازج وعومل العصير المستخلص بدرجة حرارة ٩٠ درجة مئوية لمدة ٣-٥ دقائق ثم بُرّد مباشرة إلى درجة ٥٥م° بواسطة حمام ثلجي وعُبئت العينات

في أوعية زجاجية معقمة وخُزنت العبوات في البراد عند درجة حرارة 4 ± 1 درجة مئوية إلى حين التحليل وفقاً لطريقة (Gouma *et al.*, 2020).

٣-٢-٣-عصير الجزر الأسود المركّز الطازج:

رُكّز (١) ليتر من عصير الجزر الأسود الطازج المعصور وفقاً للطريقة السابقة، تحت التفريغ باستخدام جهاز المبخر الدوراني (Buchi, R-100, Made in Switzerland) حيث وُضع العصير في حوجلة الجهاز ثم كُثّف على درجة حرارة ٥٥ مْ حتى الحصول على تركيز مواد صلبة ذائبة ٦٠° بركس، ثم وُزن العصير المركز الناتج وعُبئ في أوعية زجاجية معقمة وحُفظ مبرداً عند درجة حرارة 4 ± 1 درجة مئوية إلى حين التحليل وفقاً لطريقة (Wang *et al.*, 2006).

٣-٢-٤-مسحوق الجزر الأسود:

قُشّر الجزر وقُطع إلى شرائح بسماكة ٥ إلى ٦ مم، جُفف الجزر المقطع في صينية في فرن التجفيف (JSR, MODEL:JCON-100, Made in Korea) عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية للوصول إلى محتوى رطوبة نهائي ٨%، ثم طُحن الجزر المجفف باستخدام مطحنة ونُخل بواسطة منخل ٢ مم وعُبئ في كيس من البولي إيتيلين وحُفظ في مكان جاف ومظلم إلى حين التحليل وفقاً لطريقة (Keskin *et al.*, 2021) وقد تم تحضير مسحوق الشوندر الأحمر بالطريقة ذاتها.

٣-٣-تخزين المنتجات:

خُزنت المنتجات (عصير مبستر، عصير مركز، مسحوق مجفف) لمدة ٦٠ يوماً وذلك على درجة حرارة ٤ مْ في البراد بالنسبة للعصائر وعلى درجة حرارة الغرفة وفي مكان مظلم وجاف بالنسبة للمسحوق، وتم خلال مدة التخزين تقدير مؤشرات اللون وكمية الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات والنشاط المضاد للأكسدة DPPH وكمية فيتامين C وذلك من بداية التخزين وكل شهر حتى نهاية التخزين.

٣-٤-طرائق التحليل:

٣-٤-١-تقدير النسبة المئوية للرطوبة (المحتوى المائي): قُدرت الرطوبة بالتجفيف على درجة حرارة ١٠٥ درجة مئوية باستخدام فرن تجفيف (JSR, MODEL:JSON-100, Made in Korea) وذلك عن طريق أخذ وزن معلوم من العينات وتجفيفه حتى ثبات الوزن في الفرن، ويمثل الفقد في وزنها محتوى العينة من الرطوبة وذلك وفقاً للطريقة ذات الرقم (٩٧٧.١١) الواردة في (AOAC, 2015).

٣-٤-٢-تقدير المواد الصلبة الذائبة: عُبر عن المواد الصلبة الذائبة بدرجة البركس، ولقياسها استخدم جهاز الرفراكتوميتر الضوئي (MILWAUKEE, MA 871, Made in Hungary)، وفق الطريقة رقم (932.14) المذكورة في (AOAC, 2006).

٣-٤-٣-تقدير الجوامد الكلية: قُدرت الجوامد الكلية بطرح المحتوى المائي من ١٠٠، وفق الطريقة رقم (920.151) المذكورة في (AOAC, 2000).

٣-٤-٤-تقدير المحتوى من السكريات: قُدّر كل من الغلوكوز والفركتوز والسكروز بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء HPLC (High Pressure Liquid Chromatography) صنع شركة SHIMADZU اليابانية حسب طريقة (Bogdanov *et al.*, 2002) باتباع الخطوات التالية:

٣-٤-٤-١-تحضير العينة:

أُذيب ٥غ عينة جزر أسود في ٤٠ مل ماء مقطر، ثم نقلت العينة الذائبة كمياً إلى دورق معياري سعة ١٠٠مل يحوي ٢٥مل من الميتانول (نقاوة HPLC) وأكمل الحجم إلى ١٠٠مل بالماء المقطر، عُرض المحلول لجهاز الأمواج فوق الصوتية (Ultrasonic) نوع (Biobase)، ثمَّ رُشح المحلول بفلتر قطر ثقوبه ٠.٤٥ ميكرومتر نوع (satorius) وبذلك تصبح العينة جاهزة للحقن في جهاز HPLC.

٣-٤-٤-٢-تحضير المحلول القياسي:

حُضّر محلول قياسي لكلّ من الغلوكوز والفركتوز والسكروز بتركيز (4000 PPM).

٣-٤-٤-٣-التحليل الكروماتوغرافي:

حُقنت العينات المحضرة والمحلول القياسي في جهاز الـ HPLC، وفق الشروط التالية: العمود NH2، وكاشف قرينة الانكسار RID درجة حرارة العمود ٣٠م°، الطور المتحرك يتكون من أسيتونتريل: ماء منزوع الشوارد (٢٠:٨٠%)، التدفق ١.٣مل/دقيقة، حجم الحقنة ٢٠ ميكرولتر.

٣-٤-٥-تقدير النسبة المئوية للرماد: قُدر الرماد بترميد العينة على درجة حرارة ٥٥٠ درجة مئوية باستخدام مرمدة (REX-C900)، وفق الطريقة رقم (١٤.٠٠٦) الواردة في (AOAC, 1980).

٣-٤-٦-تقدير البروتين الكلي: قُدرت نسبة النيتروجين بغرض تقدير البروتين الخام وفق طريقة كلداهل، وفق الطريقة ذات الرقم (955.04) الواردة في (AOAC, 2008).

٣-٤-٧-تقدير الألياف: اعتُمدت الطريقة رقم (١٥) الموصوفة من قبل (AOAC, 1990) لتقدير الألياف، حيث أضيف ٥٠ مل حمض كبريت (1.25%) إلى ١غ من العينة وبعد التسخين إلى درجة الغليان وترك العينة مدة ١٥ دقيقة على هذه الدرجة، أُضيف ١٠ مل من ماءات الصوديوم تركيز ١٠% ثم تركت العينة بدرجة الغليان مدة ١٥ دقيقة، وبعد الغليان رُشحت العينة بواسطة بوتقة ترشيح ذات مسامية دقيقة لا تمر منها الألياف وعند الترشيح غُسل المستخلص بماء ساخن للتخلص من آثار حمض الكبريت وماءات الصوديوم ثم جُففت وأُضيف لها حوالي ٥ مل أسيتون قبل فكها من المرشحة ثم نُقلت البوتقة إلى فرن تجفيف على درجة حرارة ١٣٠م° لمدة ساعتين ثم وُزنت بعد التبريد ونُقلت بعدها إلى فرن ترميد على درجة حرارة ٤٢٠م° لمدة ساعة ثم وُزنت بعد الترميد وحُسبت النسبة المئوية للألياف وفقاً للمعادلة:

$$\textbf{\% الألياف} = \frac{\text{الفرق في الوزن بين عينتي التجفيف و الترميد}}{\text{وزن العينة}} \times \mathbf{100}$$

٣-٤-٨-تقدير الدسم: قُدّر الدسم بجهاز الاستخلاص المستمر سوكسيليت (BIOBASE,SY-1L4H, Made in China) وباستخدام الهكسان كمذيب، وفق الطريقة ذات الرقم (960.39) المذكورة في (AOAC, 2000).

٣-٤-٩-رقم الـ pH: قُدر الرقم الهيدروجيني pH باستخدام جهاز pH meter (Precisa, ph 900, Made in Switzerland)، وفق الطريقة المذكورة في (AOAC, 2005).

٣-٤-١٠-تقدير الحموضة الكلية: قُدرت الحموضة الكلية بطريقة المعايرة بالقلوي NaOH (0.1N)، وعُبر عنها كنسبة مئوية لحمض الستريك، وفق الطريقة رقم (942.15) المذكورة في (AOAC, 2000).

٣-٤-١١-تقدير الكربوهيدرات الكلية: اعتمدت طريقة (Sniffen *et al.*, 1992) وفق التالي:

الكربوهيدرات الكلية = ١٠٠- (البروتين% +الدسم%+الرماد%+الألياف%+ المحتوى المائي%)

٣-٤-١٢-تعيين مؤشرات اللون (L, a, b): عُينت مؤشرات اللون (L, a, b) باستخدام جهاز (BIOBASE, BCM-200 HIGH QUALITY COLORIMETER, Made in China) وفق الطريقة المذكورة من قبل (Choudhury, 2014) حيث تشير الرموز إلى:

L : (Lightness) درجة السطوع

a : (Redness/Greeness)، تشير القيمة الموجبة إلى اللون الأحمر وتشير القيمة السالبة إلى اللون الأخضر.

b : (Yellowness/blueness)، تشير القيمة الموجبة إلى اللون الأصفر وتشير القيمة السالبة إلى اللون الأزرق.

وحُسبت درجة تشبع(كثافة) اللون Chroma (C) وفقاً لـ (Giusti *et al.*, 2010) من العلاقة التالية:

$$C=\sqrt{(a^2 + b^2)}$$

وفق ما يلي:

C=0، تشير إلى اللون الرمادي(أو عدم وجود لون)

C=1-3، تشير إلى ألوان باهتة أو غير مشبعة.

C=4-5، تشير إلى ألوان متوسطة التشبع.

C=6-10، تشير إلى ألوان مرتفعة التشبع.

٣-٥-تقدير المركبات الفعالة بيولوجياً:

٣-٥-١-تقدير فيتامين C (حمض الأسكوربيك):

عُبر عن محتوى حمض الأسكوربيك باستخدام طريقة المعايرة بصبغة 6,2 ثنائي كلورو فينول إندوفينول التي تعمل على أكسدة حمض أسكوربيك إلى حمض أسكوربيك منزوع الهيدروجين وفقاً للطريقة رقم 976.21 المذكورة في (AOAC, 2016).

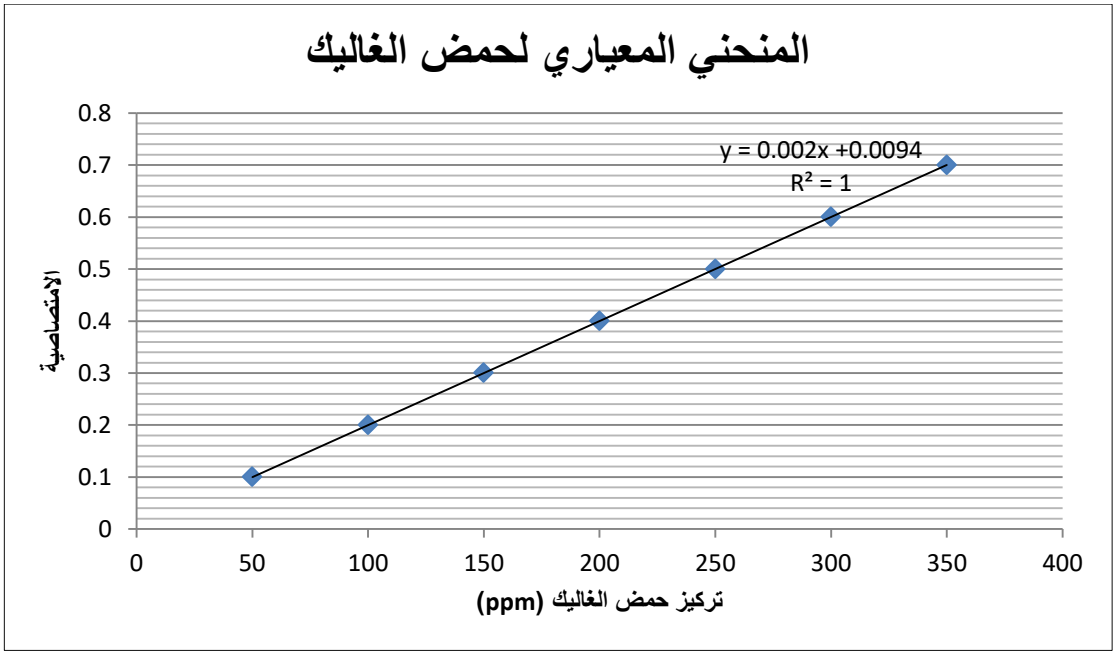
٣-٥-٢-تقدير الفينولات الكلية:

أُتبع في استخلاص الفينولات الكلية من العينات المدروسة، ما ورد في طريقة (Wada and Ou, 2002)، حيث أخذ (١غ) من العينات في أنبوب من البولي إيتيلين سعة ٥٠ مل، وأضيف إليها ٣٠ مل إيتانول مطلق، ثم أُستخلصت بعدها الفينولات باستخدام محرك مغناطيسي بالسرعة القصوى، وبدرجة حرارة الغرفة لمدة ساعة، ثُفلت بعدها العينة بجهاز طرد مركزي (Hettich zentrifugen D-78532, Made in Germany) بالسرعة القصوى (3000 دورة/دقيقة) وأُخذ السائل الرائق للتحليل.

قُدرت الفينولات الكلية كمياً باستخدام طريقة Folin – Ciocalteu المستخدمة من قبل (Asami *et al.*, 2003)، حيث أخذ ٠.٥ مل من المستخلص الكحولي للعينة الذي سبق تحضيره، وأُضيف له ٣ مل من الماء المقطر، و٠.٢ مل من كاشف فولين، ووضع في دورق معياري سعة ١٠ مل، ثم رُجَّ المزيج باستخدام محرك الأنابيب لنحو دقيقتين في درجة حرارة الغرفة، ثم أضيف بعدها ٤ مل من (٧%) Na_2CO_3 وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.

خُلط المزيج السابق، وتُرك لمدة ساعتين على درجة حرارة الغرفة بعدها ثُفل وقيست امتصاصيته بجهاز المطياف الضوئي (Optizen2120UV, Made in Korea) على طول موجة ٧٥٠ نانومتر.

استُعمل حمض الغاليك كحمض معياري مرجعي لتحضير المنحني المعياري بتركيز يتراوح من (٠-٣٥٠) ميكروغرام/مل، وعُبّر عن النتائج بـ (مغ مكافئ حمض غاليك/١٠٠غ عينة). يبين الشكل(٢) المنحنى المعياري لحمض الغاليك.



الشكل ٢؛ المنحنى المعياري لحمض الغاليك.

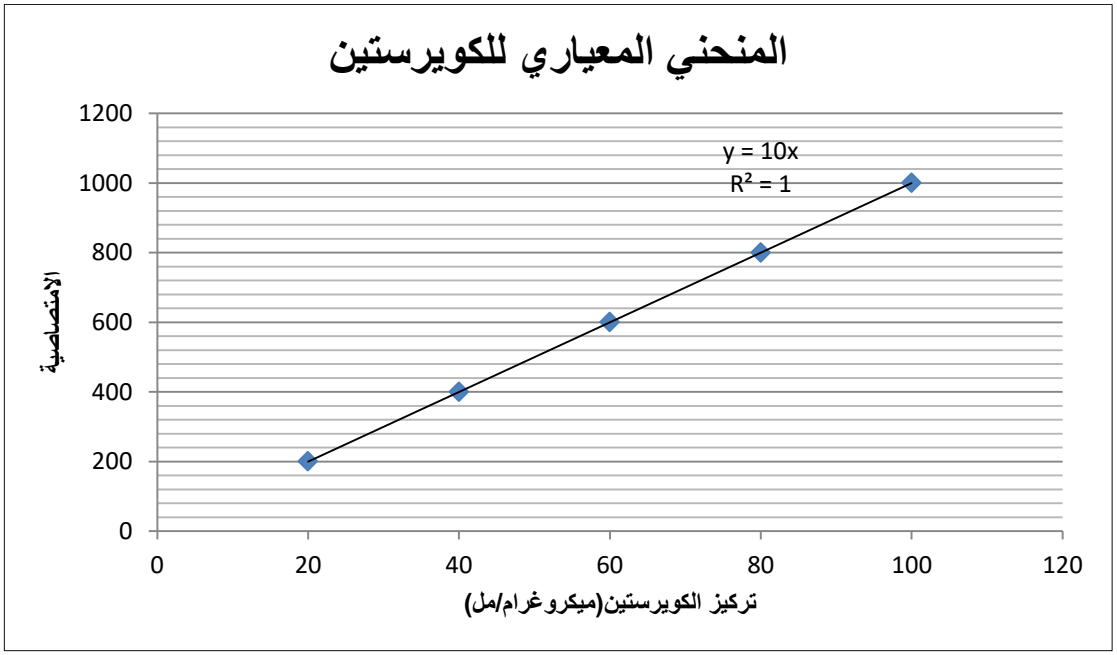
٣-٥-٣-تقدير الفلافونيدات الكلية:

أُتبع في استخلاص الفلافونيدات الكلية من العينات المدروسة ما ورد في طريقة (Ribarova *et al.*, 2005) مع بعض التعديلات حيث أُخذ ٥ غ من العينة المهروسة بالرمل النظيف في أنبوب من البولي إيتيلين سعة ٥٠ مل، وأُضيف إليها ٥٠ مل من الميتانول ٨٠%، وبعدها استخلصت الفلافونيدات الكلية في حمام طارد الغازات لمدة ٢٠ دقيقة، ثُفلت بعدها العينة بجهاز طرد مركزي

(Hettich zentrifugen D-78532, Made in Germany) على السرعة القصوى (3000 دورة/دقيقة) وأخذ السائل الرائق للتحليل.

عُينت الفلافونيدات الكلية كمياً باستخدام طريقة Aluminum chloride المستخدمة من قبل (Ribarova *et al.*, 2005)، حيث أُخذ ١مل من العينة التي سبق تحضيرها وأُضيف لها ٤ مل من الماء المقطر، و٠.٣ مل من $NaNO_3$ (٥%) ووضعت في دورق معياري سعة ١٠ مل وبعد خمس دقائق، أضيف ٠.٣ مل من $ALAC_3$، وفي الدقيقة السادسة تم إضافة ٢ مل NaOH (١ ن) وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.

خُلط المزيج السابق بشكل جيد ثم ثُقل، وقُرئ امتصاصه بجهاز المطياف الضوئي (Optizen, 2120UV, Made in Korea) على طول موجة ٥١٠ نانومتر واستعمل الكويرستين كمركب عياري مرجعي لتحضير المنحني المعياري بتركيز يتراوح من ٠ – ١٠٠ ميكرو غرام /مل، الشكل(٣).



الشكل ٣؛ المنحني المعياري للكويرستين

٣-٥-٤-تقدير الأنثوسيانينات:

استُخلصت الأنثوسيانينات من الجزر باستخدام مزيج من الإيتانول المحمض ب HCL عياريته ١.٥ نظامي بنسبة (١٥:٨٥) حسب (Markakis, 1982)، وقيست امتصاصية الأنثوسيانينات عند طول موجة الامتصاص الأعظمي (٥١٦ نانومتر) باستخدام بجهاز المطياف الضوئي (Optizen, 2120UV, Made in Korea)، وحُسبت الأنثوسيانينات باستخدام معادلة تعتمد على قانون بيير ولامبرت (Beer and Lambert) وهي:

$$A=am516.b.c$$

حيث تشير: A: الامتصاص عند طول موجة الامتصاص الأعظمي

am516: معامل الامتصاص الجزيئي = ٢٩٦٠٠ لسيانيدين _٣ غليكوزيد

b : طول الخلية = ١ سم

c : التركيز (مغ /١٠٠غ)

حيث عُبّر عن الأنثوسيانينات على أساس سيانيدين ٣-غليكوزيد اعتماداً على وزنه الجزيئي والامتصاصية الجزيئية له، وذلك وفقاً لما جاء في (Cemeroglu *et al.*, 1994).

٣-٦-تقدير النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل (DPPH):

قيس النشاط المضاد للأكسدة بتقدير النشاط الكابح للجذور الحرة باستخدام طريقة الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل DPPH (1,1-diphenyl -2- picryl - hydrazyl) وذلك بحسب (Marinova and Batchvarov, 2011) وفق الآتي: حُضر المستخلص الكحولي للعينات بإضافة (١غ) من العينة إلى ٣٠ مل ميتانول، وإضافة المستخلص الناتج إلى الحجم نفسه من محلول DPPH (٦٠ ميكرومول في الميتانول، وحفظه لمدة ٢٠ دقيقة عند درجة حرارة ٢٠مْ) وبعد المزج وخلط المزيج السابق بخلاط الأنابيب (votrex) قيست امتصاصيته بجهاز المطياف الضوئي (Optizen,

2120UV, Made in Korea) عند طول موجة ٥١٧ نانومتر بعد مضي ٣٠ دقيقة، يستعمل الميتانول في التجربة الشاهدة بدلاً من العينة.

عُبر عن النشاط الكابح للجذور الحرة بحساب النسبة المئوية لتثبيط الأكسدة من المعادلة (١):

$$\% \text{ Inhibition} = [(A-A')/A]\times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

A : الامتصاصية الابتدائية للشاهد عند ٥١٧ نانومتر.

A' : الامتصاصية للعينة المختبرة عند ٥١٧ نانومتر.

٣-٧-استخدام مسحوق الجزر الأسود كملون:

استُخدم مسحوق الجزر الأسود كملون لتلوين مخلل القرنبيط (الزهرة) ومقارنته مع ملون مسحوق الشوندر الأحمر المصنع بالطريقة ذاتها حيث تم تصنيع المخلل وفقاً للخطوات التالية:

١. غُسلت الزهرة بشكل جيد بماء الصنبور لإزالة الأوساخ والأتربة العالقة وإزالة أي إصابة على سطحها بواسطة سكين من الفولاذ المقاوم للصدأ.

٢. عُقمت المرطبانات الزجاجية بواسطة الماء المغلي.

٣. حُضر المحلول الملحي وفق ما يلي: أُضيف لكل لتر من الماء ٢٤٠مل خل أبيض ٦٠غ ملح صخري و٢٠غ سكر.

٤. أُضيفت نسب ٥% و١٠% و١٥% من كل من مسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر للمحاليل الملحية.

قيس اللون في بداية تحضير المخلل (بعد مرور ساعة من الزمن) وفي نهاية التخليل (بعد مرور عشرة أيام) وذلك باستخدام جهاز(BIOBASE-BCM-200 HIGH QUALITY - Made in China - COLORIMETER) وفق الطريقة المذكورة من قبل (Choudhury, 2014).

٣-٨-تقييم الخصائص الحسية:

دُرست الخصائص الحسية لعينات مخلل القرنبيط (الزهرة) بعد مرور ١٠ أيام من تحضيره باستخدام مقياس هيدونيك (Hedonic Point Scale) بتحديد خمسة نقاط (اللون، والرائحة، والنكهة، والقوام، والقبول العام) حسب (Larmond, 1997).

يُعد هذا الاختبار من أكثر الاختبارات اعتماداً عندما يُراد إيجاد أفضل العينتين (اختبار التفضيل)، ويستعمل هذا الاختبار فقط في حالة الكمية، أي مع المقياس، التي يُعبّر فيها المحكّم عن درجة رغبته (رضاه، وسروره، وانشراحه) أو عدم رغبته للعينة المختبرة، وعادة يُستعمل مقياس من (١- ٩) ليُعبّر عن الرغبة في تفضيل العينة المختبرة، أُجري الاختبار الحسي من قبل مجموعة مؤلفة من (١٢) شخصاً (أعضاء الهيئة التدريسية في قسم علوم الأغذية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق).

يبدأ الاختبار وفق الترتيب حسب مقياس (Larmond, 1997):

- منتهى الرغبة ٩
- رغبة شديدة جداً..... ٨
- رغبة عادية ٧
- رغبة قليلة..... ٦
- لا أرغبها ولا أكرهها..... ٥
- أكرهها قليلاً..... ٤
- أكرهها باعتدال..... ٣
- أكرهها بشدة..... ٢
- منتهى الكره ١

٣-٩-التحليل الإحصائي Satistical analysis:

١. أُجريت الاختبارات السابقة بثلاثة مكررات وسُجلت النتائج كمتوسطات ± الانحراف المعياري.

٢. أُجري اختبار تحليل التباين (ANOVA) باستخدام طريقة One-way ANOVA، ثمّ تُبع باختبار (Tukey) لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات على مستوى ثقة 5% ($p \leq 0.05$).

٣. أُجريت جميع التحاليل الإحصائية السابقة باستخدام برنامج Minitab 14.

٣-١٠-مخطط البحث:

جزر أسود طازج

فرز واختيار ثمار متجانسة من حيث اللون والحجم

تحديد التركيب الفيزيوكيميائي والبيولوجي واللون

تصنيع

عصير طازج	**عصير مبستر**	**عصير مركز**	**مسحوق**
باستخدام ماكينة عصير الجزر	٩٠مْ لمدة ٣-٥ دقائق وتبريده مباشرة إلى درجة حرارة ٥٥مْ	باستخدام المبخر الدوراني على درجة حرارة ٥٥مْ للوصول إلى رطوبة ٤٤%	تقطيع الى شرائح رقيقة ثم طحنها بعد تجفيفها على درجة حرارة ٦٠ مْ للوصول إلى رطوبة ٨%

تقدير اللون والمحتوى من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات وفيتامين C والنشاط المضاد للأكسدة

التخزين

٦٠ يوم

العصائر(المبسترة والمركزة)	**المسحوق**
مبردة بدرجة حرارة 4 م	في مكان مظلم وبدرجة حرارة الغرفة

تقدير اللون والمحتوى من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات وفيتامين C والنشاط المضاد للأكسدة كل ٣٠ يوماً

تصنيع مسحوق الشوندر الأحمر

مخلل القرنبيط (الزهرة)

مقارنة من ناحية اللون ما بين مخلل الزهرة مع مسحوق الشوندر الأحمر ومخلل الزهرة مع النسب ذاتها من مسحوق الجزر الأسود

اختبارات حسية

مخطط١؛ خطوات العمل

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

٤-النتائج والمناقشة:

٤-١-المؤشرات الكيميائية لجذور الجزر الأسود الطازجة:

قُدرت بعض المؤشرات الكيميائية لجذور الجزر الأسود ودُونت النتائج في الجدول(٢).

جدول ٢؛ التركيب الكيميائي لجذور الجزر الأسود الطازجة

المؤشرات الكيميائية	القيمة(على أساس الوزن الرطب)
المحتوى المائي	88.32 ± 1.02 (%)
الجوامد الكلية	11.68 ± 0.55 (%)
المواد الصلبة الذائبة	8.12 ± 0.18 (Brix)
البروتين	0.85 ± 0.06(%)
الدسم	0.15 ± 0.02 (%)
الرماد	2.92 ± 0.10(%)
الحموضة	0.23 ± 0.01 (%)
درجة الـ pH	5.60 ± 0.15
الألياف الكلية	2.24 ± 0.04 (%)
الكربوهيدرات الكلية	5.16 ± 0.22 (%)
السكروز	1.00 ± 0.02(%)
الفركتوز	0.50 ± 0.05(%)
الغلوكوز	0.50 ± 0.02 (%)

القيمة تمثل المتوسط الحسابي لثلاث مكررات مع الانحراف المعياري

تؤثر ظاهرة النتح وما ينتج عنها من تغير في المحتوى المائي للمنتجات الغذائية في مدة صلاحيتها وذلك من خلال حدوث تغيرات غير مرغوبة في صفاتها الفيزيائية والحسية والميكروبية (Roca *et al.*, 2008). لذلك، من المهم جداً تحديد المحتوى المائي في الجزر لتوقع مدة صلاحيته بشكل عام، وقد أظهرت النتائج أن محتوى الجزر الأسود الطازج من الماء يبلغ ٨٨.٣٢% وهو ما

يتوافق مع النتائج التي حصل عليها (Caron *et al.*, 2003) والذين وجدوا أن نسبة المحتوى المائي للجزر تتراوح بين (٨٥-٩٠)%.

نجد وفقاً للجدول (٢) أن نسبة الجوامد الكلية قد بلغت ١١.٦٨% وكانت أقل من النتيجة التي حصل عليها (Ersus and Yurdagel, 2007)، حيث بلغت نسبة الجوامد الكلية في الجزر الأسود الطازج ١٣.١٥% ويمكن تفسير الاختلاف في محتوى الجوامد الكلية بسبب اختلاف الظروف المناخية ووقت الحصاد.

بلغت نسبة المواد الصلبة الذائبة ٨.١٢ بريكس (Brix) وهذا ما يتوافق مع نتائج دراسة (Dhillon *et al.*, 2016) والذين وجدوا أن نسبة المواد الصلبة الذائبة للجزر الأسود الطازج تتراوح من ٦.٥٥ إلى ٨.٢٨ بريكس (Brix)، بينما لم تتوافق مع النتيجة التي توصل إليها (Ersus and Yurdagel, 2007) والتي بينت أن نسبة المواد الصلبة الذائبة في الجزر الأسود الطازج تبلغ ١١.٩٠ بريكس (Brix). تم تأكيد الارتباط الوثيق بين المواد الصلبة القابلة للذوبان وصلابة الجزر ولذلك، فإن التغيرات (تناقص المحتوى) في المواد الصلبة القابلة للذوبان قد تعني انخفاض صلابة الجزر أثناء التخزين، ونتيجة لذلك قد يحدث التواء للجزر وذلك في دراسة أجراها (Rakcejeva *et al.*, 2012).

وفقاً للجدول رقم (٢)، بلغت نسبة الكربوهيدرات الكلية ٥.١٦% وبناءً على الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)، كانت نسبة السكروز ١%، الغلوكوز ٠.٥% والفركتوز ٠.٥% وهي نتائج متوافقة مع (Simon, 1985) والذي أفاد أن إجمالي محتوى السكر في الجزر الأسود يتراوح من ٣-٨% مع كمية أكبر من السكروز وكمية أقل من الغلوكوز والفركتوز ومع ذلك، فقد أشارت العديد من الدراسات إلى أن تركيز (السكروز، الغلوكوز والفركتوز) يختلف اختلافاً كبيراً بين أصناف الجزر يتأثر بالظروف البيئية والزراعية وظروف التخزين (Sistrunk *et al.*, 1967).

بلغت نسبة الدسم ٠.١٥% وهذا ما يتناسب مع كون الفاكهة والخضروات منخفضة المحتوى من الدسم والطاقة ومرتفعة المحتوى الرطوبي والألياف الغذائية وبالتالي، فإنها قد تساهم بشكل كبير في السيطرة على الجوع وإدارة الوزن (Tanumihardjo *et al.*, 2009).

على الرغم من أن محتوى البروتين في الجزر يختلف باختلاف الأصناف وظروف النمو، إلا أن الجزر يعد مصدراً فقيراً نسبياً بالبروتين بشكل عام، حيث أن ١٠٠غ من الجزر تحتوي على أقل من ٢% من المدخول اليومي الموصى به للنظام الغذائي البشري (Lebling and Pepperdine, 2006) وبلغت نسبة البروتين في نتائجنا ٠.٨٥%، وهذه القيمة تعد متوافقة مع ما ذكره (Howard *et al.*, 1962) في نتائج دراستهم التي توضح أن نسبة البروتين في الجزر تتراوح من 0.8% إلى ١.١% وذلك في أربعة أصناف من الجزر.

بلغت نسبة الرماد ٢.٩٢% وهي لم تتوافق مع نتائج (Pitchiah, 2004) حيث وصلت نسبة الرماد في الجزر إلى ٦.٤% وقد تكون الاختلافات في محتوى الرماد نتيجة لعدة عوامل مثل عمر النبات عند الحصاد، أو الأسمدة المعدنية المستخدمة، والتركيب المعدني للتربة، ونسبة امتصاص المعادن الفردية من قبل كل نبات (Traoré *et al.*, 2017).

أما بالنسبة للألياف، فقد أظهرت النتائج أن نسبتها ٢.٢٤% وتقاربت هذه النتيجة أيضاً مع النتائج التي توصل إليها (Büyükdinç *et al.*, 2022) بأن الجزر الأسود يعد مصدراً جيداً للألياف والتي تتراوح نسبتها بين ٢.٣٥ – ٢.٦١%.

بلغت نسبة الحموضة الكلية المعبر عنها كنسبة مئوية من حمض السيتريك ٠.٢٣% وقدرت قيمة الـ pH بـ ٥.٦٠ وتقاربت هذه الأرقام مع نتائج (Sharma and Sharma, 2020) والتي بلغت فيها قيم الحموضة الكلية ودرجة الـ pH ٠.٢٥% و٥.٨٠ على الترتيب، ولعل السبب في ذلك يعود إلى اختلاف التركيب الكيميائي للجزر وفقاً للنضج والصنف والممارسات الزراعية والتخزين.

٤-٢-محتوى جذور الجزر الأسود الطازجة من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

قُدرت كمية المركبات الفعالة بيولوجياً في جذور الجزر الأسود الطازجة كما قُدّر النشاط المضاد للأكسدة ودُونت النتائج في الجدول (٣).

جدول ٣؛ متوسط محتوى الجزر الأسود من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة

المؤشرات المدروسة	القيمة(على أساس الوزن الرطب)
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	248.80 ± 2.10
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	84.62 ± 1.55
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	187.60 ± 3.40
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	2.07 ± 0.15
النشاط المضاد للأكسدة (%)	77.52 ± 0.61

القيمة تمثل المتوسط الحسابي لثلاث مكررات مع الانحراف المعياري

أظهرت النتائج في الجدول (٣) أن محتوى جذور الجزر الأسود الطازجة من الفينولات الكلية ٢٤٨.٨ مغ GAE/ 100غ (على أساس الوزن الرطب) وانسجمت هذه النتيجة مع النتائج التي توصل إليها (Leja *et al.*, 2013) حيث تراوحت نسبة الفينولات الكلية في أصناف مختلفة من الجزر بين ١٠.٥ إلى ٢٦٧.١ مغ GAE/100غ (على أساس الوزن الرطب) وكانت أقل مما وجده (Kamiloglu *et al.*, 2015a) والذين بينوا أن جذور الجزر الأسود الطازجة من صنف purple Haze تحتوي من الفينولات الكلية على ٥٣٧ مغ GAE/ 100غ (على أساس الوزن الرطب).

يُلاحظ من الجدول (٣) أن محتوى جذور الجزر الطازجة من الفلافونيدات الكلية والذي بلغ ٨٤.٦٢ QE مغ /١٠٠غ (على أساس الوزن الرطب) وهي أقل مما توصل إليه (Singla *et al.*, 2020) حيث أشاروا إلى أن محتوى الفلافونيدات الكلية في الجزر الأسود الطازج ٢١٨.٧٥ QE مغ /١٠٠غ (على أساس الوزن الرطب) وقد يعود ذلك إلى اختلاف الصنف ودرجة النضج وقد وصلت

نسبة الأنثوسيانين في جذور الجزر الطازجة وفقاً للجدول (٣) إلى ١٨٧.٦ مغ/١٠٠غ (على أساس الوزن الرطب) وهي أعلى مما توصل إليه (Garba *et al.*, 2015) والذين أشاروا إلى أن محتوى الأنثوسيانين في جذور الجزر الطازجة ٣١.٦٨ ملغ/١٠٠غ (على أساس الوزن الرطب) وتقاربت النتيجة مع النسبة التي توصل إليها (Talih *et al.*, 2017) والذين أشاروا إلى أن محتوى الأنثوسيانين في جذور الجزر الطازجة ١٧٥ ملغ/١٠٠غ (على أساس الوزن الرطب).

يمكن أن يختلف إجمالي تركيز الأنثوسيانين في جذور الجزر الأسود بشكل كبير بين الأصناف وحتى داخل الصنف نفسه بناءً على درجة تلوين الجذر (Kammerer *et al.*, 2004) وقد يكون هذا الاختلاف بسبب التركيب الوراثي والنضج وظروف النمو والمواسم. بالنسبة لفيتامين C (حمض الأسكوربيك)، أظهرت النتائج في الجدول (٣) أن تركيزه في جذور الجزر الأسود الطازجة يبلغ ٢.٠٧ مغ/١٠٠غ وهو ما يتوافق مع النتائج التي وصل إليها (Alasalvar *et al.*, 2001) والذين بينوا أن تركيز فيتامين C في جذور الجزر الطازجة يتراوح بين 1.25 إلى ٥.٣٣ ملغ/١٠٠غ وهو أدنى مستوى في الجزر الأبيض وأعلى مستوى في أصناف الجزر البرتقالية. بلغ متوسط النشاط المضاد للأكسدة ٧٧.٥٢% وبناءً على دراسات سابقة نجد أن النشاط المضاد للأكسدة في الجزر الأسود يختلف اعتماداً على النوع، على سبيل المثال، يتمتع صنف pusa asita وblack wonder بنشاط مضاد للأكسدة يتراوح بين ٢٨.٦٩ إلى ٩١.٠٨% و٤.٥٥ إلى ١٥.٦٢% على الترتيب (Kaur and Singh Sogi, 2020) ويمكن أن تختلف قيم قدرة نشاط مضادات الأكسدة بسبب ارتباط هذه القيم بعدة عوامل تتعلق بالمادة النباتية (مثل الصنف وظروف النمو ووقت الحصاد) بالإضافة إلى البروتوكولات المستخدمة للقياسات (Kamiloglu *et al.*, 2015a).

٤-٣-تقدير مؤشرات اللون لجذور الجزر الأسود الطازجة:

دُرست مؤشرات اللون الخاصة بجذور الجزر الأسود الطازجة والمتمثلة بدرجة السطوع (*L) ودرجة الاحمرار/الاخضرار (*a) ودرجة الاصفرار/الازرقاق (*b) ودرجة تشبع اللون (Chroma) ووُضحت النتائج في الجدول (٤):

جدول ٤؛ مؤشرات اللون الخاصة بجذور الجزر الأسود الطازجة

المؤشرات المدروسة	القيم التقريبية
L*	27.54 ± 0.33
a*	7.42 ± 0.15
b*	−0.80 ± 0.05
Chroma	7.46 ± 0.21

القيمة تمثل المتوسط الحسابي لثلاث مكررات مع الانحراف المعياري

تم تبني نظام اللجنة الدولية للإضاءة (CIELAB) من قبل صناع الأغذية في الولايات المتحدة الأمريكية لقياس لون المنتجات الغذائية وفي حين أن هذا النظام لا يعطي بالضرورة تعريفاً دقيقاً للون، إلا أنه فعال جداً لقياس اختلافات اللون وتتبع تغيراته أثناء التصنيع والتخزين (Wrolstad *et al.*, 2005)، حيث ترتبط قيمة مؤشر *L بسطوع اللون وقد بلغت قيمتها ٢٧.٥٤ وتعني أن اللون غامق وتشير قيمة مؤشر *a الموجبة إلى الاحمرار وقد بلغت ٧.٤٢ بينما تشير قيمة مؤشر *b السالبة إلى اللون الأزرق وقد بلغت – 0.80، وتشير قيمة مؤشر Chroma إلى درجة تشبع اللون ويمكن تعريفها بأنها درجة النقاوة أو الحدة اللونية، وتعبر عن قوة اللون أو عمقه وكمية اللون النقي الذي يحتويه (غير المخلوط بألوان أخرى)، وقد بلغت قيمتها ٧.٤٦ وتدل على أن اللون يمتلك تشبعاً مرتفعاً بشكل ملحوظ، ويسبب تأثيراً بارزاً وواضحاً عند استخدامه كملون وتتقارب هذه القيم مع النتائج التي وجدها (Ersus and Yurdagel, 2007)، حيث بلغت قيمة كل من مؤشرات *L و*a و*b وChroma (٢٦.٩٥،

١١.٣٥، 0.73-، ١١.٣٧) على الترتيب، بينما لم تتوافق مع دراسة أخرى قام بها (Montilla *et al.*, 2011) على عدة أصناف من الجزر الأسود حيث أفادوا أن قيم مؤشرات *L و*a في الجزر الأسود تتراوح بين ٣٠.١ إلى ٣٠.١٩ و13.64- إلى 14.44- على الترتيب، وفسروا نتائجهم بأنه قد يكون وجود مجموعات أسيتيلية مختلفة وإضافية من الأنثوسيانين مسؤولاً عن اختلاف درجة اللون في الجزر الأسود.

٤-٤-محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في جذور الجزر الأسود وعصيرها الطازج:

يُظهر الجدول (٥) تأثير عملية استخلاص العصير في محتوى عصير الجزر الأسود الطازج من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة وذلك بالمقارنة مع الجزر الأسود الطازج:

جدول ٥؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في عصير الجزر الأسود الطازج

المؤشرات المدروسة	العصير الطازج (على أساس الوزن الرطب)	جذور الجزر الأسود الطازجة (على أساس الوزن الرطب)
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	187.80 ± 1.44^{a}	248.80 ± 2.10^{b}
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	54.32 ± 0.98^{a}	84.62 ± 1.55^{b}
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	125.30 ± 2.40^{a}	187.60 ± 3.40^{b}
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	1.84 ± 0.10^{a}	2.07 ± 0.15^{b}
النشاط المضاد للأكسدة (%)	49.05 ± 0.55^{a}	77.52 ± 0.61^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

توضح النتائج في الجدول (٥) انخفاض قيم كل من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات وفيتامين C في العصير الطازج انخفاضاً معنوياً بالمقارنة مع جذور الجزر الأسود الطازجة، حيث بلغت القيم ١٨٧.٨، ٥٤.٣٢، ١٢٥.٣، ١.٨٤ على الترتيب، ويمكن تفسير هذا الانخفاض بأنه نتيجة لفقدان المواد الفعالة الموجودة في لب الجزر وقشوره، والتي قد لا يتم استخلاصها على نحو فعال عند العصر وهذا يتوافق مع نتائج دراسة (Holtung et al., 2011) والذين بينوا أن المحتوى الفينولي العالي لبواقي عملية عصر التوت (قشور وبذور وبعض اللب) والتي تفوق كمية الفينولات الموجودة في العصير الخام بأربع أضعاف ويتوافق أيضاً مع (Lee et al., 2002) والذين أوضحوا فقدان الأنثوسيانينات بنسبة ٥% أثناء استخلاص عصير التوت الأزرق وذلك في مخلفات العصر.

قد يرجع السبب أيضاً إلى استخدام العصارة التي تعتمد على قوة الطرد المركزي في فصل مستخلص العصير عن اللب والقشور والتي تستخدم شفرة معدنية سريعة الدوران موضوعة بجوار مرشح شبكي، وعندما تدور الشفرة المعدنية بسرعة عالية جداً، فإنها تولد حرارة، مما قد يؤثر سلباً في محتويات العصير الحساسة للحرارة، وقد اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Kim *et al.*, 2017)، والذين وجدوا انخفاضاً في محتوى الفينولات والأنثوسيانينات وفيتامين C في عصير العنب المستخرج بواسطة عصارة طرد مركزي عالية السرعة.

قد ترجع الخسائر الواضحة للبوليفينولات إلى تفاعلات الأكسدة والتحلل من خلال عمل إنزيم البوليفينول أوكسيديز الموجود بشكل أساسي في الفاكهة والخضروات ولم تكن حرارة الاستخلاص كافية لإيقاف عمله (Renard *et al.*, 2011).

يُلاحظ أيضاً وفقاً للجدول (٥) انخفاض قيمة النشاط المضاد للأكسدة انخفاضاً معنوياً بالمقارنة مع الجزر الأسود الطازج لتبلغ قيمتها ٤٩.٠٥% وقد يكون انخفاضها بسبب انخفاض قيم المركبات

النشطة بيولوجياً (الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات وفيتامين C) وذلك وفقاً لـ (Teixeira *et al.*, 2009).

٤-٥-تقدير مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود الطازج:

يُظهر الجدول (٦) تأثير عملية استخلاص العصير في مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود الطازج وذلك بالمقارنة مع مؤشرات اللون للجزر الأسود الطازج.

جدول ٦؛ مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود الطازج

المؤشرات المدروسة	عصير الجزر الأسود الطازج	الجزر الأسود الطازج
L*	33.05 ± 0.15^{a}	27.54 ± 0.33^{b}
a*	5.36 ± 0.12^{a}	7.42 ± 0.15^{b}
b*	-1.20 ± 0.21^{a}	-0.80 ± 0.05^{b}
Chroma	5.49 ± 0.18^{a}	7.46 ± 0.21^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يلاحظ وفقاً للجدول (٦) وجود فروق معنوية بين جميع قيم مؤشرات اللون لكل من العصير الطازج وجذور الجزر الأسود الطازج حيث بلغت قيم مؤشرات L* و a* و b* للعصير الطازج ٣٣.٠٥، 5.36، - ١.٢٠ على الترتيب، مما يُوضح زيادة معنوية في قيمة مؤشري L* و b* وانخفاض معنوي في قيمة مؤشر a* مما يعني زيادة سطوع اللون وزيادة شدة اللون الأزرق وانخفاض شدة اللون الأحمر، وبذلك يُلاحظ علاقة سلبية بين كمية الأنثوسيانينات وقيم كل من مؤشرات L* و b* بينما تكون العلاقة إيجابية بين كمية الأنثوسيانينات وقيمة مؤشر a* ويتوافق ذلك مع نتائج (Pilando *et al.*, 1985) بوجود علاقة سلبية بين قيم مؤشرات L* و b* وكمية الأنثوسيانينات في عصائر التوت.

نستنتج ارتباط الاختلافات الملحوظة في قيم اللون بتغير كمية الأنثوسيانين بشكل رئيس وبالإضافة إلى ذلك، لا يتم منع نشاط أنزيم بولي فينول أكسيداز (PPO) عند إجراء عملية استخلاص

العصير في غياب الحرارة اللازمة لإيقافه، مما قد يؤثر أيضاً في لون العصير وذلك عن طريق تحويل المركبات الفينولية إلى بوليميرات داكنة اللون بوجود أكسجين الهواء (Mendes Lopes *et al.*, 2016)، ويُلاحظ أيضاً انخفاض درجة تشبع اللون بعد استخلاص العصير والتي بلغت 5.49 وقد يعود السبب إلى عملية الأكسدة الناتجة عن التعرض المطول للهواء والأكسجين أثناء عملية استخلاص العصير مما يؤدي إلى تأكسد الأنثوسيانين في العصير وفقدان اللون الزاهي وقد تؤدي عملية ترشيح العصير إلى فقد بعض الملونات في العصير وبالتالي انخفاض مستوى تشبع اللون (Aghajanzadeh *et al.*, 2023).

٤-٦-محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في عصير الجزر الأسود المبستر والطازج:

يُظهر الجدول (٧) تأثير عملية البسترة السريعة في محتوى عصير الجزر من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة وذلك بالمقارنة مع عصير الجزر الأسود الطازج.

جدول ٧؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المبستر

المؤشرات المدروسة	عصير الجزر الأسود المبستر (على أساس الوزن الرطب)	عصير الجزر الأسود الطازج (على أساس الوزن الرطب)
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	180.50 ± 2.40^{a}	187.80 ± 1.44^{b}
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	49.30 ± 0.75^{a}	54.32 ± 0.98^{b}
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	121.60 ± 1.56^{a}	125.30 ± 2.40^{b}
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	1.12 ± 0.05^{a}	1.84 ± 0.10^{b}
النشاط المضاد للأكسدة (%)	46.03 ± 0.61^{a}	49.05 ± 0.55^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يظهر الجدول رقم (٧) وجود فروق معنوية في قيم جميع المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة بين عصير الجزر الأسود المبستر والطازج فنلاحظ انخفاضاً طفيفاً (<١٠%) في قيمة كل من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات والنشاط المضاد للأكسدة لعصير الجزر الأسود بعد إجراء البسترة السريعة وذلك بالمقارنة مع قيمها في العصير الطازج حيث بلغت القيم ١٨٠.٥%، ٤٩.٣%، ١٢١.٦%، ٤٦.٠٣% على الترتيب، ويبدو أن التحلل الحراري البسيط هو السبب الأكثر احتمالاً لفقد المركبات النشطة بيولوجياً بعد البسترة وهذا يعتمد على تركيبها الكيميائي فيُلاحظ تأثير طفيف في الأنثوسيانين في الجزر الأسود بسبب الثبات العالي لبنية الأنثوسيانين المؤسيل وذلك عند ٩٠ درجة مئوية (Sadilova *et al.*, 2007).

ويُفسّر ذلك أيضاً بأن المعاملات الحرارية قد تسبب انقسام الروابط التساهمية وتعديلات في عدد وترتيبات المجموعات الهيدروكسيلية والغليكوزيلات في الأنثوسيانين (Zhang *et al.*, 2012) وقد تم الحصول على نتائج مماثلة بواسطة (Türkyılmaz *et al.*, 2012) حيث أدت البسترة إلى انخفاض بنسبة ٣-١٦% في محتويات الأنثوسيانين في عصائر الجزر الأسود أو لم تؤثر في استقرار الأنثوسيانين في الجزر الأسود (Turker *et al.*, 2004)، وعلاوة على ذلك أفاد (Brownmiller *et al.*, 2008) أن وقت البسترة القصير المستخدم لعصائر التوت، عادة ٦٠-٩٠ ثانية عند ٩٠ درجة مئوية، أدى إلى خسائر طفيفة (<١٠%) من الأنثوسيانين وذلك لأن الوقت القصير ودرجة الحرارة المنخفضة يحسنان احتباس الأنثوسيانين، بينما تناقضت نتائج هذا البحث مع نتائج الدراسة التي أجراها (Hartmann *et al.*, 2008) على منتجات الفريز المبسترة، حيث كان الفقد من المركبات الفينولية يتراوح بين ١٠% -٢٧% أثناء التصنيع على نطاق المختبر ويؤكد هذا التباين أن تأثير المعالجة الحرارية يعتمد على شدة العملية الحرارية، والعوامل المحددة التي تميز المصفوفة الغذائية وحساسية المواد الكيميائية النباتية المختلفة لدرجة الحرارة (Rawson *et al.*, 2011).

بالنسبة لفيتامين C (حمض الأسكوربيك) فقد انخفضت نسبته بعد البسترة إلى ١.١٢% بمعدل ٣٩.١٣% وقد توافقت نتائج هذا البحث مع نتائج (Grewal and Jain, 1982) والذي وضّح فقدان حمض الأسكوربيك بنسبة ٢٧.٦٢% بعد بسترة عصير الجزر وذلك بسبب حساسيته الشديدة للحرارة.

أما النشاط المضاد للأكسدة فقد انخفض أيضاً إلى ٤٦.٠٣% ويعود ذلك إلى الارتباط الوثيق بين قدرة المواد النباتية المضادة للأكسدة وكمية الأنثوسيانين والمركبات الفينولية في النباتات حيث تزيد بزيادتها وتنخفض بانخفاضها (Kalt *et al.*, 1999).

٤-٧-تقدير مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود المبستر:

يُظهر الجدول (٨) تأثير عملية البسترة السريعة في مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود المبستر وذلك بالمقارنة مع مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود الطازج.

جدول ٨؛ مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود المبستر

المؤشرات المدروسة	عصير الجزر الأسود المبستر	عصير الجزر الأسود الطازج
L*	33.40 ± 0.44^{a}	33.05 ± 0.15^{b}
a*	4.92 ± 0.52^{a}	5.36 ± 0.12^{b}
b*	-1.36 ± 0.02^{a}	-1.20 ± 0.21^{b}
Chroma	5.10 ± 0.08^{a}	5.49 ± 0.16^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يعد لون العصائر عاملاً أساسياً يأخذه المستهلك بعين الاعتبار عند تقييم جودة العصير والقبول الحسي (Mena *et al.*, 2013)، ويوضح الجدول (٨) وجود فروق معنوية بين جميع قيم مؤشرات اللون لكل من العصير الطازج والعصير المبستر فيُلاحظ زيادة معنوية في قيمة مؤشري L* و b* والتي بلغت قيمتها ٣٣.٤٠ و1.36- على الترتيب مما يعني زيادة السطوع وزيادة شدة اللون الأزرق وانخفاضاً معنوياً في قيمة مؤشر a* لتبلغ ٤.٩٢ مما يعني انخفاض شدة اللون الأحمر بينما

انخفضت قيمة الـ Chroma التي تعبر عن درجة تشبع اللون لتبلغ ٥.١٠ بعد البسترة ويمكن تفسير ذلك بأن تغير اللون في المنتجات ذات التركيز العالي من الأنثوسيانين يرتبط بتدهور الأصبغة (Fischer *et al.*, 2013) حيث أن انخفاض كمية محتوى الأنثوسيانين الإجمالي بعد عملية البسترة أدت إلى انخفاض قيمة مؤشر a* نتيجة العلاقة الإيجابية بين كمية الأنثوسيانين ودرجة الاحمرار (a*) وزيادة قيمة مؤشري L* وb* بسبب العلاقة السلبية بينهما وبين كمية الأنثوسيانين (Mena *et al.*, 2013) وقد توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Turfan *et al.*, 2011) والذين لاحظوا انخفاضاً في قيمة المؤشر a* نتيجة للمعالجة الحرارية لعصائر الرمان من الثمار والفاكهة الكاملة عند ٩٥ درجة مئوية لمدة ١٠ دقائق بينما لم تتوافق مع النتائج التي حصل عليها (Fischer *et al.*, 2011) والذين لاحظوا زيادة بسيطة في قيمة المؤشر a* في عصير الرمان أيضاً بعد عملية البسترة السريعة لوقت قصير والذين فسروا نتائجهم بتحويل الليوكوأنثوسيانين عديم اللون إلى أنثوسيانين أحمر، عند تسخينه في ظروف حمضية وبالتالي زيادة درجة الاحمرار (a*) (Belitz *et al.*, 2009).

٤-٨-تأثير التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المبستر في المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

دُرست نتائج تأثير التخزين المبرد بدرجة حرارة ٤مْ لمدة ٦٠ يوماً في كل من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المبستر والموضحة في الجدول (٩):

جدول ٩؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة خلال التخزين المبرد لعصير الجزر المبستر.

المؤشر	مدة التخزين (يوم)		
	0	30	60
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	180.50 ± 2.40^{a}	178.30 ± 1.09^{b}	182.13 ± 1.50^{c}
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	49.30 ± 0.75^{a}	48.02 ± 0.66^{b}	46.12 ± 0.81^{c}
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	121.60 ± 1.56^{a}	120.30 ± 2.20^{b}	118.60 ± 2.21^{c}
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	1.12 ± 0.05^{a}	0.95 ± 0.02^{b}	0.86 ± 0.06^{c}
النشاط المضاد للأكسدة (%)	46.03 ± 0.61^{a}	45.07 ± 0.48^{b}	42.90 ± 0.33^{c}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يظهر الجدول (٩) وجود فروق معنوية في جميع المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المبستر خلال التخزين المبرد على درجة حرارة ٤م° وذلك بين بداية التخزين وبعد مرور شهر ونهاية التخزين بعد شهرين ويُلاحظ انخفاض في قيمة الفينولات الكلية في الشهر الأول يليها زيادة ملحوظة مع زيادة وقت التخزين ويمكن تفسير ذلك بأنه من الممكن أن تتشكل بعض المركبات أثناء تخزين العصير والتي قد تتفاعل مع كاشف Folin–Ciocalteu وتعزز بشكل كبير محتوى الفينول(Piljac–Žegarac *et al.*, 2009) وقد توافقت نتائجنا مع (Klimczak *et al.*, 2007) الذين لاحظوا انخفاضاً أولياً في قيمة الفينولات الكلية وتلتها زيادة كبيرة بعد مرور ٤ أشهر على التخزين المبرد وتشير النتائج التي توصلنا إليها إلى أن التخزين المبرد لمدة ٣٠ يوماً لعصير الجزر الأسود المبستر سبب انخفاضاً طفيفاً في تركيز المركبات الفينولية، وهو ما يتفق مع ملاحظة (Kevers *et al.*, 2007) بأن المركبات الفينولية للعديد من الفاكهة والخضروات تظل ثابتة أثناء الشهر الأول من التخزين المبرد.

يُلاحظ أيضاً انخفاض كل من الأنثوسيانين والفلافونيدات الكلية لتبلغ ١١٨.٦، ٤٦.١٢ مغ/١٠٠غ على الترتيب، في نهاية مدة التخزين المبرد ويعد هذا الانخفاض طفيفاً مقارنة بانخفاض الأنثوسيانين في البرتقال الدموي والذي يعد غير مستقر وذلك بناءً على نتائج دراسة (Maccarone *et al.*, 1985) الذين أبلغوا عن انخفاض مركب الأنثوسيانين بشكل كبير أثناء المعالجة الحرارية والتخزين، وفسروا ذلك بإمكانية تحلل مركب الأنثوسيانين وتشكيله مركبات بنية اللون وغير مرغوبة، تُفقد عصير البرتقال الدموي لونه الأحمر الفاتح وتكسبه لوناً بنياً.

أما بالنسبة لفيتامين C، فقد انخفض ليبلغ ٠.٨٢ مغ/١٠٠غ بعد مرور ٦٠ يوماً على تخزين العصير المبستر وهذا يتفق مع العديد من الدراسات على تخزين العصائر المحتوية على فيتامين C والتي أشارت إلى تناقصه أثناء التخزين، اعتماداً على ظروف التخزين مثل درجة الحرارة ومحتوى الأكسجين والضوء(Alwazeer *et al.*, 2003; Blasco *et al.*, 2004).

أبلغ (Trifiró *et al.*, 1995) أيضاً عن انخفاض قدره ٨% في تركيز حمض الأسكوربيك في عصير البرتقال الطازج المخزن عند درجة حرارة ٣ مئوية، على الرغم من أن العصير قد تم بسترته وتخزينه لمدة ٣٠ يوماً.

مع ذلك، أبلغ (Bull *et al.*, 2004) عن عدم وجود اختلافات بين العصير المبستر(٦٥ درجة مئوية، دقيقة واحدة)، والعصير الطازج فقد وجدوا انخفاضاً في تركيز حمض الأسكوربيك في جميع العصائر مع زيادة مدة التخزين، بغض النظر عن المعاملة المطبقة ودرجة حرارة التخزين (٤ و١٠ درجة مئوية) ويُلاحظ أيضاً انخفاض إجمالي النشاط المضاد للأكسدة ليبلغ ٤٢.٩% في نهاية مدة التخزين، وهذا ما يتوافق مع نتائج (Polydera *et al.*, 2005) والذي وجد انخفاضاً في النشاط المضاد للأكسدة خلال التخزين المبرد لعصير البرتقال الطازج المبستر حرارياً (٨٠ درجة مئوية، ٦٠ ثانية)، ويعود هذا الانخفاض إلى فقدان حمض الأسكوربيك مع زيادة وقت التخزين.

٤-٩-تأثير التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المبستر في مؤشرات لونه:

دُرست نتائج تأثير التخزين المبرد بدرجة حرارة ٤مْ لمدة ٦٠ يوماً في كل مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود المبستر والمتمثلة بدرجة السطوع (L*) ودرجة الاحمرار/الاخضرار (a*) ودرجة الاصفرار/الازرقاق (b*) ودرجة تشبع اللون (Chroma) ووُضحت النتائج في الجدول (١٠):

جدول ١٠؛ مؤشرات اللون لعصير الجزر المبستر خلال مدة التخزين المبرد

المؤشر	مدة التخزين (يوم)		
	0	30	60
L*	33.40 ± 0.44^a	33.32 ± 0.15^a	33.10 ± 0.62^a
a*	4.92 ± 0.52^a	4.96 ± 0.22^a	5.04 ± 0.11^a
b*	-1.36 ± 0.02^a	-1.36 ± 0.01^a	-1.32 ± 0.08^a
Chroma	5.10 ± 0.08^a	5.14 ± 0.10^a	5.20 ± 0.05^a

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يوضح الجدول (١٠) عدم وجود فروق معنوية في جميع مؤشرات اللون لعصير الجزر المبستر طوال مدة التخزين المبرد وقد توافقت النتائج مع (Esteve *et al.*, 2005) والذين قاموا بدراسة العديد من عصائر البرتقال المبسترة والمبردة التي تم شراؤها في السوق وقاموا بتقييم تباين الألوان أثناء التخزين عند ٤ و١٠ درجات مئوية لمدة ٦ أسابيع. وقد لاحظوا أثناء التخزين عند ٤ درجات مئوية، فروقاً غير معنوية في قيمة مؤشرات L* و*a و*b بينما كانت هناك اختلافات واضحة في مؤشرات اللون عند التخزين على درجة حرارة ١٠مْ وتوافقت أيضاً مع (Rodrigo *et al.*, 2003) والذي درس لون عصائر البرتقال والجزر المبسترة والمبردة على درجة حرارة ٤مْ خلال التخزين لمدة (١-٦) أسابيع وكانت اختلافات اللون ضئيلة غير مهمة عند نهاية مدة التخزين.

٤-١٠-تأثير عملية تركيز العصير في المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

يظهر الجدول التالي (١١) متوسط نتائج قيم الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات وفيتامين C والنشاط المضاد للأكسدة لكل من عصير الجزر الأسود المركز وجذور الجزر الأسود الطازجة وذلك على أساس الوزن الجاف وذلك بسبب الاختلاف الكبير في الرطوبة بين الجزر الطازج ومركزه.

جدول١١؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المركز

المؤشرات المدروسة	الجزر أسود طازج (على أساس الوزن الجاف)	عصير مركز (على أساس الوزن الجاف)
الرطوبة (%)	88.32 ± 0.71^{a}	44.63 ± 0.25^{b}
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	2130.12 ± 5.15^{a}	1047.71 ± 2.55^{b}
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	724.48 ± 4.10^{a}	484.77 ± 1.20^{b}
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	1606.15 ± 2.88^{a}	931.01 ± 3.50^{b}
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	17.72 ± 0.72^{a}	11.70 ± 0.55^{b}
النشاط المضاد للأكسدة (%)	633.69 ± 2.75^{a}	312.47 ± 1.42^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

في وقتنا الحالي وفي تركيا على وجه الخصوص، يتم معالجة غالبية محصول الجزر الأسود إلى مركز للحصول على صبغة الأنثوسيانين، مما يجعل مركز الجزر الأسود منتجاً صناعياً هاماً (Bilek *et al.*, 2017) وترتبط جودة المنتج الصناعي النهائي بثبات المركبات النشطة بيولوجياً ومدى مقاومتها لخطوات التصنيع المختلفة بشكل مباشر، فعندما تكون خطوات المعالجة منظمة بشكل جيد،

يمكن الحفاظ على الجودة النهائية لمركز الجزر الأسود بشكل أكبر من حيث المركبات النشطة بيولوجياً وبالتالي النشاط المضاد للأكسدة.

يوضح الجدول (١١) وجود فروق معنوية في قيم جميع المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة بين العصير المركز والجزر الأسود الطازج فيُلاحظ انخفاض محتوى المركز من الفينولات الكلية والأنثوسيانينات والفلافونيدات الكلية وفيتامين C والنشاط المضاد للأكسدة انخفاضاً معنوياً مقارنة بالجزر الطازج فأدت عملية تركيز عصير الجزر الأسود إلى فقد في محتوى الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات حوالي ٥١%، ٤٥%، ٤٢% على الترتيب فبلغت قيمة الفينولات الكلية ١٠٤٧.٧١ مغ/١٠٠غ والفلافونيدات الكلية ٤٨٤.٧١ مغ/١٠٠غ والأنثوسيانينات ٩٣١.٠١ مغ/١٠٠غ وذلك على أساس الوزن الجاف.

لم تتوافق النتائج مع الدراسة التي أجروها (Bilek *et al.*, 2017) والذين وجدوا أن تدهور الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات للجزر الأسود يصل إلى ٢٥ و٢٠ و١٩% على الترتيب، بينما توافقت مع نتائج (Suzme *et al.*, 2014) حيث كانت نسبة الفقد ٧٠ و٧٣ و٤٤% على الترتيب، وقد ينشأ هذا التباين في نسب الفقد من الاختلافات في إجراءات أخذ العينات، وظروف عملية التركيز.

من الواضح أن الفقد يعود إلى خطوتين أساسيتين في صناعة المركز وهما عملية استخلاص العصير باستخدام عصارة الطرد المركزي وفصل اللب والقشور وفق ما تم ذكره سابقاً بالإضافة إلى التأثيرات الحرارية والكيميائية (تغير درجة البركس) التي تحدث أثناء عملية التركيز وتشمل هذه العوامل حرارة التبخر والأكسدة والتحلل الحراري والتأثيرات الكيميائية الأخرى التي قد تؤدي إلى تحطيم المركبات النشطة بيولوجياً.

يلاحظ أيضاً وفق الجدول (١١) خسارة في قيمة الأنثوسيانينات بنسبة ٤٢% في العصير المركز ويعود تدهورها خلال عملية التصنيع إلى عدة عوامل متداخلة أهمها الحرارة، pH، نواتج تفكك

السكريات، الأكسجين وحمض الأسكوربيك (Enaru, 2021).

بالنسبة لفيتامين C كانت نسبة الفقد ٣٤% حيث بلغت قيمته ١١.٧٠ مغ/١٠٠غ على أساس الوزن الجاف ويعود هذا التدهور إلى أكسدة حمض الأسكوربيك إلى حمض ثنائي هيدروأسكوربيك dehydroascorbic acid وذلك نتيجة حساسيته العالية للحرارة والأكسجين ويشير (Gutzeit *et al.*, 2008) إلى تدهور فيتامين C في مركز عصير توت النبق البحري (Sea Buckthorn Berries) بنسبة ٤٩.٧% وفسّر هذا الفقد نتيجة حدوث التفاعلات الكيميائية الهوائية واللاهوائية لفيتامين C والتي تحدث عند دخول الهواء إلى العصير أثناء خطوات عملية التركيز ابتداء من خطوة استخلاص العصير.

أما بالنسبة للنشاط المضاد للأكسدة والذي انخفض بنسبة ٥٠% في المركز بالمقارنة مع الجزر الأسود الطازج وذلك على أساس الوزن الجاف وهذا يتفق مع نتائج العديد من الدراسات السابقة والتي وجدت أن قدرة المواد النباتية المضادة للأكسدة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكمية الأنثوسيانين والمركبات الفينولية في النباتات (Kalt *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2014).

٤-١١-تأثير عملية تركيز عصير الجزر الأسود في لونه:

يُظهر الجدول (١٢) تأثير عملية التركيز تحت التفريغ في مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود المركز وذلك بالمقارنة مع مؤشرات اللون لعصير الجزر الأسود الطازج.

جدول ١٢؛ مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود المركز

مؤشرات اللون	عصير الجزر الطازج	العصير المركز
L*	33.05 ± 0.15^{a}	15.06 ± 0.11^{b}
a*	5.36 ± 0.12^{a}	3.50 ± 0.05^{b}
b*	-1.20 ± 0.21^{a}	-3.10 ± 0.10^{b}
Chroma	5.49 ± 0.18^{a}	4.67 ± 0.08^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

أظهرت دراسة تغير لون عصير الجزر الأسود أثناء التركيز باستخدام طريقة التركيز تحت التفريغ، انخفاض قيم مؤشرات اللون *L و*a وChroma انخفاضاً معنوياً وزيادة قيمة مؤشر زيادة معنوية بالمقارنة مع عصير الجزر الأسود الطازج وفقاً للجدول (١٢) مما يؤكد تغير مكونات اللون المرئي لعينات العصير.

يُلاحظ وفقاً للجدول (١٢) انخفاض قيمة مؤشر *L بشكل كبير والتي بلغت ١٥.٠٦ مما يعني أن المركز قد أصبح لونه أغمق وقد يكون ذلك بسبب زيادة تركيز المواد الصلبة وزيادة الكثافة، وقد أفادت العديد من الدراسات أن الانخفاض في قيمة *L يرتبط بشكل جيد مع الزيادات في تحمير الأطعمة أي بالمعالجة الحرارية (Maskan *et al.*, 2002) وقد يعود انخفاض قيمة مؤشر *a وزيادة قيمة مؤشر *b والتي بلغت ٣.٥، 3.10- على الترتيب والذي يعني انخفاض شدة اللون الأحمر وزيادة شدة اللون الأزرق إلى مجموعة من الأسباب المتعلقة بالنطاق الواسع من تفاعلات الاسمرار غير الأنزيمية الناتجة عن المعاملات الحرارية بالإضافة إلى المركبات البنية الداكنة الناتجة عن تفاعل ميلارد وأيضاً قد يرجع السبب إلى التدهور الحراري لصباغ الأنثوسيانين.

هناك العديد من الدراسات عن تأثيرات السكر ومنتجات تحلله، بما في ذلك تسريع تحلل الأنثوسيانين وتعزيز تفاعلات الاسمرار غير الإنزيمية أثناء التركيز الحراري (Cemeroglu *et al.*, 1994; Suh *et al.*, 2003) وأن تدهور اللون يزيد مع تركيز المواد الصلبة القابلة للذوبان.

٤-١٢-تأثير التخزين المبرد لمركّز الجزر الأسود في محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

يتم تركيز العصائر بشكل عام لضمان عمر تخزين أطول بسبب النشاط المائي المنخفض للمركز وسهولة نقله (Ashurst, 2016) ولذلك دُرست نتائج تأثير التخزين المبرد بدرجة حرارة ٤مْ لمدة ٦٠ يوماً في كل من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات والنشاط المضاد للأكسدة في العصير المركز والموضحة في الجدول (١٣):

جدول ١٣؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة خلال التخزين المبرد لعصير الجزر المركز

المؤشر(على أساس الوزن الجاف)	مدة التخزين (يوم)		
	0	30	60
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	1047.71 ± 2.55[a]	1055.50 ± 3.22[b]	1070.50 ± 1.18[c]
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	484.77 ± 1.20[a]	475.32 ± 2.15[b]	420.15 ± 0.99[c]
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	931.01 ± 3.50[a]	920.04 ± 1.80[b]	904.50 ± 2.65[c]
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	11.70 ± 0.55[a]	6.30 ± 0.21[b]	3.80 ± 0.05[c]
النشاط المضاد للأكسدة (%)	312.47 ± 1.42[a]	310.20 ± 2.11[a]	295.40 ± 1.50[b]

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يُظهر الجدول (١٣) وجود فروق معنوية في جميع المركبات الفعالة بيولوجياً في العصير المركز خلال التخزين المبرد على درجة حرارة ٤م° وذلك بين بداية التخزين وبعد مرور شهر ونهاية التخزين بعد شهرين، بينما أظهر عدم وجود فرق معنوي في النشاط المضاد للأكسدة في بداية التخزين وبعد مرور شهر على التخزين ثم أصبح الفرق في النشاط المضاد للأكسدة معنوياً عند نهاية التخزين بعد مرور شهرين.

تعد أصباغ الأنثوسيانين من أهم عناصر جودة مركز عصير الجزر الأسود، ونلاحظ من الجدول (١٣) ومع زيادة مدة التخزين، أن إجمالي محتوى الأنثوسيانين قد انخفض في المركز بنسبة ٢.٤٨% من ٩٣١.٠١ إلى ٩٠٤.٥ مغ/١٠٠غ، يمكن أن يكون الانخفاض في محتوى الأنثوسيانين مرتبطاً بانخفاض ثبات وتدهور صبغة الأنثوسيانين أثناء التخزين. يعد هذا الانخفاض قليل نسبياً بالمقارنة مع الأنثوسيانين في الأنواع الأخرى كالرمان وذلك في دراسة أجراها (Pravallika *et al.*, 2023) حيث انخفضت الأنثوسيانينات بنسبة ٥٩% تقريباً بعد ٤٢ يوماً من التخزين المبرد لمركز عصير الرمان وكانت الأنثوسيانينات المؤسيلة أكثر استقراراً بشكل ملحوظ من الأنثوسيانينات غير المؤسيلة في جميع درجات حرارة التخزين (Kamiloglu *et al.*, 2015a; Türkyılmaz *et al.*, 2012).

أما الفلافونيدات الكلية فقد انخفضت أيضاً إلى ٤٢٠.١٥ مغ/١٠٠غ، ويرجع ذلك إلى التحلل الكيميائي أو التأكسد الناتج عن تفاعل الفلافونيدات مع أكسجين الهواء ويمكن أن تتسبب الحرارة والضوء الذين يتعرض لهما المركز أثناء التخزين أيضاً في تحطيم الروابط الكيميائية للفلافونيدات.

تلعب المركبات الفينولية دوراً مهماً في تحديد لون ونكهة المنتج فهي شديدة التقلب وتتأكسد بسهولة (Karpagavalli and Amutha, 2015) وبالرغم من ذلك نلاحظ زيادة في كمية الفينولات مع زيادة مدة التخزين حيث وصلت قيمتها إلى ١٠٧٠.٥ مغ/١٠٠غ بعد أن كانت ١٠٤٧.٧١ مغ/١٠٠غ في المركز الطازج ويمكن تفسير ذلك بأنه من الممكن أثناء تخزين العصير أن يتم تشكيل

بعض المركبات التي تتفاعل مع كاشف Folin–Ciocalteu وتعزز بشكل كبير محتوى الفينولات مما يوضح أن طريقة تقدير الفينولات الكلية لا تعطي صورة كاملة عن كمية أو نوعية المكونات الفينولية ولذلك أكد العديد من الباحثين على أهمية طريقة الاستخلاص في تحديد أنواع المركبات التي سيتم الحصول عليها، لأن المركبات المختلفة لها استجابات مختلفة للطرق، وقد يحتوي المستخلص على مركبات غير فينولية، والتي تمتص في الأشعة فوق البنفسجية مما قد يؤثر على معرفة التغير الحقيقي في إجمالي محتوى الفينول (Torres *et al.*, 1987).

بشكل متوافق مع نتائج هذه الدراسة، درس (Chaudhary *et al.*, 2016) المركبات الفينولية في البرسيم المجفف بالطاقة الشمسية أثناء التخزين البارد ولاحظ وجود انخفاض في محتوى الفينولات وقد يكون الفقدان التدريجي لإجمالي الفينولات أثناء التخزين بسبب تكثيفها إلى أصباغ بنية. أما (Lewis and Heppell, 2000) فقد أبلغ عن زيادة في تركيزات الأنثوسيانينات والفلافونيدات الكلية لدرنات البطاطا الملونة أثناء التخزين البارد (٤ درجات مئوية).

غالباً ما يستخدم فيتامين C كمؤشر للاحتفاظ الكلي بالقيمة الغذائية للمنتجات لأنه أقل العناصر الغذائية استقراراً وهو ذو حساسية عالية للأكسدة ويبدأ بالتحلل مباشرة بعد الحصاد ويستمر أيضاً في التحلل حتى أثناء التخزين المطول للمنتجات المجمدة (Franke *et al.*, 2004)، وأشارت نتائج هذا البحث إلى أن محتوى حمض الأسكوربيك في مركز عصير الجزر الأسود انخفض بشكل ملحوظ خلال مدة التخزين بأكملها، وقد يكون الانخفاض بسبب أكسدة حمض الأسكوربيك إلى حمض ديهيدروأسكوربيك وهذا يتوافق مع نتائج (Nath, 2013)، والذي لاحظ الانخفاض الكبير لفيتامين C في التخزين المبرد للقرع وبالنسبة لنشاط مضادات الأكسدة أثناء التخزين فقد انخفض إلى ٢٩٥.٤% في نهاية مدة التخزين ويمكن أن يكون الانخفاض في نشاط مضادات الأكسدة مرتبطاً بانخفاض حمض الأسكوربيك والأنثوسيانين ومحتوى الفلافونويد الكلي، وتوافق ذلك مع نتائج دراسة

(Walkowiak–Tomczak, 2007) والذي لاحظ أيضاً انخفاضاً في نشاط مضادات الأكسدة أثناء تخزين مركز عصير التوت الأسود.

٤-١٣-تأثير التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المركز في مؤشرات لونه:

دُرست نتائج تأثير التخزين المبرد بدرجة حرارة ٤مْ لمدة ٦٠ يوماً في كل مؤشرات اللون الخاصة بعصير الجزر الأسود المركز والمتمثلة بدرجة السطوع (L*) ودرجة الاحمرار/الاخضرار (a*) ودرجة الاصفرار/الازرقاق (b*) ودرجة تشبع اللون (Chroma) ووُضحت النتائج في الجدول (١٤):

جدول ١٤؛ مؤشرات اللون لعصير الجزر المركز خلال مدة التخزين المبرد

المؤشر	مدة التخزين (يوم)		
	0	30	60
L*	15.06 ± 0.11^{a}	13.70 ± 0.25^{b}	12.50 ± 0.26^{c}
a*	3.50 ± 0.05^{a}	3.10 ± 0.01^{b}	2.84 ± 0.09^{c}
b*	-3.10 ± 0.10^{a}	-5.89 ± 0.12^{b}	-6.15 ± 0.10^{c}
Chroma	4.67 ± 0.08^{a}	6.65 ± 0.15^{b}	6.77 ± 0.01^{c}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يوضح الجدول (١٤) وجود فروق معنوية في جميع مؤشرات اللون لعصير الجزر المركز طوال مدة التخزين المبرد ويُلاحظ انخفاض قيم كل من مؤشري L* و a* انخفاضاً معنوياً وزيادة قيمة مؤشر b* وقيمة الـ chroma (درجة التشبع) زيادة معنوية مع زيادة مدة التخزين.

بلغت قيمة كل من مؤشرات L* و a* و b* بعد مرور شهرين على التخزين 12.5، 2.84، 6.15- مما يعني انخفاض السطوع وانخفاض شدة اللون الأحمر وزيادة شدة اللون الأزرق وقد توافقت هذه النتائج مع النتائج التي توصل إليها عدد من الباحثين خلال بعض الدراسات التي أجريت على تخزين مركز عصير الكرز الحامض وعينات دبس العنب المختلفة بأن قيمة L* قد انخفضت مع

التخزين (Erceyes, 2014; Kayişoğlu, 2001; Özhan, 2008) أي أن لون المركز قد أصبح أغمق.

يُعتقد أن الانخفاض في قيمة a* في نهاية التخزين نتج عن تحلل الأنثوسيانين، وفي المقابل، فإن الزيادة في قيمة b* تنتج عن منتجات تفاعل Maillard التي تكونت من تفاعل تقليل السكريات والأحماض الأمينية في الأطعمة المعالجة حرارياً.

٤-١٤-تأثير عملية تجفيف الجزر الأسود في المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

يعد التجفيف من أقدم طرائق حفظ الأغذية ويتيح تناول الأطعمة في كل موسم، تعمل هذه الطريقة على تقليل النشاط المائي للأطعمة وتقليل التفاعلات الكيميائية والميكروبيولوجية والإنزيمية بالإضافة إلى إطالة مدة الصلاحية عن طريق منع التلف (Santos and Silva, 2008)، ويظهر الجدول التالي(١٥) متوسط نتائج قيم الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات وفيتامين C والنشاط المضاد للأكسدة لكل من مسحوق الجزر الأسود وجذور الجزر الأسود الطازجة وذلك على أساس الوزن الجاف وذلك بسبب الاختلاف الكبير في الرطوبة بين الجزر الطازج ومسحوقه المجفف.

جدول ١٥؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة في مسحوق الجزر الأسود

المؤشرات المدروسة	جزر أسود طازج (على أساس الوزن الجاف)	مسحوق الجزر الأسود (على أساس الوزن الجاف)
الرطوبة (%)	88.32 ± 0.71^{a}	8.00 ± 0.06^{b}
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	2130.12 ± 5.15^{a}	348.36 ± 1.20^{b}
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	724.48 ± 4.10^{a}	100.13 ± 2.65^{b}
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	1606.15 ± 2.88^{a}	393.15 ± 2.14^{b}
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	17.72 ± 0.72^{a}	2.15 ± 0.03^{b}
النشاط المضاد للأكسدة (%)	633.69 ± 2.75^{a}	91.55 ± 1.01^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يوضح الجدول (١٥) وجود فروق معنوية في قيم جميع المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة بين مسحوق الجزر الأسود والجزر الأسود الطازج فيُلاحظ انخفاض محتوى مسحوق

الجزر الأسود من الفينولات الكلية والأنثوسيانينات والفلافونيدات الكلية وفيتامين C والنشاط المضاد للأكسدة انخفاضاً معنوياً مقارنة بالجزر الطازج.

تم اتباع طريقة التجفيف بالهواء الساخن على درجة حرارة ٦٠مْ، وتدل البيانات الموجودة في الجدول رقم (١٥) إلى تدهور جميع المواد الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة وذلك على أساس الوزن الجاف حيث بلغت نسبة الفقد في الفينولات الكلية ٨٣.٦٤% والفلافونيدات الكلية ٨٦.١٧% والأنثوسيانينات ٧٥.٥٢% وفي فيتامين C ٨٧.٨٦%، أما بالنسبة للنشاط المضاد للأكسدة فقد بلغت نسبة الفقد ٨٥.٥٥%، ويُلاحظ أن التجفيف بالهواء الساخن قد أدى إلى تدهور في جميع المواد الفعالة بيولوجياً فنجد أن فيتامين C (حمض الأسكوربيك) قد تهدم تقريباً بالكامل ويعود ذلك إلى أكسدته إلى حمض ثنائي هيدروأسكوربيك dehydroascorbic acid وذلك نتيجة حساسيته العالية للحرارة والأكسجين، ولم تتوافق النتائج مع نتائج دراسة (Kim *et al.*, 2006) والذين وجدوا أن نسبة الفقد في فيتامين C قد تصل إلى ٨١% في بعض الخضروات والفاكهة المجففة ويعود ذلك إلى اختلاف شروط العملية واختلاف نوع الأدوات المستخدمة وما يحدث من تهدم لفيتامين C بعملية التجفيف المتبعة ينطبق على الفينولات الكلية والأنثوسيانينات والفلافونيدات الكلية.

يمكن تفسير الانخفاض في إجمالي محتوى الفينولات والفلافونيدات الكلية أثناء عملية التجفيف بسبب ارتباط البوليفينولات بالبروتينات، والتغيرات في تركيباتها الكيميائية وانخفاض كفاءة الاستخلاص بالإضافة إلى ذلك، يعد تنشيط الإنزيمات المؤكسدة مثل البوليفينول أوكسيديز والبيروكسيديز هو العامل المهم الآخر المتعلق بفقد المحتوى الفينولي الإجمالي (Gümüşay *et al.*, 2015; Kamiloglu *et al.*, 2016)، وقد ورد في الدراسات السابقة أن المعاملات الحرارية تسببت في تدهور الفينولات في تفل الجزر الأسود وكانت نسبة الفقد أعلى مع زيادة درجات حرارة التجفيف (Kırca *et al.*, 2007; Murali *et al.*, 2015).

يُعتقد أن تحلل الأنثوسيانين يرجع بشكل أساسي إلى تفاعلات الأكسدة المتزايدة وانهيار الروابط التساهمية نتيجة للعملية الحرارية وأثناء عملية التجفيف، يمكن تفكيك الأنثوسيانين إلى جزيئات أصغر بما في ذلك الألدهيدات ومنتجات حمض البنزويك الثانوية أو الأنثوسيانيدينات المقابلة (Zorić *et al.*, 2014). أما بالنسبة للنشاط المضاد للأكسدة فيعتمد الانخفاض في قيمته على التحلل الإنزيمي أو الكيميائي أو الحراري للمركبات النشطة بيولوجياً في درجات حرارة عالية (Nicoli *et al.*, 1999).

٤-١٥-تأثير عملية تجفيف الجزر الأسود في اللون:

يُظهر الجدول (١٦) تأثير عملية التجفيف بالهواء الساخن في مؤشرات اللون لمسحوق الجزر الأسود المجفف وذلك بالمقارنة مع مؤشرات اللون للجزر الأسود الطازج.

جدول ١٦؛ مؤشرات اللون الخاصة بمسحوق الجزر الأسود المجفف

مؤشرات اللون	الجزر الأسود الطازج	المسحوق
L*	27.54 ± 0.33^{a}	35.79 ± 0.33^{b}
a*	7.42 ± 0.15^{a}	9.12 ± 0.15^{b}
b*	-0.80 ± 0.05^{a}	-0.86 ± 0.02^{a}
Chroma	7.46 ± 0.21^{a}	9.16 ± 0.21^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

أظهرت دراسة تغير لون مسحوق الجزر الأسود المجفف فروقاً معنوية في قيمة كل من مؤشرات L* و a* وChroma بينما لم يكن هناك فرقاً معنوياً في قيمة مؤشر b* وذلك بالمقارنة مع الجزر الأسود الطازج.

يُلاحظ وفقاً للجدول (١٦) أن عملية التجفيف قد أدت إلى زيادة كبيرة في قيم مؤشرات L* و a* وإلى زيادة طفيفة في قيمة b* مما يعني زيادة سطوع اللون وزيادة شدة اللون الأحمر بشكل كبير وزيادة شدة اللون الأزرق بشكل طفيف ويتوافق ذلك مع ما ذكره (Keskin *et al.*, 2019) عن ارتفاع

في مؤشرات *L في الخضروات المختلفة بعد التجفيف وتشير قيم *L الأعلى للعينات المجففة إلى أن لونها أفتح وأكثر إشراقاً مقارنة بالعينات الطازجة. وقد أفاد (Janiszewska–Turak *et al.*, 2021) أن عملية التجفيف تسببت في حدوث تغييرات في بنية خلية العينة مما أدى إلى تلف المكونات الكيميائية (نقص صبغة الأنثوسيانين) وتعديلها جزئياً وبذلك يمكن تفسير اختلاف اللون بين العينات الطازجة والمجففة بهذا التعديل.

٤-١٦-تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر الأسود في محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

من الهام جداً تعيين ثباتية ومدة صلاحية وتغيرات الجودة خلال تعبئة وتخزين المنتجات المجففة (Hossain *et al.*, 2008) ولذلك فقد دُرست نتائج تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمدة ٦٠ يوماً في كل من الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات والنشاط المضاد للأكسدة في المسحوق والموضحة في الجدول(١٧):

جدول ١٧؛ محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة خلال التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر المجفف.

المؤشر	مدة التخزين (يوم)		
	0	30	60
الفينولات الكلية (مغ/١٠٠غ)	348.36 ± 1.20^{a}	284.98 ± 0.88^{b}	311.25 ± 1.55^{c}
الفلافونيدات الكلية (مغ/١٠٠غ)	100.13 ± 2.65^{a}	90.25 ± 1.05^{b}	60.32 ± 0.72^{c}
الأنثوسيانينات (مغ/١٠٠غ)	393.15 ± 2.14^{a}	350.28 ± 1.45^{b}	300.50 ± 3.10^{c}
فيتامين C (مغ/١٠٠غ)	2.15 ± 0.03^{a}	1.12 ± 0.02^{b}	0.22 ± 0.01^{c}
النشاط المضاد للأكسدة (%)	91.55 ± 1.01^{a}	88.12 ± 0.69^{b}	91.15 ± 2.15^{a}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يُظهر الجدول (١٧) وجود فروق معنوية في جميع المركبات الفعالة بيولوجياً في المسحوق خلال التخزين في مكان جاف ومظلم وذلك بين بداية التخزين وبعد مرور شهر ونهاية مدة التخزين بعد شهرين، بينما أظهر وجود فرق معنوي في النشاط المضاد للأكسدة في بداية التخزين وبعد مرور شهر على التخزين فقط ثم أصبح الفرق غير معنوياً عند نهاية مدة التخزين بعد مرور شهرين.

نلاحظ مساراً مشابهاً في تغير المركبات الفعالة بيولوجياً عند المقارنة مع تخزين العصير المركز ولكن الانخفاض في المسحوق كان أكبر فنلاحظ وفقاً للجدول (١٧) انخفاضاً أولياً ثم زيادة في كمية الفينولات مع زيادة مدة التخزين، حيث بلغت قيمتها في الشهر الأول ٢٨٤.٩٨ مغ/١٠٠غ وارتفعت من جديد في الشهر الثاني من التخزين لتصل إلى ٣١١.٢٥ /١٠٠غ، ويمكن تفسير ذلك بأنه من الممكن أثناء تخزين العصير أن يتم تشكيل بعض المركبات التي تتفاعل مع كاشف Folin–Ciocalteu وتعزز بشكل كبير محتوى الفينولات مما يوضح أن طريقة تقدير الفينولات الكلية لا تعطي صورة كاملة عن كمية أو نوعية المكونات الفينولية ولذلك أكد العديد من المؤلفين على أهمية طريقة الاستخلاص المتبعة في تحديد أنواع المركبات التي سيتم الحصول عليها، لأن المركبات المختلفة لها استجابات مختلفة للطرق، وقد يحتوي المستخلص على مركبات غير فينولية، والتي تمتص في الأشعة فوق البنفسجية مما قد يؤثر في معرفة التغير الحقيقي في إجمالي محتوى الفينول (Torres *et al.*, 1987) وقد توافقت النتائج مع (Flores *et al.*, 2014) والذي لاحظ انخفاضاً مؤقتاً في الفينولات يليها زيادة سريعة حتى نهاية مدة التخزين وذلك في التوت البري المجفف.

بالنسبة للفلافونيدات الكلية والأنثوسيانينات فقد انخفضت أيضاً لتصل إلى ٦٠.٣٢ و٣٠٠.٥ مغ/١٠٠غ على الترتيب، ويعود ذلك إلى التدهور الحراري لهذه المركبات.

أما بالنسبة لفيتامين C والذي يعد مركباً شديد الحساسية للحرارة والضوء فقد انخفض أيضاً بشكل كبير بعد مرور مدة التخزين ليصل إلى ٠.٢٢ مغ/١٠٠غ، وقد يعود الانخفاض إلى أكسدة حمض الأسكوربيك إلى حمض ديهيدروأسكوربيك (Nath, 2013).

أما النشاط المضاد للأكسدة أثناء التخزين فقد انخفض في الشهر الأول ثم عاد ليقترب من قيمته الأولية (في بداية التخزين) مع نهاية مدة التخزين ليبلغ ٩١.١٥%، ويعود السبب في ذلك إلى أن المركبات الفينولية الناتجة عن التحلل الحراري أو البلمرة جزئياً أو كلياً قد عوضت عن الخسارة في نشاط مضادات الأكسدة الناتجة عن انخفاض الأنثوسيانينات والفلافونيدات الكلية وفيتامينC، علاوة على ذلك أظهرت العديد من الأبحاث أن إجمالي قدرة مضادات الأكسدة بقيت دون تغيير أو زادت بشكل طفيف فقط مع انخفاض إجمالي الأنثوسيانين (Hager *et al.*, 2008).

٤-١٧-تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر الأسود في مؤشرات لونه:

دُرست نتائج تأثير التخزين في مكان جاف ومظلم لمدة ٦٠ يوماً في كل مؤشرات اللون الخاصة بمسحوق الجزر الأسود والمتمثلة بدرجة السطوع (L*) ودرجة الاحمرار/الاخضرار (a*) ودرجة الاصفرار/الازرقاق (b*) ودرجة تشبع اللون (Chroma) ووُضحت النتائج في الجدول(١٨):

جدول ١٨؛ مؤشرات اللون لمسحوق الجزر الأسود المجفف خلال مدة التخزين

المؤشر	مدة التخزين (يوم)		
	0	30	60
L*	35.79 ± 0.33^{a}	33.02 ± 0.18^{b}	30.54 ± 0.38^{c}
a*	9.12 ± 0.15^{a}	8.12 ± 0.06^{b}	8.05 ± 0.05^{b}
b*	-0.86 ± 0.02^{a}	$-0.80 \pm 0.04^{a,b}$	-0.76 ± 0.01^{b}
Chroma	9.16 ± 0.21^{a}	8.15 ± 0.05^{b}	8.08 ± 0.11^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يوضح الجدول (١٨) وجود فروق معنوية في مؤشر L* بالمقارنة بين بداية التخزين ومرور شهر ونهاية مدة التخزين بعد مرور شهرين فنلاحظ انخفاض مؤشر L* انخفاضاً معنوياً مع زيادة مدة التخزين مما يعني أن المسحوق قد أصبح أغمق.

بالنسبة لمؤشر *a، يوضح الجدول (١٨) عدم وجود فروق معنوية بين شدة اللون الأحمر في بداية التخزين وبعد مرور شهر بالإضافة إلى عدم وجود فرق معنوي في قيمة هذا المؤشر في مدة التخزين لمدة شهر وبين قيمته في نهاية مدة التخزين بعد مرور شهرين.

أما المؤشر *b وقيمة الـ Chroma (درجة التشبع) فقد كانت هناك فروقاً معنوية بين قيمتها في بداية التخزين وقيمتها بعد مرور شهر على التخزين، ولم يكن هناك فرقاً معنوياً بين قيمتها في مدة التخزين لمدة شهر وبين قيمتها في نهاية مدة التخزين بعد مرور شهرين.

فيُلاحظ انخفاض جميع مؤشرات اللون بالإضافة إلى انخفاض الـ chroma (درجة التشبع) مع زيادة مدة التخزين حيث بلغت قيمة كل من *L و*a و*b بعد مرور شهرين من التخزين 30.54، ٨.٠٥، −0.76 على الترتيب، وهذا يعني أن اللون قد أصبح أغمق قليلاً ويعتقد أن الانخفاض قد نشأ من نواتج عمليات الأكسدة والتدهور الحراري والتي ينشأ عنها أصباغ بنية ذات لون غامق (Loypimai *et al.*, 2016).

٤-١٨-اختبارات اللون للمنتجات المعاملة بمسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر:

جدول ١٩؛ مؤشرات اللون لمخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر

	المؤشرات اللونية	زمن التخليل	
		الزمن صفر(بعد مرور ساعة)	بعد ١٠ أيام
مسحوق الجزر الأسود ٥%	L*	55.10 ± 0.26^{a}	50.80 ± 0.15^{b}
	a*	1.20 ± 0.02^{a}	0.95 ± 0.01^{b}
	b*	0.12 ± 0.01^{a}	0.16 ± 0.03^{b}
	Chroma	13.00 ± 0.10^{a}	0.96 ± 0.05^{b}
مسحوق الشوندر الأحمر ٥%	L*	62.50 ± 0.55^{a}	60.50 ± 0.69^{b}
	a*	32.40 ± 0.24^{a}	34.70 ± 0.35^{b}
	b*	11.30 ± 0.15^{a}	9.01 ± 0.11^{b}
	Chroma	34.31 ± 0.62^{a}	$35.85 \pm 0.0.41^{b}$
مسحوق الجزر الأسود ١٠%	L*	45.40 ± 0.33^{a}	41.20 ± 0.28^{b}
	a*	2.50 ± 0.06^{a}	1.15 ± 0.01^{b}
	b*	0.18 ± 0.01^{a}	0.25 ± 0.02^{b}
	Chroma	2.50 ± 0.05^{a}	1.17 ± 0.04^{b}
مسحوق الشوندر الأحمر ١٠%	L*	60.80 ± 0.72^{a}	58.90 ± 0.48^{b}
	a*	41.20 ± 0.12^{a}	45.30 ± 0.32^{b}
	b*	17.60 ± 0.19^{a}	16.20 ± 0.24^{b}
	Chroma	44.80 ± 0.15^{a}	48.10 ± 0.30^{b}
مسحوق الجزر الأسود ١٥%	L*	36.50 ± 0.51^{a}	32.40 ± 0.22^{b}
	a*	4.50 ± 0.08^{a}	3.10 ± 0.02^{b}
	b*	2.00 ± 0.01^{a}	2.50 ± 0.03^{b}
	Chroma	4.92 ± 0.06^{a}	3.98 ± 0.05^{b}
مسحوق الشوندر الأحمر ١٥%	L*	55.12 ± 0.44^{a}	53.12 ± 0.58^{b}
	a*	37.20 ± 0.15^{a}	44.10 ± 0.26^{b}
	b*	10.50 ± 0.11^{a}	8.90 ± 0.08^{b}
	Chroma	38.65 ± 0.81^{a}	44.98 ± 0.20^{b}

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

يظهر الجدول (١٩) المقارنة من ناحية اللون بين مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر والمضافان بالنسب ذاتها(٥%، ١٠%، ١٥%) وذلك في بداية التخليل وبعد مرور ١٠ أيام، ويُلاحظ وفقاً للنتائج الواردة في الجدول انخفاض قيمة مؤشر *L مع زيادة زمن التخليل في كل من مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر في جميع نسب الإضافة ٥% و١٠% و١٥%، وهذا يدل أن اللون يصبح أغمق بالإضافة إلى انخفاض قيمة مؤشر *L أيضاً مع زيادة النسبة المضافة من المسحوق في كل من مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر، وهذا يتوافق مع نتائج دراسة (Chow and Liu, 1999) والتي بينت انخفاض قيم درجة السطوع بشكل ملحوظ اعتماداً على كمية مسحوق الجزر المستخدم في عينات الشوكولاته.

يُلاحظ الفرق الكبير بين قيم مؤشر *a في مخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر ومخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود لجميع نسب الإضافة فكانت أعلى بكثير في مخلل الزهرة الملون بالشوندر مما يدل على ميل اللون إلى الاحمرار.

أظهر كل من المُلونين (مسحوق الشوندر الأحمر ومسحوق الجزر الأسود) لوناً واضحاً في عينات مخلل الزهرة بشكل لا يتوافق مع (Dias *et al.*, 2020) والذين عملوا على تلوين فول الصويا المخمر الشبيه باللبن الرائب بكل من صبغتي الأنثوسيانين والبيتالين الطبيعيتين وأظهرت النتائج أن صبغة الأنثوسيانين الطبيعية أعطت لوناً جذاباً واضحاً بينما لم تسبب صبغة البيتالين الطبيعية تغيراً باللون بشكل ملحوظ.

٤-١٩-دراسة الخصائص الحسية لكل من مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر:

تشير النتائج في الجدول (٢٠) إلى متوسط الخصائص الحسية لعينات مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود ومخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر بنسب مختلفة (٥، ١٠، ١٥)%.

جدول ٢٠؛ الخصائص الحسية لعينات مخلل القرنبيط (الزهرة) الملونة

العينات	مخلل الزهرة مع مسحوق الجزر الأسود			مخلل الزهرة مع مسحوق الشوندر الأحمر		
	%5	%10	%15	%5	%10	%15
الطعم	8.20 ± 0.12[a]	7.30 ± 0.06[b]	6.40 ± 0.02[c]	8.50 ± 0.10[d]	8.20 ± 0.04[a]	7.00 ± 0.11[e]
اللون	8.00 ± 0.04[a]	7.40 ± 0.11[b]	6.70 ± 0.01[c]	8.40 ± 0.08[d]	7.80 ± 0.01[a]	7.00 ± 0.15[e]
الرائحة	8.00 ± 0.12[a]	7.40 ± 0.05[b]	6.60 ± 0.04[c]	8.30 ± 0.14[d]	7.40 ± 0.02[e]	6.80 ± 0.08[c]
النكهة	7.90 ± 0.02[a]	7.20 ± 0.10[b]	6.60 ± 0.12[c]	7.90 ± 0.05[a]	7.50 ± 0.01[d]	7.50 ± 0.03[d]
القبول العام	8.02 ± 0.06[a]	7.32 ± 0.15[b]	6.57 ± 0.06[c]	8.27 ± 0.01[d]	7.72 ± 0.10[e]	7.07 ± 0.02[f]

تدل الأحرف المتشابهة في الصف الواحد على عدم وجود فروق معنوية ($p \leq 0.05$)

خضعت عينات مخلل القرنبيط (الزهرة) المصنعة بإضافة ملون الجزر الأسود وملون الشوندر الأحمر بنسب مختلفة (٥، ١٠، ١٥)% على شكل مسحوق، للتقييم الحسي وذلك بناءً على مقياس هيدونيك وفقاً للجدول (٢٠). وقد كان لعينة مخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر ٥% الأثر المعنوي الأكبر في إعطاء أعلى درجات القبول الحسي بكافة المؤشرات المدروسة (الطعم واللون والرائحة والقبول العام) مقارنة مع جميع العينات الأخرى المدروسة.

يوضح الجدول (٢٠) أيضاً عدم وجود بعض الفروق المعنوية في بعض الخصائص الحسية المدروسة (الطعم واللون والرائحة والقبول العام) بين عينات مخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر وعينات مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود، فيلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين درجتي(الطعم واللون) لعينة مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود بنسبة ٥% وعينة مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الشوندر الأحمر بنسبة ١٠%، وبالنسبة للرائحة، فيُلاحظ أيضاً عدم وجود فرق معنوي

بين عينة مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود بنسبة ١٥% وعينة مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الشوندر الأحمر بنسبة ١٥%.

فيما يخص النكهة، لوحظ عدم وجود فرق معنوي بين مخلل الزهرة الملون بمسحوق الجزر الأسود بنسبة ٥% وعينة مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الشوندر الأحمر بنسبة ٥% بالإضافة إلى عدم وجود فرق معنوي بين مخلل الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر بنسبة ١٠% و١٥%.

بشكل عام، نلاحظ وفقاً للجدول(٢٠) تفوق عينتا المخلل بالنسبة المضافة (٥%) لكل من مسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر بكافة المؤشرات المدروسة (الطعم واللون والرائحة والقبول العام)، بينما تراجعت عينتا المخلل بالنسبة المضافة (١٥%) لكل من مسحوق الجزر الأسود ومسحوق الشوندر الأحمر بكافة المؤشرات المدروسة.

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and Recommendations

١- الاستنتاجات:

١. احتواء الجزر الأسود على تركيب كيميائي فريد من حيث المركبات الفعالة بيولوجياً.

٢. التأثير الطفيف لعملية البسترة السريعة في عصير الجزر الأسود من ناحية محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه.

٣. التأثير الكبير لعملية التركيز تحت التفريغ في الجزر الأسود من ناحية محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه.

٤. التأثير الكبير لعملية التجفيف بالهواء الساخن في الجزر الأسود من ناحية محتواه من المركبات الفعالة بيولوجياً ولونه والذي يفوق تأثير عملية التركيز تحت التفريغ.

٥. كانت نسبة الفقد في اللون والمحتوى من المواد الفعالة بيولوجياً طفيفة خلال مدة التخزين المبرد لعصير الجزر الأسود المبستر، وكانت أكبر في العصير المركز بينما زادت بشكل كبير خلال مدة التخزين في مكان جاف ومظلم لمسحوق الجزر المجفف.

٦. أهمية عملية التخزين المبرد للمنتجات (عصير، مركز) في الحفاظ على اللون والمحتوى من المواد الفعالة بيولوجياً.

٧. أعطت إضافة مسحوق الجزر الأسود كمُلون لمخلل الزهرة لوناً واضحاً في جميع نسب الإضافة المدروسة.

٨. كانت ألوان عينات مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الجزر الأسود أفتح من عينات مخلل الزهرة الملونة بمسحوق الشوندر الأحمر في جميع نسب الإضافة المدروسة.

٩. أبدت عينة مخلل (القرنبيط) الزهرة الملون بمسحوق الشوندر الأحمر ٥% الأثر المعنوي الأكبر في إعطاء أعلى درجات القبول الحسي بكافة المؤشرات المدروسة (الطعم واللون والرائحة والقبول العام) مقارنة مع جميع العينات الأخرى المدروسة.

٢- التوصيات:

١. دراسة المزيد حول تأثير استخدام مسحوق الجزر الأسود كملون طبيعي في الجودة الصحية والغذائية والحسية لمنتجات الأغذية الأخرى، لتحديد إمكانية استخدامه في تدعيم وتحسين مظهر وجاذبية هذه المنتجات.

٢. توجيه الجهود نحو تطوير تقنيات جديدة لإنتاج مسحوق الجزر الأسود المُلوِن بجودة عالية وكفاءة محسنة، كتقنيات التجفيد أو التجفيف بالرذاذ ليتمكن منتجي المواد الخام من الحصول على مسحوق جزر أسود عالي الجودة وفعال من ناحية التكلفة الاقتصادية.

٣. التوسع في دراسة تأثير مختلف تقنيات التصنيع كالبسترة، التركيز والتجفيف وغيرها في اللون والجودة الغذائية لمنتجات الجزر الأسود، وتحديد العمليات الأكثر فعالية على صعيد الحفاظ على اللون الطبيعي والجودة الغذائية.

الفصل الخامس

المراجع

References

١ – قائمة المراجع:

Aghajanzadeh, S., Ziaiifar, A. M., & Verkerk, R. (2023). **Effect of thermal and non-thermal treatments on the color of citrus juice**: A review. Food Reviews International, 39(6), 3555-3577.

Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Tariq, R. M. S., ... & Akhtar, S. (2019). **Phytochemicals in Daucus carota and their health benefits. Foods**, 8(9), 424.

Ahmed, A. A., Bishr, M. M., El-Shanawany, M. A., Attia, E. Z., Ross, S. A., & Paré, P. W. (2005). **Rare trisubstituted sesquiterpenes daucanes from the wild Daucus carota**. Phytochemistry*, 66*(14), 1680-1684.

Akhtar, S., Rauf, A., Imran, M., Qamar, M., Riaz, M., & Mubarak, M. S. (2017). **Black carrot (Daucus carota L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: A review**. Trends in Food Science & Technology*, 66*, 36-47.

Al-Awwadi, N., Bornet, A., Delbosc, S., Cristol, J., Auger, C., Rouanet, J., . . . Teissedre, P. (2005). **Skins and seeds grape polyphenolic extracts (anthocyanins, procyanidins and oligomers) reduce oxidative stress and NADPH oxidase activation in insulin resistance-induced cardiac hypertrophy and cardiovascular complications in the fructose fed rat**.

Al-Safadi, B. (2008). **Characterization and distribution of Daucus species in Syria**. Biologia*, 63*, 177-182.

Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P., Shahidi, F., & Wiktorowicz, R. (2005). **Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots**. Food Chemistry*, 89*(1), 69-76.

Alasalvar, C., Grigor, J. M., Zhang, D., Quantick, P. C., & Shahidi, F. (2001). **Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49*(3), 1410-1416.

Algarra, M., Fernandes, A., Mateus, N., de Freitas, V., da Silva, J. C. E., & Casado, J. (2014). **Anthocyanin profile and antioxidant capacity of black carrots (Daucus carota L. ssp. sativus var. atrorubens Alef.) from Cuevas Bajas, Spain**. Journal of Food Composition and Analysis*, 33*(1), 71-76.

Alwazeer, D., Delbeau, C., Divies, C., & Cachon, R. (2003). **Use of redox potential modification by gas improves microbial quality, color retention, and ascorbic acid stability of pasteurized orange juice**. International Journal of Food Microbiology*, 89*(1), 21-29.

Anderson, R. A. (2008). **Chromium and polyphenols from cinnamon improve insulin sensitivity: plenary lecture**. Proceedings of the Nutrition Society*, 67*(1), 48-53.

AOAC. (2016). **Official methods of analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 20th Ed. (On-line). AOAC International, Rockville, MD.

AOAC. (2015). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists. 18th Ed. AOAC, Arlington.

AOAC.. (2008). **Official Methods of Analysis.** Association of Official Analytical Chemists, 16th Ed. International Arligton, Virginia, U.S.A.

AOAC. (2006). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, 18th Ed. Washington.

AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, 17th Ed. Washington.

AOAC. (2000). **Official method of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists 17th Ed. Solids (Total) in Fruits and Fruit Products).

AOAC. (1990). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists. Fiber (Acid Detergent) and Lignin in Animal Feed. 15th Ed. Washington.

AOAC. (1980). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists 13th Ed. Washington

Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Özyürek, M., Çelik, S. E., Bektaşoğlu, B., . . . Özyurt, D. (2007). **Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay**. Molecules*, 12*(7), 1496-1547.

Arfaoui, L. (2021). **Dietary plant polyphenols: Effects of food processing on their content and bioavailability**. Molecules*, 26*(10), 2959.

Arscott, S. A., & Tanumihardjo, S. A. (2010). **Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food**. Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9*(2), 223-239.

Asami, D. K., Hong, Y.-J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2003). **Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51*(5), 1237-1241.

Ashour, M. L., & Wink, M. (2011). **Genus Bupleurum: a review of its phytochemistry, pharmacology and modes of action**. Journal of pharmacy and pharmacology*, 63*(3), 305-321.

Ashurst, P. R.(2016). **Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices**: John Wiley & Sons.

Aung, H. H., Dey, L., Mehendale, S., Xie, J.-T., Wu, J. A., & Yuan, C.-S. (2003). **Scutellaria baicalensis extract decreases cisplatin-induced pica in rats**. Cancer chemotherapy and Pharmacology*, 52*, 453-458.

Bancroft, J. D., & Gamble, M.(2008). **Theory and practice of histological techniques**: Elsevier health sciences.

Baria, B., Singh, A. K., Panjagari, N. R., Arora, S., & Minz, P. (2021). **Colouring properties and stability of black carrot anthocyanins in yoghurt**. Journal of Food Science and Technology*, 58*, 3953-3962.

Bassama, J., Tamba, A., Ndong, M., Sarr, K. D. D., & Cissé, M. (2020). **Degradation kinetics of betacyanins during the pasteurization and storage of cactus pear (Opuntia dillenii haw.) juice using the arrhenius, eyring, and ball models**. Beverages*, 7*(1), 2.

Beecher, G. R. (2003). **Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake**. The Journal of nutrition*, 133*(10), 3248S-3254S.

Behera, S. S., El Sheikha, A. F., Hammami, R., & Kumar, A. (2020). **Traditionally fermented pickles: How the microbial diversity associated with their nutritional and health benefits?** Journal of functional foods*, 70*, 103971.

Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). **18 Fruits and Fruit Products**.

Bilek, S. E., Yılmaz, F. M., & Özkan, G. (2017). **The effects of industrial production on black carrot concentrate quality and encapsulation of anthocyanins in whey protein hydrogels**. Food and bioproducts processing*, 102*, 72-80.

Blakely, S., Jenkins, M., Mitchell, G., Grundel, E., O'Neill, K. R., Herbert, A., . . . Khachik, F. (2003). **Lutein interacts with ascorbic acid more frequently than with α-tocopherol to alter biomarkers of oxidative stress in female Zucker obese rats**. The Journal of nutrition*, 133*(9), 2838-2844.

Blando, F., Marchello, S., Maiorano, G., Durante, M., Signore, A., Laus, M. N., . . . Mita, G. (2021). **Bioactive compounds and antioxidant capacity in anthocyanin-rich carrots: A comparison between the black carrot and the Apulian landrace "Polignano" carrot**. Plants*, 10*(3), 564.

Blasco, R., Esteve, M., Frígola, A., & Rodrigo, M. (2004). **Ascorbic acid degradation kinetics in mushrooms in a high-temperature short-time process controlled by a thermoresistometer**. LWT-Food Science and Technology*, 37*(2), 171-175.

Bogdanov, S., Martin, P., & Lullmann, C. (2002). **Harmonised methods of the international honey commission**. Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld*, 5*(1).

Bouheroum, M. (2007). **Etude phytochimique des plantes médicinales algériennes: Rhantherim adpressum et Ononis anfustissima**. Thèse de doctorat de l'université de Constantine.

Bradeen, J. M., & Simon, P. W. (2007). **Carrot In Vegetables** (pp. 161-184). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Bransky, J.(2012). **Diet variation and the consumptive effects of native centrarchids on benthic macrovinvertebrates in wetlands**: Florida Atlantic University.

Brownmiller, C., Howard, L., & Prior, R. (2008). **Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products**. Journal of Food Science*, 73*(5), H72-H79.

Bull, M. K., Zerdin, K., Howe, E., Goicoechea, D., Paramanandhan, P., Stockman, R., . . . Stewart, C. M. (2004). **The effect of high pressure processing on the microbial, physical and chemical properties of Valencia and Navel orange juice**. Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5*(2), 135-149.

Büyükdinç, D. T., Kantoğlu, K. Y., Kuşvuran, Ş., İpek, A., Karataş, A., & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2022). **Selection of salt tolerant lines at cell level using gamma ray with callus and suspension culture techniques in black carrots (Daucus carota L. ssp. sativus var. atrorubens Alef.)**. Applied Radiation and Isotopes*, 190*, 110523.

Büyükdinç, D. T., Kantoğlu, K. Y., Karataş, A., İpek, A., & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2019). **Determination of Effective Mutagen Dose for Carrot (Daucus carota ssp. sativus var. atrorubens alef and D. carota) Callus Cultures**.

Caron, V. C., Jacomino, A. P., & Kluge, R. A. (2003). **Storage of'Brasília'carrot treated with waxes**. Horticultura Brasileira*, 21*, 597-600.

Cemeroglu, B., Velioglu, S., & Isik, S. (1994). **Degradation kinetics of anthocyanins in sour cherry juice and concentrate**. Journal of Food Science*, 59*(6), 1216-1218.

Char, C. D. (2017). **Carrots (Daucus carota L.)**. Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health, 2nd Edition, 969-978.

Chaudhary, A., Choudhary, S., Sharma, U., Vig, A., & Arora, S. (2016). **In vitro evaluation of Brassica sprouts for antioxidant and antiproliferative potential**. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 78*(5), 615-623.

Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). **Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review**. Food Chemistry*, 272*, 192-200.

Chigurupati, N., Saiki, L., Gayser Jr, C., & Dash, A. K. (2002). **Evaluation of red cabbage dye as a potential natural color for pharmaceutical use**. International journal of pharmaceutics*, 241*(2), 293-299.

Choudhury, A. K. R.(2014). **Principles of colour and appearance measurement: Object appearance, colour perception and instrumental measurement**: Elsevier.

Chow, S.-C., & Liu, J.-P.(1999). **Design and analysis of bioavailability and bioequivalence studies**: CRC press.

Colquhoun, J., Fitzsimmons, J. P., & Burrill, L. (2003). **Wild carrot: Daucus carota L**.

Dangles, O., Saito, N., & Brouillard, R. (1993). **Kinetic and thermodynamic control of flavylium hydration in the pelargonidin-cinnamic acid complexation. Origin of the extraordinary flower color diversity of Pharbitis nil**. Journal of the American Chemical Society*, 115*(8), 3125-3132.

Day, L., Seymour, R. B., Pitts, K. F., Konczak, I., & Lundin, L. (2009). **Incorporation of functional ingredients into foods**. Trends in Food Science & Technology*, 20*(9), 388-395.

De Ancos, B., González, E. M., & Cano, M. P. (2000). **Ellagic acid, vitamin C, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48*(10), 4565-4570.

Dereli, U., Türkyilmaz, M., Yemiş, O., & Özkan, M. (2015). **Effects of Clarification and Pasteurization on the Phenolics, Antioxidant Capacity, Color Density and Polymeric Color of Black Carrot (D aucus Carota L.) Juice**. Journal of food biochemistry*, 39*(5), 528-537.

Devahastin, S., Suvarnakuta, P., Soponronnarit, S., & Mujumdar, A. (2004). **A comparative study of low-pressure superheated steam and vacuum drying of a heat-sensitive material**. Drying Technology*, 22*(8), 1845-1867.

Dhillon, H., Dhillon, T., & Devi, R. (2016). **Quality characterization in carrot (Daucus carota L.) Germplasm**. Indian J Ecol*, 43*, 330-332.

Dhiman, A., Suhag, R., Chauhan, D. S., Thakur, D., Chhikara, S., & Prabhakar, P. K. (2021). **Status of beetroot processing and processed products: Thermal and emerging technologies intervention**. Trends in Food Science & Technology*, 114*, 443-458.

Dias, S., Castanheira, E. M., Fortes, A. G., Pereira, D. M., & Gonçalves, M. S. T. (2020). **Natural pigments of anthocyanin and betalain for coloring soy-based yogurt alternative**. Foods*, 9*(6), 771.

Ekinci, F. Y., Baser, G. M., Özcan, E., Üstündağ, Ö. G., Korachi, M., Sofu, A., . . . Chen, C.-Y. O. (2016). **Characterization of chemical, biological, and antiproliferative properties of fermented black carrot juice, shalgam**. European Food Research and Technology*, 242*, 1355-1368.

Enaru, B., Drețcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). **Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation**. Antioxidants, 10(12), 1967.

Erceyes, E. (2014). **Quality Changes of Sour Cherry Juice Concentrate during Production and Storage**. Master's Thesis, Gaziosmanpaşa University, Turkey,

Ersus, S., & Yurdagel, U. (2007). **Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (Daucus carota L.) by spray drier**. Journal of food engineering*, 80*(3), 805-812.

Esatbeyoglu, T., Rodríguez-Werner, M., Schlösser, A., Liehr, M., Ipharraguerre, I., Winterhalter, P., & Rimbach, G. (2016). **Fractionation of plant bioactives from black carrots (Daucus carota subspecies sativus varietas atrorubens Alef.) by adsorptive membrane chromatography and analysis of their potential anti-diabetic activity**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64*(29), 5901-5908.

Esteve, M., Frígola, A., Rodrigo, C., & Rodrigo, D. (2005). **Effect of storage period under variable conditions on the chemical and physical composition and colour of Spanish refrigerated orange juices**. Food and Chemical Toxicology*, 43*(9), 1413-1422.

FAO.(2019). **Food and Agriculture Organisation Statistics of the Unitad Nation**. http://faostat.fao.org/faostat.

FAO.(2013). **Food and Agriculture Organisation Statistics of the Unitad Nation**. http://faostat.fao.org/faostat.

Fischer, U. A., Jaksch, A. V., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2013). **Influence of origin source, different fruit tissue and juice extraction methods on anthocyanin, phenolic acid, hydrolysable tannin and isolariciresinol contents of pomegranate (Punica granatum L.) fruits and juices**. European Food Research and Technology*, 237*, 209-221.

Fischer, U. A., Dettmann, J. S., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2011). **Impact of processing and storage on the phenolic profiles and contents of pomegranate (Punica granatum L.) juices**. European Food Research and Technology*, 233*, 797-816.

Flores, F. P., Singh, R. K., & Kong, F. (2014). **Physical and storage properties of spray-dried blueberry pomace extract with whey protein isolate as wall material**. Journal of food engineering*, 137*, 1-6.

Franke, S. I. R., Ckless, K., Silveira, J., Rubensam, G., Brendel, M., Erdtmann, B., & Henriques, J. (2004). **Study of antioxidant and mutagenic activity of different orange juices**. Food Chemistry*, 88*(1), 45-55.

Garba, U., Kaur, S., Gurumayum, S., & Rasane, P. (2015). **Effect of hot water blanching time and drying temperature on the thin layer drying kinetics of and anthocyanin degradation in black carrot (Daucus carota L.) shreds**. Food Technology and Biotechnology*, 53*(3), 324-330.

Garzoli, S., Petralito, S., Ovidi, E., Turchetti, G., Masci, V. L., Tiezzi, A., . . . Giacomello, P. (2020). **Lavandula x intermedia essential oil and hydrolate: Evaluation of chemical composition and antibacterial activity before and after formulation in nanoemulsion**. Industrial Crops and Products*, 145*, 112068.

Geetha, V., Mayookha, V., Das, M., & Kumar, G. S. (2024). **Bioactive carbohydrate polymers from marine sources as potent nutraceuticals in modulating obesity: a review**. Food Science and Biotechnology*, 33*(7), 1517-1528.

Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., & Smith, D. E. (2010). **Calculation of CIE color specifications from reflectance or transmittance spectra**. Food Analysis Laboratory Manual, 171-177.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). **Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems**. Biochemical engineering journal*, 14*(3), 217-225.

Gölge, E., Gülden, O., Kemhlioglu, K., & Demirağ, M. K. (2022). **Effect of black carrot (Daucus carota L.) pomace in cake and cookie formulations as a functional ingredient on sensory analysis**. Food and Health*, 8*(2), 103-110.

Gouma, M., Álvarez, I., Condón, S., & Gayán, E. (2020). **Pasteurization of carrot juice by combining UV-C and mild heat: Impact on shelf-life and quality compared to conventional thermal treatment**. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 64, 102362.

Grewal, K., & Jain, S. (1982). **Physico-chemical characteristics of carrot-juice beverages**.

Grzebelus, D., Baranski, R., Spalik, K., Allender, C., & Simon, P. W. (2011). Daucus. In **Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Vegetables** (pp. 91-113): Springer.

Guldiken, B., Toydemir, G., Nur Memis, K., Okur, S., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2016). **Home-processed red beetroot (Beta vulgaris L.) products: Changes in antioxidant properties and bioaccessibility**. International journal of molecular sciences*, 17*(6), 858.

Güler, Z., Karaca, F., & Yetisir, H. (2015). **Identification of volatile organic compounds (VOCs) in different colour carrot (Daucus carota L.) cultivars using static headspace/gas chromatography/mass spectrometry**. Cogent Food & Agriculture*, 1*(1), 1117275.

Gümüşay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., & Demirkol, O. (2015). **Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger**. Food Chemistry*, 173*, 156-162.

Gutzeit, D., Baleanu, G., Winterhalter, P., & Jerz, G. (2008). **Vitamin C content in sea buckthorn berries (Hippophae rhamnoides L. ssp. rhamnoides) and related products: A kinetic study on storage stability and the determination of processing effects**. Journal of Food Science*, 73*(9), C615-C620.

Hager, T. J., Howard, L. R., & Prior, R. L. (2008). **Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blackberry products**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56*(3), 689-695.

Haq, R.-u., Kumar, P., & Prasad, K. (2015). **Hot air convective dehydration characteristics of Daucus carota var. Nantes**. Cogent Food & Agriculture*, 1*(1), 1096184.

Harborne, J. B., & Grayer, R. J. (1988). The anthocyanins. In **The flavonoids: advances in research since 1980** (pp. 1-20): Springer.

Hartmann, A., Patz, C.-D., Andlauer, W., Dietrich, H., & Ludwig, M. (2008). **Influence of processing on quality parameters of strawberries**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56*(20), 9484-9489.

Heldman, D. R., Hartel, R. W., Heldman, D. R., & Hartel, R. W. (1997). **Refrigerated storage**. Principles of Food Processing, 83-112.

Holtung, L., Grimmer, S., & Aaby, K. (2011). **Effect of processing of black currant press-residue on polyphenol composition and cell proliferation**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59*(8), 3632-3640.

Hossain, M., Amer, B. M., & Gottschalk, K. (2008). **Hybrid solar dryer for quality dried tomato**. Drying Technology*, 26*(12), 1591-1601.

Howard, F. D., MacGillivray, J. H., & Yamaguchi, M. (1962). **Nutrient composition of fresh California-grown vegetables**. Bulletin of the California Agricultural Experiment Station(788).

Jackman, R., & Smith, J. (1996). Anthocyanins and betalains. In **Natural food colorants** (pp. 244-309): Springer.

Janiszewska-Turak, E., Rybak, K., Grzybowska, E., Konopka, E., & Witrowa-Rajchert, D. (2021). **The influence of different pretreatment methods on color and pigment change in beetroot products**. Molecules*, 26*(12), 3683.

Jiao, B., Cassano, A., & Drioli, E. (2004). **Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review**. Journal of food engineering*, 63*(3), 303-324.

Jiménez-Aguilar, D. M., Escobedo-Avellaneda, Z., Martín-Belloso, O., Gutiérrez-Uribe, J., Valdez-Fragoso, A., García-García, R., . . . Welti-Chanes, J. (2015). **Effect of high hydrostatic pressure on the content of phytochemical compounds and antioxidant activity of prickly pears (Opuntia ficus-indica) beverages**. Food engineering reviews*, 7*, 198-208.

Jing, P., Bomser, J. A., Schwartz, S. J., He, J., Magnuson, B. A., & Giusti, M. M. n. (2008). **Structure– function relationships of anthocyanins from various anthocyanin-rich extracts on the inhibition of colon cancer cell growth**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56*(20), 9391-9398.

Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (1999). **Plant systematics: a phylogenetic approach**. Ecología mediterránea*, 25*(2), 215.

Kalt, W., Liu, Y., McDonald, J. E., Vinqvist-Tymchuk, M. R., & Fillmore, S. A. (2014). **Anthocyanin metabolites are abundant and persistent in human urine**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62*(18), 3926-3934.

Kalt, W., Forney, C. F., Martin, A., & Prior, R. L. (1999). **Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47*(11), 4638-4644.

Kamiloglu, S., Van Camp, J., & Capanoglu, E. (2018). **Black carrot polyphenols: Effect of processing, storage and digestion—An overview**. Phytochemistry Reviews*, 17*, 379-395.

Kamiloglu, S., Ozkan, G., Isik, H., Horoz, O., Van Camp, J., & Capanoglu, E. (2017). **Black carrot pomace as a source of polyphenols for enhancing the nutritional value of**

cake: An in vitro digestion study with a standardized static model. Lwt*, 77*, 475-481.

Kamiloglu, S., Capanoglu, E., Bilen, F. D., Gonzales, G. B., Grootaert, C., Van de Wiele, T., & Van Camp, J. (2016). **Bioaccessibility of polyphenols from plant-processing byproducts of black carrot (Daucus carota L.)**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64*(12), 2450-2458.

Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Van Camp, J., & Capanoglu, E. (2015a). **Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (Daucus carota) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion**. Journal of functional foods*, 13*, 1-10.

Kamiloglu, S., Pasli, A. A., Ozcelik, B., Van Camp, J., & Capanoglu, E. (2015b). **Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades**. Food Chemistry*, 186*, 74-82.

Kammerer, D., Carle, R., & Schieber, A. (2004). **Quantification of anthocyanins in black carrot extracts (Daucus carota ssp. sativus var. atrorubens Alef.) and evaluation of their color properties**. European Food Research and Technology*, 219*, 479-486.

Karaman, S., & Ozcan, T. (2021). **Determination of gelation properties and bio-therapeutic potential of black carrot fibre-enriched functional yoghurt produced using pectin and gum arabic as prebiotic**. International Journal of Dairy Technology*, 74*(3), 505-517.

Karpagavalli, B., & Amutha, S. (2015). **Influence of storage condition on the antioxidant activity of pomegranate squash**.

Kaur, A., & Singh Sogi, D. (2020). **Influence of development stages on the physicochemical properties of black carrots (Daucus carota L.)**. Cogent Food & Agriculture*, 6*(1), 1841358.

Kayişoğlu, S. (2001). **A Study on the Effect of Storage Time on some Properties of Grape Molasses Produced Using Different Methods in Tekirdağ Province**. Doctoral Thesis, Trakya University, Turkey,

Keskin, M., Guclu, G., Sekerli, Y. E., Soysal, Y., Selli, S., & Kelebek, H. (2021). **Comparative assessment of volatile and phenolic profiles of fresh black carrot (Daucus carota L.) and powders prepared by three drying methods.** Scientia Horticulturae, 287, 110256.

Keskin, M., Soysal, Y., Sekerli, Y., Arslan, A., & Celiktas, N. (2019). **Assessment of applied microwave power of intermittent microwave-dried carrot powders from Colour and NIRS**.

Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J.-O., Dommes, J., & Pincemail, J. (2007). **Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55*(21), 8596-8603.

Khan, M. K., Ahmad, K., Hassan, S., Imran, M., Ahmad, N., & Xu, C. (2018). **Effect of novel technologies on polyphenols during food processing**. Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45*, 361-381.

Khandare, V., Walia, S., Singh, M., & Kaur, C. (2011). **Black carrot (Daucus carota ssp. sativus) juice: Processing effects on antioxidant composition and color**. Food and bioproducts processing*, 89*(4), 482-486.

Khandare, V. S. (2008). **Antioxidants in Black Carrot (Daucus Carota L.): Processing Strategy for Improved Stability and Functional Quality** (Doctoral dissertation, IARI, Division of Post Harvest Technology of Horticultural Crops, New Delhi).

Kim, M.-J., Jun, J.-G., Park, S.-Y., Choi, M.-J., Park, E., Kim, J.-I., & Kim, M.-J. (2017). **Antioxidant activities of fresh grape juices prepared using various household processing methods**. Food Science and Biotechnology*, 26*, 861-869.

Kim, S., Lee, K. W., Park, J., Lee, H. J., & Hwang, I. K. (2006). **Effect of drying in antioxidant activity and changes of ascorbic acid and colour by different drying and storage in Korean red pepper (Capsicum annuum, L.)**. International Journal of Food Science & Technology*, 41*, 90-95.

Kırca, A., Özkan, M., & Cemeroğlu, B. (2007). **Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins**. Food Chemistry*, 101*(1), 212-218.

Kırca, A., Özkan, M., & Cemeroglu, B. (2006). **Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars**. Food Chemistry*, 97*(4), 598-605.

Klimczak, I., Małecka, M., Szlachta, M., & Gliszczyńska-Świgło, A. (2007). **Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices**. Journal of Food Composition and Analysis*, 20*(3-4), 313-322.

Klopotek, Y., Otto, K., & Böhm, V. (2005). **Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins, and antioxidant capacity**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53*(14), 5640-5646.

Koley, T. K., Singh, S., Khemariya, P., Sarkar, A., Kaur, C., Chaurasia, S., & Naik, P. (2014). **Evaluation of bioactive properties of Indian carrot (Daucus carota L.): A chemometric approach**. Food Research International*, 60*, 76-85.

Konczak, I., & Zhang, W. (2004). **Anthocyanins—more than nature's colours**. Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004*(5), 239.

Kopelman, P. G. (2000). **Obesity as a medical problem**. Nature*, 404*(6778), 635-643.

Kozłowska, M., Żbikowska, A., Szpicer, A., & Półtorak, A. (2019). **Oxidative stability of lipid fractions of sponge-fat cakes after green tea extracts application**. Journal of Food Science and Technology*, 56*, 2628-2638.

Kumar, M., Dahuja, A., Sachdev, A., Kaur, C., Varghese, E., Saha, S., & Sairam, K. (2019). **Valorisation of black carrot pomace: Microwave assisted extraction of bioactive phytoceuticals and antioxidant activity using Box–Behnken design**. Journal of Food Science and Technology*, 56*, 995-1007.

Kumar, N., & Kumar, K. (2011). **Development of carrot pomace and wheat flour based cookies**. Journal of Pure and Applied Science and Technology*, 1*(1), 5-11.

Larmond, E. (1997). **Laboratory Method for Sensory Evaluation of Food Product**. In: New York: Interscience Publishing.

Lebling, R. W., & Pepperdine.(2006). **Natural remedies of Arabia**: Stacey International.

Lee, E. J., Yoo, K. S., & Patil, B. S. (2011). **Total carotenoid, anthocyanin, and sugar contents in sliced or whole purple (cv. Betasweet) and orange carrots during 4-week cold storage**. Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 52*, 402-407.

Lee, J., Durst, R. W., & Wrolstad, R. E. (2002). **Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: Comparison of two pretreatments**. Journal of Food Science*, 67*(5), 1660-1667.

Leja, M., Kamińska, I., Kramer, M., Maksylewicz-Kaul, A., Kammerer, D., Carle, R., & Baranski, R. (2013). **The content of phenolic compounds and radical scavenging activity varies with carrot origin and root color**. Plant Foods for Human Nutrition*, 68*, 163-170.

Leong, S. Y., & Oey, I. (2012). **Effect of endogenous ascorbic acid oxidase activity and stability on vitamin C in carrots (Daucus carota subsp. sativus) during thermal treatment**. Food Chemistry*, 134*(4), 2075-2085.

Lewis, M. J., & Heppell, N. J.(2000). **Continuous thermal processing of foods: pasteurization and UHT sterilization**: Springer.

Li, Y., Van den Ende, W., & Rolland, F. (2014). **Sucrose induction of anthocyanin biosynthesis is mediated by DELLA**. Molecular plant*, 7*(3), 570-572.

Lin, B. W., Gong, C. C., Song, H. F., & Cui, Y. Y. (2017). **Effects of anthocyanins on the prevention and treatment of cancer**. British journal of pharmacology*, 174*(11), 1226-1243.

Lombardelli, C., Benucci, I., Mazzocchi, C., & Esti, M. (2021). **Betalain extracts from beetroot as food colorants: Effect of temperature and UV-light on storability**. Plant Foods for Human Nutrition*, 76*, 347-353.

Iorizzo, M., Senalik, D. A., Ellison, S. L., Grzebelus, D., Cavagnaro, P. F., Allender, C., ... & Simon, P. W. (2013). **Genetic structure and domestication of carrot (Daucus carota subsp. sativus)(Apiaceae)**. American Journal of Botany, 100(5), 930-938.

Loypimai, P., Moongngarm, A., & Chottanom, P. (2016). **Thermal and pH degradation kinetics of anthocyanins in natural food colorant prepared from black rice bran**. Journal of food science and technology, 53, 461-470.

Maccarone, E., MACCARRONE, A., & RAPISARDA, P. (1985). **Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice**. Journal of Food Science*, 50*(4), 901-904.

Malien-Aubert, C., Dangles, O., & Amiot, M. J. (2001). **Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra-and intermolecular copigmentation**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49*(1), 170-176.

Mangaraj, S., Goswami, T., & Panda, D. (2015). **Modeling of gas transmission properties of polymeric films used for MA packaging of fruits**. Journal of Food Science and Technology*, 52*, 5456-5469.

Manzoor, M., Sharma, V., Singh, D., Sohal, J. S., Aseri, G. K., Khare, N., . . . Sharma, D. (2021). **Functional Pediococcus acidilactici BC1 for the revitalization of ethnic black carrot kanji of indian subcontinent**. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31*, 101921.

Marinova, G., & Batchvarov, V. (2011). **Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity by DPPH**. Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 17*(1), 11-24.

Markakis, P. (1982). **Stability of anthocyanins in foods**. Anthocyanins as food colors*, 163*, 180.

Maskan, A., Kaya, S., & Maskan, M. (2002). **Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil)**. Journal of food engineering*, 54*(1), 75-80.

Mena, P., Vegara, S., Martí, N., García-Viguera, C., Saura, D., & Valero, M. (2013). **Changes on indigenous microbiota, colour, bioactive compounds and antioxidant activity of pasteurised pomegranate juice**. Food Chemistry*, 141*(3), 2122-2129.

Mendes Lopes, M. L., Miguel, M. A. L., Fialho, E., & Valente-Mesquita, V. L. (2016). **Grape juice obtained using steam extraction and other small-scale extraction methods: phenolic content, antioxidant capacity and stability during storage**. International Journal of Food Science & Technology*, 51*(7), 1696-1702.

Meščić Macan, A., Gazivoda Kraljević, T., & Raić-Malić, S. (2019). **Therapeutic perspective of vitamin C and its derivatives**. Antioxidants*, 8*(8), 247.

Metzger, B. T., Barnes, D. M., & Reed, J. D. (2008). **Purple carrot (Daucus carota L.) polyacetylenes decrease lipopolysaccharide-induced expression of inflammatory proteins in macrophage and endothelial cells**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56*(10), 3554-3560.

Minatel, I. O., Borges, C. V., Ferreira, M. I., Gomez, H. A. G., Chen, C.-Y. O., & Lima, G. P. P. (2017). **Phenolic compounds: Functional properties, impact of processing and bioavailability**. Phenolic Compd. Biol. Act*, 8*, 1-24.

Montilla, E. C., Arzaba, M. R., Hillebrand, S., & Winterhalter, P. (2011). **Anthocyanin composition of black carrot (Daucus carota ssp. sativus var. atrorubens Alef.)**

cultivars Antonina, Beta Sweet, Deep Purple, and Purple Haze. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59*(7), 3385-3390.

Murali, S., Kar, A., Mohapatra, D., & Kalia, P. (2015). **Encapsulation of black carrot juice using spray and freeze drying**. Food Science and Technology International*, 21*(8), 604-612.

Musilova, J., Lidikova, J., Vollmannova, A., Frankova, H., Urminska, D., Bojnanska, T., & Toth, T. (2020). **Influence of heat treatments on the content of bioactive substances and antioxidant properties of sweet potato (Ipomoea batatas L.) tubers**. Journal of Food quality*, 2020*(1), 8856260.

Nagraj, G. S., Jaiswal, S., Harper, N., & Jaiswal, A. K. (2020). **Carrot. Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables***,* 323-337.

Nath, P., Dukare, A., Kumar, S., Kale, S., & Kannaujia, P. (2022). **Black carrot (Daucus carota subsp. sativus) anthocyanin-infused potato chips: Effect on bioactive composition, color attributes, cooking quality, and microbial stability**. Journal of Food Processing and Preservation*, 46*(1), e16180.

Nath, A. (2013). **Post-harvest Management and Value Addition in Horticultural Crops: Scope for Entrepreneurship Development with Special Reference to North-East India**. Published in Horticulture for economic prosperity and nutritional security in 21st century. Edited by TK Hazarika and BP Nautiyal Published by Westville Publishing House, New Delhi, 207-219.

Netzel, M., Netzel, G., Kammerer, D. R., Schieber, A., Carle, R., Simons, L., . . . Konczak, I. (2007). **Cancer cell antiproliferation activity and metabolism of black carrot anthocyanins**. Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8*(3), 365-372.

Nicoli, M. C., Anese, M., & Parpinel, M. (1999). **Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables**. Trends in Food Science & Technology*, 10*(3), 94-100.

Nishikimi, M., Fukuyama, R., Minoshima, S., Shimizu, N., & Yagi, K. (1994). **Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulono-gamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man**. Journal of biological chemistry*, 269*(18), 13685-13688.

Nowacka, M., Dadan, M., Janowicz, M., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D., Mandal, R., . . . Janiszewska-Turak, E. (2021). **Effect of nonthermal treatments on selected natural food pigments and color changes in plant material**. Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20*(5), 5097-5144.

Oezen, G., Akbulut, M., & Artik, N. (2011). **Stability of black carrot anthocyanins in the Turkish delight (Lokum) during storage**. Journal of Food Process Engineering*, 34*(4), 1282-1297.

Ohira, T., & Iso, H. (2013). **Cardiovascular disease epidemiology in Asia–an overview–**. Circulation Journal*, 77*(7), 1646-1652.

Özdemir, S. S., & Güldemir, O. (2021). **Şalgam ve kanji: kültürlerarasi bir ürün olarak fermente siyah havuç içecekleri**. Motif Akademi Halkbilimi Dergisi*, 14*(35), 1074-1091.

Özhan, N. (2008). **Kinetics of nonenzymatic browning reactions in Carob Pekmez during storage**.

Pala, C., Sevimli-Gur, C., & Yesil-Celiktas, O. (2017). **Green extraction processes focusing on maximization of black carrot anthocyanins along with cytotoxic activities**. Food Analytical Methods*, 10*, 529-538.

Pandey, P., Grover, K., Dhillon, T. S., Kaur, A., & Javed, M. (2021). **Evaluation of polyphenols enriched dairy products developed by incorporating black carrot (Daucus carota L.) concentrate**. Heliyon*, 7*(5).

Pandey, P., & Grover, K. (2020). **Characterization of black carrot (Daucus carota L.) polyphenols; role in health promotion and disease prevention: An overview**. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9*(5), 2784-2792.

Park, S., Kang, S., Jeong, D.-Y., Jeong, S.-Y., & Kim, M. J. (2016). **Black carrots fermented with Lactobacillus plantarum or Aspergillus oryzae prevent cognitive dysfunction by improving hippocampal insulin signalling in amyloid-β infused rats**. Journal of functional foods*, 25*, 354-366.

Park, I. U., Introcaso, C., & Dunne, E. F. (2015). **Human papillomavirus and genital warts: a review of the evidence for the 2015 centers for disease control and prevention sexually transmitted diseases treatment guidelines**. Clinical Infectious Diseases*, 61*(suppl_8), S849-S855.

Pekmez, H., & Yılmaz, B. B. (2020). **Quality characteristics and antioxidant properties of bread incorporated by black carrot (Daucus carota ssp. Sativus var. Atrorubens alef) fiber**. Gıda, 45(2), 2902-298.

Peterson, C. (1986). **Carrot breeding**. Breeding vegetable crops, 321-356.

Pilando, L. S., Wrolstad, R. E., & Heatherbell, D. A. (1985). **Influence of fruit composition, maturity and mold contamination on the color and appearance of strawberry wine**. Journal of Food Science*, 50*(4), 1121-1125.

Piljac-Žegarac, J., Valek, L., Martinez, S., & Belščak, A. (2009). **Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage.** Food Chemistry, 113(2), 394-400.

Pimenov, M., & Leonov, M. (1993). **The Genera of Umbelliferae: a Nomenclator (Kew, UK: Royal Botanic Gardens)**.

Pitchiah, S. (2004). **Development and evaluation of carrot powder as a food ingredient**. Texas Tech University,

Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. H.(2001). **Antioxidants in food: practical applications**: CRC press.

Polydera, A., Stoforos, N., & Taoukis, P. (2005). **Effect of high hydrostatic pressure treatment on post processing antioxidant activity of fresh Navel orange juice**. Food Chemistry*, 91*(3), 495-503.

Poudyal, H., Panchal, S., & Brown, L. (2010). **Comparison of purple carrot juice and β-carotene in a high-carbohydrate, high-fat diet-fed rat model of the metabolic syndrome**. British journal of nutrition*, 104*(9), 1322-1332.

Pravallika, K., Shaik, L., & Chakraborty, S. (2023). **Changes in the quality attributes of pulsed light and thermally pasteurized pomegranate (Punica granatum) juice stored at refrigerated condition (4° C)**. Journal of Food Measurement and Characterization*, 17*(6), 6620-6638.

Prohens, J., Nuez, F., & Carena, M. J. (2008). **Handbook of plant breeding** (pp. 317-349). New York: Springer.

Rakcejeva, T., Augspole, I., Dukalska, L., & Dimins, F. (2012). **Chemical composition of variety'Nante'hybrid carrots cultivated in latvia**. International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 6*(4), 188-194.

Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B., Noci, F., Koutchma, T., & Brunton, N. (2011). **Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances**. Food Research International*, 44*(7), 1875-1887.

Rayman, A., Baysal, T., & Demirdöven, A. (2011). **Optimisation of electroplasmolysis application for increased juice yield in carrot juice production.** International journal of food science & technology, 46(4), 781-786.

Renard, C. M., Le Quéré, J.-M., Bauduin, R., Symoneaux, R., Le Bourvellec, C., & Baron, A. (2011). **Modulating polyphenolic composition and organoleptic properties of apple juices by manipulating the pressing conditions**. Food Chemistry*, 124*(1), 117-125.

Reyes, L. F., & Cisneros-Zevallos, L. (2007). **Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple-and red-flesh potatoes (Solanum tuberosum L.)**. Food Chemistry*, 100*(3), 885-894.

Riaz, M., Zia-Ul-Haq, M., & Saad, B.(2016). **Anthocyanins and human health: biomolecular and therapeutic aspects** (Vol. 10): Springer.

Ribarova, F., Atanassova, M., Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005). **Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables**. JU Chem. Metal*, 40*(3), 255-260.

Ribeiro, J. S., & Veloso, C. M. (2021). **Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review**. Food Hydrocolloids*, 112*, 106374.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). **Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids**. Free radical biology and medicine*, 20*(7), 933-956.

Roca, E., Broyart, B., Guillard, V., Guilbert, S., & Gontard, N. (2008). **Predicting moisture transfer and shelf-life of multidomain food products**. Journal of food engineering*, 86*(1), 74-83.

Rodrigo, D., Arranz, J., Koch, S., Frígola, A., Rodrigo, M., Esteve, M., . . . Rodrigo, M. (2003). **Physicochemical characteristics and quality of refrigerated Spanish orange-carrot juices and influence of storage conditions**. Journal of Food Science*, 68*(6), 2111-2116.

Rodriguez-Amaya, D. B. (2019). **Update on natural food pigments-A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains**. Food Research International*, 124*, 200-205.

Rodriguez-Concepcion, M., & Stange, C. (2013). **Biosynthesis of carotenoids in carrot: an underground story comes to light**. Archives of biochemistry and biophysics*, 539*(2), 110-116.

Rojas, M. L., Augusto, P. E. D., & Carcel, J. A. (2021). **Combining ethanol pre-treatment and ultrasound-assisted drying to enhance apple chips by fortification with black carrot anthocyanin**. Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101*(5), 2078-2089.

Rossi, A., Serraino, I., Dugo, P., Di Paola, R., Mondello, L., Genovese, T., . . . Caputi, A. P. (2003). **Protective effects of anthocyanins from blackberry in a rat model of acute lung inflammation**. Free radical research*, 37*(8), 891-900.

Rozylo, R. (2020). **Recent trends in methods used to obtain natural food colorants by freeze-drying**. Trends in Food Science & Technology*, 102*, 39-50.

Sadilova, E., Carle, R., & Stintzing, F. C. (2007). **Thermal degradation of anthocyanins and its impact on color and in vitro antioxidant capacity**. Molecular nutrition & food research*, 51*(12), 1461-1471.

Saleem, M. Q., Akhtar, S., Imran, M., Riaz, M., Rauf, A., Mubarak, M. S., . . . Hassanien, M. (2018). **Antibacterial and anticancer characteristics of black carrot (Daucus Carota) extracts**. J. Med. Spice Plants*, 22*, 40-44.

Santos, P., & Silva, M. (2008). **Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review**. Drying Technology*, 26*(12), 1421-1437.

Santosa, M., Hasan, A., & Umam, K. (2016). **Influence of temperature and blanching duration on quality of minimally-processed carrot (Daucus carota, l.) during freeze storage**. International Food Research Journal*, 23*.

Say, D., Saydam, İ. B., & Güzeler, N. (2018). **Some properties of ayran fortified with black carrot powder**. Journal of Advances in VetBio Science and Techniques*, 3*(3), 54-60.

Sezer, D. B., & Demirdöven, A. (2015). **Microwave blanching applications in fruit and vegetable processing**.

Sharma, C., Sahota, P. P., & Kaur, S. (2021). **Physicochemical and microbiological evaluation of antioxidant-rich traditional black carrot beverage: Kanji**. Bulletin of the National Research Centre*, 45*(1), 143.

Sharma, S., & Sharma, K. (2020). **Nutritional characteristics of different types of carrot**. International Journal of Chemical Studies*, 8*(6), 2275-2278.

Shinohara, S. (1984). **Vegetable seed production technology of Japan elucidated with respective variety development histories, particulars**.

Sifferlin, A. (2018). **Eat this now: Rainbow carrots**. Time, Retrieved January*, 27*.

Silva, G. G., Dutra, M. d. C. P., de Oliveira, J. B., Rybka, A. C. P., Pereira, G. E., & dos Santos Lima, M. (2019). **Processing methods with heat increases bioactive phenolic compounds and antioxidant activity in grape juices**. Journal of food biochemistry*, 43*(3), e12732.

Simon, P. (1985). Carrot flavor: Effects of genotype, growing conditions, storage, and processing. In **Evaluation of quality of fruits and vegetables** (pp. 315-328): Springer.

Singh, B., Koley, T., Maurya, A., Singh, P., & Singh, B. (2018a). **Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (Daucus carota subsp. sativus Schubl. & Martens)**. Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24*, 899-907.

Singh, J., Kaur, S., & Rasane, P. (2018b). **Evaluation of the nutritional and quality characteristics of black carrot fortified instant noodles**. Current Nutrition & Food Science*, 14*(5), 442-449.

Singla, M., Kumar, A., Kaur, P., & Goraya, R. K. (2020). **Respiratory properties of fresh black carrot (Dacus Carota L.) based upon non-linear enzyme kinetics approach**. Journal of Food Science and Technology*, 57*, 3903-3912.

Sistrunk, W. A., Bradley, G., & Smittle, D. (1967). **Influence of pre-harvest factors on carbohydrates in carrots**.

Sniffen, C. J., O'connor, J., Van Soest, P. J., Fox, D. G., & Russell, J. (1992). **A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability**. Journal of animal science*, 70*(11), 3562-3577.

Song, K.-Y., Hyeonbin, O., Zhang, Y., & Kim, Y.-S. (2016). **Quality characteristics and antioxidant properties of sponge cakes containing black carrot (Daucus carota ssp sativus var. atrorubens Alef) flour**. Progress in Nutrition*, 18*(2), 176-183.

Stintzing, F. C., Stintzing, A. S., Carle, R., Frei, B., & Wrolstad, R. E. (2002). **Color and antioxidant properties of cyanidin-based anthocyanin pigments**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50*(21), 6172-6181.

Suh, H. J., Noh, D. O., Kang, C. S., Kim, J. M., & Lee, S. W. (2003). **Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract**. Food/Nahrung*, 47*(2), 132-135.

Surin, S., Thakeow, P., Seesuriyachan, P., Angeli, S., & Phimolsiripol, Y. (2014). **Effect of extraction and concentration processes on properties of longan syrup**. Journal of Food Science and Technology*, 51*, 2062-2069.

Suzme, S., Boyacioglu, D., Toydemir, G., & Capanoglu, E. (2014). **Effect of industrial juice concentrate processing on phenolic profile and antioxidant capacity of black carrots**. International Journal of Food Science & Technology*, 49*(3), 819-829.

Talcott, S. T., Howard, L., & Brenes, C. (2000). **Antioxidant changes and sensory properties of carrot puree processed with and without periderm tissue**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48*(4), 1315-1321.

Talih, M., Çaliskan, G., & Dirim, S. (2017). **Determination of the drying characteristics of black carrot pulp during drying in a microwave oven**. Journal of Food Physics*, 30*, 22-32.

Tanriseven, D., Kadiroglu, P., Selli, S., & Kelebek, H. (2020). **LC-DAD-ESI-MS/MS-assisted elucidation of the phenolic compounds in shalgams: Comparison of traditional and direct methods**. Food Chemistry*, 305*, 125505.

Tanumihardjo, S. A., Valentine, A. R., Zhang, Z., Whigham, L. D., Lai, H. J., & Atkinson, R. L. (2009). **Strategies to increase vegetable or reduce energy and fat intake induce weight loss in adults**. Experimental Biology and Medicine*, 234*(5), 542-552.

Teixeira, V., Valente, H., Casal, S., Marques, F., & Moreira, P. (2009). **Antioxidant status, oxidative stress, and damage in elite trained kayakers and canoeists and sedentary controls**. International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 19*(5), 443-456.

Torres, A. M., Mau-Lastovicka, T., & Rezaaiyan, R. (1987). **Total phenolics and high-performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35*(6), 921-925.

Toydemir, G., Subasi, B. G., Hall, R. D., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2022). **Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health**. Food Chemistry: X*, 14*, 100334.

Traoré, K., Parkouda, C., Savadogo, A., Ba/Hama, F., Kamga, R., & Traoré, Y. (2017). **Effect of processing methods on the nutritional content of three traditional vegetables leaves: Amaranth, black nightshade and jute mallow**. Food Science & Nutrition*, 5*(6), 1139-1144.

Trifiró, A., Gherardi, S., & Calza, M. (1995). **Effetti della temperatura e del tempo di magazzinaggio sulla qualità dei succhi fresh di arance pigmentate**. Industria conserve*, 70*(3), 243-251.

Tsuda, T., Ueno, Y., Aoki, H., Koda, T., Horio, F., Takahashi, N., . . . Osawa, T. (2004). **Anthocyanin enhances adipocytokine secretion and adipocyte-specific gene expression in isolated rat adipocytes**. Biochemical and biophysical research communications*, 316*(1), 149-157.

Turfan, Ö., Türkyılmaz, M., Yemiş, O., & Özkan, M. (2011). **Anthocyanin and colour changes during processing of pomegranate (Punica granatum L., cv. Hicaznar) juice from sacs and whole fruit**. Food Chemistry*, 129*(4), 1644-1651.

Turker, N., Aksay, S., & Ekiz, H. İ. (2004). **Effect of storage temperature on the stability of anthocyanins of a fermented black carrot (Daucus carota var. L.) beverage: shalgam**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52*(12), 3807-3813.

Türkyılmaz, M., Yemiş, O., & Özkan, M. (2012). **Clarification and pasteurisation effects on monomeric anthocyanins and percent polymeric colour of black carrot (Daucus carota L.) juice**. Food Chemistry*, 134*(2), 1052-1058.

USDA. (2015). **U.S. Department of Agriculture** In Central, F. D. (Ed.).

Vermerris, W., & Nicholson, R.(2007). **Phenolic compound biochemistry**: Springer Science & Business Media.

Voća, S., Galić, A., Šindrak, Z., Dobričević, N., Pliestić, S., & Družić, J. (2009). **Chemical composition and antioxidant capacity of three plum cultivars**. Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74*(3), 273-276.

Vukosavljević, P., Bukvić, B., Janković, M., & Mašović, S. (2003). **Change of anthocyanins content during raspberry extraction**. Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 48*(1), 85-102.

Wada, L., & Ou, B. (2002). **Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50*(12), 3495-3500.

Walkowiak-Tomczak, D. (2007). **Changes in antioxidant activity of black chokeberry juice concentrate solutions during storage**. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6*(2), 49-54.

Wallace, T. C., & Giusti, M. M. (2008). **Determination of color, pigment, and phenolic stability in yogurt systems colored with nonacylated anthocyanins from Berberis boliviana L. as compared to other natural/synthetic colorants**. Journal of Food Science*, 73*(4), C241-C248.

Wang, H. Y., Hu, X. S., Chen, F., Wu, J. H., Zhang, Z. H., Liao, X. J., & Wang, Z. F. (2006). **Kinetic analysis of non-enzymatic browning in carrot juice concentrate during storage**. European Food Research and Technology, 223, 282-289.

Witrowa-Rajchert, D., Bawoł, A., Czapski, J., & Kidoń, M. (2009). **Studies on drying of purple carrot roots**. Drying Technology*, 27*(12), 1325-1331.

Wright, O. R., Netzel, G. A., & Sakzewski, A. R. (2013). **A randomized, double-blind, placebo-controlled trial of the effect of dried purple carrot on body mass, lipids, blood pressure, body composition, and inflammatory markers in overweight and obese adults: the QUENCH trial**. Canadian journal of physiology and pharmacology*, 91*(6), 480-488.

Wrolstad, R. E., Durst, R. W., & Lee, J. (2005). **Tracking color and pigment changes in anthocyanin products**. Trends in Food Science & Technology*, 16*(9), 423-428.

Wrolstad, R. (2004). **Anthocyanin pigments—Bioactivity and coloring properties**. Journal of Food Science*, 69*(5), C419-C425.

Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M. A., & Askari, G. R. (2012). **Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (Punica granatum L.) juice concentrate**. Food and bioprocess technology*, 5*, 1328-1339.

Yuste, S., Macià, A., Motilva, M.-J., Prieto-Diez, N., Romero, M.-P., Pedret, A., . . . Rubió, L. (2020). **Thermal and non-thermal processing of red-fleshed apple: how are (poly) phenol composition and bioavailability affected?** Food & function*, 11*(12), 10436-10447.

Zadernowski, R., Piłat, B., Czaplicki, S., & Ogrodowska, D. (2010). **Characteristics of the black carrot (Daucus carota ssp. sativus var. atrorubens Alef.)**. Polish Journal of Natural Sciences*, 25*(4), 438-443.

Zeece, M.(2020). **Introduction to the Chemistry of Food**: Academic Press.

Zepka, L. Q., Borsarelli, C. D., da Silva, M. A. A. P., & Mercadante, A. Z. (2009). **Thermal degradation kinetics of carotenoids in a cashew apple juice model and its impact on the system color**. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57*(17), 7841-7845.

Zhang, B., Hu, Z., Zhang, Y., Li, Y., Zhou, S., & Chen, G. (2012). **A putative functional MYB transcription factor induced by low temperature regulates anthocyanin biosynthesis in purple kale (Brassica Oleracea var. acephala f. tricolor)**. Plant cell reports*, 31*, 281-289.

Zhou, H., Wu, L., Gao, Y., & Ma, T. (2011). **Dye-sensitized solar cells using 20 natural dyes as sensitizers**. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 219*(2-3), 188-194.

Zohary, M. (1973). **Geobotanical foundations of the Middle East**.

Zorić, Z., Dragović-Uzelac, V., Pedisić, S., Kurtanjek, Ž., & Elez Garofulić, I. (2014). **Kinetics of the degradation of anthocyanins, phenolic acids and flavonols during heat treatments of freeze-dried sour cherry Marasca paste**. Food Technology and Biotechnology*, 52*(1), 101-108.

the largest significant effect in providing the highest sensory acceptance scores for all studied indicators (taste, color, smell, overall acceptance) compared to all other studied samples.

Keywords: Black carrot, total phenols, total flavonoids, anthocyanin, Vitamin C, antioxidant activity, color indicators, refrigerated storage, coloring agent, pickles.

"Abstract"

This research was conducted with the aim of studying the various physicochemical and biological properties of black carrot grown in Syria, as well as understanding the effects of processing and storage operations on some selected products (pasteurized juice, concentrated juice, dried powder) in terms of color, bioactive compound content, and antioxidant activity. Additionally, the study evaluated the effect of adding black carrot powder at ratios of (5, 10, 15)% as a coloring agent to cauliflower pickles, in comparison with red beet powder at the same ratios, along with sensory evaluation.

The results showed that fresh black carrot roots contained biologically active compounds, which included total phenols, total flavonoids, anthocyanins, and Vitamin C (248.80, 187.60, 84.62, 2.07 mg/100g) respectively. The antioxidant activity value was 77.52%, while the values of L*, a*, b*, and Chroma were (27.54, 7.42, -0.80, 7.46) respectively. The results indicated slight significant differences between fresh carrot juice and pasteurized juice in terms of their biological compound content and color. The color loss and biological compound content reduction during refrigerated storage at 4°C were also slight for pasteurized black carrot juice. Regarding black carrot concentrate, the concentration process had a significant effect on its biological compound content and color, with greater color loss and biological compound content reduction compared to pasteurized juice during refrigerated storage at 4°C. As for dried carrot powder, the hot air drying process had a significant effect on its biological compound content and color, surpassing the effects of vacuum concentration. The color loss and biological compound content reduction during refrigerated storage of dried carrot powder were moderate.

The results also showed that the colors of samples of pickled cauliflower colored with black carrot powder were higher in the lightness index L* compared to samples colored with red beet powder at all studied addition percentages. A sample of pickled cauliflower colored with 5% beet powder had

Ministry of Higher Education and

Scientific Research

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Agricultural Engineering

Department of Food Science

The impact of processing and storage operations on the physicochemical and biological properties of black carrots.

A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of (Master) of Science in the Faculty of Agricultural Engineering (Department of Food Science).

By Engineer

Rand Mohsen Dayoub

Supervisors

Supervision

Prof. Mohammed Khair Tahla

Damascus University

Faculty of Agricultural Engineering

co-Supervision

Assistant Prof. Rafat Ismail

Damascus University

Faculty of Agricultural Engineering

2024