الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

إنتاج وتقييم ملون كاروتينويد المنتج من الجزر وتطبيقاته الغذائية

Production and evaluation of the produced carotenoid colorant from carrots and its nutritional applications

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في كلية الهندسة الزراعية – قسم علوم الأغذية

إعداد الطالبة

نور ايمن الاطرش

إشراف

المشرف العلمي

أ.د. محمد محمد

أستاذ في قسم علوم الأغذية

كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق

المشرف المشارك

د. روعة طلي

أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية

كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق

العام الدراسي

2023-2024 م

كن عالمًا ... فإن لم تستطع فكن متعلمًا، فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع فلا تبغضهم

كلمة شكر وإهداء

إلى جميع أعضاء الهيئة التدريسية والفنية في قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة جامعة دمشق وأخص بالشكر:

الأستاذ الدكتور محمد محمد

الدكتورة روعة طلي

الذين قاموا مشكورين بالإشراف على هذا البحث وتقديم كل الدعم العلمي والمعنوي فكانت لملاحظاتهم القيمة الأثر الكبير في إخراج هذه الرسالة.

كما أهدي خلاصة عملي المتواضع

إلى قدوتي والدي العزيز وأمي الغالية، وإلى إخوتي الأعزاء وإلى السادة القراء

مع بطاقة شكر وكلي أمل أن أكون قد قدمت عملًا تجدون فيه الفائدة المرجوة.

فهرس المحتويات

العناوين الرئيسة	رقم الصفحة
ملخص البحث باللغة العربية	xvi
(الجزء التمهيدي) الإطار العام	**1**
المقدمة Introduction	2
الإشكالية العلمية للبحث Research Problem	3
تساؤلات البحث Research Questions	3
أهداف البحث Research Objectives	4
أهمية البحث Research Importance	4
مسوغات البحث Research Rationale	5
محدوديات البحث Research Limitations	5
حدود البحث	5
الفصل الأول: المقدمة والدراسة المرجعية	**7**
الدراسة المرجعية Literature Review	8
1-1- التصنيف النباتي للجزر	8
1-1-1- التصنيف العلمي للجزر	9
1-1-2- أصناف الجزر	9
1-2- الأهمية الاقتصادية للجزر	10
1-3- القيمة الغذائية للجزر	10
1-4- الخصائص الطبية للجزر	11

1-5-التركيب الكيميائي للجزر	12
1-5-1-الكاروتينويدات	12
1-5-2- المركبات الفينولية	15
1-5-3- الألياف الغذائية	17
1-5-4- الكربوهيدرات	18
1-5-5- الفيتامينات والمعادن	18
1-6- العوامل المؤثرة في كمية الكاروتينويدات في الجزر	19
1-6-1- العوامل الوراثية	19
1-6-2- العوامل المناخية	19
1-6-3- درجة الحرارة	20
1-6-4- الضوء	20
1-6-5- العوامل الأخرى	21
1-7- طرائق استخلاص الكاروتينويدات من الجزر	21
1-7-1- الاستخلاص باستخدام المذيبات Solvent Extraction	21
1-7-2- الاستخلاص بجهاز سوكسلت Soxhlet Extraction	23
1-7-3- الاستخلاص بالسوائل فوق الحرجة Supercritical Fluid Extraction (SFE)	23
1-7-4- الاستخلاص باستخدام الموجات فوق الصوتية Ultrasound-Assisted Extraction (UAE)	24
1-7-5- الاستخلاص بمساعدة الميكروويف Microwave-Assisted Extraction (MAE)	25
1-7-6- المجال الكهربائي النبضي Pulsed Electric Field (PEF)	25
1-7-7- الاستخلاص بمساعدة الإنزيمات Enzyme-Assisted Extraction (EAE)	26

1-7-8- الاستخلاص باستخدام المذيبات الخضراء Extraction Using Green Solvents	26
1-8- تأثير المعاملة الأولية في الخصائص الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون لمستخلص كاروتينويد الجزر	27
1-8-1- تأثير المعاملة الأولية في الخصائص الكيميائية لمستخلص كاروتينويد الجزر	27
1-8-2- تأثير المعاملة الأولية في مؤشرات اللون لمستخلص كاروتينويد الجزر	30
1-9- تقنيات التغليف لحماية الكاروتينويدات	31
1-9-1- التجفيف بالتجميد(التجفيد) Freeze-drying	31
1-9-2- التجفيف بالرذاذ Spray Drying	32
1-9-3- التغليف بالسوائل فوق الحرجة Supercritical Fluids	33
1-10- المواد الحاملة المستخدمة في التغليف	33
1-10-1- المالتوديكسترين Maltodextrins	33
1-10-2- النشاء Starch	34
1-10-3- الصمغ العربي Gum Arabic	34
1-10-4- الكيتوزان Chitosan	34
1-10-5- الإينولين Inulin	34
1-10-6- البروتينات Proteins	35
1-10-7- حمض الأسكوربيك	35
1-11- تأثير طريقة التغليف والتخزين في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والمؤشرات اللونية لمسحوق الكاروتينويد	35
1-11-1- تأثير طريقة التغليف في الخصائص الكيميائية لمسحوق الكاروتينويد	35
1-11-2- تأثير طريقة التغليف في الخصائص الفيزيائية ومؤشرات اللون لمسحوق الكاروتينويد	36
1-11-3- تأثير عملية التخزين في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمسحوق الكاروتينويد المغلف	38

1-12- استخدام الكاروتينويدات كملونات طبيعية في الصناعات الغذائية	39
الفصل الثاني: مواد البحث، وطرائقه	**41**
2- مواد البحث وطرائقه Materials and Methods	42
2-1- مواد البحث Materials	42
2-2- طرائق البحث Methods	42
2-2-1- مخطط تصنيع مسحوق الكاروتينويد Scheme of carotenoid powder manufacture	42
1) تحضير العينات Sample preparation	45
2) استخلاص الكاروتينويدات Carotenoids Extraction	45
3) تبخير مذيب الاسيتون من المستخلص Evaporate the acetone solvent from the extract	46
4) تجفيد ملون الكاروتينويد Freeze-drying of Carotenoid colored	46
5) تخزين ملون الكاروتينويد Carotenoid-colored storage	47
6) تصنيع اللبن الرائب	47
7) تصنيع الكريمة	47
2-2-2- المؤشرات الكيميائية Chemical indictors	47
1) تقدير نسبة الرطوبة Moisture Content	47
2) محتوى الرطوبة ومعدل التجفيف Moisture Content and Moisture Rate	48
3) تقدير الرماد Ash Estimate	48
4) تقدير المادة الصلبة الذائبة الكلية Total Soluble Solid Estimation (TSS)	49
5) تقدير الحموضة الكلية Total Acidity Estimation	49
6) تقدير رقم الحموضة pH Estimation	49

7) تقدير المركبات الفعالة بيولوجيًا والنشاط المضاد للأكسدة	49
7-1- تقدير الكاروتينويدات الكلية Total Carotenoids Estimation	49
7-2- تقدير النشاط المضاد للأكسدة Antioxidant Activity Estimation	49
7-3- تقدير الفينولات الكلية Total Phenolic Determination	50
7-4- تقدير الفلافونيدات الكلية Total Flavonodis Estimation	51
8) كفاءة تغليف الكاروتينويدات Encapsulation Efficiency (EE)	52
2-2-3- الكشف الكيفي عن المركبات الكيميائية Qualitative Detection of Chemical Compounds	53
2-2-4- المؤشرات الفيزيائية Physical Indicators	55
1) تقدير مؤشرات اللون Color Indices Estimation	55
2) نسبة الاسترجاع لشرائح الجزر الجافة Rehydration Rate of dried carrot slices	56
3) تقدير الذوبانية Solubility Estimation	56
4) تقدير استرطابية المسحوق Estimation of Hygroscopicity of the Powder	56
5) تقدير الكثافة الظاهرية Bulk Density Estimation	57
6) تقدير الكثافة الحقيقية True Density Estimation	57
7) تقدير المسامية Porosity Estimation	57
8) تقدير درجة التكتل Estimation The Degree of Agglomeration	57
9) تقدير زمن الذوبان Estimation of Melting Time	58
10) تقدير إنتاجية المسحوق Estimation of Powder Yield	58
2-2-5- الخصائص الحسية Sensory Properties	58
2-2-6- التحليل الإحصائي Statistical analysis	59

الفصل الثالث: النتائج والمناقشة	**60**
3- النتائج والمناقشة	61
3-1- دراسة أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	61
3-1-1- تأثير التجفيف في الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر البرتقالي	61
3-1-2- تأثير التجفيف في الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر البرتقالي	63
3-2- دراسة أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	65
3-2-1- تأثير التجفيف في الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر الأصفر	65
3-2-2– تأثير التجفيف في الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر الأصفر	68
3-3- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازج	70
3-4- مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	72
3-5- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة	73
3-6- مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة	76
3-7- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة	76
3-8- مؤشرات اللون لمستخلص الكاروتينويد الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة	79
3-9- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة	80
3-10- مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة	82
3-11- الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات الناتجة عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	83
3-12- الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المُركزة الناتجة عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	84

3-13- دراسة تأثير التخزين في المؤشرات الكيميائية لمستخلصات شرائح الجزر الطازجة والمجففة المُركزة لصنفي الجزر المدروسين	85
3-13-1- دراسة تأثير التخزين في محتوى ملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين من الرطوبة	86
3-13-2- دراسة تأثير التخزين في قيم الـ (pH) لملون كاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	87
3-13-3- دراسة تأثير التخزين في المحتوى من الكاروتينويدات الكلية وكفاءة التغليف لملون كاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	88
3-13-4- دراسة تأثير التخزين في النشاط المضاد للأكسدة للملونات المستخلصة من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	91
3-14- دراسة تأثير التخزين في المؤشرات الفيزيائية للملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	92
3-14-1- دراسة تأثير التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية والمسامية لملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	92
3-14-2- دراسة تأثير التخزين في قيم الذوبانية والاسترطابية للملونات الناتجة	95
3-14-3- دراسة تأثير التخزين في درجة التكتل للملونات الناتجة	97
3-14-4- دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون للملونات الناتجة	98
3-15- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد	101
3-15-1- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	101
3-15-2- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة	102
3-15-3- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة	103
3-15-4- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة	104
3-16- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد	105

3-16-1- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	105
3-16-2- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة	106
3-16-3- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة	107
3-16-4- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة	108
3-17- دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من صنفي الجزر المدروسين	109
3-17-1- دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	109
3-17-2- دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة	110
3-18- دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من صنفي الجزر المدروسين	111
3-18-1- دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	111
3-18-2- دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	112
الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات	**113**
4- الاستنتاجات والتوصيات	114
4-1- الاستنتاجات Conclusions	114
4-2- التوصيات Recommendations	115
المراجع	116
ملخص البحث باللغة الإنكليزية	xviii

قائمة الجداول

رقم الجدول	اسم الجدول	رقم الصفحة
1	أهم الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	61
2	الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة والمسترجعة	63
3	أهم الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	66
4	الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة والمسترجعة	68
5	الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	70
6	مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	72
7	الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة	73
8	مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة	76
9	الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة	77
10	مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة	79
11	الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة	80
12	مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة	82
13	الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المُركزة الناتجة عن الجزر شرائح البرتقالي الطازجة والمجففة	83
14	الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المُركزة الناتجة شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	85
15	دراسة تأثير التخزين في محتوى ملون الكاروتينويد من الرطوبة	86
16	دراسة تأثير التخزين في قيم الـ (pH) لملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	87

17	دراسة تأثير التخزين في الكاروتينويدات الكلية وكفاءة التغليف لملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	90
18	دراسة تأثير التخزين في النشاط المضاد للأكسدة للملونات الناتجة من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين	91
19	دراسة تأثير التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية والمسامية للملونات الناتجة	94
20	دراسة تأثير التخزين في قيم الذوبانية والاسترطابية للملونات الناتجة	96
21	دراسة تأثير التخزين في درجة التكتل للملونات الناتجة	97
22	دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون للملونات الناتجة (L*، a*، b*)	99
23	دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون (ΔE، ΔC، ΔH)	100
24	دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	101
25	دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة	102
26	دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة	103
27	دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة	104
28	دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة	105
29	دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة	106
30	دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة	107
31	دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة	108

32	دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	109
33	دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	110
34	دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة	111
35	دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة	112

قائمة الأشكال

رقم الشكل	اسم الشكل	رقم الصفحة
1	الصيغ الكيميائية للكاروتينويدات	13
2	الأحماض الفينولية الأساسية في الجزر وهيكل الأنتوسيانين	16
3	إنتاج ملون الكاروتينويد من شرائح الجزر الطازجة والمجففة	43
4	المنحنى المعياري لحمض الغاليك	51
5	المنحنى المعياري للكاتيشين	52
6	محتوى الرطوبة في شرائح الجزر البرتقالي خلال عملية التجفيف	62
7	معدل تجفيف شرائح الجزر البرتقالية عند درجة حرارة 60 درجة مئوية	63
8	محتوى الرطوبة في شرائح الجزر الأصفر خلال عملية التجفيف	67
9	معدل تجفيف شرائح الجزر الأصفر عند درجة حرارة 60 درجة مئوية	67
10	محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر البرتقالية الطازجة	72
11	محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر البرتقالية المجففة	75
12	محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر الأصفر الطازج	79
13	محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر الأصفر المجففة	82

العلاقات الرياضية

رقم العلاقة	اسم العلاقة	رقم الصفحة
1	تقدير نسبة الرطوبة	47
2	محتوى الرطوبة خلال عملية التجفيف	48
3	معدل التجفيف	48
4	تقدير الرماد	48
5	كفاءة التغليف	52
6	التغيير الكلي في صفاء اللون	55
7	التغيير الكلي في اللون	55
8	التغيير الكلي في زاوية تدرج اللون	55
9	قيمة الصفاء القياسية	55
10	قيمة الصفاء للعينة	55
11	الفرق بين درجة سطوع اللون ودكانة اللون	55
12	الفرق بين اللونين الأحمر والأخضر	55
13	الفرق بين اللونين الأصفر والأزرق	55
14	نسبة الاسترجاع	56
15	تقدير الذوبانية	56
16	تقدير الاسترطابية	57
17	تقدير الكثافة الظاهرية	57
18	تقدير الكثافة الحقيقية	57
19	تقدير المسامية	57
20	تقدير إنتاجية المسحوق	58

قائمة الاختصارات

AOAC	المنظمة الرسمية للكيمياء الزراعية(Association of Official Agricultural Chemists)
FAO	Food and Agriculture Organization
MD	المالتودكسترين (Maltodextrin)
TSS	المادة الصلبة الذائبة الكلية (Total Soluble Solids)
β-carotene	Beta carotene
α-carotene	Alpha carotene
EE	كفاءة التغليف (Encapsulation Efficiency)
SC	الكاروتينويدات السطحية (Surface Carotenoid)
TC	الكاروتينويدات الكلية (Total Carotenoid)
L*	Lightness
a*	Redness
b*	Yellowness
ΔC	التغيير الكلي في صفاء اللون (Total Chroma Change)
ΔE	التغيير الكلي في اللون (Total Color Difference)
ΔH	التغيير الكلي في زاوية تدرج اللون (Total Hue Difference)
$C^*_{standard}$	قيمة الصفاء القياسية (Standard chroma)
C^*_{sample}	قيمة الصفاء للعينة (Sample chroma)
ΔL^*	الفرق بين درجة السطوع والدكانة (Difference in Lightness and Darkness)
Δa^*	الفرق بين اللونين الأحمر والأخضر (Difference in Red and Green)
Δb^*	الفرق بين اللونين الأصفر والأزرق (Difference in Yellow and Blue)

SFE	الاستخلاص بالسوائل فوق الحرجة (Supercritical Fluid Extraction)
UAE	الاستخلاص باستخدام الموجات فوق الصوتية (Ultrasound-Assisted Extraction)
MAE	الاستخلاص بمساعدة الميكروويف (Microwave-Assisted Extraction)
PEE	المجال الكهربائي النبضي (Pulsed Electric Field)
EAE	الاستخلاص بمساعدة الإنزيمات (Enzyme-Assisted Extraction)
SCF	السوائل فوق الحرجة (Supercritical Fluids)
FD	التجفيف بالتجميد (التجفيد) Freeze-drying
SD	التجفيف بالرذاذ (Spray Drying)
MR	معدل الرطوبة (Moisture Rate)
cya-3-glu	Cyanidin-3-glucoside
B-CND	تغليف بيتا كارتين النانوي المشتت (β-carotene nanodispersion)
CE	الكاتيشين (Catechin)
PbS	كبريتات الرصاص الثنائي (Phosphate Buffered Saline)

الملخص

أُجري هذا البحث في مخابر (قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ومخابر الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق)، خلال الفترة الممتدة من 2022/7/26 حتى 2023/9/3، وهدف إلى الاستفادة من شرائح الجزر (البرتقالي والأصفر) الطازجة والمجففة في إنتاج بعض الملونات الطبيعية (الكاروتينويدات) ذات الفعالية البيولوجية والتعرف عليها بطرائق فيزيائية وكيميائية، كما هدفت هذه الدراسة إلى تطبيق الملونات الناتجة في تلوين بعض الأغذية بدلًا من الملونات الصناعية الضارة بالصحة، حُلِّلت النتائج المتحصل عليها باستخدام البرنامج الإحصائي Minitab 14. أظهرت النتائج أن شرائح الجزر البرتقالية الطازجة تحتوي على رطوبة (86.67%) ورماد (5.47%)، في حين احتوت شرائح الجزر الأصفر الطازجة على رطوبة (84%) ورماد (4.02%)، وساهم تجفيف شرائح الجزر في خفض محتوى الرطوبة لشرائح الجزر البرتقالي والأصفر إلى (5.13، 5.20%) على الترتيب، ورفع نسبة الرماد إلى (8.21، 6.81%) على الترتيب، ولم يلحظ وجود فروقات معنوية في نسبة الاسترجاع لشرائح الجزر الطازجة والمجففة (0.40)، أظهرت شرائح الجزر البرتقالية لونًا برتقاليًا مع مؤشرات لون *L و*a و*b (81.08، 12.74، 18.88) على الترتيب، في حين بلغت قيمها (72.67، 8.14، 17.12) على الترتيب لشرائح الجزر المجففة، وأظهرت شرائح الجزر الأصفر مؤشرات لون *L و*a و*b (89.22، 13.67، 49.36) على الترتيب، في حين بلغت قيمها (96.51، 2.17−، 36.65) على الترتيب لشرائح الجزر المجففة، تم استخلاص الكاروتينويدات من شرائح الجزر (البرتقالي والأصفر) الطازجة والمجففة بواسطة مذيب الأسيتون والتعرف على الخصائص الكيميائية ومؤشرات اللون للمستخلصات الناتجة، تفوق المستخلص المُركز الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة في محتواه من الكاروتينويدات الكلية (11.94 مغ/100غ) والنشاط المضاد للأكسدة المقدر بطريقة DPPH (49.05%) مقارنة مع المستخلص الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة الذي تفوق بمحتواه من الفينولات الكلية (19.21 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، والفلافونيدات الكلية (8.06 مغ مكافئ كاتيشين/100غ) والمادة الصلبة الذائبة الكلية (10.58%)، في حين تفوق مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازج في محتواه من الكاروتينويدات مقارنة مع مستخلص شرائح الجزر الأصفر الطازج بمقدار (51.67%)، وتفوق في النشاط المضاد للأكسدة أيضًا بمقدار (74.43%)، في حين تفوق المستخلص المُركز الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة في محتواه من الكاروتينويدات الكلية (5.77 مغ/100غ) والنشاط المضاد للأكسدة المقدر بطريقة DPPH (12.39%) مقارنة مع المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة الذي تفوق بمحتواه من الفينولات الكلية (34.21 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، والفلافونيدات الكلية (6.47 مغ مكافئ كاتيشين/100غ). كانت إنتاجية المسحوق الناتج عن التجفيف بالتجميد لمستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة (69.24%)، في حين كانت في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي المجففة (67.16%)، وبلغت (68.93، 76.19%) على الترتيب لكل من مستخلصي شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة، تمَّت دراسة تأثير التجفيف بالتجميد والتخزين في المؤشرات الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون للمستخلصات الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين وتبيَّن وجود فروقات معنوية في الرطوبة بين الملونات الناتجة بتأثير عملية التجفيف بالتجميد، إذ تراوح محتوى الرطوبة ما بين (1.46−1.71%)، أدى تخزين الملونات لمدة 6 أشهر إلى انخفاضًا

معنويًا في النشاط المضاد للأكسدة وقيم (pH) والكاروتينويدات الكلية والكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقة والذوبانية للملونات الأربعة الناتجة مع ملاحظة ارتفاعًا معنويًا في الاسترطابية والمسامية ودرجة التكتل للملونات الناتجة، إذ تراوحت ما بين (6.74–8.82%)، كما أظهرت الملونات الناتجة خلال التخزين انخفاضًا معنويًا في مؤشري اللون *a و*b وارتفاعًا معنويًا في مؤشر *L، لاقت عينات اللبن الرائب المدعمة بـ 0.5% من ملون الجزر البرتقالي والأصفر (الطازج والمجفف) على القبول الحسي الأفضل من حيث اللون والطعم والقوام والرائحة، في حين حظيت عينات الكريمة المدعمة بـ 1% من ملون الجزر الأصفر والبرتقالي (الطازج والمجفف) على أعلى قبول حسي من حيث اللون والطعم والقوام والرائحة.

الكلمات المفتاحية: الكاروتينويدات، الملونات، الجزر، الاستخلاص، التجفيف، التجفيد.

(الجزء التمهيدي)

الإطار العام

المقدمة Introduction:

يُعدّ اللون عاملًا مهمًا يزيد من قبول المستهلك للمنتجات الغذائية، ويرجع ذلك إلى أن المستهلكين يربطون دائمًا لون الطعام بصفات أخرى مثل سلامة الغذاء، حيث تُستخدم الألوان في الصناعات الغذائية للمحافظة على الألوان الطبيعية للأغذية أو لزيادة شدتها أو لإضفاء ألوان جديدة على المنتجات الغذائية.

ازداد طلب المستهلكين على الألوان الطبيعية من خلال الوعي بالسمية المختلفة للألوان الغذائية الاصطناعية، وبعد أن مُنعت العديد من الملونات الغذائية الاصطناعية المعتمدة مثل الكينولين الأصفر والكارموزين القرمزية والتارترازين الصفراء، إذ ثُبتَ أن بعضها مسببة للسرطان، إضافًة لدور الملونات الطبيعية في التأثير الصحي على المستهلكين لامتلاكها نشاطًا مضادًا للأكسدة.

ركزت الاتجاهات العالمية في تصنيع الأغذية الوظيفية في العقود الأخيرة على تطوير منتجات غنية بالمغذيات، تساهم في تحسين الصحة وبالتي تعد مصدرًا مناسبًا للمكونات النشطة بيولوجيًا.

يُعدّ النبات مصدرًا هامًا للملونات الطبيعية مثل الكاروتينويدات والكلوروفيل والأنثوسيانينات والتي أثبتت أنها بدائل للملونات الاصطناعية، ويُعدّ الجزر من النباتات النموذجية لأبحاث الكاروتينويدات لأنها غنية بالكاروتينويدات المختلفة لاختلاف ألوان جذوره.

يمكن أن تلعب بعض أنواع الكاروتينويدات دورًا مهمًا كمصادر للفيتامينات في منظور استبدال الأطعمة ذات المصدر الحيواني بالأغذية النباتية بهدف الحفاظ على البيئة وتحقيق الأمن الغذائي، وجاء الاهتمام المتزايد بالكاروتينويدات نظرًا لخصائصها المعززة للصحة واستخدامها في الصناعات الغذائية كأصباغ طبيعية لتعزيز تطوير سوق الكاروتينويدات.

يُمثّل استبدال الألوان الاصطناعية بالملونات الطبيعية تحديًا بسبب عدم الثبات العالي للألوان الطبيعية تجاه الضوء والأكسجين ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة من بين عوامل أخرى مختلفة، وبذلك فإن التحدي الرئيس الذي يجب التغلب عند استخدام الملونات الطبيعية كملونات غذائية هو مدى ثباتها تجاه العوامل المختلفة، ويُعدّ استخدام

الكاروتينويدات في صناعة الأغذية مقيدًا بسبب ضعف قابليتها للذوبان في الماء وانخفاض التوافر البيولوجي وعدم الاستقرار الكيميائي والحساسية العالية للأكسدة في ظروف بيئية متعددة، لذلك تم تطوير العديد من التقنيات لتعزيز استقرار ألوان الطعام الطبيعية كتشكيل مستحلبات، التغليف (الكبسلة الدقيقة، التغليف النانوي)، تشكيل معقدات بإضافة الأحماض الأمينية والببتيدات وغيرها من التقنيات التي يعتمد استخدامها على الظروف التي يتم فيها إنتاج الطعام والتعامل معه وتخزينه وأحدثها التغليف بالسوائل فوق الحرجة، إذ أن التغليف لا يؤدي إلى تعزيز استقرار الكاروتينويدات وحمايتها من التدهور فقط بل يزيد من قابليتها للذوبان في الأنظمة المائية وتوافرها البيولوجي.

تُستخدم الملونات الطبيعية على نطاق واسع في منتجات المخابز، الحلوى والآيس كريم، الجبن، الجيلي، المربى، وكذلك في المشروبات التي يستهلكها الرياضيون، كما تُستخدم في صناعة عصائر الفاكهة والوجبات الخفيفة والمشروبات الغازية والكحولية والزبدة والزيت والعلكة وحبوب الإفطار المنكهة بالفاكهة ومنتجات الألبان المنكهة.

الإشكالية العلمية للبحث Research Problem:

أكدت الدراسات الحديثة على ضرورة استخدام المصادر الطبيعية للحصول على الملونات الغذائية وذلك لتفادي المخاطر الناجمة عن التأثيرات السلبية للملونات الاصطناعية في صحة الإنسان، فضلًا عن أن الملونات الطبيعية تمتلك خصائصًا حيوية تجعلها ذات قيمة غذائية هامة، فالعديد من الملونات الطبيعية هي مواد أولية لبناء بعض الفيتامينات ومركبات ذات قدرة كبيرة لإعاقة الأكسدة (مضادات للأكسدة) مما يكسبها أهمية استثنائية، إضافة إلى عدم ثبات ألوان الصبغات الطبيعية في مدة الخزن الطويلة.

تساؤلات البحث Research Questions:

- ما هي كمية الكاروتينويدات المستخلصة من شرائح الجزر الطازجة والمجففة؟
- هل لاختلاف أصناف الجزر المستخدمة تأثير في كمية الكاروتينويدات الكلية؟
- هل للتجفيف بالهواء الساخن تأثير في كمية الكاروتينويدات المستخلصة؟

- ما مدى تأثير عملية التجفيد في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للملونات الناتجة؟
- ما مدى تأثر ثباتية الكاروتينويدات المستخلصة ولونها ونشاطها المضاد للأكسدة أثناء عملية التخزين؟
- ما هو التركيز الأفضل المضاف من الكاروتينويدات لتلوين الأغذية؟

أهداف البحث Research Objectives:

نظرًا لعدم توفر دراسات محلية عن استخلاص ملونات طبيعية من النبات، وعدم توفر دراسات عن إنتاج ملون طبيعي باستخدام تقنية التجفيد ونظرًا للأهمية الغذائية الكبيرة التي يتمتع بها الجزر، كان الهدف من البحث:

1- دراسة التركيب الكيميائي لصنفين من الجزر (البرتقالي والأصفر).
2- إنتاج ملون الكاروتينويد المستخلص من صنفين من الجزر (البرتقالي والأصفر).
3- دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والكيفية لملون الكاروتينويد المستخلص من الجزر (البرتقالي والأصفر).
4- دراسة تأثير التخزين لمدة ستة أشهر في المؤشرات الفيزيائية والكيميائية لملون الكاروتينويد المستخلص من صنفين من الجزر (البرتقالي والأصفر).
5- دراسة تأثير استخدام مسحوق ملون الكاروتينويد في الصناعات الغذائية (اللبن الرائب والكريمة).

أهمية البحث Research Importance:

سيوفر هذا البحث حل ملائم للاستفادة من الكاروتينويدات الطبيعية الناتجة عن صنفين من الجزر كمضادات أكسدة طبيعية لإطالة فترة الحفظ والمحافظة على القيمة الغذائية والابتعاد عن مضادات الأكسدة الصناعية، ومعرفة مدى تأثير عملية التجفيد في خصائص الكاروتينويدات المستخلصة ولونها، واستخدام ملون الكاروتينويد في بعض الصناعات الغذائية (اللبن الرائب والكريمة) تلبيًة لطلب المستهلك للبدائل الطبيعية للملونات الغذائية.

مُسوِغات البحث Research justification:

1- الحاجة إلى الابتعاد عن مضادات الأكسدة الصناعية واستخدام المصادر الطبيعية للحصول على مضادات أكسدة وملونات طبيعية.

2- البحث عن ظروف تحسّن عملية تجفيف الملونات الطبيعية، باستخدام عوامل مساعدة للحصول على مسحوق ذو خصائص نوعية وقدرة تخزينية جيدة.

3- دراسة مدى تأثر هذه الملونات الطبيعية ونشاطها المضاد للأكسدة خلال التخزين لضمان حفظها لفترة طويلة.

4- نظرًا لعدم توفر دراسات محلية تهتم بانتاج ملونات طبيعية وتطبيقها في صناعة الأغذية، فقد تمَّ اختيار الجزر للحصول على ملون طبيعي (كاروتينويد) واستخدامه في تلوين بعض المنتجات الغذائية.

محدوديات البحث Research Limitations:

تكاليف المذيبات العالية المستخدمة في عملية الاستخلاص.

الحاجة إلى العمل في أماكن أخرى (كلية العلوم والهيئة العامة للتقانة الحيوية) بسبب عدم توافر كافة الأجهزة والمستلزمات اللازمة للبحث.

ارتفاع تكاليف عملية التجفيد.

حدود البحث:

الحدود الزمانية: الفترة الممتدة ما بين 2022/7/26 – 2023/9/3.

البرنامج الزمني لتنفيذ البحث وكتابة الرسالة: جُمعت ثمار الجزر وجُففت بالهواء الساخن على شكل شرائح في شهر أب/2022.

استُخلص ملون الكاروتينويد في أيلول/2022.

جُفدت المستخلصات الناتجة للحصول على الملونات بشكل مسحوق في شهري تشرين الأول وتشرين الثاني/2022، صُنعت المنتجات (اللبن الرائب والكريمة) في كانون الأول/2022.

خُزنت الملونات الناتجة ودُرست خصائصها الفيزيائية والكيميائية خلال التخزين لمدة 6 أشهر في الفترة الممتدة ما بين كانون الثاني وتموز/2023.

نُوقشت النتائج المتحصل عليها وحُللت إحصائيًا وكُتبت الرسالة في تموز وآب/2023.

الحدود المكانية: مخابر قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة في جامعة دمشق.

مخابر قسم الكيمياء – كلية العلوم في جامعة دمشق.

الهيئة العامة للتقانة الحيوية – وزارة التعليم العالي.

هيكلية البحث: الفصل الأول: المقدمة والدراسة المرجعية.

الفصل الثاني: مواد البحث وطرائقه.

الفصل الثالث: النتائج والمناقشة.

الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات والمراجع.

الفصل الخامس: قائمة المراجع.

الفصل الأول

المقدمة والدراسة المرجعية

Introduction and Literature review

1- الدراسة المرجعية Literature Review:

الجزر من الخضروات المفيدة بسبب انتاجه الهائل واستخدامه كغذاء في الوجبات اليومية، سواء في شكله الطازج أو المعالج، كما يمتلك تأثيرات غذائية ومفيدة للصحة بسبب غناه بالمواد الطبيعية النشطة بيولوجيًا (Anjani *et al.*, 2022).

1-1- التصنيف النباتي للجزر:

تم تسجيل كلمة "الجزر" لأول مرة في اللغة الإنجليزية في جميع أنحاء العالم بعد أن تمت استعارة هذا الاسم من الكلمة الفرنسية «كاروت» (Stefl, 2017).

يتبع الجزر Carrots (*Daucus carota*) العائلة الخيمية Apiaceae/Umbellifera، ويصنف إلى جزر شرقي وجزر غربي بناء على تصبغ جذور الجذر، يُعتقد أن أصل الجزر الشرقي هو أفغانستان في حين أن أصل الجزر الغربي غير مؤكد حتى الآن، جذور معظم الجذر الشرقي أرجوانية وبعضها أصفر، ومعظم جذور الجزر الغربي برتقالية أو بيضاء أو أرجوانية (Varshney and Mishra, 2022).

يعود تنوع ألوان الجزر ما بين البرتقالي والأصفر والأرجواني والأحمر والأبيض إلى الجينات الوظيفية المتعلقة بتركيب الصبغات (Que *et al.*, 2019)، كان الجزر الأول أرجوانيًا وأبيضًا ومن ثم حدثت طفرة لإزالة التصبغ الأرجواني، خلقت هذه الطفرة سلالة جديدة من الجزر الأصفر وتوارثت هذه السلالة إلى أن ظهر الجزر البرتقالي وهو أكثر أنواع الجزر شيوعًا حتى الآن (Krivokapić *et al.*, 2020)، وقد لوحظ تفضيل إقليمي للون معين من الجزر، ففي الهند يزرع الجزر الملون باللونين الأحمر والأسود، على حين يُعد الجزر البرتقالي السائد في العالم (Char, 2017).

1-1-1- التصنيف العلمي للجزر:

تم تصنيف الجزر وفقًا لِـ Surbhi وآخرون (2018) إلى **مملكة:** النباتات، **قسم:** النباتات الوعائية، **شعبة:** حقيقية الأوراق، **شعيبة:** البذريات، **طائفة:** ثنائيات الفلقة، **رتبة العليا:** النجمية، **رتبة:** الخيميات، **العائلة:** الخيمية، **جنس:** *Daucus*، **نوع:** *Daucus carota*.

1-1-2- أصناف الجزر:

من أكثر الأصناف شيوعًا صنف *Nantes* وهو مناسب للزراعة المنزلية وينتج جزرًا حلو المذاق مع أطراف غير حادة، ومن أكثر أنواعه شيوعًا *Scarlet Nantes* وهو الجزر المثالي للأكل الطازج أو التخزين، ويتميز *Nelson* بلونه البرتقالي الغامق، في حين أنّ *Yaya* مشابه جدًا لـ *Nelson* ولكنه أقل حلاوة وينمو في الخريف، بينما يُعد *Napa* مقاومًا للأمراض مثل لفحة الترناريا والعفن ولونه برتقالي غامق وطعمه حلو، أما *Parano* فهو النوع المبكر المناسب جدًا لتناوله طازجًا ومطبوخًا أو تحويله لعصير، في حين يُعد *Kaleidoscope Mix* مزيجًا متعدد الألوان من اللون الأحمر (جزر بنفسجي، أصفر، برتقالي)، بينما ينتج *White satin* جزرًا أبيض اللون، ويُعد *Merida* هو النوع المفضل تخزينه، في حين ينتج *Purple Dragon* جزرًا مدبب الشكل ذو قشرة أرجوانية ولب برتقالي، بينما يكون *Comic Purple* ذو لون بنفسجي من الخارج وبرتقالي في المنتصف، يُعد صنف *Imperator* من أكثر الأصناف زراعة وانتشارًا حول العالم، جذوره طويلة ومدببة وينمو في الخريف ومن أبرز أنواعه *Autumn King* وَ *Atomic Red*، بينما يكون صنف *Chantenay* ذو جذور قصيرة مع تيجان عريضة تتناقص لتصبح مستديرة عند النهاية، وهو مناسب للزراعة ومن بين أنواعه *Red-Cored* وَ *Chantenay* وَ *Hercules*، وانتشرت في الآونة الأخيرة زراعة أصناف الجزر الصغيرة *Mini Carrot* ومن أشهرها *Radish-Style* وَ *Babette* (Singh *et al.*, 2021).

1-2- الأهمية الاقتصادية للجزر:

يُعدّ الجزر من الخضروات العشر المفضلة من قبل المستهلكين في جميع أنحاء العالم من الناحية الاقتصادية، إذ بلغ انتاج الجزر العالمي عام 2012 م (33.7–40) مليون طن، وهذا يدل على الأهمية الإنتاجية والاقتصادية لمحصول الجزر (Umair *et al.*, 2021).

وفقًا لـِ (FAO) فإن الصين من أوائل الدول المنتجة للجزر من بين 20 دولة، في حين تشغل المغرب الدولة الأخيرة (Singh *et al.*, 2021).

توزع إنتاج الجزر عالميًا قبل عام 2020 م وفق الآتي: 61% في آسيا، 24% في أوروبا، 9.7% في الأمريكيتين، 4% في إفريقيا (Krivokapić *et al.*, 2020) وبحلول عام 2020 م أصبحت أوروبا هي أكبر الدول المنتجة للجزر تليها آسيا (Bhandari *et al.*, 2022).

1-3- القيمة الغذائية للجزر:

حصل الجزر على مرتبة عالية في قيمته الغذائية (Varshney and Mishra, 2022) فكان من بين أفضل عشر خضروات استنادًا إلى سجلات الإنتاج العالمية للخضروات بعد البندورة والبصل والملفوف والخيار والباذنجان (Junaid *et al.*, 2023)، ويتميز الجزر باحتوائه على مجموعة متنوعة من المركبات النشطة بيولوجيًا بما في ذلك الكاروتينويدات (Que *et al.*, 2019) والفلافونيدات والأحماض الفينولية والبولي أسيتيلين وحمض الأسكوربيك (Anjani *et al.*, 2022) وهي المواد الكيميائية النباتية الأساسية في الجزر (Arun *et al.*, 2021)، ونظرًا لغنى الجزر بالعناصر الغذائية السابقة وفوائدها على صحة الإنسان احتل الجزر مكانًا هامًا بين الخضروات (Que *et al.*, 2019).

1-4- الخصائص الطبية للجزر:

يُعدّ الجزر من المحاصيل المهمة التي تحتوي على نسبة عالية من العناصر الكيميائية الحيوية مثل الكاروتينويدات والألياف القابلة للذوبان، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من العناصر الوظيفية الأخرى ذات الخصائص الصحية (Stefl, 2017) ومن أهم خصائصه الطبية:

1) **مضاد للأكسدة:** تلعب الكاروتينويدات بشكل عام دورًا هامًا كمضادات للأكسدة، في حين يمتلك β-carotene قدرة عالية من مضادات الأكسدة، وهذا قد يفسر الخصائص البيولوجية والطبية للجزر، كما أن لمركبات الفلافونويد الرئيسة التي تم اكتشافها في الجزر البرتقالي (الكويرستين واللوتين والكامبيفيرول) دورًا كمضادات أكسدة إضافة لعملها كمضادات للجراثيم والأورام (Anjani *et al.*, 2022).

2) **مضاد للسرطانات ومقوي للمناعة:** أثبتت الكاروتينويدات الغذائية أن لها خصائص مضادة للسرطان نظرًا لقدرتها المضادة للأكسدة، حيث تم اكتشاف علاقة بين الأنظمة الغذائية الغنية بالكاروتينويدات وانخفاض معدل الإصابة بسرطان البروستات، في حين تقل مخاطر الإصابة بسرطان الرئة بنسبة (21%) عند الأفراد الذين يستهلكون الكثير من الكاروتينويدات (Varshney and Mishra, 2022)، وتقلل الكاروتينويدات من خطر الإصابة بأنواع السرطان الأخرى كالقولون والمستقيم والمبيض (Kultys and Kurek, 2022) وسرطان الدم وعنق الرحم والثدي والجلد (González-Peña *et al.*, 2021).

3) **صحة العين:** يحتوي الجزر الأصفر على مركبات الكزانثوفيل واللوتين التي تساهم في مكافحة التنكس البقعي بنسبة (20%) والحفاظ على صحة العين (Varshney and Mishra, 2022)، كما تشير الدراسات إلى أن إدخال ما لا يقل عن 6 مغ من اللوتين في النظام الغذائي يوميًا يمكن أن يقلل من خطر الإصابة بالتنكس البقعي بنسبة 43% (Ahad, 2022)، ويساهم اللوتين والكزانثوفيل في الجزر في تقليل ظهور أمراض العين البقعية المرتبطة بالعمر وإعتام عدسة العين (Hermanns *et al.*, 2020).

4) **وقاية القلب والكبد:** ساهم غنى الجزر بـ α-carotene واللوتين بالإضافة إلى النسب العالية من β-carotene في تقليل خطر الإصابة بأمراض القلب والكبد (Ahad, 2022).

5) **مضاد لمرض السكري:** تساهم مضادات الأكسدة والمواد الكيميائية النباتية الموجودة في الجزر في تنظيم نسبة السكر في الدم (Singh *et al.*, 2021)، والتحكم في مستوى السكر في الدم (Anjani *et al.*, 2022)، ويساهم مستخلص تفل الجزر في زيادة قدرة امتصاص الغلوكوز وتقليل نشاط الأميلاز للألياف الغذائية، وبالتالي التحكم في مستوى الغلوكوز في الدم (Arun *et al.*, 2021).

6) **صحة الأسنان:** يُعد الجزر مفيدًا للأسنان ويساهم في تقوية اللثة، إضافة إلى دور العناصر الغذائية الموجودة في الجزر في مقاومة البكيتريا الخطرة الموجودة في الفم ومنع تسوس الأسنان (Varshney and Mishra, 2022)، ويساهم في تكوين اللعاب (Singh *et al.*, 2021).

7) **فوائد أخرى:** أظهر المستخلص الإيتانولي لجذور الجزر خصائص جيدة في التئام الجروح (Singh *et al.*, 2021)، إذ يساهم وجود الفلافونيدات والمشتقات الفينولية في المستخلص الإيتانولي خصائص علاجية جيدة في التئام الجروح (Arun *et al.*, 2021). يُعدّ الجزر غنيًا بفيتامين A، والذي يُعدّ نقصه مشكلة صحية خاصة في البلدان المنخفضة والمتوسطة الدخل، إذ يؤثر في حوالي 33% من الأطفال في سن ما قبل المدرسة في جميع أنحاء العالم (Lavelli and Sereikaite, 2022)، أي حوالي 250 مليون طفلًا وعددًا كبيرًا من النساء الحوامل (Hermanns *et al.*, 2020)، كما أن لفيتامين B_1 الموجود في الجزر تأثير هام جدًا في الجهاز العصبي (Singh *et al.*, 2021).

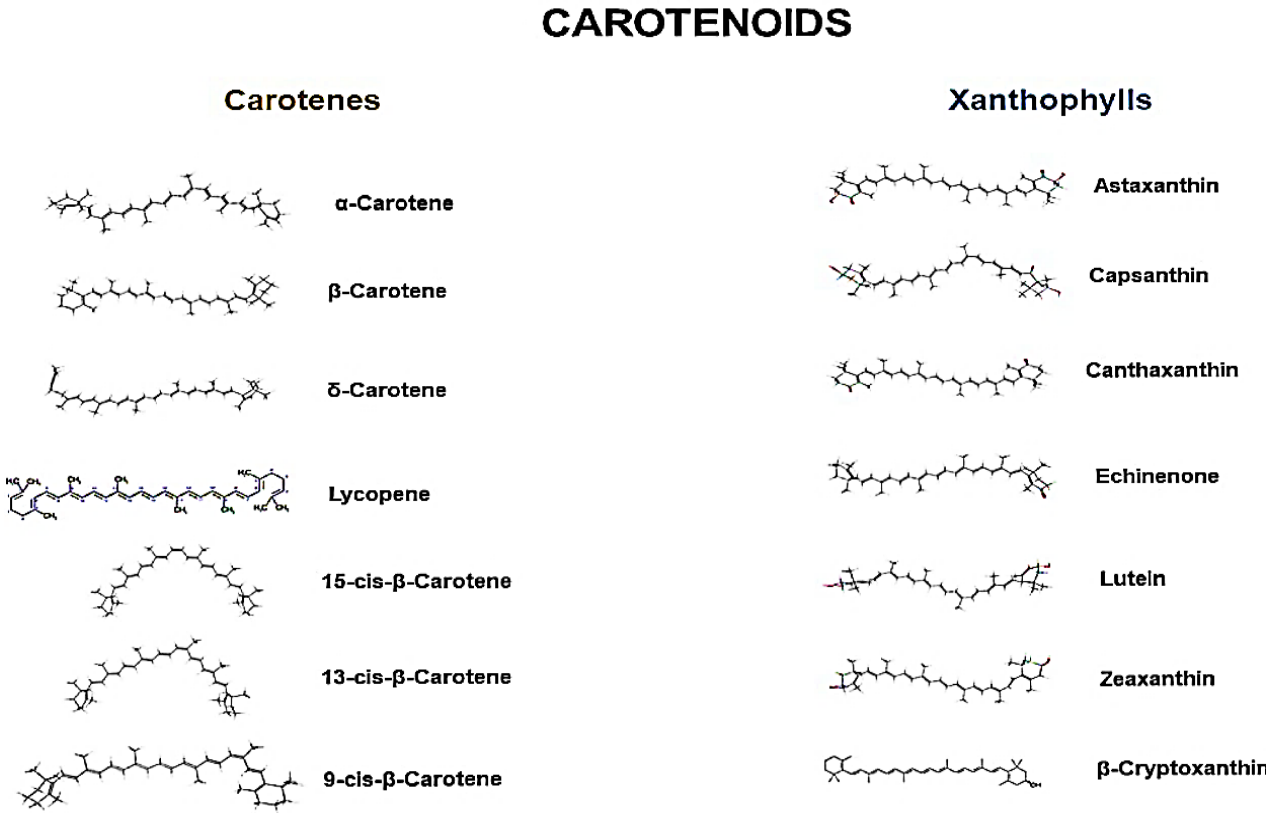
1-5- التركيب الكيميائي للجزر:

1-5-1- الكاروتينويدات:

في أوائل القرن التاسع عشر تم العثور على الكاروتينويدات في الجزر، وتم عزلها لأول مرة من الجزر بواسطة weckenroder في عام 1831 م (Maoka, 2020).

الكاروتينويدات هي مجموعة من مستقبلات الإيزوبرويد الموجودة في جميع نباتات التمثيل الضوئي بما فيها الجزر، أليفاتية أو لها خمس أو ست حلقات C على أحد طرفي الجزيء أو كلاهما، تمتلك العديد من الروابط المزدوجة المترافقة لسلسة البوليين وهي المسؤولة عن الألوان الصفراء أو البرتقالية أو الحمراء للكاروتينويدات (Anjani *et al.*, 2022).

يتم تقسيم الكاروتينويدات إلى مجموعتين المجموعة الأولى هي الكاروتينات Carotenes وتتكون فقط من سلسلة هيدروكربونية دون أي مجموعات وظيفية، وتتكون المجموعة الثانية من الكزانثوفيل Xanthophyl والتي تحتوي على الأوكسجين في سلسلتها في المجموعة الوظيفية (Kultys and Kurek, 2022)، ويوضح الشكل رقم (1) الصيغ الكيميائية للكاروتينويدات.



الشكل 1؛ الصيغ الكيميائية للكاروتينويدات (Kultys and Kurek, 2022)

تم العثور على حوالي 1000 كاروتينويد في الطبيعة بشكل عام (Hermanns *et al.*, 2020)، منها 50 نوعًا كاروتين، في حين تظهر هياكل الكزانثوفيل تنوعًا ملحوظًا، إذ تم الكشف عن حوالي 800 نوعًا من الكزانثوفيل في الطبيعة حتى عام 2018 م (Maoka, 2020).

تمتلك الكاروتينويدات 40 ذرة كربون (Hermanns *et al.*, 2020)، وهي أصباغ قابلة للذوبان في الدهون (Zhao *et al.*, 2022).

يختلف الكاروتينويد الشائع تبعًا للون الجزر، ويُعدّ β-carotene هو كاروتينويد الجزر البرتقالي الرئيس (Anjani *et al.*, 2022)، في حين يُعد الجزر الأصفر غنيًا باللوتين والجزر الأحمر غنيًا بالليكوبين (Hermanns *et al.*, 2020).

درس Schmiedeskamp وآخرون (2022) المحتوى من الكاروتينويدات في عدة أصناف من الجزر، ووجدا أن كمية α-carotene لعدة أصناف من الجزر البرتقالي تراوحت ما بين (1.79-5.8 مغ/100غ)، بينما كانت الكمية في الجزر الأصفر قليلة ومن الصعب تقديرها وبلغت في الجزر البنفسجي (0.56-0.66 مغ/100غ)، في حين تراوح محتوى β-carotene لأصناف الجزر البرتقالي ما بين (2.84-7.80 مغ/100غ) ولأصناف الجزر الأصفر (0.17-0.22 مغ/100غ) والجزر البنفسجي (2.42-2.64 مغ/100غ)، واحتوى الجزر البرتقالي على اللوتين (0.11-0.42 مغ/100غ) وفي الجزر الأصفر (0.77-0.94 مغ/100غ) وفي الجزر البنفسجي (1-1.09 مغ/100غ).

درس Bhandari وآخرون (2022) متوسط محتوى الكاروتينويدات الكلية لعدة أصناف من الجزر (البرتقالي، البنفسجي، الأبيض، والأصفر) وكانت (80.93، 20.77، 5.09، 13.99 مغ/100غ) على الترتيب، وكان محتوى الجزر البرتقالي من β-carotene (33.35 مغ/100غ)، وفي الجزر البنفسجي (3.56 مغ/100غ)، وفي الجزر الأصفر (0.88 مغ/100غ)، وكان الجزر الأبيض خاليًا من β-carotene، واحتوت الأصناف الأربعة على α-carotene، إذ بلغت (35.75 مغ/100غ) في الجزر البرتقالي تلاه الجزر البنفسجي (2.40 مغ/100غ) والأبيض (0.13 مغ/100غ)، وكان الجزر الأصفر هو الأقل محتوى (0.07 مغ/100غ)، في حين تفوق الجزر البنفسجي في محتواه من اللوتين (14.81 مغ/100غ) تلاه الجزر الأصفر (13.04 مغ/100غ) والبرتقالي (11.82 مغ/100غ)، وكان الجزر الأبيض هو الأقل محتوى (4.95 مغ/100غ).

درس Manisha وآخرون (2023) متوسط محتوى الكاروتينويدات لِـ 48 صنفًا من الجزر البرتقالي والذي تراوح ما بين (2.72-16.94 مغ/100غ)، في حين بيّن Kumar وآخرون (2023) أن متوسط الكاروتينويدات الكلية للجزر البنفسجي بلغ (26-33 غ/100غ).

الاستخدام الطبيعي والأمن للكاروتينويدات:

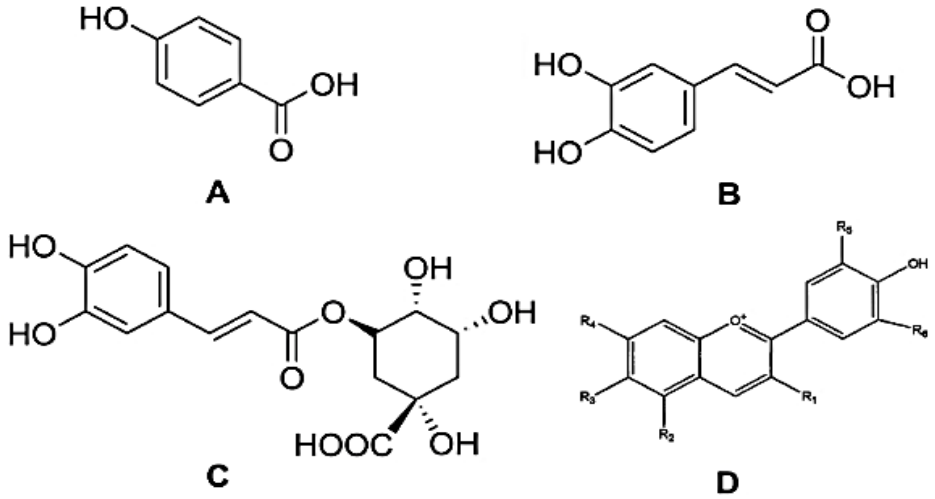
لا يوجد مراجع واضحة لنسب استخدام الكاروتينويدات في الأغذية، لكن معظم الدراسات المرجعية توصي باستخدامه كفيتامين A بمعدل 900 ميكروغرام والتي يمكن توفيرها بأخذ (10.8 مغ/يوم) من β-carotene أو (21.6 مغ/يوم) من α-carotene، وحددت الولايات المتحدة الأمريكية المدخول الغذائي من الليكوبين (4.8 مغ/يوم)، ومن β-carotene (1.9 مغ/يوم)، ومن lutein و zeaxanthin (1.4 مغ/يوم)، ومن α- carotene (0.34 مغ/يوم) (Saini *et al.*, 2022)، في حين أشارت أبحاث أخرى إلى أن المدخول الغذائي اليومي يعتمد على العمر والجنس، بالنسبة للأطفال من عمر (9-13) سنة فإن المدخول الموصى به للذكور والإناث (600 ميكروغرام ريتينول/يوم) ولعمر (14-18) سنة فإن المدخول الموصى به للذكور (700ميكروغرام ريتينول/يوم) وللإناث (900ميكروغرام ريتينول/يوم)، ويزداد المدخول مع زيادة العمر (González-Peña *et al.*, 2023).

1-5-2- المركبات الفينولية:

توجد المركبات الفينولية بتراكيز عالية في الجزر، حيث تحتوي جذور الجزر على أحماض ومشتقات هيدروكسي سيناميك، وتختلف تراكيز المركبات الفينولية في أنسجة جذور الجزر المختلفة من القشرة إلى اللب، وذلك يعتمد على صنف الجزر وطريقة الاستخلاص والطريقة التي يتم التعبير فيها عن النتائج وظروف ما بعد الحصاد والمعالجة والصنف وظروف التخزين ودرجة الحرارة واستخدام الأسمدة وإجراءات المعالجة وعوامل الإجهاد الحيوية وغير الحيوية المختلفة (Ahmad *et al.*, 2019).

بيّن Char (2017) أن الجزر الأسود يحتوي على أعلى نسبة من الفينولات (290.0 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، تلاه الجزر الأحمر (10.8-14.2 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، ثم البرتقالي (6.4-10.6 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ).

مركبات الفلافونيد الرئيسة في الجزر البرتقالي هي (quercetin، luteolin، kaempferol، myricetin)، وعلى الرغم من أن مستويات الفلافونيد منخفضة في الجزر البرتقالي والأحمر إلا أنها مرتفعة في الجزر الأسود بشكل استثنائي على شكل أنثوسيانين (Char, 2017)، في حين أن بعض أنواع الجزر الأخرى الداكنة تحتوي على نسب كبيرة من الفينولات النباتية على شكل أنثوسيانين مما أدى لوضعها في المرتبة السادسة (Haq and Prasad, 2018)، ويوضح الشكل رقم (2) الأحماض الفينولية الأساسية في الجزر وهيكل الأنثوسيانينات.



A: P-hydroxybenzoic B: Caffeic acid C: Chlorogenic acid D: Anthocyanins

الشكل 2؛ الأحماض الفينولية الأساسية في الجزر وهيكل الأنثوسيانينات (Ahmad *et al.*, 2019)

درس Singh وآخرون (2018) محتوى الفينولات الكلية لعدة أصناف من الجزر، وبيّنوا أن الجزر الأسود يمتلك أعلى محتوى من الفينولات (268.08 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، تلاه الجزر الأحمر والبرتقالي (2.04-16.06 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ) للجزر الأحمر، و(1.46-14.52 مغ مكافئ حمض

غاليك/100غ) للجزر البرتقالي، وكان أقل محتوى في الجزر الأصفر (1.83-10.82 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ).

بيّن Koley وSingh (2019) في دراسة لتحديد محتوى الفينولات في الجزر الأسود والأحمر والبرتقالي والأصفر، أنّ الجزر الأسود غني بالفينولات (290.18 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، تلاه الجزر الأحمر (30.8 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، ثمّ الأصفر (20.42 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، وكان الجزر البرتقالي هو الأقل محتوى (12.59 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ).

درس Kumar وآخرون (2023) محتوى الفينولات الكلية لعدة أصناف من الجزر، وتراوح في الجزر البرتقالي ما بين (6.4-10.6 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، وفي الجزر الأحمر (10.8-12.4 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، والجزر الأسود (31.9-290 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ).

بلغ متوسط المدخول الغذائي من البولي فينولات 1058 مغ في اليوم للذكور و780 مغ في اليوم للإناث، على النحو التالي: 50% أحماض هيدروكسي سيناميك، 20-25% فلافونويد، و1% أنثوسيانين (Ahmad *et al.*, 2019).

1-5-3- الألياف الغذائية:

يُعدّ الجزر مصدرًا جيدًا للألياف، وهي كربوهيدرات معقدة غير قابلة للهضم توجد في المكونات الهيكلية للنباتات، لا يستطيع الجسم امتصاصها وبالتالي ليس لها قيمة حرارية، ومع ذلك فإن الفوائد الصحية لتناول نظام غذائي غني بالألياف هائلة، ولدى دراسة جدار خلية الجزر وجد أنّ الجزر يحتوي على البكتين (Galacturonans، Rhamnogalacturonans، Arabinans، Galactans، Arabinogalactan) والسيللوز (β-4, D-glucan) والليغنين (trans-sinapyl alcohol، trans-p-coumaryl alcohol) والهيميسيللوز (xylans، β-D-glucans glucuronoxylans، xyloglucans)، (Surbhi *et al.*, 2018).

تشكل الألياف غير قابلة للذوبان (السيللوز والهيميسليلوز) الجزء الأكبر من إجمالي الألياف الغذائية، مع كمية صغيرة جدًا من الليغنين 4% (Char, 2017).

1-5-4- الكربوهيدرات:

تشكل الكربوهيدرات 7% من تركيب الجزر وهي عبارة عن سكريات بسيطة (الغلوكوز) مع كمية صغيرة من النشاء (Char, 2017).

درس Bhandari وآخرون (2022) محتوى السكريات في أربعة أصناف من الجزر وكان متوسط محتوى السكريات الكلية لعدة أصناف من الجزر البرتقالي (308.7 مغ/غ)، وللجزر البنفسجي (321.5 مغ/غ)، وللجزر الأبيض (265.4 مغ/غ)، وللجزر الأصفر (274.4 مغ/غ)، وعند دراسة السكريات الأحادية كان متوسط محتوى الغلوكوز الكلي لعدة أصناف من الجزر البرتقالي (69.2 مغ/غ)، وللجزر البنفسجي (82.9 مغ/غ)، وللجزر الأبيض (40.9 مغ/غ)، وللجزر الأصفر (44.1 مغ/غ)، ومتوسط الفركتوز لعدة أصناف من الجزر البرتقالي (47.7 مغ/غ)، وللجزر البنفسجي (64.6 مغ/غ)، وللجزر الأبيض (31.2 مغ/غ)، وللجزر الأصفر (34.6 مغ/غ)، ومتوسط السكروز لعدة أصناف من الجزر البرتقالي (191.7 مغ/غ)، وللجزر البنفسجي (174.0 مغ/غ)، وللجزر الأبيض (193.3 مغ/غ)، وللجزر الأصفر (281.1 مغ/غ).

1-5-5- الفيتامينات والمعادن:

يُعدّ الجزر مصدرًا هامًا للفيتامينات ومن أهمها (Riboflavin، Thiamine، Niacin، Pyridoxine، Ascorbic acid، Folic acid، A، K V) (Purkiewicz *et al.*, 2022)، والمعادن مثل (Ca، Fe، Mg، P، K، Na، Zn) (Krivokapić *et al.*, 2020).

بيّن Mărăzan وآخرون (2021) أن محتوى الجزر من البوتاسيوم يتراوح ما بين (2710-3560 مغ/كغ) ومن الكالسيوم (235-282 مغ/كغ) ومن المغنيزيوم (81.5-142 مغ/كغ) والحديد (2.12-3.52 مغ/كغ) والمنغنيز (3.12-36.8 مغ/كغ) والزنك (1.87-3.06 مغ/كغ) والنحاس (0.31-0.56 مغ/كغ).

درس Bhandari وآخرون (2022) محتوى الجزر من العناصر المعدنية (الكالسيوم، المغنيزيوم، الحديد، الزنك، النحاس) وكانت النتائج (33، 12، 0.3، 0.14، 0.06 مغ/100غ)، على الترتيب.

1-6- العوامل المؤثرة في كمية الكاروتينويدات في الجزر:

1-6-1- العوامل الوراثية:

تختلف كمية الكاروتينويدات لكل من الجزر الأبيض والبرتقالي والأصفر والأحمر وفق خصائص لون جذور الجزر، حيث عثر على اختلافات في محتوى الكاروتينويدات لنفس النوع من الجزر عند زراعته في بيئات مختلفة وهذا يشير إلى أن العوامل البيئية لها دور فعال في تراكم الكاروتينويدات في جذور الجزر، إذ تراوحت كمية الكاروتينويدات الكلية لعدة أصناف من الجزر (Bolero، Presto-F1، Nanco، Maestro-F1) تمت زراعتها في مناطق مختلفة ما بين (65.14-93.17 مغ/كغ) (Karabacak and Karabacak, 2019).

1-6-2- العوامل المناخية:

تظهر الدراسات العلمية أن الظروف الجوية تؤثر في محتوى الكاروتينويدات في الجزر، حيث تزداد مع زيادة طول موسم النمو، فعند مقارنة الجزر المزروع في مناخات أو مواقع وسنوات مختلفة لوحظ وجود تباين كبير في إجمالي السكريات (82%) وفي β-carotene (40%) والفينولات (28%)، وبالتالي فإن جودة صنف معين يمكن أن تتغير حسب عوامل المناخ (Karabacak and Karabacak, 2019).

1-6-3- درجة الحرارة:

إن أهم عامل مناخي يمكن أن يؤثر في زراعة الجزر هو درجة الحرارة، إذ أنها تؤثر بشكل مباشر في شكل ولون الجذور وكذلك في نمو النباتات، تتراوح درجة الحرارة المثلى لنمو الجزر بين 15-18 درجة مئوية، يتم الحصول عند 10 درجة مئوية على جزر ذو لون فاتح وطويل نسبيًا وهو غير مقبول، في حين أن درجات الحرارة المرتفعة تعيق من نمو الجذور طوليًا، وقد حددت دراسة أُجريت عام 2010 أنّ محتوى الكاروتينويد الكلي مرتبط بلون الجذر وكمية المادة الجافة، إذ تزداد كمية الكاروتينويدات عندما يصبح لون الجزر أغمق كما يزداد تراكم المادة الجافة (Karabacak and Karabacak, 2019).

درس Junaid وآخرون (2023) تأثير إجهاد الجفاف على نمو نبات الجزر وتطوره لمدة 10أيام وأظهرت النتائج أن أصناف الجزر ذات اللون البرتقالي والأصفر أظهرت أقل انخفاض في الأداء الفيزيولوجي مما ساعد في الحفاظ على محصول أعلى على عكس أصناف الجزر البنفسجي والأسود، حيث ازدادت نسبة β-carotene في صنفين من الجز البرتقالي والأصفر بنسبة 17% و3% على الترتيب.

1-6-4- الضوء:

الكاروتينويدات هي صبغات نباتية تخزن الطاقة الضوئية في جميع أنسجة النبات التي تحتوي على الكلوروفيل، ويعزز الضوء تخليق الكاروتينويدات، ويُعدّ مستوى التعرض للضوء من أهم العوامل التي تؤثر في تركيز الكاروتينويدات، ومن الممكن أن تنخفض مستويات الكاروتينويدات الكلية في بعض أصناف الجزر عند تعرضها للضوء (Karabacak and Karabacak, 2019).

درس Martínez-Zamora وآخرون (2021) تأثير المحفزات الضوئية في زيادة النشاط المضاد للأكسدة والمركبات الشطة بيولوجيًا في براعم الجزر مقارنة مع الظلام، ووجدوا أن استخدام ضوء Blue+Red (B+R) و Blue+Red+Far-Red (B+R+FR) ساهم بزيادة نسبة الأحماض الفينولية 45% مقارنة بالظلام، ووجدوا اتجاه مماثل في محتوى الكاروتينويدات فقد ازداد بنسبة 290% باستخدام ضوء Blue+Red (B+R).

1-6-5- العوامل الأخرى:

يُعد نوع التربة ودرجة حموضتها وملوحتها من العوامل المهمة لنمو الجزر، إذ تم العثور على أقل محتوى من الكاروتينويدات عند زراعة الجزر في التربة الرملية الناعمة غير المعالجة، تتراوح قيمة pH الملائمة لزراعة الجزر 6-6.5، ويلعب الإجهاد البيئي دورًا هامًا في ذلك.

في دراسة أجراها Zhao وآخرون (2022) لعلاج الإجهاد الملحي على صنفين من الجزر Kurodagosun البرتقالي و Benhongjinshi الأحمر بعد 45 يومًا من الزراعة، لاحظوا ازدياد في تركيز اللوتين، α-carotene، β-carotene والكاروتينات الكلية في الجذور الرئيسة بنسبة (19.13، 20.91، 10.47، 11.52%)، على الترتيب.

1-7- طرائق استخلاص الكاروتينويدات من الجزر:

نظرًا للاستخدام المتنوع للكاروتينويدات في صناعات مختلفة كان لا بدّ من تحسين طرائق الاستخلاص للحصول على أعلى نسبة استخلاص، ويُعدّ اختيار طريقة استخلاص الكاروتينات من مصادره أمرًا بالغ الأهمية نظرًا لوجود الكاروتينويدات المتنوعة ذات المستويات المتنوعة من القطبية، وكذلك وجود العديد من الحواجز الفيزيائية والكيميائية في مصادره (Saini and Keum, 2017)، **وفيما يلي أهم طرائق الاستخلاص:**

1-7-1- الاستخلاص باستخدام المذيبات Solvent Extraction:

من أهم المذيبات التي تستخدم على مجموعة واسعة من الخضروات والفاكهة لاستخلاص الكاروتينات نذكر الأسيتون والهكسان والميتانول والإيتانول وإيتل الايتر وثنائي كلور الإيتان ومجموعاتها، كما تم استخدام مزيج من هذه المذيبات للحصول على تأثيرات تآزرية في استخلاص الكاروتينويدات وفُضَّل استخدام الإيتانول والأسيتون لأن تأثيرهما أقل في البيئة والصحة والسلامة (Miekus *et al.*, 2019)، وتُعدّ هذه الطريقة تقليدية إذ تعتمد على نقع العينة في المذيب لاستخلاص الكاروتينويدات، وقد افترض العلماء أن النقع كان متفوقًا على الطرائق الأخرى ربما بسبب عدم الحاجة إلى نظام تسخين أثناء الاستخلاص وبالتالي تجنب التحلل الحراري للكاروتينويدات، ويقلل

من وقت التلامس بين المذيب والمواد الخام (Saini and Keum, 2017)، ومع ذلك نظرًا للتكلفة الاقتصادية العالية والطبيعة السامة للمذيبات والتلوث بمخلفات المنتجات النهائية، وضرورة وجود مبخرات منفصلة إضافة إلى الآثار الضارة للمذيبات في البيئة فإنّ هناك قيودًا على تطبيقه في الأغذية (Kultys and Kurek, 2022).

بيّن Hasan وآخرون (2018) أن محتوى β-carotene المستخلص باستخدام الإيتانول وثنائي كلور الميتان من الجزر الطازج بلغ (4.93 ppm).

في دراسة أجراها Feseha وGholap (2020) لتقييم استخدام عدة أنواع من المذيبات العضوية من أجل الحصول على أعلى كمية الكاروتينويدات المستخلصة من الجزر الطازج لوحظ أن الميتانول هو الأفضل، وكانت كمية الكاروتينويدات المستخلصة باستخدام (الأسيتون، الإيتانول، الميتانول) مقدرة بـ (ميكروغرام/مل) هي (0.60، 2.87، 3.20) على الترتيب.

درس Rini وآخرون (2022) استخلاص الكاروتينويدات من الجزر المجفف عند 60 درجة مئوية باستخدام أفران التجفيف حتى محتوى رطوبة أقل من 12% باستخدام مذيب الهكسان بطريقة النقع في الظلام، ووجد أن محتوى الكاروتينويدات كان (147.06 مغ/100غ).

بيّن Fajriati وآخرون (2022) أن إنتاجية الكاروتينويدات المستخلصة من الجزر المجفف في أفران التجفيف باستخدام الهكسان بطريقة النقع في مكان مظلم لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة 55 درجة مئوية كانت (2.24%).

في دراسة أجراها Surendran وآخرون (2022) لاستخلاص الكاروتينويدات من الجزر الطازج باستخدام نسب مختلفة من المذيبات كانت كمية الكاروتينويدات الكلية عند استخدام الهكسان (2.38 مغ/غ) والأسيتون (1.98 مغ/غ)، والإيتانول (1.68 مغ/غ)، باستخدام مزيج من الإيتانول والهكسان (1:1) (0.56 مغ/غ)، مزيج الإيتانول والهكسان (2:1.5) (24.80 مغ/غ)، مزيج الإيتانول والهكسان (4:3) (2.55 مغ/غ)، مزيج الإيتانول والأسيتون (1:1) (0.66 مغ/غ)، الإيتانول والأسيتون (2:1.5) (1.00 مغ/غ)، الإيتانول والأسيتون (4:3)

(0.83 مغ/غ)، الأسيتون والهكسان (1:1) (0.78 مغ/غ)، الأسيتون والهكسان (2:1.5) (24.81 مغ/غ)، الأسيتون والهكسان (4:3) (30.06 مغ/غ).

درس Zubairu وRabiu (2022) تأثير استخلاص β-carotene من الجزر الطازج تحت ظروف مختلفة من درجات الحرارة والمذيبات، باستخدام الإيتانول وبزمن 300 دقيقة، كانت إنتاجية β-carotene عند 20 درجة مئوية (1.6 مغ/100غ)، وعند 40 درجة مئوية (2.02 مغ/100غ)، وعند 60 درجة مئوية (3.75 مغ/100غ)، وباستخدام 2-Propanol كمذيب وبزمن 300 دقيقة كانت إنتاجية β-carotene عند 20 درجة مئوية (1.6 مغ/100غ) وعند 40 درجة مئوية (2.37 مغ/100غ) وعند 60 درجة مئوية (5.18 مغ/100غ)، وباستخدام الكلوروفورم كمذيب وبزمن 300 دقيقة كانت إنتاجية β-carotene عند 20 درجة مئوية (1.33مغ/100غ)، وعند 40 درجة مئوية (1.39 مغ/100غ)، وعند 60 درجة مئوية (5.18 مغ/100غ).

1-7-2- الاستخلاص بجهاز سوكسلت Soxhlet Extraction :

هو نوع من الاستخلاص باستخدام المذيبات في درجة حرارة الغليان والضغط المنخفض للاستخلاص الانتقائي للمركبات المستهدفة، توفر هذه الطريقة التقليدية معدل استرداد عالي للكاروتينات، وبالتالي فهي تستخدم عادة لتقييم أداء الطرائق الأخرى، يعاب عليها أنها تستغرق وقتًا طويلًا، وتستخدم أيضًا كميات كبيرة من المذيبات مما يزيد من تكلفة الاستخلاص، بالإضافة إلى ذلك تزيد درجة الحرارة المرتفعة ووقت الاستخلاص الطويل من احتمالات التدهور الحراري للكاروتينات (Saini and Keum, 2017).

في دراسة أجراها Fajriati وآخرون (2022) لاستخلاص الكاروتينويدات من الجزر المجفف في أفران التجفيف باستخدام جهاز Soxhlet كانت إنتاجية الكاروتينويد (0.88%).

1-7-3- الاستخلاص بالسوائل فوق الحرجة Supercritical Fluid Extraction (SFE):

هي تقنية استخلاص كاروتينويد متقدمة صديقة للبيئة (Kultys and Kurek, 2022)، وطريقة فعالة لاستخلاص المركبات ذات القابلية الحرارية مثل الكاروتينات من الأغذية الصلبة أو السائلة، باستخدام ثاني أكسيد

الكربون (CO_2)، ومن المزايا الرئيسة لطريقة SFE أنها تنتج مستخلصات خالية من المواد الكيميائية وهذا يميزها عن الطرائق التقليدية، ونظرًا لإمكانية إعادة تدوير الغاز يعتبر الاستخلاص بهذه الطريقة عملية صديقة للبيئة (Saini and Keum, 2017).

أدى الانتشار الأعلى واللزوجة المنخفضة لثاني أكسيد الكربون في الحالة فوق الحرجة إلى اختراق سريع لثاني أكسيد الكربون في مسام المادة الغذائية وبالتالي تعزيز كفاءة استخلاص الكاروتينويدات (Miekus *et al.*, 2019).

قامت Lima وآخرون (2018) بتحسين طريقة لاستخلاص الكاروتينويدات من قشور الجزر باستخدام ثاني أكسيد الكربون، إذ جُففت المادة الخام ومن ثم طُحنت، سمحت ظروف الاستخلاص المُحسنة (إيتانول15.5%، 349 بار، 59 درجة مئوية) باستعادة الكاروتينويدات بنسبة 96.2% وإجمالي الكاروتينويدات المستخلصة 9.89 مغ.

في دراسة أجراها Kaur وآخرون (2012) لاستخلاص β-carotene من الجزر المجفف عند درجات حرارة مختلفة (40-45-55) درجة مئوية وضغط (30-35-40) ميغا باسكال، وجدوا أن كمية β-carotene تزداد بازدياد وقت الاستخلاص ودرجة الحرارة والضغط المستخدم، وكان الحد الأعلى للاستخلاص عند 45 درجة مئوية و35 ميغا باسكال لمدة 6 ساعات من الاستخلاص.

1-7-4- الاستخلاص باستخدام الموجات فوق الصوتية Ultrasound-Assisted Extraction (UAE):

هي تقنية فعالة لاستخلاص الكاروتينويدات، إذ تمَّ تطبيق الموجات فوق الصوتية لاستخلاص المذيبات من داخل الخلايا وتعطيل الميكروبات، إذ ساهمت الموجات فوق الصوتية في تمزيق جدار الخلية وبالتالي تحسين كفاءة الاستخلاص، وتُعدّ قوة الموجات فوق الصوتية وشدتها ودرجة الحرارة والكثافة (نسبة العينة إلى نسبة المذيبات) عوامل هامة عند الاستخلاص (Saini and Keum, 2017).

من أهم مزايا هذه الطريقة انخفاض وقت الاستخلاص واستخدام درجة حرارة منخفضة وانخفاض التكلفة الاقتصادية (Papapostolou *et al.*, 2023).

في دراسة أجراها Umair وآخرون (2021) لاستخلاص الكاروتينويدات من تفل الجزر بمساعدة الموجات فوق الصوتية، دُرست ثلاثة متغيرات وهي وقت الاستخلاص (دقيقة) ودرجة الحرارة (درجة مئوية) وتركيز الإيتانول (%)، إذ وجدوا أن إجمالي الكاروتينويدات بلغ (31.82 ميكروغرام/غ) عند زمن استخلاص 17 دقيقة و32 درجة مئوية ونسبة إيتانول 51%.

1-7-5- الاستخلاص بمساعدة الميكروويف (Microwave-Assisted Extraction (MAE:

هي طريقة بسيطة وسريعة واقتصادية لاستخراج الكاروتينات، وتتطلب وقتًا قصيرًا جدًا لاستخلاص كمية قليلة من الصبغة، وساعدت هذه الطريقة إلى إقلال كمية المذيب مقارنة بالعينة المدروسة وتطلبت وقت أقصر نسبيًا مقارنة مع طرائق الاستخلاص الأخرى، إلا أنّ كمية الكاروتين كانت أقل مقارنة مع الاستخلاص بطريقة Soxhlet وأدى تمديد وقت الاستخلاص إلى التدهور الحراري للكاروتينات (Kultys and Kurek, 2022).

اعتمدت هذه التقنية على طاقة إشعاع الميكروويف لتعطيل جدار الخلية بهدف استخلاص المذيبات بشكل أكثر كفاءة، إذ عملت درجة الحرارة والضغط على تمزيق غشاء الخلية (Papapostolou *et al.*, 2023).

درس Ciurzynska وآخرون (2022) عدة طرائق للبحث عن بديل أفضل للتجفيف التقليدي لشرائح الجزر من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية وذلك بدراسة اللون والمسامية والانكماش والنشاط المائي ومحتوى المادة الجافة وبنية الجزر المجفف، ووجدوا أنّ طريقة الميكروويف ساهمت في الحصول على مادة مجففة ذات نشاط مائي مشابه للعينات المجففة بالتجميد.

1-7-6-المجال الكهربائي النبضي (Pulsed Electric Field (PEF:

هي طريقة غير حرارية تضمنت تطبيق نبضات الجهد العالي القصيرة المتكررة التي تقل عن بضعة أجزاء من الألف من الثانية (ميللي ثانية) على مادة بيولوجية (خلايا نباتية أو حيوانية أو جرثومية) موضوعة بين قطبين.

عززت هذه العملية نفاذية الغشاء السيتوبلازمي، المسمى "التثقيب الكهربائي" والذي أتاح استخلاص الكاروتينات من داخل الخلايا، قد تكون النفاذية عابرة (التثقيب الكهربائي القابل للانعكاس) أو دائمة (التثقيب الكهربائي غير القابل للانعكاس)، اعتمادًا على شدة المجال الكهربائي المطبقة. أظهرت طريقة PEF نتائج واعدة من حيث الاستخلاص غير الحراري والفعال للكاروتينات، مع استخدام منخفض للطاقة، ومع ذلك يجب تحسين مدة النبض وشدة المجال الكهربائي لكل نوع من أنواع مصفوفة العينة، إذ قد تتغير هذه المؤشرات مع الموصلية الكهربائية وملمس الأنسجة (Saini and Keum, 2017).

في دراسة أجراها López-Gámez وآخرون (2021) لاستخلاص الكاروتينويدات باستخدام المجال الكهربائي النبضي مع المعاملة الحرارية من الجزر باستخدام زيت الزيتون (5%)، كانت كمية الكاروتينويدات المستخلصة (20 مغ/100غ).

1-7-7- الاستخلاص بمساعدة الإنزيمات (Enzyme-Assisted Extraction (EAE:

استُخدمت إنزيمات التحلل المائي لتحطيم جدران الخلايا من أجل تحسين عملية الاستخلاص، بشكل عام استُخدمت إنزيمات السيلولاز والبكتيناز كخطوة للمعالجة المسبقة قبل الاستخلاص بالمذيب، إذ يتحلل السيلولاز بالروابط 1,4-β-D-glycosidic الموجودة في جدار الخلية الأساسي للخلايا النباتية. بالمثل قام البكتيناز بتفكيك البكتين الموجودة في الصفيحة الوسطى وجدران الخلايا الأولية، لذا فإن استخدام طريقة EAE في استخلاص الكاروتينات من المنتجات النباتية لديها إمكانات عالية وواعدة للتطبيقات التجارية (Saini and Keum, 2017)، ولهذه الطريقة جدوى اقتصادية عالية وتضمن نقاوة عالية للكاروتينويدات وآمنة للبيئة، ويعاب عليها التكلفة العالية للإنزيمات والاعتماد الكبير للإنزيمات على الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة (Papapostolou *et al.*, 2023).

1-7-8- الاستخلاص باستخدام المذيبات الخضراء Extraction Using Green Solvents:

بشكل عام يتم الحصول على المذيبات المستخدمة في الاستخلاص من مصادر غير متجددة، وللمذيبات الكيميائية شائعة الاستخدام عيوب متعددة: شديدة الاشتعال، متطايرة ومعظمها سامة، مما يتسبب في تلوث البيئة،

لذلك تتجه الصناعات نحو المزيد من المذيبات الخضراء الصديقة للبيئة، والتي يتم انتاجها عادة من مصادر متجددة من المواد الأولية للكتلة الحيوية مثل (النشاء والخشب والزيوت النباتية) أو من المنتجات البتروكيماوية غير السامة والقابلة للتحلل (Saini and Keum, 2017). اكتسبت طرائق الاستخلاص أهمية كبيرة وتميزت بمعدلات استخلاص عالية مع عدم وجود مخلفات متطايرة خطرة (Kultys and Kurek, 2022).

1-8- تأثير المعاملة الأولية في الخصائص الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون لمستخلص كاروتينويد الجزر:

1-8-1- تأثير المعاملة الأولية في الخصائص الكيميائية لمستخلص كاروتينويد الجزر:

يمكن لجدار الخلية المعقد والصلب الموجود في الهياكل النباتية أن يعيق دخول المذيبات داخل الخلايا لاستخلاص الكاروتينويدات، ويمكن أن تؤدي الروابط الموجودة بين الكاروتينويدات والجزيئات الأخرى الكبيرة (البروتينات والأحماض الدهنية) إلى تقليل كفاءة استخلاص الكاروتينويدات، لذلك يتم تطبيق طرائق مختلفة لمعاملة العينة قبل الاستخلاص والهدف الرئيس منها هدم الخلية وبالتالي زيادة كفاءة استخلاص الكاروتينويدات، ومن بين هذه الطرائق: الفيزيائية والإنزيمية والكيميائية والبيولوجية (Miekus *et al.*, 2019).

يُعد المحتوى المائي العالي لمصادر الغذاء عاملًا سلبيًا في استخلاص الكاروتينويدات بسبب طبيعة المذيبات والكاروتينويدات الكارهة للماء (Rini *et al.*, 2022)، لذلك يتم تجفيف العينات لحماية الكاروتينويدات من التدهور الحراري (Miekus *et al.*, 2019).

يمكن أن يكون للمعاملة الحرارية تأثير سلبي في استقرار العناصر الغذائية في الغذاء وبالتالي يمكن أن يؤدي إلى تغيير القيمة الغذائية للأغذية، ومن ناحية أخرى يمكن للمعاملة الحرارية أن تعزز كمية المواد القابلة للاستخلاص عن طريق تهدم الهياكل الخلوية، في حين أنّ طرائق المعالجة الحرارية التي تستخدم درجات حرارة تصل حتى 100 درجة لا تسبب تحلل للكاروتينويدات، ومع ذلك إن التعرض المطوّل لدرجة الحرارة من الممكن أن يؤدي إلى فقد في محتوى الكاروتينويدات (Schmiedeskamp *et al.*, 2022).

بشكل عام من الممكن اتباع بعض الخطوات للتقليل من فقدان الكاروتينويدات أثناء الاستخلاص منها إضافة الكربونات مثل كربونات الكالسيوم أو إضافة مضادات الأكسدة مثل بوتيل هيدروكسي التولوين لمنع الأكسدة أثناء استخلاص الكاروتينويدات (Miekus *et al.*, 2019).

بيّن Ghosh وآخرون (2019) تأثير السلق باستخدام الميكروويف لمدة 15 دقيقة والسلق باللهب لمدة 18 دقيقة كمعاملة أولية للجزر قبل استخلاص β-carotene من الجزر الطازج، ووجدوا أن كمية β-carotene في الجزر الطازج (963.13 ppm)، وازدادت كمية β-carotene في المستخلص باستخدام الميكروويف إلى (1393.95 ppm)، في حين ساهم السلق باللهب في زيادة كمية β-carotene إلى (1281.29 ppm).

درس Piyarach وآخرون (2020) تأثير تجفيف شرائح الجزر عند 65 درجة مئوية باستخدام أفران التجفيف بالهواء الساخن، وكان محتوى شرائح الجزر الطازجة من (Lutein، α-carotene، β-caroten، Zeaxanthin) (2.70، 22.30، 382.38، 861.9) مقدرة بـِ ميكروغرام/غ على الترتيب، وكان للتجفيف تأثير سلبي، إذ انخفضت كمية β-carotene إلى (773.66 ميكروغرام/غ)، و(α-carotene، Lutein) إلى (22.07، 367.09 ميكروغرام/غ) على الترتيب، وساهم التجفيف في زيادة كمية Zeaxanthin إلى (3.65 ميكروغرام/غ).

درس Soliman وNasser (2022) تأثير التجفيد لتفل الجزر قبل استخلاص الكاروتينويدات بطريقة الموجات فوق الصوتية، وساهم ذلك في استخلاص (44.75 مغ/غ) من β-carotene.

درس Schmiedeskamp وآخرون (2022) تأثير المعاملات الحرارية المختلفة في كمية الكاروتينويدات المستخلصة من شرائح الجزر، إذ كان محتوى الكاروتينويدات في شرائح الجزر الطازجة (4.92 مغ/100غ) وبتجفيف شرائح الجزر عند 70 درجة مئوية لمدة 240 دقيقة ازدادت كمية الكاروتينويدات الكلية إلى (40 مغ/100غ)، وساهم قلي شرائح الجزر عند 180 درجة مئوية بفترات زمنية مختلفة (32-25-18) دقيقة في زيادة كمية الكاروتينويدات إلى (22.09، 9.66، 36.21 مغ/100غ)، على الترتيب.

درس De Abreu وآخرون (2022) تأثير سلق الجزر عند 100 درجة مئوية لمدة 10 دقائق وتأثير المعاملة الحرارية بالبخار دون تلامس شرائح الجزر مع الماء عند 100 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة في كمية الكاروتينويدات المستخلصة، وكان محتوى شرائح الجزر الخام من (α-carotene، β-carotene، δ-carotene، y-carotene، lycopene) (23.14، 24.97، 17.76، 17.15، 16.47 ميكروغرام/غ)، على الترتيب، وساهم سلق الجزر عند 100 درجة مئوية لمدة 10 دقائق في زيادة كمية الكاروتينويدات وفق الآتي (32.16، 34.60، 25.92، 49.15، 46.29) مقدرة بِـ ميكروغرام/غ، في حين أنّ المعاملة الحرارية بالبخار دون تلامس شرائح الجزر مع الماء عند 100 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة ساهمت في زيادة كمية الكاروتينويدات وفق الآتي (66.32، 69.39، 71.11، 99.51 ،92.78 ميكروغرام/غ).

درس Singh وآخرون (2023) ثبات β-carotene عند معاملة الجزر بتقنيات مختلفة، وكان محتوى β-carotene في عينة الجزر الطازجة (16832.82 ميكروغرام/100غ)، إذ ازداد محتوى β-carotene في ظروف المعاملات الآتية فعند التجفيف بالهواء الساخن كانت نسبة الزيادة 57% وفي السلق ارتفع المحتوى 91%، في حين كانت الزيادة 51% عند استخدام الضغط، وحققت المعاملات ذات درجات الحرارة المرتفعة مثل الغليان في وعاء مفتوح والطهي بالميكروويف زيادة بلغت 4% و1.5% على الترتيب.

يحتوي الجزر على محتوى كبير من المركبات الفينولية وخاصة الأحماض الفينولية والمعاملة الأولية للجزر تلحق ضررًا كبيرًا بهذه المركبات وخاصة مشتقات حمض الكافييك (Hellström *et al.*, 2020).

درس Hellström وآخرون (2020) تأثير عدة معاملات أولية للجزر في قدرته على الاحتفاظ بالمركبات الفينولية القابلة للذوبان أثناء التخزين المبرد، بلغ محتوى الجزر من المركبات الفينولية قبل التخزين دون أي معاملة (893 مغ/كغ)، وساهم غسل الجزر في زيادة المركبات الفينولية (996 مغ/كغ)، أما التقشير خفضّ من نسبة المركبات الفينولية إلى (246 مغ/كغ) والبرش إلى (227 مغ/كغ)، إذ كان المحتوى الأعلى من المركبات الفينولية في القشور (3270 مغ/كغ).

بيّن Macura وآخرون (2019) تأثير المعاملة الأولية للجزر البنفسجي عند التجفيف بالهواء الساخن عند 45 درجة مئوية لمدة 24 ساعة والتجفيد عند (−23) درجة مئوية خلال التخزين لمدة 6 أشهر، وكان محتوى الأنثوسيانين لشرائح الجزر الطازجة (33.876 كيلوغرام/غ)، وأدى التجفيف بالهواء الساخن والتجفيد إلى خفض محتوى الأنثوسيانينات الكلية لشرائح الجزر المجففة والمجفدة إلى (29.785−21.071 كيلوغرام/غ)، على الترتيب، وساهم التخزين لمدة 6 أشهر في خفض محتوى الأنثوسيانينات الكلية بنسبة (32−34%) لكل من الشرائح المجففة والمجفدة على الترتيب، وكانت نسبة الانخفاض في البوليفينولات الكلية عند التخزين لمدة 6 أشهر (54−36%) لكل من الشرائح المجففة والمجفدة على الترتيب.

1−8−2− تأثير المعاملة الأولية في مؤشرات اللون لمستخلص كاروتينويد الجزر:

يعد تحديد مؤشرات اللون للمنتجات المجففة أمرًا بالغ الأهمية لأنّ لون المنتج هو أحد معايير الجودة الرئيسة التي يمكن تقييمها من قبل المستهلكين، ومن الممكن أن تكون التغييرات في لون الأطعمة المجففة مؤشرًا على التدهور الحراري في العديد من المركبات النشطة بيولوجيًا (Nowak and Jakubczyk, 2020).

درس De Abreu وآخرون (2022) تأثير سلق الجزر عند 100 درجة مئوية لمدة 10 دقائق وتأثير المعاملة الحرارية بالبخار دون تلامس شرائح الجزر مع الماء عند 100 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة في المؤشرات اللونية، إذ كانت مؤشرات اللون لشرائح الجزر الخام L^* وa^* وb^* هي (38.50، 55.36، 32.73) على الترتيب، وساهم سلق الجزر عند 100 درجة مئوية لمدة 10 دقائق في انخفاض مؤشري a^* وL^* (27.46،46.10) على الترتيب وزيادة مؤشر b* (40.33)، في حين أدت المعاملة الحرارية بالبخار دون تلامس شرائح الجزر مع الماء عند 100 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة إلى انخفاض مؤشري اللون a^* وL^* إلى (27.66، 44.10)، على الترتيب، وزيادة مؤشر b* إلى (41.43).

1-9- تقنيات التغليف لحماية الكاروتينويدات:

كان استخدام الكاروتينويدات في صناعة الأغذية محدودًا بسبب عدم ثباتها ضد العوامل الكيميائية (الأكسجين والمعادن والجذور الحرة) والعوامل البيئية (الضوء والحرارة) وعدم قابليتها للذوبان في الماء ونقطة الانصهار العالية والتوافر البيولوجي المنخفض، وتحد الطبيعة المحبة للدهون للكاروتينويدات من اندماجها المباشر في الأنظمة المائية (González-Peña *et al.*, 2023)، وهي عرضة للتدهور أثناء التخزين لذلك تحمي تقنيات التغليف الكاروتينويدات من التدهور عن طريق تشكيل حاجز بين المواد الأساسية والجدارية، إذ تُعد عوامل التغليف المناسبة ودرجة الحرارة والطريقة المتبعة من أهم العوامل لنجاح عملية التغليف (Eun *et al.*, 2019).

تضمنت الكبسلة الدقيقة تغطية سائل أو صلب أو غاز بمادة حاملة لحماية المادة المطلوبة من الظروف البيئية كالرطوبة والحرارة والضوء والأكسجين ودرجة الحموضة والمركبات الأخرى، وشملت المواد الحاملة الشائعة السكريات (المالتودكسترين، النشاء، الكيتوزان، الأنولين، ألجينات الصوديوم، البكتين)، والصمغ (الصمغ العربي، صمغ الغوار)، والبروتينات (الغلوتين، الجيلاتين، بروتين مصل اللبن وبروتين الصويا).

اعتمد اختيار مادة حاملة مناسبة على خصائصها الفيزيائية مثل الوزن الجزيئي ونقطة الانصهار وقابلية الذوبان واللزوجة والانتشار وخصائص الاستحلاب (González-Peña *et al.*, 2023)، كما اختلفت تبعًا لنوع المركب النشط بيولوجيًا الذي تمّ تغليفه (Martins *et al.*, 2023).

1-9-1- التجفيف بالتجميد (التجفيد) Freeze-drying:

عبارة عن تقنية تغليف تضمنت تجفيف مادة مجمدة بدرجة حرارة (−80، −40) تحت التفريغ عند ضغط منخفض، واستخدمت هذه الطريقة على نطاق واسع للمركبات النشطة بيولوجيًا الحساس للحرارة، وقللت هذه الطريقة من التغيرات المرتبطة بارتفاع درجة الحرارة، إلا أنّها تطلبت وقت طويل وتكلفة عالية، على الرغم من أن التجفيد يحمي الكاروتينويدات من الأكسدة والأزمرة إلا أن الجسيمات الناتجة ذات متوسط حجم كبير ومسامية عالية (González-Peña *et al.*, 2023)، ومن العوامل الهامة أثناء عملية التجفيد هي درجة الحرارة والضغط ووقت

التجفيد وفي معظم الدراسات المرجعية لا يتم تحديد هذه العوامل، إذ لعبت درجة الحرارة دورًا هامًا في مسامية المنتج الناتج وقدرته على إعادة التميه، مهما كانت ظروف التجفيد ملائمة لا بدّ من أن يلحق المسحوق الناتج ضررًا طفيفًا للمركبات النشطة بيولوجيًا وبنية المنتج، ومن ناحية أخرى يمكن أن يتأثر الهيكل المسامي للمساحيق التي يتم الحصول عليها وهو أمر غير مرغوب فيه عند إعادة التميه، ومن الممكن أن يؤثر الهيكل المسامي في ثبات المركبات النشطة بيولوجيًا المغلفة أثناء فترة التخزين لأنّ وجود المسام الدقيقة زاد من نقاط التلامس التي تتسمح بانتشار الأكسجين عبر مصفوفة البوليمر وبالتالي قلل من الاستقرار التأكسدي للمنتج المجفد، ولعملية التجفيد عيوب أخرى من أهمها أنها عملية تتطلب من 4 إلى 10 أضعاف من متطلبات الطاقة أكثر من التجفيف بالهواء الساخن (Lavelli and Sereikaite, 2022)، ومن المحتمل حدوث تغيرات في اللون أيضًا وظهور هيكل غير ملائم في المسحوق الناتج (Nowak and Jakubczyk, 2020).

1-9-2- التجفيف بالرذاذ Spray Drying:

هي تقنية كبسلة دقيقة مستخدمة على نطاق واسع باستخدام الهواء المضغوط الذي تمّ تسخينه إلى درجات حرارة عالية، إذ يعمل تدفق الهواء المضغوط الذي تمّ تسخينه إلى درجات حرارة عالية على تجفيف الجسيمات وتحويلها إلى مساحيق يتراوح حجمها (1-1000 ميكرومتر) في وقت قصير وبتكلفة منخفضة وبدرجة حرارة منخفضة، وهذا يسمح بتغليف المركبات القابلة للتحلل بالحراري وتثبيت المادة المغلفة (González-Peña *et al.*, 2023).

تؤثر ظروف التجفيف بالرذاذ في احتفاظ المسحوق بالمركبات النشطة بيولوجيًا وكذلك حجم وشكل المسحوق، بشكل عام تكون الجزيئات الصغيرة مرغوبة لأن الجزيئات الأكبر تكون مجوفة من الداخل ولها بنية أقل إحكامًا، مما يؤدي إلى كثافة أقل مقارنة بالجزيئات الدقيقة، بشكل عام ينتج التجفيف بالرذاذ مساحيق ذات كثافة أعلى مقارنة مع التجفيد وهو أمر إيجابي لأنه يقلل من تكاليف التعبئة والشحن يزيد من قابلية التدفق، من حيث التكلفة فإن التجفيف بالرذاذ أكثر اقتصادًا من التجفيد ولكنه يتسبب في فقدان أكثر β-carotene بسبب درجات الحرارة العالية المطبقة وكبر سطح التلامس مع الهواء (Lavelli and Sereikaite, 2022).

1-9-3- التغليف بالسوائل فوق الحرجة Supercritical Fluids:

اقتُرحت السوائل فوق الحرجة (SCF) كبديل لتغليف الكاروتينويدات، باستخدام سائل كثيف يمتاز بالعديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي تجعله ملائم لتغليف المركبات النشطة بيولوجيًا، اعتُمدت هذه التقنية في صناعة الأغذية كتقنية خضراء لأنها غير سامة ويمكن إزالتها بسهولة دون إتلاف المنتج، ولهذه الطريقة مزايا تتغلب بها عن الطرائق التقليدية كضعف التحكم في الحجم وفقدان المركبات الحرارية وانخفاض في كفاءة التغليف والعائد، إضافة للسلامة واللزوجة المنخفضة والتفاعلية والقدرة على إيقاف نشاط المركبات والتكلفة المنخفضة نسبيًا إضافًة لقابلية الذوبان لبعض المركبات المحبة للدهون، ومن أهم المذيبات فوق الحرجة الأكثر شيوعًا في صناعة الأغذية ثاني أكسيد الكربون (González-Peña *et al.*, 2023).

1-10- المواد الحاملة المستخدمة في التغليف:

1-10-1- المالتودكسترين Maltodextrins:

هو عديد السكاريد ومن المواد القابلة للذوبان في الماء، متوفر كمساحيق بيضاء، عادة ما يتم تصنيف المالتودكسترينات حسب القيمة المكافئة لسكر العنب (DE)، يتوفر المالتوديكسترين بعدة قيم (4، 10، 15، 20، 25، 30، 42 DE) في الأسواق، شاع استخدام المالتودكسترين كعامل تغليف عند التجفيد، ساعد المالتودكسترين في الاحتفاظ بخصائص معينة للمنتج، مثل محتوى المغذيات، اللون والنكهة أثناء التجفيف (Eun *et al.*, 2019).

درس Rifqi وآخرون (2020) تغليف β-carotene في الجزر باستخدام المالتودكسترين بعد استخلاصه بواسطة مزيج من الهكسان والأسيتون (1:1) وكانت كمية β-carotene (33.67 ppm)، وبلغت كمية β-carotene في المسحوق باستخدام نسب (10-20-30%) من المالتودكسترين (21.02، 29.16، 15.25) ppm، على الترتيب.

1-10-2- النشاء Starch:

النشاء قابل للذوبان في الماء ويمكن فصله إلى الأجزاء المكونة له (الأميلوز والأميلوبكتين)، عن طريق التسخين، ونظرًا لصفاته مثل التوافر، التكلفة المنخفضة، خصائص الاستحلاب أثناء التجفيف فقد تم استخدام النشاء على نطاق واسع كمواد جدارية (Eun *et al.*, 2019).

1-10-3- الصمغ العربي Gum Arabic:

المعروف أيضًا باسم صمغ الأكاسيا يتكون من السكريات والبروتينات، غالبًا ما يستخدم كعامل تغليف فعال بسبب وظيفته الغروانية الواقية (Eun *et al.*, 2019).

درس Corrêa-Filho وآخرون (2019) التغليف الدقيق لِ β-carotene عن طريق التجفيف بالرذاذ باستخدام الصمغ العربي كمادة حاملة لحمايته من الظروف البيئية مع تقييم تأثير درجة حرارة مدخل الهواء الجاف 100-200 درجة مئوية وتركيز مادة الجدار 5-35%، وأفضل نتيجة تم الحصول عليها عند استخدام الصمغ العربي بنسبة 11.9% ودرجة حرارة مدخل التجفيف 173 درجة مئوية.

1-10-4- الكيتوزان Chitosan:

هو عديد السكاريد، قابل للذوبان في الوسائط المائية الحمضية، تزايد استخدام مادة الكيتوزان كمادة تغليف بسبب توافقها الحيوي وسميتها المنخفضة وقابليتها للتحلل البيولوجي (Eun *et al.*, 2019).

1-10-5- الإينولين Inulin:

هو عديد السكاريد الذي تنتجه أنواع عديدة من النباتات، مثل جذر الهندباء (*Cichorium intybus*) والاضاليا (*Dahlia pinnata Cav*)، وهو عامل تغليف ممتاز بسبب انخفاض تكلفته وخصائصه الغذائية (Eun *et al.*, 2019).

بيَّن Šeregelj وآخرون (2021) في دراسة أُجريت لتغليف β-carotene المستخلص من مخلفات الجزر باستخدام الإينولين والمالتودكسترين (0.5:0.5%) بطريقة التجفيد، أنّ كفاءة التغليف كانت 15% ومحتوى الكاروتينويدات الكلية (1.13 مغ/100غ)، في حين بلغت كفاءة التغليف في طريقة التجفيف بالرذاذ 3.56% ومحتوى الكاروتينويدات الكلية (0.62 مغ/100غ).

1-10-6- البروتينات Proteins:

استخدمت أنواع مختلفة من البروتينات مثل بروتين الصويا ومصل اللبن والجيلاتين في صناعة الأغذية كمواد حاملة، من أهمها بروتين الصويا، وهو أحد مصادر البروتينات النباتية الأكثر شيوعًا لأنه متوفر بكثرة وغير مكلف. استُخدمت البروتينات كمواد تغليف أثناء التجفيف بالرذاذ لأنها تحمي من الأكسدة ولها خصائص ارتباط عالية (Eun *et al.*, 2019).

بيَّن Basuony وآخرون (2022) في دراسة أجريت لتغليف β-carotene المستخلص من مخلفات الجزر المجففة باستخدام بروتين مصل اللبن (1.5، 3، 4.5%) أنّ كفاءة التغليف كانت (90.08، 87.89، 81.45%)، على الترتيب.

1-10-7- حمض الأسكوربيك:

فيتامين C هو مسحوق أبيض، يمتلك القدرة على تقليل الرطوبة، ويوفر درجة عالية من التدفق دون التكتل أثناء عملية التغليف، وقد استخدمه العديد من الباحثين كعامل واقي أثناء التجفيف بالرذاذ (Eun *et al.*, 2019).

1-11- تأثير طريقة التغليف والتخزين في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والمؤشرات اللونية لمسحوق الكاروتينويد:

1-11-1- تأثير طريقة التغليف في الخصائص الكيميائية لمسحوق الكاروتينويد:

بينت دراسة قام بها Chen وآخرون (2017) لتجفيف β-carotene بالرذاذ باستخدام مجفف رذاذ عند درجات حرارة مختلفة (100-120) درجة مئوية وقد تم التجفيد دون استخدام المالتودكسترين ومع استخدام

المالتودكسترين 50%، وكان محتوى الرطوبة عند التجفيف بالرذاذ عند درجات حرارة (100، 120)درجة مئوية (3.2، 4.2%) على الترتيب، واحتوى المسحوق الذي تم الحصول عليه بالتجفيد على 1.6% رطوبة، واحتوت المساحيق المجففة بالرذاذ على محتوى رطوبة أعلى من المسحوق المجفد، وكان محتوى β-carotene دون تغليف 2.39% وباستخدام التجفيف بالرذاذ 5.34% وبالتجفيد 1.35%.

في دراسة أجراها Li وآخرون (2019) بينت تأثير عدة طرائق من الكبسلة في تغليف β-carotene بطريقة التجفيف بالرذاذ بدرجة حرارة الهواء الداخل 170 درجة مئوية وضغط الهواء 2.5 ميغا باسكال ودرجة حرارة الهواء عند المخرج 60 درجة مئوية والتجفيد عند −35 درجة مئوية وضغط 0.099 ميغا باسكال في بعض الخصائص الكيميائية للمسحوق الناتج، وكان محتوى الرطوبة للمسحوق الناتج عند التجفيف بالرذاذ (1.51 غ/100غ) ومحتوى β-carotene (0.88%)، وكان محتوى الرطوبة للمسحوق الناتج عند التجفيد (1.79 غ/100غ) و-β carotene (0.95%).

درس Haas وآخرون (2019) تأثير طريقتين للتجفيف في محتوى المسحوق الناتج من الكاروتينويدات، الأولى التجفيف بالرذاذ عند درجة حرارة 195 للهواء الداخل و80 درجة مئوية للهواء الخارج مع ضغط الرش بمعدل 0.15 ميغا باسكال بمعدل 40 غرام/دقيقة، والثانية تجفيد الكاروتينويدات عند −80 درجة مئوية لمدة 5 أيام، حيث حُددت الكاروتينويدات الكلية المغلفة بطريقة UV/Vis عند 539 نانومتر، ولوحظ أنّ كمية الكاروتينويدات في المسحوق الناتج عن التجفيف بالرذاذ (1.96 مغ/غ)، وكانت في المسحوق الناتج عن التجفيد (1.93 مغ/غ)، ودُرس تأثير استبدال 50 و100% من المالتودكسترين بحامل نشط سطحيًا (النشاء)، ووجد أنّ النشاء أظهر تأثيرًا إيجابيًا في الخصائص الفيزيائية للكاروتينويدات المجففة بالرذاذ، وأدى الاستبدال بنسبة 100% إلى تقليل الكاروتينويدات السطحية من (29.2%) إلى (12.2%).

1-11-2- تأثير طريقة التغليف في الخصائص الفيزيائية ومؤشرات اللون لمسحوق الكاروتينويد:

اختلفت الكاروتينويدات البلورية في بعض خواصها الفيزيائية عن الكاروتينويدات المذابة في الدهون، وأظهرت أيضًا أنها تتفاعل بشكل مختلف مع ظروف معالجة معينة من الحرارة (Haas *et al.*, 2019).

أدى تطبيق عملية التجفيف إلى العديد من التغييرات الفيزيائية والكيميائية للأغذية، ويُعدّ التجفيد من الطرائق التي سببت ضررًا أقل، وإنّ التحكم في معدل التجفيد ودرجة الحرارة وضغط الغاز الكلي والمتوسط النهائي لمحتوى الرطوبة مطلوب للحصول على منتج مجفد بجودة مناسبة، في حين أنّ درجة الحرارة لعبت دورًا هامًا في التأثير المباشر في بنية المواد الناتجة، وبالتالي تدهور العديد من ميزات المنتج المتعلقة بالملمس والمسامية والحجم والشكل وقدرة إعادة التميه والاستقرار. حددت الخصائص الفيزيائية خصائص المنتج، وتُعد مسامية المنتج المجفف بالتجميد من أهم العوامل المميزة لجودته، ويُعدّ تغيير اللون وعدم استقراره من المشكلات المهمة أثناء معالجة الطعام وتخزينه (Nowak and Jakubczyk, 2020).

عندما يكون اللون هو الوظيفة المستهدفة لمساحيق الصبغة الناتجة، فإن التركيز يجب أن يتم على كافة مراحل انتاجها من المعاملة الأولية للجزر حتى التخزين (Haas *et al.*, 2019).

درس Shaaruddin وآخرون (2019) الخصائص الفيزيائية لمسحوق الكاروتينويد الناتج عن تجفيف الكاروتينويدات المستخلصة من عصير الجزر باستخدام طريقة التجفيف بالرذاذ بمساعدة المالتودكسترين كمادة حاملة، ووجد أن نسبة الرطوبة في المسحوق الناتج 2.08% والنشاط المائي 0.35، وكانت استرطابية المسحوق 13.36% والذوبانية 89.43%، في حين أن المؤشرات اللونية للمسحوق الناتج (C، H، L^*) كانت (81.08، 56.27، 30.53)، على الترتيب.

درس González-Peña وآخرون (2021) تغليف كاروتينويدات الجزر في مزيج من المالتودكسترين والصمغ العربي (5–10%) عن طريق التجفيف بالرذاذ، عند التجفيف بالرذاذ بنسبة مزيج (5%)، وكانت الذوبانية (83.63%)، وبلغت الكثافة الظاهرية (191 كغ/م^3) وعند التجفيف بالرذاذ بنسبة مزيج (10%) كانت الذوبانية (92.07%)، وبلغت الكثافة الظاهرية (175 كغ/م^3).

درس Šeregelj وآخرون (2021) الخصائص الفيزيائية لِـ β-carotene المستخلص من مخلفات الجزر والمغلف بطريقة التجفيد، إذ كانت الاسترطابية (2.10 غ/100غ) والذوبانية (58.27%) والكثافة الظاهرية (0.26

غ/مل)، والمؤشرات اللونية للمسحوق الناتج (h^*، C، b^*، a^*، L^*) كانت (82.44، 0.10، 37.72، 37.72، 90.15)، على الترتيب، وكانت الخصائص الفيزيائية لِـ β-carotene المغلف بطريقة التجفيف بالرذاذ الاسترطابية (8.45 غ/100غ) والذوبانية (56.79%) والكثافة الظاهرية (0.34 غ/مل) والمؤشرات اللونية للمسحوق الناتج (h^*، C، b^*، a^*، L^*) كانت (89.04، 2.12، 24.90، 24.99، 94.86)، على الترتيب.

درس Mina وآخرون (2022) عدة طرائق لنمذجة حركية التجفيف وتقييم جودة الصمغ العربي المعالج بالموجات فوق الصوتية والإيتانول وشرائح الجزر المجففة بالفرن. تمت معالجة الجزر الطازج إلى شرائح رفيعة وغمرها في 3% صمغ عربي (GA)، وإيتانول (99.9%)، وماء مقطر متبوعة بالموجات فوق الصوتية (التردد: 50 هرتز، الطاقة: 500 واط، درجة الحرارة: 25 درجة مئوية) لمدة 10 دقائق، ثم التجفيف في فرن هوائي ساخن على درجة حرارة 50 درجة مئوية، وقُيّم تأثير المعالجات المسبقة في الاحتفاظ بالمركبات النشطة بيولوجيًا والخصائص الفيزيائية والكيميائية للجزر، إذ أظهرت شرائح الجزر المعالجة مسبقًا بـ (3%) صمغ عربي لونًا أفضل، وكان إجمالي محتوى الفينولات (2.999–1.34 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ) و β-carotene (13.07–7.63 مغ/100غ) والنشاط المضاد للأكسدة مقدرًا بطريقة DPPH (8.02–5.67 مغ/100غ) في شرائح الجزر المعالجة بالإيتانول.

1-11-3- تأثير عملية التخزين في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمسحوق الكاروتينويد المغلف:

تُعد دراسة تدهور الكاروتينويدات أثناء المعالجة والتخزين أمرًا بالغ الأهمية من أجل توفير أنظمة غذائية وظيفية عالية الجودة (Haas *et al.*, 2019).

درس Przybysz وآخرون (2018) تأثير التخزين في كاروتينويدات الجزر المغلفة بطريقة التجفيف بالرذاذ باستخدام خليط من الصمغ العربي والمالتودكسترين في درجات حرارة 20 درجة مئوية بوجود الضوء وفي الظلام، إذ انخفض محتوى α-carotene عند التخزين بوجود الضوء لمدة 12 أسبوعًا من (36 مغ/100غ) إلى (10 مغ/100غ) وفي الظلام إلى (9 مغ/100غ)، في حين انخفض محتوى β-carotene عند التخزين بوجود الضوء لمدة 12 أسبوعًا من (72 مغ/100غ) إلى (18 مغ/100غ)، في حين أنه عند التخزين 4 درجة مئوية بالظلام

انخفض محتوى المسحوق من α-carotene من (36 مغ/100غ) إلى (26 مغ/100غ) ومحتوى β-carotene من (72مغ/100غ) إلى (49 مغ/100غ).

بيَّن Dłużewska وآخرون (2020) تأثير تخزين β-carotene المغلف بالتجفيف بالرذاذ باستخدام عدة مواد حاملة لمدة 60 يومًا في كمية β-carotene والمؤشرات اللونية، عند استخدام الصمغ العربي والمالتودكسترين كانت كمية بيتا كاروتين (109 مغ/100غ)، وبعد التخزين لمدة 60 يومًا انخفضت النسبة إلى (69 مغ/100غ)، في حين عند استخدام النشاء المعدل والمالتودكسترين كان محتوى β-carotene (140 مغ/100غ)، وبعد التخزين 60 يومًا انخفضت النسبة إلى (90 مغ/100غ)، أما التغيرات في اللون (Δb، Δa، ΔL) فكانت عند استخدام الصمغ العربي والمالتودكسترين (2.51، 1.62، 2.40)، وعند استخدام النشاء المعدل والمالتودكسترين (Δb، Δa، ΔL) كانت (2.33، 2.11، 2.16).

درس Šeregelj وآخرون (2022) حركية تحلل الكاروتينات في التغليفات المجففة بالتجميد (FDE) والمجففة بالرذاذ (SDE) لمستخلص مخلفات الجزر أثناء التخزين عند أربع درجات حرارة مختلفة (4، 21.3، 30، 73) درجة مئوية حتى 413 يومًا بواسطة HPLC، إذ انخفضت مستويات الكاروتينات كدالة للوقت ودرجة الحرارة، عند 4 درجات مئوية كانت الكاروتينات مستقرة لمدة 413 يومًا على الأقل، لكن تناقص نصف عمرها مع ارتفاع درجات الحرارة، وكانت تقنية التجفيد أكثر فعالية ضد تحلل الكاروتينات ولوحظ وجود تأخير أولي مع عدم وجود تحلل للكاروتينات أو تدهور محدود للغاية من أسبوع واحد عند 37 درجة مئوية إلى 3 أشهر باستخدام التجفيف بالرذاذ وأكثر باستخدام التجفيد عند 21 درجة مئوية.

1-12- استخدام الكاروتينويدات كملونات طبيعية في الصناعات الغذائية:

تُستخدم الملونات النباتية الغنية بالكاروتينويدات حاليًا في صناعة المواد الغذائية لتلبية طلب المستهلك للبدائل الطبيعية للملونات الغذائية (Haas *et al.*, 2019)، إذ يمكن دمج الكاروتينويدات في الأغذية عن طريق إدراجها في مستحلبات أو أنظمة توصيل نانوية والتي تمكّن من تغليفها بشكل أكبر وبالتي السماح لها بالتشتت في مكونات الأغذية (Molteni *et al.*, 2022).

درس Giri وJoshi (2020) تأثير إضافة مسحوق كاروتينويد الناتج عن التجفيف بالرذاذ باستخدام المالتودكسترين 15% في مشروب صحي بنسبة إضافة (2.5، 5، 7.5، 10%)، وكانت أفضل نسبة إضافة 7.5%، إذ ازدادت نسبة الألياف والكربوهيدرات والطاقة وكذلك المعادن بشكل كبير، وارتفع إجمالي الكاروتينويدات إلى (1.24 مغ/100غ) مقارنة مع الشاهد (0.65 مغ/100غ).

درس Soliman وNasser (2020) تأثير إضافة كاروتينويد تفل الجزر المغلف والحر إلى اللبن بنسب إضافة 5 مغ و10 مغ من الكاروتينويدات المغلفة وبنسب إضافة 2.2 و4.4 مغ من الكاروتينويدات الحرة في كمية الكاروتينويدات، ولوحظ أنّ الكاروتينويدات في اللبن بلغت (45.90، 45.90 مغ/100غ) وبعد التخزين لمدة 14 يومًا انخفض محتوى الكاروتينويدات إلى (28.17، 44.87 مغ/100غ) للكاروتينويدات المغلفة.

بيّن Baria وآخرون (2021) في دراسة إضافة مركز الجزر البنفسجي إلى اللبن بنسب إضافة (0.5، 1، 1.5، 2%) وكان محتوى الفينولات الكلية (101.86، 147.74، 189.26، 253.26 مغ مكافئ حمض غاليك/كغ)، على الترتيب، وكانت كمية الأنثوسيانينات الكلية (9.05، 20.74، 30.86، 39.81 cya-3-glu مغ/كغ) على الترتيب، في حين أن المؤشرات اللونية (L^* ، a^*، b^*) عند نسبة إضافة (0.5%) كانت (2.09، 4.04، 77.51)، وعند نسبة إضافة (1%) وكانت (0.78، 7.35، 73.33)، وبإضافة (1.5%) كانت (0.68- ، 9.14، 67.00)، وعند 2% كانت (2.69-، 10.33، 63.54) مقارنة بالشاهد (5.88، 7.97، 82.79)، على الترتيب.

درس Basuony وآخرون (2022) استخلاص β-carotene من مخلفات الجزر المجففة باستخدام طريقة استخلاص سوكسلت، وحُضرّ β-carotene النانوي المشتت (B-CND) باستخدام نسب مختلفة من بروتين مصل اللبن المعزول (1.5، 3، 4.5%)، وكانت كفاءة التغليف لجميع العينات أكثر من (81.45%)، وأعطى الجبن المطبوخ المدعم بـ (10%) من B-CND قبولًا حسيًا عاليًا وخصائص هيكلية جيدة.

الفصل الثاني

مواد البحث وطرائقه

Materials and Methods

2- مواد البحث وطرائقه Materials and Methods:

نُفّذ هذا الجزء من البحث خلال الفترة الممتدة من 2022/7/25 حتى 2023/7/20 م في مخابر قسم علم الأغذية، كلية الزراعة في جامعة دمشق ومخابر الهيئة العامة للتقانة الحيوية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ومخابر قسم الكيمياء، كلية العلوم في جامعة دمشق.

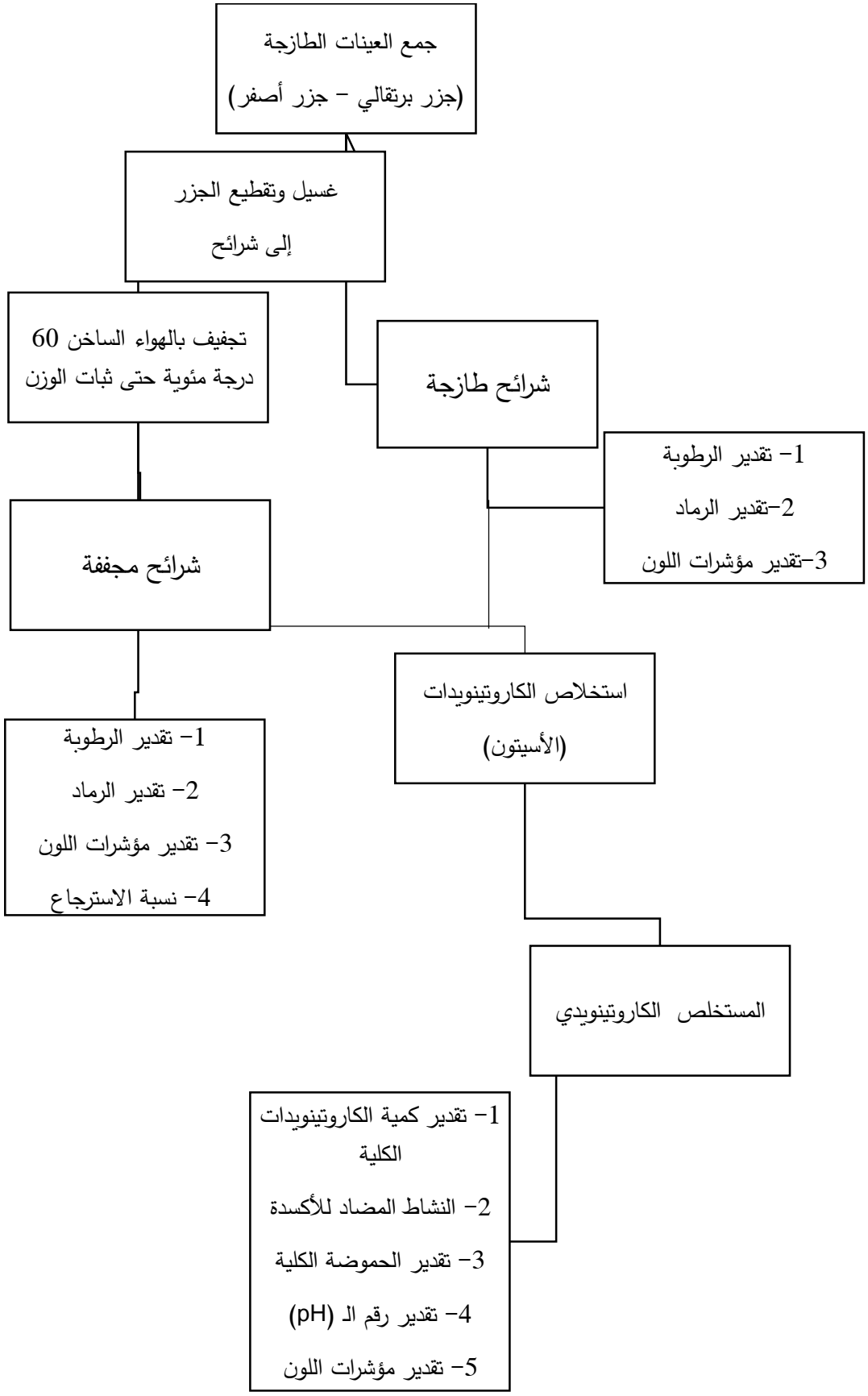
2-1- مواد البحث Materials:

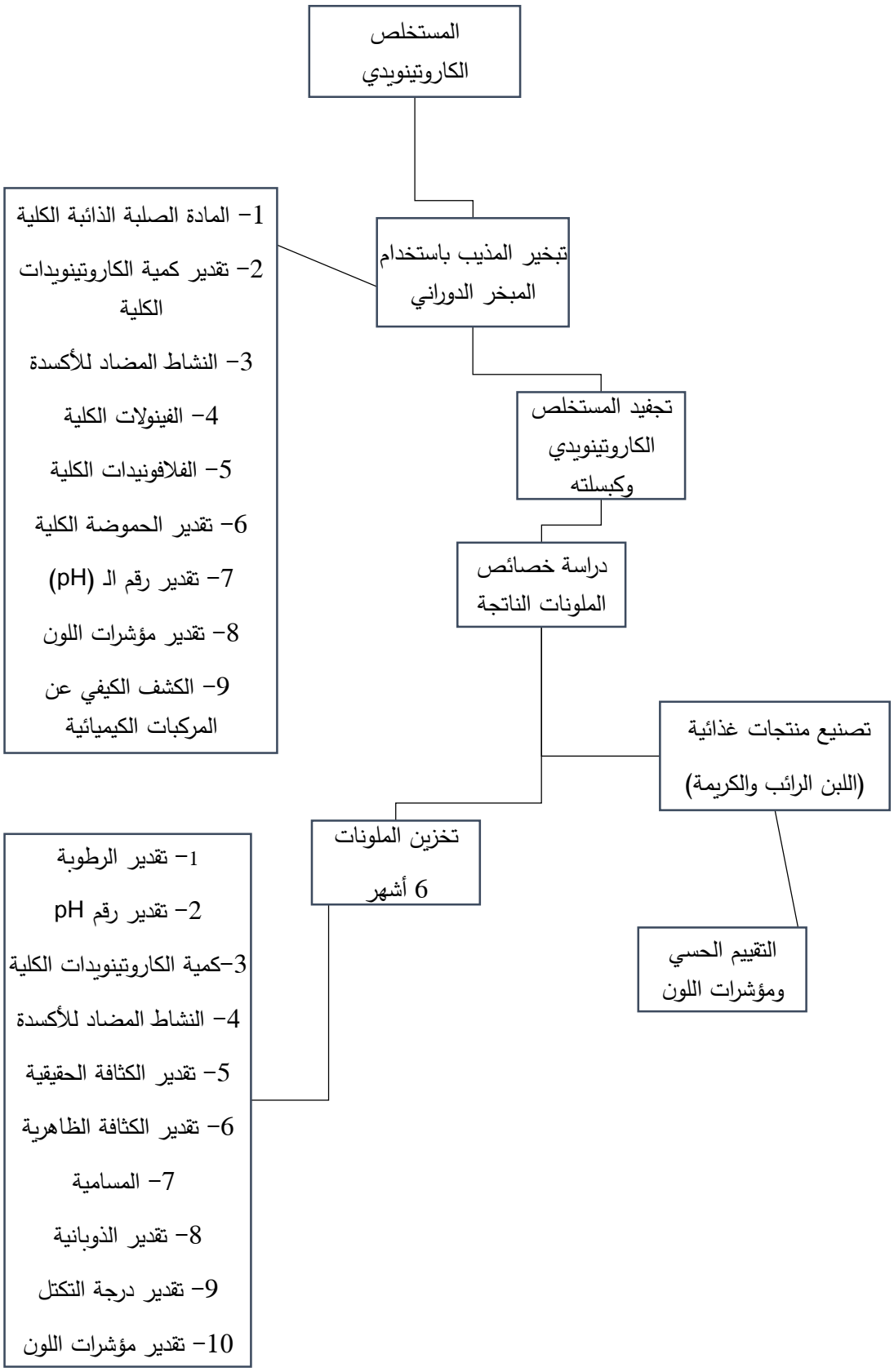
جُمعت ثمار الجزر ذو اللون البرتقالي صنف (*Nanco F1*) من قرية الطيبة في محافظة ريف دمشق بواقع 5 كيلو غرام، ثمارها أسطوانية الشكل، متوسطة الحجم، القشرة رقيقة ناعمة سهلة التقشير، والطعم جيد، تتحمل الثمار التخزين، في حين جُمعت ثمار الجزر ذو اللون الأصفر (*Solar Yellow*) من الأسواق المحلية في محافظة حمص بواقع 5 كيلو غرام، وهو صنف ثماره متوسطة الحجم، القشرة رقيقة ناعمة سهلة التقشير، والطعم جيد، تتحمل الثمار الشحن والتخزين، واستُخدم اللب واللب الخشبي دون قشور، في حين تمَّ التخلص من قشور الجذور، وأُختيرت جذور الجزر لإجراء البحث عليها لتوفُّر هذا المنتج لفترة طويلة من العام، إضافة لمحتواها المرتفع من الكاروتينويدات وتكلفتها المنخفضة نسبيًا كمادة أولية للبحث، وأمكن انتاج مسحوق الكاروتينويدات الهام في الصناعات الغذائية، واستُخدام الأسيتون كمذيب عضوي في عملية الاستخلاص، واستُخدم المالتودكسترين التجاري (ذو مكافئ دكستروز 20) كمانع للتكتل وعامل مساعد في التجفيد، على شكل مسحوق أبيض.

2-2- طرائق البحث Methods:

2-2-1- مخطط تصنيع مسحوق الكاروتينويد Scheme of carotenoid powder manufacture:

أُجريت عمليات التجفيد لإنتاج ملون الكاروتينويد وفق الخطوات المبينة في الشكل (3):


جمع العينات الطازجة
(جزر برتقالي – جزر أصفر)
غسيل وتقطيع الجزر
إلى شرائح
تجفيف بالهواء الساخن 60
درجة مئوية حتى ثبات الوزن
شرائح طازجة
1- تقدير الرطوبة
2-تقدير الرماد
3-تقدير مؤشرات اللون
شرائح مجففة
استخلاص الكاروتينويدات
(الأسيتون)
1- تقدير الرطوبة
2- تقدير الرماد
3- تقدير مؤشرات اللون
4- نسبة الاسترجاع
المستخلص الكاروتينويدي
1- تقدير كمية الكاروتينويدات
الكلية
2- النشاط المضاد للأكسدة
3- تقدير الحموضة الكلية
4- تقدير رقم الـ (pH)
5- تقدير مؤشرات اللون



الشكل 3؛ انتاج ملون الكاروتينويد من شرائح الجزر الطازجة والمجفف

1) تحضير العينات Sample preparation:

غُسلت ثمار الجزر الطازج من الأصناف المذكورة سابقًا بماء الصنبور والماء المقطر لإزالة الرمال والأتربة عن السطح الخارجي، قُشرت الثمار وقُطعت إلى شرائح ثم قُسّمت العينات إلى قسمين:

القسم الأول: العينة الطازجة (جزر طازج).

القسم الثاني: العينة المجففة.

جُففت شرائح الجزر من الأصناف المستخدمة بسماكة 8–10 ميلي متر عند درجة حرارة 60 درجة مئوية لمدة 7–8 ساعات حتى ثبات الوزن وفقًا للطريقة المذكورة (Oyerinde, 2018) في فرن تجفيف بالهواء الساخن من نوع memmert ألماني الصنع المتوافر في مخبر الصناعات الغذائية في قسم علوم الأغذية، وحُفظت في أكياس ورقية بمعزل عن الرطوبة والضوء.

2) استخلاص الكاروتينويدات Carotenoids Extraction:

استُخلصت المواد الملونة من شرائح الجزر الطازجة والمجففة للأصناف المستخدمة باستخدام مذيب الأسيتون العضوي Acetone والمجهز من Loba Chemie بتركيز 99.5%، واتُبعت طريقة Ghosh وآخرون (2019) للحصول على المستخلص الكاروتينويدي من شرائح الجزر الطازجة والمجففة، إذ أُخذ (2غ من العينة في 20 مل أسيتون نقي)، ومُزجت في درجة حرارة المخبر باستخدام محرك مغناطيسي من نوع Velp Scientifica إيطالي الصنع المتوافر في قسم الكيمياء في كلية العلوم لاستخلاص الكاروتينويدات، وأُخذت الطبقة السائلة الطافية المتجانسة وكُررت عملية الاستخلاص عدة مرات حتى ظهر الجزء الطافي عديم اللون، جُمعت الأجزاء الطافية المحتوية على الكاروتينويدات ورُشحت باستخدام ورق الترشيح وحُفظت في عبوات زجاجية عاتمة بعيدًا عن الحرارة والضوء.

3) تبخير مذيب الأسيتون من المستخلص Evaporate the acetone solvent from the extract:

استُرجع مذيب الأسيتون المستخدم في عملية الاستخلاص من مستخلص الكاروتينويد الناتج عن شرائح الجزر الطازجة والمجففة من الأصناف المستخدمة باستخدام جهاز المُبخر الدَّوارني Laborota digital 4010 Heidolph ذو منشأ ألماني و Rotavapor R-110-pro ذو منشأ سويسري بدرجة حرارة 40 درجة مئوية عند ضغط 600 مم زئبقي.

4) تجفيد ملون الكاروتينويد Freez-drying of Carotenoid colored:

اتُبعت طريقة Ghosh وآخرون (2019) لتجفيد مستخلص الكاروتينويد عن طريق تجميد مستخلص الكاروتينويد في المجمدة حتى −40 درجة مئوية وحُفظ المستخلص عند −30 درجة مئوية لعدة أيام حتى تمّ التجفيد، مع بعض التعديلات لعدم إمكانية الحصول على مسحوق الكاروتينويد دون إضافة مانعات التكتل (Šeregelj *et al.*, 2017)، إذ جُفد المستخلص وفق الطريقة التالية:

أولًا: تمت إذابة 7 مغ من المالتودكسترين في 10.5 مل من الماء المقطر عند 60 درجة مئوية، مع الاستمرار في التحريك حتى وصلت درجة الحرارة إلى 30 درجة مئوية.

ثانيًا: بشكل منفصل مُزج 10 مل من كل مستخلص مع زيت عباد الشمس 1.5 مل، ورُكّز تحت ضغط منخفض في مبخر دوار عند 40 درجة مئوية للتأكد من إزالة كافة المذيب العضوي، وخُلط بالمحلول الذي تم تحضيره مسبقًا، ثم أُضيف Tween 80 (0.1 مغ) كمثبت للمستحلب.

ثالثًا: عُرضت المحاليل لقوة طرد مركزي عند 11000 دورة في الدقيقة لمدة 3 دقائق عند درجة حرارة الغرفة، وجُمّدت طوال الليل، إذ جُفِّد المزيج المجمد بجهاز (Christ، نوع 101021، أوروبي المنشأ) عند −40 درجة مئوية، بعد التجفيد طُحن المسحوق في مطحنة كهربائية حتى الوصول إلى حجم جزيئات أقل من 200 ميكرومتر.

5) تخزين ملون الكاروتينويد Carotenoid-colored storage:

خُزّن ملون الكاروتينويد المُنتج في عبوات زجاجية عاتمة اللون محكمة الإغلاق بدرجة حرارة الغرفة (25) درجة مئوية لمدة 6 أشهر.

6) تصنيع اللبن الرائب:

صُنعت عينات اللبن وفقًا لِـ Soliman وNasser (2022) مع بعض التعديلات، وذلك بغلي الحليب (2 ليتر) إلى 85-90 درجة مئوية لمدة 5 دقائق، ثمَّ بُرّد إلى 42 درجة مئوية ولُقح ببادئ 3% من البادئ الطبيعي (لبن على درجة من الجودة)، ثمَّ حُضّن عند 42 درجة مئوية لمد 3 ساعات حتى تكوّن الخثرة، تلتها مرحلة إضافة الملونات بنسب إضافة (0.5، 1، 1.5، 2%)، ثم التبريد عند 5 درجة مئوية طوال الليل.

7) تصنيع الكريمة:

صُنعت الكريمة وفقًا لِـ Radványi وآخرون (2012) مع بعض التعديلات، عن طريق خفق (50غ) من بياض البيض يدويًا لمدة 10 دقائق حتى الوصول إلى حجم رغوة مناسبة وإضافة (55.6غ) من السكر للوصول إلى الحلاوة المطلوبة، ثم إضافة الملونات بنسب إضافة (0.5، 1، 1.5، 2%) وفقًا لِـ (Thamaket and Raviyan, 2015).

2-2-2- المؤشرات الكيميائية Chemical indictors:

1) تقدير نسبة الرطوبة Moisture Content :

قُدّرت رطوبة الجزر الطازج حسب الطريقة المذكورة في (AOAC, 1999)، وذلك باستخدام فرن تجفيف بالهواء الساخن صنع شركة (Kottermann،D-3165) ذو منشأ ألماني لِـ 10غ من العينة بدرجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة 4-5 ساعة حتى ثبات الوزن، في حين قُدّرت رطوبة الملونات الناتجة وفق (AOAC, 2000).

الرطوبة % = 100 × (الوزن قبل التجفيف –الوزن بعد التجفيف) / الوزن قبل التجفيف .....(1)

2) محتوى الرطوبة ومعدل التجفيف Moisture Content and Moisture Rate:

سُجل الوقت ودرجة الحرارة في تجربة تجفيف فردية، إذ لوحظ مراحل إزالة الماء بمرور الوقت مقابل درجة الحرارة المستخدمة في التجفيف 60 درجة مئوية، إذ جُففت العينات باستمرار حتى توازن المحتوى الرطوبي، وحُدّد محتوى الرطوبة الأولي لكل عينة باستخدام فرن التجفيف عند 105 درجة مئوية حتى ثبات الوزن، وحُدّد الوزن الأولي لكل عينة، وأُخذ الوزن النهائي باستخدام ميزان الكتروني، وحُسب محتوى الرطوبة أثناء التجفيف وفقًا لِـ (Oyerinde, 2018)، وعُبّر عن محتوى الرطوبة كنسبة مئوية على أساس الوزن الرطب في منحنيات التجفيف

$$M.C = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث إنّ: M.C: محتوى الرطوبة للعينة، M_1 : محتوى الرطوبة الأولي للعينة، M_2 : محتوى الرطوبة في الوقت t.

حُسب معدل التجفيف لكل فترة زمنية وعُبر عن النتائج بمقدار الماء المزال لكل وحدة زمنية عند الزمن المقاس وفقًا لِـ (Saleh *et al*., 2019).

$$MR = \frac{M_t}{M_o} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

حيث إنّ: M_o: محتوى الرطوبة الأولي للعينة، M_t: محتوى *الرطوبة في الوقت* t.

3) تقدير الرماد Ash Estimation:

قُدّرت النسبة المئوية للرماد في الجزر الطازج حسب الطريقة المذكورة في (AACC, 2000)، عن طريق ترميد 3غ من عينة الجزر الطازج عند 550 درجة مئوية لمدة 4 ساعات في فرن الترميد صنع شركة (Wise Therm، FHP-12) ذو منشأ كوري.

الرماد% = 100 × وزن الرماد/وزن العينة قبل الترميد .....(4)

4) تقدير المادة الصلبة الذائبة الكلية Total Soluble Solid Estimation (TSS):

قِيس محتوى مستخلصات الكاروتينويدات بعد التخلص من المذيب المستخدم من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) بشكل مباشر وفقًا للمعيار التقني الكولومبي (Icontec, 1999)، وعُبّر عن النتيجة كنسبة مئوية بالدرجة 20 درجة مئوية باستخدام جهاز الرفراكتومتر Handheld Refractometer (0−30%)، ذو منشأ أوروبي.

5) تقدير الحموضة الكلية Total Acidity Estimation:

قُدّر محتوى مستخلصات الكاروتينويدات (قبل وبعد التخلص من المذيب المستخدم) من الحموضة الكلية عن طريق المعايرة وعُبر عن النتائج كنسبة مئوية (حمض الستريك) وفقًا لـ (AOAC, 1999).

6) تقدير رقم الحموضة pH Estimation:

قُدرّ رقم الحموضة (pH) في مستخلصات الكاروتينويدات بمقياس الأس الهيدروجيني الرقمي صنع شركة Mettler Toledo (Seven Compact pH/Ion S210)، ذو منشأ سويسري، وفقًا لِـ (AOAC, 2005).

7) تقدير المركبات الفعالة بيولوجيًا والنشاط المضاد للأكسدة:

7−1− تقدير الكاروتينويدات الكلية Total Carotenoids Estimation:

قُدّر محتوى المستخلصات من الكاروتينويدات الكلية وفقًا لِـ Singh وآخرون (2018) باستخدام جهاز المطياف الضوئي صنع (CI0381 PRIM Advanced، ذو منشأ سويسري) وجهاز المطياف الضوئي صنع (Secomam، Anthelie UV/Visible Light، RS-232، ذو منشأ فرنسي) وقيست الامتصاصية عند طول موجة 452 نانومتر، وعُبّر عن المحتوى من الكاروتينويدات الكلية بـ (مغ/100غ).

7−2− تقدير النشاط المضاد للأكسدة Antioxidant Activity Estimation:

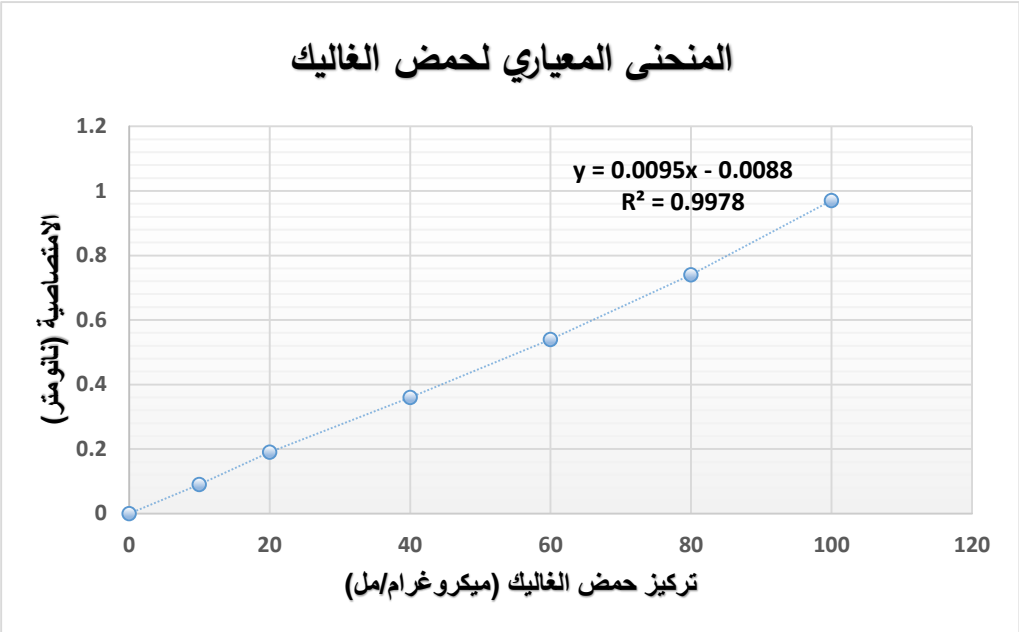
قِيس النشاط المضاد للأكسدة بتقدير النشاط الكابح للجذور الحرة باستخدام طريقة الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل DPPH (1,1-diphenyl -2-picryl-hydrazyl) وذلك وفقًا لِـ (Šeregelj *et al.*, 2017)، بتحضير المستخلص الكحولي من المستخلص الكاروتينويدي بإضافة (1مل) من مستخلص الكاروتينويد قبل وبعد التركيز إلى 30 مل ميتانول، وإضافة المستخلص الناتج إلى الحجم نفسه من محلول DPPH وخلطه

جيدًا يحفظ لمدة 30 دقيقة في الظلام عند درجة حرارة 20 درجة مئوية، ثمَّ ثُفلت العينات عند 5500 دورة/د لمدة 5 دقائق، وقِيست الامتصاصية عند طول موجة 517 نانو متر بجهاز المطياف الضوئي صنع (Secomam، Anthelie UV/Visible Light، RS-232، ذو منشأ فرنسي)، واستُعمل الميتانول في التجربة الشاهدة عوضًا عن المستخلص ونفس الحجم من محلول DPPH، وبتطبيق نفس الشروط السابقة قيس النشاط المضاد للأكسدة للملونات الناتجة وفقًا لِـ (Do *et al*., 2019)، وعُبّر عن النشاط المضاد للأكسدة كنسبة مئوية لتثبيط الجذور الحرة.

7-3- تقدير الفينولات الكلية Total Phenolic Determination:

اتُبع في استخلاص المركبات الفينولية ما ورد في طريقة (Singh *et al*., 2018)، إذ أُخذ 1غ من العينة المدروسة ووضعت في أنبوب من البولي ايتيلين سعة 50 مل، تم الاستخلاص مع ايتانول مطلق 50%، ثم مُزجت بشكل جيد باستخدام محرك مغناطيسي وبدرجة حرارة الغرفة لمدة ساعة، ثم ثُفلت العينات باستخدام جهاز الطرد المركزي ذو منشأ ألماني، وأُخذ 100 ميكرومول من السائل الرائق للتحليل، وأُضيف إليه 2.9 مل من الماء المقطر و0.5 مل كاشف فولين ووضعت في دورق معياري سعة 10 مل، ثم رُج المزيج وأُضيف إليه 2 مل من Na_2CO_3 (20%)، وأُكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة، تُرك المزيج لمدة ساعتين في حرارة الغرفة، ثمّ ثُفل ورُشح وباستخدام جهاز المطياف الضوئي (Secomam، Anthelie UV/Visible Light، RS-232، ذو منشأ فرنسي) قيست الامتصاصية على طول موجة 760 نانومتر.

استُعمل حمض الغاليك كمحلول معياري مرجعي لتحضير لمنحنى المعياري بتركيز يتراوح من (0-140 ميكروغرام/مل) وعُبّر عن النتائج (مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)، ويبيّن الشكل التالي المنحنى المعياري لحمض الغاليك:

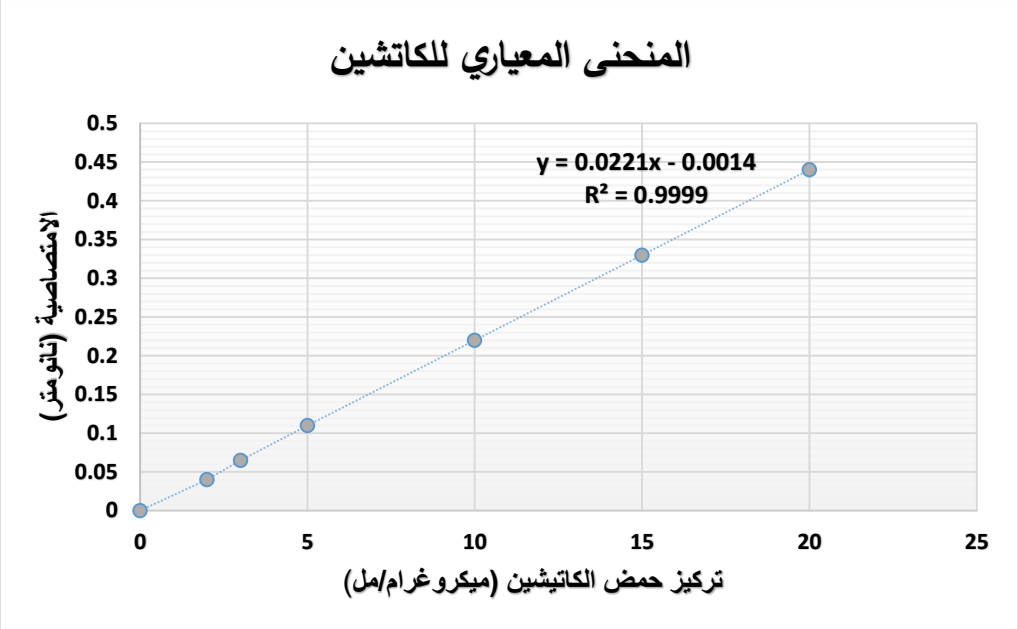


الشكل 4؛ المنحنى المعياري لحمض الغاليك

7-4- تقدير الفلافونيدات الكلية Total Flavonodis Estimation:

قُدّر محتوى العينات من الفلافونيدات وفق الطريقة المتبعة من قبل (Singh *et al.*, 2018)، إذ أُخذ 1 مل من المستخلص المحضر عند تقدير الفينولات الكلية إلى دورق معياري يحتوي 4 مل ماء مقطر، ثم أُضيف إليه 0.3 مل من نتريت الصوديوم (5%)، وبعد 5 دقائق أُضيف 0.3 مل كلوريد الألمنيوم (10%)، وبعد 6 دقائق أُضيف 2 مل ماءات الصوديوم 1 مولار، ثم أُكمل الحجم بالماء المقطر حتى 10مل، وقيست الامتصاصية عند طول موجة 510 نانومتر بجهاز المطياف الضوئي، واستُعمل الكاتيشين (CE) كمحلول معياري مرجعي لتحضير المنحنى المعياري بتركيز يتراوح ما بين (0-20) ميكروغرام/مل وعُبّر عن النتائج (مغ مكافئ كاتيشين/100غ).

ويبين الشكل (5) المنحنى المعياري للكاتيشين:



الشكل 5؛ المنحنى المعياري للكاتيشين

8) كفاءة تغليف الكاروتينويدات (EE) Encapsulation Efficiency:

حُدّد محتوى الكاروتينويدات السطحية Surface Carotenoid (SC) والكاروتينويدات الكلية Total Carotenoid (TC) للمسحوق الناتج عن التجفيد وفقًا لـ (Šeregelj *et al.*, 2017)، إذ حُددت SC بخلط 0.25 غ من المسحوق الناتج عن التجفيد مع 5 مل من الأسيتون باستخدام محرك لمدة 20 ثانية، ثم أُجريت عملية طرد مركز بمعدل 5000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وفُصلت المادة الطافية، ولتقدير TC خُلط 0.25 غ من المسحوق مع PbS 0.2 M (pH 7) لمدة دقيقة واحدة لكسر الكبسولات، واستخلاصها باستخدام 2 مل من الأسيتون و 3 مل من ثنائي ايتيل الايتر، وتركها طوال الليل عند 4 درجات مئوية بعد فصل طبقة الصبغة، كُررت عملية الاستخلاص بنفس أحجام المذيب لتجميع الصبغة الكلية. أُجري القياس الكمي للكاروتينويدات وفقًا للبروتوكول المذكور سابقًا، ثم حُسبت كفاءة التغليف باستخدام العلاقة:

$$\% EE = [(TC-SC)/TC] \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

2-2-3- الكشف الكيفي عن المركبات الكيميائية Qualitative Detection of Chemical Compounds:

كُشف عن وجود العديد من المركبات الكيميائية في المستخلصات المُركزة الناتجة عن شرائح الجزر الطازجة والمجففة وفق الآتي:

1) Flavonoids: كُشف عنها بإضافة 5 مل من المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الطازجة والمجففة مع 3-5 قطرات من حمض الهيدروكلوريك المركز و0.5 غرام من المغنيزيزم، دلَّ اللون الأحمر الأرجواني على وجود مركبات الفلافونيد (Boadi *et al*., 2021).

2) Saponins: كُشف عنها بإضافة 0.5 مل من المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الطازجة والمجففة إلى الماء في أنبوب اختبار ورجه بقوة في اليد حتى تشكل الرغوة، بعد 15 دقيقة يراقب وجود الرغوة التي تدل على احتواء المستخلص المدروس على الصابونين (Boadi *et al*., 2021).

3) Tannins: كُشف عنها بإضافة 10 مل من NaCl (0.9%)، ومن ثم ترشيح المستخلص في أنبوب اختبار وإضافة بضع قطرات من محلول $FeCl_3$ (1% w/v) ويشير التحول إلى اللون الأخضر على وجود العفص (Boadi *et al*., 2021).

4) Glycosides: كُشف عنها بإضافة 5 مل من المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الطازجة والمجففة إلى 5 مل من حمض الهيدروكلوريك المركز عند درجة حرارة الغليان، ثم إضافة 1 مل من NaoH (10%)، اللون الأصفر يدل على وجود الغليكوزيدات (Boadi *et al*., 2021).

5) Sucrose: كُشف عن السكروز بإضافة بضع قطرات من HCl والتسخين لمدة دقيقتين ومن ثم إضافة NaOH وكاشف benedicts مع التسخين مرة أخرى، كان تغيير اللون دليلًا على وجود السكروز (Saleem *et al*., 2022).

6) Starch: كُشف عن النشاء بإضافة بضع قطرات من اليود، كان تغيير اللون دليلًا على وجوده (Saleem *et al*., 2022).

7) Coumarins: كُشف عنها بإضافة 1 مل من المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الطازجة والمجففة إلى أنبوب يحتوي 1 مل NaoH (10%)، كان تغير اللون إلى الأصفر دليلًا على وجود الكومارين (Saleem *et al*., 2022).

8) Amino acid: كُشف عن الحمض الأميني بإضافة بضع قطرات من كاشف النينهيدرين (0.2%) إلى 2 مل من المستخلص المدروس مع التسخي وكان ظهور اللون الأزرق دليلًا على وجود حمض أميني (Saleem *et al*., 2022).

9) Quinones: كُشف عن الكينون بإضافة 1 مل من المستخلص المدروس إلى 1 مل من حمض الكبريتيك وبتغير اللون إلى الأخضر تُعد نتيجة إيجابية (Saleem *et al*., 2022).

10) Terponids: كُشف عنها بإضافة إلى 0.5 مل من المستخلص إلى 2 مل كلوروفورم و H_2SO_4 وكان ظهور اللون الأحمر البني دليلًا على نتيجة إيجابية (Saleem *et al*., 2022).

11) Phenols: كُشف عن الفينولات بإضافة 2 مل من المستخلص إلى 2 مل من الماء المقطر مع بضع قطرات من كلوريد الحديديك (10%)، ظهور اللون الأخضر يدل على نتيجة إيجابية (Saleem *et al*., 2022).

12) Steroids: كُشف عن الستيرويدات كمية مكافئة من المستخلص والكلوروفورم وبضع قطرات من H_2SO_4 المركز، ظهور اللون الأخضر مع حلق بنية يدل على نتيجة إيجابية (Saleem *et al*., 2022).

13) Protein: كُشف عن البروتين بإضافة 2 مل من المستخلص إلى 2 مل من NaoH (10%) ثم أُضيف 2–3 قطرات من كبريتات النحاس، ظهور اللون البنفسجي يدل على نتيجة إيجابية (Saleem *et al*., 2022).

14) Anthracyanine: كُشف عن الأنثوسيانين بأخذ 1 مل من المستخلص إلى1 مل من NaoH (2N)، وثم التسخين لمدة 5 دقائق عند 100 درجة مئوية، وعدم تغيير اللون يدل على نتيجة إيجابية (Saleem *et al*., 2022).

2-2-4- المؤشرات الفيزيائية Physical Indicators:

1) تقدير مؤشرات اللون Color Indices Estimation:

عُينت مؤشرات اللون (L^*، a^*، b^*) باستخدام جهاز قياس اللون Hunter Lab من النوع Chroma Meter CR-410 من شركة Konica Minolta اليابانية، حيث عُيّر الجهاز بدايًة بالقرص الأبيض الخاص المزود به والذي يضم تناسق الألوان (L*=87.5، a*=0.3156، b*=0.3224)، ووضعت العينات (الجزر المجفف، المسحوق، المنتج الغذائي)، في حين وضعت المستخلصات السائلة ضمن خلايا زجاجية بسماكة 1.5سم وقيست القيم اللونية بالجهاز على ارتفاع 7.5 سم، ضُبط الارتفاع بواسطة الرأس الاسطواني المعدني المزود بالجهاز، وكُررت عملية القياس لكل عينة ثلاث مرات وأُخذت القيم المتوسطة للقراءات وعُبر عن النتائج وفق قيم (L^*،a^*،b^*)، إذ يشير المؤشر L* إلى الأبيض و*a إلى اللون (الأخضر وفق القيم السالبة) (الأحمر وفق القيم الموجبة)، ويشير b* إلى اللون (الأصفر في القيم الموجبة) و(الأزرق ضمن القيم السالبة) وفقًا لِـ (Gao and Rupasinghe, 2012)، وعُينت مؤشرات ألوان شرائح الجزر الطازجة وشرائح الجزر بعد الاستخلاص بالمذيبات وطُبقت العلاقات الرياضية الخاصة بذلك وفقًا لِـ (Oyerinde, 2018)، وعُينت للمسحوق المخزن في عبوات عاتمة عند درجة حرارة الغرفة خلال فترة تخزين مدتها 6 أشهر وفقًا لِـ (Murali *et al*., 2019).

$$\Delta C = C^*_{sample} - C^*_{standard} \quad \text{.....(6)}$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad \text{....(7)}$$

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^{*2} + \Delta L^{*2} + \Delta C^{*2}} \quad \text{... (8)}$$

حيث إنّ:

$$C^*_{standard} = \sqrt{a^{*2}_{standard} - b^{*2}_{standard}} \quad \text{....(9)}$$

$$C^*_{sample} = \sqrt{a^{*2}_{sample} - b^{*2}_{sample}} \quad \text{.....(10)}$$

$$\Delta L^* = L^*_{sample} - L^*_{standard} \quad \text{.....(11)}$$

$$\Delta a^* = a^*_{sample} - a^*_{standard} \quad \text{.....(12)}$$

$$\Delta b^* = b^*_{sample} - b^*_{standard} \quad \text{.....(13)}$$

2) نسبة الاسترجاع لشرائح الجزر الجافة Rehydration Ratio of Dried Carrot Slices:

اختبُرت قدرة شرائح الجزر المجففة على الاسترجاع وفقًا لِـ (Saleh *et al*., 2019)، إذ نُقعت في حمام مائي 95 درجة مئوية لمدة 10 دقائق، ثم أُزيلت من الحمام المائي وجُففت على منخل معدني لمدة 5 دقائق وأُزيل الماء الزائد عن طريق ورق نشاف لمدة 2 دقيقة للتأكد من التخلص من كامل المياه قبل الوزن، وسُجّل وزن الجزر باستخدام ميزان حساس صُنع Sartorius طراز BL210S ذو منشأ ألماني، وحُسبت نسبة الاسترجاع كالتالي :

RR= Wr/Wo……..……(14)

حيث إنّ: RR: نسبة الاسترجاع، Wr: الفرق ما بين وزن العينة المعاد ترطيبها والمجففة، Wo: وزن العينات الطازجة قبل التجفيف.

3) تقدير الذوبانية Solubility Estimation:

قُدّرت قابلية ذوبان مسحوق الكاروتينويد المغلف وفقًا لِـ (Thamaket and Raviyan, 2015)، عن طريق خلط (1) غ من المسحوق مع (10) مل من الماء المقطر بسرعة عالية، وبعد ذلك تمَّ تثفيل المحلول بالطرد المركزي بسرعة (3000 دورة/ دقيقة) لمدة 10 دقاق، ثمَّ وضع 25 مل من الطبقة العلوية الصافية في أطباق بتري تم وزنها سابقًا، ثمَّ وضعها في فرن التجفيف بدرجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة (24) ساعات، وحُسبت الذوبانية من خلال الفرق في الوزن.

Solubility (%) = (A/B) x 100 .....(15)

حيث إنّ: A: وزن العينة المجففة المذابة في الجزء الطافي، B: وزن العينة.

4) تقدير استرطابية المسحوق Estimation of Hygroscopicity of the Powder:

قُدّرت استرطابية المسحوق بوضع (1)غ من المسحوق بدرجة حرارة 25 درجة مئوية في طبق بتري مع محلول مشبع بكلوريد الصوديوم برطوبة نسبية (75.3%)، وبعد تخزين العينات بدرجة حرارة الغرفة لمدة أسبوع، وُزنت العينات، وعُبّر عن مؤشر الاسترطابية على أساس غرام من الرطوبة الممتصة لكل 100 غرام من المواد الصلبة الجافة (غ/ 100 غ وزن جاف) وفقًا لِـ (Garofulićl *et al*., 2016).

$$Hegroscopicity=(m_1-m_0/m_0)\ x100\ldots\ldots\ldots\ldots(16)$$

حيث إنّ $\mathbf{m_1}$: كتلة المسحوق بعد 7 أيام من التخزين، $\mathbf{m_0}$: كتلة المسحوق قبل التخزين.

5) تقدير الكثافة الظاهرية Bulk Density Estimation:

قُدّرت الكثافة الظاهرية (pb) عن طريق نقل (2) غ من المسحوق إلى أسطوانة مدرجة سعة (50) مل بدرجة حرارة الغرفة وحُسبت الكثافة الظاهرية للمسحوق من خلال حساب نسبة كتلته (m) إلى الحجم الأكبر المشغول من المسحوق في الأسطوانة (Vb)، وعُبّر عن الكثافة الظاهرية بـ (غ/ سم^3) وفقًا لِـ (Michalska and Lech, 2018).

$$pb = \frac{m}{Vb}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(17)$$

6) تقدير الكثافة الحقيقية True Density Estimation:

قُدّرت الكثافة الحقيقية (pt) من خلال حساب نسبة كتلة المواد الصلبة (m) إلى الحجم الكلي (Vs) للمسحوق باستثناء مسام الهواء من خلال وضع الأسطوانة على جهاز هزّاز لمدة دقيقة واحدة وذلك لاستبعاد الحجم المشغول بجزيئات الهواء من الحجم الكلي للمسحوق في الأسطوانة والوصول إلى الحجم الحقيقي للمسحوق، وعُبّر عن الكثافة الحقيقية بـ (غ/ سم^3) وفقًا لِـ (Michalska and Lech, 2018).

$$pt = \frac{m}{Vs}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(18)$$

7) تقدير المسامية Porosity Estimation :

حُسبت مسامية المسحوق من خلال العلاقة بين الكثافة الظاهرية (pb) والكثافة الحقيقية (pt) للمسحوق وفقًا لِـ (Michalska and Lech, 2018).

$$\varepsilon = (1-pb/pt)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(19)$$

8) تقدير درجة التكتل Estimation the Degree of Agglomeration:

قُدّرت درجة التكتل لعينات المسحوق الناتجة عن التجفيد بوضع وزن معين من المسحوق في فرن التجفيف عند درجة حرارة 102 درجة مئوية لمدة ساعة، وبعد التبريد وُزِنت العينة المجففة ونُقِلت إلى منخل قياسي بحجم

ثقوب 500 ميكرومتر، وهُزَّ المنخل في جهاز الاهتزاز Biosan ذو منشأ أوروبي لمدة 5 دقائق وقيست درجة التكتل وفقًا لِـ (Goula and Adamopoulos, 2010).

9) تقدير زمن الذوبان Estimation of Melting Time:

قُدّر زمن ذوبان المسحوق بإضافة 2 غ من المسحوق إلى 50 مل ممن الماء المقطر بدرجة حرارة 26 درجة مئوية، ثمَّ تحريك الخليط في دورق زجاجي سعة 100 مل بمُحرك مغناطيسي، باستخدام قضيب تحريك بحجم (2-7 مم)، وحُسب الوقت اللازم لذوبان المسحوق بالكامل (Sidlagatta *et al*., 2020).

10) تقدير إنتاجية المسحوق Estimation of powder yield:

حُسب عائد مسحوق الكاروتينويدات حسب الوزن قبل وبعد التجفيد، إذ أمكن حساب العائد النهائي من المسحوق من خلال الوزن وفقًا لِـ (Do *et al*., 2019).

إنتاجية المسحوق بالنسبة للمستخلص = كمية مسحوق الكاروتينويدات بعد التجفيد/ وزن مستخلص الكاروتينويدات قبل التجفيد.....(20)

2-2-5- الخصائص الحسية Sensory Properties:

دُرست الخصائص الحسية لعينات اللبن الرائب والكريمة باستخدام مقياس هيدونيك Hedonic Point Scale (اللون، الرائحة، النكهة، القوام، القبول العام) وفقًا لِـ (Larmond, 1970)، ويُعبّر المحكم في هذا الاختبار عن درجة رغبته أو عدم رغبته للعينة المختَّبرة، وعادة يستعمل المقياس درجات من (1-9)، أجُريت بعض التعديلات باستخدام درجات من (1-5)، واختبرت العينات من قبل مجموعة مؤلفة من (12) شخص، ثم أُجري التحليل الإحصائي لنتائج الاختبارات الحسية باستخدام برنامج التحليل الإحصائي MINITAB 14 عن طريق تحليل التباين ANOVA وقُورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى ثقة 95%.

2-2-6- التحليل الإحصائي Statistical analysis:

أُجريت جميع الاختبارات بواقع ثلاث مكررات، وعُبّر عن النتائج على أساس (المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري) باستخدام البرنامج الإحصائي MINITAB 14 عن طريق تحليل التباين ANOVA وقُورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى ثقة 95%.

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

3- النتائج والمناقشة:

3-1- دراسة أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة:

3-1-1- تأثير التجفيف في الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر البرتقالي:

الجدول 1؛ أهم الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة

المؤشرات الكيميائية	شرائح الجزر الطازجة	شرائح الجزر المجففة
الرطوبة (%)	86.67 ± 0.011^{a}	5.13 ± 0.013^{b}
الرماد (%)	5.47 ± 0.110^{a}	8.21 ± 0.92^{b}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p\leq0.05$

* كافة المؤشرات مقدرة على أساس الوزن الرطب

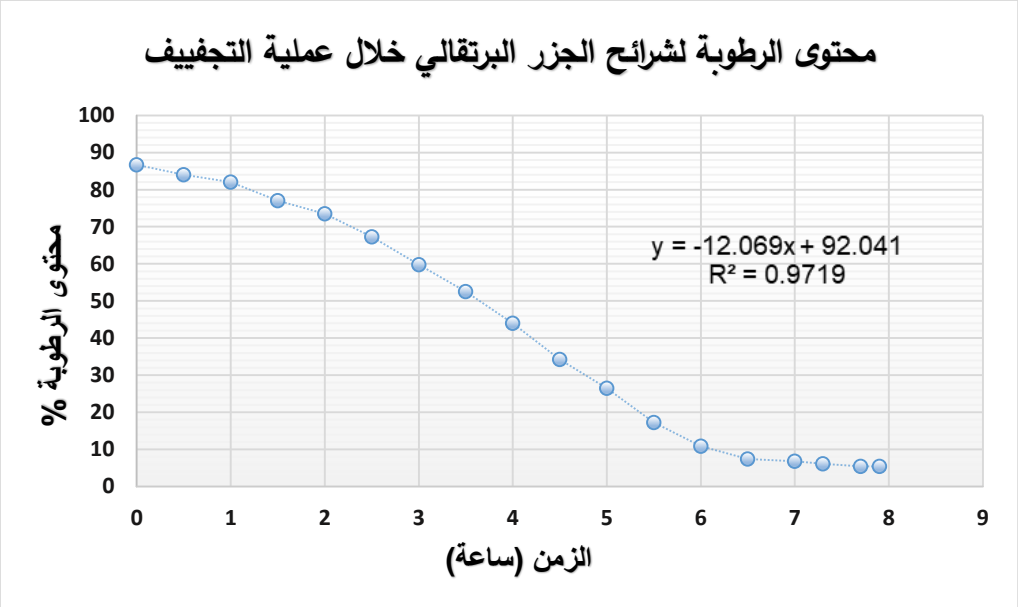
بلغت إنتاجية شرائح الجزر البرتقالية المجففة (23.5%)، إذ تم تجفيف ثمار الجزر بدرجة حرارة 60 درجة مئوية للوصول إلى نسبة رطوبة (5.13%) واستغرق ذلك (7.5-8 ساعات)، إذ أن وقت التجفيف اللازم لتحقيق المستوى المطلوب من الرطوبة يعتمد بشكل كبير على درجة الحرارة وسماكة الشريحة، إذ تتطلب العينات السميكة مزيدًا من الطاقة لتبخر الرطوبة الداخلية إلى السطح، وهذا يعكس وقت التجفيف الأطول للعينات الأكثر سماكة (Saleh *et al.*, 2019; Edeani *et al.*, 2022).

يُبين الجدول (1) نتائج دراسة الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر الطازجة والمجففة، إذ يُلاحظ المحتوى المرتفع من الرطوبة في الجزر الطازج وهذا يدل على نضارة الثمار نظرًا لأن الثمار المحفوظة لبعض الوقت تميل لفقد الرطوبة (Ajenu *et al.*, 2021)، إذ بلغ المحتوى الرطوبي (86.67%) وتتوافق هذه النتيجة مع (Oyerinde, 2018)، في حين بيَّن El-Shehawy وEl-Mashad (2010) أن تجفيف الجزر بشكل شرائح هو الأفضل لزيادة مساحة السطح والتجانس عند التجفيف، ويلاحظ ارتفاع قيم الرماد إلى (8.21%) عند تجفيف الجزر بشكل شرائح ويعود ذلك إلى دور عملية التجفيف في حفض محتوى شرائح الجزر الطازجة من الماء

وبالتالي زيادة تركيز المواد الغذائية الأخرى (Guiné *et al.*, 2014)، في حين لم تتوافق النتيجة مع (Edeani *et al.*, 2022) الذين أشاروا إلى انخفاض قيمة الرماد في العينة عند تجفيفها بدرجة حرارة 60 درجة مئوية .

يُبين الشكل (6) أن فقد الماء في أول ساعتين من التجفيف في الفرن باستخدام الهواء الساخن كان خطيًا تقريبًا ثم انخفض بثبات حتى وصل إلى وزن ثابت بعد (7ساعات) من التجفيف وتوافق ذلك مع (Mina *et al.*, 2022).

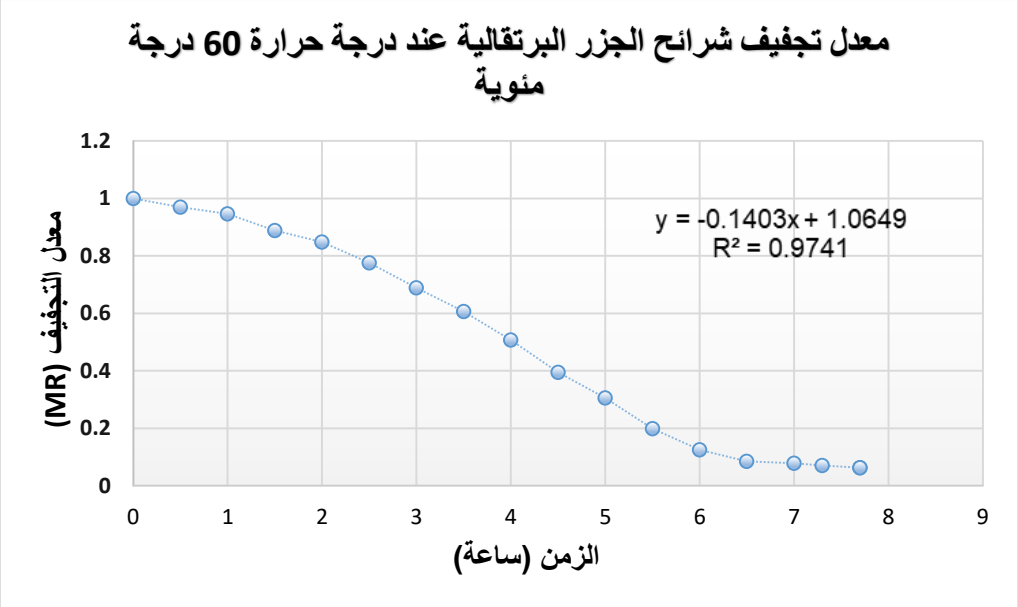
للحصول على الرسوم البيانية الخطية تم تحويل البيانات التي تتضمن محتوى الرطوبة مقابل وقت التجفيف، وأظهرت النتائج في الشكل (6) أن نسبة الرطوبة تنخفض مع زيادة وقت التجفيف عند 60 درجة مئوية وتوافق ذلك مع (Gupta and Shukla, 2017).



الشكل 6؛ محتوى الرطوبة في شرائح الجزر البرتقالي خلال عملية التجفيف

يُلاحظ من الشكل (6) تناقص المحتوى الرطوبي مع زيادة الزمن اللازم لعملية التجفيف، إذ كان أقل محتوى رطوبي للعينات بعد مرور 6.5 ساعة، إذ تم تحرير الماء والماء المرتبط وتتوافق هذه النتائج مع (Oyerinde, 2018).

يوضح الشكل (7) انخفاض معدل التجفيف مع زيادة وقت التجفيف ويتوافق ذلك مع (Behera *et al.*, 2021; Mina *et al.*, 2022).



الشكل 7؛ معدل تجفيف شرائح الجزر البرتقالية عند درجة حرارة 60 درجة مئوية

3-1-2- تأثير التجفيف في الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر البرتقالي:

الجدول 2؛ الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة والمسترجعة

المؤشرات الفيزيائية		شرائح الجزر الطازجة	شرائح الجزر المجففة	شرائح الجزر المعاد استرجاعها
نسبة الاسترجاع (%)		-	0.40±0.012	-
مؤشرات اللون	L*	81.08±0.002^{a}	72.67±0.003^{b}	76.12±0.003^{c}
	a*	12.47±0.001^{a}	8.14±0.003^{b}	8.97±0.002^{c}
	b*	18.88±0.002^{a}	17.12±0.021^{b}	15.93±0.012^{c}
	ΔC	22.18±0.002^{a}	18.53±0.020^{b}	17.84±0.011^{c}
	ΔE	23.09±0.001^{a}	23.73±0.014^{b}	21.16±0.008^{c}
	ΔH	32.65±0.002^{a}	33.56±0.019^{b}	29.93±0.011^{c}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُعد الاسترجاع من أهم سمات الجودة في المواد المجففة لأن معظم المنتجات المجففة يجب إعادة استرجاعها لاستخدامها النهائي، وتشير نسبة الاسترجاع إلى قدرة المادة الجافة على استعادة حالتها الأصلية عن طريق استرجاع الماء بعد التجفيف، كما يُعد تحديد الوقت اللازم لاستعادة الجزر حالته الأصلية قبل التجفيف أمرًا مهمًا،

حيث أن نسب الاسترجاع المنخفضة ناتجة عن تلف الخلايا بسبب درجات حرارة التجفيف العالية (Phoungchandang and Wongwatanyoo, 2010).

يوضح الجدول (2) أن نسبة الاسترجاع لشرائح الجزر المجففة باستخدام الهواء الساخن عند 60 درجة مئوية قد بلغت (0.40%)، وتوافقت هذه النتيجة مع (Mina *et al.*, 2022)، في حين تعتمد هذه النسبة على طريقة التجفيف المستخدمة، ووجد (Behera *et al.*, 2021) أعلى نسبة للانكماش عند استخدام الهواء الساخن في التجفيف، فضلًا عن ذلك تعتمد نسبة الاسترجاع على درجة الحرارة المستخدمة أثناء تجفيف الجزر، وتوافقت هذه النتيجة مع (Gupta and Shukla, 2017) اللذين أوضحا أن تجفيف شرائح الجزر عند 60 درجة مئوية يساهم في الحصول على أعلى نسبة استرجاع، إذ حدث الحد الأدنى من التدمير الخلوي وكانت شرائح الجزر المجففة قادرة على امتصاص الماء بسهولة.

التغير الكلي في اللون (ΔE) هو المؤشر الأساسي الذي تم الاعتماد عليه لتقييم اختلاف اللون الكلي بين شرائح الجزر الطازجة والمجففة، إذ أظهرت شرائح الجزر الطازجة لونًا برتقاليًا مع مؤشرات لون L* وa* وb* (81.08، 12.47، 18.88) على الترتيب، وتوافقت النتائج مع (Benamor *et al.*, 2020)، في حين قيم هذه المؤشرات لشرائح الجزر المجففة (72.67، 8.14، 17.12)، على الترتيب.

ساهم التجفيف في خفض قيم مؤشر b* على وجه الخصوص بمقدار (9.32%)، مما يشير إلى أن العينات جفت عند درجة حرارة 60 درجة مئوية بأقل ما يمكن من التحول إلى اللون البني وتتوافق هذه النتائج مع (Guiné *et al.*, 2014) اللذين أوضحوا أن شرائح الجزر المجففة غير المعاملة مسبقًا قبل عملية التجفيف ذات خصائص متقاربة فيما يتعلق بالمؤشرات اللونية مع شرائح الجزر الطازجة، في حين خالفت ما توصل إليه (Mina *et al.*, 2022) اللذين أوضحوا أن عدم معاملة العينة بصورة أولية يؤدي إلى تعرض الكاروتينويدات إلى الأكسدة مما يقلل من خصائص امتصاص الضوء واللون البرتقالي النموذجي للجزر، إذ تؤدي الأكسدة إلى تحول لون شرائح الجزر إلى البني وهذا يسبب فقدان اللون.

في حين أن شدة التغيرات في المؤشرات اللونية أثناء التجفيف تعتمد على درجة حرارة هواء التجفيف، وكلما ازدادت درجة حرارة هواء التجفيف لوحظ وجود تغيرات أكثر وضوحًا في اللون (Zielinska and Markowski, 2012).

بيَّنت النتائج المشار إليها في الجدول (2) وجود انخفاض معنوي في المؤشرات اللونية المدروسة نتيجة عملية التجفيف عند درجة حرارة 60 درجة مئوية، إذ يعد تفاعل الاسمرار الإنزيمي هو العامل الأساسي الذي يؤثر في قيم مؤشرات اللون لشرائح الجزر المجففة (Phoungchandang and Wongwatanyoo, 2010).

يمكن ملاحظة التغيرات الديناميكية في اللون خلال عملية التجفيف من خلال مقدار التغير الكلي في اللون ΔE، ويُلاحظ من خلال الجدول (2) ارتفاع قيم ΔE بتأثير عملية التجفيف من (23.09) في الشرائح الطازجة إلى (23.73) في الشرائح المجففة وهذا على الأرجح بسبب وقت التجفيف الأطول عند درجات حرارة منخفضة مما يؤدي إلى التعرض للهواء الساخن لوقت أطول، وبالتالي يصبح اللون البرتقالي أفتح أو ينخفض السطوع بسبب الوقت المستغرق للتجفيف، وزيادة تدهور اللون في الجزر قد يتوافق مع تحلل المكونات الحرارية للكاروتينويدات (Saleh *et al.*, 2019).

تؤكد النتائج أن درجة حرارة التجفيف أثرت معنويًا في مؤشرات اللون عند التجفيف، في حين أن شرائح الجزر الجافة المعاد ترطيبها كان لها لون مختلف عن لون شرائح الجزر الطازجة وكانت ذو لون مماثل لشرائح الجزر المجففة ولم تستعد لونها الأصلي بشكل تام وتوافق ذلك مع (Zielinska and Markowski, 2012).

3-2- دراسة أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية ومؤشرات اللون لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة:

3-2-1-تأثير التجفيف في الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر الأصفر:

بلغت إنتاجية شرائح الجزر الأصفر المجففة (24.7%)، إذ تم تجفيف ثمار الجزر بدرجة حرارة 60 درجة مئوية للوصول إلى نسبة رطوبة (5.20%) واستغرق ذلك (7-7.5 ساعات)، إذ أن وقت التجفيف اللازم لتحقيق المستوى المطلوب من محتوى الرطوبة يعتمد بشكل كبير على الصنف المستخدم ومحتوى الرطوبة الأولي

(Edeani *et al*., 2022)، في حين يشير المحتوى الرطوبي الأولي المرتفع (84%) إلى قابلية أعلى لنمو الفطريات وتقليل وقت التخزين (Boadi *et al*., 2021)، لذا يعد تجفيف شرائح الجزر إجراء مطلوب لإطالة فترة حفظها كون الجزر الأصفر محصول موسمي.

الجدول 3؛ أهم الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة

المؤشرات الكيميائية	شرائح الجزر الطازجة	شرائح الجزر المجففة
الرطوبة (%)	84.00 ± 0.021^{a}	5.20 ± 0.011^{b}
الرماد (%)	4.02 ± 0.008^{a}	6.81 ± 0.005^{b}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p\leq0.05$

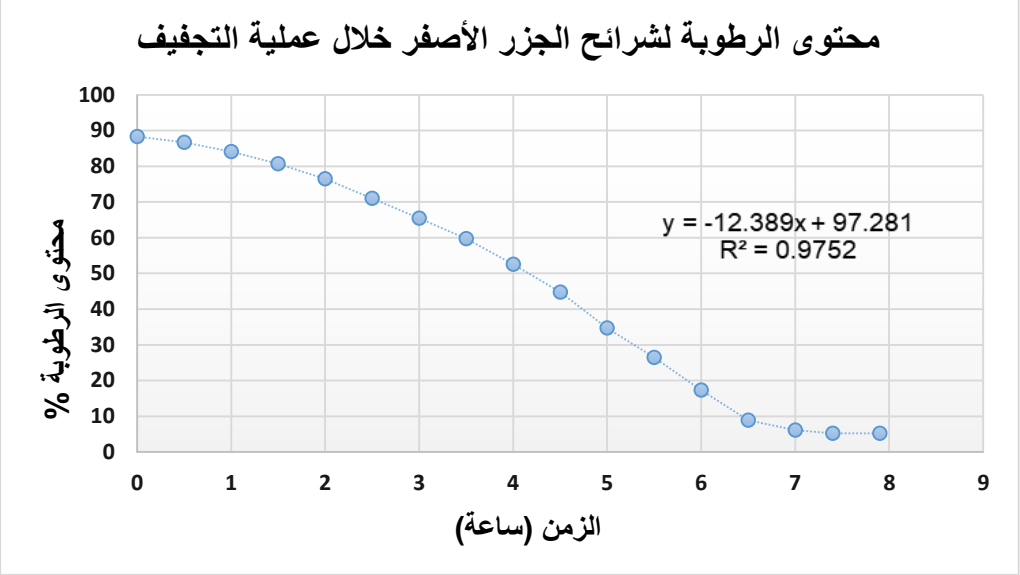
* كافة المؤشرات مقدرة على أساس الوزن الرطب

يُبين الجدول (3) نتائج دراسة أهم الخصائص الكيميائية لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة، حيث يلاحظ انخفاض محتوى الرطوبة في الجزر المجفف باستخدام الهواء الساخن ويعود ذلك إلى تأثير عملية التجفيف (Phoungchandang and Wongwatanyoo, 2010)، وتوافق ذلك مع ما توصل إليه (Mina *et al*., 2022; Edeani *et al*., 2022)، إذ أنه في المنتجات المجففة يعد المحتوى الرطوبي من أهم الجوانب الواجب تحليلها لضمان سلامة الأغذية وجودة المنتجات النهائية (Mohammadi *et al*., 2020).

يشير محتوى الرماد إلى المحتوى المعدني في العينة (Boadi *et al*., 2021)، وقد بلغت نسبة الرماد (4.02%) في شرائح الجزر الطازجة مقارنة مع (6.81%) لشرائح الجزر الأصفر المجففة ومع (5.47%) لشرائح الجزر البرتقالي الطازجة وبالتالي يُعد الجزر البرتقالي أغنى بمحتواه من العناصر المعدنية من الجزر الأصفر.

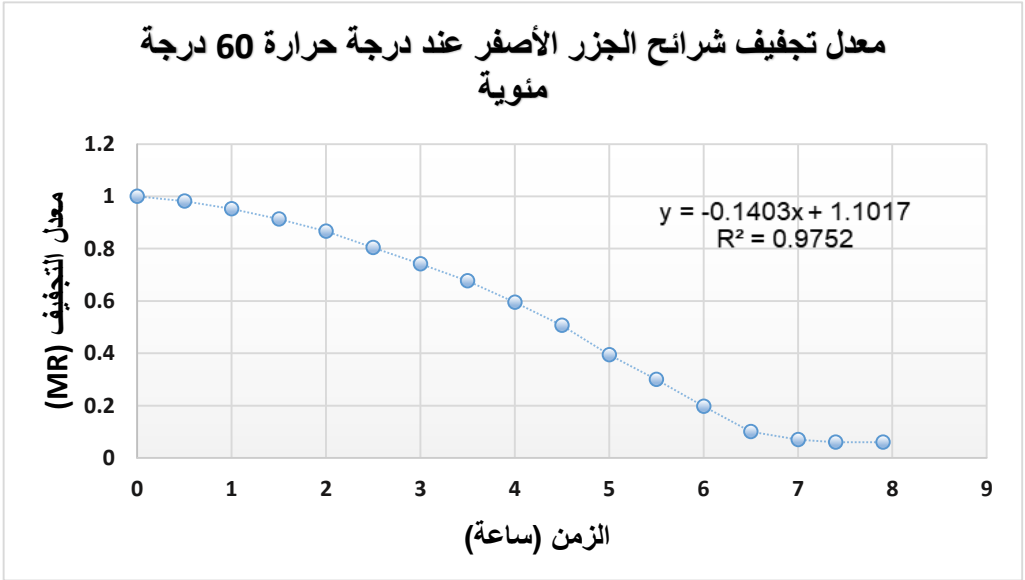
يمكن تقسيم عملية التجفيف إلى ثلاث مراحل تمثل المرحلة الأولى فترة استقرار أو فترة تعديل أولية تتوازن خلالها رطوبة سطح شرائح الجزر مع رطوبة هواء التجفيف، والمرحلة الثانية هي فترة المعدل الثابت للتجفيف وتصبح شرائح الجزر فيها مسامية، والمرحلة الثالثة هي فترة انتقال الماء إلى سطح شرائح الجزر، إذ يتم الوصول إلى محتوى رطوبة أقل من 10% وهو المستوى الآمن من الرطوبة الذي يحافظ على الجودة المرغوبة لشرائح

الجزر وفترة الصلاحية الأطول، حيث تُعد معلومات وقت التجفيف مهمة لمعرفة قابلية العينة المجففة لمعاملات أخرى (Piyarach *et al.*, 2020).



الشكل 8؛ محتوى الرطوبة في شرائح الجزر الأصفر خلال عملية التجفيف

تظهر خصائص التجفيف التغير في نسبة الرطوبة خلال مدة التجفيف ويمكن ملاحظة التغير في معدل التجفيف مقابل وقت التجفيف كما هو موضح في الشكل (9)، إذ أن الانتقال من المرحلة الأولى إلى المرحلة الثانية عند (0.8 MR)، في حين لوحظ الانتقال من المرحلة الثانية إلى المرحلة الثالثة عند (0.2 MR) وتوافقت النتائج مع (Raut *et al.*, 2021).



الشكل 9؛ معدل تجفيف شرائح الجزر الأصفر عند درجة حرارة 60 درجة مئوية

3-2-2- تأثير التجفيف في الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر الأصفر:

الجدول 4؛ الخصائص الفيزيائية لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة والمسترجعة

المؤشرات الفيزيائية		شرائح الجزر الطازجة	شرائح الجزر المجففة	شرائح الجزر المعاد استرجاعها
نسبة الاسترجاع (%)		-	0.39±0.003	-
مؤشرات اللون	L*	89.22±0.003^{a}	96.51±0.001^{b}	78.83±0.002^{c}
	a*	13.67±0.002^{a}	-2.17±0.001^{b}	-4.02±0.002^{c}
	b*	49.36±0.013^{a}	36.65±0.015^{b}	32.74±0.013^{c,b}
	ΔC	50.82±0.013^{a}	36.41±0.014^{b}	32.70±0.012^{c}
	ΔE	50.85±0.013^{a}	37.51±0.014^{b}	33.83±0.011^{c}
	ΔH	71.91±0.018^{a}	53.08±0.020^{b}	47.85±0.016^{c}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يعد التجفيف أحد الخصائص المهمة المستخدمة لقياس جودة المنتجات الغذائية المجففة، إذ تؤدي قابلية التجفيف البطيئة إلى الانهيار الداخلي للهيكل (Adiandri and Rahayu, 2012)، حيث يمكن تحديد جودة المنتج المجفف من خلال عدة معايير بما في ذلك خصائص اللون ونسبة الاسترجاع لشرائح الجزر المجففة، وتتميز المنتجات المجففة ذات الجودة العالية بألوان جذابة وقدرة عالية على الاسترجاع.

تجدر الإشارة إلى أن ارتفاع نسبة الاسترجاع تشير إلى منتج أفضل (Saleh *et al*., 2019)، لأن المسام تسمح للماء بالدخول مرة أخرى إلى الخلايا بسهولة (Mina *et al*., 2022).

أشارت قدرة شرائح الجزر الأصفر المجففة على الاسترجاع والتي بلغت (0.39%) إلى جودتها العالية، ونسبة الاسترجاع عائدة إلى محتوى شرائح الجزر من المادة الجافة والمواد الصلبة عالية الذوبان، كما يلعب شكل وحجم وتكوين جدار الخلية للصنف المستخدم وقدرة الخلايا المجففة على إعادة امتصاص الماء بعد الاسترجاع دورًا مهمًا في نسبة الاسترجاع (Gandavvagol *et al*., 2018).

درست المؤشرات اللونية لشرائح الجزر الأصفر المجففة *L و*a و*b (96.51، 2.17-، 36.65) على الترتيب، والتي تُعد من أكثر المعايير التي يتم قياسها في المنتجات الغذائية المجففة، ويلعب محتوى الرطوبة لشرائح الجزر المجففة (5.20%) دورًا مهمًا في الحفاظ على درجة اللون، إذ أشار Gandavvagol وآخرون (2018) إلى وجود علاقة بين الحد الأقصى لدرجة اللون ومظهر الجزر المجفف مع تأثير التجفيف، إذ تُعد درجة الحرارة والرطوبة النسبية أثناء التجفيف من أسباب تدهور اللون في المنتجات المجففة ولها دور أساسي في إجمالي تغيرات لون شرائح الجزر (Adiandri and Rahayu, 2012)، في حين بيّن Gajewski وآخرون (2010) وجود علاقة قوية بين مؤشر شدة اللون الأحمر*b على وجه الخصوص ومحتوى الكاروتينويدات في جذور الجزر، إذ كان لا بدّ من دراسة المؤشرات اللونية نظرًا لأن الكاروتينويدات ستنتقل إلى المستخلص الذي سيتم دراسته في وقت لاحق.

يبين الجدول (4) ارتفاع قيم ΔC (50<) وهذا عائد إلى الكثافة العالية وتشبع اللون وتكون قيمة C في شرائح الجزر الصفراء أعلى من شرائح الجزر البرتقالية وتوافق ذلك مع (Benamor *et al.*, 2020)، في حين انخفض مؤشر الاصفرار من (13.67) إلى (2.17-) بتأثير عملية التجفيف وهذا ناتج عن الوقت الطويل لعملية التجفيف (Raut *et al.*, 2021)، فضلًا عن ذلك، فإن التغيرات في المؤشرات اللونية التي تم الحصول عليها والعائدة لعملية التجفيف لم تكن ناتجة عن التحول إلى اللون البني وإنما تعزى إلى تأثير الانكماش والتغيرات في الخصائص الانعكاسية أثناء التجفيف (Adiandri and Rahayu, 2012).

من الممكن أن ترتبط تلك التغيرات بتدهور الكاروتينويدات والتي لها خصائص مضادة للأكسدة حيث يتدهور اللون في شرائح الجزر بأكسدة الكاروتينات، مما يؤدي إلى تكوين مركبات جزيئية صغيرة مثل beta ionone وبالتالي تدهور الأصباغ داخل شرائح الجزر (Raut *et al.*, 2021).

3-3-دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازج:

الجدول 5؛ الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة

الخصائص الكيميائية	الكاروتينويدات الكلية (مغ/100غ)	النشاط المضاد للأكسدة %(DPPH)	الفينولات الكلية (مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)	الفلافونيدات الكلية (مغ مكافئ كاتيشين/100غ)	الحموضة الكلية (حمض الستريك) %	رقم pH	المادة الصلبة الذائبة الكلية %
مستخلص الكاروتينويد قبل التركيز	3.82±0.21[a]	16.69±0.015[a]	-	-	0.084±0.02[a]	7.98±0.03[a]	-
مستخلص الكاروتينويد بعد التركيز	11.94±0.11[b]	49.05±0.010[b]	18.07±0.04	5.01±0.05	0.064±0.01[a]	6.12±0.02[a]	10.09±0.12

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

بلغت إنتاجية الكاروتينويد من شرائح الجزر الطازجة (597 مغ/100غ)، حيث فُصل المستخلص السائل عن شرائح الجزر وتمّ تركيزه للوصول إلى مستخلص مُركز بنسبة مادة صلبة ذائبة كلية (10.09%)، ويبين الجدول (5) نتائج دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة، حيث كان محتوى الكاروتينويدات الكلية بعد التركيز (11.94 مغ/100غ)، وتوافق ذلك مع (Nahimana *et al.*, 2011).

تتأثر كمية الكاروتينويدات المستخلصة بعدة عوامل منها الوقت المستغرق للاستخلاص والمذيب المستخدم، كما يعد الضوء والحرارة والعوامل المحيطة بظروف الاستخلاص وأكسدة الكاروتينويدات السبب الرئيس للفقد الكبير في الكاروتينويدات (Sharmin *et al.*, 2016).

بيَّن Nicolle وآخرون (2004) أن استخلاص الكاروتينويدات باستخدام الأسيتون أفضل من المذيبات الأخرى، إذ يلعب دورًا مهمًا في كمية الكاروتينويدات المستخلصة.

تُبين النتائج في الجدول (5) أن مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة يمثل مصدرًا غنيًا للمركبات الفينولية والتي بلغت (18.07 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ) وتعتمد نسبها على ظروف الاستخلاص وقطبية

المذيب المستخدم ونسبة العينة إلى نسبة المذيب (Šeregelj *et al.*, 2017)، كما تتعلق بتأثير ظروف إنتاج الجزر وتوافقت النتائج مع (Singh *et al*, 2018).

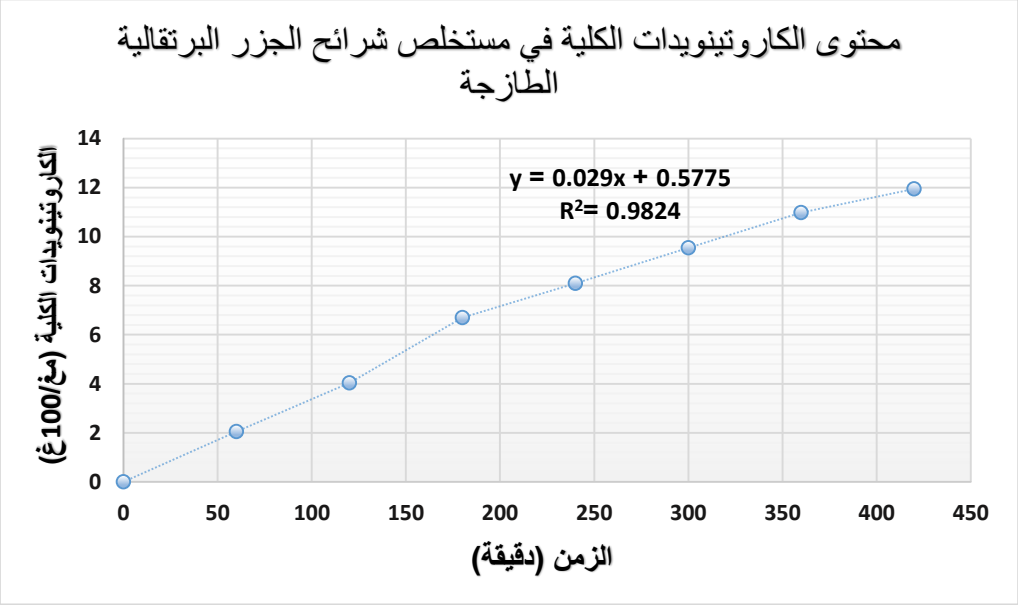
في حين أن العديد من الفينولات تتفاعل ببطء مع DPPH ويستمر التفاعل لعدة ساعات وبالتالي تحديد نقطة النهاية الثابتة غير ممكن وبالتالي قد تقلل طريقة DPPH المستخدمة لتقدير النشاط المضاد للأكسدة من تحديد إمكانية مضادات الأكسدة المقاسة، وقد يعزى النشاط العالي لمضادات الأكسدة إلى وجود مركبات الفلافونيدات في مستخلص الجزر الطازج بنسبة (5.01 مغ مكافئ كاتيشين/100غ)، والعلاقة الإيجابية العالية بين الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة عائدة إلى أن الفينولات قد تكون مضادًا للأكسدة سائدًا في الجزر (Koley and Singh, 2019).

يرتبط النشاط المضاد للأكسدة في مستخلصات الجزر المحبة للدهون بمحتواها من الكاروتينويدات الكلية، إذ تشير كمية الكاروتينويدات المرتفعة (11.94 مغ/100غ) إلى أنها ساهمت بشكل كبير في النشاط المضاد للأكسدة للجزء المحب للدهون في الجزر (Schmiedeskamp *et al.*, 2022)، في حين يختلف النشاط المضاد للأكسدة تبعًا لصنف الجزر المستخدم، وقد أشار Gajewski وآخرون (2010) إلى ارتفاع قيم النشاط المضاد للأكسدة في الجزر البرتقالي بالمقارنة مع أصناف الجزر الأخرى، إذ بلغ (49.05%)، وتوافق ذلك مع ما أشار إليه (Bozalan and Karadeniz, 2011).

بلغ متوسط قيم الحموضة القابلة للمعايرة (0.064%) مقدرة كحمض ستريك، وتُعد الحموضة التي يمكن معايرتها مؤشرًا أفضل لتأثير الحمض في النكهة من الرقم الهيدروجيني، في حين بلغ رقم الـ pH (6.12)، وتوافق ذلك مع (Okafor *et al.*, 2021).

يوضح الشكل (10) أن استخلاص الكاروتينويدات من شرائح الجزر الطازجة بدأ بعد مرور 30 دقيقة من بداية عملية الاستخلاص، ويمكن تفسير ذلك بالاستخلاص الجيد للكاروتينويدات ضمن الظروف المحيطة، وفي الساعة الثانية من الاستخلاص بلغ محتوى الكاروتينويدات (4.03 مغ/100غ) واستمرت الزيادة في الساعتين الثالثة والرابعة في حين استمر الاستخلاص لمدة 7 ساعات وتوافق ذلك مع (Sharmin *et al.*, 2016)، ويبين

الشكل (10) ازدياد انتاج الكاروتينويدات مع زيادة الوقت، كما لوحظ وجود علاقة ما بين لون ثمار الجزر الطازجة ومحتواها من الكاروتينويدات الكلية والفينولات والتي تزداد بازدياد شدة اللون البرتقالي للثمار الطازجة (Nicolle *et al.*, 2004).



الشكل 10؛ محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة

3-4- مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة:

الجدول 6؛ مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة

المؤشر	L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
مستخلص الكاروتينويد قبل التركيز	15.84±0.02^{a}	16.74±0.02^{a}	20.91±0.23^{a}	26.33±0.19^{a}	76.68±0.04^{a}	108.44±0.06^{a}
مستخلص الكاروتينويد بعد التركيز	62.24±0.03^{b}	24.92±0.03^{b}	43.91±0.21^{b}	50.05±0.05^{b}	56.06±0.16^{b}	79.28±0.23^{b}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يوضح الجدول (6) تغير اللون أثناء عملية استخلاص الكاروتينويدات من شرائح الجزر الطازجة، كانت المؤشرات اللونية لمستخلص الكاروتينويد قبل التركيز L* وa* وb* (15.84، 16.74، 20.91) على الترتيب، في حين ازدادت بتأثير عملية التركيز تحت التفريغ لتصبح (62.24، 24.92، 43.91) على الترتيب.

تشير شدة المؤشرات اللونية مقارنة مع مؤشرات شرائح الجزر قبل الاستخلاص إلى استخلاص كمية أكبر من الكاروتينويد (Rini *et al.*, 2022)، تعود القيم المرتفعة لمؤشر الاحمرار (43.91) إلى وجود البيتا كاروتين بكمية كبيرة في المستخلص، وتتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Koley and Singh, 2019).

3-5- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة:

الجدول 7؛ الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة

الخصائص الكيميائية	الكاروتينويدات الكلية (مغ/100غ)	النشاط المضاد للأكسدة %(DPPH)	الفينولات الكلية (مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)	الفلافونيدات الكلية (مغ مكافئ كاتيشين/100غ)	الحموضة الكلية (حمض الستريك) %	رقم pH	المادة الصلبة الذائبة الكلية %
مستخلص الكاروتينويد قبل التركيز	2.19±0.14[a]	10.23±0.21[a]	-	-	0.046±0.02[a]	7.15±0.02[a]	-
مستخلص الكاروتينويد بعد التركيز	7.69±0.09[b]	33.00±0.40[b]	19.21±0.05	8.06±0.002	0.061±0.01[a]	5.91±0.01[a]	10.58±0.10

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

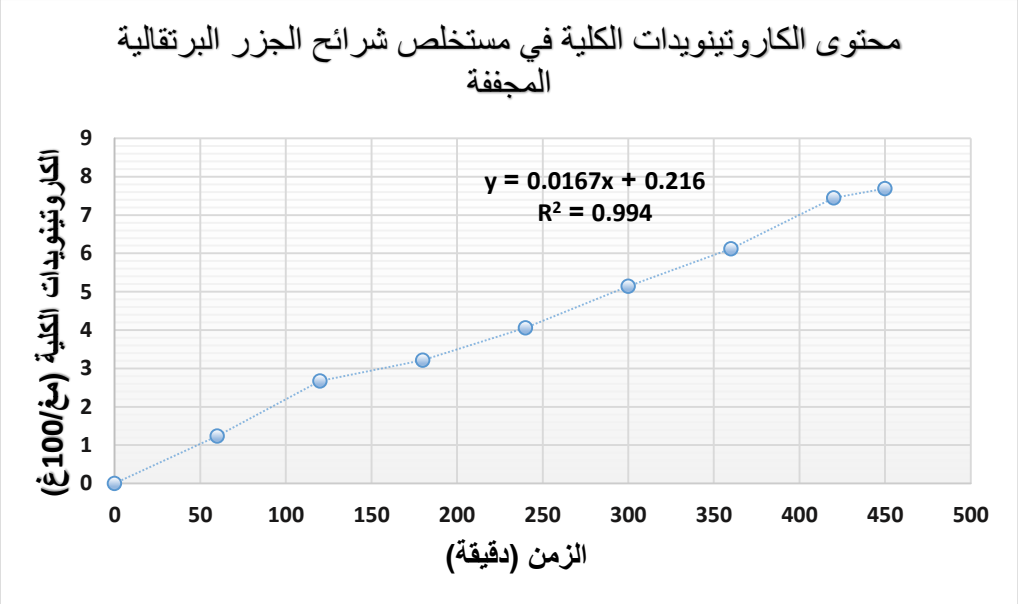
بلغت إنتاجية الكاروتينويد من شرائح الجزر المجففة (384 مغ/100غ)، إذ تم فصل المستخلص السائل عن شرائح الجزر المجففة وتركيزه للوصول إلى مستخلص مُركز بنسبة مادة صلبة ذائبة كلية (10.58%).

يُبين الجدول (7) نتائج أهم الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة، إذ يعكس محتوى الكاروتينويدات (7.69 مغ/100غ) في المستخلص تأثير درجة حرارة وزمن التجفيف لشرائح الجزر، إذ انخفض المحتوى مقارنة مع محتوى الكاروتينويدات في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة (11.94 مغ/100غ)، وهذا يشير إلى أن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة تمتلك مساحة سطح أكبر بالمقارنة مع الشرائح المجففة بما يكفي لجعل استخلاص الكاروتينويدات بواسطة المذيبات المستخدمة أسهل (El-Shehawy and El-Mashad, 2010).

تؤثر ظروف المعالجة الحرارية لشرائح الجزر بشكل كبير في الخصائص الغذائية وبالتالي فإن درجة الحرارة المستخدمة أثناء التجفيف وسماكة شرائح الجزر والوقت المستغرق للوصول إلى نسبة رطوبة (5.13%) هي عوامل رئيسة في الحفاظ على المركبات النشطة بيولوجيًا أثناء التجفيف (Nahimana *et al.*, 2011)، إذ أدت المعاملة الحرارية لشرائح الجزر وظروف الاستخلاص إلى ارتفاع في المحتوى من المركبات الفينولية في المستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة بعد التركيز عند مقارنته مع المستخلص الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة بعد التركيز وذلك بمقدار (6.31%) خالفت هذه النتيجة ما توصل إليه (Silva *et al.*, 2016) الذين أوضحوا أن التجفيف يؤدي إلى انخفاض في محتوى الفينولات، هذا الارتفاع في محتوى الفينولات الكلية في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي المجففة مقارنة مع مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة قد يكون ناتج عن إطلاق الفينولات المقيدة والتحلل المائي للفينولات المعقدة (Tiwari and Sarkar, 2018).

يرتبط وجود الفينولات في المستخلص ارتباطًا وثيقًا بقدرة المستخلص على تحييد الجذور الحرة (Barañski *et al.*, 2010)، إذ بلغ النشاط المضاد للأكسدة للمستخلص الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة (33%)، إذ أن النشاط المضاد للأكسدة لا يتأثر بتقطيع شرائح الجزر أو درجة حرارة التجفيف، إنما العامل الأساسي المؤثر هو تركيز المذيب المستخدم في عملية الاستخلاص ونوعه (Zykevičiūtė-Laugks *et al.*, 2013)، كما يلاحظ انخفاض النشاط المضاد للأكسدة في المستخلص الناتج عن شرائح الجزر المجففة مقارنة مع المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الطازجة وذلك بعد التركيز بمقدار (32.72%) وهذا عائد إلى خسارة الكاروتينويدات، وتوافق ذلك مع (Tiwari and Sarkar, 2018).

يوضح الشكل (11) أن استخلاص الكاروتينويدات من شرائح الجزر الطازجة بدأ بعد مرور 50 دقيقة من بداية عملية الاستخلاص ويمكن تفسير ذلك بالاستخلاص الأبطأ للكاروتينويدات ضمن الظروف المحيطة مقارنة مع شرائح الجزر البرتقالية الطازجة وفي الساعة الثانية من الاستخلاص بلغ محتوى الكاروتينويدات (2.67 مغ/100غ) واستمرت الزيادة في الساعتين الثالثة والرابعة في حين استمر الاستخلاص لمدة 7.5 ساعات.



الشكل 11؛ محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي المجففة

يعتمد محتوى الكاروتينويدات في المستخلص على كفاءة المذيب المستخدم في الاستخلاص، حيث إن أفضل طريقة لاستخلاص الكاروتينويدات استخدام مذيب غير قطبي ومراعاة محتوى الماء في العينة، وقد أشار Rini وآخرون (2022) إلى وجوب تقليل محتوى الماء من العينة قبل الاستخلاص لأن وجود الماء يمنع المذيب من الاستخلاص بكفاءة عالية عن طريق الانتشار.

عند دراسة قدرة شرائح الجزر المجففة على الاحتفاظ بالكاروتينويدات لوحظ أن تجفيف شرائح الجزر أدى إلى انخفاض محتوى الكاروتينويدات في المستخلص بعد التركيز مقارنة مع المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الطازجة بعد التركيز وبلغت نسبة الانخفاض (35.59%)، وتوافق ذلك مع (El-Shehawy and El-Mashad, 2010).

يلاحظ من خلال مقدار الانخفاض أن هناك احتفاظ جيد بالكاروتينويدات، مما يجعله ملائمًا لاستخدامه كملون في إنتاج الغذاء أو كغذاء وظيفي (Tiwari and Sarkar, 2018).

يمكن أن يفسر ذلك الانخفاض كون الكاروتينويدات مركبات غير مشبعة بدرجة عالية وتخضع للأكسدة بصورة سريعة، إذ يعتمد النشاط التحفيزي لأكسدة الكاروتينويدات على توافر الأكسجين وخلال عملية التجفيف

تعرضت شرائح الجزر للأكسجين وتسارعت عملية الأكسدة، ومن الواضح أن التعرض المطول لعملية التجفيف يؤدي إلى زيادة الفقد في الكاروتينويدات (Sanjel, 2019).

3-6- مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة:

الجدول 8؛ مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر البرتقالي المجففة

المؤشر	L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
مستخلص كاوتينويد قبل التركيز	84.97±0.03[a]	-3.77±0.02[a]	8.33±0.15[a]	8.99±0.12[a]	9.33±0.11[a]	13.20±0.15[a]
مستخلص كاوتينويد بعد التركيز	50.84±0.04[b]	14.85±0.03[b]	32.25±0.11[b]	35.08±0.11[b]	51.00±0.04[b]	72.12±0.06[b]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: : total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

تلعب درجة الحرارة المستخدمة في التجفيف دورًا كبيرًا في الاحتفاظ بالكاروتينويدات الكلية (Saleh *et al.*, 2019)، على الرغم من تأثر محتوى الكاروتينويدات الكلية أثناء عملية التجفيف إلا أن طريقة التجفيف باستخدام الهواء الساخن عند درجة حرارة 60 درجة مئوية لشرائح الجزر قبل الاستخلاص أدى إلى تغيير في اللون، وكانت المؤشرات اللونية لمستخلص كاروتينويد قبل التركيز *L و*a و*b (84.97، 3.77-، 8.33) على الترتيب في حين تأثرت بعملية التركيز تحت التفريغ لتصبح (50.84، 14.85، 32.25) على الترتيب.

3-7- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة:

بلغت إنتاجية الكاروتينويد من شرائح الجزر الطازجة (288 مغ/100غ)، حيث تم تركيز المستخلص إلى نسبة مادة صلبة ذائبة كلية (9.48%) باستخدام المبخر الدوراني، وتشير الدراسات السابقة إلى أن مستخلصات الجزر الأصفر تمثل مصدرًا للمركبات النشطة بيولوجيًا، إذ أن انتاجها يعتمد على ظروف الاستخلاص وقطبية المذيب (Šeregelj *et al.*, 2017).

الجدول 9؛ الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة

الخصائص الكيميائية	الكاروتينويدات الكلية (مغ/100غ)	النشاط المضاد للأكسدة %(DPPH)	الفينولات الكلية (مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)	الفلافونيدات الكلية (مغ مكافئ كاتيشين/100غ)	الحموضة الكلية (حمض الستريك) %	رقم Ph	المادة الصلبة الذائبة الكلية %
مستخلص الكاروتينويد قبل التركيز	1.03±0.19[a]	4.21±0.02[a]	-	-	0.083±0.02[a]	8.46±0.01[a]	-
مستخلص الكاروتينويد بعد التركيز	5.77±0.13[b]	12.39±0.01[b]	28.97±0.07	3.69±0.05	0.061±0.03[a]	5.85±0.02[a]	9.48±0.09

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

تم العثور على أعلى محتوى من الكاروتينويدات في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة (11.94 مغ/100غ)، في حين بلغت في مستخلص شرائح الجزر الأصفر الطازجة (5.77 مغ/100غ)، الاختلاف الكلي في محتوى الكاروتينويدات عائد إلى الصنف المستخدم، كما تلعب طريقة الاستخلاص دورًا مهمًا في ذلك (Mech-Nowak *et al*., 2012)، في حين أن التركيب الوراثي يعد عاملًا مؤثرًا في محتوى الجزر من الكاروتينويدات الكلية (Nicolle *et al*., 2004).

يتأثر محتوى المستخلص من المركبات المضادة للأكسدة بشكل أساسي بالظروف التي تمت بها عملية الاستخلاص وطريقة فصل المذيب المستخدم عن المستخلص (Sharmin *et al*., 2016)، فعند تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص شرائح الجزر الأصفر الطازجة تمت مراقبة نشاط إزالة الجذور الحرة بطريقة القياس الطيفي، إذ لا تتوافق قدرة المستخلصات المضادة للأكسدة المقاسة بطريقة DPPH مع محتوى الكاروتينويدات، فالأصناف التي تحتوي أعلى مستوى من الكاروتينويدات لديها قدرة متوسطة على النشاط المضاد للأكسدة باستثناء بعض الأصناف غير المدروسة في هذا البحث، كما يتعلق النشاط المضاد للأكسدة بالمذيب المستخدم للحصول على المستخلصات (Mech-Nowak *et al*., 2012).

بالمقارنة مع الجزر البرتقالي نلاحظ تفوق مستخلص كاروتينويد الجزر البرتقالي الطازج بعد التركيز بنشاطه المضاد للأكسدة بنسبة (74.74%) مقارنة مع مستخلص الجزر الأصفر الطازج بعد التركيز وتوافق ذلك مع

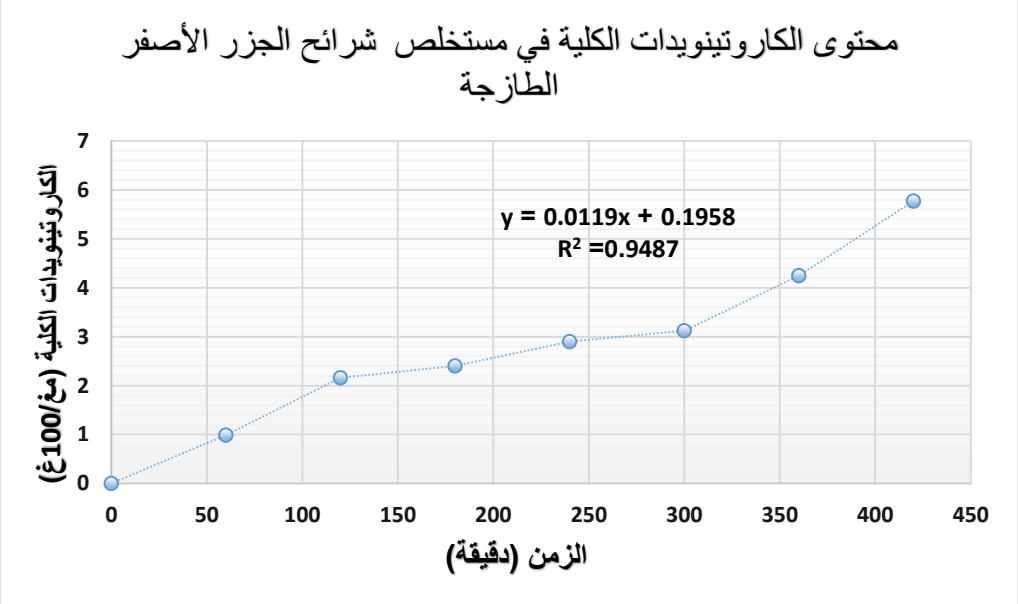
(Cefola *et al*., 2012)، وهذا عائد لاحتواء الجزر البرتقالي على نسبة أعلى من المركبات النشطة بيولوجيًا (Šeregelj *et al*., 2017).

إنّ وجود المركبات الفينولية في المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة يساهم في الصفات الحسية مثل اللون أو المرارة أو الرائحة، لذا يمكن استخدام المركبات الفينولية كمؤشر جيد لتقييم الجودة أثناء المعالجة والتخزين، حيث أن الفينولات الرئيسة الموجودة في الجزر هي Caffeic acid، Chlorogenic acid، P-Hydroxybenzoic ، Cinnamic acid (Augspole *et al*., 2014).

تفوق مستخلص كاروتينويد الجزر الأصفر الطازج على مستخلص كاروتينويد الجزر البرتقالي الطازج في محتواه من الفينولات الكلية إذ بلغ (28.97 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ) وبنسبة ارتفاع تقدر بـ (37.63%) وتوافق ذلك مع (Koley and Singh, 2019)، وهذا عائد إلى ارتفاع قطبية المذيب المستخدم وقابلية ذوبان أفضل للمركبات الفينولية الموجودة في الجزر (Šeregelj *et al*., 2017)، حيث أن اختيار المذيب المناسب يعتمد على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينة المستخدمة إضافة إلى التكلفة والسمية.

في حين أن الفلافونيدات الكلية الأكثر شيوعًا في الجزر هي Flavonols وFlavones، إذ بلغ محتواها في مستخلص شرائح الجزر الأصفر الطازجة (3.69 مغ مكافئ كاتيشين/100غ) توافق ذلك مع (Singh *et al*., 2018)، كما بيّن Ma وآخرون (2020) أنّ الجزر الأصفر هو الأقل محتوى من بين أصناف الجزر ذات الألوان المختلفة بمحتواه من الفلافونيدات.

يوضح الشكل (12) أن استخلاص الكاروتينويدات من شرائح الجزر الطازجة بدأ بعد 30 دقيقة من بداية عملية الاستخلاص، ويمكن تفسير ذلك بالاستخلاص الجيد للكاروتينويدات ضمن الظروف المحيطة وفي الساعة الثانية من الاستخلاص بلغ محتوى الكاروتينويدات (2.16 مغ/100غ) واستمرت الزيادة في الساعتين الثالثة والرابعة في حين استمر الاستخلاص لمدة 7.5 ساعات، وتُبين النتائج زيادة إنتاج الكاروتينويدات مع زيادة وقت الاستخلاص.



الشكل 12؛ محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر الأصفر الطازج

بلغ مقدار الارتفاع في محتوى الكاروتينويدات الكلية بين مستخلصات الكاروتينويدات المركزة لصنفي الجزر الطازج (الأصفر والبرتقالي) المستخدمين في هذا البحث (51.68%)، إذ احتوى الجزر البرتقالي الطازج على كمية أكبر من الكاروتينويدات الكلية بالمقارنة مع الجزر الأصفر الطازج.

3-8- مؤشرات اللون لمستخلص الكاروتينويد الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة:

الجدول 10؛ مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة

المؤشر	L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
مستخلص كاوتينويد قبل التركيز	94.62±0.002^{a}	-6.26±0.002^{a}	7.99±0.021^{a}	10.10±0.014^{a}	12.35±0.01^{a}	17.47±0.015^{a}
مستخلص كاوتينويد بعد التركيز	92.40±0.003^{b}	-10.26±0.02^{b}	13.56±0.017^{b}	16.94±0.012^{b}	17.63±0.01^{b}	24.94±0.015^{b}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: : total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يعتبر اللون من دلائل الجودة الهامة التي يتم تقييمها بشكل أساسي (Bhandari *et al.*, 2022)، ويوضح الجدول (10) المؤشرات اللونية لمستخلص الكاروتينويد قبل التركيز L* وa* وb* (94.62، -6.26، 7.99)

على الترتيب، في حين ازدادت بتأثير عملية التركيز تحت التفريغ لتصبح (92.40، 10.26-، 13.56) على الترتيب، إذ أن مستخلص الجزر الأصفر يمتلك أعلى قيمة لمؤشر الاحمرار (10.26-) وأقل قيمة لمؤشر الإضاءة (92.40)، وأعلى درجة اصفرار (13.56) نتيجة عملية التركيز تحت التفريغ، ويرتبط مؤشر الاصفرار العالي بوجود α−carotene في المستخلص، وتوافقت النتائج مع (Koley and Singh, 2019).

3-9- دراسة الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة:

الجدول 11؛ الخصائص الكيميائية للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة

الخصائص الكيميائية	الكاروتينويدات الكلية (مغ/100غ)	النشاط المضاد للأكسدة %(DPPH)	الفينولات الكلية (مغ مكافئ حمض غاليك/100غ)	الفلافونيدات الكلية (مغ مكافئ كاتيشين/100غ)	الحموضة الكلية (حمض الستريك) %	رقم pH	المادة الصلبة الذائبة الكلية %
مستخلص الكاروتينويد قبل التركيز	0.17±0.12[a]	2.52±0.02[a]	-	-	0.068±0.01[a]	6.21±0.03[a]	-
مستخلص الكاروتينويد بعد التركيز	2.97±0.06[b]	7.35±0.02[b]	34.21±0.07	6.47±0.05	0.049±0.02[a]	4.97±0.02[a]	9.58±0.09

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

بلغت إنتاجية الكاروتينويد من شرائح الجزر الأصفر المجففة (148 مغ/100غ)، وبلغت نسبة المادة الصلبة الذائبة الكلية (9.58%) في المستخلص المركز.

كان لمستخلص الكاروتينويد الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة قيمة غذائية أعلى عند مقارنته مع مستخلص الكاروتينويد الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة وهذا عائد إلى تأثير عمليات التقشير والتقطيع والمعاملة الحرارية في شرائح الجزر (Silva *et al*., 2016).

توضح النتائج في الجدول (11) الاحتفاظ بمحتوى (2.97 مغ/100غ) من الكاروتينويدات بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء المستخدم في تجفيف شرائح الجزر قبل الاستخلاص، حيث وجد العديد من الباحثين أن درجة حرارة التجفيف المنخفضة يمكن أن تساهم في الاحتفاظ بالمكونات النشطة بشكل أعلى (Schmiedeskamp *et al*., 2022).

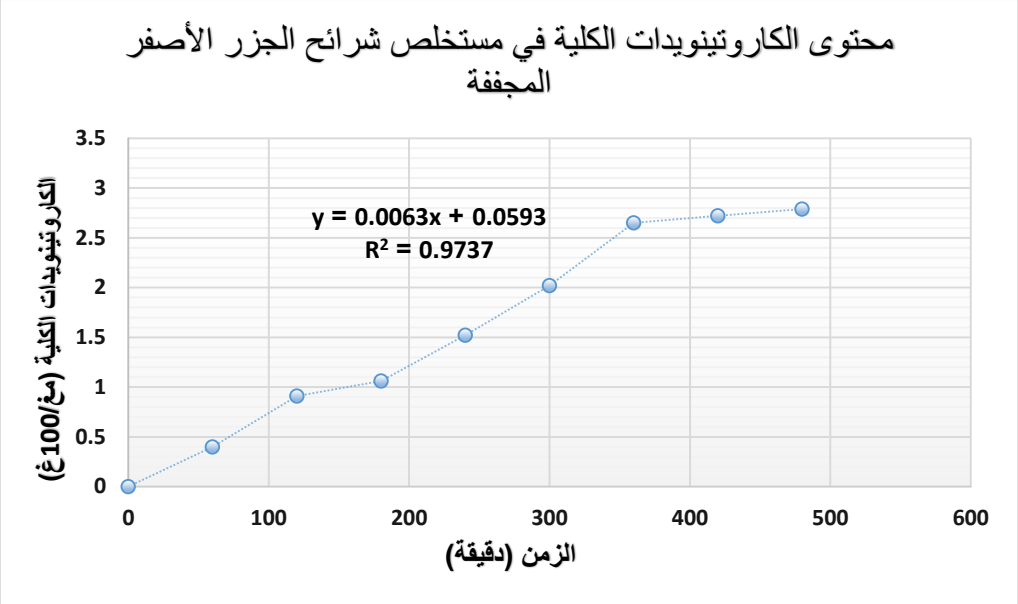
يبين الجدول (11) أن محتوى الكاروتينويدات في مستخلص كاروتينويد الجزر الأصفر المجفف بعد التركيز انخفض بالمقارنة مع مستخلص كاروتينويد الجزر الأصفر الطازج بمقدار (48.53%) وتوافق ذلك مع (Nicolle *et al*., 2004).

يلعب التجفيف دورًا في تدهور المركبات المضادة للأكسدة أثناء التعرض الطويل للأكسجين مثل التوكوفيرولات Tocopherols، وعند مقارنة النشاط المضاد للأكسدة في المستخلص الكاروتينويدي لشرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة نلاحظ تدهور النشاط المضاد للأكسدة والمقدر بطريقة DPPH بنسبة (40.68%) بتأثير عملية التجفيف الأولية لشرائح الجزر قبل الاستخلاص، إذ يتأثر النشاط المضاد للأكسدة لشرائح الجزر بأساليب المعاملة الأولية لشرائح الجزر ومدتها (Schmiedeskamp *et al.*, 2022).

تعود الناحية الإيجابية للتجفيف إلى زيادة في المركبات النشطة بيولوجيًا بما فيها الفينولات الكلية والفلافونيدات الكلية ولكن انعكس تأثيرها السلبي في محتوى الكاروتينويدات (Luca *et al*., 2021)، إذ بلغت قيمة الفينولات الكلية (34.21 مغ مكافئ حمض غاليك/100غ) وتختلف تلك القيمة باختلاف طريقة الاستخلاص وطريقة التعبير عن النتائج وعوامل أخرى مثل الصنف المستخدم وظروف ما بعد الحصاد والمعالجة (Augspole *et al*., 2014).

على الرغم من غنى مستخلص شرائح الجزر الأصفر المجففة بالمركبات الفينولية ونشاطه المضاد للأكسدة العالي إلا أن مستخلص شرائح الجزر البرتقالي المجففة تفوق بنشاطه المضاد للأكسدة مقارنة مع مستخلص شرائح الجزر الأصفر المجففة بنسبة ارتفاع (77.72%) وتوافق ذلك مع (Nicolle *et al*., 2004).

يوضح الشكل (13) أن استخلاص الكاروتينويدات من شرائح الجزر الطازجة بدأ بعد مرور 60 دقيقة من بداية عملية الاستخلاص ويمكن تفسير ذلك بالاستخلاص الأبطأ للكاروتينويدات ضمن الظروف المحيطة مقارنة مع شرائح الجزر الأصفر الطازجة وفي الساعة الثانية من الاستخلاص بلغ محتوى الكاروتينويدات (0.91 مغ/100غ) واستمرت الزيادة في الساعتين الثالثة والرابعة في حين استمر الاستخلاص لمدة 8 ساعات.



الشكل 13؛ محتوى الكاروتينويدات الكلية في مستخلص شرائح الجزر الأصفر المجففة

3-10-مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة:

الجدول 12؛ مؤشرات اللون للمستخلص الكاروتينويدي الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة

المؤشر	L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
مستخلص كاروتينويد قبل التركيز	94.92±0.005[a]	-6.30±0.002[a]	8.04±0.012[a]	10.16±0.014[a]	12.58±0.01[a]	17.79±0.015[a]
مستخلص كاروتينويد بعد التركيز	90.78±0.003[b]	-8.14±0.003[b]	13.31±0.013[b]	15.49±0.012[b]	15.84±0.01[b]	22.40±0.015[b]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

تأثرت المؤشرات اللونية لشرائح الجزر نتيجة عملية التجفيف بدرجة حرارة 60 درجة مئوية، وتأثرت بالاستخلاص بالمذيب، وهذا أدى إلى تغيير في اللون، في حين انخفض مؤشر الاحمرار a^* عند المقارنة ما بين المستخلص الناتج عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة (10.26-) والمستخلص الناتج عن شرائح الجزر الأصفر المجففة (8.14-) وهذا يدل عل انخفاض كمية الكاروتينويدات الكلية في المستخلص.

3-11- الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المُركزة الناتجة عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة:

الجدول 13؛ الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المُركزة الناتجة عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة

	مُركز مستخلص كاروتينويد شرائح الجزر الطازج	مُركز مستخلص كاروتينويد شرائح الجزر المجففة
Flavonoids	+	+
Saponins	−	−
Tannins	−	−
Glycoside	+	+
Sucrose	+	+
Starch	+	+
Coumarins	+	+
Amino acid	+	+
Quinones	−	−
Terponids	+	+
Phenols	+	+
Steroids	+	+
Protein	+	+
Anthracyanine	+	+

التحول اللوني هو الدليل على وجود المركبات في المستخلصات المدروسة، وتعد طريقة الكشف الكيفي إحدى أهم الطرائق المتبعة للكشف عن المركبات الهامة الموجودة في المستخلصات الناتجة عن شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة، وتبين النتائج في الجدول (13) محتوى المستخلصات من (Flavonoids، Protein، Steroids، Phenols، Terponids، Coumarins، Starch، Sucrose، Anthracyanine، Glycoside، Amino acid) وخلوها من (Quinones، Tannins، Saponins).

ساهم وجود الفلافونيدات في تحول لون المستخلصات من البرتقالي إلى اللون المائل للأحمر بعد 2 دقيقة من الكشف، أما عن الصابونين فالرغوة الناتجة عن عملية رج المستخلص كانت دليلًا على وجودها، وتحول اللون إلى الأخضر دليل على وجود التانينات (العفص)، في حين أنّ اللون الأصفر عائد لوجود الغليوكوزيدات وتوافقت النتائج مع (Boadi *et al*., 2021)، وتمّ الكشف عن وجود العديد من المركبات الأخرى وتوافقت النتائج الموضحة في الجدول (13) مع ما أشار إليه (Saleem *et al*., 2022)، باستثناء البروتين فقد خالفت نتائجه مع ما توصل إليه (Senoretta and Sumathy, 2016).

3-12- الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المُركزة الناتجة عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة:

التحول اللوني أثناء الكشف عن المركبات هو الدليل على وجودها في المستخلص، وتعد طريقة الكشف الكيفي إحدى الطرائق المتبعة للكشف عن المركبات الهامة الموجودة في المستخلصات الناتجة عن الجزر شرائح البرتقالي الطازجة والمجففة وتبين النتائج في الجدول (14) محتوى المستخلصات من (Flavonoids، Protein، Steroids، Phenols، Terponids، Coumarins، Starch، Sucrose، Anthracyanine، Glycoside، Amino acid) وخلوها من (Quinones، Tannins، Saponins).

توافق وجود كل من الفلافونيدات والتانينات (العفص) والغليوكوزيدات مع (Boadi *et al*., 2021)، كما تم الكشف عن وجود العديد من المركبات الأخرى فعند الكشف عن التانينات لم يبدِ المستخلص أي تغير في اللون وهذه النتيجة سلبية، في حين أن وجود البروتينات تم الكشف عنها باختبار النينهيدرين مع تحول اللون للأزرق، أما وجود التيربينويدات فقد ساهم في تحول لون المستخلص للأزرق، والفلافونيدات حولت اللون للأخضر، وتحول اللون إلى البني الداكن كان ناتجًا عن وجود النشاء، وتوافقت النتائج مع (Saleem *et al*., 2022).

الجدول 14؛ الكشف الكيفي عن المركبات الموجودة في مستخلصات الكاروتينويدات المركزة الناتجة عن شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة

	مُركز مستخلص كاروتينويد شرائح الجزر الطازج	مُركز مستخلص كاروتينويد شرائح الجزر المجففة
Flavonoids	+	+
Saponins	−	−
Tannins	−	−
Glycoside	+	+
Sucrose	+	+
Starch	+	+
Coumarins	+	+
Amino acid	+	+
Quinones	−	−
Terponids	+	+
Phenols	+	+
Steroids	+	+
Protein	+	+
Anthracyanine	+	+

3-13-دراسة عملية تأثير التخزين في المؤشرات الكيميائية لمستخلصات شرائح الجزر الطازجة والمجففة المُركزة لصنفي الجزر المدروسين:

كانت جميع العينات بعد التجفيد في البداية عبارة عن كتل قليلة الصلابة ولكن أمكن تحويلها بسهولة إلى مساحيق عن طريق الطحن الفيزيائي، وقد تم اللجوء لتعديل طريقة التجفيد لعدم نجاح تجفيد مستخلص الكاروتينويد دون إضافات وتشكل عجينة فقط، إذ تم تشكيل مستحلب واستخدام المالتودكسترين بمكافئ دكستروز (20%) لإتمام نجاح عملية التجفيد، وقد بلغت انتاجية المسحوق من مستخلص شرائح الجزر البرتقالي الطازجة (69.24%)، في حين كانت في مستخلص شرائح الجزر البرتقالي المجففة (67.16%)، وبلغت (68.93%) و(76.19%) على الترتيب لكل من مستخلصي شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة.

3-13-1- دراسة تأثير التخزين في محتوى ملون كاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين من الرطوبة:

الجدول 15؛ دراسة تأثير التخزين في محتوى ملون الكاروتينويد من الرطوبة

العينات المدروسة	محتوى الرطوبة (%)			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	1.71 ± 0.07^{aA}	1.73 ± 0.06^{aA}	1.78 ± 0.03^{abA}	1.83 ± 0.01^{bA}
B	1.52 ± 0.02^{aB}	1.55 ± 0.01^{aB}	1.63 ± 0.03^{bB}	1.68 ± 0.02^{cB}
C	1.65 ± 0.02^{aC}	1.68 ± 0.02^{abA}	1.71 ± 0.04^{bC}	1.79 ± 0.02^{cC}
D	1.46 ± 0.05^{aBD}	1.48 ± 0.01^{abC}	1.53 ± 0.02^{bcD}	1.58 ± 0.02^{cD}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p\leq0.05$
تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملات الأولية قبل التجفيد عند $p\leq0.05$

يبين الجدول (15) نتائج دراسة تأثير التخزين في محتوى الرطوبة لعينات ملون الكاروتينويد، إذ أن النسب القليلة المضافة من المالتودكسترين (20%) ساهمت في الاحتفاظ بالرطوبة في المسحوق، وقد يشير هذا إلى أن نشاط ربط المالتودكسترين للماء هو سبب ارتفاع محتوى الرطوبة قليلًا لبعض الملونات، وتوافق ذلك مع (Char, 2017) الذين بينوا أن الحصول على مسحوق باستخدام طريقة التجفيد يعطي أقل محتوى رطوبة، في حين تُبين النتائج في الجدول (15) وجود فروقات معنوية في الرطوبة بين الملونات الناتجة بتأثير عملية التجفيد، إذ تراوح محتوى الرطوبة ما بين (1.46-1.71%)، إذ احتوت ملونات الكاروتينويد الناتجة عن شرائح الجزر المجففة على محتوى أقل من الرطوبة مقارنة مع الملونات الناتجة عن شرائح الجزر الطازجة، وتفوقت في قدرتها على الاحتفاظ بالمحتوى الرطوبي الأقل عند التخزين لمدة 6 أشهر، كما تُبين النتائج أنَّ الارتفاع المعنوي في محتوى الرطوبة أثناء التخزين بدرجة حرارة الغرفة 25 درجة مئوية بدأ بعد التخزين لمدة 3 أشهر باستثناء الملون الناتج عن المستخلص الكاروتينويدي للجزر البرتقالي الطازج، إذ أبدى ارتفاعًا معنويًا في محتوى الرطوبة عند التخزين لمدة 6 أشهر (1.83%).

3-13-2- دراسة تأثير التخزين في قيم الـ (pH) لملون كاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين:

الجدول 16؛ دراسة تأثير التخزين في قيم الـ (pH) لملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين

العينات المدروسة	Ph			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	6.03 ± 0.003^{aA}	6.01 ± 0.002^{aA}	6.00 ± 0.002^{bA}	5.89 ± 0.001^{cA}
B	5.87 ± 0.002^{aB}	5.84 ± 0.001^{aB}	5.82 ± 0.002^{bB}	5.72 ± 0.003^{cB}
C	5.77 ± 0.002^{aC}	5.75 ± 0.001^{aC}	5.71 ± 0.001^{bC}	5.66 ± 0.001^{cC}
D	5.54 ± 0.002^{aD}	5.51 ± 0.002^{aD}	5.49 ± 0.001^{bD}	5.40 ± 0.003^{cD}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B**: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C**: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D**: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p\leq0.05$

تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملات الأولية قبل التجفيد عند $p\leq0.05$

يبين الجدول (16) نتائج دراسة تأثير التخزين في رقم الـ (pH)، إذ تراوحت قيم الأس الهيدروجيني ما بين (5.40-6.03)، إذ ساهم استخدام الدهن في الاستحلاب في خفض رقم الأس الهيدروجيني (Flores-Miranda *et al.*, 2015)، وبينت النتائج في الجدول (16) وجود تأثير معنوي لعملية التخزين في خفض رقم الـ (pH) لجميع الملونات الناتجة عن التجفيد عند التخزين لمدة 6 أشهر، إذ انخفض رقم الـ (pH) لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (6.03) عند الزمن صفر إلى (5.89) عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين انخفض رقم الـ (pH) لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (5.87) عند الزمن صفر إلى (5.72) عند التخزين لمدة 6 أشهر، وانخفض رقم الـ (pH) لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (5.77، 5.54) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (5.66، 5.40) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، إذ يساهم تحلل جدار الكبسولات الدقيقة في إطلاق بعض الأحماض الدهنية مثل poly-ε-caprolactone والتي تساهم في انخفاض قيم الأس الهيدروجيني وتوافق ذلك مع (Silva *et al.*, 2016)، وتوضح النتائج وجود فروقات معنوية في رقم الـ (pH) لعينات الملون الناتجة بتأثير عملية التجفيد.

3-13-3- دراسة تأثير التخزين في المحتوى من الكاروتينويدات الكلية وكفاءة التغليف لملون كاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين:

من المعروف أن الكاروتينويدات تتعرض لتفاعلات الأزمرة والتحلل عند درجات حرارة مرتفعة فعند تحلل β-carotene ينتج مركبات مثل *E*-5,8-epoxy- β-carotene، كما يحدث تحلل ملحوظ عند إذابة الكاروتينويد في الزيت لتحضير مستحلب جاهز للتجفيد، لذا تمت الإذابة على البارد ومع ذلك الفترة الطويلة المستغرقة للإذابة على البارد لمدة 2 دقيقة من الممكن أن تؤدي إلى تحلل β-carotene الموجود في المستخلصات. تبين النتائج في الجدول (17) تعرض الكاروتينويدات للتحلل أثناء التخزين ولم يلحظ أي فصل طور مرئي للدهن طوال فترة التخزين مما يشير إلى أن الملونات كانت مستقرة وتوافقت هذه النتيجة مع (Char, 2017).

انخفض محتوى الكاروتينويدات في الملونات الناتجة ببطء خلال فترة التخزين إذ انخفضت في ملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (7.19) عند الزمن صفر إلى (5.73) عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين انخفضت كمية الكاروتينويدات لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (4.71) عند الزمن صفر إلى (3.69) عند التخزين لمدة 6 أشهر، وانخفضت الكمي في ملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (3.53، 1.81) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (2.76، 1.42) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، وتوافقت النتائج الموضحة في الجدول (17) مع (Haas *et al*., 2019).

هناك عاملان رئيسان يمكن أن يكونا مسؤولين عن هذا الانخفاض وهما المساحة الكبيرة من جسيمات المستحلب نتيجة لتقليل حجمها إلى النطاق النانوي (Borba *et al*., 2019)، والتشكل المحتمل للجذور الحرة أثناء عملية التجانس، إذ أن الظروف التي يتم فيها صنع الكبسولات النانوية تؤثر بشكل مباشر في خصائصها (Silva *et al*., 2016)، كما أن الكاروتينويدات حساسة للأس الهيدروجيني المنخفض، لذا فإن طريقة الاستحلاب مهمة ليكون لديها القدرة على حماية الكاروتينويدات عند درجة حموضة منخفضة (Li *et al*., 2019).

في حين أن المواد المستخدمة في الاستحلاب لها دور مهم في محتوى الكاروتينويد في الملون الناتج، وقد بيَّن Rifqi وآخرون (2020) أن إضافة 20 % من المالتودكسترين أثناء الاستحلاب يعطي أعلى نسبة كاروتينويد في الملون الناتج، كم تقلل درجات حرارة التخزين الأكثر برودة من معدل تحلل الكاروتينويدات (González-Peña *et al*., 2021).

تشبه آلية أكسدة الكاروتينويدات تلك الموجودة في الدهون، لذلك عند تعرضها للحرارة والضوء والأكسجين يمكن أن تعاني من الأكسدة، لذا كان لا بدّ من دراسة محتوى الكاروتينويدات في الملونات الناتجة أثناء مدة التخزين، حيث أن غياب اللون يميز التحلل الكيميائي للكاروتينويد خلال مدة التخزين (Borba *et al*., 2019).

تصف كفاءة التغليف (EE) نسبة الكاروتينويدات المغلفة إلى الإجمالية في المسحوق، حيث توجد الكاروتينويدات السطحية عند أو بالقرب من سطح جزيئات المسحوق وبالتالي يتم اكتشافها على أنها SC، نظرًا لأن SC تتأكسد بسهولة خاصة أثناء التخزين، تراوحت كفاءة التغليف للملونات الأربعة الناتجة (69.39–67.18%)، لذا فإن كفاءة التغليف هي المؤشر الأولي لتحديد العمر الافتراضي للصبغات المحتوية على الكاروتينويد، يمكن تفسير انخفاض محتوى الكاروتينويدات خلال التخزين إلى أنه عائد إلى الانخفاض السريع في الكاروتينويدات السطحية غير المغلفة في الفترة الأولى من التخزين والتدهور التدريجي للكاروتينويدات المغلفة. لذا فإن معدل التحلل في الفترة الأولى مرتبط بنسبة المكون النشط على سطح الجسيمات أو بالقرب منه، في حين أن معدل التحلل أثناء التخزين يتأثر بشكل أساسي بخصائص المواد مثل المسامية وسماكة الجدار التي تحدد معدل انتشار الأكسجين وبالتالي تدهور محتوى الكاروتينويد، ومن الممكن أن تعبر كفاءة التغليف عن مدى ثبات الكاروتينويدات في الكبسولات النانوية (Silva *et al*., 2016).

الجدول 17؛ دراسة تأثير التخزين في الكاروتينويدات الكلية وكفاءة التغليف لملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين

العينات المدروسة	الكاروتينويدات الكلية (%)											
	الزمن (0)			(1) شهر			(3) أشهر			(6) أشهر		
	%EE	TC	SC	%EE	TC	SC	%EE	TC	SC	%EE	TC	SC
A	67.18 ± 0.002^{aA}	7.19 ± 0.002^{Aa}	2.36 ± 0.003^{aA}	67.26 ± 0.003^{bA}	6.11 ± 0.001^{bA}	2.00 ± 0.003^{Ba}	77.62 ± 0.003^{cA}	5.85 ± 0.002^{cA}	1.31 ± 0.003^{cA}	100 ± 0.002^{dA}	5.73 ± 0.003^{dA}	0
B	69.43 ± 0.004^{aB}	4.71 ± 0.003^{Ab}	1.44 ± 0.003^{aB}	77.39 ± 0.003^{bB}	4.25 ± 0.002^{bB}	0.97 ± 0.004^{Bb}	96.96 ± 0.004^{cB}	3.58 ± 0.003^{cB}	0.11 ± 0.002^{cB}	100 ± 0.003^{dB}	3.69 ± 0.004^{dB}	0
C	69.57 ± 0.003^{aC}	3.53 ± 0.003^{Ac}	1.08 ± 0.004^{aC}	83.44 ± 0.003^{bC}	3.36 ± 0.003^{bC}	0.56 ± 0.003^{Bc}	94.19 ± 0.002^{cC}	3.27 ± 0.004^{cC}	0.19 ± 0.003^{cC}	100 ± 0.003^{dC}	2.76 ± 0.002^{dC}	0
D	69.39 ± 0.002^{aD}	1.81 ± 0.004^{Ad}	0.56 ± 0.003^{aD}	87.61 ± 0.004^{bD}	1.78 ± 0.002^{bD}	0.23 ± 0.004^{Bd}	87.35 ± 0.003^{cD}	1.58 ± 0.003^{cD}	0.2 ± 0.002^{cD}	100 ± 0.003^{dD}	1.42 ± 0.004^{dD}	0

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

(SC: Surface Carptenoid ،TC: Total Carotenoid ،EE: Encapsulation Efficiency)

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p\leq0.05$

تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملات الأولية قبل التجفيد عند $p\leq0.05$

3-13-4- دراسة تأثير التخزين في النشاط المضاد للأكسدة للملونات المستخلصة من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين:

الجدول 18؛ دراسة تأثير التخزين في النشاط المضاد للأكسدة للملونات الناتجة من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين

العينات المدروسة	النشاط المضاد للأكسدة للملون مقدرًا بطريقة DPPH (%)			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	32.22 ± 0.011^{aA}	28.38 ± 0.020^{bA}	20.13 ± 0.011^{Ca}	10.20 ± 0.014^{dA}
B	19.93 ± 0.015^{aB}	17.94 ± 0.011^{bB}	12.46 ± 0.011^{Cb}	7.97 ± 0.010^{dB}
C	6.60 ± 0.009^{aC}	5.61 ± 0.010^{bC}	4.29 ± 0.009^{Cc}	2.64 ± 0.010^{cD}
D	4.41 ± 0.013^{aD}	3.74 ± 0.010^{bD}	2.68 ± 0.010^{Cd}	1.76 ± 0.011^{dD}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p\leq0.05$
تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملات الأولية قبل التجفيد عند $p\leq0.05$

يتبع انخفاض النشاط المضاد للأكسدة نفس الاتجاه الذي تظهره الملونات عند فقد الكاروتينويدات، وذلك بسبب أكسدة الكاروتينويدات وخسارة الرابطة المزدوجة والتي تعد ضرورية للحفاظ على النشاط المضاد للأكسدة.

بيَّن González-Peña وآخرون (2021) أن ظروف التخزين تلعب دورًا مهمًا في النشاط المضاد للأكسدة، إذ أنّ التخزين الأكثر برودة يسبب فقدًا أعلى للنشاط المضاد للأكسدة (Flores-Miranda *et al*., 2015).

يُعد تقييم النشاط المضاد للأكسدة مهمًا لمعرفة دور التجفيد في حماية الخصائص الوظيفية للجزيء والحفاظ عليها فترة أطول، تبين النتائج الموضحة في الجدول (18) أن النشاط المضاد للأكسدة للملونات الأربعة الناتجة تراوح ما بين (1.76-32.22%)، يرتبط النشاط المضاد للأكسدة ارتباطًا وثيقًا بتركيز الكاروتينويد المدمج في المستحلب، إذ يؤدي التخزين لفترة طويلة إلى انخفاض معنوي في النشاط المضاد للأكسدة.

يُلاحظ من خلال النتائج الموضحة في الجدول (18) وجود تأثير معنوي لعملية التخزين في خفض النشاط المضاد للأكسدة في الملونات الناتجة جميعها خلال مدة تخزين لمدة (6 أشهر)، إذ انخفض النشاط المضاد للأكسدة لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (32.22) عند الزمن صفر إلى (10.20) عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين انخفض النشاط المضاد للأكسدة لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (19.93) عند الزمن صفر إلى (7.97) عند التخزين لمدة 6 أشهر، وانخفض النشاط المضاد للأكسدة لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (6.60، 4.41) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (2.64، 1.76) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، كما أن المعاملة الأولية والصنف كان لهما دور في الفروقات المعنوية في النشاط المضاد للأكسدة ما بين الملونات الناتجة جميعها بعد عملية التجفيد مباشرة وقد استمرت هذه الفروقات خلال مدة التخزين.

3-14- دراسة تأثير التخزين في المؤشرات الفيزيائية للملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين:

3-14-1- دراسة تأثير التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية والمسامية لملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الطازجة والمجففة لصنفي الجزر المدروسين:

تعتمد الكثافة الظاهرية للملونات وهي (نسبة كتلة الجسيم إلى حجمه المنخفض بواسطة حجم المسام المفتوحة) بشكل كبير على طريقة تكوين الملونات، إذ أن استخدام المالتودكسترين في عملية التجفيد يساهم في إعطاء كثافة ظاهرية أعلى (Przybysz *et al*., 2016)، ومن الممكن أن تعود الكثافة الظاهرية المرتفعة إلى حجم أقل من الفراغات الداخلية، في حين بيّن Li وآخرون (2019) أنّ الكثافة الظاهرية المرتفعة مهمة، إذ أنه مع انخفاض الكثافة الظاهرية يكون الهواء المحتبس موجودًا في المسحوق مما يزيد من إمكانية التحلل التأكسدي ويقلل من الاستقرار خلال مدة التخزين، تراوحت قيم الكثافة الظاهرية للملونات الأربعة الناتجة ما بين (1.53-1.57 غ/سم^3)، في حين تراوحت قيم الكثافة الحقيقية ما بين (0.93-0.96 غ/سم^3)، وقيم المسامية ما بين (1.62-1.65 %).

يُبين الجدول (19) نتائج دراسة تأثير التخزين في الكثافة الظاهرية والحقيقية والمسامية للمساحيق الناتجة، إذ تشير النتائج الموضحة في الجدول (19) إلى وجود انخفاض معنوي للكثافة الظاهرية بتأثير عملية التخزين لمدة (6 أشهر)، إذ انخفضت الكثافة الظاهرية والحقيقية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (1.57، 0.96) على الترتيب عند الزمن صفر، إلى (1.55، 0.94) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين انخفضت الكثافة الظاهرية والحقيقية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (1.56، 0.95) عند الزمن صفر على الترتيب، إلى (1.54، 0.93) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، وانخفضت الكثافة الظاهرية والحقيقية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج من (1.57، 0.96) عند الزمن صفر على الترتيب، إلى (1.55، 0.94) عند التخزين لمدة 6 أشهر على الترتيب، على حين انخفضت الكثافة الظاهرية والحقيقية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر المجفف من (1.56، 0.96) عند الزمن صفر على الترتيب، إلى (1.53، 0.93) عند التخزين لمدة 6 أشهر على الترتيب، توافقت نتائج التحزين لمدة 6 أشهر مع (Haas *et al.*, 2019)، في حين أظهرت ملونات كاروتينويد المستخلصة من الجزر الطازج كثافة أعلى مقارنًة مع ملونات كاروتينويد المستخلصة من الجزر المجفف.

تبين النتائج الموضحة في الجدول (19) إلى وجود ارتفاع معنوي في المسامية بتأثير عملية التخزين (6 أشهر)، إذ ارتفعت قيم المسامية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (1.63) عند الزمن صفر إلى (1.64) عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين ارتفعت قيم المسامية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (1.64) عند الزمن صفر إلى (1.65) عند التخزين لمدة 6 أشهر، وارتفعت قيم المسامية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (1.63، 1.62) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (1.64، 1.64) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر.

الجدول 19؛ دراسة تأثير التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية والمسامية للملونات الناتجة

العينات المدروسة	الكثافة الظاهرية (غ/سم^3)				الكثافة الحقيقية (غ/سم^3)				المسامية (%)			
	الزمن(0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر	الزمن(0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر	الزمن(0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	1.57 ± 0.001^{aA}	1.56 ± 0.001^{bA}	1.55 ± 0.004^{cdA}	1.55 ± 0.003^{dA}	0.96 ± 0.004^{aA}	0.95 ± 0.004^{aA}	0.94 ± 0.002^{aA}	0.94 ± 0.004^{aA}	1.63 ± 0.0057^{aA}	1.64 ± 0.0058^{abFA}	1.64 ± 0.0007^{bA}	1.64 ± 0.038^{bA}
B	1.56 ± 0.002^{aB}	1.56 ± 0.002^{aA}	1.55 ± 0.002^{bA}	1.54 ± 0.004^{cB}	0.95 ± 0.004^{bB}	0.94 ± 0.0094^{aA}	0.94 ± 0.003^{bcA}	0.93 ± 0.004^{bB}	1.64 ± 0.004^{aA}	1.64 ± 0.014^{aAD}	1.64 ± 0.003^{aA}	1.65 ± 0.002^{aB}
C	1.57 ± 0.002^{aA}	1.57 ± 0.002^{aAC}	1.56 ± 0.004^{bB}	1.55 ± 0.004^{cA}	0.96 ± 0.004^{cdA}	0.95 ± 0.003^{abA}	0.95 ± 0.004^{cB}	0.94 ± 0.003^{cA}	1.63 ± 0.004^{aA}	1.65 ± 0.003^{bdAC}	1.64 ± 0.002^{cBC}	1.64 ± 0.001^{dA}
D	1.56 ± 0.003^{aB}	1.55 ± 0.004^{bB}	1.54 ± 0.003^{cC}	1.53 ± 0.002^{dBC}	0.96 ± 0.004^{dA}	0.95 ± 0.002^{bA}	0.94 ± 0.003^{dA}	0.93 ± 0.002^{dB}	1.62 ± 0.003^{aB}	1.63 ± 0.0007^{bFB}	1.63 ± 0.003^{cC}	1.64 ± 0.002^{dA}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p<0.05$

تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملة الأولية قبل التجفيد والصنف عند $p<0.05$

3-14-2- دراسة تأثير التخزين في قيم الذوبانية والاسترطابية للملونات الناتجة:

يلعب التغليف دورًا مهمًا في جعل الكاروتينويدات والتي معظمها محب للدهون ذوابة في الماء بدرجة متوسطة، وبالتالي إمكانية التطبيق بشكل أكبر في الصناعات الغذائية.

يستخدم المالتودكسترين على نطاق واسع في التجفيد لقابليته المتوسطة للذوبان في الماء ولزوجته المنخفضة ومحتواه المنخفض من السكر، لكن قدرته على الاستحلاب منخفضة لذا نادرًا ما يستخدم لوحده (Sturm *et al.*, 2019).

يُبين الجدول (20) نتائج دراسة تأثير التخزين في الذوبانية والاسترطابية للملونات الناتجة، إذ تشير النتائج الموضحة في الجدول (20) إلى وجود انخفاض معنوي في الذوبانية وارتفاع معنوي في قيم الاسترطابية لمعظم الملونات الناتجة بتأثير عملية التخزين لمدة 6 أشهر، إذ انخفضت الذوبانية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج والمجفف من (57.90، 58.40) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (55.14، 56.72) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، وانخفضت الذوبانية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (58.29، 58.59) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (55.16، 56.47) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، في حين تبين النتائج الموضحة في الجدول (20) إلى وجود ارتفاع معنوي في قيم الاسترطابية لكافة الملونات الناتجة بتأثير عملية التخزين لمدة 6 أشهر، إذ ارتفعت الاسترطابية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (2.47) عند الزمن صفر إلى (2.52) عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين ارتفعت الاسترطابية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (2.41) عند الزمن صفر إلى (2.50) عند التخزين لمدة 6 أشهر، وارتفعت الاسترطابية لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (2.46، 2.43) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (2.51، 2.48) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر، ويبين الجدول (20) وجود فروقات معنوية في قيم الذوبانية والاسترطابية بين الملونات الأربعة الناتجة عن التجفيد وهذه الفروق عائدة إلى المعاملات الأولية لشرائح الجزر قبل استخلاص الكاروتينويد وإلى ظروف التجفيد التي قد تلعب دورًا في ذلك.

الجدول 20؛ دراسة تأثير التخزين في قيم الذوبانية والاسترطابية للملونات الناتجة

العينات المدروسة	الذوبانية(%)				زمن الذوبان(دقيقة)	الاسترطابية (%)			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر		الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	57.90 ± 0.010^{aA}	57.14 ± 0.008^{aA}	56.97 ± 0.008^{bA}	55.14 ± 0.006^{cA}	3.49 ± 0.387^{A}	2.47 ± 0.007^{aA}	2.48 ± 0.006^{aA}	2.50 ± 0.007^{bA}	2.52 ± 0.005^{cA}
B	58.40 ± 0.012^{aB}	58.10 ± 0.010^{aB}	57.83 ± 0.009^{bB}	56.72 ± 0.007^{cB}	3.29 ± 0.203^{A}	2.41 ± 0.008^{aB}	2.42 ± 0.008^{aB}	2.47 ± 0.006^{bB}	2.50 ± 0.007^{cB}
C	58.29 ± 0.009^{aC}	58.08 ± 0.008^{aC}	56.93 ± 0.015^{bC}	55.16 ± 0.011^{cC}	3.45 ± 0.416^{A}	2.46 ± 0.005^{aA}	2.47 ± 0.004^{aA}	2.49 ± 0.007^{bA}	2.51 ± 0.008^{cAB}
D	58.59 ± 0.009^{aD}	58.49 ± 0.008^{aD}	57.66 ± 0.009^{bD}	56.47 ± 0.007^{cD}	3.41 ± 0.343^{A}	2.43 ± 0.006^{aC}	2.44 ± 0.005^{aC}	2.46 ± 0.007^{bB}	2.48 ± 0.006^{cC}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p<0.05$

تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملة الأولية قبل التجفيد والصنف عند $p<0.05$

3-14-3- دراسة تأثير التخزين في درجة التكتل للملونات الناتجة:

الجدول 21؛ دراسة تأثير التخزين في درجة التكتل للملونات الناتجة

العينات المدروسة	درجة التكتل (%)			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	6.89 ± 0.007^{aA}	6.91 ± 0.006^{Ba}	7.22 ± 0.009^{cA}	8.17 ± 0.007^{dA}
B	6.74 ± 0.010^{aB}	6.79 ± 0.009^{Bbd}	7.67 ± 0.009^{cB}	8.82 ± 0.007^{dB}
C	6.84 ± 0.007^{aC}	6.88 ± 0.007^{Bc}	7.98 ± 0.008^{cC}	8.13 ± 0.007^{dC}
D	6.77 ± 0.011^{aD}	6.80 ± 0.010^{Bd}	7.94 ± 0.008^{cD}	7.89 ± 0.009^{dD}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p\leq0.05$
تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملات الأولية قبل التجفيد عند $p\leq0.05$

يُبين الجدول (21) نتائج دراسة تأثير التخزين في درجة التكتل للملونات الناتجة، إذ تشير النتائج الموضحة في الجدول (21) إلى أن درجة التكتل تراوحت ما بين (6.74-8.82%) مع وجود تأثير معنوي في درجة تكتل كافة الملونات الناتجة بتأثير عملية التخزين لمدة 6 أشهر، إذ ارتفعت درجة التكتل لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي الطازج من (6.89) عند الزمن صفر إلى (8.17) عند التخزين لمدة 6 أشهر، على حين ارتفعت درجة التكتل لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر البرتقالي المجفف من (6.74) عند الزمن صفر إلى (8.82) عند التخزين لمدة 6 أشهر، وارتفعت درجة التكتل لملون كاروتينويد المستخلص من الجزر الأصفر الطازج والمجفف من (6.84، 6.77) على الترتيب عند الزمن صفر إلى (8.13، 7.89) على الترتيب عند التخزين لمدة 6 أشهر.

ويلاحظ أن الفروقات المعنوية بين الملونات الناتجة في الزمن (0، 3، 6) أشهر عائدة لظروف التصنيع والمعاملات الأولية التي تسبق عملية التجفيد وصنف الجزر المستخدم للحصول على المسحوق الجاف.

3-14-4- دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون للملونات الناتجة:

تبدأ التغيرات اللونية من المعاملة الأولية لشرائح الجزر، ومن ثم تأثرت بطريقة الاستخلاص والتجفيد. يُبين الجدول (22) نتائج دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون للملونات الناتجة، إذ تشير النتائج الموضحة في الجدول (22) إلى وجود ارتفاع معنوي في المؤشر (L*) وانخفاض معنوي في قيمة المؤشرين a^* وb^* لجميع الملونات الناتجة بتأثير عملية التخزين لمدة 6 أشهر، فيما أظهرت المؤشرات الثلاثة اختلافات معنوية باختلاف الملونات المدروسة، في حين تلعب المواد المضافة أثناء تشكيل المستحلب دورًا مهمًا في المؤشرات اللونية.

يُبين الجدول (23) نتائج دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون (ΔE، ΔC، ΔH) للملونات الناتجة، إذ تشير النتائج الموضحة في الجدول (23) إلى وجود تأثير معنوي لعملية التخزين لمدة 6 أشهر في درجة حرارة الغرفة 25 درجة مئوية في مؤشرات اللون المدروسة لجميع الملونات الناتجة، وكان التغير الأكبر في المؤشرات اللونية في الملونات الناتجة عن الجزر المجفف قبل الاستخلاص، وتُبين النتائج وجود فروق معنوية بين الملونات الأربعة الناتجة عن صنفي الجزر البرتقالي والأصفر (الطازج والمجفف).

الجدول 22؛ دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون للملونات الناتجة (L*، a*، b*)

العينات المدروسة	مؤشرات اللون											
	L*				a*				b*			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	73.15 ± 0.002^{aA}	73.37 ± 0.002^{Ba}	74.58 ± 0.003^{cA}	74.50 ± 0.002^{dA}	-0.97 ± 0.003^{aA}	-0.75 ± 0.002^{bA}	-0.58 ± 0.003^{cA}	-0.73 ± 0.002^{dA}	32.94 ± 0.013^{aA}	32.58 ± 0.014^{bA}	32.11 ± 0.017^{cA}	29.99 ± 0.013^{dA}
B	58.99 ± 0.004^{aB}	59.20 ± 0.003^{Bb}	60.41 ± 0.003^{cB}	60.31 ± 0.004^{dB}	3.43 ± 0.004^{aB}	3.21 ± 0.002^{bB}	3.03 ± 0.002^{cB}	3.18 ± 0.003^{dB}	50.51 ± 0.022^{aB}	50.16 ± 0.020^{bB}	49.70 ± 0.014^{Cb}	47.61 ± 0.019^{dB}
C	74.31 ± 0.002^{aC}	74.52 ± 0.003^{Bc}	75.73 ± 0.004^{cC}	75.64 ± 0.003^{dC}	-13.06 ± 0.004^{aC}	-12.88 ± 0.003^{bC}	-12.68 ± 0.003^{cC}	-12.80 ± 0.004^{dC}	39.33 ± 0.011^{aC}	38.98 ± 0.010^{bC}	38.51 ± 0.014^{cC}	36.58 ± 0.012^{dC}
D	77.01 ± 0.003^{aD}	77.21 ± 0.003^{Bd}	78.42 ± 0.003^{cD}	78.32 ± 0.002^{dD}	-12 ± 0.004^{aD}	-11.79 ± 0.002^{bD}	-11.61 ± 0.003^{cdD}	-11.74 ± 0.003^{dD}	57.95 ± 0.020^{aD}	57.73 ± 0.021^{bD}	57.12 ± 0.018^{cD}	55.29 ± 0.016^{dD}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

(b*:Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p<0.05$

تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملة الأولية قبل التجفيد والصنف عند $p<0.05$

الجدول 23؛ دراسة تأثير التخزين في مؤشرات اللون للملونات الناتجة (ΔE، ΔC، ΔH)

العينات المدروسة	مؤشرات اللون											
	ΔE				ΔC				ΔH			
	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر	الزمن (0)	(1) شهر	(3) أشهر	(6) أشهر
A	35.65±0.011^{aA}	35.23±0.012^{bA}	34.32±0.014^{cA}	32.41±0.011^{dA}	32.64±0.012^{aA}	32.27±0.013^{bA}	31.80±0.016^{cA}	29.68±0.012^{dA}	50.42±0.15^{aA}	49.82±0.16^{bA}	48.54±0.20^{cA}	45.83±0.15^{dA}
B	57.80±0.017^{aB}	57.38±0.016^{bB}	56.38±0.010^{cB}	54.62±0.014^{dB}	50.28±0.022^{aB}	49.92±0.02^{bB}	49.45±0.014^{cB}	47.37±0.019^{dB}	81.74±0.24^{aB}	81.15±0.22^{bB}	79.74±0.15^{cB}	77.24±0.20^{dB}
C	43.29±0.008^{aC}	42.86±0.007^{bC}	42.02±0.010^{cC}	40.33±0.008^{dC}	41.23±0.009^{aC}	40.84±0.008^{bC}	40.33±0.012^{cC}	38.55±0.009^{dC}	61.22±0.11^{aC}	60.61±0.10^{bC}	59.42±0.15^{cC}	57.04±0.12^{dC}
D	59.85±0.017^{aD}	59.56±0.019^{bD}	58.74±0.016^{cD}	57.01±0.014^{dD}	58.92±0.018^{aD}	58.67±0.02^{bD}	58.03±0.017^{cD}	56.27±0.015^{dD}	84.64±0.025^{aD}	84.23±0.027^{bD}	83.07±0.023^{cD}	80.63±0.20^{dD}

A: ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي الطازج، **B:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر البرتقالي المجفف، **C:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر الطازج، **D:** ملون كاروتينويد مستخلص من الجزر الأصفر المجفف

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change)

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في السطر الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير التخزين عند $p<0.05$

تُشير الأحرف الكبيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بتأثير المعاملة الأولية قبل التجفيد والصنف عند $p<0.05$

3-15- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد:

3-15-1- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة:

الجدول 24؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
اللبن الرائب (الشاهد)		95.16±0.002[a]	−15.55±0.003[a]	14.90±0.012[a]	21.54±0.005[a]	22.86±0.006[a]	32.33±0.008[a]
نسب الإضافة	%0.5	72.90±0.003[b]	−1.86±0.004[b]	45.77±0.009[b]	45.49±0.008[b]	47.78±0.007[b]	67.57±0.010[b]
	%1	71.57±0.002[c]	0.74±0.003[c]	49.70±0.011[c]	49.37±0.011[c]	51.88±0.009[c]	73.37±0.014[c]
	%1.5	74.98±0.004[d]	2.11±0.005[d]	55.14±0.013[d]	54.84±0.013[d]	56.25±0.011[d]	79.56±0.016[d]
	%2	73.82±0.003[e]	5.47±0.003[e]	61.06±0.011[e]	60.95±0.011[e]	62.47±0.010[e]	88.34±0.014[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُبين الجدول (24) أن عينات اللبن الرائب (الشاهد) أبدت ارتفاعًا معنويًا ملحوظًا في درجة السطوع (L^*) ودرجة الاحمرار (a^*) وانخفاضًا معنويًا ملحوظًا في درجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان للإضافة بنسبة 1.5% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيمة السطوع (74.98)، في حين كان لنسبة الإضافة 2% الأثر الأكبر في رفع قيم مؤشرات (a^*، b^*، ΔC، ΔE، ΔH).

3-15-2- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة:

الجدول 25؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
اللبن الرائب (الشاهد)		95.16±0.002[a]	−15.55±0.003[a]	14.90±0.012[a]	21.54±0.005[a]	22.86±0.006[a]	32.33±0.008[a]
نسب الإضافة	%0.5	74.75±0.003[b]	−1.08±0.002[b]	46.82±0.011[b]	46.51±0.010[b]	48.23±0.009[b]	68.21±0.013[b]
	%1	71.94±0.005[c]	0.54±0.003[c]	48.62±0.012[c]	48.29±0.012[c]	50.74±0.009[c]	71.76±0.014[c]
	%1.5	74.54±0.004[d]	1.89±0.005[d]	52.85±0.012[d]	52.55±0.012[d]	54.12±0.010[d]	76.54±0.015[d]
	%2	71.55±0.003[e]	1.94±0.003[e]	51.46±0.011[e]	51.16±0.011[e]	53.59±0.009[e]	75.79±0.013[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُبين الجدول (25) أن عينات اللبن الرائب (الشاهد) أبدت ارتفاعًا معنويًا ملحوظًا في درجة السطوع (L^*) ودرجة الاحمرار (a^*) وانخفاضًا معنويًا ملحوظًا في درجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان للإضافة بنسبة 2% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيمة الاحمرار (1.94)، في حين كان لنسبة الإضافة 1.5% الأثر الأكبر في رفع قيم مؤشرات (L^*، b^*، ΔC، ΔE، ΔH)، وكان لنسبة الإضافة 0.5% الأثر الأكبر في رفع درجة السطوع L^* (74.75) بالمقارنة مع نسب الإضافة الأخرى.

3-15-3- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة:

الجدول 26؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة

العينات المدروسة		مؤشر اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
اللبن الرائب (الشاهد)		95.16±0.002[a]	−15.55±0.003[a]	14.90±0.012[a]	21.54±0.005[a]	22.86±0.006[a]	32.33±0.008[a]
نسب الإضافة	%0.5	82.24±0.005[b]	−24.44±0.004[b]	63.11±0.006[b]	67.49±0.004[b]	67.69±0.003[b]	95.73±0.005[b]
	%1	80.59±0.004[c]	−24.02±0.003[c]	62.22±0.012[c]	66.50±0.010[c]	66.86±0.009[c]	94.56±0.013[c]
	%1.5	83.33±0.003[d]	−24.87±0.006[d]	63.01±0.013[d]	67.55±0.009[d]	67.68±0.009[d]	95.72±0.013[d]
	%2	73.46±0.006[e]	−21.75±0.005[e]	62.11±0.014[e]	65.60±0.011[e]	67.09±0.010[e]	94.88±0.014[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُبين الجدول (26) أن عينات اللبن الرائب (الشاهد) أبدت ارتفاعًا معنويًا ملحوظًا في درجة السطوع (L^*) وانخفاضًا معنويًا ملحوظًا في درجة الاحمرار (a^*) ودرجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان للإضافة بنسبة 1.5% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيم مؤشرات اللون (L^*، a^*، ΔC)، في حين كان لنسبة الإضافة 0.5% الأثر المعنوي الأكبر في رفع (b^*، ΔE، ΔH).

3-15-4- دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة:

الجدول 27؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات اللبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
اللبن الرائب (الشاهد)		95.16±0.002[a]	−15.55±0.003[a]	14.90±0.012[a]	21.54±0.005[a]	22.86±0.006[a]	32.33±0.008[a]
نسب الإضافة	%0.5	83.11±0.004[b]	−23.72±0.004[b]	50.15±0.011[b]	55.32±0.008[b]	55.49±0.007[b]	78.48±0.011[b]
	%1	82.22±0.005[c]	−23.76±0.004[c]	52.90±0.012[c]	57.82±0.009[c]	58.06±0.008[c]	82.12±0.012[c]
	%1.5	79.14±0.004[d]	−23.58±0.003[d]	62.27±0.017[d]	66.39±0.014[d]	66.92±0.014[d]	94.64±0.020[d]
	%2	76.69±0.002[e]	−22.70±0.004[e]	63.30±0.014[e]	67.05±0.011[e]	67.91±0.011[e]	96.04±0.016[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُبين الجدول (27) أن عينات اللبن الرائب (الشاهد) أبدت ارتفاعًا معنويًا ملحوظًا في درجة السطوع (L^*) وانخفاضًا معنويًا ملحوظًا في درجة الاحمرار (a^*) ودرجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة وكان للإضافة بنسبة 0.5% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيمة السطوع (83.11)، في حين كان لنسبة الإضافة 2% الأثر الأكبر في رفع قيم مؤشرات (b^*، ΔC، ΔE، ΔH)، وكان لنسبة الإضافة 1% الأثر المعنوي الأكبر في رفع درجة الاحمرار (23.76-).

3-16-دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد

3-16-1-دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة:

الجدول 28؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
كريمة (الشاهد)		67.50±0.004[a]	−11.48±0.003[a]	14.98±0.009[a]	18.81±0.005[a]	27.46±0.006[a]	38.83±0.009[a]
نسب الإضافة	%0.5	69.84±0.005[b]	−4.32±0.004[b]	39.04±0.011[b]	38.99±0.010[b]	42.80±0.007[b]	60.53±0.010[b]
	%1	76.30±0.005[c]	−1.97±0.006[c]	44.26±0.013[c]	43.99±0.012[c]	45.40±0.011[c]	64.20±0.015[c]
	%1.5	69.05±0.004[d]	−0.74±0.005[d]	48.22±0.015[d]	47.90±0.014[d]	51.33±0.012[d]	72.60±0.017[d]
	%2	65.62±0.006[e]	3.26±0.004[e]	55.33±0.011[e]	55.08±0.011[e]	59.27±0.008[e]	83.82±0.011[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُبين الجدول (28) أن عينات الكريمة (الشاهد) أبدت انخفاضًا معنويًا ملحوظًا في درجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات الأخرى المدروسة، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان للإضافة بنسبة 1% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيمة السطوع (76.30)، في حين كان لنسبة الإضافة 2% الأثر الأكبر في رفع قيم مؤشرات (a^*، b^*، ΔC، ΔE، ΔH).

3-16-2- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة:

الجدول 29؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي المجففة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
كريمة (الشاهد)		67.50±0.004[a]	−11.48±0.003[a]	14.98±0.009[a]	18.81±0.005[a]	27.46±0.006[a]	38.83±0.009[a]
نسب الإضافة	%0.5	68.56±0.002[b]	−5.16±0.004[b]	35.45±0.011[b]	35.55±0.010[b]	40.28±0.008[b]	56.96±0.011[b]
	%1	68.18±0.003[c]	−2.60±0.004[c]	42.96±0.012[c]	42.73±0.011[c]	46.90±0.009[c]	66.32±0.013[c]
	%1.5	63.83±0.004[d]	−0.30±0.002[d]	45.51±0.009[d]	45.19±0.009[d]	51.01±0.006[d]	72.14±0.008[d]
	%2	64.43±0.003[e]	−0.85±0.003[e]	48.71±0.011[e]	48.40±0.010[e]	53.61±0.008[e]	75.82±0.012[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُبين الجدول (29) أن عينات الكريمة (الشاهد) أبدت ارتفاعًا معنويًا ملحوظًا في درجة الاحمرار (a^*) وانخفاضًا معنويًا في درجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان للإضافة بنسبة 0.5% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيمة السطوع (68.56) والاحمرار (5.16−) في حين كان لنسبة الإضافة 2% الأثر الأكبر في رفع قيم مؤشرات (b^*، ΔC، ΔE، ΔH).

3-16-3- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة:

الجدول 30؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
كريمة (الشاهد)		67.50±0.004[a]	−11.48±0.003[a]	14.98±0.009[a]	18.81±0.005[a]	27.46±0.006[a]	38.83±0.009[a]
نسب الإضافة	%0.5	72.14±0.003[b]	−18.99±0.004[b]	37.01±0.011[b]	41.45±0.007[b]	44.21±0.006[b]	62.52±0.009[b]
	%1	77.94±0.006[c]	−21.21±0.005[c]	44.06±0.014[c]	48.74±0.010[c]	49.67±0.009[c]	70.25±0.012[c]
	%1.5	75.60±0.004[d]	−21.29±0.004[d]	48.57±0.017[d]	52.86±0.013[d]	54.18±0.012[d]	76.63±0.017[d]
	%2	71.65±0.004[e]	−20.47±0.005[e]	51.81±0.013[e]	55.52±0.010[e]	57.74±0.008[e]	81.66±0.012[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُوضح الجدول (30) أن عينات الكريمة (الشاهد) أبدت انخفاضًا معنويًا ملحوظًا درجة السطوع (L^*) ودرجة الاحمرار (a^*) ودرجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان للإضافة بنسبة 1% الأثر المعنوي الأكبر في رفع قيمة السطوع (77.94)، في حين أدت النسبة 1.5% إلى رفع درجة الاحمرار (21.29−)، وكان لنسبة الإضافة 2% الأثر الأكبر في رفع قيم مؤشرات (b^*، ΔC، ΔE، ΔH).

3-16-4- دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة:

الجدول 31؛ دراسة مؤشرات اللون لعينات الكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر المجففة

العينات المدروسة		مؤشرات اللون					
		L*	a*	b*	ΔC	ΔE	ΔH
كريمة (الشاهد)		67.50±0.004[a]	−11.48±0.003[a]	14.98±0.009[a]	18.81±0.005[a]	27.46±0.006[a]	38.83±0.009[a]
نسب الإضافة	%0.5	72.33±0.003[b]	−17.64±0.002[b]	33.67±0.009[b]	37.87±0.007[b]	40.79±0.005[b]	57.69±0.007[b]
	%1	74.04±0.005[c]	−19.38±0.004[c]	38.06±0.012[c]	42.56±0.008[c]	44.64±0.006[c]	63.13±0.009[c]
	%1.5	73.50±0.003[d]	−20.25±0.004[d]	46.69±0.013[d]	50.72±0.010[d]	52.62±0.009[d]	74.41±0.012[d]
	%2	74.10±0.003[e]	−22.02±0.003[e]	53.71±0.011[e]	57.87±0.009[e]	59.40±0.008[e]	84.00±0.011[e]

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p \leq 0.05$

(ΔH: total hue difference ،ΔE: total color difference ،ΔC: total chroma change ،b*: Yellowness ،a*: Redness ،L*: Lightness)

يُشير الجدول (31) إلى أن عينات الكريمة (الشاهد) أبدت انخفاضًا معنويًا ملحوظًا درجة السطوع (L^*) ودرجة الاحمرار (a^*) ودرجة الاصفرار (b^*) بالمقارنة مع العينات المدعمة بنسب مختلفة من الكاروتينويدات، في حين أدى التدعيم بنسب مختلفة من الكاروتينويدات من 0.5% إلى 2% إلى فروقات معنوية واضحة في كافة مؤشرات اللون المدروسة، وكان لنسبة الإضافة 2% الأثر الأكبر في رفع قيم كافة مؤشرات اللون المدروسة (L^*، a^*، b^*، ΔC، ΔE، ΔH).

3-17- دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من صنفي الجزر المدروسين:

3-17-1- دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة:

الجدول 32؛ دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة

العينات المدروسة			القوام	الرائحة	الطعم	اللون	درجة القبول العام
اللبن الرائب (الشاهد)			4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}
ملون كاروتينويد من الجزر البرتقالي الطازج	نسب الإضافة	%0.5	4.60 ± 0.009^{b}	4.60 ± 0.005^{b}	4.70 ± 0.005^{b}	4.80 ± 0.005^{b}	4.67 ± 0.009^{b}
		%1	4.30 ± 0.006^{c}	4.50 ± 0.009^{c}	4.30 ± 0.007^{c}	4.70 ± 0.006^{c}	4.45 ± 0.008^{c}
		%1.5	3.80 ± 0.008^{d}	4.20 ± 0.007^{d}	4.10 ± 0.008^{d}	4.50 ± 0.009^{d}	4.15 ± 0.007^{d}
		%2	3.50 ± 0.007^{e}	4.30 ± 0.005^{e}	3.90 ± 0.004^{e}	4.30 ± 0.003^{e}	4.00 ± 0.005^{e}
ملون كاروتينويد من الجزر البرتقالي المجفف	نسب الإضافة	%0.5	4.50 ± 0.005^{f}	4.60 ± 0.007^{f}	4.60 ± 0.004^{f}	4.80 ± 0.004^{f}	4.50 ± 0.005^{f}
		%1	4.00 ± 0.004^{g}	4.50 ± 0.008^{g}	4.50 ± 0.005^{g}	4.70 ± 0.004^{g}	4.42 ± 0.004^{g}
		%1.5	3.20 ± 0.006^{h}	4.20 ± 0.006^{h}	4.30 ± 0.006^{h}	4.50 ± 0.009^{h}	4.05 ± 0.007^{h}
		%2	3.20 ± 0.005^{h}	4.10 ± 0.005^{i}	3.90 ± 0.007^{i}	4.30 ± 0.004^{i}	3.87 ± 0.006^{i}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p\leq0.05$

يُشير الجدول (32) إلى تفوق عينات اللبن الرائب (الشاهد) في كافة الخصائص الحسية المدروسة، في حين أدى ارتفاع نسبة إضافة ملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة إلى 2% إلى تراجع كافة الخصائص الحسية، وكان لنسبة الإضافة 0.5% من كلا الملونين الأثر الإيجابي الأكبر في تحسين الخصائص الحسية لعينات اللبن الرائب مقارنة مع العينات المضاف لها التراكيز الأعلى من ملون الكاروتينويد.

3-17-2- دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة:

الجدول 33؛ دراسة الخصائص الحسية للبن الرائب المدعم بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة

العينات المدروسة			القوام	الرائحة	الطعم	اللون	القبول العام
اللبن الرائب (الشاهد)			4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}	4.90 ± 0.001^{a}
ملون كاروتينويد من الجزر الأصفر الطازج	نسب الإضافة	%0.5	4.70 ± 0.004^{b}	4.60 ± 0.007^{b}	4.70 ± 0.004^{b}	4.80 ± 0.004^{b}	4.70 ± 0.004^{b}
		%1	4.40 ± 0.004^{c}	4.50 ± 0.005^{c}	4.60 ± 0.005^{c}	4.80 ± 0.006^{c}	4.50 ± 0.006^{c}
		%1.5	4.10 ± 0.007^{d}	4.10 ± 0.007^{d}	4.30 ± 0.004^{d}	4.50 ± 0.009^{d}	4.25 ± 0.007^{d}
		%2	3.60 ± 0.005^{e}	3.90 ± 0.005^{e}	4.00 ± 0.006^{e}	4.20 ± 0.005^{e}	3.92 ± 0.005^{e}
ملون كاروتينويد من الجزر الأصفر المجفف	نسب الإضافة	%0.5	4.50 ± 0.005^{f}	4.60 ± 0.007^{b}	4.50 ± 0.005^{b}	4.60 ± 0.004^{b}	4.47 ± 0.005^{f}
		%1	4.40 ± 0.004^{g}	4.50 ± 0.008^{g}	4.50 ± 0.005^{g}	4.40 ± 0.004^{g}	4.45 ± 0.004^{g}
		%1.5	4.10 ± 0.005^{h}	4.10 ± 0.007^{h}	4.30 ± 0.006^{h}	4.20 ± 0.009^{h}	4.17 ± 0.007^{h}
		%2	3.90 ± 0.005^{i}	4.00 ± 0.006^{i}	4.00 ± 0.004^{i}	3.70 ± 0.005^{i}	3.90 ± 0.005^{i}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p\leq0.05$

يُوضح الجدول (33) الخصائص الحسية لعينات اللبن الرائب المصنعة، إذ تبين تفوق عينات الشاهد في كافة الخصائص الحسية المدروسة، في حين أدى ارتفاع نسبة إضافة ملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة إلى 2% إلى تراجع كافة الخصائص الحسية، وكان لنسبة الإضافة 0.5% من كلا الملونين الأثر الإيجابي الأكبر في تحسين الخصائص الحسية لعينات اللبن الرائب مقارنة مع العينات المضاف لها التراكيز الأعلى من ملون الكاروتينويد.

3-18- دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من صنفي الجزر المدروسين:

3-18-1- دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة:

الجدول 34؛ دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة

العينات المدروسة			القوام	الرائحة	الطعم	اللون	درجة القبول العام
الكريمة (الشاهد)			4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}
ملون كاروتينويد من الجزر البرتقالي الطازج	نسب الإضافة	%0.5	4.60 ± 0.009^{b}	4.50 ± 0.005^{b}	4.50 ± 0.005^{b}	4.40 ± 0.004^{b}	4.50 ± 0.009^{b}
		%1	4.70 ± 0.006^{c}	4.60 ± 0.009^{c}	4.70 ± 0.006^{c}	4.60 ± 0.006^{c}	4.65 ± 0.008^{c}
		%1.5	4.20 ± 0.004^{d}	4.20 ± 0.007^{d}	4.30 ± 0.008^{d}	4.20 ± 0.008^{d}	4.22 ± 0.007^{d}
		%2	3.90 ± 0.007^{e}	4.30 ± 0.004^{e}	4.10 ± 0.004^{e}	4.20 ± 0.003^{e}	4.12 ± 0.005^{e}
ملون كاروتينويد من الجزر البرتقالي المجفف	نسب الإضافة	%0.5	4.50 ± 0.004^{f}	4.50 ± 0.007^{f}	4.50 ± 0.004^{f}	4.60 ± 0.005^{f}	4.52 ± 0.004^{f}
		%1	4.70 ± 0.004^{g}	4.60 ± 0.008^{g}	4.60 ± 0.005^{g}	4.70 ± 0.005^{g}	4.65 ± 0.005^{g}
		%1.5	4.20 ± 0.006^{h}	4.50 ± 0.004^{h}	4.50 ± 0.006^{h}	4.40 ± 0.009^{h}	4.40 ± 0.006^{h}
		%2	4.00 ± 0.005^{i}	4.40 ± 0.003^{i}	4.20 ± 0.007^{i}	4.10 ± 0.006^{i}	4.17 ± 0.006^{i}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p\leq0.05$

يُبين الجدول (34) الخصائص الحسية لعينات الكريمة المصنعة، إذ يلاحظ تفوق عينات الشاهد في كافة الخصائص الحسية المدروسة، في حين أدى ارتفاع نسبة إضافة ملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر البرتقالي الطازجة والمجففة إلى 2% إلى تراجع كافة الخصائص الحسية، وكان لنسبة الإضافة 1% من كلا الملونين الأثر الإيجابي الأكبر في تحسين الخصائص الحسية لعينات الكريمة مقارنة مع العينات المضاف لها التراكيز الأعلى من ملون الكاروتينويد.

3-18-2- دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة:

الجدول 35؛ دراسة الخصائص الحسية للكريمة المدعمة بملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة

العينات المدروسة			القوام	الرائحة	الطعم	اللون	القبول العام
الكريمة (الشاهد)			4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}	4.70 ± 0.001^{a}
ملون كاروتينويد من الجزر الأصفر الطازج	نسب الإضافة	%0.5	4.50 ± 0.004^{b}	4.60 ± 0.006^{b}	4.70 ± 0.004^{b}	4.70 ± 0.004^{b}	4.62 ± 0.004^{b}
		%1	4.60 ± 0.004^{c}	4.50 ± 0.005^{c}	4.80 ± 0.005^{c}	4.70 ± 0.005^{c}	4.65 ± 0.005^{c}
		%1.5	4.10 ± 0.007^{d}	4.20 ± 0.007^{d}	4.50 ± 0.005^{d}	4.60 ± 0.009^{d}	4.35 ± 0.005^{d}
		%2	3.90 ± 0.004^{e}	4.00 ± 0.005^{e}	4.20 ± 0.006^{e}	4.10 ± 0.006^{e}	4.05 ± 0.006^{e}
ملون كاروتينويد من الجزر الأصفر المجفف	نسب الإضافة	%0.5	4.70 ± 0.005^{f}	4.60 ± 0.006^{f}	4.50 ± 0.005^{f}	4.60 ± 0.004^{f}	4.60 ± 0.006^{f}
		%1	4.70 ± 0.004^{g}	4.60 ± 0.006^{g}	4.60 ± 0.005^{g}	4.60 ± 0.003^{g}	4.62 ± 0.004^{g}
		%1.5	4.50 ± 0.006^{h}	4.40 ± 0.007^{h}	4.50 ± 0.005^{h}	4.50 ± 0.009^{h}	4.47 ± 0.006^{h}
		%2	4.20 ± 0.004^{i}	4.40 ± 0.006^{i}	4.20 ± 0.005^{i}	4.10 ± 0.005^{i}	4.22 ± 0.005^{i}

تُشير الأحرف الصغيرة المُختلفة في العمود الواحد إلى وجود فرق معنوي بين المعاملات بتأثير نسب الإضافة عند $p\leq0.05$

تشير النتائج الموضحة في الجدول (35) الخصائص الحسية لعينات الكريمة المصنعة، إذ تبين تفوق عينات الشاهد في كافة الخصائص الحسية المدروسة، في حين أدى ارتفاع نسبة إضافة ملون الكاروتينويد المستخلص من شرائح الجزر الأصفر الطازجة والمجففة إلى 2% إلى تراجع كافة الخصائص الحسية، وكان للعينة 1% من كلا الملونين الأثر الإيجابي الأكبر في تحسين الخصائص الحسية لعينات الكريمة مقارنة مع العينات المضاف لها التراكيز الأعلى من ملون الكاروتينويد.

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and Recommendations

4- الاستنتاجات والتوصيات:

4-1- الاستنتاجات Conclusions:

تفوقت شرائح الجزر البرتقالية المجففة في الإنتاجية مقارنة مع شرائح الجزر الأصفر المجففة.

عدم وجود فروق معنوية في نسبة الاسترجاع لشرائح الجزر المجففة لكلا الصنفين المدروسين.

ساهم التجفيف بالهواء الساخن في رفع المحتوى من الرماد لشرائح الجزر البرتقالي المجففة، كما تفوقت في الحد من التغييرات اللونية فيها وذلك بالمقارنة مع شرائح الجزر الأصفر المجففة.

تفوقت مستخلصات الكاروتينويد الناتجة عن شرائح الجزر الطازجة لكلا الصنفين في محتواها من (الكاروتينويدات الكلية، النشاط المضاد للأكسدة، الفينولات الكلية) على شرائح الجزر المجففة.

تفوقت مستخلصات الكاروتينويد الناتجة عن شرائح الجزر المجففة لكلا الصنفين في محتواها من (الفلافونيدات الكلية، المادة الصلبة الذائبة الكلية) والمؤشرات اللونية (ΔC، ΔE، ΔH) على شرائح الجزر الطازجة.

ساهم استخدام المالتودكسترين في التجفيد في الحصول ملونات ذات على محتوى رطوبة منخفض وبالتالي مدة تخزين أطول.

تفوقت الملونات الناتجة عن مستخلصات شرائح الجزر المجففة لكلا الصفين في المؤشرات الكيميائية (الرطوبة، رقم الـ pH) والفيزيائية (درجة التكتل، الكثافة الحقيقية، الكثافة الظاهرية، درجة التكتل، زمن الذوبان، الاسترطابية) وكفاءة التغليف على مستخلصات شرائح الجزر الطازجة لكلا الصنفين.

تفوقت الملونات الناتجة عن مستخلصات شرائح الجزر الطازجة في نشاطها المضاد للأكسدة والمؤشرات اللونية مقارنة مع مستخلصات شرائح الجزر الطازجة لكلا الصنفين على مستخلصات شرائح الجزر المجففة لكلا الصنفين.

أدى تخزين الملونات لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة إلى ارتفاع المحتوى من الرطوبة والمسامية والاسترطابية ودرجة التكتل وانخفاض رقم الـ (pH) والمحتوى من الكاروتينويدات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة والكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية والذوبانية ومعظم مؤشرات اللون.

لاقت عينات اللبن الرائب المدعمة بـ 0.5% من ملون الجزر البرتقالي والأصفر (الطازج والمجفف) على القبول الحسي الأفضل من حيث اللون والطعم والقوام والرائحة.

حظيت عينات الكريمة المدعمة بـ 1% من ملون الجزر الأصفر والبرتقالي (الطازج والمجفف) على أفضل قبول حسي من حيث اللون والطعم والقوام والرائحة.

4-2- التوصيات Recommendations:

دراسة تأثير استخدام أنواع أخرى من المذيبات (الإيتانول، والميتانول) في كمية الكاروتينويدات المستخلصة.

دراسة تأثير طرائق استخلاص الكاروتينويدات المختلفة (استخلاص بجهاز سوكسلت، والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية) في الخصائص الكيميائية للمستخلصات الناتجة.

دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة (السلق، السلق بالبخار، التجفيد، والميكروويف) لشرائح الجزر في كمية الكاروتينويدات المستخلصة.

دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة (التجفيف بالرذاذ، التجفيف بالهواء الساخن، التجفيف تحت التفريغ) في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لملون الكاروتينويد.

استخدام مواد مساعدة أخرى (النشاء، الصمغ العربي، والبروتينات) في تغليف الكاروتينويدات ودراسة تأثيرها في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكاروتينويدات المغلفة.

نوصي باستخدام الملونات الطبيعية للكاروتينويدات المستخلصة من الجزر البرتقالي والأصفر بتركيز 0.5-1% كملونات طبيعية آمنة وصحية في الغذاء.

نوصي بإنتاج ملونات طبيعية من أصناف الجزر الأخرى المزروعة في سورية (الجزر البنفسجي، والأسود).

المراجع References:

AACC. (2000). International Methods. AACC International Approved Methods of Analysis; 11th ed. USA: American Association of Cereal Chemists, International Press: International, St. Paul, Minnesota, 1200.

Adiandri, R. S., Rahayu, E. (2012). Color and Rehydraton Properties of Dried Carrot by Soaking Pretreatment **International Journal of Food Properties**. 15(2):299-308.

Ahad, S. (2022). Plant Pigments as Drugs. **International Journal of Trend in Scientific Research and Development**. 6(6):1740-1766.

Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Tariq, R. M. S., Azam, M., Akhtar, S. (2019). Phytochemicals in Daucus carota and Their Health Benefits—Review Article. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 8(424):1-22.

Ajenu, C. O., Imoisi, C., Imhontu, E. E., Orji, U. R. (2021). Comparative Evaluation of the Proximate and Micro-Nutritional Benefits of Pawpaw, Carrots, Turmeric and Coconut. **Comparative Evaluation of the Proximate and Micro-Nutritional Benefits of Pawpaw, Carrots, Turmeric and Coconut**. 3(No):1-5.

Anjani, G., Ayustaningwarno, F., Eviana, R. (2022). Critical Review on the Immunomodulatory Activities of Carrot's B-Carotene and Other Bioactive Compounds. **Journal of Functional Foods**. 99(12):1-11.

AOAC (2000) Official Methods of Analysis of A.O.A.C. International, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists

AOAC. (1999). In Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, USA.

AOAC. (2005). Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis (18th ed.). USA: Washington, DC, In K. Herlich (Ed.) 2500.

Arun, J., Shrivastava, B., Eshmukh, S. B., Bhajipale, N. S. (2021). A Review: Pharmacological Actions of Daucus carota. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research**. 21(2):302-314.

Augspole, I., Rakcejeva, T., Kruma, Z., Dimins, F. (2014). Shredded Carrots Quality Providing by Treatment with Hydrogen Peroxide. **Foodbalt**.99(19):150-154.

Barañski, R., Maksylewicz-Kaul, A., Kamiñska, I., Leja, M., Schulz-Witte, J., Schulz, H., Nothnagel, T., Carle, R. (2010). Characterisation of Carrots of Various Root Colour. **Ecological Chemistry and Engineering.** 17(9):1053-1059.

Baria, B., Singh, A. K., Panjagari, N. R., Arora, S., Minz. P. S. (2021). Colouring Properties and Stability of Black Carrot Anthocyanins in Yoghurt**. Association of Food Scientists and Technologists**. 58(10):3953-3962.

Basuony, S. B., Khater, K. A. A., Hassanin, A. M., Soliman, T. N. (2022). Production and Characterization 0f Nanodispersions of B- Carotene Extracted from Carrot Waste and Incorporated in Functional Processed Cheese**. Egyptian Journal of Dairy Science**. pp:49-60.

Behera, G., Madhumita, M., Aishwarya, J., Gayathri, V. (2021). Comparative Evaluation of Drying Kinetics of Carrot Slices in Hot air and Microwave Drying. **The Journal of Phytopharmacology**. 10 (4)242-259.

Benamor, J., Mezghani, N., Periago, M. J., Navarro-González, I., Elvira-Torales, L. I., Mezghani, N., Ouakrim, Y., Tarchoun, N. (2020). Variations in the Sugars and Antioxidant Compounds Related to

Root Colour in Tunisian Carrot (Daucus Carota Subsp. Sativus) Landraces. **Italian Journal of Food Science**. 32:654-673.

Bhandari, S. R., Rhee, J., Choi, C. S., Jo, J. S., Shin, Y. K., Song, J, W., Kim, S, H., Lee, J, G. (2022). Morphological and Biochemical Variation in Carrot Genetic Resources Grown under Open Field Conditions: The Selection of Functional Genotypes for a Breeding Program. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 12(553):1-19.

Boadi, N. O., Badu, M., Kortei, N. K., Saah, S. A., Annor, B., Mensah, M. B., Okyere, H., Fiebor, A. (2021). Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Three Varieties of Carrot (Daucus Carota). **Scientific African**. 12:1-8.

Borba, C. M., Tavares, M. N., Macedo, L. P., Araújo, G. S., Furlong, E. B., Dora, C. L., Burkert, G. F. (2019). Physical and Chemical Stability of B-Carotene Nanoemulsions During Storage and Thermal Process. **Food Research International**. 132(3):229-237.

Bozalan, N. K., Karadeniz, F. (2011). Carotenoid Profile, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Carrots. **International Journal of Food Properties**. 14(5):1060-1068.

Cefola, M., Pace, B., Renna, M., Santamaria, P., Signore, A., Serio, F. (2012). Compositional Analysisand Antioxidant Profile of Yellow, Orange and Purple Polignano Carrots. **Italian Journal of Food Science**. 24:284-291.

Char, C. D. (2017). Carrots (Daucus carota L.). **Fruit and Vegetable Phytochemicals**. Las Condes, Santiago, Chile. pp:969-978.

Chen, J., Li, F., Li, Z., Clements, D. J., Xiao, H. (2017). Encapsulation of Carotenoids in Emulsion-based Delivery Systems: Enhancement of β-carotene Water-Dispersibility and Chemical Stability. **Food Hydrocolloids**. 69(12):49-55.

Ciurzynska, A., Janowicz, M., Karwacka, M., Galus, S., Kowalska, J., Ganko, K. (2022). The Effect of Hybrid Drying Methods on the Quality of Dried Carrot. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 12(10588):1-17.

Corrêa-Filho, L. C., Lourenço, M. M., Moldão-Martins, M., Alves, V. D. (2019). Microencapsulation of β-Carotene by Spray Drying: Effect of Wall Material Concentration and Drying Inlet Temperature. **International Journal of Food Science**. pp:1-12.

De Abreu, D. J. M., Lorenço, M. S., Ferreira, A. N., Scalice, H. K., Boas, E. V. D. B. V., Piccoli, R. H., Carvalho, E. E. N. (2022). Artificial Neural Networks for the Evaluation of Physicochemical Properties of Carrots (Daucus carota L.) Subjected to Different Cooking Conditions as an Alternative to Traditional Statistical Methods. **ACS Food Science and Technology**. 2:143-150.

Dłużewska, E., Florowska, A., Domian, E., Wojciechowska, M., Maszewska, M. (2020). The Influence of the Agglomeration Process on Stability of Microencapsulated β-Carotene. **International Journal of Food Engineering**. pp:10-10.

Do, H. T., Kha, T. C., Huynh, T. P. P. (2019). Spray-Drying Microencapsulation of -Carotene by Polysaccharide from Yeast Cell Walls. **The Journal of Agriculture and Development**. 18(6):49-57.

Edeani, N. J., Mbah, G. O., CHIME, I. H (2022). Optimization, Drying Kinetics and Thermodynamic Properties of Carrot Slices in a Hot Air Drying. **International Journal of Advances in Engineering and Management**. 4(1):941-956.

El-Shehawy, S. M., El-Mashad, H. E. (2010). Effect of Carrot Drying Conditions On Surface Carotene Content and Drying Curve. **Journal Food and Dairy Sciences.** 1(6):355-366.

Eun, J. B., Maruf, A., Das, P. R., Nam, S. H. (2019). A Review of Encapsulation of Carotenoids Using Spray Drying and Freeze Drying. **Food Science and Nutrition**. 60(21):1-26.

Fajriati, I., Ikhsani, A. Y., Monitasari, A., Zamhari, M., Kartika, B., Subba, J. R. (2022). The Effect of Extraction Method on the Extract Yield in the Carotenoid Pigment Encapsulation for Halal Natural Pigment. **Indonesian Journal of Halal Research**. 4(2):97-106.

Feseha, A., Gholap, A. V. (2020). Determination of Chlorophylls and Carotenes Content in Some Vegetables of Ethiopiaby Using Uv-Vis Spectroscopy. **Annals Food Science and Technology**. 21(4):841-846.

Flores-Miranda, G. A., Toro, G. V. D., Yáñez-Fernández, J. (2015). Stability Evaluation of B-Carotene Nanoemulsions Prepared by Homogenization-Emulsification Process Using Stearic Acid as Oil Phase. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**. 14(3)667-680. México.

Gajewski, M., Szymczak, P., Danilcenko, H. (2010). Changes of Physical and Chemical Traits of Roots of Different Carrot Cultivars Under Cold Store Conditions. **Vegetable Crops Research Bulletin**. 72:115-127.

Gandavvagol, S., Naik, K. R., Kukanoor, L., Hanchinamani, C. N., Cholin, S., Naika, M. B. (2018). Effect of dehydration on quality parameters of carrot (Daucus carota L.) germplasms. **International Journal of Chemical Studies**. 6(4):520-523.

Gao, J., Rupasinghe H. P. V. (2012). Nutritional, Physicochemical and Microbial Quality of Ultrasound-Treated Apple-Carrot Juice Blends. **Food and Nutrition Sciences**. 3(2):212-218.

Garofulićl, I, E., Zorić, Z., Pedisić, S., Dragoviæ-Uzelac, V. (2016). Optimization of Sour Cherry Juice Spray Drying as Affected by Carrier Material and Temperature. **Food Technol. Biotechnol**. 45(4):441-449.

Ghosh, S., Adak, K., Saha, P., Upadhyay, S., Ghosh, A., Das, P. and Chatterjee, A. (February, 2019). Beta-Carotene Retention as Retinol Activity Equivalent at Different Cooking and Storage Variants. **International Food Research Journal**. 26(1):355-361.

Giri, S., Joshi, N. (2020). Improvement of Micronutrient Content in Health Drink Powder with Incorporation of Encapsulated Carrot Coagulum Powder**. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. 9(12):2629-2639.

González-Peña, M. A., Lozada-Ramírez, J. D., Ortega-Regules, A. E. (2021). Antioxidant Activities of Spray-Dried Carotenoids Using Maltodextrin-Arabic Gum as Wall Materials. **Bulletin of the National Research Centre**. 45(58):1-11.

González-Peña, M. A., Ortega-Regules, A. E., Parrodi, C. A., Lozada-Ramírez, J. D., (2023). Chemistry, Occurrence, Properties, Applications, and Encapsulation of Carotenoids—A Review. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 12(313):1-22.

Goula, A, M., Adamopoulos, K, G. (2010). A New Technique for Spray Drying Orange Juice Concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 11(2):342-351.

Guiné, R. P. F., Sério, S. I. A., Correia, P. M. R., Barroca, M. J. (2014). Effect of Pre-Treatment on Some Physical-Chemical Properties of Dried Carrots. **Journal of Hygienic Engineering and Design**. pp: 187-191.

Gupta, R., Shukla, R. N. (2017). Preparation and Quality Evaluation of Dehydrated Carrot and Onion Slices. **Journal of Food Processing and Technology**. 8(9):1-6.

Haas, K., Robben, P., Kiesslich, A., Volkert, M., Jaeger, H. (2019). Stabilization of Crystalline Carotenoids in Carrot Concentrate Powders: Effects of Drying Technology, Carrier Material, and Antioxidants. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 8(285):1-16.

Haq, R. U., Prasad, K. (2018). Role of various coloring pigments within different varieties of carrot (Daucus carota). **Advances in Plants and Agriculture Research**. 8(5):386-387.

Hasan, H. M., Mohamad, A. S. A., Aldaaiek, G. A. A. (2018). **Extraction and Determination the of Beta carotene content in carrots and tomato samples Collected from some markets at El-Beida City, Libya**. The Third International Conference On Basic Sciences & Their Applications, El-Beida City, Libya.

Hellström, J., Granato, D., Mattila, P. H. (2020). Accumulation of Phenolic Acids during Storage over Dierently Handled Fresh Carrots. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 9(1515):1-13.

Hermanns, A. S., Zhou, X., Xu, Q., Tadmor, Y., Li, L. (2020). Carotenoid Pigment Accumulation in Horticultural Plants. **Horticultural Plant Journal**. 6(6):343-360.

Icontec, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1999). Norma técnica colombiana uchuva NTC 4580. Bogota.

Junaid, M. D., Öztürk, Z. N., Gökçe, A. F. (2023). Drought stress effects on morphophysiological and quality characteristics of commercial carrot cultivars. **Turkish Journal of Botany**. 47:111-126.

Karabacak, C. E., Karabacak, H. (2019). Factors Affecting Carotenoids in Carrots (Daucus Carota). **Ecological Life Sciences**. 14(2):29-39.

Kaur, K., Shivhare, U. S., Basu, S., Raghavan, G. S. V. (2012). Kinetics of Extraction of β-Carotene from Tray Dried Carrots by Using Supercritical Fluid Extraction Technique. **Food and Nutrition Sciences**. 3:591-595.

Koley, T. K., Singh, B. K. (September, 2019). Quality Attributes of Novel Carrot Genotypes. **Indian Journal of Horticulture**. 76(3)543-547.

Krivokapić, S., Pejatović, T., Perović, S. (2020). Chemical Characterization, Nutritional Benefits and Some Processed Products from Carrot (Daucus carota L.). **Agriculture and Forestry**. 66(2):191-216.

Kultys, E., Kurek, M, A. (2022). Green Extraction of Carotenoids from Fruit and Vegetable Byproducts: A Review. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 27(518):1-14.

Kumar, S., Sharma, N., Pandey, P. (2023). Black Carrot as Functional Food: A Review. **The Pharma Innovation Journal**. 12(5):4215-4223.

Larmond, E. (1970). **Methods for Sensory Evaluation of Food Publication**. Canadi Department of Agriculture. 1284. P:57.

Lavelli, V., Sereikaitė, J. (2022). Kinetic Study of Encapsulated β-Carotene Degradation in Dried Systems: A Review. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 11(437):1-18.

Li, X. Y., Wu, M. B., Xiao, M., Lu, S. H., Wang, Z. M., Yao, J, M., Yang, L, R. (2019). Microencapsulated β-carotene preparation using different drying treatments. **Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine and Biotechnology)**. 20(11):901-909.

Lima, A., Charalampopoulos, M., Chatzifragkou, A. (2018). Optimisation and modelling of supercritical CO2 extraction process of carotenoids from carrot peels. **The Journal of Supercritical Fluids**. 133:94-102.

López-Gámez, C., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2021). Pulsed electric field treatment strategies to increase bioaccessibility of phenolic and carotenoid compounds in oil-added carrot purees. **Food Chemistry**. 364: 1-11.

Luca, M. I., Iuga, M., Mironeasa, S. (2021). The effects of drying methods on the characteristics of carrot pomace – a minireview. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**. 27(1):21-26.

Ma, J., Chen, C., Ma, J., Ma, W., Yang, J. (2020). Analysis of Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities in Different Varieties of Carrots. **Journal of Physics: Conference Series**. 1549(2):1-17.

Macura, R., Michalczyk, M., Fiutak, G., Maciejaszek, I. (2019). Effect of Freeze-Drying and Air-Drying on The Content of Carotenoids and Anthocyanins in Stored Purple Carrot. **Acta Scientiarum Polonorum Technol Aliment**. 18(2):135-142.

Manisha, Padmini, K., Rao, V. K., MV, D. (2023). Screening for Carotenoid Content in Accessions of Tropical Carrot (Daucus Carota L.). **The Pharma Innovation Journal**. Vol:12, No:6. pp:3544-3549.

Maoka, T. (2020). Carotenoids as Natural Functional Pigments. **Journal of Natural Medicines**.74:1-16.

Mărăzan, V., Anghel, I. M., Rotariu, L., Cozma, A. (2021). Comparative Study on Essential Elements Distribution in Carrots and Juice Carrots. **Journal of Agricultural Science**. 35(4):91-96.

Martínez-Zamora, L., Castillejo, N., Gómez, P. A., Artés-Hernández, F. (2021). Amelioration Effect of LED Lighting in the Bioactive Compounds Synthesis during Carrot Sprouting. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 11(304):1-17.

Martins, V. F. R., Pintado, M. E., Morais, R. M. S. C., Morais, A. M. M. B. (2023). Valorisation of Micro/Nanoencapsulated Bioactive Compounds from Plant Sources for Food Applications Towards Sustainability. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 12(32):1-32.

Mech-Nowak, A., Świderski, A., Kruczek, M., Łuczak, L., Kostecka-Gugała, A. (2012). Content of carotenoids in roots of seventeen cultivars of Daucus carota L. **Acta biochimica Polonica**. 59(1):139-141.

Michalska, A., Lech, K. (2018). The Effect of Carrier Quantity and Drying Method on the Physical Properties of Apple Juice Powders. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 4(2):1-15.

Miekus, M., Iqbal, A., Marszałek, K., Puchalski, C., Swiergiel, A. (2019). Green Chemistry Extractions of Carotenoids from Daucus carota L.—Supercritical Carbon Dioxide and Enzyme-Assisted Methods. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 24(4339):1-20.

Mina, Z. P., Kaseke, T., Fadiji, T., Fawole, O. A. (2022). Effect of gum Arabic and ethanol pretreatments on drying kinetics and quality attributes of dried carrot slices. **Heliyon**. 8:1-11.

Mohammadi, X., Deng, Y., Matinfar, G., Singh, A., Mandal, R., Pratap-Singh, A. (2020). Impact of Three Different Dehydration Methods on Nutritional Values and Sensory Quality of Dried Broccoli, Oranges, and Carrots. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 9(1464):1-17.

Molteni, C., La Motta, C., Valoppi, F. (2022). Improving the Bioaccessibility and Bioavailability of Carotenoids by Means of Nanostructured Delivery Systems: A Comprehensive Review. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 11(10):1-31.

Murali, S., Kar, A., Patel, A. S. (2019). Storage Stability of Encapsulated Black Carrot Powder Prepared using Spray and Freeze-Drying Techniques. **Current Agriculture Research Journal**. 7(2):261-267.

Nahimana, H., Mujumdar, A. S., Zhang, M. (2011). Drying and Radial Shrinkage Characteristics and Changes in Color and Shape of Carrot Tissues (Daucus Carota L) During Air Drying. **African Journal of Biotechnology**. 10(68):15327-15345.

Nicolle, C., Simon, G., Rock, E., Amouroux, P., Remesy, C. (2004). Genetic Variability Influences Carotenoids, Vitamin, Phenolic, and Mineral Content in White, Yellow, Purple, Orange, and Dark-orange Carrot Cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. 129(4):523-529.

Nowak, D., Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 9(1488):1-27.

Okafor, E. C., Okafor, I. A., Ughanze, N. B., Okonkwo, S. I. (2021). Physicochemical Analysis of Daucus carota (Carrot). **Journal of Physical Sciences**. 4(1):214-218.

Oyerinde, A. S. (2018). Changes in Some Chemical Composition and Colour properties of Fresh Carrot Slices and Carrot Pomace undergoing Drying. **Journal of Sustainable Technology**. 9(2):58-66.

Papapostolou, H., Kachrimanidou, V., Alexandri, M., Plessas, S., Papadaki, A., Kopsahelis, N. (2023). Natural Carotenoids: Recent Advances on Separation from Microbial Biomass and Methods of Analysis. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 12(1030):1-22.

Phoungchandang, S., Wongwatanyoo, J. (2010). Desorption Isotherms and Drying Characteristics of Carrot Using Tray and Heat Pump-Assisted Dehumidified Drying. **KKU Research Journal**. 15(3):171-186.

Piyarach, K., Nipawan , K., Chadapon, C., Daluwan, S., Kunjana, R. (2020). **Effect of Drying on B-Carotene, a-Carotene, Lutein and Zeaxanthin Content in Vegetables and Its Application for Vegetable Seasoning**. E3S Web of Conferences.

Przybysz, M. A., Onacik-Gür, S., Majtczak, K., Dłużewska, E. (2016). The Stability of Spray-Dried Microencapsulated B-Carotene in The Mixture of Gum Arabic, Osa-Typemodified Starch and Maltodextrin. **Food Science**. 28:716-732.

Przybysz, M. A., Szterk, A., Symoniuk, E., Gąszczyk, M., Dłużewska, E. (2018). α- and β-Carotene Stability During Storage of Microspheres Obtained from Spray-Dried Microencapsulation Technology. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**. 68(1):45-55.

Purkiewicz, A., Ciborska, J., Tanska, M., Narwojsz, A., Starowicz, M., Przybyłowicz, K. E., Sawicki, T. (2022). The Impact of the Method Extraction and Dierent Carrot Variety on the Carotenoid Profile, Total Phenolic Content and Antioxidant Properties of Juices. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 9(1795):1-13.

Que, F., Hou, X. L., Wang, G. L., Xu, Z. S., Tan, G. F., Li, T., Wang, Y. H., Khadr, A., Xiong, A. S. (2019). Advances in Research on the Carrot, An Important Root Vegetable in the Apiaceae Family. **Horticulture Research**. 6(69):1-15.

Radványi, D., Juhász, R., Németh, C., Suhajda, A., Balla, C., Barta, J. (2012). Evaluation of the Stability of Whipped Egg White. **Journal of Food Sciences**. 30(5):412-420.

Raut, S., Saleh, R. M., Kirchhofer, P., Kulig, B., Kulig, B., Hensel, O., Sturm, B. (2021). Investigating the Effect of Different Drying Strategies on the Quality Parameters of Daucus carota L. Using Dynamic Process Control and Measurement Techniques. **Food and Bioprocess Technology**. 1:1067-1088.

Rifqi, M., Setiasih, I. S., Cahayana, Y. (2020). Total B-Carotene of B-Carotene Carrot Powder (Daucus Carota L.) Encapsulation Result. **Earth and Environmental Science**. 443:1-7.

Rini, Rasdiana, F. Z., Syukri, D. (2022). Extraction Technique for Maximum Yield of Carotene from Crops (Carrot). **Earth and Environmental Science**. pp:1-6.

Saini, R. K., Keum, Y. S. (July, 2017). Carotenoid Extraction Methods: A Review of Recent Developments. **Food Chemistry**. (240):1-48.

Saini, R. K., Prasad, P., Lokesh, V., Shang, X., Shin, J., Keum, Y. S., Lee, J. H. (2022). Carotenoids: Dietary Sources, Extraction, Encapsulation, Bioavailability, and Health Benefits—A Review of Recent Advancements. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 11(795):1-34.

Saleem, S., Akhtar, N., Ahmad, F., Jabeen, M., Munawar. S., Anees, S. (2022). Extraction of Beta Carotene and Analysis of Different Components from Carrots by Physicochemical Methodology**. International Journal of Natural Medicine and Health Sciences**. 1(3).

Saleh, R. M., Kulig, B., Hensel, O., Sturm, B. (2019). Investigation of Dynamic Quality Changes and Optimization of Drying Parameters of Carrots (Daucus Carota Var. Laguna). **Journal of Food Process Engineering**. pp:1-17.

Sanjel, S. (2019). **Effects of Drying Methods (Solar and Cabinet) and Packaging Material (Ldpe and Hdpe) on Retention of B-Carotene in Dehydrated Carrot (Dacus Carota)**. Institute of Science and Technology. Tribhuvan University. Nepal.p:59.

Schmiedeskamp, A., Schreiner, M., Baldermann, S. (2022). Impact of Cultivar Selection and Thermal Processing by Air Drying, Air Frying, and Deep Frying on the Carotenoid Content and Stability and Antioxidant Capacity in Carrots (Daucus carota L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 70:1629-1639.

Senoretta, A., Sumathy, J. H. (2016). Phytochemical Analysis of Crude Extract and Carotenoid Pigments From Fruits, Vegetables and Flowers. **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences**. 3(10):111-121.

Šeregelj, V. N., Ćetković, G. S., Čanadanović-Brunet, J. M., Šaponjac, V. T. T., Vulić, J. J., Stajčić, S. S. (2017). Extraction and Encapuslation of Bioactive Compounds from Carrots. **Acta Periodica Technologica**. 48(48):261-273.

Šeregelj, V., Ćetković, G., Čanadanović-Brunet, J., Šaponjac, V. T., Vulić, J., Lević, S., Nedovic, V., Brandolini, A., Hidalgo, A. (2021). Encapsulation of Carrot Waste Extract by Freeze and Spray Drying Techniques: An Optimization Study. **Journal of Food Sciences**. 138:1-33.

Šeregelj, V., Estivi, L., Brandolini, A., Cetkovic, G., Šaponjac, V. T., Hidalgo, A. (2022). Kinetics of Carotenoids Degradation During the Storage of Encapsulated Carrot Waste Extracts. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 27:1-10.

Shaaruddin, S., Mahmood, Z., Ismail, H., Ghazali, H. M., Hamzah, M. Y., Muhammad, K. (2019). Stability of B-Carotene in Carrot Powder and Sugar Confection as Affected by Resistant Maltodextrin and Octenyl Succinate Anhydride (OSA) Starches. **Journal of Food Sciences Tecnologe**. 56(7):3461-3470.

Sharmin, T., Ahmed, N., Hossain, A., Hosain, M. M., Mondal, S. C., Haque, M. R., Almas, M., Siddik, A. B. (2016). Extraction of Bioactive Compound from Some Fruits and Vegetables (Pomegranate Peel, Carrot and Tomato). **American Journal of Food and Nutrition**. 4(1):8-19.

Sidlagatta, V., Chilukuri, S. V. V., Devana, B, R., Dasi, S. D., Rangasway, l. (2020). Effect of Maltodextrin Concentration and Inlet Air Tempeeature on Properties of Spray Dried Powder from Reversr Osmosis Concentrated Sweet Orange Juice. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 63(1):1-14.

Silva, M. M. D., Nora, L., Cantillano, R. F. F., Paese, K., Guterres, S. S., Pohlmann, A. R., Costa, T. M. H., Rios, A. D. O. (2016). The Production, Characterization, and the Stability of Carotenoids Loaded in Lipid-Core Nanocapsules. **Food Bioprocess Technol**. 9(7):1-11.

Singh, B. K., Koley, T. K., Maurya, P. M., Singh, P. M., Singh, B. (September–October, 2018). Phytochemical and Antioxidative Potential of Orange, Red, Yellow, Rainbow and Black Coloured Tropical Carrots (Daucus Carota Subsp. Sativus Schubl. & Martens). **Physiol Mol Biol Plants**. 24(5):899-907.

Singh, M. N., Srivastava, R., Yadav, I. (2021). Study of Different Varietis of Carrot and its Benefits for Human Health: A Review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 10(1):1293-1299.

Singh, S., Verma, L., Shukla, P., Agarwal, A., Gupta, R. (2023). Effect of Different Processing Conditions on the Carotene Content of Different Vegetables. **Journal of Food Processing and Technology**. 14 (3):1-6.

Soliman, T. N., Nasser, S. A. (2022). Characterization of Carotenoids Double-Encapsulated and Incorporate in Functional Stirred Yogurt. **Sustainable Food Systems**. pp:1-13.

Stefl, H. H. (2017). **Exploring the Nutritional Value of Carrots and Determining Attributes that are Favored by Consumers**. University of Maine. Hannah Harling.pp:48.

Sturm, L., Crnivec, I, G, O., Istenic, K., Ota, A., Megusar, P., Slukan, A., Humar, M., Levic, S., Nedovic, V., Kopinc, R., Dezelak, M., Gonzales, A, B., Ulrih, N, P. (2019). Encapsulation of Non-Dewaxed Propolis by Freeze-Drying and Spray-Drying Using Gum Arabic, Maltodextrin and Inulin as Coating Materials. **Food and Bioproducts Processing**. 11:196-211.

Surbhi, S., Verma, R. C., Deepak, R., Jain, H. K., Yadav, K. K. (2018). A Review: Food, Chemical Composition and Utilization of Carrot (Daucus Carota L.) Pomace. **International Journal of Chemical Studies**. 8(3):2921-2926.

Surendran, A., Sudha, K., Murugan, B., Narayanan, R. (2022). Extraction of Carotenoids from Carrot and Pumpkin using different Solvent Proportions. **Biological Forum – An International Journal**.14(2):582-586.

Thamaket, P., Raviyan, P. (2015). Preparation and Physical Properties of Carotenoids Encapsulated in Chitosan Cross-Linked Tripolyphosphate Nanoparticles. **Food and Applied Bioscience Journal**. 3(1):69-84.

Tiwari, S., Sarkar, N. (2018). Development and Evaluation of Carotene Rich Carrot Powder. **International Journal of Researches in Biosciences, Agriculture and Technology**. 1:123-131.

Umair, M., Jabbar, S., Nasiru, M. M., Lu, Z., Zhang, J., Abid, M., Murtaza, M. A., Kieliszek, M., Zhao, L. (2021). Ultrasound-Assisted Extraction of Carotenoids from Carrot Pomace and Their Optimization through Response Surface Methodology. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 26(6763):1-16.

Varshney, K., Mishra, K. (2022). An Analysis of Health Benefits of Carrot. **International Journal of Innovative Research in Engineering and Management.** 9(1):211-214.

Zhao, Y. H., Deng, Y. J., Wang, Y. H., Lou, Y. R., He, L. F., Liu, H., Li, T., Yan, Z. M., Zhuang, J., Xiong, A. S. (2022). Changes in Carotenoid Concentration and Expression of Carotenoid Biosynthesis Genes in Daucus carota Taproots in Response to Increased Salinity. **Multidisciplinaey Digital Publishing Institute**. 8(7):1-10.

Zielinska, M., Markowski, M. (2012). Color Characteristics of Carrots: Effect of Drying and Rehydration. **International Journal of Food Properties**. 15(2):450-466.

Zubairu, M., Rabiu, K. M (2022). B-Carotene Extraction from Daucus Carota (Carrot) Under Different Conditions of Temperature and Solvents. **FUDMA Journal of Sciences (FJS)**. 6(4):134-136.

Zykevičiūtė-Laugks, J., Česonienė, L., Karklelienė, R. (2013). The Influence of the Sample Preparation of Carrots (Daucus Carota L. Neptun) on The Antioxidant Activity and Phenolic Compounds. **Biologija**. 59(2):187-194.

Abstract

This research was conducted in the laboratories of (Department of Food Science, Faculty of Agriculture, University of Damascus, and Chemistry laboratories, Faculty of Science, University of Damascus), during the period extending from 7/26/2022 to 9/3/2023, and it was aimed to benefit from fresh and dried carrot slices (orange and yellow) in the production of some natural colorants (carotenoids) with biological activity and identifying them through physical and chemical methods. Also, this study was aimed to apply the resulting colorants in coloring some foods instead of artificial colorants that are harmful to health. The results obtained were analyzed using the Minitab 14 statistical program. The results were showed that the fresh orange carrot slices contained moisture (86.67%), and ash (5.47%), while fresh yellow carrot slices contained moisture (84%), and ash (4.02%). The drying of carrot slices was contributed to reduce the moisture content of orange carrot slices and yellow to (5.13, and 5.20%), respectively, and the ash percentage was increased to (8.21, and 6.81%), respectively. There were no significant differences in the recovery percentage for fresh and dried carrot slices (0.40). Orange carrot slices were showed color indicators L*, a*, and b* (81.08, 12.74, and 18.88), respectively, while their values reached (72.67, 8.14, and17.12), respectively for dried carrot slices, while yellow carrot slices showed color indices of L*, a*, and b* (89.22, 13.67, and 49.36) respectively, while their values reached (96.51, -2.17, and 36.65), respectively for dried carrot slices. Carotenoids were extracted from fresh and dried carrot slices (orange and yellow) using an acetone solvent, and identified the chemical properties and color indicators of the resulting extracts. The concentrated extract of the fresh orange carrot slices was superior in the content of total carotenoids (11.94 mg/100g), and the antioxidant activity estimated by the DPPH method (49.05%) compared with the extract of dried orange carrot slices, which was superior in the content of total phenols (19.21 mg GAE/100g) and total flavonoids (8.06 mg CE/100g), and total dissolved solids (10.58%). The fresh orange carrot slices extract was superior in its content of carotenoids compared with the fresh yellow carrot slices extract by (51.67%), and the antioxidant activity was also superior by (74.43%), while the concentrated extract of the fresh yellow carrot slices was superior in its content of total carotenoids (5.77 mg/100g), and the antioxidant activity estimated by the DPPH method (12.39%) compared to the extract of the dried yellow carrot slices, which was superior in its content of total phenols (34.21 mg GAE/100g), and total flavonoids (6.47 mg CE/100g). The yield of the powder of the freeze-dried fresh orange carrot slices extract was (69.24%), while it was in dried orange carrot slices extract (67.16%), and reached (68.93, 76.19%) for each of the fresh and dried yellow carrot slice extracts. The effect of freeze-drying and storage on the chemical, physical, and color indicators of the fresh and dried extracts of the two types of carrots were studied. It was found that there were significant differences

in the moisture between the produced colorants as a result of the freeze-drying process, as the moisture content was ranged between (1.46 -1.71%), and storing of the colorants for 6 months led to a significant decrease in the antioxidant activity, pH values, total carotenoids, bulk density, true density, and solubility of the four resulting colorants, while was noted a significant increase in the hygroscopicity, porosity, and the degree of agglomeration of the resulting colorants, as they were ranged between (6.74-8.82%), the produced colorants during storage were showed a significant decrease in the color indices a*, and b*, and a significant increase in the L* index. The yoghurt samples fortified with 0.5% orange and yellow carrot colorant (fresh and dried) had better sensory acceptance in terms of color, taste, texture, and smell, while the creama samples were enriched with 1% yellow and orange carrot colorant (fresh and dried) had the highest sensory acceptance in terms of color, taste, texture, and smell.

Keywords: Carotenoids, Colorants, Carrots, Extraction, Drying, Freeze Drying.

Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Damascus University
Faculty of Agriculture
Department of Food Sciences

Production and evaluation of the produced carotenoid colorant from carrots and its nutritional applications

Dissertation Submitted for Master's Degree

in Agriculture Engineering (Food Sciences department)

Submitted by the student:

Nour Ayman Alatrash

Supervisor

Dr. Mohammed Mohammed

Prof, Department of Food Science
Faculty of Agriculture, Damascus University

Co-Supervisor

Dr. Rawaa Tlay

Associate Prof, Department of Food Science
Faculty of Agriculture, Damascus University

2023-2024