



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

تأثير المعاملات الأولية وطرائق التصنيع في مؤشرات الجودة لمنتجات ثمار الكاكي
المجففة

رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية
(قسم علوم الأغذية)

إعداد المهندسة
عندليب سعيد

إشراف

د. روعة طلي

أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية
كلية الزراعة - جامعة دمشق
مشرفاً مشاركاً

أ.د. محمد خير طحلة

أستاذ في قسم علوم الأغذية
كلية الزراعة - جامعة دمشق
مشرفاً رئيساً

دمشق 2024 م

تصريح

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الدكتوراه في علوم الأغذية من كلية الهندسة الزراعية في جامعة دمشق وهي بعنوان / تأثير المعاملات الأولية وطرائق التصنيع في مؤشرات الجودة لمنتجات ثمار الكاكي المجففة / وإن هذا البحث لم يسبق أن قبل للحصول على أي شهادة ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة

عتدليب سعيد

Declaration

This study has been submitted in partial fulfillment of the requirements for PhD in the Department of Food Science at the Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University, it is hereby declared that this study / **the effect of primary treatment and manufacturing methods on quality Indicators of dried persimmon fruit product** / has not already been accepted for any degree, nor it has been submitted concurrently for any other degree.

Candidate
Andaleeb Saeed

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة / تأثير المعاملات الأولية وطرائق التصنيع في مؤشرات الجودة لمنتجات ثمار الكاكي المجففة / هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة عندليب سعيد بإشراف الأستاذ الدكتور محمد خير طحلة من قسم علوم الأغذية، من كلية الزراعة، جامعة دمشق، والدكتورة روعة طلي من قسم علوم الأغذية، من كلية الزراعة، جامعة دمشق وبأن أية مراجع أخرى ذكرت في هذه الرسالة قد نسبت إلى مصادرها ومؤلفيها بوضوح في النص وفي قائمة المراجع.

المرشحة

عندليب سعيد

المشرف المشارك

د. روعة طلي

المشرف الرئيسي

أ. د. محمد خير طحلة

Certification

It is hereby certified that the work described in this thesis:/ **the effect of primary treatment and manufacturing methods on quality Indicators of dried persimmon fruit products** /is the result of authors own investigation **Andaleeb saeed** under supervision of prof Dr. **Mohamad. KH. Tahle** Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University, and Dr. **Rawaa Tlay** Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University. any other references mentioned in this work are documented in the text of the treatist.

Major Supervisor

prof Dr. Mohamad. KH. Tahle

Assistant Supervisor

Dr. Rawaa Tlay

Candidate

Andaleeb saeed

قرار اللجنة

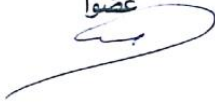
قدمت هذه استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في قسم علوم الأغذية في كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق، وأجيزت من قبل السادة أعضاء لجنة الحكم.

This thesis has been submitted as partial fulfillment of requirements for the ph.D degree in food science ,Faculty of Agriculture –Damascus university.the thesis has been approved by referee committee.

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 20/ 10/ 2024م.

لجنة الحكم على الرسالة:

عضواً



د. محمد محمد

الأستاذ في قسم علوم الأغذية كلية الهندسة الزراعية-جامعة دمشق

عضواً



د. صياح أبو غرة

الأستاذ في قسم علوم الأغذية كلية الهندسة الزراعية- جامعة دمشق

عضواً مشرفاً



د. محمد خير طحلة

الأستاذ في قسم علوم الأغذية كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق

عضواً



د. محمد المصري

الأستاذ في قسم علوم الأغذية كلية الهندسة الزراعية- جامعة البعث

عضواً



د. جهاد سمعان

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

كلمة شكر

بكل الاحترام أتقدم بوافر الشكر والتقدير من عمادة كلية الزراعة ومراثة وأعضاء قسم

علوم الأغذية في كلية الزراعة - جامعة دمشق ، اللذين كان لهم الفضل بما اكتسبته من

معارف وخبرة ودراية وأخص بالاحترام والعرفان الجميل أستاذتي : الأستاذة الدكتور محمد خير

طحلة والدكتورة مروعة طلي اللذان أحاطاني بالرعاية العلمية الواسعة وبالمعاملة الأخلاقية .

إهداء

إلى النبض الساكن في عروقي
إلى الحب الكبير الذي ملأ قلبي
إلى من وجهني لأسلك طريق الخير والفضيلة
إلى مكافح قهر مصاعب السنين ليصنع لنا الغد والمستقبل
والدي الغالي

إلى ملاكي في الحياة
إلى من ربنتي في صغري وعلمتني وأحاطتني بحنانها
إلى التي دائماً وأبداً أجدها بجانبني
إلى بسمّة الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي
والدتي الغالية

إلى نجوم سمائي المتلألئة
إلى من هم سندي في الحياة
إلى القناديل التي سارت معي على هذا الدرب
أخوتي الأعزاء (حيدر - علي - جعفر - حنين)

إلى رفاق الدرب وأصدقاء الأيام
إلى من وقف بجواري وساعدني
(أصدقائي)

إلى زهرة البنفسج التي تفوح رقةً وأريجاً
إلى ملاك الرحمة صاحبة القلب الأبيض
صديقتي الغالية زينب

فهرس المحتويات Table Of Contents

الصفحة	البند
1	الملخص
	الجزء التمهيدي: الإطار العام
1	المقدمة
2	إشكالية البحث
2	تساؤلات البحث
2	فرضيات البحث
2	أهداف البحث
3	أهمية البحث
3	مسوغات البحث
4	محددات البحث
	الفصل الأول: الدراسة المرجعية
5	1- الدراسة المرجعية
5	1-1- التصنيف النباتي لثمار الكاكي
6	1-2- أصناف ثمار الكاكي
7	1-3- التركيب الكيميائي لثمار الكاكي
8	1-3-1- الكاروتينات
9	1-3-2- التانينات
10	1-3-3- بروأنثوسيانيدين
10	1-3-4- الألياف الغذائية
11	1-3-5- البكتين
11	1-3-6- حمض الأسكوربيك
12	1-3-7- المركبات الفينولية
13	1-3-8- النشاط المضاد للأكسدة
14	1-4- الفوائد الطبية لثمار الكاكي
14	1-5- منتجات الكاكي المجففة
15	1-5-1- لفائف الفاكهة المجففة
16	1-5-1-1- خطوات تصنيع لفائف الكاكي المجففة

19	1-5-1-2-الطرائق المستخدمة في تحضير اللفائف
20	1-5-2-مسحوق هريس ثمار الكاكي
21	1-5-2-1 -المشاكل الرئيسية في تجفيف عصائر الفاكهة
21	1-5-2-2-أسباب لزوجة والتصاق المساحيق
23	1-5-2-3-العوامل المساعدة في التجفيف
24	1-5-2-3-1-المالتودكسترين
24	1-5-2-3-2-الصبغ العربي
25	1-5-2-3-3-العوامل المضادة للتكتل
26	1-5-2-3-4-آلية عمل العوامل المضادة للتكتل
27	1-5-2-3-5-نوع العامل المساعد
27	1-5-2-3-6-تركيز العامل المساعد في التجفيف
28	1-5-2-3-7-معايير جودة مساحيق عصائر الفاكهة المجففة
28	1-المحتوى من الرطوبة
28	2-النشاط المائي
28	3-الكثافة
28	4-الاسترطابية
29	5-مؤشر قابلية الذوبان
29	6-قابلية التدفق والانسيابية
29	7-مورفولوجيا الجسيمات
29	8-الإنتاجية
30	9-درجة التكتل
30	1-5-3-شرائح الكاكي المجففة
31	1-5-3-1-المعاملات الأولية قبل عملية التجفيف
31	1-السلق
31	2-الغمر في المحاليل الحمضية
32	2-1-حمض السيتريك
32	2-2-حمض الأسكوربيك
32	3-الكبريتات
33	1-6-طرائق التجفيف المستخدمة في تجفيف منتجات ثمار الكاكي
33	1-6-1-التجفيف الأسموزي

33	1-1-6-1-آلية ومبدأ التجفيف الأسموزي
34	1-1-6-2- مزايا التجفيف الأسموزي
35	1-1-6-3-العوامل المؤثرة في عملية التجفيف الأسموزي
35	1-نوع العامل الأسموزي المستخدم
36	2-المعاملة المسبقة
36	3-تركيز العامل الأسموزي المستخدم
37	4-درجة الحرارة
37	5-المدة الزمنية
37	6-نسبة العينة إلى المحلول
38	1-2-6- التجفيف باستخدام الهواء الساخن
38	1-3-6- التجفيد
	الفصل الثاني: مواد البحث وطرائقه
39	2-مواد البحث وطرائقه
39	2-1- مواد البحث
39	2-2- طرائق البحث
39	2-2-1- تصنيع لفائف فاكهة الكاكي المجففة
40	2-2-2- تصنيع مسحوق هريس الكاكي
41	2-2-2-1- طرائق التجفيف
41	1- التجفيف باستخدام الهواء الساخن
41	2-التجفيد
41	2-2-3- تصنيع شرائح الكاكي المجففة
41	2-2-3-1-المعاملات الأولية لثمار الكاكي قبل عملية التجفيف
41	2-2-3-2-عملية التجفيف
42	2-3-طرائق التحليل
42	2-3-1- الاختبارات الكيميائية
42	1-تقدير الرطوبة
43	2-تقدير الرماد
43	3-تقدير رقم الحموضة pH
43	4-تقدير الحموضة الكلية
43	5-تقدير السكريات الكلية

43	6- تقدير العناصر المعدنية
43	2-3-2- تقدير المركبات الفعالة بيولوجياً
43	1- تقدير الفينولات الكلية
44	2- تقدير المحتوى من التانينات
45	3- تعيين فيتامين C
45	4- تقدير β -كاروتين
46	2-3-3- تعيين النشاط المضاد للأكسدة
46	1- النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة DPPH
46	2- تعيين النشاط المضاد للأكسدة وفقاً لطريقة FRAP
47	2-3-4- الاختبارات الفيزيائية لمسحوق الكاكي
47	1- تقدير الإنتاجية
47	2- تقدير مؤشر قابلية الذوبان
47	3- تقدير الكثافة الظاهرية والحقيقية
48	4- تقييم التدفق والانسيابية
49	4- تقدير الاسترطابية
49	5- تقدير درجة التكتل
49	2-3-5- تعيين مؤشرات اللون
49	2-3-6- التقييم الحسي
50	2-4- التحليل الإحصائي
51	2-5- مخطط البحث
	الفصل الثالث: النتائج والمناقشة
52	3-1- تقدير المؤشرات الكيميائية والفيزيائية المختلفة لثمار الكاكي الطازجة
56	3-2- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن
59	3-3- دراسة تأثير المعاملات المختلفة في محتوى لفائف الكاكي المصنعة من بعض العناصر المعدنية
59	3-4- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى لفائف الكاكي المصنعة من المركبات الفعالة بيولوجياً
62	3-5- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة للفائف الكاكي المصنعة
63	4-6- الخصائص الحسية للفائف الكاكي المصنعة

64	3-7-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في قيم مؤشرات اللون في لفائف الكاكي المصنّعة
67	3-8-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
70	3-9-دراسة محتوى مساحيق هريس الكاكي المصنّعة من بعض العناصر المعدنية
71	3-10-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
75	3-11-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
76	3-12-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
78	3-13-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً
82	3-14-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
83	3-15-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي ومدة التخزين في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج بطريقة التجفيف بالهواء الساخن
87	3-16-دراسة تأثير إضافة تراكيز مختلفة من العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف
90	3-17-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف
93	3-18-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف
94	3-19-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف
95	3-20-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف من المركبات الفعالة بيولوجياً
98	3-21-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لمسحوق هريس الكاكي المجفف
99	3-22-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في مؤشرات اللون لمسحوق هريس الكاكي المجفف

101	3-23-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف وطرائق التجفيف في الخصائص الحسية لمسحوق هريس الكاكي الناتج
103	3-24-دراسة تأثير طرائق التجفيف لهريس الكاكي في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للمسحوق الناتج
104	3-25-دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في بعض المؤشرات الفيزيائية للمسحوق الناتج
106	3-26-دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في قيم الكثافة والانسيابية للمسحوق الناتج
107	3-27-دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في محتوى المسحوق الناتج من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة
109	3-28-دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج
110	3-29-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة بالهواء الساخن
112	3-30-دراسة محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية
112	3-31-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً
115	3-32-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لشرائح الكاكي المجففة
116	3-33-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن
118	3-34-دراسة الخصائص الحسية لشرائح الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن والمعاملة بالمعاملات المختلفة
118	3-35-دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن
121	3-36-دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة في محتوى شرائح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً بالهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية
121	3-37-دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً
125	3-38-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن

126	3-39- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن
128	3-40- دراسة الخصائص الحسية لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن
	الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات
129	1- الاستنتاجات
130	2- التوصيات
	الفصل الخامس: المراجع
131	المراجع العلمية
VII	ملخص البحث بالإنكليزية

فهرس الجداول List Of Tables

البند	لصفحة
الجدول 1؛ التصنيف النباتي لثمار الكاكي	5
الجدول 2؛ التركيب الغذائي لثمار الكاكي الطازجة	7
الجدول 3؛ تراكيز أهم السكريات الموجودة في عدة أصناف من ثمار الكاكي	8
الجدول 4؛ المركبات الفينولية الرئيسية الموجودة في ثمار الكاكي	12
الجدول 5؛ التركيب الكيميائي للصمغ العربي	25
الجدول 6؛ تصنيف انسيابية المسحوق	48
الجدول 7؛ المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لثمار الكاكي الطازجة	52
الجدول 8؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن	58
الجدول 9؛ محتوى لفائف الكاكي المصنعة باستخدام معاملات مختلفة من بعض العناصر المعدنية	59
الجدول 10؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في المحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً في لفائف الكاكي المصنعة	61
الجدول 11؛ نتائج دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة للفائف الكاكي المصنعة	63
الجدول 12؛ الخصائص الحسية للفائف الكاكي المصنعة	64
الجدول 13؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في قيم مؤشرات اللون في لفائف الكاكي المصنعة	66
الجدول 14؛ تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن	69
الجدول 15؛ محتوى مساحيق هريس الكاكي المصنعة من بعض العناصر المعدنية الناتجة باستخدام الهواء الساخن	70
الجدول 16؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن	74

76	الجدول 17؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
77	الجدول 18؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
81	الجدول 19؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً
83	الجدول 20؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن
86	الجدول 21؛ دراسة تأثير العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي ومدة التخزين في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج باستخدام الهواء الساخن
89	الجدول 22؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف
92	الجدول 23؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف
94	الجدول 24؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف
95	الجدول 25؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف
97	الجدول 26؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف من المركبات الفعالة بيولوجياً
98	الجدول 27؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لمسحوق هريس الكاكي المجفف
100	الجدول 28؛ دراسة تأثير العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي ومدة التخزين في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج المجفف
102	الجدول 29؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف وطرائق التجفيف المختلفة في الخصائص الحسية لمسحوق هريس الكاكي الناتج
104	الجدول 30؛ دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للمسحوق الناتج
105	الجدول 31؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في بعض المؤشرات الفيزيائية للمسحوق الناتج
107	الجدول 32؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في قيم الكثافة والانسيابية للمسحوق الناتج

108	الجدول 33؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة
109	الجدول 34؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج
111	الجدول 35؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة بالهواء الساخن
112	الجدول 36؛ محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية
114	الجدول 37؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً
115	الجدول 38؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين النشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المجففة
117	الجدول 39؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن
118	الجدول 40؛ الخصائص الحسية لشرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن والمعاملة بمعاملات مختلفة
120	الجدول 41؛ دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن
121	الجدول 42؛ محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموزياً من بعض العناصر المعدنية
124	الجدول 43؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً
125	الجدول 44؛ دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين النشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن
127	الجدول 45؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن
128	الجدول 46؛ الخصائص الحسية لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن

فهرس الأشكال والمخططات

الصفحة	العنوان	رقم الشكل
13	توضيح هيكل لبعض المركبات الفعالة بيولوجياً الرئيسة لفاكهة الكاكي	1
34	آلية التجفيف الأسموزي	2
44	المنحنى المعياري لحمض الغاليك	3
45	المنحنى المعياري لحمض الغاليك	4
51	خطوات العمل المتبعة في تصنيع منتجات الكاكي المختلفة	5

المصطلحات العلمية

الاختصارات	المصطلح باللغة الإنكليزية	المصطلح باللغة العربية
Tg	the glass transition temperature	درجة حرارة التحول الزجاجية
Spss	Statistical package for the social science	المجموعة الإحصائية للعلوم الاجتماعية
Anova	Analysis of variance	تحليل التباين

الملخص

نُفذ هذا البحث في قسم علوم الأغذية-كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق، بهدف تصنيع لفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن باستخدام معاملات مختلفة (نشاء، مالتودكسترين، صمغ عربي، بكتين) وتصنيع مسحوق هريس الكاكي بإضافة العوامل المساعدة في التجفيف (المالتودكسترين والصمغ العربي) بتركيز مختلفة مع إضافة فوسفات الكالسيوم الثلاثية كمانع تكتل وباستخدام طريقتي تجفيف (الهواء الساخن والتجفيد)، وتصنيع شرائح الكاكي المجففة أسمىزياً باستخدام معاملات أولية مختلفة (سكروز، سكروز+كلوريد الكالسيوم، سكروز+غلوكوز، سكروز+غلوكوز+كلوريد الكالسيوم) وبيان تأثير هذه المعاملات في المؤشرات الكيميائية والفيزيائية واللونية والخصائص الحسية ومحتواها من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة لمنتجات الكاكي المجففة الناتجة خلال تخزينها لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة. حافظت عينات لفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن والمضاف إليها (النشاء +المالتودكسترين) على أعلى محتوى من الفينولات الكلية والبيتا كاروتين وفيتامين C، والنشاط المضاد للأكسدة والمقدّر بطريقتي (DPPH و FRAP). تميزت المساحيق المصنّعة بإضافة المالتودكسترين بتركيز 45% بارتفاع معدل الإنتاجية، قابلية الذوبان، الكثافة الظاهرية والحقيقية، الفينولات الكلية، البيتتا كاروتين، فيتامين C، والنشاط المضاد للأكسدة وفق طريقتي (DPPH و FRAP)، بينما كان لها الأثر المعنوي الأكبر في خفض درجة التكتل، الاسترطابية، الرطوبة الكلية، التانينات الكلية، في حين أبدت المساحيق المصنّعة بإضافة الصمغ العربي ارتفاعاً في محتواها من الرماد، الحموضة الكلية، البوتاسيوم. تفوقت طريقة التجفيف بالهواء الساخن في معدل الإنتاجية، الكثافة الظاهرية والحقيقية، المحتوى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة (DPPH و FRAP)، وتميزت بأقل قيم لدرجة التكتل، في حين امتازت طريقة التجفيد بارتفاع المحتوى من الرطوبة الكلية، السكريات الكلية، فيتامين C، البيتتا كاروتين، قابلية ذوبان المساحيق، وبأقل قيم للاسترطابية. تفوقت العينات المعاملة باستخدام محلول السكروز (60%) بمحتواها من السكريات الكلية، الفينولات الكلية، وفيتامين C، والنشاط المضاد للأكسدة، كما أبدت العينات المعاملة باستخدام المحاليل السكرية والمضاف إليها كلوريد الكالسيوم تفوقاً ملحوظاً في نسبة الحموضة الكلية ومحتواها من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة.

حازت عينات لفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن والمضاف إليها (النشاء+المالتودكسترين)، وعينات الشراب المحضرة بإضافة 30% صمغ عربي والمجفف باستخدام التجفيد وعينات الشراب المحضرة بإضافة 45% مالتودكسترين والمجففة بالهواء الساخن، وعينات شرائح الكاكي المعاملة بمحلول (السكروز 40%+ غلوكوز 20%+كلوريد الكالسيوم 0.12%) على أعلى قبول حسي، إذ كانت الخصائص المدروسة (الطعم، القوام، اللون، درجة القبول النهائي) هي الأفضل لهذه المنتجات.

الكلمات المفتاحية: ثمار الكاكي الطازجة، لفائف، مسحوق، شرائح، عوامل مساعدة في التجفيف، المؤشرات الكيميائية والفيزيائية، مركبات فعالة بيولوجياً، النشاط المضاد للأكسدة، قابلية الذوبان، درجة التكتل، الاسترطابية، الانسيابية، الخصائص الحسية.

الجزء التمهيدي (الإطار العام)

المقدمة The Introduction:

تُعد ثمار الفاكهة والخضروات عنصراً هاماً في النظام الغذائي البشري، إذ تلعب دوراً هاماً في الحفاظ على صحة الإنسان، وتعود قدرتها على تعزيز الصحة المرتبطة باستهلاكها إلى وجود مكونات نشطة بيولوجياً، هذه الجزيئات النباتية الحيوية هي جزيئات نشطة بيولوجياً لها تأثير هام في صحة الإنسان، ولكن لا يزال هناك أنواع عديدة من ثمار الفاكهة تتطلب اهتمام الباحثين ومن بينها ثمار الكاكي، التي تزرع منذ آلاف السنين في آسيا، والتي يُعتقد أنّ موطنها الأصلي الصين، ثم انتشرت زراعتها في وقت لاحق إلى كوريا واليابان وأجزاء أخرى من العالم، وتُعد مصدراً هاماً للمركبات الفعالة بيولوجياً، كما أنها تحتوي على مستويات مرتفعة من الألياف الغذائية القابلة للذوبان في الماء والمعادن وكمية كبيرة من مضادات الأكسدة.

فاكهة الكاكي عبارة عن فاكهة كروية ذات لون يتراوح من الأحمر إلى الأصفر، وذلك وفقاً لمحتواها من الكاروتين، واللبن ذو لون برتقالي-أحمر، ذات طبيعة هلامية لزجة.

إضافةً إلى القيمة الغذائية لثمار الكاكي، استُخدمت الثمار في الطب الصيني لآثارها المفيدة في علاج ارتفاع ضغط الدم وتحسين وظائف الرئتين والأمعاء، وأوضحت العديد من الدراسات أنّ لثمار الكاكي خصائصاً مضادةً للأورام، وتُستخدم قشورها كمكمل غذائي في الصناعات الغذائية بسبب غناها بالألياف الغذائية ومضادات الأكسدة والكاروتينات.

تُستهلك ثمار الكاكي طازجة أو مصنّعة بأشكال متعددة منها المربى والنكتار والعصير، أو على شكل منتجات مجففة على شكل مسحوق أو شرائح أو لفائف، تُستخدم في العديد من الصناعات الغذائية (الآيس كريم، مشروبات، حلويات).

إشكالية البحث Research Problem:

نظراً لموسمية إنتاج ثمار الفاكهة وتعرض نسبة كبيرة منها للهدر والتلف، كان لا بدّ من توافرها على مدار العام في غير مواسمها وذلك من خلال تطوير طرائق لحفظ الثمار ومكوناتها الهامة، لذلك حظي هذا الموضوع باهتمام كبير في المجال العلمي بهدف تخزينها لمدة أطول.

تساؤلات البحث Research Questions:

- 1- ما تأثير الإضافات المختلفة في الخصائص الكيميائية والحسية للفائف الكاكي الناتجة؟
- 2- ما تأثير العوامل المانعة للأكسدة المختلفة في الخصائص الكيميائية والحسية لشرائح الكاكي الناتجة؟
- 3- ما تأثير استخدام المحاليل السكرية في الخصائص الكيميائية والحسية لشرائح الكاكي الناتجة؟
- 4- ما تأثير العوامل المساعدة في التجفيف (مالتودكسترين، الصمغ العربي، فوسفات ثلاثية الكالسيوم) في الخصائص الكيميائية والحسية والفيزيائية لمسحوق الكاكي الناتج؟
- 5- ما تأثير طرائق التجفيف المختلفة في الخصائص الكيميائية والحسية والفيزيائية لمسحوق الكاكي الناتج؟
- 6- ما تأثير مدة التخزين في محتوى منتجات الكاكي المجففة من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة؟

فرضيات البحث Research Hypothesis:

إمكانية إنتاج منتجات مجففة ذات نكهات مميزة وخصائص مفيدة من ثمار الكاكي تُطرح في الأسواق كمنتجات جديدة، وذلك للاستفادة من ثمار الكاكي في غير مواسمها.

أهداف البحث Research objectives:

- 1- دراسة بعض المؤشرات الكيميائية لثمار الكاكي الطازجة.
- 2- تجفيف لب ثمار الكاكي على شكل لفائف باستخدام طريقة التجفيف بالهواء الساخن ودراسة تأثير المعاملات المختلفة (مالتودكسترين، صمغ عربي، بكتين) في المؤشرات الكيميائية والحسية للفائف الكاكي المنتجة.

3-تجفيف ثمار الكاكي على شكل شرائح ودراسة تأثير المعاملات المختلفة (حمض الأسكوربيك، ميتا باي سلفيت الصوديوم، حمض السيتريك) والمحاليل السكرية (سكروز، سكروز + كلوريد الكالسيوم، سكروز + غلوكوز، سكروز + كلوريد الكالسيوم) في المؤشرات الكيميائية والحسية لشرائح الكاكي المجففة.

4-دراسة تأثير المعاملات المختلفة (مالتودكسترين، الصمغ العربي، فوسفات ثلاثية الكالسيوم) وطرائق التجفيف (الهواء الساخن، التجفيد) في المؤشرات الكيميائية والحسية لمسحوق هريس الكاكي الناتج.

5-دراسة المحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً (فيتامين C، الكاروتينات، الفينولات الكلية) والنشاط المضاد للأكسدة للمنتجات المجففة (مسحوق، شرائح، لفائف الكاكي) قبل وبعد عملية التخزين لمدة ستة أشهر.

أهمية البحث :The Importance Of Research

نظراً للقيمة الغذائية المرتفعة لثمار الكاكي، وعدم وجود أبحاث متعلقة بتصنيع منتجات من ثمار الكاكي، ونظراً لانتشار زراعتها في سورية وقصر موسمها وصعوبة حفظ الثمار الطازجة، فهي فاكهة سريعة التلف وهذا ما يعيق عملية تسويقها واستهلاكها على مدار العام ويهدف الحفاظ على كافة خصائصها الغذائية وحمايتها من التلوث الميكروبي وبسبب احتوائها على نسبة عالية من البكتين ومحتوى عالي من السكريات ولزوجة عالية وبالتالي صعوبة في تجفيفها، لذا توخينا من خلال هذا البحث تسليط الضوء على دراسة تأثير المعاملات الأولية وطرائق التصنيع المختلفة في خصائص الجودة لمنتجات ثمار الكاكي المجففة المختلفة.

مسوغات البحث :Research Justification

1-نظراً للأهمية التغذوية لثمار الكاكي، ونظراً لعدم وجود دراسات محلية عن ثمار الكاكي المجففة في سورية ومنتجاتها وبسبب قصر موسم إنتاجها وصعوبة إطالة فترة حفظ الثمرة الطازجة، لذا كان من المهم إيجاد طرائق بديلة تسمح بالحفاظ على المنتج بهدف تخزينه لمدة أطول.

2-من أجل تقديم منتج بديل لثمار الكاكي الطازجة يلبي احتياجات المستهلك، فقد هدف البحث إلى تصنيع ثمار الكاكي بأشكال مختلفة (لفائف الكاكي المجففة، شرائح ثمار الكاكي، مسحوق هريس الكاكي) ومعرفة تأثير نوع المعاملات المختلفة في تحسين معايير جودة هذه المنتجات.

3-بالنظر إلى صعوبة إنتاج مسحوق هريس الكاكي بسبب احتواء هريس هذه الفاكهة على سكريات منخفضة الوزن الجزيئي، ومن أجل التغلب على هذه المشكلة فقد هدف البحث إلى تحديد التركيز الأمثل للعوامل المساعدة في التجفيف والضرورية لتجفيف هريس الكاكي والحصول على مسحوق ذو مواصفات تغذوية وتخزينية أفضل إضافة إلى توفيره على مدار العام.

محدوديات البحث :Research Limitations:

جُمعت الدراسة المرجعية وأمنت المواد اللازمة للبحث خلال عام 2020 م.

جُهزت ثمار الكاكي وجُففت على شكل لفائف باستخدام طريقة التجفيف بالهواء الساخن، ودُرس تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في المؤشرات الكيميائية والحسية للفايف الناتجة خلال العام 2020م.

جُففت ثمار الكاكي على شكل شرائح ودُرس تأثير المعاملات المختلفة والمحاليل السكرية المختلفة ومدة التخزين في المؤشرات الكيميائية والحسية للمنتجات المجففة خلال العام 2021 م.

جُفف هريس ثمار الكاكي على شكل مسحوق، ودُرس تأثير العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين وطرائق التجفيف المختلفة في المؤشرات الكيميائية والحسية للمنتجات المجففة خلال العام 2022 م.

نوقشت النتائج وأُجري التحليل الإحصائي للنتائج ونُشرت خمسة أبحاث علمية خلال العام 2023 م.

كُتبت الأطروحة خلال العام 2024 م.

الفصل الأول
الدراسة المرجعية

Literature Review

1-الدراسة المرجعية:

الكاكي هي فاكهة استوائية، تحظى بتقدير واهتمام متزايد نظراً لقيمتها الغذائية وفوائدها الصحية ونكهتها المتميزة، شجرة الكاكي هي شجرة تجارية لها الكثير من الأصناف، وهي شجرة حديثة الزراعة أدخلت إلى سورية من تركيا، ومن ثم انتشرت في مناطق ريف العاصي لوجود التربة المناسبة لزراعتها وكذلك توفر المياه لكونها تحتاج للري بكميات كبيرة، وأخذت زراعتها بالتوسع في محافظتي اللاذقية وإدلب، ويُطلق عليها عدة أسماء منها الخرماء والتين والمانغا، غير أن الكاكي هو الاسم العلمي لهذه الفاكهة وهي شجرة متساقطة الأوراق وجذعها مستقيم وتتوضع الأوراق بانتظام على الأغصان، وتتميز ثمارها باللون الأصفر البرتقالي (Butt et al., 2015, 542).

1-1-التصنيف النباتي لثمار الكاكي:

صُنِّفَت ثمار الكاكي كما هو موضح في الجدول (1).

الجدول (1)؛ التصنيف النباتي لثمار الكاكي

المملكة	النباتية	Plantae
الشعبة	حقيقيات الأوراق	Magnoliophyta
الشعبية	البذريات	Magnoliophytina
الرتبة	الخلنجيات	Ericales
الفصيلة	الأنثوسية	Ebenineae
الأسرة	الأنثوسارات	Ebenaceae
الجنس	الخرمال	Diospyros
النوع	خرمال كاكي	Kaki
الاسم العلمي	<i>Diospyros kaki</i>	<i>Diospyros kaki</i>

(Kurt and Kaya, 2020,163)

1-2-أصناف ثمار الكاكي:

السمة البارزة لأصناف ثمار الكاكي هي محتواها العالي من التانينات القابلة للذوبان، والتي تلعب دوراً حيوياً في تقبل هذه الفاكهة، إذ أنّ للتانينات القدرة على الارتباط مع الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات فتربسبها وهذه الخاصية تُفسّر تأثيرها القابض (تقوم بترسيب البروتينات السكرية في اللعاب) وتسبب شعور جاف في الفم (Kaur *et al.*, 2022,14).

تُقسّم أصناف ثمار الكاكي إلى مجموعتين (Taguian *et al.*, 2024,3):

المجموعة الأولى: أصناف قابضة الطعم، هذه الأنواع من ثمار الكاكي تعتمد بشكل أساسي على تركيز التانينات القابلة للذوبان في الماء الموجودة في لب وقشر هذه الفاكهة، وينخفض هذا المستوى مع نضج الثمرة، ومن أهم أصناف هذه المجموعة Mopan وHachiya، ولا يمكن استهلاك هذه الثمار حتى تصل إلى مرحلة النضج بسبب الطعم القابض، إذ تتحول التانينات القابلة للذوبان أثناء مرحلة النضج إلى تانينات غير قابلة للذوبان، وبالتالي يمكن استهلاكها نتيجة انخفاض الطعم القابض، إذ تحتوي ثمار الكاكي غير الناضجة على مادة بروأنثوسيانيدين (Proanthocyanidin) وتسمى طليعة الأنثوسيانيدين، والتي تمثل 25% على أساس الوزن الجاف من وزن الفاكهة، وعند النضج ينخفض هذا المستوى إلى أقل من 1% مما يؤدي إلى انخفاض النشاط المضاد للأكسدة، وعند النضج يصبح قشر الفاكهة رقيقاً وشمعياً، ولها لب يشبه الهلام، وهذا يسبب الفقد ما بعد الحصاد، ولتقليل الطعم القابض يُستخدم الإنضاج الصناعي للفاكهة باستخدام غاز الإيثيلين أو باستخدام غاز CO_2 ، مما يؤدي إلى تحلل المواد المسؤولة عن الطعم القابض واختفاء تأثيرها، ومع ذلك فإنّ هذه المعالجة يمكن أن تولّد تغيرات غير مرغوب بها خاصة اللون الأصفر البرتقالي المميز للثمار، بسبب التغيرات في المحتوى من الكاروتينات (Ikegami *et al.*, 2007,1037).

المجموعة الثانية: أصناف الكاكي غير القابضة، ومن أهم أصناف هذه المجموعة Fuyu و Jiro، وتمتاز هذه الفاكهة بمذاق حلو، وتُستهلك قبل النضج الكامل، وإلا فإنها تصبح طرية جداً، إذ تختفي التانينات القابلة للذوبان في الماء تماماً عند النضج، واللّب داكن اللون بسبب ارتفاع المحتوى من الكريبتوكزانثين وإجمالي الكاروتينات (Yaqub *et al.*, 2016,2).

1-3- التركيب الكيميائي لثمار الكاكي:

تحتوي ثمار الكاكي على بعض من المواد الغذائية الهامة مثل السكريات، الأحماض العضوية، الأحماض الأمينية، بروأنثوسيانيدين، الكاروتينات، البروتينات، والفيتامينات، إذ تتركب الثمرة من ماء 80.3%، كربوهيدرات 18.6%، وتصل نسبة الألياف إلى حوالي 1.48%، أما نسبة الدهون والبروتينات فكانت 0.19% و 0.58% لكل منهما، حمض الأسكوربيك 7.5 مغ / 100 غ (Choudhary *et al.*, 2023,1).

الجدول 2؛ التركيب الغذائي لثمار الكاكي الطازجة

المكونات	النسبة في 100 غ من الجزء الصالح للأكل
طاقة (كيلو كالوري)	71.50
بروتين (غ)	0.64
دهون (غ)	0.25
كربوهيدرات (غ)	17.30
ألياف (غ)	2.60
رطوبة (غ)	80.86
كالسيوم (مغ)	8
حديد (مغ)	0.20
مغنسيوم (مغ)	9.25
زنك (مغ)	0.11
صوديوم (مغ)	2.50
بوتاسيوم (مغ)	230
فوسفور (مغ)	19.50
تايمين (مغ)	0.03
ريبوفلافين (مغ)	0.03
مكافئ النياسين (مغ)	0.20
فيتامين B ₆ (مغ)	0.10
فيتامين C (مغ)	11.75
فيتامين A (ميكروغرام)	177
حمض الفوليك (ميكروغرام)	7

(Barea-Álvarez *et al.*, 2016, 34)

تبلغ نسبة الرماد 2.43 غ/100 غ من ثمار الكاكي، إذ كانت نسبة العناصر المعدنية لكل من البوتاسيوم 172.49 مغ/100 غ، الكالسيوم 34.18 مغ/100 غ، المغنيزيوم 36.65 مغ/100 غ، الحديد 2.95، الزنك 0.88 مغ/100 غ، النحاس 0.31 مغ/100 غ، المنغنيز 0.32 مغ/100 غ (Rashwan *et al.*, 2017,105).

تتراوح نسبة السكريات الكلية في ثمار الكاكي ما بين 8.15-23.24 غ/100 غ (Curi *et al.*, 2017,1211)، وتسود سكريات الجلوكوز والفركتوز والسكرور كسكريات أساسية في ثمار الكاكي (Novillo *et al.*, 2015,1302)، وبين Maulidiani وآخرون (2018، 277) محتوى ثمار الكاكي من السكريات الكلية 12.5 غ/100 غ، مع وجود سكر الفركتوز والجلوكوز والسكرور بكميات كبيرة، واحتوائها على كميات أقل من سكريات المالتوز والأرابينوز والزايروز، ومع ذلك تختلف هذه السكريات بشكل كبير حسب الصنف ودرجة النضج.

قام Kim وآخرون (2018، 228) بتحديد تراكيز أهم السكريات الموجودة في عدة أصناف من ثمار الكاكي باستخدام تقنية HPLC كما هو موضح في الجدول (3):

الجدول 3؛ تراكيز أهم السكريات الموجودة في عدة أصناف من ثمار الكاكي

Bansi	Gabjubaekmok	Gojongsi	Godongsi	Dungsi	الصنف
					نوع السكر (مغ/غ)
426	5.64	4.98	4.99	5.02	Sucrose
110.94	167.43	169.46	167.01	191.18	Fructose
112.42	181.18	159.34	159.89	190.70	Glucose

(Kim *et al.*, 2018,228)

عند دراسة الأحماض العضوية الموجودة في عدة أصناف من ثمار الكاكي تراوحت من 15 إلى 30.9 ميكروغرام/مغ (Novillo *et al.*, 2015,1302)، وتبين وجود الأحماض العضوية الرئيسية التالية حمض السيتريك وحمض الماليك (Maulidiani *et al.*, 2019,5).

1-3-1- الكاروتينات: هي صبغات عضوية توجد بشكل طبيعي في ثمار الفاكهة والخضروات ذات اللون الأصفر والبرتقالي والأحمر، وتأتي الفوائد الصحية للكاروتينات بشكل أساسي من نشاط فيتامين A، إذ يُعتبر فيتامين A ضرورياً للبشرة والعيون والقلب وجهاز المناعة (Domínguez Díaz *et al.*, 2020a,9)، بالإضافة إلى ذلك

فإنَّ للكاروتينات خصائصاً مضادةً للأكسدة مرتبطة بحماية الخلايا وتنظيم نموها والوقاية من السرطانات (Pachisia, 2020,132)، تُعدّ ثمار الكاكي أحد أهم المصادر الغنية بالكاروتينات، إذ يرتبط اللون الأصفر والأحمر لثمار الكاكي ارتباطاً وثيقاً بمحتواه من الكاروتين.

تشمل الكاروتينات الموجودة في ثمار الكاكي الليكوبين، بيتا كاروتين، زياكزانثين، بيتا كريبتوكزانثين، واللوتين، إذ أشارت الكثير من الدراسات إلى أنَّ بيتا كاروتين هو المركب السائد في ثمار الكاكي، إذ بلغت كميته (5.99 ميكروغرام/غ وزن جاف) وفقاً لـ (Senica et al.,2016,3145). في حين أشار Yaqub وآخرون (2016،3) إلى أنَّ بيتا كريبتوكزانثين β -cryptoxanthin هو المركب السائد في ثمار الكاكي، إذ بلغت كميته 193 ميكروغرام/100غ من إجمالي الكاروتينات، وأشار Choudhary وآخرون (2023،2) إلى أنَّ ثمار الكاكي تتكون من الكاروتينات الأساسية بيتا كريبتوكزانثين (193 ميكروغرام/100غ وزن رطب) وبيتا كاروتين (113 ميكروغرام/100غ وزن رطب)، وتبين أنَّ المحتوى من الكاروتين في ثمار الكاكي أقل من المحتوى الموجود في ثمار المانغا والمشمش، ولكنه أعلى من المحتوى الموجود في ثمار التفاح والبرتقال (Giordani et al.,2011,1760).

1-3-2-التانينات: هي إحدى الفئات المهمة للمركبات الفعالة بيولوجياً الموجودة في لب ثمار الكاكي، ذوابة في الماء، ذات وزن جزيئي مرتفع، ووفقاً للخصائص الكيميائية يمكن تقسيم التانينات إلى مجموعتين، تانينات قابلة للتحلل المائي وهي مشتقات لحمض الغاليك، وتانينات غير قابلة للتحلل المائي والتي يطلق عليها التانينات المكثفة، أما بالنسبة للخصائص الهيكلية تُصنّف التانينات إلى ثلاث فئات رئيسة التانينات المعقدة، التانينات المكثفة، والتانينات القابلة للتحلل المائي (Gu et al., 2008, 208).

وفقاً لـ (Bibi et al., 2007,1359) تُشكّل التانينات المكثفة القابلة للذوبان حوالي 2% من التانينات في أصناف معينة من ثمار الكاكي، وهي قادرة على تشكيل معقد مع البروتينات اللعابية، فعند تناول الثمار يتم سحق خلايا التانين الموجودة في ثمار الفاكهة وتحرير التانينات القابلة للذوبان فترتبط مع البروتينات، مما يؤدي إلى

الإحساس بالطعم القابض للفاكهة، وذكر Gu وآخرون (2008، 208) أنَّ ثمار الكاكي تحتوي أربع مكونات مهمة من التانينات وهي (gallo-catechin، catechin-gallate، catechin و gallocatechin-gallate).

1-3-3- بروأنثوسيانيدين Proanthocyanidin: والتي تُعرف باسم التانينات المكثفة، تتراكم هذه المكونات بكميات كبيرة في ثمار الكاكي خلال مراحل النضج المبكرة، وهي عبارة عن مركبات عديمة اللون مكونة من وحدات Flavan-3-ol، توجد هذه المكونات بكميات أعلى في أصناف الكاكي ذات النوع القابض حتى بعد بلوغها مرحلة النضج، وبالمقارنة تفقد الفاكهة ذات النوع غير القابض هذه المكونات الوظيفية قبل النضج، وفي السنوات الأخيرة تم توجيه الاهتمام لهذه المركبات وذلك لتأثيراتها الصحية (Ikegami et al., 2009, 842). تُعدّ هذه المركبات هي المسؤولة عن الطعم القابض، وهي موجودة ضمن فجوات معينة بالثمرة تسمى خلايا التانين، وهي المسؤولة عن تخثر البروتينات الموجودة في اللعاب، ومع تقدم نضج الثمار ينخفض المحتوى من التانينات ويتضاءل الإحساس بالطعم القابض، ولا يعتمد تقليل الشعور بالطعم القابض على انخفاض المحتوى من التانينات، بل يعتمد أيضاً على تحول التانينات القابلة للذوبان إلى شكل غير قابل للذوبان، وتجدر الإشارة إلى أنه مع تقدم النضج، تبقى كمية كبيرة من التانينات القابلة للذوبان، لذلك يتضاءل الشعور بالطعم القابض إلى حد ما ولكنه لا يختفي، في أثناء عملية النضج يتكون الأسيت ألدهيد في فاكهة الكاكي ويرتبط مع التانين القابل للذوبان في الماء ويُشكّل بوليمرات تانين غير قابل للذوبان في الماء، مما يقلل من الطعم القابض، بالإضافة إلى ذلك يتأثر التانين القابل للذوبان في الماء بعملية البلمرة التأكسدية، التي يشارك فيها إنزيم بولي فينول أوكسيداز، ويصبح التانين بوليمر غير قابل للذوبان، مما يقلل من الطعم القابض ويزيد من مؤشر الحلاوة (Tsintskiladze et al., 2023, 190).

1-3-4- الألياف الغذائية: وفقاً لمنظمة الصحة العالمية يتم تعريف الألياف الغذائية على أنها بوليمرات كربوهيدراتية تحتوي على 10 أو أكثر من وحدات مونوميرية لا تتحلل بواسطة الإنزيمات الداخلية في أمعاء الإنسان، ولكنها تتخمر جزئياً أو كلياً في الأمعاء الغليظة بفعل الكائنات الدقيقة، تتكون الألياف الغذائية من جزأين، جزء غير قابل للذوبان وجزء قابل للذوبان، إذ ثبت أنَّ اتباع نظام غذائي غني بالألياف الغذائية يرتبط بتقليل مخاطر

الإصابة بمرض الشريان التاجي ومرض السكري (Domínguez Díaz *et al.*, 2020b,74)، ويبلغ متوسط محتوى الألياف حوالي 3.5 غ/100 غ في أصناف الكاكي fuyu (El Makhzangy *et al.*, 2023,3).

1-3-5-البكتين: يتواجد البكتين في الثمار بصورة سكريات معقدة أساسها حمض الغلاكتورونيك، ويتراوح محتوى البكتين من 0.69 غ/100 غ في الصنف ChanSiWan، إلى 2.39 غ/100 غ في الصنف TaiLiHong. بيّنت الدراسات السابقة أنّ محتوى البروتوبكتين انخفض من 5 غ/100 غ إلى 2 غ/100 غ، وزاد محتوى البكتين القابل للذوبان من 0.2 غ/100 غ إلى 2.5 غ/100 غ في ثمار الكاكي، ويعزى ذلك إلى تحول البروتوبكتين إلى مواد بكتينية قابلة للذوبان بواسطة الإنزيمات الموجودة في ثمار الفاكهة (Chen *et al.*, 2016, 1602)، بالمقارنة مع ثمار الكرز كانت فاكهة الكاكي ذات محتوى أعلى من البكتين بشكل ملحوظ، في حين كان هذا المحتوى أقل قليلاً من المحتوى الموجود في الليمون (Prasanna *et al.*, 2007,1)، ويبيّن Bakhshaliyeva وآخرون (2023، 447) أن ثمار الكاكي تحتوي على البكتين بنسبة (1.56%).

1-3-6-حمض الأسكوربيك: يُعدّ حمض الأسكوربيك من أهم الفيتامينات الموجودة في ثمار الكاكي، إذ يُعدّ من مضادات الأكسدة وهو مركب ذائب في الماء، وله دور في الحفاظ على الصحة العامة، ومقاومة الأمراض، ويستخدم بشكل شائع في صناعة الأغذية كمضاد للأكسدة، ويتراوح المحتوى من حمض الأسكوربيك من 100 مغ/100 غ في صنف (Kaki Tipo) إلى 218 مغ/100 غ في الصنف (Fuyu)، وأشارت الدراسات إلى وجود حمض الأسكوربيك في الأصناف غير القابضة أكثر من الأصناف القابضة، وبلغت نسبة حمض الأسكوربيك في ثمار الكاكي صنف Bozhyi Da و Sosnivska (28.9، 59.1 مغ/100 غ) على الترتيب (Shevchuk *et al.*, 2023,59).

عند دراسة محتوى ثمار الكاكي من الفيتامينات تبين أنّها غنية بمحتواها من فيتامين C (58 مغ/100 غ)، فيتامين A (38.2 وحدة دولية/ 100 غ) وأيضاً تحتوي على الثيامين، الريبوفلافين (B_2)، وفيتامينات B_1 و B_6 و B_9 والتي بلغت نسبها (10.5، 0.039، 97.5، 64.54، 15.9 مغ/ 100 غ) على الترتيب (El Makhzangy *et al.*, 2023,4).

1-3-7- المركبات الفينولية: تُعدّ ثمار الكاكي مصدراً غنياً بالمركبات الفينولية والتي من أهمها التانينات بالإضافة إلى الفينولات منخفضة الوزن الجزيئي مثل حمض الغاليك وحمض الكوماريك والفانيليك، والكافيك وأحماض الكلوروجينك والعديد من الأحماض المختلفة (Sentandreu *et al.*, 2015, 1648).

في دراسة قام بها (Chen *et al.*, 2008,27) لتقدير محتوى الفاكهة (كاكي، عنب، تفاح) من المركبات الفينولية، لوحظ ارتفاع محتوى ثمار الكاكي من الفينولات الكلية (170 مغ/100 غ وزن جاف)، مقارنة مع ثمار العنب (100 مغ/100 غ وزن جاف)، والتفاح (40 مغ/100 غ وزن جاف).

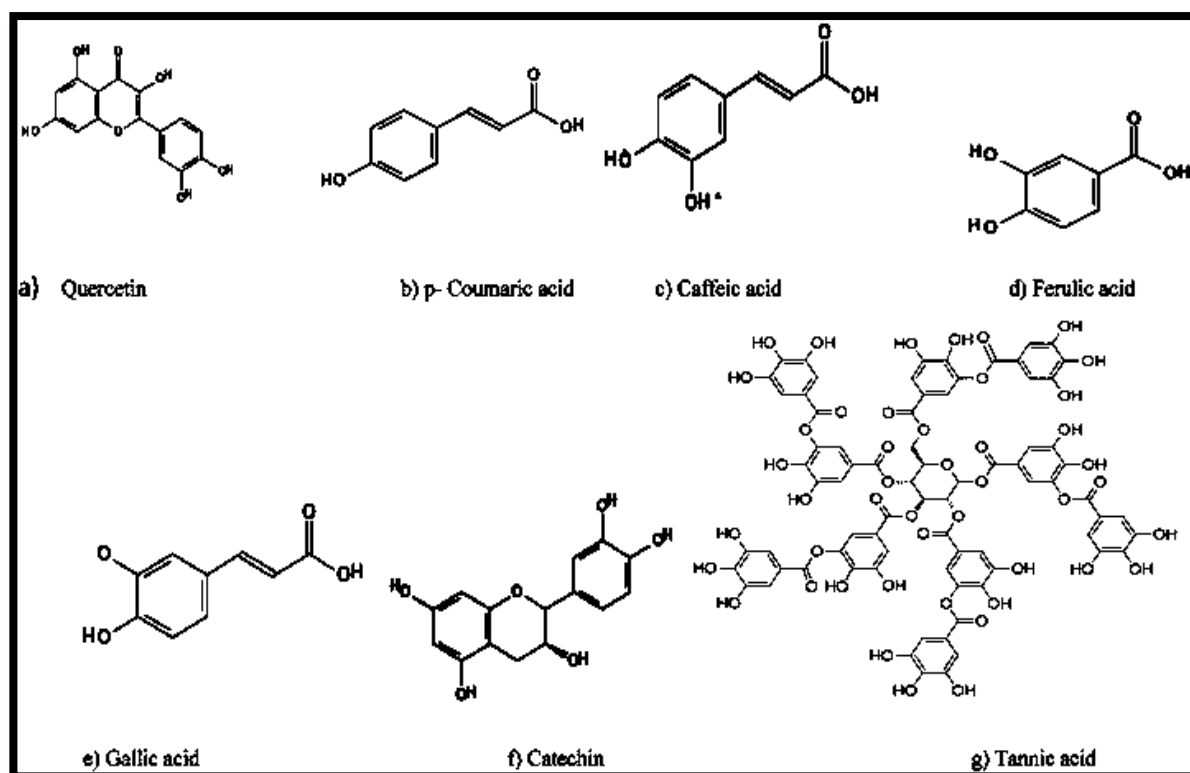
أوضح Denev وYordanov (2013، 981) أنّ محتوى ثمار الكاكي من الفينولات الكلية بلغ (916.8 مغ/100 غ)، في حين بلغ محتوى ثمار الكاكي من الفينولات (641 مغ/100 غ وزن رطب) حسب (Direito *et al.*, 2019,21)، ويمكن تفسير هذا التنوع في النتائج، نوع الصنف المستخدم، مراحل النضج، وكذلك طريقة الاستخلاص والمذيب المستخدم، وتمّ قياس نسبة الكويرستين في صنفى Rojo و triumph، إذ تراوحت من 0.005 إلى 0.007 مغ/100 غ، في حين أشارت بعض الأبحاث إلى عدم وجود الكويرستين في ثمار الكاكي (Lee *et al.*, 2012,147).

تمّ فصل وتقدير المركبات الفينولية في ثمار الكاكي وذلك باستخدام HPLC فكانت مكونة من المركبات الفينولية التالية وذلك كما هو موضح في الجدول (4).

الجدول 4؛ المركبات الفينولية الرئيسية الموجودة في ثمار الكاكي

المركبات الفينولية	الكمية (مغ/100 غ)
حمض الغاليك Gallic acid	0.953
حمض الكافيك Caffeic acid	0.1
حمض الكوماريك P-coumari acid	0.088
حمض الفريوليك Ferulic acid	0.1
حمض الكلوروجينك Chlorogenic acid	0.171
حمض البرتوكاتاشين Protocatechuic acid	0.013
حمض الإيلاجيك Ellagic acid	0.327
كويرستين Quercetin	0.224
بروانثوسيانيد Proanthocyanin	744

(Esteban-Muñoz *et al.*, 2020,9 ; Direito *et al.*, 2019,9)



الشكل 1؛ توضيح هيكل لبعض المركبات الفعالة بيولوجياً الرئيسة لفاكهة الكاكي (Murali *et al.*, 2023,8)

1-3-8-النشاط المضاد للأكسدة: يمكن تعريف مضادات الأكسدة في الغذاء، بأنها مركبات قادرة على منع أو تثبط أكسدة الخلايا، إذ تقوم بتقديم إلكترونات إلى الجذور الكيميائية الحرة والتي تتحول بدورها إلى جذور حرة ضعيفة غير فعالة، أظهرت الكثير من الدراسات أنّ بعض المغذيات الدقيقة الموجودة في الفاكهة والخضروات مفيدة للصحة، لذلك هناك علاقة بين استهلاك الأطعمة ذات النشاط المضاد للأكسدة وفوائدها الصحية. أبرز هذه المغذيات ذات النشاط المضاد للأكسدة، هي المركبات الفينولية والكاروتينات والفيتامينات القابلة للذوبان في الماء والفيتامينات القابلة للذوبان في الدهون، والتي معظمها يتواجد في الخضروات والفاكهة (Yahia *et al.*, 2019,19)، إذ تُعدّ ثمار الكاكي ذات نشاط مضاد للأكسدة عالي، وتُعدّ المركبات الفينولية (خاصة التانينات) والكاروتينات والفيتامينات القابلة للذوبان في الماء مثل فيتامين C المكونات الأساسية المضادة للأكسدة الموجودة في ثمار الكاكي (Pérez-Burillo *et al.*, 2018,461)، إذ أظهرت الدراسات أنّ النشاط المضاد للأكسدة في ثمار الكاكي أعلى بكثير عند مقارنتها مع الفاكهة الأخرى، قيس النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طرائق مختلفة

في ثمار الكاكي إذ بلغت وفق طريقة DPPH (77.10 %) ووفق طريقة FRAP (1.19 ميلي مول/غ)، وتحدد مضادات الأكسدة بطرائق مختلفة (Ayoub *et al.*, 2022, 1032)، نذكر منها:

1- تحديد النشاط المضاد للأكسدة بطريقة DPPH (1,1-dihpenyl-2-picrylhydrazyl radical) (scavenging activity).

2- تحديد فعالية النشاط المضاد للأكسدة بطريقة Reducing Power.

3- تحديد فعالية النشاط المضاد للأكسدة بطريقة FRAP (Ferric Reduction Antioxidants) (Power).

4- تحديد فعالية النشاط المضاد للأكسدة بطريقة Lipid Peroxidation.

4-1- الفوائد الطبية لثمار الكاكي:

تُعد ثمار الكاكي غذاءً يتمتع بالقدرة على توفير العديد من الفوائد الصحية والتغذية للإنسان، إذ أنها فعالة في تحسين صحة العين (Kim *et al.*, 2020, 1)، والجهاز المناعي (Butt *et al.*, 2015, 549)، وتقوية العظام (Hwang *et al.*, 2018, 5)، وتوصلت الكثير من الدراسات إلى أن ثمار الكاكي تُخفض ضغط الدم ومستويات الكوليسترول (Esteban-Muñoz *et al.*, 2020, 19)، ولها خصائص مضادة للالتهابات، وتعزيز الدورة الدموية في جميع أنحاء الجسم. في الصين تم استخدام ثمار الكاكي كنبات طبي يُستخدم لعلاج مجموعة من الأمراض الجلدية، مثل حب الشباب والأكزيما (Kashif *et al.*, 2017, 654)، ولها خصائص مدرة للبول.

5-1- منتجات الكاكي المجففة:

تم تصنيع منتجات ثمار الكاكي في السنوات الأخيرة للحصول على منتجات بديلة للثمرة ومتواجدة على مدار العام، إذ تزايدت الأبحاث حول هذه المنتجات، وأفادت غالبية الدراسات عن ارتفاع محتوى هذه المنتجات من الفيتامينات والمعادن والنشاط المضاد للأكسدة وانخفاض محتواها من الدهون ومن أهم هذه المنتجات المجففة:

1-5-1- لفائف الفاكهة المجففة:

لطالما كان استهلاك الفاكهة رمزاً للاتجاه نحو أسلوب حياة أكثر صحة، يمكن أن تكون لفائف الفاكهة المجففة بديلاً منخفض التكلفة للفاكهة وتوفير منتج غني بمجموعة متنوعة من العناصر الغذائية، وهي نوع من الفاكهة الخفيفة التي يسهل تناولها واستهلاكها، سهلة التعبئة، يتم الحصول عليها عبر سلسلة من الخطوات، إذ يُعدّ التجفيف الخطوة الأهم في عملية التصنيع لأنه يؤثر في الخصائص الفيزيائية والكيميائية والحسية للمنتج المجفف، تُعدّ لفائف الفاكهة المجففة عبارة عن منتج معاد هيكلته يتم الحصول عليه من تجفيف طبقة رقيقة من هريس الفاكهة يتم إنتاجها بطرائق مختلفة وباستخدام مكونات مختلفة ويتم تسويقها مباشرةً للاستهلاك البشري (Nizamlioglu et al., 2022,1).

تُعرف في بعض البلدان باسم الجلود، اللفائف، الحلوى، في تركيا يطلق عليها اسم (pestill)، وتعني لب الفاكهة المجفف، وتُعرف في أرمينيا باسم (Bastegh) وفي الولايات المتحدة الأمريكية باسم لفائف أو جلود الفاكهة (Bandaru and Bakshi, 2020,1700).

تحتوي اللفائف على محتوى من الماء يتراوح ما بين (10-20%)، لذلك يمكن إدراجها ضمن الأطعمة شبه الرطبة، إذ تُعدّ لفائف الفاكهة المجففة وجبةً غذائيةً خفيفةً مثاليةً لتلبية طلب المستهلك، وتحتوي على نسبة عالية من الألياف، ومعظم أنواع الفاكهة مناسبة لهذا النوع من المعاملات، ويمكن استهلاكها كوجبة خفيفة مقطعة إلى قطع صغيرة ممزوجة مع المكسرات وحبوب الإفطار (Sukasih and Widayanti, 2022, 2).

بيّنت الأبحاث أنّ لفائف الفاكهة هي منتج يتكون من لب الفاكهة الطازجة أو هريسها بعد عملية معقدة تتضمن خطوة التجفيف، ويُطلق عليها أيضاً اسم ألواح الفاكهة المجففة، ويتم تناولها كوجبة خفيفة ذات قوام مطاطي ولذيذ قليل الدهون غني بالألياف والكربوهيدرات، إذ أنّ لفائف الفاكهة تمتلك 100 سعرة حرارية لكل وجبة (Kaur and Godara, 2022, 99)، وتلعب اللفائف دوراً في صحة الإنسان فهي تساعد في عملية الهضم وتحسين البشرة وإنقاص الوزن وذلك نتيجة محتواها العالي من الألياف والعناصر المعدنية.

تمّ تطوير صناعة هذا المنتج كطريقة بديلة للحفظ وظهرت مؤخراً على نطاق صناعي واسع، وذلك لأنّ محتواها من الرطوبة منخفض وخفيفة الوزن، ومناسبة للتخزين والنقل مما يجعلها وسيلة مهمة للحفاظ على الفاكهة.

1-1-5-1- خطوات تصنيع لفائف الكاكي المجففة:

تحتاج عملية تصنيع لفائف الفاكهة إلى خمس خطوات رئيسية، وتشمل طهي هريس الفاكهة، نشر الهريس، تجفيف الهريس، تعبئة وتغليف، بالإضافة إلى عدة خطوات إضافية أثناء عملية التصنيع، عادة ما تستخدم ثلاث مكونات أساسية لتصنيع الفاكهة وهي هريس الفاكهة، المضافات الغذائية، والمحليات (de Menezes Rodrigues et al.,2023,217)

يعتمد تصنيع لفائف الفاكهة المجففة بشكل أساسي على الفاكهة كونها غنية بالكربوهيدرات والتي تحدد إلى حد كبير الخصائص الغذائية لهذه المنتجات، ويتم إنتاج لفائف الفاكهة من أنواع مختلفة من الفاكهة بما في ذلك التفاح، المشمش، الخوخ، التوت، الكاكي، ويفضل أنواع الفاكهة التي تحتوي على الألياف (Dauda, 2022,150). يُعدّ تجهيز هريس الفاكهة ودمجه مع المكونات الأخرى (المحليات والغرويات المائية) من العوامل المهمة التي تؤثر في جودة خصائص اللفائف وعلى القيمة الغذائية والحسية للمنتج النهائي (de Menezes Rodrigues et al., 2023,217).

تشمل المحليات عموماً السكروز، الغلوكوز، والفركتوز، إذ يُعدّ السكروز المحلي الأساسي في كل دول العالم، ويُعدّ مادة حفظ لكثير من المنتجات الغذائية ويزيد من نسبة المواد الصلبة، ويعمل كمادة معدلة للقوام ومحسن للنكهة وكمعدل للإحساس في الفم، ولكن استخدام السكروز لوحده ليس خياراً جيداً لأنه قد يتبلور أثناء تخزين اللفائف مما يجعلها هشة وسهلة الكسر، لذلك يتم إضافة الغلوكوز مع السكروز، إذ يعمل الغلوكوز على عدم تبلور السكر وتعزيز النكهة وإكساب اللفائف الطعم الحلو المميز وتنعيم الملمس، إذ أنّ استخدامه لوحده وبنسبة مرتفعة أو بنسبة مع السكروز يكون له دوراً فعالاً في عدم تبلور السكر (Tiwari,2019,14).

يوصى أيضاً باستخدام العسل كمادة تحلية، إذ يعمل كمادة حافظة ويطيل مدة صلاحية المنتج وهو خيار صحي، كما أنّه يمنع التبلور (Riftyan et al.,2023,1).

المضافات الغذائية هي مواد تضاف للأغذية للمساعدة في عملية تصنيعها وحفظها وتحسين الخصائص الحسية والفيزيائية والكيميائية للفائف وحمايتها من التلوث الميكروبي.

لفائف الفاكهة ذات لون فاتح، إذ تميل إلى أن تصبح داكنة اللون أثناء عملية التجفيف بسبب الاسمرار الإنزيمي وغير الإنزيمي وتدمير العديد من الأصبغة عن طريق درجة حرارة التجفيف، ويمكن منع ذلك والحفاظ على ألوان لفائف الفاكهة المجففة عن طريق إضافة مواد مانعة للأكسدة وأهمها (حمض السيتريك، ميتا باي سلفيت الصوديوم-حمض الأسكوربيك)، إذ يُعدّ اللون سمة جودة رئيسة في منتجات الفاكهة المجففة (da Silva Simão *et al.*, 2020, 70). تقوم المواد المانعة للأكسدة بحجز المركبات الحاوية على مجموعة كربونيل نشطة (تفاعل ميلارد الاسمرار غير الإنزيمي) وتنشيط أكسدة الفينولات بإنزيمات الفينول أوكسيداز التي تسبب الاسمرار الإنزيمي. أيضاً يمكن إضافة مواد مكسبة للنكهة، إذ تضاف لتحسين وتعديل نكهة اللفائف مثل جوزة الطيب، القرفة، المكسرات، جوز الهند.

تُعدّ لفائف الفاكهة ذات طبيعة لاصقة ولزجة للأصابع والأسنان وكذلك لمواد التعبئة والتغليف، وذلك يعود إلى احتواء لب الفاكهة على مركبات ذات وزن جزيئي منخفض (السكريات، الأحماض العضوية)، لذلك ومن أجل التغلب على هذه المشكلة يتم إضافة الغرويات المائية ذات الوزن الجزيئي العالي مثل المالتودكسترين، الصمغ العربي، النشاء، البكتين (Bandaru and Bakshi, 2020, 1700).

الغرويات المائية هي كربوهيدرات معقدة تستخدم على نطاق واسع كمضافات غذائية لتعديل الملمس، تُستخدم كعوامل تثبيت وتنخين وتبلور، وتُقدّر قيمة الغرويات المائية المستخدمة حسب خصائصها المتمثلة في احتباس الماء، التبلور، التكتيف، التثبيت، والاستحلاب.

تلعب الغرويات المائية والنشاء دوراً متآزراً ومتكاملاً عند إضافتهما معاً، إذ يلعب محتوى النشاء من الأميلوز دوراً في تكوين الهلام، أما الغرويات المائية لها دور في تعديل القوام والاحتفاظ بالماء ومنع التبلور، ويتم إضافتها إلى الغذاء بكميات صغيرة جداً، عادة ما تكون في نطاق 0.05-0.2% وذلك بسبب قدرتها القوية على ربط الماء (Chan, 2015, 120).

ذكرت الأبحاث أنّ لكل نوع من الغرويات المائية خصائص مميزة يمكن أن تؤثر في قوام لفائف الفاكهة المميزة (Kashyap and Sharma.2023,1142).

يُستخدم النشاء كمادة مالئة ورابطة ومعدلة للقوام (da Silva Simão *et al.*, 2020,72)، في حين تُحسن إضافة المالتودكسترين من جودة اللفائف المجففة، إذ تقلل من الالتصاق وتزيد من استقرار المنتج، وتُعزى هذه الوظيفة إلى قدرة المالتودكسترين على تشكيل حاجز واقٍ للرطوبة على سطح الجزيئات المسترطبة، وللمالتودكسترين القدرة على امتصاص الماء بسبب هيكله المتفرع، ويعمل على زيادة الطبيعة الصمغية للّفائف والمرونة وقابلية المضغ (Das *et al.*, 2021,1).

أما صمغ الجيلان فهو مادة متعددة السكاريد قابلة للذوبان في الماء تنتجها بكتريا (*Pseudomonas*) ويُستخدم كعامل تبلور (Fernández-Ferreiro *et al.*, 2015,343)، في حين يتم استخدام صمغ الزانثان في تحضير لفائف الفاكهة بسبب سلسله الهيدروكربونية الطويلة ويمكن أن يحدث لزوجة عالية بتركيز منخفضة (Hosseini *et al.*, 2020,884)، أما صمغ الغوار فهو يميل إلى أن يكون رابطة هيدروجينية قوية مع الماء مما يجعله مثخناً جيداً وعامل استقرار (Mudgil *et al.*, 2014, 412).

يتكون الصمغ العربي من بروتينات مرتبطة تساهمياً بمكونات جزيئية كبيرة، وتحتوي هذه البروتينات على مجموعة أمين ومجموعة هيدروكسيل محبة للماء، ويمكن لهذه المجموعة أن ترتبط مع جزيئات الماء، ولذلك يتمتع الصمغ العربي بالقدرة على امتصاص الماء وتشكيل بنية هلامية (Prasetyowati *et al.*, 2014,142).

يتم تجفيف لب الفاكهة باستخدام طرائق تجفيف مختلفة مثل التجفيف بالميكرويف، التجفيف الشمسي، التجفيف بالهواء الساخن، ويُعدّ التجفيف تقنية تجارية شائعة الاستخدام في صناعة تجهيز الأغذية، والجوهر الأساسي للتجفيف هو تقليل محتوى الرطوبة في المنتج إلى المستوى الذي يمنع تدهوره خلال فترة التخزين، ويمكن استخدام طريقة التجفيف الشمسي لتجفيف اللّفائف، ولكن لهذه الطريقة عيوب أهمها أنها غير مناسبة للإنتاج على نطاق واسع، وعدم القدرة على التحكم بعملية التجفيف، الاعتماد على الجو، التكاليف المرتفعة بسبب الحاجة إلى اليد العاملة، بالإضافة إلى التلوث البيئي، إذ تُعدّ طريقة التجفيف بالهواء الساخن أفضل طريقة لتجفيف اللّفائف،

ويعتمد وقت التجفيف على نوع الفاكهة المستخدمة وسماكة هريس الفاكهة، وكقاعدة عامة تُستخدم درجة الحرارة 60°م (Kaur and Godara, 2022,100).

بيّنت الأبحاث أنّ درجة الحرارة العالية أكثر من 60°م المستخدمة خلال التجفيف تُحفز تفاعلات الاسمرار الإنزيمي، وهو أحد الأسباب الرئيسة لتدهور جودة منتجات الفاكهة، لذا فإنّ حدوث تفاعل ميلارد يؤثر سلباً في الجودة الحسية للفائف الفاكهة، بالإضافة إلى أنّ درجة الحرارة المرتفعة تؤدي إلى تدمير العناصر الغذائية في الفاكهة (Khanal et al., 2010,1464).

يتم تجفيف اللفاف حتى الوصول إلى محتوى رطوبة يتراوح من (15-25%)، إذ يتأثر المحتوى من الرطوبة بنوع الفاكهة وعملية التجفيف ودرجة الحرارة ومحتوى الفاكهة من الأحماض العضوية والسكريات الكلية، إذ أنّ المحتوى المنخفض من الرطوبة يمنع نمو الميكروبات ويزيد من مدة صلاحية المنتج، ومع ذلك عند المستويات المنخفضة جداً من المحتوى من الرطوبة تتأثر جودة ملمس اللفاف ويصبح هشاً وعرضة للكسر، إذ تصل اللفاف إلى الحالة الزجاجية والتي تشبه الحلوى الصلبة (Tiwari, 2019,12).

1-5-1-2-الطرائق المستخدمة في تحضير اللفاف:

أُجريت دراسة لتحضير لفاف الرمان المجففة، إذ تمّ تحضيرها باستخدام صمغ الزانثان بتركيز 0-4%، وصمغ الفاصولياء 0-10% ونشاء 0-10%، وتبيّن أنّ استخدام صمغ الفاصولياء بنسبة 7.5%، و2.5% نشاء هي الأفضل للحصول على لفاف ذات محتوى مرتفع من مضادات الأكسدة، وأقل اسمرار إنزيمي، وخصائص نسيجية أفضل (Tontul and Topuz, 2018,12).

حُضرت لفاف الموز المجففة باستخدام 70 غ هريس الموز، 10 غ سكر، 0.9 غ بكتين، 0.9 غ حمض السيتريك، وباستخدام ثلاث تراكيز من المالتودكسترين (1.5، 2.5، 3.5%)، وذلك لتقليل التصاق اللفاف وتحسين عملية التجفيف، إذ أوضحت الدراسة أنّ إضافة المالتودكسترين بتركيز 1.5% حقق أعلى درجات الخصائص الحسية وخفّض من صلابة اللفاف وهي الخاصة الذي يفضلها المستهلكون وحسن المرونة (Das et al., 2021,1).

بين Nur وآخرون (2022، 124) أن إضافة المالتودكسترين بتركيز 5% إلى هريس التفاح الممزوج مع فاكهة أخرى لتصنيع لفائف التفاح المجففة له دوراً كبيراً في تقليل الالتصاق ومنع التبلور وتشكيل اللون البني، بالإضافة إلى تشكيل طبقة رقيقة لحماية مضادات الأكسدة.

دُرس تأثير إضافة الأغاف والأنثولين في البنية التكوينية والحسية لللفائف المجففة بواسطة الهواء الساخن، إذ أوضحت النتائج أن اللفائف المصنّعة باستخدام الأغاف كانت أكثر نعومة وأقل قيم صلابة، وساهم الأغاف في تحسين حلاوة اللفائف حيث كان تأثيره إيجابياً، وتبين إمكانية استخدام الأغاف كعامل تبلور وكمحسن نكهة في المنتجات المجففة (García et al., 2019,6).

قام Fransiska وآخرون (2015، 68) بصنع لفائف المانغا المجففة باستخدام هريس المانغا والسوربيتول وإضافة صمغ الكاراجينان بتركيزات (0، 0.2، 0.4، 0.6%)، وبينت النتائج أن تركيبة لفائف هريس المانغا المكونة من (هريس المانغا و 9.8% سوربيتول و 0.2% كاراجينان) والمحتوى من الرطوبة 24.39% كانت هي المفضلة بناءً على نتائج الاختبار الحسي لهذه اللفائف.

أشارت الأبحاث إلى أن تركيز البكتين المضاف وشراب الغلوكوز من العوامل المهمة للحصول على درجة الحلاوة ونكهة الفاكهة والقوام المطلوب أثناء صنع اللفائف، إذ أن زيادة التركيز عن المطلوب يؤدي إلى زيادة قوة الشد وصلابة قوام اللفائف (Vatthanakul et al., 2010,344).

كانت منتجات لفائف الكاكي المجففة المحضرة من هريس الكاكي و 4.73% نشاء، وسماعة 1.11م، وباستخدام درجة حرارة 50.26°م، الأكثر تفضيلاً من الناحية الحسية (Dursun and Dalgıç, 2018,1).

1-5-2- مسحوق هريس ثمار الكاكي:

يمكن تقسيم المواد الغذائية إلى مجموعتين رئيسيتين أثناء عملية تجفيفها إلى مسحوق، مجموعة لزجة ومجموعة غير لزجة، ويمكن الحصول على مسحوق من المواد الغذائية غير اللزجة دون أي معوقات وتكون ذات طبيعة انسيابية، مثل مسحوق البيض، ومسحوق الألبان (Muzaffar et al., 2018,59).

في حين أنّ الأطعمة ذات الطبيعة اللزجة يكون هناك صعوبة في تجفيفها بسبب الالتصاق والتكتل، ومن أمثلتها المواد الغذائية ذات المحتوى العالي من السكريات والأحماض العضوية (Muzaffar et al., 2015,1).

1-2-5-1- المشاكل الرئيسية في تجفيف عصائر الفاكهة:

المشكلة الرئيسية في تجفيف عصائر الفاكهة هي لزوجة المسحوق الناتج، وتُعدّ اللزوجة أحد أهم المشكلات التي تواجه عملية تجفيف عصائر الفاكهة، اللزوجة هي ظاهرة تحدث بشكل متكرر أثناء تجفيف عصائر الفاكهة الغنية بالسكريات والأحماض العضوية بحيث تصبح طرية، ويمكن تفسير ذلك من خلال التصاق الجسيمات مع بعضها البعض والالتصاق بين جزيئات المسحوق وسطح المجفف عند تعريضها لدرجة حرارة التجفيف ويتضمن الالتصاق تماسك المسحوق، يؤدي في النهاية إلى تكوين كتلة من المسحوق، ذات مواصفات منخفضة الجودة بالإضافة إلى ذلك زيادة في تكلفة الإنتاج، إن التركيب السطحي لجزيئات المسحوق هو المسؤول بشكل رئيس عن الالتصاق، وتواجه المساحيق بعض المشاكل في خصائصها مثل الرطوبة العالية، قابلية ذوبان منخفضة، التكتل، اللزوجة العالية، زيادة استرطابية المنتج، وتبدأ مشاكل أخرى مثل التدفق اللزج والتكتل عند تعريض المنتج للماء وعند التعبئة والتخزين، إذ تؤثر اللزوجة العالية بشكل مباشر في خصائص المسحوق بما في ذلك الانسيابية وقابلية التدفق (Srivastava et al., 2022, 3792).

1-2-5-2- أسباب لزوجة والتصاق المساحيق:

تُعدّ استعادة المسحوق خلال عملية تجفيف عصائر الفاكهة الغنية بالسكريات والأحماض العضوية بمثابة التحدي الأكبر في صناعة المواد الغذائية وذلك بسبب محتوى هذه العصائر من السكريات ذات الوزن الجزيئي المنخفض ومحتواها من الأحماض العضوية والتي تتميز باسترطابية عالية، ولدونة حرارية، ولها درجة حرارة تحول زجاجية منخفضة (Malomar et al., 2024).

درجة حرارة التحول الزجاجية (the glass transition temperature) هي درجة الحرارة التي يتغير عندها النظام غير المتبلور من الحالة الزجاجية إلى الحالة المطاطية اللزجة (أو عكسياً)، والطريقة المستخدمة لتحديد Tg تكون عن طريق قياس السرعات الحرارية بالمرح التفاضلي الذي يكشف التغير في السعة الحرارية.

التحول الزجاجي هو انتقال طور ديناميكي حراري يغير من الخصائص الجوهرية للأطعمة بما في ذلك السعة الحرارية والحجم الحر واللزوجة، وبالتالي يمكن اعتبار T_g إحدى الخصائص المحورية لتوصيف مساحيق الفاكهة من حيث الالتصاق والتكتل، وتكون الحالة الزجاجية في صناعة مساحيق الأغذية مرغوبة أكثر، لأن الحركة الجزيئية للمسحوق تكون أقل، مما يضمن إمكانية حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية محدودة (Stepień *et al.*, 2022,2).

تساهم المواد ذات الوزن الجزيئي المنخفض في مشكلة الالتصاق بشكل كبير، وتميل هذه المكونات إلى تكوين جزيئات ناعمة ذات سطح لزج مما يؤدي إلى التصاق المسحوق، وفي النهاية يتشكل بنية تشبه المعجون بدلاً من جزيئات المسحوق، وتكون الحركة الرئيسة لهذه الجزيئات عالية بسبب انخفاض درجة حرارة التحول الزجاجية، وتحدث اللزوجة عندما تخضع هذه السكريات غير المتبلورة للتحول إلى حالة مطاطية، من حيث الطاقة السطحية للجزيئات سيكون للحالة الزجاجية طاقة سطحية منخفضة، ولن تلتصق بأي سطح، ولكن عند التحول من الحالة الزجاجية إلى الحالة المطاطية تزداد الطاقة السطحية للجزيئات، وتبدأ عندها في الحركة والالتصاق مع بعضها والتكتل (Muzaffar *et al.*, 2015,3).

يُعد إنتاج مساحيق عصائر الفاكهة ذات أهمية متزايدة بسبب الاستقرار العالي وسهولة التعامل مع هذه المنتجات، ومع ذلك فإن العملية المستخدمة للحصول على المسحوق يجب أن تضمن أقصى جودة للمنتج، بالإضافة إلى ثبات المكونات الغذائية ومراعاة الخصائص الفيزيائية للمسحوق، ومن أجل ضمان التخزين الآمن لمساحيق عصائر الفاكهة ولتحسين جودتها واستقرارها، يتم إضافة مواد ذات وزن جزيئي مرتفع إلى المنتج قبل عملية التجفيف كعوامل مساعدة في التجفيف وعوامل مضادة للتكتل (Islam *et al.*, 2024).

1-5-2-3- العوامل المساعدة في التجفيف:

هي مواد تضاف إلى هريس الفاكهة قبل عملية التجفيف، والغرض منها تحسين خصائص المسحوق الناتج، وكذلك منع تدهور المركبات الفعالة بيولوجياً وحمايتها من العوامل البيئية عن طريق تشكيل طبقة واقية

ورقيقة، وهي مواد قائمة على الجزيئات الحيوية (البوليمرات الكربوهيدراتية، البروتينات، الدهون)، إذ تُعدّ البوليمرات الكربوهيدراتية الأكثر تطبيقاً لأنها قادرة على تكوين مساحيق ذات جودة عالية (Azhar et al., 2021, 1371).

تشمل البوليمرات الكربوهيدراتية (Shishir and Chen, 2017, 56):

1-النشاء ومشتقاته، النشاء المعدل، النشاء الشمعي، كربوكسي ميثيل سيللوز، المالتودكسترين،

الدكسترين، الدكسترين الحلقي، شراب الذرة، البكتين، الكيتوزان.

2-السيللوز (السيللوز، الهيمسيللوز، كربوكسي ميثيل سيللوز، هيدروكسي بروبيل ميثيل سيللوز).

3-الصمغ (الصمغ العربي، صمغ الغار، صمغ الزانثان، ألجينات الصوديوم، الكاراجينان).

إلى جانب البوليمرات الكربوهيدراتية توجد البروتينات والدهون أيضاً والتي تستخدم كمادة حاملة:

4-البروتينات (بروتين الصويا، بروتين مصل اللبن، بروتين البازلاء، الجيلاتين).

5-الدهون (الليسيثين، الزيوت).

تعتمد الآلية التي تساهم بها هذه العوامل في استقرار تخزين المساحيق الاسترطابية على عوامل مختلفة وفق

(Shishir et al., 2017, 56):

✓ التنافس مع مكونات المسحوق على الرطوبة.

✓ العمل كحاجز مادي بين الجزيئات.

✓ زيادة درجة حرارة التحول الزجاجية للطور غير المتبلور.

✓ تشكيل حاجز واقٍ للرطوبة على سطح الجزيئات المسترطبة.

من بين هذه العوامل الحاملة يُعدّ المالتودكسترين هو الأكثر نجاحاً واستخداماً، يليه الصمغ العربي، وذلك

نظراً لخصائصهما المثالية التي تناسب عملية التجفيف وإمكانية تطبيقهما على مجموعة واسعة من المنتجات

الغذائية (Azhar et al., 2021, 1371).

في بعض الحالات لا يمكن أن يلبي عامل واحد من العوامل المساعدة في التجفيف خصائص الجودة المطلوبة للمسحوق المجفف، إذ اتجهت الدراسات والأبحاث إلى تطبيق مزيج أو أكثر من هذه العوامل للوصول إلى مسحوق ذو جودة أفضل.

1-5-2 - 1-3-1 المالتودكسترين:

هو عبارة عن سكر طويل السلسلة يتكون عن طريق التحلل الحمضي أو الإنزيمي للنشاء، ويتكون من بوليمرات مرتبطة مع بعضها (hu et al., 2022,2)، يحتوي على 2-3 % غلوكوز و 5-7 % مالتوز، وهو حلو قليلاً، لا طعم له، قابل للذوبان في الماء بسهولة، قابل للتشتت، غير قابل للذوبان في الكحول، يستخدم على نطاق واسع في الصناعات الغذائية نظراً لقابليته العالية للذوبان في الماء والزوجة المنخفضة، التكلفة النسبية المنخفضة، الطعم المحايد، يتمتع بثبات حراري وثبات أثناء التجميد وثبات في الظروف الحمضية، وهو محلول عديم اللون لديه قدرة استحلاب منخفضة، وعادة ما يتم مزجه مع مواد أخرى مثل الصمغ العربي وبروتين مصد اللبن والأينولين (Saavedra- Leos et al., 2022,3).

من الخصائص المميزة للمالتودكسترين، القابلية العالية للذوبان في الماء، آمن غير سام، رخيص الثمن، عديم الرائحة والطعم، خالي من الغلوتين، مناسب للأشخاص النباتيين (Cupone et al., 2022,4).

1-5-2 - 2-3-2 - 1 الصمغ العربي:

هو عبارة عن بوليمر قائم على السكاريد مشتق بشكل رئيس من شجرة الأكاسيا وهو عبارة عن مزيج معقد من البروتين السكري وسكريات الريبوز، له استخدام واسع في صناعة المواد الغذائية (Tiamiyu et al., 2023,2).

يبين التركيب الكيميائي للصمغ العربي أنه خليط من السكريات المعقدة، والبروتينات السكرية، والسكريات الأحادية، والأرابينوغالاكتان، والرامنوز، والغلاكتوز، والأرابينوز، بالإضافة إلى حمض عضوي، وخاصة حمض الغلوكورونيك، ويوضح الجدول (5) التركيب الكيميائي للصمغ العربي.

الجدول 5؛ التركيب الكيميائي للصمغ العربي

الخصائص	غ/كغ
المادة الجافة	870-877.9
بروتين	25-37.1
ألياف	73.2-79.8
رماد	24.7-27.3
PH	4.69
رامنوز	95
أرابينوز	257
غالاكتوز	389
حمض الغلوكورونيك (Glucuronic acide)	215

(Al-Baadani *et al.*, 2021,5)

أظهرت العديد من الدراسات أنّ كلاً من المالتودكسترين والصمغ العربي لهما مزايا خاصة، ولكل منهما سلبياته من حيث التكلفة والجودة، إذ يستخدم المالتودكسترين على نطاق واسع في الصناعات الغذائية بسبب التكلفة المنخفضة والقابلية العالية للذوبان، أما الصمغ العربي أيضاً يستخدم في الصناعات الغذائية، ولكن التكلفة العالية والإمداد المحدود له يشكل عائقاً لاستخدامه في الصناعات الغذائية، غالباً ما يتم اختيار استخدام خليط من هذه المواد في التطبيق العملي، إذ أظهرت الأبحاث أنّ مزج المالتودكسترين والصمغ العربي مع بعضهما كان أكثر كفاءة من استخدام عامل لوحده (Zhang *et al.*, 2020, 995).

1-5-2-3- العوامل المضادة للتكتل:

هي مواد مضافة إلى المساحيق ذات الطبيعة الاسترطابية، تعمل على تعديل اتصال جزيئات المسحوق مع بعضها البعض، يتم دمجها مع المواد الغذائية، للحفاظ على سيولتها ومنع ميلها للتكتل (Pui *et al.*, 2023, 229).

1-5-2-3-4- آلية عمل العوامل المضادة للتكتل:

تعمل مانعات التكتل على زيادة ثباتية المساحيق، من خلال تغيير أنماط الشبكة الموجودة في التكوين الهيكلي للجزيئات، مما يسبب في تأخير مرحلة الانتقال بين الزجاج والمطاط من خلال التنافس مع المسحوق على الماء المتوفر عن طريق ربطه، مما يجعل المسحوق أقل عرضةً للتكتل والعمل كحاجز وقائي ضد الرطوبة، والمبدأ الأهم في عمل العوامل المضادة للتكتل، هو تغطية جزيئات مسحوق الغذاء وإزالة الاحتكاك بينها ومنع تكوين جسور صلبة عن طريق منع نمو البلورات (Bashir et al., 2022,2).

هذه العوامل فعالة عند استخدامها بتركيز منخفضة وتستخدم بشكل عام بتركيز تصل حتى 3%، ومن الناحية العملية لا يتجاوز استخدامها 1% (Pui et al., 2020,622).

من أفضل العوامل المضادة للتكتل والمستخدم في مساحيق الأغذية فوسفات الكالسيوم الثلاثية، ثاني أكسيد السيلكون، وسترات الكالسيوم.

تشمل العوامل المضادة للتكتل الأكثر استخداماً فوسفات الكالسيوم الثلاثية (E341) وهي مركب أيوني يتكون من ارتباط أيونات الكالسيوم الموجبة مع أيونات الفوسفات السالبة، وتوجد على شكل مسحوق أبيض اللون، الصيغة الكيميائية $Ca_3(PO_4)_2$ والوزن الجزيئي 310.20 غ/100 غ، وهي مادة ذات استخدامات متعددة فهي تضاف إلى الأغذية كمادة مانعة للتكتل ومحلل منظّم ومادة تدعيم، وتستخدم أيضاً في العناصر الغذائية السائلة/الرطبة، مثل حليب الأطفال واللبن (Bashir et al., 2022,2).

ثاني أكسيد السيليكون (Dioxide Silicon) هو عبارة عن مسحوق أبيض معروف باسم السيلكا، رمزه (E551)، الصيغة الكيميائية SiO_2 ، ويستخدم كمادة مضافة في الصناعات الغذائية لمنع التكتل، حجم جسيماته الصغير ومساحة سطحه العالية تجعله مثالياً لتحسين قابلية تدفق المساحيق (Pui et al., 2023,231).

سيليكات الكالسيوم ($CaSiO_3$) رمزه E552، وهو مادة كيميائية مانعة للتكتل شائعة الاستخدام، تضاف إلى الأغذية، نظراً لمساحة سطحها الواسع يمكن سحب الكثير من الرطوبة، وتسمح للمساحيق أن تتدفق بحرية خلال عملية التصنيع والتخزين (Karakuzu Ikizler et al., 2023, 11479).

تعتمد جودة مساحيق الفاكهة والخضروات المجففة على عدة عوامل أهمها درجة حرارة التجفيف ونوع العامل الحامل المستخدم وتركيزه، ومن الضروري معرفة الحالة المثالية التي تضمن كفاءة عملية التجفيف وجودة المنتج، إذ أنّ هناك بعض العوامل التي تؤثر بشكل حاسم في جودة خصائص مساحيق عصير الفاكهة والخضروات، ومن أهمها نوع العامل المساعد في التجفيف وتركيزه.

1-5-2-3-5- نوع العامل المساعد:

يُعدّ اختيار العامل المساعد في التجفيف أحد أهم العوامل التي تؤثر في كفاءة التجفيف وذلك بسبب غنى الفاكهة بالسكريات، إذ أنّه من الصعب الحصول على مساحيق العصائر دون وجود عوامل مساعدة في التجفيف، إذ تعمل إضافة العامل على زيادة درجة التحول الزجاجية للمنتج وتقلل من الالتصاق والاسترطابية والتكتل. إنّ اختيار المادة الحاملة في عملية التجفيف، تُعدّ أهم خطوة لأنها ستؤثر بشكل مباشر في خصائص المسحوق المجفف وجودته، إذ يتم الاختيار عادة من خلال النظر في مواصفات المنتج النهائي والتركيب الكيميائي للمنتج (Shishir and Chen, 2017,56)، علاوة على ذلك يجب أن تكون المادة معتمدة ومعترف بها على أنها آمنة من قبل GRAS حتى يتم استخدامها في الصناعات الغذائية.

يمكن اختيار المادة الحاملة المثالية بناءً على عدة معايير يجب أن تكون قابلة للذوبان بدرجة عالية، لها القدرة على الاستحلاب والانتشار، بالإضافة إلى اللزوجة المنخفضة حتى عند التراكيز العالية، عالية الوزن الجزيئي، لديها درجة حرارة تحول زجاجية لتقليل تأثيرات لزوجة المساحيق، يجب أن تكن غير تفاعلية، لها القدرة على تشكيل حاجز واقٍ لحماية المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة من الحرارة والضوء والأوكسجين والضوء (Bednarska and Janiszewska-Turak, 2020,565).

1-5-2-3-6- تركيز العامل المساعد في التجفيف:

تؤدي إضافة العامل المساعد في التجفيف إلى تحسين عملية التجفيف، إذ يزيد من إنتاجية التجفيف ويقلل المحتوى من الرطوبة مع زيادة التركيز.

يعتمد التركيز الأمثل على العينة المستخدمة ونوع العامل المساعد في التجفيف المستخدم، وعادة ما يتم تحديد النطاق المستخدم للعامل المساعد في التجفيف من خلال إجراء التجربة وتعيينه بناء على الخصائص المرغوبة للمنتج النهائي، ويُعدّ إجراء تجارب التجفيف لعصائر الفاكهة على المستوى التجريبي أمراً مهماً وضرورياً وذلك لتحديد ظروف التجفيف المثالية واختيار العوامل الحاملة المثالية وتركيزها المناسب (Gawalek, 2021,3).

1-5-2-3-7- معايير جودة مساحيق عصائر الفاكهة المجففة:

يوجد عدة مؤشرات لتحديد كفاءة عملية تجفيف مسحوق عصائر الفاكهة باستخدام العوامل المساعدة في التجفيف أهمها المحتوى من الرطوبة، النشاط المائي، الكثافة، قابلية الذوبان، والاسترطابية:

- 1- **المحتوى من الرطوبة:** يُعدّ المحتوى من الرطوبة أحد أهم خصائص المساحيق المجففة، إذ يلعب دوراً مهماً في تحديد قابلية التدفق والالتصاق واستقرار المسحوق خلال مدة التخزين وأكسدة العوامل الفعالة بيولوجياً والنمو الميكروبي، ويجب أن تتراوح رطوبة المساحيق المعدة للتخزين بين 4-6 % (Šavikin et al., 2021,5).
- 2- **النشاط المائي:** هو مقياس يعبر عن مدى توفر الماء الحر للتفاعلات البيولوجية في المساحيق كلما كانت قيمته منخفضة انخفضت التفاعلات الكيميائية والحيوية والميكروبية، وبالتالي إطالة مدة حفظ المسحوق والحد من النمو الميكروبي (Hendrysiak et al., 2023,3).

- 3- **الكثافة:** زادت الأسباب الاقتصادية والوظيفية من أهمية تعيين هذا العامل، إذ تتأثر عملية التغليف والنقل وكمية المواد اللازمة لملئ حجم معين من العبوة بقيم الكثافة، ويتمتع المسحوق الناعم بكثافة عالية مما يشير إلى انخفاض كمية الهواء بين تجاويف المسحوق وبالتالي منع أكسدة الدهون وزيادة استقرارها (Phing and Saleena, 2022, 251).

- 4- **الاسترطابية:** هي قدرة وميل مسحوق الطعام إلى جذب واحتجاز الماء من البيئة المحيطة، ففي حالة مساحيق الفاكهة يكون الغلوكوز والفركتوز مسؤولين عن التفاعل القوي مع جزيئات الماء، وذلك بسبب الأطراف القطبية الموجودة للسكريات، وتُعدّ هذه الخاصية مقياساً لاستقرار المساحيق أثناء التخزين، ويفضل انخفاض الاسترطابية

في مساحيق عصائر الفاكهة المجففة، إذ أنَّ للاستشرابية العالية ميل أكبر لامتصاص الماء وتصبح المساحيق لزجة جداً، وتؤثر هذه الخاصة بشكل مباشر في قابلية التدفق (Martínez-Navarrete *et al.*, 2022,10).

5- مؤشر قابلية الذوبان:

يُعدّ قياس قابلية ذوبان المسحوق في الماء بمثابة معيار لمدى ذوبان المسحوق في الماء، إذ أنَّ الذوبان السريع والكامل للمسحوق هو معيار الجودة الرئيسة، ومن المرغوب فيه أن يتمتع المنتج بقابلية ذوبان عالية بحيث يكون من الأسهل إذابته وتحضيره للاستهلاك، بدلاً من وجود مسحوق غير منحل في الجزء العلوي (Nani and Krishnaswamy, 2023,13).

6- قابلية التدفق والانسيابية: هي مقياس لخصائص التدفق الحر للمسحوق، وهي السهولة التي تتحرك بها جزيئات المسحوق، وهي خاصة معقدة يتم التحكم فيها من خلال عوامل فيزيائية (حجم الجزيئات) وعوامل خارجية (درجة الحرارة والرطوبة)، إذ تعطي الانسيابية المنتظمة والجيدة تعبئة منتظمة.

من العوامل المستخدمة بشكل شائع مقياس هاسنر وكار وهي مقاييس تستخدم بشكل غير مباشر لقياس تدفق الجسيمات والذي يتأثر بدورها بالمؤشرات الفيزيائية والكيميائية للجسيمات مثل الحجم وخصائص السطح (Baldim *et al.*, 2020,9).

7- مورفولوجيا الجسيمات: يتم الحصول عليها من خلال الصور المجهرية للمساحيق المنتجة وذلك عن طريق المجهر الإلكتروني (SEM)، وكلما كان حجم الجزيئات أكبر كانت المساحيق عالية الكثافة وبالتالي الانسيابية أفضل، وكلما كانت الجزيئات كروية الشكل ومنتظمة كانت الانسيابية أفضل (Mesquita *et al.*, 2022,11).

8- الإنتاجية: يؤدي تجفيف عصائر الفاكهة ذات المحتوى العالي من السكريات منخفضة الوزن الجزيئي إلى انخفاض في الإنتاجية وهو أمر غير مرغوب فيه، ومع ذلك يمكن تقليل الخسائر عن طريق اختيار العامل المساعد في التجفيف المناسب، أوضحت الدراسات والأبحاث العلمية بزيادة تركيز المادة الحاملة يزداد المحتوى من المواد الصلبة وبالتالي زيادة في الإنتاجية، بينما بيّنت دراسات أخرى أنَّ إضافة العوامل المساعدة في التجفيف بتركيز عالية لا تؤدي دائماً إلى نجاح عملية التجفيف وزيادة الإنتاجية، وهذا السلوك المعاكس لتركيز العامل المساعد في

إنتاجية المنتج ربما بسبب تركيبه الكيميائي المختلف، وعلاوة على ذلك فإن زيادة تركيز العامل الناقل بشكل كبير يؤدي إلى زيادة التكلفة ويكون لها تأثير سلبي في طعم المنتج، مما يؤدي إلى عدم قبول المستهلك لهذه المنتجات (Dobrinčić *et al.*, 2020,478).

9-درجة التكتل:

يتم التعبير عن درجة التكتل كنسبة مئوية من المسحوق والذي سيبقى على منخل ذو حجم شبكي محدد بعد التجفيف بسبب تكتل المسحوق فقدان جودته وبالتالي خسائر اقتصادية.

1-5-3-شرائح الكاكي المجففة:

يُعدّ التجفيف أهم تقنيات الحفظ الشائعة لإطالة مدة الحفظ للفاكهة والخضروات وتحسين استقرار الغذاء، وتحتوي العديد من الفاكهة والخضروات على نسبة عالية من الرطوبة، والتي يمكن أن تتراوح من 80% إلى 85%، مما يجعلها عرضة للنمو الميكروبي والتلف أثناء التخزين، ويمكن أن يقلل التجفيف من تلف الفاكهة والخضروات وذلك عن طريق تقليل المحتوى من الرطوبة والتدهور الكيميائي والحمل الميكروبي (Brasiello *et al.*, 2017,1) يُعدّ التجفيف بالهواء الساخن أكثر الطرائق استخداماً لتقليل المحتوى من الرطوبة للخضروات والفاكهة نظراً لفعاليتها من حيث التكلفة، ومع ذلك يؤدي التجفيف بالهواء الساخن إلى حدوث تغيرات في أنسجة الفاكهة واللون والملبس والانكماش وتغيرات في القوام مما يؤثر سلباً في جودة المنتج المجفف وقبول المستهلك (Md Saleh *et al.*, 2020,2).

وفقاً للدراسات الحديثة يزداد طلب المستهلكين للفاكهة المجففة باعتبارها خياراً صحياً للوجبات الخفيفة ذات مدة صلاحية طويلة (Tarancón *et al.*, 2021,3).

يتأثر لون الفاكهة المجففة بتحلل الكاروتينات، وأكسدة فيتامين C، وتكوين أصباغ بنية ناتجة عن التفاعلات الإنزيمية وغير الإنزيمية بتأثير المعالجة الحرارية، إذ تُعدّ مشكلة الاسمرار الإنزيمي من بين أكبر العقبات في تجفيف وتخزين الفاكهة ومعالجتها، وهذه الظاهرة تُعزى لإنزيم بولي فينول أوكسيداز، الذي يحفز تحويل البولي

فينولات إلى كينونات، وهذه الكينونات تتبلر وتنتج أصباغ الميلانين بنية اللون، وهي تكون مسؤولة عن تشكيل اللون البني أثناء تجفيف الفاكهة (González *et al.*, 2020,2).

توفر المركبات الفينولية المتواجدة في الفواكه و ثمار الكاكي وخاصة الأحماض الفينولية الأحادية (حمض الغاليك، حمض الفيروليك، حمض الكلوروجينك، حمض الكافيك) و التانينات المكثفة ركائز أساسية و محفزة لعمل إنزيم بولي فينول أوكسيداز (Zhou *et al.*, 2022).

وجدت الدراسات أنّ المعاملة المسبقة والأولية قبل عملية التجفيف تعطل الأنزيمات وتعزز من معدل التجفيف وبالتالي المحافظة على جودة المنتج المجفف، ولكل نوع من الخضار والفاكهة ظروفه المثلى للمعالجة المسبقة قبل عملية التجفيف (Osae *et al.*, 2020, 2585).

1-3-5-1- المعاملات الأولية قبل عملية التجفيف:

تهدف المعاملة المسبقة للفاكهة قبل التجفيف إلى تحسين جودة المنتج المجفف وزيادة مدة صلاحية المنتج، ويوجد أنواع مختلفة من المعاملات المسبقة التي تم استخدامها ومن أهمها:

1-السلق:

تُعدّ المعاملة المسبقة باستخدام السلُق طريقةً فعالةً لتقصير مدة التجفيف، وعادةً ما تتم المعاملة باستخدام الماء الساخن عند درجة حرارة أعلى من 80°م، والهدف منها هو تعطيل الإنزيمات التي تتلف المنتجات أثناء التجفيف والتخزين، بالإضافة إلى ذلك تُحسن هذه المعاملة من مدة التجفيف لأن الخلايا تتكسر وتعزز من معدل الرطوبة، ولكن هذه المعاملة تدهور مستوى البكتين وتُغيّر بنية الأنسجة في الفاكهة، إذ يُساهم البكتين في تحديد بنية وقوام الأنسجة وهو عامل مهم في جودة الفاكهة المجففة (Sarkar *et al.*, 2021,394).

2-الغمر في المحاليل الحمضية:

تُستخدم المعاملة الحمضية بشكل كبير قبل عملية التجفيف، وذلك لتحسين جودة المنتج وذلك من خلال تعطيل الإنزيمات وتعزيز الأصبغة واستقرار المنتجات المجففة، ويقع الرقم الهيدروجيني للبولي فينول أوكسيداز عند

6-7، لذلك يتم تثبيط نشاط البولي فينول أو أكسيداز عندما يتم تخفيض رقم pH وبالتالي التقليل من اللون البني للمنتجات المجففة، علاوةً على ذلك فإنّ استقرار بعض الأصبغة يكون في الحالة الحمضية.

بالإضافة إلى ذلك بعض الصبغات حساسة للأحماض مثل الكاروتينات والكلوروفيل، إذ يتحول الكلوروفيل إلى فيوفيتين في البيئة الحمضية ويتغير اللون من الأخضر إلى الأخضر البني (Deng et al, 2019,1414).

2-1- حمض السيتريك:

بدأ إنتاج حمض السيتريك من خلال عملية التخمير باستخدام الكائنات الدقيقة، وهو عبارة عن مسحوق أبيض عديم الرائحة، ذو طعم حاد، الصيغة الجزيئية $C_6H_8O_7$ ، وهو حمض عضوي ضعيف كما أنه شديد الذوبان في الماء، وهو آمن ويستخدم على نطاق واسع في الصناعات الغذائية والدوائية وله العديد من التطبيقات يستخدم كعامل مضاد للاسمرار ومضاد للأكسدة ويستخدم لتعزيز النكهة، يستخدم في صناعة الفاكهة المجففة للتقليل من تحول لون المنتجات المجففة إلى اللون البني، له دور في تسريع عملية التجفيف وذلك عن طريق تخفيف البكتين في البيئة الحمضية مما يؤدي إلى تعزيز إزالة الماء وتثبيط إنزيم بولي فينول أكسيداز من خلال خفض رقم pH (Hiranvarachat et al., 2011,116).

2-2- حمض الأسكوربيك:

هو عبارة عن مسحوق بلوري عديم الرائحة الصيغة الجزيئية $C_6H_8O_6$ ، وزنه الجزيئي 176.12 غ/مول، يستخدم كمضاف غذائي، وهو مادة حافظة، حمض ضعيف يذوب بسهولة في الماء، ويستخدم كمكمل غذائي، يحد من انتشار الأوكسجين، لذلك يستخدم لمنع تفاعلات الأكسدة والتحول البني في صناعة الفاكهة المجففة. ويُعدّ حمض الأسكوربيك أقل فعالية في منع الاسمرار الإنزيمي، ويعزى ذلك إلى اختراقه غير الكافي للخلايا لذلك يتم دمج مع حمض السيتريك (Zhu et al.,2007,640).

3-الكبريتات:

تم استخدام الكبريتات على نطاق واسع في صناعة الأغذية وذلك من أجل تقليل اللون الداكن أثناء عملية التجفيف ومنع فقدان الجودة أثناء معالجة الأطعمة وتخزينها، يتم تطبيقها باستخدام غاز ثنائي أكسيد الكبريت أو

أملاح الكبريت مثل ميتا باي سلفيت الصوديوم أو البوتاسيوم ($(K_2S_2O_5)$ ($Na_2S_2O_5$))، ويعمل الكبريت على تثبيط PPO إنزيم بولي فينول أوكسيداز من خلال التفاعل بين أيونات الكبريت والكينون، وبالتالي تثبيط واستنفاد الأوكسجين، ولها مزايا الحفاظ على اللون ومنع التلف (Deng et al., 2019,1413).

1-6- طرائق التجفيف المستخدمة في تجفيف منتجات ثمار الكاكي:

1-6-1- التجفيف الأسموزي:

عادةً ما يتم استخدام طريقة التجفيف بالهواء الساخن لتقليل الفقد ما بعد الحصاد للفاكهة، ومع ذلك فإنّ خصائص الجودة من اللون والنكهة وقوام المنتج تتأثر سلباً باستخدام المعالجة الحرارية، لذلك يُعدّ التجفيف الأسموزي تقنية مناسبة للتغلب على الآثار غير المرغوب فيها للحرارة والحفاظ على خصائص الجودة للمنتج (Pateiro et al., 2022,2).

التجفيف الأسموزي: المصطلح الدقيق لهذه التقنية هو نزع الماء الأسموزي، إذ لا تزال القطع النباتية تحتوي على الماء، إذ يتم نزع الماء جزئياً باستخدام هذه الطريقة وذلك عن طريق غمر قطع الفاكهة أو الخضروات، في محلول مائي مركز، وهذه الطريقة فعالة في درجات الحرارة المحيطة، إذ تستخدم كمعاملة تسبق عملية التجفيف ويتم الحصول على غذاء متوسط الرطوبة (Salehi, 2022).

1-6-1-1- آلية ومبدأ التجفيف الأسموزي:

المبدأ الأساسي الذي تقوم عليه تقنية التجفيف الأسموزي هو وضع الفاكهة والخضروات في محاليل مركزة ذات ضغط أسموزي عالي، الفرق في الإمكانات الكيميائية للماء الموجود داخل خلايا الفاكهة والوسط الأسموزي هو القوة الدافقة لإزالة الماء، ومن السهل إجراؤه في درجة حرارة الغرفة مما يضمن الاحتفاظ بالألوان والمغذيات، إذ تسمح الطبقة شبه النفوذة للأنسجة النباتية والحجم الجزيئي المنخفض لجزيئات الماء بتدفق متزامن ومتعكس بحيث يتم نقل الماء من الفاكهة ونقل المذاب من المحلول الأسموزي إلى أنسجة الفاكهة (Asghari et al., 2024).

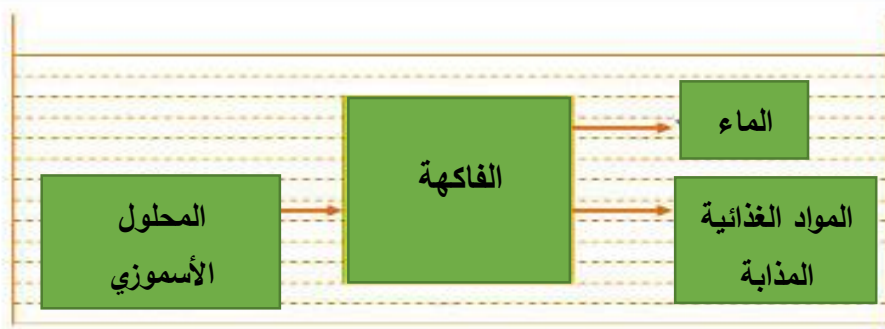
أوضحت الدراسات أنّ عملية التجفيف الأسموزي تمر بثلاث مراحل:

المرحلة الأولى: يتدفق الماء من المنتج إلى المحلول بمعدل سريع في البداية، ثم يبطؤ بعد ذلك.

المرحلة الثانية: خلالها يتم نقل المذاب من المحلول إلى المنتج، إذ تُعد هذه المرحلة نقل المذاب مرحلة مهمة، ويُعدّ المذاب عامل حفظ وله دور في تحسين الجودة الحسية للمنتج.

عندما يتم غمر المادة الصلبة في المحلول الأسموزي، تتصل الخلايا الموجودة في الطبقة الأولى من المادة بالمحلول الأسموزي، وتبدأ بفقد الماء بسبب تدرج التركيز بين هذه الخلايا والمحلول الأسموزي، بعد ذلك تبدأ خلايا هذه الطبقة بالانكماش وبعد أن تفقد خلايا الطبقة الأولى الماء ينشأ فرق جهد كيميائي للماء بين الطبقة الأولى من الخلايا والطبقة الثانية، إذ تبدأ بضخ الماء إلى خلايا الطبقة الأولى ثم تنقلص، تمتد عملية نقل الكتلة وانكماش الأنسجة من السطح إلى مركز المادة مع مرور الوقت ويحدث انكماش الأنسجة وانتقال الماء بشكل متزامن أثناء عملية التجفيف الأسموزي.

المرحلة الثالثة: وتُعدّ هذه المرحلة مهمة عند مقارنتها بالمراحل الأولى، ولكنها أهم مرحلة إذ يتم ترشيح بعض المواد الغذائية المذابة (الأحماض العضوية، الفيتامينات)، وهذه المواد تتدفق من الأطعمة ولكن من الناحية الكمية تُعدّ هذه المرحلة غير معنوية بالمقارنة بتدفق الماء واكتساب المذاب، ولكن من الضروري ذكرها لأنها تتعلق بالتركيب الكيميائي للمنتج النهائي، وتؤثر في جودته (Fernández et al., 2020,1).



الشكل 2؛ آلية التجفيف الأسموزي (Chandra and Kumari,2015,553)

1-6-1-2- مزاي التجفيف الأسموزي:

1-تقليل استهلاك الطاقة بنسبة 20-30%، وتقليل مدة التجفيف.

2-تحسين جودة المنتجات المجففة من حيث اللون والنكهة والرائحة والقوم، إذ لوحظ تشابه حسي كبير بين هذه المنتجات الطبيعية والمنتجات المجففة بهذه الطريقة.

3-استقرار المنتج أثناء مدة التخزين.

4-إمكانية تدوير المحلول الأسموزي المتبقي بسبب ترشيح بعض المواد المغذية إلى المحلول الأسموزي أثناء إجراء التجفيف الأسموزي، إذ يمكن استخدامه كمحلي ذو قيمة مضافة للمنتجات الغذائية أو في صناعة المشروبات، أو يمكن إعادة استخدامه لمزيد من التجفيف، ولكن يجب الأخذ بعين الاعتبار أنّ هذا المحلول يتسم ببعض التغيرات في بعض الخصائص أهمها اللزوجة العالية زيادة في المحتوى من المواد العضوية، والتي توفر ركيزة لنمو الميكروبات ولكن يمكن القضاء على هذه المشكلة طريق إعادة تركيز المحلول أو البسترة أو عن طريق إضافة محلول أسموزي جديد (Pandiselvam et al.,2022,756).

1-6-1-3- العوامل المؤثرة في عملية التجفيف الأسموزي:

1-نوع العامل الأسموزي المستخدم:

تتأثر عملية التجفيف الأسموزي بالعوامل الفيزيائية والخصائص الكيميائية للمذاب، ويلعب نوع العامل الأسموزي المستخدم الدور الأكثر أهمية في عملية التجفيف الأسموزي نظراً لوجود مجموعة متنوعة من العوامل الأسموزية المستخدمة، ويُعدّ اختيار هذا العامل مهماً جداً في صناعة المواد الغذائية، مع أخذ عدة عوامل في عين الاعتبار عند اختياره، وأهمها أن يكون العامل الأسموزي فعالاً وغير سام وذو مذاق جيد، ويتمتع بقابلية ذوبان جيدة لتشكيل محلول عالي التركيز ولا يتفاعل مع المنتج، وأن يكون سعره منخفضاً، والعوامل الأسموزية الأكثر شيوعاً هي السكريات (تستخدم مع الفاكهة بشكل أساسي)، والأملاح (تستخدم مع الخضروات والأسماك واللحوم)، وهما أفضل الخيارات وذلك بناءً على الفعالية والملائمة والنكهة، ويراعى في هذه المرحلة اختيار العوامل الأسموزية التي تمتلك معدل انتشار جيد خلال أغشية الخلايا (Chandra et al.,2015,552)

أشارت الكثير من الأبحاث إلى أنّ الجمع بين العوامل الأسموزية المختلفة أكثر فعالية من استخدام عامل أسموزي لوحده بسبب الاستفادة من خصائص المواد المذابة، ويُعدّ السكروز والغلوكوز من أهم السكريات المستخدمة والأكثر استخداماً نظراً لمعدل انتشارها العالي.

بشكل عام العامل الأسموزي منخفض الوزن الجزيئي له القدرة على اختراق خلايا الفاكهة مقارنة مع العامل الأسموزي الذي يتمتع بوزن جزيئي عالي، إذ تتمتع المحاليل الأسموزية ذات الوزن الجزيئي المنخفض انخفاضاً في اللزوجة، إذ تسهل اللزوجة المنخفضة من نقل جزيئات المحلول إلى العينة، في حين تعمل اللزوجة العالية على تكتل جزيئات المحلول الأسموزي وتدفعها للالتصاق بسطح الجزء الخارجي للعينة، وتخفض هذه الطبقة السطحية من معدل انتشار الماء المتبقي أثناء عملية التجفيف النهائية.

في الآونة الأخيرة تمّ استخدام العسل لتعزيز عملية التجفيف الأسموزي ويتكون العسل من الفركتوز والغلوكوز والمالتوز والسكروز مقارنة مع استخدام المحاليل السكرية الأحادية، ويُعدّ العسل ذو ضغط أسموزي مرتفع، مما يسمح بانتشار الماء بسرعة (6, Sghari et al., 2024).

2- المعاملة المسبقة:

المعاملة المسبقة قبل عملية التجفيف الأسموزي مهمة للغاية، إذ تمنع تغير لون الخضروات والفاكهة، وتزيد من الجودة الغائية والحسية للمنتجات المجففة، وتشمل المعاملة المسبقة الغمر في الأحماض العضوية أو القلويات، أو عملية السلق (1, Alabi et al., 2022).

3- تركيز العامل الأسموزي المستخدم:

يؤثر العامل الأسموزي في حركية نقل الكتلة أثناء عملية التجفيف الأسموزي، وإنّ الزيادة في تركيز المحلول الأسموزي تؤدي إلى زيادة فقدان الماء حتى الوصول إلى مستوى التوازن، وذلك بسبب الزيادة في تدرجات الضغط الأسموزي، عند زيادة تركيز المحلول الأسموزي أكثر من اللازم يزيد من مقاومة نقل الكتلة في المحلول المجاور لسطح العينات، ويتطلب المحلول المركز بشكل كبير مزيداً من الوقت لتحقيق مرحلة التوازن، ويعزى ذلك إلى أنّه مع زيادة التركيز لوحظ أنّ المحاليل الأسموزية تكون أكثر لزوجة وبالتالي تواجه المواد المذابة مزيداً من الصعوبات في الاختراق، وتسبب طفو قطع الطعام على السطح وإعاقة الاتصال بين المواد الغذائية والمحلول

الأسموزي، وأيضاً تزداد صلابة الطبقات الخارجية بسرعة أكبر بسبب التركيز الأكبر للمحلول الاسموزي، لذلك يُعدّ تركيز المحلول الاسموزي 50 - 60% هو التركيز الأفضل (Sghari et al., 2024,7).

4-درجة الحرارة:

تؤثر درجة الحرارة بشكل ملحوظ في الضغط الاسموزي، إذ تؤثر في حركية تبادل الكتلة، وإن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة فقدان الماء وزيادة اكتساب المذاب، وللفاكهة بنية مسامية لذلك فإن درجات الحرارة المرتفعة تطلق الهواء المحتجز من الأنسجة مما يؤدي إلى إزالة الماء بشكل أكثر كفاءة عن طريق الضغط الاسموزي، وتقلل درجة الحرارة المرتفعة من لزوجة المحلول الاسموزي مما يقلل من المقاومة الخارجية للكتلة مما يسهل من تدفق المياه من الفاكهة (Alabi et al.,2022,1).

5-المدة الزمنية:

المدة الزمنية لها تأثير كبير في العملية الاسموزية، وكلما كانت المدة الزمنية أطول أدى ذلك إلى ارتفاع إزالة الماء مع الحد الأدنى من امتصاص المذاب، وإنّ الامتصاص المفرط للمذاب يمكن أن يسد الطبقة السطحية للمنتج ويقلل من معدل انتشار الماء أثناء عملية التجفيف النهائية (Pandiselvam et al., 2022,737).

6-نسبة العينة إلى المحلول:

تُعدّ نسبة وزن العينة إلى المحلول ذات أهمية كبيرة خلال المعاملة الاسموزية للفاكهة والخضروات، وتُعدّ نسبة العينة إلى المحلول 1:2 أو 1:3 هي النسبة الأمثل، وهي إحدى المؤشرات المهمة التي تؤثر في نسبة التجفيف الاسموزي، وينبغي اختيار نسبة المحل إلى العينة بحكمة حتى تكون القوة الدافعة لإزالة الرطوبة الموجودة حتى نهاية العملية، وتصبح المحاليل الاسموزية مخففة بشكل متزايد مع تقدم عملية التجفيف وبذلك تنخفض القوة الدافعة لإزالة الماء (Lewicki and Lenart, 2020,700).

أثناء المعاملة الاسموزية فإن صلابة الفاكهة تنخفض وهذه التغيرات في الأنسجة النباتية نتيجة لذوبان البكتين والانكماش وذلك بسبب فقدان الماء، إذ اتجهت الأبحاث والدراسات في الآونة الأخيرة إلى استخدام كلوريد الكالسيوم أثناء المعاملة الاسموزية، وتُستخدم أملاح الكالسيوم وخاصةً كلوريد الكالسيوم على نطاق واسع وخاصةً

في صناعة المواد الغذائية لأنها توفر فوائد كبيرة في حفظ القوام، وتساعد أملاح الكالسيوم في الحفاظ على القيمة الغذائية للفاكهة.

عندما يتم غمر قطع الفاكهة في محلول يحوي كلوريد الكالسيوم، فإنّ أيونات الكالسيوم تتجذب نحو مجموعات الكربوكسيل من البكتين الموجود في جدار الخلية، ويمنع كلوريد الكالسيوم تحلل البلازما وتقوية قوام الثمرة والحفاظ على صلابتها (Asman and Raja, 2023,5).

1-6-2- التجفيف باستخدام الهواء الساخن:

يُعدّ التجفيف باستخدام الهواء الساخن هو الأسلوب التجاري الأكثر استخداماً لتجفيف الخضروات والفاكهة، والأكثر كفاءة والأقل تكاليف تشغيل، ويتم نقل الحرارة من الهواء إلى المنتج الغذائي عن طريق الحمل الحراري، ويتم نقل الماء المتبخر أيضاً عن طريق الحمل الحراري (Bai *et al.*, 2023,2).

1-6-3- التجفيد:

تُعدّ تقنية التجفيد إحدى أهم تقنيات التجفيف المستخدمة وذلك بسبب درجات حرارة التشغيل المنخفضة المطلوبة في هذه العملية، مما يقلل من الضرر الحراري، وتتم المحافظة على النكهة ومؤشرات اللون للمنتج النهائي، وتعتمد هذه الطريقة على إزالة الماء الموجود في المادة الغذائية عن طريق تحويله إلى بلورات ثلجية ومن ثم تحويله إلى بخار، وتتضمن هذه العملية ثلاث مراحل وهي مرحلة التجميد، مرحلة التجفيد الأولي، ومرحلة التجفيد الثانوي، في مرحلة التجميد يتم تحويل المادة الغذائية إلى بلورات ثلجية وتصبح مادة صلبة مناسبة لمرحلة التجفيد، وفي مرحلة التجفيد الأولي يتم إزالة الجليد عن طريق التسامي، وفي عملية التجفيد الثانوي يتم إزالة الماء المقيدة والمتبقية للوصول إلى المحتوى المطلوب من الرطوبة (El Amine, 2022, 252).

يمكن الحصول على منتجات مجففة عالية الجودة الغذائية باستخدام تقنية التجفيد بالتجميد، وتمتاز هذه الطريقة بمعايير عالية من الاعتمادية والجودة، ويتم توزيع واستهلاك وتخزين هذه المنتجات المجففة بسهولة وتحافظ هذه الطريقة على الفيتامينات ومضادات الأكسدة (Dubkova *et al.*, 2021,69).

الفصل الثاني

مواد البحث وطرائقه

MATERIALS & METHODS

2- مواد البحث وطرائقه:

2-1- مواد البحث:

تمّ الحصول على عينات ثمار الكاكي الطازجة وهي في طور النضج الكامل من السوق المحلية لمحافظة ريف دمشق، أُجريت كافة الاختبارات وتجارب البحث في مخابر قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة في جامعة دمشق، ومخابر الهيئة العامة للتقانات الحيوية.

استخدمت ثمار الكاكي (*persimmon kaki*)، حيث تمّ استخدام نوعين من الثمار لتحضير منتجات الكاكي المجففة وهما:

Hachiya: الثمرة كروية الشكل، اللون أحمر برتقالي، ذات طعم قابض، لا يمكن استهلاكها إلا بعد نضجها، تنضج في منتصف شهر تشرين الأول، لا تحتوي على بذور، استخدم هذا الصنف في تصنيع منتجات الكاكي المجففة (لفائف ومسحوق) (Giordani,2002,31).

Fuyu: الثمرة كروية الشكل ذات لون أحمر برتقالي، ذات طعم حلو، تمتاز بغياب الطعم القابض، اللب متماسك، لا تحتوي على بذور، تنضج في أواخر شهر تشرين الأول، استخدم هذا الصنف في تصنيع شرائح الكاكي المجففة (Giordani,2002,31).

2-2- طرائق البحث:

2-2-1- تصنيع لفائف فاكهة الكاكي المجففة:

جُمعت ثمار الكاكي الطازجة وهي في مرحلة النضج الكامل، غُسلت الثمار بالماء وأزيلت القشور واستبعدت التالف منها، وبعد ذلك هُرس الثمار وجُنّس هريس الثمار بواسطة خلاط كهربائي (Starway-4550D، صيني المنشأ) لمدة 3 دقائق، وأضيف لها سكر السكروز بنسبة 15% والغلوكوز بنسبة 15% والنشاء بنسبة (Mohamed 3.17% (et al.,2018)، بعد ذلك قُسم الهريس إلى أربع مجموعات:

المجموعة الأولى: عينة الشاهد.

المجموعة الثانية: أُضيف المالتودكسترين إلى الخليط السابق بنسبة 0.2% (Sánchez Riaño *et al.*, 2018, 110).

المجموعة الثالثة: أُضيف الصمغ العربي إلى الخليط السابق بنسبة 0.2% (Sánchez Riaño *et al.*, 2018, 110).

المجموعة الرابعة: أُضيف البكتين إلى الخليط السابق بنسبة 0.2% (Sánchez Riaño *et al.*, 2018, 110).
 سُخِّن الخليط عند درجة حرارة 80°م لمدة خمس دقائق وذلك لزيادة تماسك الخليط والقضاء على الحمولة الجرثومية وتعطيل عمل الإنزيمات، وبعد ذلك تُرك الخليط حتى يبرد، ثم أُضيفت مادة ميتا باي سلفيت الصوديوم بنسبة 0.2 %، ومن ثم وزع الخليط على ورق الزبدة وجُفف باستخدام مجفف الهواء الساخن (Memmert-type D 91126، ألماني المنشأ) عند درجة حرارة 60°م حتى الوصول إلى محتوى رطوبي لا يزيد عن 20% وبعد انتهاء عملية التجفيف عُبئت اللفائف في أكياس من البولي إيثيلين لحين وقت التحليل (Mohamed *et al.*, 2018, 2073).

2-2-2- تصنيع مسحوق هريس الكاكي:

فُرِزَت الثمار ونُظِفَت وأُزِيلَت القشور، ثم قُسم هريس الكاكي إلى عدة أقسام:

القسم الأول (عينة الشاهد): هريس الكاكي دون إضافة أي عوامل مساعدة في التجفيف.

القسم الثاني: هريس الكاكي مع إضافة المالتودكسترين (العامل المساعد في التجفيف) بتركيز مختلفة (40، 45، 50%) من وزن هريس الكاكي، ومانع التكتل (فوسفات الكالسيوم الثلاثية) بتركيز 1% من وزن هريس الكاكي (Kamtekar *et al.*, 2017, 52).

القسم الثالث: هريس الكاكي مع إضافة الصمغ العربي (العامل المساعد في التجفيف) بتركيز مختلفة (25، 30، 35%) من وزن هريس الكاكي، ومانع التكتل (فوسفات الكالسيوم الثلاثية) بتركيز 1% من وزن هريس الكاكي (Kamtekar *et al.*, 2017, 52).

القسم الرابع: هريس الكاكي مع إضافة مزيج من المالتودكسترين والصمغ العربي بنسبة (10:40%) من وزن هريس الكاكي، ومانع التكتل (فوسفات الكالسيوم الثلاثية) بتركيز 1% من وزن هريس الكاكي (Kamtekar et al., 2017, 52).

جُتست كل عينة على حدة لمدة 3 دقائق باستخدام جهاز الخلط (Starway-4550D، صيني المنشأ).

2-2-2-1 - طرائق التجفيف:

1 - التجفيف باستخدام الهواء الساخن: وضع الخليط المتجانس على ورق الزبدة، ثم جُفف الخليط المتجانس السابق باستخدام مجفف الهواء الساخن (Memmert-type D-91126، ألماني المنشأ) عند درجة حرارة 60°م حتى الوصول إلى محتوى رطوبة أقل من 5%، ثم طُحن هريس ثمار الكاكي المجفف باستخدام مطحنة كهربائية لمدة 3 دقائق (Starway-4550D، صيني المنشأ)، غُبىء المسحوق الناتج بعبوات زجاجية عاتمة لحين وقت التحليل ; (Du et al., 2014, 1157).

2- التجفيد: جُفف خليط هريس الكاكي مع العوامل المساعدة في التجفيد باستخدام طريقة التجفيد، وذلك عن طريق تجميد هريس الكاكي بعد إضافة العوامل المساعدة في التجفيد بدرجة حرارة (-4°م)، وضع في جهاز التجفيد (Christ) ذو منشأ أوروبي المتواجد في كلية العلوم عند درجة حرارة -60°م وضغط 0.11 ميلي بار، ثم طُحن هريس ثمار الكاكي المجفف باستخدام مطحنة كهربائية لمدة 3 دقائق (Starway-4550D، صيني المنشأ)، ثم عبئ المسحوق الناتج بعبوات زجاجية عاتمة لحين وقت التحليل (Gopinathan et al., 2020, 5).

2-2-3 - تصنيع شرائح الكاكي المجففة:

2-2-3-1- المعاملات الأولية لثمار الكاكي قبل عملية التجفيد: أُجريت عملية الفرز لاستبعاد ثمار الكاكي التالفة وأزيلت الشوائب الغريبة، غُسلت الثمار بالماء العادي، ثم قُشّرت وقُطعت إلى شرائح، وقُسمت إلى قسمين **القسم الأول:** غُمرت شرائح ثمار الكاكي في محلول (حمض السيتريك 1%، حمض الأسكوربيك 1%، ميتا باي سلفيت الصوديوم بتركيز 8 % لمدة 3 دقائق) وفقاً لـ (Hanif et al., 2015, 67).

القسم الثاني: قُطعت الثمار إلى شرائح وغمّرت في محلول ميتا باي سلفيت الصوديوم بتركيز 8% لمدة 3 دقائق ثم قُسمت إلى أربع مجموعات، وذلك حسب (Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2018,2):

-**المجموعة الأولى:** عينة الشاهد دون أي معاملة.

-**المجموعة الثانية:** غُمّرت شرائح ثمار الكاكي في محلول السكروز 60% لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة.

-**المجموعة الثالثة:** غُمّرت شرائح ثمار الكاكي في محلول (سكروز 60% + 0.12% كلوريد الكالسيوم) لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة.

-**المجموعة الرابعة:** غُمّرت شرائح ثمار الكاكي في محلول (سكروز 40% + غلوكوز 20%) لمدة 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة.

المجموعة الخامسة: غُمّرت شرائح ثمار الكاكي في محلول (سكروز 40% + غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%) لمدة 24 ساعة،

2-2-3-2-عملية التجفيف: جُففت شرائح ثمار الكاكي في مجفف كهربائي باستخدام الهواء الساخن (Memmert-type D-91126، ألماني المنشأ) عند درجة حرارة 60°م، إذ وضعت شرائح الثمار على صواني التجفيف بشكل متجاور داخل مجفف الهواء الساخن، وجُففت العينات إلى محتوى رطوبي لا يزيد عن (18%) وبعد انتهاء عملية التجفيف وضعت العينات المجففة في أكياس من البولي إيثيلين لحين وقت التحليل.

2-3-طرائق التحليل:

2-3-1- الاختبارات الكيميائية:

1-تقدير الرطوبة: اتُبعت الطريقة الواردة في (AOAC, 2005) ذات الرقم (925) في تقدير محتوى العينات من الرطوبة الكلية، وذلك بالتجفيف في فرن تجفيف ألماني المنشأ (Memmert GmbH. Type D.91126) على درجة حرارة 105°م حتى ثبات الوزن.

2-تقدير الرماد: حُدِّدَت النسبة المئوية للرماد بترميز العينة على درجة حرارة 550°م باستخدام مرمدة نوع (WiseTherm، كورية المنشأ) حتى ثبات الوزن وذلك وفق الطريقة الواردة في (AOAC, 2005) ذات الرقم 923.03.

3-تقدير رقم الحموضة pH: قُدِّر رقم الحموضة باستخدام pH-meter (Precisa PH-900 صنع في سويسرا).

4-تقدير الحموضة الكلية: قُدِّرَت الحموضة الكلية بطريقة المعايرة المتبعة وفقاً (AOAC, 2005) وذلك باستخدام محلول NaOH بوجود مشعر الفينول فتالئين.

5-تقدير السكريات الكلية: قُدِّرَت السكريات الكلية بطريقة لين وأنبيون كما وصفت في (AOAC, 2005).

6- تقدير العناصر المعدنية: حُلِّلَت العناصر المعدنية (الصوديوم والبوتاسيوم) الموجودة في رماد العينات المدروسة باستخدام جهاز Flame Photometer (نموذج BWB، إنكليزي المنشأ) وأتُبِعَت الطريقة المذكورة في (AOAC, 2005).

حُضِرَت العينات المدروسة بإضافة 2 مل حمض كلور الماء 25 % للرماد الناتج، ونقلت كميّاً إلى دوراق معيارية سعتها 50 مل، أكملت بالماء المقطر حتى العلامة، تمّ التسخين دون غليان، ومن ثمّ الانتظار ليبرد المحلول، ثم تمّ ترشيح الناتج، أُخِذَ 1 مل من الرشاحة و أُكْمِلَ الحجم إلى 50 مل بالماء المقطر. ثم قُدِّرَت العناصر المعدنية (الصوديوم والبوتاسيوم) في الخلاصة المائية للعينات باستخدام جهاز Flame Photometer.

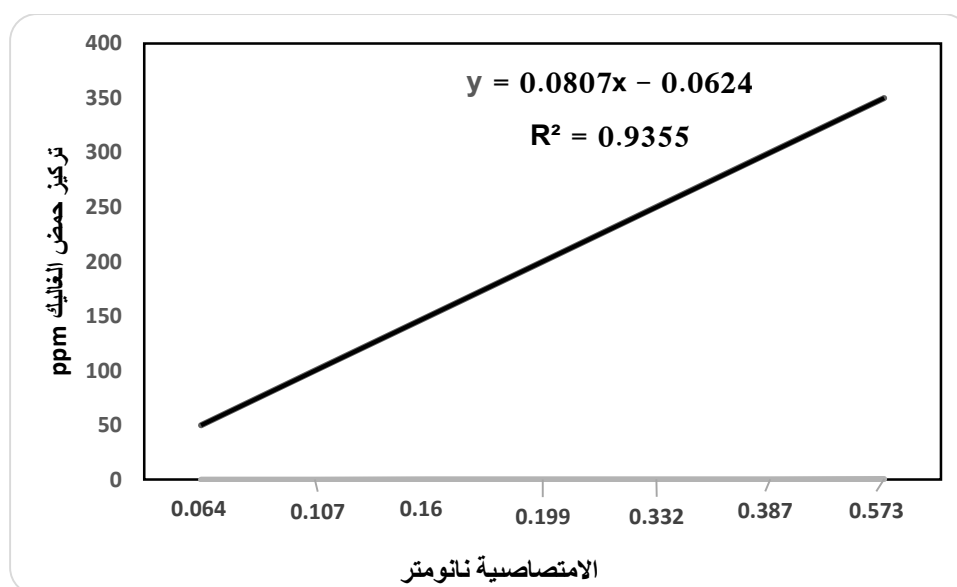
2-3-2- تقدير المركبات الفعالة بيولوجياً:

1-تقدير الفينولات الكلية:

أُتْبِعَ في استخلاص الفينولات الكلية ما ورد في الطريقة الموصوفة من قبل (Wada and Ou, 2002) حيث أُخِذَ 10 غ من العينة المهروسة ووضعت في أنبوب من البولي إيثيلين سعة 50 مل، وأُضِيفَ إليها 30 مل إيثانول مطلق، ثم مُزِجَت العينات جيداً، نُقِلَت بعدها العينة بجهاز طرد مركزي (MPW-35، ألماني المنشأ)، وأُخِذَ السائل المستخلص الرائق لإجراء التحاليل. إذ استُعملت طريقة كاشف الفولين (Folin Ciocatlau) لتحديد محتوى العينات من الفينولات الكلية، وتعتمد هذه الطريقة على إرجاع الفينولات لحمض فوسفوموليبيدي - فوسفو

تنغسيّتي في وسط قلوي إذ يتلون المحلول باللون الأزرق، وتقاس الامتصاصية بجهاز المطياف الضوئي على طول 750 نانومتر .

أُخذ 1 مل من المستخلص الكحولي الذي سبق تحضيره، وأُضيف إليها 3 مل ماء مقطر و 0.2 مل من كاشف فولين، ووضعت في دورق معياري 10 مل، ثم أُضيف إليها 4 مل كربونات الصوديوم Na_2CO_3 تركيز 7%، وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة، ثم خلط المزيج السابق وترك مدة ساعتين على درجة حرارة الغرفة، بعدها نُقلت العينات، وقيست الامتصاصية بجهاز المطياف الضوئي (موديل U-2900 من شركة HITACHI اليابانية) على طول موجة 750 نانومتر، وعُبر عن النتائج (مغ مكافئ حمض غاليك / 100 غ عينة)، ويُبين الشكل التالي المنحنى المعياري لحمض الغاليك:

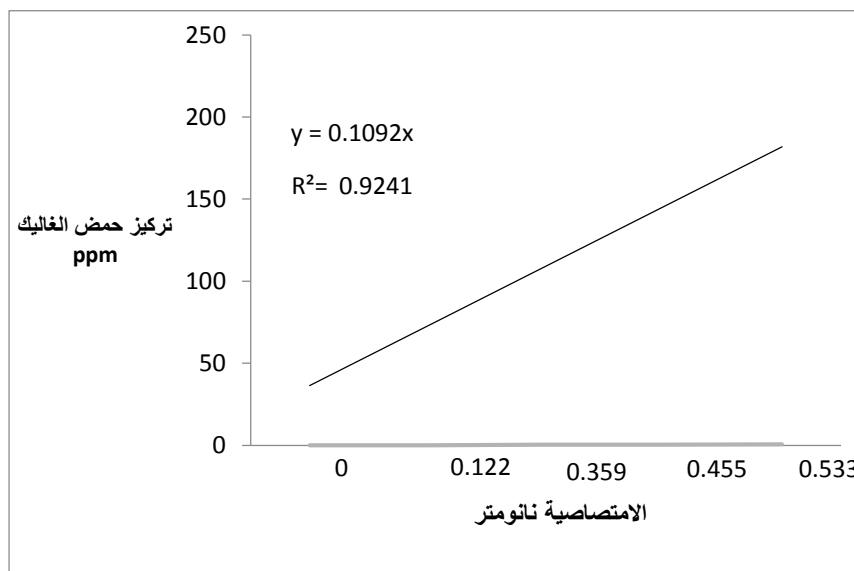


الشكل 3؛ المنحنى المعياري لحمض الغاليك

2-تقدير المحتوى من التانينات: قُدِّر المحتوى من التانينات حسب الطريقة الموصوفة من قبل (Graham, 1992, 334)، أُخذ 0.1 مل من مستخلص العينة المحضر مسبقاً، وأُضيف إليها 3 مل ماء مقطر وبعدها نُقلت

العينة بجهاز طرد مركزي مخبري، بعدها أُخذ الجزء الطافي وأُضيف لها 1 مل من فري سيانيد البوتاسيوم (0.016 M) و 1 مل من كلوريد الحديد (0.02 M)، خلط المزيج وترك لمدة 15 دقيقة وقيست الامتصاصية

بالمطياف الضوئي (موديل U-2900 من شركة HITACHI اليابانية) على طول موجة 700 نانومتر، واستعمل حمض الغاليك كمحلول معياري لتحضير المنحنى المعياري (Park, 1999, 316)، وعُبر عن النتائج ب غ/100 غ على أساس المحتوى من التانينات، ويُبين الشكل (4) المنحنى المعياري لحمض الغاليك:



الشكل 4؛ المنحنى المعياري لحمض الغاليك

3- تعيين فيتامين C: عُنِ فيتامين C وفق (AOAC, 2005) باستخدام طريقة المعايرة بصبغة 2،6 ثنائي كلورو فينول إندول فينول، والتي تعتمد على تغير لون هذه الصبغة بسبب اختزال الفيتامين لهذه الصبغة نتيجة أكسدة فيتامين C إلى فيتامين C منزوع الهيدروجين.

4- تقدير β -كاروتين:

قُدِّرَت الكاروتينات وفق طريقة (Barros *et al.*, 2008, 62)، إذ أُخذ 150 مغ من العينة واستُخلصت الكاروتينات باستخدام 10 مل من مزيج الهكسان والأسيتون بنسبة (6:4) على درجة حرارة الغرفة لمدة دقيقة، ثم أُخذت الطبقة الرائقة بعد تثقيب المستخلص بسرعة 3000 د/د مدة 5 دقائق، فُيَسَّت الامتصاصية بجهاز المطياف الضوئي على أطوال موجات (453-505-645 و 663) نانومتر، وعُبر عن النتائج ب (ميكروغرام مكافئ β -كاروتين/100 غ).

$$\beta\text{-كاروتين} = 0.216 \times A_{663} - 1.220 \times A_{645} - 0.304 \times A_{505} + 0.452 \times A_{453}$$

2-3-3- تعيين النشاط المضاد للأكسدة:

1- النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة DPPH: أُخذ 1 غ من العينة مع 20 مل من الميثانول، ومُزجت بشكل جيد لمدة 15 دقيقة، ثم نُقلت بجهاز طرد مركزي (MPW-35، ألماني المنشأ) (3000 rpm) وأُخذ السائل الرائق للتحليل (Jang *et al.*, 2010,155)، قيس النشاط المضاد للأكسدة والقدرة على تثبيط الجذور الحرة باستخدام طريقة DPPH، التي تسمح بقياس النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات الميثانولية للعينات بطريقة لونية، ويعتمد مبدأ هذه الطريقة على التغير اللوني لجذر DPPH من اللون البنفسجي إلى اللون الأصفر الفاتح، ويُعدّ تناقص قيم الامتصاصية للمزيج عند طول موجة 517 نانومتر مؤشراً لتزايد كفاءة العينة على تثبيط الجذور الحرة.

عُيّن النشاط المضاد للأكسدة وفقاً لطريقة (Wu *et al.*, 2006) وذلك بأخذ 100 ميكرو لتر من مستخلص العينة المحضّر مسبقاً العينة مع 3.9 مل من المحلول الميثانولي لمادة DPPH بتركيز (24 مغ/لتر) وبعد الخلط والمزج، تُركت العينة في الظلام لمدة 30 دقيقة، ومن ثمّ قيس الامتصاصية على طول موجة 517 نانومتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي (موديل U-2900 من شركة HITACHI اليابانية) حسب النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة DPPH وفق المعادلة:

$$\text{النشاط المضاد للأكسدة \%} = \frac{\text{امتصاصية الشاهد} - \text{امتصاصية العينة}}{\text{امتصاصية الشاهد}} \times 100$$

2- تعيين النشاط المضاد للأكسدة وفقاً لطريقة FRAP:

حُدّدت للعينات بحسب الطريقة الموصوفة من قبل (Nisar *et al.*, 2015, 1)، يُعد هذا الاختبار مؤشراً مهماً لفعالية مضادات الأكسدة إذ يسبب وجود الركائز المضادة للأكسدة في العينات في إرجاع الحديد الثلاثي إلى الحديد الثنائي، إذ أُخذ 200 ميكرو لتر من مستخلص العينة المحضّر مسبقاً وأُضيف إليها 1 مل من الماء المقطر، وأُضيف لها 2.5 مل من محلول فوسفاتي مقي (0.2 مولار، pH = 6.6) و 2.5 مل من محلول فري سيانيد البوتاسيوم (1%)، ثمّ حضّن المزيج في حمام مائي على درجة حرارة 50° لمدة 20 دقيقة، بعد ذلك أُضيف للمزيج 2.5 مل من محلول ثلاثي كلور حمض الخل (10%)، ثمّ أُخذ 2.5 مل من المزيج السابق وأُضيف إليه

2.5 مل من الماء المقطر و 0.5 مل من محلول كلوريد الحديد (0.1%)، ثم قيس الامتصاصية عند طول موجة 700 نانومتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي (موديل U-2900 من شركة HITACHI اليابانية). تدل زيادة الامتصاصية للمزيج المتفاعل على زيادة كفاءة التفاعل، حُسب النشاط المضاد للأكسدة المقاس بطريقة FRAP وفق المعادلة:

$$\% \text{ FRAP} = (1 - \text{AC}/\text{AS}) \times 100$$

حيث AC: امتصاصية الشاهد عند طول موجة 700 نانومتر.

AS: امتصاصية العينة عند طول موجة 700 نانومتر.

2-3-4-الاختبارات الفيزيائية لمسحوق الكاكي:

1-تقدير الإنتاجية (Determination of Yield): حُسبت إنتاجية مساحيق هريس الكاكي المجففة وفقاً لطريقة (Shuen et al., 2021,3)، بإتباع المعادلة التالية:

$$\text{الإنتاجية (\%)} = \frac{\text{وزن المسحوق المجفف (غ)}}{\text{كتلة هريس الكاكي (غ) + كتلة العامل المساعد التجفيف (غ)}}$$

2-تقدير مؤشر قابلية الذوبان (Determination of Water solubility index): حُسبت قابلية ذوبان المساحيق وفقاً لطريقة (Yian and Phing, 2020, 657)، إذ أُخذ 1 غ من مسحوق هريس الكاكي وأُضيف إليها 10 مل ماء مقطر ومُزجت بشكل جيد ثم حُضن المزيج في حمام مائي على درجة حرارة 37°م لمدة 30 دقيقة، ثم تُفُلت بجهاز طرد مركزي (MPW-35، ألماني المنشأ) لمدة 10 دقائق، تم وضع الجزء الطافي من العصير في أطباق بتري تم وزنها سابقاً، وجُففت بفرن التجفيف ألماني المنشأ (Memmert GmbH. Type D.91126) على الدرجة 105°م حتى ثبات الوزن وحُسبت قابلية ذوبان المسحوق من خلال الفرق في الوزن.

3-تقدير الكثافة الظاهرية والحقيقية (Determination of Bulk and true density): قيسَت الكثافة الظاهرية والحقيقية وفق طريقة (Igual et al., 2019, 4)، إذ أُخذ 2 غ من عينة المسحوق ووضعت في أسطوانة مدرجة (10 مل)، وسُجل الحجم الذي يشغله المسحوق، وتم الحصول على الكثافة الظاهرية بتطبيق المعادلة التالية:

$$\frac{\text{وزن المسحوق (غ)}}{\text{حجم المسحوق (سم}^3\text{)}} = \text{الكثافة الظاهرية (غ/سم}^3\text{)}$$

بعد تحديد الكثافة الظاهرية وضعت الأسطوانة على جهاز هزاز حتى يتغير حجم المسحوق، ثم حُسبت الكثافة الحقيقية من خلال المعادلة التالية:

$$\frac{\text{وزن المسحوق (غ)}}{\text{حجم المسحوق الحقيقي (سم}^3\text{)}} = \text{الكثافة الحقيقية (غ/سم}^3\text{)}$$

4- تقييم التدفق والانسيابية:

قُيِّمت الانسيابية والتدفق بالاعتماد على الكثافة الظاهرية والحقيقية باستخدام مؤشر هاسنر ومؤشر كار.

-مؤشر هاسنر: يُعدُّ مؤشراً لانسيابية المسحوق ويحسب من العلاقة التالية:

$$\text{مؤشر هاسنر} = \frac{\text{الكثافة الحقيقية}}{\text{الكثافة الظاهرية}}$$

-مؤشر كار: يُعدُّ مؤشراً لقابلية الانضغاط والذي يسمح بتصنيف المساحيق وفقاً لقابليتها للارتصاص ويحسب من العلاقة التالية:

$$\text{مؤشر كار} = \frac{\text{الكثافة الظاهرية} - \text{الكثافة الحقيقية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times 100$$

الجدول 6؛ تصنيف انسيابية المسحوق

الانسيابية	مؤشر هاسنر	مؤشر كار
Flowability	Hausner Index	Carr Index
ممتازة	0-10	1.00-1.11
جيدة	11-15	1.12-1.18
مناسبة	16-20	1.19-1.25
مقبولة	21-25	1.26-1.34
صعبة	26-31	1.35-1.45
صعبة جداً	32- 37	1.46-1.59
صعبة للغاية	> 38	>1.60

(Aziz et al., 2018,66)

4-تقدير الاسترطابية (determinahtion of Hygroscopicity): حُدِّت استرطابية المساحيق وفق طريقة

(Šavikin et al., 2021,3)، إذ أُخذ 1 غ من مسحوق هريس الكاكي في طبق بتري مع محلول مشبع من كلوريد الصوديوم برطوبة نسبية (75.35%) وخُزنت العينات بدرجة حرارة الغرفة لمدة أسبوع، وعُبر عن الاسترطابية على أساس غرام من الرطوبة الممتصة لكل 100 غ من المواد الصلبة الجافة.

5-تقدير درجة التكتل (determination of degree of caking): اتُبعت طريقة (Chang et al., 2020)

في تقدير درجة التكتل لمساحيق الكاكي المجففة، وتتلخص الطريقة بوزن 5 غ من مسحوق هريس الكاكي ونقله إلى منخل قياسي 500 ميكرومتر وهز المنخل لمدة دقيقة، وحُسبت درجة التكتل باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{درجة التكتل (\%)} = \frac{\text{وزن عينة المسحوق المتبقية على المنخل}}{\text{وزن العينة المستخدمة}} \times 100$$

2-3-5-تعيين مؤشرات اللون: عُيِنَت مؤشرات اللون (L*, a*, b*, H) باستخدام جهاز اللون Hunter Lab

(Biobase) صيني المنشأ حسب (Darniadi et al., 2018,9)، إذ تشير الرموز إلى:

L*: (Lightness) درجة السطوع.

a*: (Redness/Greeness) تشير القيمة الموجبة a^+ إلى اللون الأحمر وتشير القيمة السالبة a^- إلى اللون الأخضر.

b*: (Yellowness/Blueness) تشير القيمة الموجبة b^+ إلى اللون الأحمر وتشير القيمة السالبة b^- إلى اللون الأخضر.

H: (Hue angle) زاوية تدرج اللون التي تشير قيمها عند (0° و 90° و 180° و 270°) إلى اللون الأحمر

النقي، الأصفر النقي، الأخضر النقي والأزرق النقي على التوالي.

2-3-6-التقييم الحسي:

أُجريت الاختبارات الحسية لمنتجات ثمار الكاكي المصنّعة (لفائف، شرائح، مسحوق) وتمّ عرض مدى

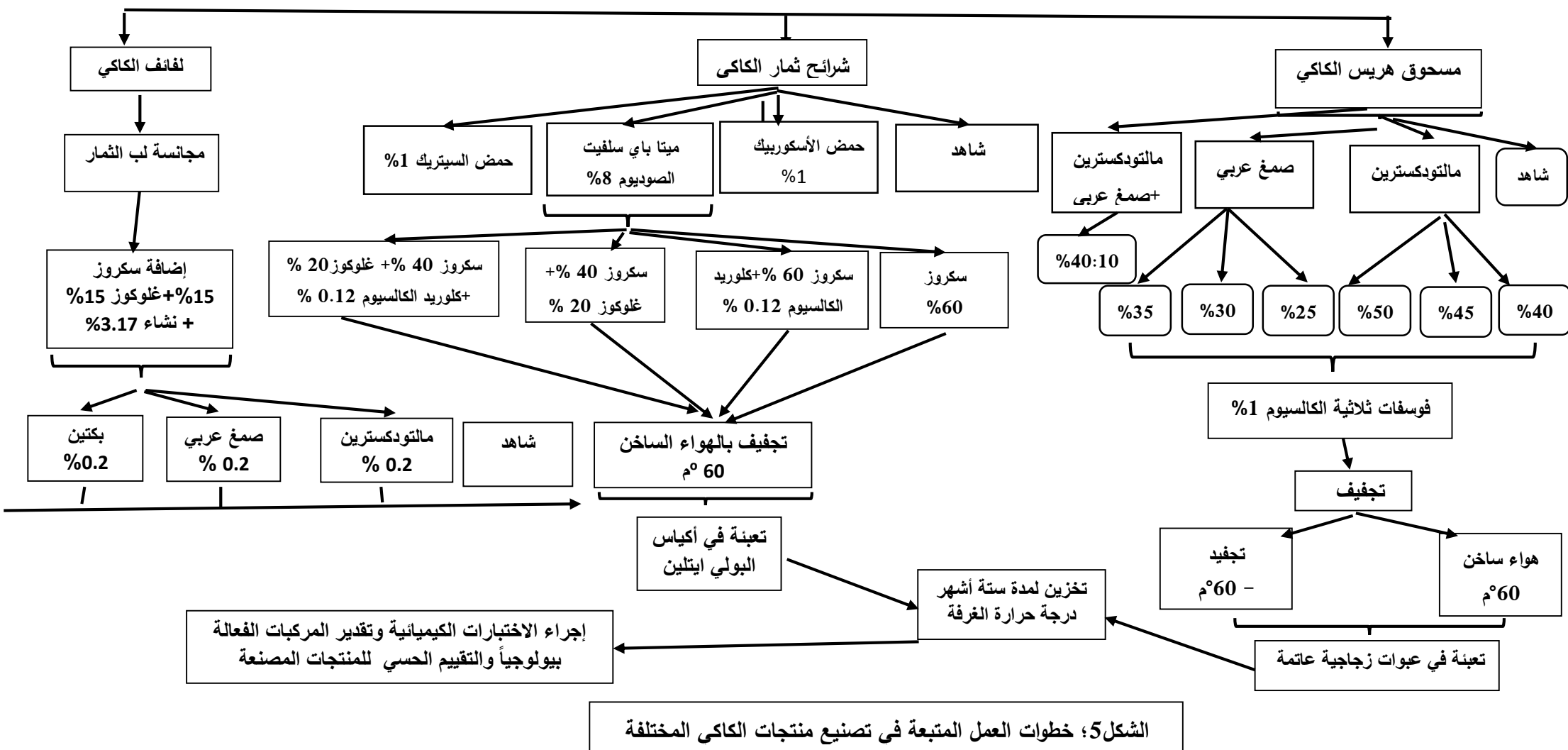
قبول هذه المنتجات من قبل لجنة تقييم حسي، إذ اتُبعت طريقة (Hedonic Scale) في التقييم الحسي وذلك

حسب (Feguš *et al.*, 2015)، إذ تمّ تقييم اللون والطعم والرائحة والقوام والقبول العام، واستعمل مقياس من (1-5) ليعبر عن الرغبة في تفضيل العينة المختبرة.

بالنسبة لتقييم عينات مسحوق هريس الكاكي، تمّ اختيار عينات مسحوق هريس الكاكي المصنّعة باستخدام المالتودكسترين (45%) والصمغ العربي (30%) وباستخدام مزيج من المالتودكسترين والصمغ العربي (10:40%) لإجراء الاختبارات الحسية لكونها تميزت بجودة أفضل من الناحية الفيزيائية (درجة الذوبان والاسترطابية والمردود وقيم الكثافة).

2-4 - التحليل الإحصائي: أُجري تحليل التباين باستخدام برنامج Spss الإصدار 25، إذ حُللت النتائج باستخدام اختبار One way Anova وأُتبع باختبار LSD لتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات عند مستوى ثقة 5%، وسُجّلت النتائج كمتوسطات $\pm$ الانحراف المعياري.

5-2- مخطط البحث:



الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

RESULTS & DISCUSSION

3- النتائج والمناقشة:

3-1- تقدير المؤشرات الكيميائية والفيزيائية المختلفة لثمار الكاكي الطازجة:

قُدِّرَت بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لثمار الكاكي الطازجة ودَوِّنت النتائج في الجدول رقم (7):

الجدول 7؛ المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لثمار الكاكي الطازجة

المؤشر	ثمار الكاكي الطازجة (Hachiya)	ثمار الكاكي الطازجة (Fuyu)
الرطوبة (%)	81.31±0.11	77.33±0.11
الحموضة % (مقدرة حمض سيتريك)	0.11±0.06	0.19±0.06
pH	6.17±0.01	6.02±0.01
السكريات الكلية (غ/100 غ وزن رطب)	12.64±0.82	8.00±0.82
الرماد (%)	0.72±0.01	0.97±0.01
الصوديوم (مغ/100 غ وزن رطب)	25.00±0.21	12.00±0.21
البوتاسيوم (مغ/100 غ وزن رطب)	100.00±2.42	225.00±2.42
فيتامين C (مغ/100 غ وزن جاف)	42.86±0.25	156.68±1.00
بيتا كاروتين (ميكروغرام/100 غ وزن رطب)	141.00±0.66	100.79±0.77
الفينولات الكلية (مغ/100 غ وزن رطب)	191.10±0.82	1429.02±0.57
DPPH (%)	80.00±0.30	71.57±0.90
FRAP (%)	36.76±0.33	30.00±0.33
المحتوى من التانينات (%) (وزن جاف)	2.00±0.25	1.41±0.25
L*	57.71±0.88	51.00±0.88
a*	8.81±0.55	12.00±0.50
b*	20.31±0.67	26.82 ±0.67

يُبين الجدول (7) نتائج بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لثمار الكاكي الطازجة صنف (Hachiya) والتي

تمثلت بالرطوبة ، الحموضة الكلية، رقم الـ pH، الرماد، والسكريات الكلية، إذ بلغت النسبة المئوية للرطوبة

(81.31%)، النسبة المئوية للحموضة الكلية (0.11%)، رقم الـ pH (6.17)، والمحتوى من السكريات الكلية

(12.64%)، وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه (Murali et al.,2023,3) في دراسة أجريت على أصناف

مختلفة من ثمار الكاكي الطازجة تبين فيها أنَّ النسبة المئوية للرطوبة تراوحت ما بين (71 و85%)، وتراوح

الحموضة الكلية ما بين (0.06 و 2.06%)، وتراوح الـ pH ما بين (5.40 و 6.12)، والمحتوى من السكريات الكلية ما بين (8.15 و 23.24%).

أما بالنسبة للرماد فقد بلغت نسبته (0.72%) وكانت هذه النتيجة قريبة من النتيجة التي توصل إليها (El-Hawary *et al.*, 2019, 300).

يبين الجدول (7) تراكيز بعض العناصر المعدنية في ثمار الكاكي الطازجة والتي تضمنت (البوتاسيوم والصوديوم)، وكانت النتائج كالآتي (100، 25 مغ/100غ) على الترتيب، وتوافقت النتائج مع (Gautam *et al.*, 2020a, 155) الذين أشاروا إلى أنّ محتوى ثمار الكاكي الطازجة من البوتاسيوم تراوح ما بين (62.50-254) (254 مغ/100غ).

نلاحظ من الجدول (7) أنّ محتوى ثمار الكاكي الطازجة من فيتامين C بلغ (42.86 مغ/100غ وزن جاف)، وكانت هذه النتيجة أعلى من النتيجة التي توصل إليها (Murali, 2023, 2069) والذين بيّنوا أنّ محتوى ثمار الكاكي من فيتامين C (30.83 مغ/100غ وزن جاف).

تُظهر نتائج الجدول (7) محتوى ثمار الكاكي الطازجة من البيتا كاروتين والذي بلغ (141 ميكروغرام/100غ وزن رطب)، وتوافقت النتائج مع (Moon *et al.*, 2023, 49) إذ تراوح محتوى بعض ثمار أصناف الكاكي الطازجة من البيتا كاروتين ما بين (101.16 و 146.48 ميكروغرام/100غ وزن رطب).

تُشير النتائج المشار إليها في الجدول (7) إلى محتوى ثمار الكاكي من الفينولات الكلية والذي بلغ (191.10 مغ/100غ وزن رطب)، وكانت هذه النتائج قريبة مما توصل إليه (Curi *et al.*, 2017, 1212) إذ تراوح محتوى أربعة أصناف من ثمار الكاكي الطازجة من الفينولات الكلية ما بين (113.28 و 188.49 مغ/100غ وزن رطب).

نلاحظ من الجدول (7) أنّ النشاط المضاد للأكسدة في ثمار الكاكي الطازجة وفق طريقتي DPPH و FRAP بلغ (80، 36.76%) على الترتيب، ووجد Ayoub وآخرون (2022، 1032) أنّ قيمة النشاط المضاد للأكسدة لثمار الكاكي الطازجة والمقدر بطريقة DPPH بلغت (77.10%).

يُظهر الجدول (7) أنَّ ثمار الكاكي الطازجة تحتوي على نسبة من التانينات بحدود (2% وزن جاف)، إذ يُعدّ تركيز التانين في أصناف ثمار الكاكي له تأثير مباشر في جودتها وقبولها، ووفقاً لدراسات وأبحاث مختلفة تراوح مجتوى التانينات في أصناف مختلفة ثمار من الكاكي من 0.09 إلى 4% (Murali et al., 2023,7). لدى دراسة مؤشرات لون ثمار الكاكي الطازجة بواسطة جهاز Hunter Lab، ومن نتائج الجدول (7) نلاحظ أنَّ قيمة L^* بلغت (57.71)، a^* (8.81)، أما بالنسبة لقيمة b^* فقد بلغت (20.31)، وجد Curi وآخرون (2017، 1211) في دراسة أجريت على مؤشرات اللون لأربعة أنواع من ثمار الكاكي أنَّ قيمة L^* تراوحت ما بين 41.46 إلى 61.07، وقيمة a^* تراوحت ما بين 10.50 إلى 33.71، وقيمة b^* تراوحت ما بين 22.01 إلى 63.30.

يُظهر الجدول (7) نتائج بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لثمار الكاكي الطازجة صنف (Fuyu)، إذ تبين أنَّ النسبة المئوية للرطوبة بلغت (77.33%)، وقد ذكر Chen وآخرون (2016، 1600) أنَّ النسبة المئوية للرطوبة لخمس أصناف لثمار الكاكي تراوحت ما بين (76.34–81.10%)، في حين بلغت النسبة المئوية للحموضة مقدرة كحمض سيتريك (0.19%)، ورقم الـ pH (6.02)، وبلغ المحتوى من السكريات الكلية (8غ/100غ) وزن رطب، وذكر Curi وآخرون (2017، 1211) أنَّ النسبة المئوية للحموضة مقدرة كحمض سيتريك ورقم الـ pH لثمار الكاكي صنف Rama بلغا (0.08%، 6.15) على الترتيب، وبلغ المحتوى من السكريات الكلية لصنف Taubaté (8.15 غ/100غ).

يبين الجدول (7) محتوى ثمار الكاكي صنف (Fuyu) من الرماد، إذ بلغ (0.97%) وبلغت نسبة بعض العناصر المعدنية في ثمار الكاكي صنف (Fuyu) والتي تضمنت البوتاسيوم والصوديوم (225، 12 مغ/100غ) على الترتيب، وكانت هذه النتائج أعلى بكثير مما أشار إليه (Rashwan et al., 2017,105).

تُظهر النتائج الموضحة في الجدول محتوى ثمار الكاكي الطازجة صنف (Fuyu) من المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة وفيتامين C والمحتوى من التانينات، إذ بلغ محتواها من الفينولات الكلية (1429.02)

مغ/100 غ وزن جاف)، وذكر Gorinstein وآخرون (2011) أنَّ محتوى ثمار الكاكي صنف jiro من الفينولات الكلية بلغ (1705 مغ/100 غ وزن جاف).

نلاحظ من الجدول (7) أنَّ النشاط المضاد للأكسدة في ثمار الكاكي الطازجة لصنف (Fuyu) وفق طريقتي DPPH و FRAP بلغ (71.57، 30%) على الترتيب، إذ بينَ Gautam وآخرون (2020b، 3364) أنَّ قيمة النشاط المضاد للأكسدة لثمار الكاكي الطازجة بلغت (75.82%).

تشير نتائج الجدول أنَّ محتوى شرائح ثمار الكاكي الطازجة صنف (Fuyu) من فيتامين C بلغ (156.68 مغ/100 غ وزن جاف)، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (85، 1990، Homnava et al.) في دراسة أجريت على أصناف مختلفة من ثمار الكاكي وتبيَّن فيها أنَّ المحتوى من فيتامين C تراوح ما بين (90 و 218 مغ/100 غ وزن جاف).

يبين الجدول محتوى ثمار الكاكي الطازجة صنف (Fuyu) من البيتا كاروتين والذي بلغ (100,79 ميكروغرام/ 100 غ وزن رطب).

بلغ محتوى ثمار الكاكي صنف (Fuyu) من التانينات (1.41 وزن جاف)، وأشار Salama (2008، 54) في دراسته أنَّ محتوى ثمار الكاكي من التانينات بلغ 1.95 % وزن جاف.

يبين الجدول مؤشرات اللون لثمار الكاكي الطازجة صنف (Fuyu)، ويلاحظ أنَّ قيمة L^* بلغت (51)، a^* (12)، أما بالنسبة لقيمة b^* فقد بلغت (26.82).

3-2-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن:

تُوضح نتائج الجدول (8) وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة في النسبة المئوية للحموضة الكلية، إذ تفوقت العينات المصنّعة باستخدام (نشاء + صمغ عربي) والمجففة باستخدام الهواء الساخن في النسبة المئوية للحموضة الكلية مقدرة كحمض سيتريك والتي بلغت (0.39%)، ويُعزى هذا الارتفاع إلى أنّ الصمغ العربي هو محلول غروي مائي لديه القدرة على تشكيل جل يتمكن من حماية الأحماض أثناء عملية التجفيف (Mardhatilah et al., 2018,4)، ويبيّن Mohamed وآخرون (2018، 2077) في دراسته على لفائف الفاكهة المصنّعة (الكاكي + المانغا) أنّ النسبة المئوية للحموضة الكلية بلغت (1.82%) ويعود هذا الارتفاع مقارنة مع نتائج البحث إلى استخدام حمض السيتريك أثناء عملية تحضير اللفائف.

تجدر الإشارة إلى الأثر المعنوي لمدة التخزين في النسبة المئوية للحموضة الكلية، إذ تُبين نتائج الجدول وجود زيادة في النسبة المئوية للحموضة الكلية لكافة العينات بعد مرور ستة أشهر على تخزينها عند درجة حرارة الغرفة والتي بلغت (0.36، 0.42، 0.44، 0.37%) للعينات (نشاء، نشاء+مالتودكسترين، نشاء+ صمغ عربي، نشاء+ بكتين) على الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع (Basha, 2018, 1741).

من حيث رقم الـ pH كانت النتائج متوافقة مع نتائج الحموضة الكلية، إذ كلما انخفض الرقم الهيدروجيني زادت الحموضة الكلية، إذ بلغت القيمة الأخفض لرقم الـ pH في لفائف الكاكي المعاملة (نشاء + صمغ عربي) 5.44 ويُعزى هذا الانخفاض إلى أنّ الصمغ العربي يحتوي على أيون H^+ أكثر من المالتودكسترين والبكتين وبالتالي زادت الحموضة الكلية وانخفض رقم الـ pH (Mardhatilah et al., 2018,4)، وتوضح نتائج الجدول وجود انخفاض طفيف غير معنوي في قيم الـ pH للعينات بتأثير مدة التخزين بدرجة حرارة الغرفة لمدة ستة أشهر. فيما يتعلق بالمحتوى المعدني، يُلاحظ عدم وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة ولمدة التخزين بدرجة حرارة الغرفة في النسبة المئوية للرماد والتي بلغت (0.93، 1.41، 1.41، 1.39%) للعينات (نشاء، نشاء+مالتودكسترين، نشاء+ صمغ عربي، نشاء+ بكتين) على الترتيب، وذكر Mohamed وآخرون (2018، 2077) أنّ النسبة المئوية للرماد للفائف (الكاكي + مانغا) بلغت (0.95% وزن رطب)، في حين أشار Aslam

وآخرون (2023، 4222) إلى عدم وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في محتوى لفائف (التين + الكركديه) المجففة من الرماد.

بين Nur وآخرون (2022، 122) في دراستهم عدم وجود تأثير معنوي لإضافة المالتودكسترين في محتوى لفائف التفاح المجففة من الرماد.

تُوضح نتائج الجدول (8) وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة في المحتوى من السكريات الكلية إذ تفوقت العينة (نشاء + مالتودكسترين) بالمحتوى من السكريات الكلية والتي بلغت (83.11 غ/100 غ وزن رطب)، وتجدر الإشارة إلى الأثر المعنوي لمدة التخزين في زيادة المحتوى من السكريات الكلية لكافة العينات بعد مرور ستة أشهر على تخزينها بدرجة حرارة الغرفة ويعود السبب إلى تحويل النشاء والكربوهيدرات المعقدة غير قابلة للذوبان إلى سكريات أحادية وثنائية قابلة للذوبان (Dhaygude *et al.*, 2023, 663)، وجاءت هذه النتائج موافقة لما أورده (Bisen and Verma, 2020, 327) عن زيادة محتوى لفائف (الجوافة + البابايا) من السكريات الكلية بعد تخزينها لمدة ستة أشهر.

الجدول 8؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للفايف الكاكي المجففة بالهواء الساخن

المؤشرات الكيميائية المدروسة							
الحموضة الكلية (%)		pH		الرماد (% وزن رطب)		السكريات الكلية (غ/100 غ وزن رطب)	
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
6	0	6	0	6	0	6	0
نوع المعاملة							
نشاء		0.20±0.06 ^{aA}	0.36±0.06 ^{aB}	5.67±0.05 ^{bA}	5.42±0.05 ^{aA}	0.93±0.22 ^{aA}	1.01±0.21 ^{aA}
نشاء + مالتودكسترين		0.20±0.05 ^{aA}	0.42±0.05 ^{bB}	5.80±0.05 ^{bA}	5.48±0.05 ^{abA}	1.41±0.32 ^{aA}	1.46±0.31 ^{aA}
نشاء + صمغ عربي		0.39±0.03 ^{bA}	0.44±0.07 ^{bB}	5.44±0.05 ^{aA}	5.50±0.05 ^{bA}	1.41±0.32 ^{aA}	1.46±0.31 ^{aA}
نشاء + بكتين		0.31±0.03 ^{bA}	0.37±0.03 ^{aB}	5.46±0.05 ^{aA}	5.52±0.05 ^{bA}	1.39±0.33 ^{aA}	1.34±0.34 ^{aA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-3-دراسة تأثير المعاملات المختلفة في محتوى لفائف الكاكي المصنّعة من بعض العناصر المعدنية:

يُظهر الجدول (9) محتوى لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة والمجففة باستخدام الهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية والتي تضمنت (البوتاسيوم، الصوديوم)، إذ تشير النتائج إلى عدم وجود تأثير معنوي للمعاملات المستخدمة في محتوى اللفائف من العناصر المعدنية، وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه (Budiyanto *et al.*, 2021,4) والذين بيّنوا عدم وجود تأثير معنوي لإضافة المالتودكسترين والبكتين والصمغ العربي في محتوى المنتجات المجففة من العناصر المعدنية.

الجدول 9؛ محتوى لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة من بعض العناصر المعدنية

نوع المعاملة	بوتاسيوم (مغ/100غ)	صوديوم (مغ/100غ)
نشاء	270.66±4.33 ^a	60.66±0.57 ^a
نشاء+مالتودكسترين	273.00±2.88 ^a	59.00 ± 0.44 ^a
نشاء+صمغ عربي	264.33±4.00 ^a	59.00±0.32 ^a
نشاء +بكتين	266.00±4.71 ^a	58.88 ± 0.50 ^a

تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-4-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى لفائف الكاكي المصنّعة من المركبات الفعالة بيولوجياً:

توضح النتائج المبينة في الجدول (10) وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة المستخدمة في محتوى لفائف الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن من فيتامين C، إذ أبدت لفائف الكاكي المجففة بالهواء الساخن والمصنّعة باستخدام (النشاء+المالتودكسترين) تفوقاً في محتواها من فيتامين C، إذ بلغ (12.16مغ/100 غ وزن جاف)، إذ أنّ استخدام النشاء مع المالتودكسترين يمنع الاتصال المباشر بعوامل غير مرغوب بها مثل الضوء والأوكسجين والرطوبة والتي تؤدي إلى أكسدة فيتامين C، وتوافقت النتائج مع (Nur *et al.*, 2022,123) الذين بيّنوا قدرة المالتودكسترين على تشكيل طبقة مغلفة تحمي حمض الأسكوربيك أثناء تجفيف لفائف التفاح، كما كان لمدة التخزين تأثيراً ملحوظاً في خفض محتوى لفائف الكاكي المجففة من فيتامين C في كافة المعاملات المدروسة، إذ بلغت هذه

القيم (4، 10.62، 3.33، 2 مغ/ 100 غ وزن جاف) لكل من العينات المصنّعة باستخدام (نشاء، نشاء+مالتودكسترين، نشاء+ صمغ عربي، نشاء+ بكتين) على الترتيب وذلك بعد ستة أشهر من تخزينها عند درجة حرارة الغرفة، وتوافقت هذه النتائج مع ما ذكره (Raut *et al.*, 2021,10976) بانخفاض محتوى اللفائف من فيتامين C بعد ستة أشهر من التخزين.

يعتمد ثبات الكاروتينات على العديد من العوامل مثل بقايا الأوكسجين المذابة في العينة ودرجة الحرارة المستخدمة وطبيعة النسيج الخلوي المحتوي على الكاروتينات (Dalla Nora *et al.*, 2014,19)، إذ يلاحظ من الجدول (10) تفوق لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام (النشء+المالتودكسترين) في محتواها من البيتا كاروتين والذي بلغ (111.23 ميكروغرام/100 غ وزن رطب) مقارنة مع باقي العينات، وكان لمدة التخزين تأثيراً معنوياً في انخفاض محتوى اللفائف المصنّعة باستخدام المعاملات المختلفة من البيتا كاروتين، إذ بلغت هذه القيم (93، 103، 90، 93 ميكروغرام/100 غ) لكل من العينات المصنّعة باستخدام (نشاء، نشاء+مالتودكسترين، نشاء+ صمغ عربي، نشاء+بكتين) على الترتيب، وذلك بعد ستة أشهر من تخزينها عند درجة حرارة الغرفة، وهذا يتوافق مع ما ذكره (Awati *et al.*, 2022,2128) بانخفاض محتوى لفائف الفاكهة المجففة من البيتا كاروتين بعد ثلاثة أشهر من التخزين، ويعزى انخفاض البيتا كاروتين أثناء التخزين بسبب التركيب الكيميائي غير المشبع مما يجعله عرضة للتحلل الحراري والأكسدة (Sharma *et al.*, 2019a, 410).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة في محتوى اللفائف من الفينولات الكلية، إذ تفوقت لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام (نشاء+مالتودكسترين) معنوياً بمحتواها من الفينولات الكلية مقارنة بباقي المعاملات والتي بلغت (114.23 مغ/ 100 غ وزن جاف)، وأدت عملية التخزين لمدة 6 أشهر إلى فقد في المحتوى من الفينولات الكلية في كافة المعاملات ويعزى هذا الانخفاض أكسدة المركبات الفينولية وبلمرتها. توافقت النتائج مع ما أشار إليه (Sharma *et al.*, 2019b,16) بانخفاض محتوى لفائف (الأجاص+الكاكي) المجففة من الفينولات الكلية من 828.9 مغ/ 100 غ إلى 766.5 مغ/ 100 غ بعد مرور ستة أشهر على تخزينها.

الجدول 10؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في المحتوى من المركبات الفعالة بيولوجياً في لفائف الكاكي المصنّعة

المركبات الفعالة بيولوجياً							
فيتامين C		بيتا كاروتين		الفينولات الكلية		المحتوى من التانينات	
(مغ/100 غ وزن جاف)		(ميكروغرام/100 غ وزن جاف)		(مغ/100 غ وزن جاف)		(% وزن جاف)	
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
6	0	6	0	6	0	6	0
نشاء							
1.00±0.04 ^{CA}	1.17±0.05 ^{CA}	47.52±0.72 ^{AA}	77.17±0.81 ^{AB}	93.00±0.42 ^{BA}	104.00±0.55 ^{AB}	4.00±0.33 ^{BA}	7.13±0.59 ^{BB}
نشاء+مالتودكسترين							
0.50±0.02 ^{AA}	0.53±0.01 ^{AA}	73.73±0.67 ^{CA}	114.23±0.92 ^{CB}	103.00±0.55 ^{CA}	111.23±0.62 ^{BB}	10.62±0.60 ^{CA}	12.16±0.60 ^{CB}
نشاء+صمغ عربي							
0.77±0.03 ^{BA}	0.81±0.02 ^{BA}	66.23±0.44 ^{BA}	96.65±0.60 ^{BB}	90.00±0.57 ^{AA}	100.00±0.57 ^{AB}	3.33±0.66 ^{BA}	7.28±0.64 ^{BB}
نشاء+بكتين							
0.90±0.03 ^{CA}	0.95±0.02 ^{CA}	48.27±0.48 ^{AA}	77.92±0.45 ^{AB}	93.00±0.60 ^{BA}	104.00±0.57 ^{AB}	2.00±0.36 ^{AA}	4.60±0.57 ^{AB}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$ تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تبين نتائج الجدول (10) وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة المستخدمة في محتوى لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة والمجففة باستخدام الهواء الساخن في المحتوى من التانينات، إذ لوحظ الأثر المعنوي الأكبر في خفض محتوى اللفائف المجففة من التانينات للعينات المصنّعة باستخدام (نشاء+مالتودكسترين) والذي بلغ (0.53 %)، ويعود السبب إلى قدرة السكريات المعقدة المستخدمة في خفض محتوى الكاكي من التانينات عن طريق تكوين مجمعات عديدة السكاريد- التانينات، وأدت عملية التخزين لمدة 6 أشهر إلى انخفاض طفيف غير معنوي في المحتوى من التانينات في كافة المعاملات، وتوافقت النتائج مع ما وجدته (Khandare and Syed, 2019, 2585).

3-5-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لللفائف الكاكي المصنّعة:

يختلف النشاط المضاد للأكسدة باختلاف طرائق المعاملة وطرائق التصنيع، ويتأثر بتركيز مضادات الأكسدة الموجودة، وبطريقة تعيين هذا النشاط الذي له دور في إظهار الفعل المضاد للأكسدة الموجود في المادة المختبرة. نلاحظ من الجدول (11) أنّ النشاط المضاد في لفائف الكاكي المصنّعة وفق طريقة DPPH بلغ (75، 80.04، 77، 75%)، وكانت قيمته وفقاً لطريقة FRAP (81، 87.21، 85.06، 78%) وذلك للمعاملات (نشاء، نشاء+مالتودكسترين، نشاء+ صمغ عربي، نشاء+ بكتين) على الترتيب.

تفوقت لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام (نشاء+مالتودكسترين) بنشاطها المضاد للأكسدة بطريقتي DPPH و FRAP والتي بلغت قيمها (80.04 و 87.21%) على الترتيب، ويعود هذا الارتفاع في النشاط المضاد للأكسدة إلى قابلية المالتودكسترين العالية للذوبان في الماء وبالتالي يميل إلى تشكيل طبقة مغلقة لمضادات الأكسدة (Tran and Nguyen, 2018, 12).

يُبين الجدول تأثير مدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في لفائف الكاكي المجففة لمدة ستة أشهر، إذ تبين وجود انخفاض واضح في مستوى النشاط المضاد للأكسدة والمقاس وفق طريقة DPPH و FRAP للعينات المخزنة لمدة ستة أشهر على درجة حرارة الغرفة والتي بلغت (67، 75.09، 73، 49.60%) وفق طريقة DPPH

و(60، 73، 70، 61.17%) وفق طريقة FRAP لكل من معاملات (نشاء، نشاء+مالتودكسترين، نشاء+ صمغ عربي، نشاء+ بكتين) على الترتيب، وتوافقت النتائج مع (Sharma *et al.*, 2019b,16) الذين أشاروا إلى انخفاض النشاط المضاد للأكسدة في لفائف (الدراق+الكاكي) المجففة خلال مدة تخزينها، إذ انخفض النشاط المضاد للأكسدة من 86.52 % إلى 77.87% بعد مرور ستة أشهر على تخزينها بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 11؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لللفائف الكاكي المصنّعة

النشاط المضاد للأكسدة	FRAP (%)		DPPH (%)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
نوع المعاملة	6	0	6	0
نشاء	60.00±0.55 ^{ba}	81.00±0.66 ^{bb}	67.00±0.57 ^{ba}	75.00±0.57 ^{ab}
نشاء+مالتودكسترين	73.00±0.76 ^{da}	87.21±0.61 ^{db}	75.09±0.44 ^{da}	80.04±0.61 ^{cb}
نشاء+صمغ عربي	70.00±0.49 ^{ca}	85.06±0.67 ^{cb}	73.00±0.37 ^{ca}	77.00±0.54 ^{bb}
نشاء+ بكتين	61.17±0.60 ^{aa}	78.00±0.55 ^{ab}	49.60±0.61 ^{aa}	75.00±0.50 ^{ab}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين $p \geq 0.05$

4-6- الخصائص الحسية لللفائف الكاكي المصنّعة:

خضعت عينات لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة للتقييم الحسي وذلك بناءً على مقياس هيدونيك، ويبين الجدول (12) نتائج الاختبارات الحسية من حيث درجة القوام والرائحة والطعم واللون والقبول العام لللفائف الكاكي المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة. نلاحظ من الجدول أنّ لفائف الكاكي المصنّعة باستخدام (النشاء+مالتودكسترين) هي الأكثر تفضيلاً من حيث درجتي الطعم والقبول العام (أقل طعم قابض ومر)، ويعود ذلك لانخفاض محتوى هذه العينات من التانينات التي تسبب الطعم القابض المر، إذ أنّ الطعم القابض يتغلب على جميع النكهات ويجعل طعم الأغذية غير محبوب، أما فيما يتعلق باللون والرائحة لم يُلاحظ وجود أيّ فروق معنوية بين المعاملات المختلفة، توافقت النتائج مع ما أشار إليه (Budiyanto *et al.*, 2021,6) الذين درسوا تأثير

استخدام (المالتودكسترين، البكتين، الصمغ العربي) في الخصائص الحسية للمنتجات المجففة، إذ بينوا أنَّ

لاستخدام المالتودكسترين الأثر الأكبر في تحسين درجة الطعم مقارنة مع الصمغ العربي والبكتين.

الجدول 12: الخصائص الحسية للفائف الكاكي المصنَّعة

نوع المعاملة	القوام	الرائحة	الطعم	اللون	القبول العام
نشاء	4.00±0.57 ^a	5.00±0.62 ^a	3.14±0.52 ^a	4.31±0.58 ^a	2.00±0.40 ^a
نشاء+مالتودكسترين	4.03±0.43 ^a	5.00±0.45 ^a	4.71±0.27 ^b	4.25±0.38 ^a	4.00±0.33 ^c
نشاء+صمغ عربي	4.22±0.33 ^a	5.00±0.25 ^a	3.39±0.47 ^a	4.81±0.48 ^a	3.00±0.39 ^b
نشاء+بكتين	4.00±0.36 ^a	5.00±0.28 ^a	3.16±0.56 ^a	4.33±0.38 ^a	3.00±0.42 ^b

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق مبن المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-7- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في قيم مؤشرات اللون في لفائف الكاكي المصنَّعة:

يُشير الجدول (13) إلى متوسط قيم مؤشرات اللون L^* ، a^* و b^* للفائف ثمار الكاكي المصنَّعة.

نلاحظ من الجدول تفوق عينات لفائف الكاكي المصنَّعة باستخدام (نشاء) و(نشاء+مالتودكسترين) والمجففة باستخدام

الهواء الساخن من حيث درجة السطوع L^* بقيم بلغت (48، 47.66) مقارنة مع باقي العينات، وهذا يعود إلى

اللون الأبيض للمواد المضافة (النشاء والمالتودكسترين) والتي ستمنح للفائف مستوى سطوع أعلى (Ali et al.,

2022,8).

أما بالنسبة لدرجة الاحمرار، فقد تفوقت عينات لفائف الكاكي المصنَّعة باستخدام (نشاء+صمغ عربي)

و(نشاء+بكتين) والمجففة باستخدام الهواء الساخن من حيث درجة الاحمرار a^* بقيم بلغت (21.55، 22.17)

على الترتيب.

يُظهر الجدول قيم مؤشرات درجة الاصفرار b^* ، إذ تفوقت عينات لفائف الكاكي والمصنَّعة باستخدام

(نشاء+صمغ عربي) و(نشاء+بكتين) والمجففة باستخدام الهواء الساخن بقيم بلغت (47.55، 48.72) على

الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Sanchez Riano et al., 2018,112)

تراوحت قيم Hue لعينات اللفائف المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة والمجففة باستخدام الهواء الساخن ما بين (59.80° و 65.78°) مما يشير إلى اللون الأصفر للعينات.

يبين الجدول تغيرات مؤشرات اللون للفايف الكاكي المصنّعة باستخدام معاملات مختلفة والمجففة باستخدام الهواء خلال مدة التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة، إذ تناقصت قيم مؤشر السطوع ودرجة الاصفرار بشكل معنوي لكافة العينات بعد ستة أشهر من التخزين بدرجة حرارة الغرفة.

تبين النتائج الموضحة في الجدول (13) وجود تأثير معنوي لعملية التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة في قيم الاحمرار لعينات اللفائف المصنّعة باستخدام المعاملات المختلفة، إذ نلاحظ وجود ارتفاع معنوي في قيم درجة الاحمرار لعينات اللفائف المصنّعة باستخدام المعاملات المختلفة والمخزّنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 13؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في قيم مؤشرات اللون في لفائف الكاكي المصنّع

مؤشرات اللون المدروسة								
H		b *		a *		L *		
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		نوع المعاملة
6	0	6	0	6	0	6	0	
64.75±0.76 ^{cA}	65.78±0.40 ^{cA}	33.00±0.41 ^{aA}	39.00±0.46 ^{aB}	19.55±0.35 ^{aB}	17.00±0.33 ^{aA}	45.00±0.63 ^{bA}	48.00±0.43 ^{cB}	نشاء
60.47±0.59 ^{aA}	59.80±0.45 ^{aA}	34.00±0.38 ^{bA}	39.00±0.37 ^{aB}	20.00±0.25 ^{aB}	18.00±0.42 ^{bA}	45.00±0.37 ^{bA}	47.66±0.48 ^{cB}	نشاء+مالتودكسترين
62.89±0.82 ^{bA}	63.61±0.65 ^{bA}	41.00±0.63 ^{dA}	47.55±0.33 ^{bB}	23.00±0.20 ^{bB}	21.55±0.44 ^{cA}	39.60±0.50 ^{aA}	42.00±0.52 ^{aB}	نشاء+صمغ عربي
63.66±0.48 ^{bcA}	64.00±0.55 ^{bA}	40.00±0.33 ^{cA}	48.72±0.35 ^{bB}	23.58±0.22 ^{bB}	22.17±0.46 ^{cA}	40.00±0.39 ^{aA}	44.00±0.32 ^{bB}	نشاء + بكتين

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-8 -دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن:

تُعدّ دراسة المؤشرات الكيميائية خطوةً مهمةً للتعرف على المكونات الغذائية للمنتج المصنّع، وتُبين النتائج الموضحة في الجدول (14) أنّ رطوبة المساحيق المضاف إليها العوامل المساعدة في التجفيف (المالتودكسترين والصمغ العربي)، كانت هي الأدنى مقارنة مع عينة الشاهد، إذ لوحظ انخفاض محتوى المساحيق من الرطوبة بتأثير ارتفاع تركيز العامل المساعد في التجفيف (المالتودكسترين والصمغ العربي)، ويعزى ذلك إلى تأثير تركيز المواد الحاملة المضافة للهريس قبل عملية التجفيف وبالتالي زيادة نسبة المواد الصلبة للعينة المراد تجفيفها، مما أدى إلى انخفاض الحجم الكلي من الرطوبة المراد تبخيرها (Hajiaghaei and Sharifi,2022,4).

يُظهر الجدول (14) تأثير مدة التخزين في محتوى المساحيق من الرطوبة الكلية والمخزنة لمدة ستة أشهر في درجة حرارة الغرفة، إذ نلاحظ من الجدول وجود تأثير ملحوظ لمدة التخزين في زيادة محتوى العينات من الرطوبة الكلية، إذ ارتفعت إلى (13.32%) في عينة مسحوق الشاهد، في حين ارتفعت إلى (5%) في المساحيق المصنّعة باستخدام (45%) من المالتودكسترين، وإلى (7.11%) في المساحيق المصنّعة باستخدام (30%) من الصمغ العربي.

نلاحظ أنّ مستوى الزيادة في هذه العينات أقل من مستوى الزيادة في عينة مسحوق الشاهد، وهذا يشير إلى تأثير العوامل المساعدة في التجفيف في تشكيل حاجز وقائي بين جزيئات المسحوق يمنع امتصاص الرطوبة من البيئة المحيطة (Castaño Peláez et al., 2023,6).

تجدر الإشارة إلى وجود تأثير معنوي لإضافة الصمغ العربي في رفع قيمة الرماد من (2.85%) في عينات مساحيق الشاهد إلى (4.85، 4.78، 4.55%) في المساحيق المضاف إليها الصمغ العربي بتركيز (25، 30، 35%) على الترتيب، مع الإشارة إلى عدم وجود أي فروق معنوية في النسبة المئوية للرماد في المساحيق المضاف إليها تراكيز متزايدة من الصمغ العربي، وأوضح Kurniadi وآخرون (2022، 4418) أنّ إضافة الصمغ العربي أدّت إلى رفع نسبة الرماد في المنتجات المجففة. تبين النتائج الموضحة في الجدول (14) عدم وجود فروق معنوية في النسبة المئوية للرماد لعينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

أما من حيث رقم الـ pH فقد كان لإضافة الصمغ العربي بتركيز 35% لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف الأثر المعنوي الأكبر في خفض رقم الـ pH مقارنة مع عينات المالتودكسترين، ويُعزى هذا الانخفاض إلى انخفاض رقم الـ pH للصمغ العربي المستخدم في هذا البحث (4.64)، وتوافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Tuan Azlan et al., 2020, 452) الذين بينوا أنَّ رقم الـ pH للصمغ العربي (4.5). يلاحظ من الجدول (14) ارتفاع قيم الحموضة الكلية عند إضافة الصمغ العربي بالتراكيز الأعلى (30، 35%)، إذ بلغت (0.26، 0.30%) على الترتيب.

توضح النتائج في الجدول (14) وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في خفض رقم الـ pH ورفع قيم الحموضة الكلية لكافة عينات مساحيق هريس لكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن والمخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة (Korese et al., 2022, 4).

من خلال معطيات الجدول (14) تبين وجود انخفاض معنوي في محتوى المساحيق من السكريات الكلية بتأثير زيادة تركيز العوامل المساعدة في التجفيف للهريس قبل عملية التجفيف، إذ لوحظ تفوق عينات مسحوق الشاهد في المحتوى من السكريات الكلية (67.77 غ/100 غ وزن جاف) مقارنة مع العينات الأخرى، وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه (Fauziyah et al., 2023, 585) الذين أشاروا إلى انخفاض المحتوى من السكريات بإضافة العامل المساعد المالتودكسترين، وكان لمدة التخزين تأثيراً معنوياً في زيادة محتوى كافة عينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة من السكريات الكلية.

الجدول 14؛ تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن

التركيب الكيميائي	الرطوبة (%)		pH		الحموضة الكلية (%)		الرماد (%)		السكريات الكلية (غ/100 غ)		
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	
شاهد	79.00± 0.25 ^{gB}	67.77±0.57 ^{gA}	2.50± 0.22 ^{ba}	2.85±0.57 ^{ba}	0.60±0.01 ^{cb}	0.32±0.03 ^{da}	5.21±0.01 ^{aA}	5.67±0.05 ^{aB}	13.32±0.24 ^{dB}	10.00±0.57 ^{cA}	
المالتوكسترين	%40	55.00± 0.39 ^{fB}	52.08±0.33 ^{fA}	2.55±0.41 ^{ba}	2.73±0.33 ^{ba}	0.41±0.02 ^{aB}	0.12±0.01 ^{aA}	6.10±0.02 ^{ba}	6.52±0.01 ^{eB}	7.73± 0.32 ^{bB}	4.92±0.46 ^{ba}
	%45	52.22± 0.64 ^{eB}	49.77±0.57 ^{eA}	2.30±0.39 ^{ba}	2.52±0.46 ^{ba}	0.56±0.02 ^{bB}	0.18±0.01 ^{abA}	6.20±0.02 ^{ba}	6.43±0.01 ^{dB}	5.00±0.22 ^{aB}	3.26±0.16 ^{aA}
	%50	47.88 ± 0.55 ^{cb}	44.43±0.70 ^{ba}	1.60±0.43 ^{aA}	1.81±0.30 ^{aA}	0.41±0.01 ^{aB}	0.22±0.01 ^{ba}	6.24±0.01 ^{ba}	6.38±0.01 ^{cdB}	5.36± 0.55 ^{aB}	3.33±0.33 ^{aA}
الصبغ العربي	%25	50.00± 0.36 ^{dB}	47.30±0.66 ^{dA}	4.60±0.23 ^{cA}	4.85±0.16 ^{cA}	0.54±0.02 ^{bB}	0.17±0.01 ^{abA}	5.99±0.02 ^{ba}	6.40±0.03 ^{dB}	8.92± 0.32 ^{cb}	4.88±0.35 ^{ba}
	%30	46.73 ± 0.57 ^{bB}	43.52±0.33 ^{ba}	4.44±0.43 ^{cA}	4.78±0.21 ^{cA}	0.44±0.01 ^{aB}	0.26±0.01 ^{cA}	6.02±0.01 ^{ba}	6.34±0.02 ^{bcB}	7.11± 0.35 ^{bB}	3.50±0.32 ^{aA}
	%35	45.00± 0.56 ^{aB}	39.30±0.57 ^{aA}	4.21±0.35 ^{cA}	4.55±0.38 ^{cA}	0.55±0.01 ^{bB}	0.30±0.05 ^{cdA}	5.85±0.01 ^{ba}	6.26±0.01 ^{bB}	7.45±0.24 ^{bB}	3.33±0.33 ^{aA}
مالتوكسترين + صبغ عربي	40:10 %	45.00± 0.56 ^{aB}	46.39±0.55 ^{cA}	2.33±0.40 ^{ba}	2.60±0.22 ^{ba}	0.36±0.01 ^{aB}	0.24±0.04 ^{bcA}	6.03±0.01 ^{ba}	6.30±0.02 ^{bB}	5.77±0.34 ^{aB}	3.32±.0.32 ^{aA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-9-دراسة محتوى مساحيق هريس الكاكي المصنّعة من بعض العناصر المعدنية:

تشير نتائج الجدول (15) إلى وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف في محتوى المساحيق المصنّعة من العناصر المعدنية (الصوديوم والبوتاسيوم)، إذ أظهرت النتائج تفوق مسحوق هريس الكاكي المضاف إليه الصمغ العربي قبل عملية التجفيف بتركيز (25، 30، 35 %) من حيث محتواها من البوتاسيوم مقارنة مع العينات الأخرى المدروسة، إذ بلغت نسبته (737.50، 730.00 700.20 مغ/100 غ) على الترتيب، ويعزى الارتفاع الحاصل في المحتوى من العناصر المعدنية للمساحيق المضاف إليها الصمغ العربي إلى ارتفاع محتوى الصمغ العربي من معدن البوتاسيوم (Priyambodo and Rosida, 2023,66)، وبالنسبة لعنصر الصوديوم لوحظ تفوق مسحوق هريس الكاكي المضاف إليه المالتودكسترين (45%)، الصمغ العربي (30%)، ومزيج من المالتودكسترين والصمغ العربي (10:40%) من حيث محتواها من الصوديوم إذ بلغت نسبته (37.50 مغ/100 غ).

الجدول 15؛ محتوى مساحيق هريس الكاكي المصنّعة من بعض العناصر المعدنية الناتجة باستخدام الهواء الساخن

صوديوم (مغ/100 غ وزن جاف)	بوتاسيوم (مغ/100 غ وزن جاف)	
12.50±0.35 ^a	498.20±3.00 ^b	شاهد
37.00±0.36 ^d	400.00±3.12 ^b	%40
37.50±0.42 ^d	398.00±2.00 ^b	%45 المالتودكسترين
25.00±0.47 ^b	262.50±2.33 ^a	%50
37.20±0.54 ^d	737.50±5.00 ^c	%25
37.50±0.32 ^d	730.00±4.21 ^c	%30 الصمغ العربي
30.42±0.44 ^c	700.20±4.25 ^c	%35
37.50±0.74 ^d	400.00±3.00 ^b	%40+10 المالتودكسترين +الصمغ عربي

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-10- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن:

تُعدّ دراسة المؤشرات الفيزيائية للمساحيق الناتجة مهمةً للغاية، وهي تعتمد على العوامل التكنولوجية المستخدمة مثل درجة حرارة التجفيف وطريقة التجفيف ونوع وتركيز العامل المساعد في التجفيف *Hadree et al., 2023,2*).

تشير النتائج الواردة في الجدول (16) إلى وجود ارتفاع معنوي في معدل إنتاجية مسحوق هريس الكاكي بتأثير زيادة نسبة العامل المساعد في التجفيف، إذ بلغ أعلى معدل للإنتاجية عند إضافة المالتودكسترين بتركيز (45%)، والذي بلغ (43.02%) مقارنة مع العينات الأخرى، كما كان لعينات المالتودكسترين بتركيز (45)، (50%) الأثر المعنوي الأكبر في زيادة معدل الإنتاجية بالمقارنة مع عينات الصمغ العربي، لأن المالتودكسترين مادة حاملة ذات مواصفات جيدة، وينتج لزوجة منخفضة عند استخدامه بتركيز عالية، وهذا ما يقلل من الالتصاق، إذ يزيد المالتودكسترين من المحتوى الصلب عند إضافته لهريس الكاكي وهو بدوره يقلل من محتوى المساحيق من الرطوبة وبالتالي يقلل من لزوجة واسترطابية السكريات ذات الوزن الجزيئي المنخفض الموجودة بكثرة في عصائر الفاكهة، وبالتالي يسهل عملية التجفيف ويزيد من الإنتاجية، إذ أنّ أقل كمية من المسحوق من الممكن أن تلتصق بسطح صواني التجفيف بالإضافة إلى سهولة الطحن وبالتالي منع الهدر وتحسين الإنتاجية (Hariadi et al., 2024,77).

أظهرت النتائج المشار إليها في الجدول (16) ارتفاع مؤشر قابلية ذوبان المساحيق بتأثير زيادة تركيز العامل المساعد في التجفيف بشكل معنوي، إذ ارتفعت قيمة مؤشر قابلية الذوبان من (90.00%) في عينة مسحوق الشاهد إلى (96.44%) في المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز (45%)، مع ملاحظة أنّ مساحيق هريس الكاكي المصنّعة باستخدام المالتودكسترين أبدت ارتفاعاً في قابليتها للذوبان مقارنة مع الصمغ العربي، ويعود ذلك إلى طبيعة المالتودكسترين القابلة للذوبان في الماء، إذ يعمل على ربط المواد المحبة للماء وتشكيل نظام توزيع متساوي من خلال تفاعل جزيئات الماء مع مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في المالتودكسترين، وبالتالي زيادة ذوبان المساحيق المجففة، ويتأثر مؤشر قابلية الذوبان بنوع العامل المساعد

المستخدم وحجم جزيئات المسحوق الناتج، فعندما يكون حجم جزيئات المسحوق أصغر تزداد مساحة السطح المتاح للتطبيب وبالتالي زيادة في قابلية الذوبان (Priyambodo and Rosida,2023,68).

تشير النتائج الواردة في الجدول (16) إلى وجود تأثير معنوي لعملية تخزين مسحوق هريس الكاكي بدرجة حرارة الغرفة لمدة 6 أشهر في خفض قيمة مؤشر قابلية الذوبان للمساحيق المخزنة، إذ أظهرت عينة مسحوق الشاهد المخزنة انخفاضاً ملحوظاً بمؤشر قابلية الذوبان بنسبة (3.33%) وانخفض مؤشر قابلية الذوبان بنسبة (1.99%) في المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز (45%) وبنسبة (2.75%) في المساحيق المصنعة باستخدام الصمغ العربي بتركيز (30%) وذلك مقارنة مع العينات في الزمن صفر، ويعزى انخفاض قابلية الذوبان إلى ارتفاع محتوى المساحيق من الرطوبة فتميل الجزيئات إلى الالتصاق وتشكيل تجمعات ذات درجة تكتل عالية فتحد من تغلغل جزيئات الماء فيؤدي إلى ضعف قابلية الذوبان (Chang et al., 2018, 1948).

تم تسجيل استرطابية مساحيق هريس الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن وتم التعبير عنها بكمية الماء الممتصة (غ) بواسطة 100 غ من المساحيق ودونت النتائج في الجدول (16)، إذ نلاحظ من معطيات الجدول وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف في مؤشر الاسترطابية للمساحيق الناتجة، إذ أبدت المساحيق المصنعة بنسبة إضافة (45، 50%) من المالتودكسترين أقل قيم للاسترطابية حيث بلغت (10.63، 10.30%) على الترتيب، وتجدر الإشارة إلى تميز المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين بأقل قيم للاسترطابية مقارنة مع عينات الصمغ العربي، وذلك بسبب ارتفاع درجة حرارة التحول الزجاجية للمالتودكسترين مع الصمغ العربي مما أدى إلى إنتاج مساحيق أقل استرطابية.

بالنسبة لدرجة التكتل لوحظ وجود تباين وفروق معنوية بين المساحيق الناتجة بتأثير إضافة العامل المساعد في التجفيف، ويظهر الجدول انخفاض درجة التكتل مع زيادة تركيز العامل المساعد لهريس قبل عملية التجفيف، ويعزى ذلك إلى زيادة المحتوى من الرطوبة عند انخفاض تركيز العامل المساعد وبالتالي زيادة درجة التكتل، إذ تميزت المساحيق ذات نسب إضافة (45، 50%) من المالتودكسترين بأقل قيم لدرجة التكتل والتي بلغت (12.35، 12.60%)، مع الإشارة إلى تميز المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين بأقل قيم لدرجة

التكتل مقارنة مع الصمغ العربي، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Çalışkan Koç, 2021, 4020) من حيث تأثير المالتودكسترين في خفض قيم درجة التكتل مقارنة مع الصمغ العربي.

تشير نتائج الجدول (16) إلى وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في رفع قيم الاسترطابية ودرجة التكتل لمساحيق هريس الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن وذلك عند مستوى معنوية (0.05%)، إذ كان لعينة مسحوق الشاهد الأثر الأكبر في زيادة قيم الاسترطابية ودرجة التكتل إذ ازدادت بنسبة (18.53، 23.07%) على الترتيب مقارنة مع العينات في الزمن صفر، في حين ازدادت بنسبة (10.37، 9.12%) على الترتيب في العينات المصنعة باستخدام 45% مالتودكسترين وبنسبة (11.96، 12.71%) على الترتيب في العينات المصنعة باستخدام 30% صمغ عربي.

يعود سبب ارتفاع قيم استرطابية المساحيق ودرجة تكتلها بعد تخزينها لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة إلى ارتفاع محتوى المساحيق من الرطوبة وبالتالي انخفاض قيم درجة التحول الزجاجية للمساحيق (the glass transition temperature) وذلك أدى إلى زيادة قيم الاسترطابية ودرجة التكتل (Bashir et al., 2022, 8).

الجدول 16؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن

المؤشر الفيزيائي	الإنتاجية (%)		القابلية للذوبان (%)		الاسترطابية (%)		درجة التكتل (%)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
	6	0	6	0	6	0	6	0
شاهد	20.00±0.33 ^a	–	90.00±0.57 ^{aB}	87.00±0.40 ^{aA}	20.00±0.57 ^{fA}	24.55±0.22 ^{fB}	40.00±0.57 ^{fA}	52.00±0.42 ^{fB}
المالتودكسترين	%40	27.02±0.56 ^c	–	95.32±0.39 ^{cB}	92.00±0.30 ^{cA}	13.17±0.39 ^{cA}	16.00±0.32 ^{cB}	23.00±0.57 ^{dA}
	%45	43.02±0.58 ^e	–	96.44±0.28 ^{cB}	94.52±0.30 ^{dA}	10.63±0.28 ^{aA}	11.86±0.25 ^{aB}	12.35±0.47 ^{aA}
	%50	42.80±0.11 ^e	–	96.29±0.30 ^{cB}	94.00±0.50 ^{dA}	10.30±0.39 ^{aA}	12.00±0.42 ^{aB}	12.60±0.29 ^{aA}
الصمغ العربي	%25	23.21±0.61 ^b	–	92.18±0.24 ^{bB}	89.00±0.32 ^{bA}	20.00±0.57 ^{fA}	24.00±0.35 ^{fB}	29.08±0.58 ^{eA}
	%30	36.40±0.34 ^d	–	91.93±0.56 ^{bB}	89.40±0.33 ^{bA}	17.80±0.41 ^{eA}	20.22±0.33 ^{eB}	18.33±0.33 ^{cA}
	%35	35.92±0.53 ^d	–	91.91±0.53 ^{bB}	89.00±0.45 ^{bA}	15.83±0.48 ^{dA}	19.00±0.26 ^{dB}	18.26±0.63 ^{cA}
المالتودكسترين +الصمغ عربي	%40+10	42.00±0.50 ^e	–	96.06±0.50 ^{cB}	93.00±0.37 ^{dA}	11.94±0.44 ^{bA}	14.00±0.24 ^{bB}	16.19±0.44 ^{bA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-11-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن:

تُعدّ خصائص الكثافة عواملًا مهمةً للنقل والتعبئة، إذ تُعدّ هذه المتغيرات مفيدة لتحديد كمية المواد التي يمكن وضعها داخل العبوات، وتؤدي الكثافة الظاهرية الأعلى إلى تعبئة أكبر بسبب انخفاض الحجم المشغول لكل وحدة من الكتلة، إذ تؤدي قيم الكثافة المنخفضة إلى زيادة احتمالية أكسدة المنتج، وكلما زادت المسافة بين الجزيئات، زادت كمية الأوكسجين التي تؤدي إلى تفاعلات التحلل والأكسدة (Šavikin et al., 2021,6).

نستدل من الجدول (17) على وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف في زيادة قيم الكثافة الظاهرية للمسحوق الناتج مع ازدياد مستوى الإضافة من العامل المساعد في التجفيف، وكلما زاد وزن المسحوق كان من الأسهل استيعابه في الفراغات بين الجزيئات، مما يشغل مساحة أقل، ويؤدي إلى قيم كثافة أعلى (Tatasciore et al., 2023,8)، إذ تميزت مساحيق هريس الكاكي المصنّعة مع نسب إضافة (30، 35%) من الصمغ العربي بأعلى قيم للكثافة الظاهرية، والتي بلغت (0.76، 0.83 غ/سم³) على الترتيب.

بيّنت النتائج وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف في زيادة قيم الكثافة الحقيقية للمسحوق الناتج، إذ أبدت المساحيق المضاف إليها الصمغ العربي بتركيز (25، 30، 35%) أعلى قيم للكثافة الحقيقية (0.83، 0.83، 0.86 غ/سم³) مقارنة مع عينة مسحوق الشاهد والتي بلغت (0.33 غ/سم³)، مع الإشارة إلى تفوق عينات المساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي بأعلى قيم للكثافة الظاهرية والحقيقية مقارنة مع المالتودكسترين، وجاءت هذه النتائج موافقة لما أورده (Tatasciore et al., 2023,7) الذي أشار إلى تفوق الصمغ العربي من حيث قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية مقارنة مع المالتودكسترين.

تشير النتائج الموضحة في الجدول إلى تأثير عملية التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية لعينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة. أوضحت نتائج الجدول عدم وجود فروق معنوية في قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية في معظم عينات مساحيق هريس الكاكي بتأثير عملية التخزين لمدة ستة شهر بدرجة حرارة الغرفة، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Chang et al, 2018,1945) من حيث تأثير مدة التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية للمسحوق الناتج.

الجدول 17؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن

الكثافة الظاهرية (غ/سم ³)		الكثافة الحقيقية (غ/سم ³)		
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
0	6	0	6	
0.25±0.02 ^{aA}	0.25±0.02 ^{aA}	0.33±0.02 ^{aA}	0.33±0.01 ^{aA}	شاهد
0.54±0.06 ^{bA}	0.62±0.03 ^{bA}	0.66±0.06 ^{bA}	0.76±0.01 ^{bB}	%40 المالتودكسترين
0.66±0.06 ^{cA}	0.71±0.05 ^{cA}	0.71±0.05 ^{cA}	0.79±0.04 ^{bA}	%45
0.64±0.05 ^{cA}	0.71±0.05 ^{cA}	0.71±0.03 ^{cA}	0.79±0.03 ^{bA}	%50
0.71±0.01 ^{cdA}	0.76±0.03 ^{cA}	0.83±0.01 ^{dA}	0.90±0.05 ^{cB}	%25 الصمغ العربي
0.76±0.05 ^{deA}	0.74±0.03 ^{cA}	0.83±0.01 ^{dA}	0.85±0.05 ^{bcA}	%30
0.83±0.01 ^{eA}	0.83±0.04 ^{dA}	0.86±0.02 ^{dA}	0.90±0.02 ^{cA}	%35
0.76±0.02 ^{deA}	0.76±0.02 ^{cdA}	0.83±0.02 ^{dA}	0.83±0.02 ^{bcA}	%40+10 المالتودكسترين +الصمغ عربي

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$
تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-12- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن:

تم تقييم انسيابية المساحيق بالاعتماد على قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية وذلك من خلال مؤشر هاسنر ومؤشر كار، إذ يُعدّ التدفق المناسب مهماً لكل من المستهلكين والمصنّعين، إذ يعطي مؤشر كار Carr المنخفض قابلية تدفق مرغوبة، وكلما كان الفرق بين الكثافتين أصغر تكون الانسيابية ممتازة، وكلما زاد الفرق بينهما كان المسحوق مضغوط والانسيابية سيئة وذلك بسبب التفاعلات بين جزيئات المسحوق، فيما يشير مؤشر هاسنر Hausner الأعلى إلى قدر أكبر من التماسك غير المرغوب فيه بسبب المحتوى الأعلى من الرطوبة، ويبين الجدول رقم (18) قيم هذه المؤشرات للمساحيق الناتجة.

استناداً إلى نتائج قيم مؤشر كار ومؤشر هاسنر الموضحة في الجدول نلاحظ أنّ لإضافة العوامل

المساعدة في التجفيف تأثيراً معنوياً في تحسين قابلية تدفق وانسيابية المساحيق، إذ أبدت المساحيق المصنّعة

باستخدام (45، 50%) مالتودكسترين و (30، 35%) صمغ عربي انسيابية ممتازة، إذ كانت قيم مؤشر هاسنر لهذه المساحيق (1.07، 1.10، 1.09، 1.03) على الترتيب، وبلغت قيم مؤشر كار (7.04، 9.85، 8.43، 3.46%) على الترتيب، مقارنة مع عينة الشاهد (1.32، 24.24%).

وتجدر الإشارة إلى أنّ إضافة العوامل المساعدة في التجفيف حافظت على خصائص التدفق الجيد للمساحيق خلال التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 18؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن

الانسيابية		مؤشر كار		مؤشر هاسنر		شاهد		
		Carr's index (%)		Hausner index			المالتودكسترين	
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)				%40
6	0	6	0	6	0			
مقبولة	مقبولة	24.24±0.34 ^{fB}	24.24±0.43 ^{gA}	1.32±0.02 ^{cA}	1.32±0.05 ^{cA}	%50		
مناسبة	مناسبة	18.42±0.30 ^{eB}	16.66±0.38 ^{fA}	1.22±0.03 ^{bA}	1.20±0.05 ^{bA}		%25	
ممتازة	ممتازة	10.12±0.44 ^{bB}	7.04±0.55 ^{bA}	1.11±0.01 ^{aA}	1.07±0.04 ^{aA}			%30
ممتازة	ممتازة	10.12±0.45 ^{bB}	9.85±0.49 ^{dA}	1.11±0.03 ^{aA}	1.10±0.06 ^{aA}			
جيدة	جيدة	15.33±0.67 ^{dB}	14.63±0.18 ^{eA}	1.14±0.04 ^{aA}	1.16±0.01 ^{abA}	%40+10		
جيدة	ممتازة	13.33±0.44 ^{cB}	8.43±0.32 ^{cA}	1.14±0.03 ^{aA}	1.09±0.05 ^{aA}		المالتودكسترين +الصمغ عربي	
ممتازة	ممتازة	7.74±0.38 ^{aB}	3.46±0.26 ^{aA}	0.07±0.04 ^{aA}	1.03±0.01 ^{aA}			
ممتازة	ممتازة	8.43±0.35 ^{aB}	8.43±0.44 ^{cA}	1.09±0.05 ^{aA}	1.09±0.01 ^{aA}			

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$
تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-13-دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً.

تُظهر النتائج المدونة في الجدول (19) وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف في محتوى مساحيق هريس الكاكي من الفينولات الكلية، مع ملاحظة وجود انخفاض في محتوى المساحيق المضاف إليها العوامل المساعدة في التجفيف مقارنة مع عينة الشاهد، ومع ذلك لوحظ تفوق مساحيق هريس الكاكي ذات نسبة إضافة (45%) مالتودكسترين بمحتواها الأعلى من الفينولات الكلية بمتوسط قيمته (250.12 مغ/100 غ وزن جاف)، وبنسبة فقد (16.62%)، تلتها عينات الصمغ العربي ذات نسبة إضافة (30%) صمغ عربي بمتوسط قيمته (247 مغ/100 غ وزن جاف) وبنسبة فقد (17.66%)، ثم عينات المزيج من المالتودكسترين والصمغ العربي بمتوسط قيمته (224.04 مغ/100 غ وزن جاف) وبنسبة فقد (25.32%)، وذلك مقارنة مع عينة الشاهد (300 مغ/100 غ وزن جاف).

يعزى ارتفاع محتوى المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين مقارنة مع الصمغ العربي، إلى أن المالتودكسترين كان بمثابة طلاء يُشكّل طبقة تغلف جزيئات المسحوق، مما يقيد اتصال المركبات الفينولية مع الأوكسجين لذلك تباطأ معدل تحلل الفينولات وتم الاحتفاظ بأعلى نسبة منها، بالإضافة إلى ذلك يزيد المالتودكسترين عند إضافته لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف من نسبة المواد الصلبة ويُشكّل روابطاً مع الماء الحر مما يؤدي إلى انخفاض نشاط إنزيم بولي فينول أوكسيداز Polyphenol Oxidase وذلك يؤدي إلى احتفاظ أعلى بالمحتوى من الفينولات الكلية (Nguyen et al.,2022,28).

توضح البيانات الواردة في الجدول (19) وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في محتوى مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة من الفينولات الكلية، إذ يلاحظ انخفاض محتوى مساحيق هريس الكاكي من الفينولات الكلية خلال مدة التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة لكافة العينات، وهذا يتوافق مع ما ذكره (Ahmed et al.,2020, 30) من حيث تأثير مدة التخزين في انخفاض المحتوى من الفينولات الكلية.

يلاحظ من نتائج الجدول (19) وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف في محتوى مساحيق هريس الكاكي من فيتامين C، إذ أدت إضافة المالتودكسترين بتركيز 45% إلى هريس الكاكي قبل عملية التجفيف إلى المحافظة على أعلى محتوى من فيتامين C، إذ بلغت قيمته (7.77 مغ/100 غ وزن جاف) مقارنة مع العينات الأخرى، لأن وظيفة المالتودكسترين حماية المكونات الغذائية للمادة الغذائية التي يغلفها، وذلك من خلال ربط العناصر الغذائية بالمادة المجففة، إذ أنّ للمالتودكسترين رابطة قوية وبنية حلزونية تساعد على تقليل الفقد من فيتامين C أثناء المعالجة الحرارية (Prabowo and Saraswati, 2021, 53).

يبين الجدول (19) تأثير مدة التخزين في محتوى مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة من فيتامين C، إذ تناقصت قيم فيتامين C في كافة العينات بعد مرور ستة أشهر من تخزينها عند درجة حرارة الغرفة، إذ يُعدّ فيتامين C حساساً للغاية أثناء تخزين أي منتج غذائي، وتتأثر نسبة الاحتفاظ بفيتامين C أثناء تخزين المنتجات الغذائية بزيادة المحتوى من الرطوبة وزيادة درجة حرارة التخزين، وهذا يتوافق مع ما ذكره (Dufera et al., 2023, 6226) عن تأثير مدة التخزين في خفض المحتوى من فيتامين C.

نلاحظ من النتائج المدرجة في الجدول (19) تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف في محتوى المساحيق الناتجة من البيتا كاروتين، إذ تفوقت عينة مسحوق هريس الكاكي ذات نسبة الإضافة 40 و 45 % من المالتودكسترين بمحتواها الأعلى من البيتا كاروتين مقارنة مع العينات الأخرى المصنّعة، إذ بلغت (127.80، 127.52 ميكروغرام/100 غ وزن جاف).

كان لمدة التخزين الأثر المعنوي الأكبر في خفض محتوى مساحيق هريس الكاكي من البيتا كاروتين في كافة عينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة، وكان الانخفاض الأكبر في عينة الشاهد بنسبة بلغت (13.25%)، في حين بلغت (6.46%) في المساحيق المصنّعة باستخدام 45% من المالتودكسترين مقارنة مع العينات في الزمن صفر.

نلاحظ من الجدول (19) أنّ إضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي قبل التجفيف أثرت بصورة معنوية في خفض محتوى المساحيق الناتجة من التانينات، إذ كان لاستخدام المالتودكسترين بتركيز 45 و 50%)، الأثر المعنوي الأكبر في خفض محتوى مساحيق هريس الكاكي من التانينات الكلية إذ بلغت (0.30، 0.32%) على الترتيب.

كان لعينات المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين الأثر الأكبر في خفض المحتوى من التانينات مقارنة مع الصمغ العربي، ويعود ذلك إلى أنّ المالتودكسترين يتمتع ببنية ملفوفة مرنة وحلزونية، إذ يكون الجزء الداخلي لهذه البنية كاره للماء مما يسمح له بتكوين معقدات مع التانينات (Xiao *et al.*, 2022,1).

الجدول 19؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً

المحتوى من التانينات (% وزن جاف)		بيتا كاروتين (ميكروغرام/100 غ وزن جاف)		فيتامين C (مغ/100 غ وزن جاف)		الفينولات الكلية (مغ/100 غ وزن جاف)		
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	6	0	
0.90±0.03 ^{fA}	1.61±0.02 ^{dA}	111.90±0.81 ^{bA}	129.00±0.53 ^{dB}	2.00±0.16 ^{aA}	4.00±0.12 ^{aB}	253.00±0.57 ^{gA}	300.00±0.61 ^{fB}	شاهد
0.64±0.02 ^{dA}	1.41±0.02 ^{dB}	114.00±0.92 ^{dA}	127.80±0.69 ^{Cb}	2.00±0.20 ^{aA}	5.00±0.15 ^{bB}	116.11±0.66 ^{CA}	215.00±0.77 ^{bB}	%40
0.23±0.01 ^{aA}	0.30±0.01 ^{aA}	119.28±0.69 ^{fA}	127.52±0.56 ^{CB}	4.52±0.18 ^{cA}	7.77±0.23 ^{dB}	210.00±0.55 ^{fA}	250.12±0.82 ^{eB}	%45
0.24±0.01 ^{aA}	0.32±0.01 ^{aA}	108.60±0.90 ^{aA}	116.65±0.66 ^{aB}	2.00±0.25 ^{aA}	5.55±0.25 ^{bB}	104.60±0.52 ^{bA}	200.00±0.62 ^{aB}	%50
0.85±0.03 ^{eA}	1.52±0.05 ^{dA}	117.80±0.94 ^{eA}	126.00±0.86 ^{bB}	2.12±0.23 ^{aA}	5.50±0.31 ^{bB}	116.38±0.67 ^{cA}	216.00±0.65 ^{bB}	%25
0.43±0.01 ^{cA}	0.76±0.04 ^{CB}	118.00±0.50 ^{eA}	126.26±0.77 ^{bB}	3.20±0.25 ^{bA}	6.60±0.26 ^{CB}	200.00±0.82 ^{eA}	247.00±0.88 ^{dB}	%30
0.35±0.01 ^{bA}	0.45±0.02 ^{bA}	108.00±0.66 ^{aA}	117.00±0.52 ^{aB}	2.00±0.23 ^{aA}	5.00±0.20 ^{bB}	100.00±0.77 ^{aA}	200.55±0.92 ^{aB}	%35
0.34±0.01 ^{bA}	0.43±0.01 ^{bA}	113.00±0.72 ^{cA}	126.00±0.45 ^{bB}	3.10±0.18 ^{bA}	6.00±0.23 ^{CB}	157.41±0.65 ^{dA}	224.04±0.78 ^{cB}	%40+10
								المالتودكسترين + الصمغ عربي

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-14- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن:

تُحدد مضادات الأكسدة في المنتجات الغذائية بعدة طرائق، والتي لكل منها آلية عمل متميزة، وفي هذا البحث تمّ تقييم النشاط المضاد للأكسدة لمساحيق هريس الكاكي باستخدام طريقتي (DPPH و FRAP)، وتمّ عرض نتائج تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف في النشاط المضاد للأكسدة لمساحيق هريس الكاكي، إذ لوحظ وجود تباين في قيم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقتي (DPPH و FRAP) بين العينات المدروسة وبفروق معنوية واضحة، إذ كان لإضافة المالتودكسترين بتركيز (45%) الأثر المعنوي الأكبر في المحافظة على أعلى قيم للنشاط المضاد للأكسدة وفق طريقتي (DPPH و FRAP) بقيم بلغت (81، 66.22%) على الترتيب، ويعود ذلك إلى الطبيعة العالية للذوبان في الماء للمالتودكسترين (Adetoro et al., 2020, 14).

أثرت مدة التخزين بشكل معنوي في النشاط المضاد للأكسدة للمساحيق الناتجة، إذ لوحظ انخفاض النشاط المضاد للأكسدة المقدّر بطريقتي (DPPH و FRAP) خلال التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة لكافة عينات المساحيق، وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه (Meena et al., 2021, 6) والذين أشاروا إلى تأثير مدة التخزين في خفض النشاط المضاد للأكسدة.

نلاحظ من نتائج الجدولين (19 و 20) انخفاض محتوى المساحيق من الفينولات الكلية وفيتامين C وبيتا كاروتين والنشاط المضاد للأكسدة عند استخدام تركيز 50% من المالتودكسترين و35% من الصمغ العربي، ويعود ذلك إلى أنه، عند إضافة تركيز عالٍ من العامل المساعد في التجفيف إلى الهريس قبل عملية التجفيف يجعله يتطلب مدة أطول للتجفيف مما يؤدي إلى خسارة أكبر من المركبات الفعالة بيولوجياً، وبسبب المسامية العالية التي يتم الحصول عليها عند استخدام تركيز أكبر من العامل المساعد في التجفيف، مما يؤدي إلى حدوث عملية الأكسدة بشكل أسرع (Ozcelik and Kulozik, 2023, 2).

الجدول 20؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في مسحوق هريس الكاكي المجفف باستخدام الهواء الساخن

النشاط المضاد للأكسدة		DPPH (%)		FRAP (%)	
		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
		0	6	0	6
شاهد		79.00±0.46 ^{eB}	75.00±0.74 ^{fA}	64.00±0.37 ^{cB}	60.23±0.63 ^{dA}
المالتودكسترين	%40	68.00±0.80 ^{aB}	60.00±0.59 ^{bA}	60.36±0.41 ^{aB}	55.56±0.52 ^{bA}
	%45	81.00±0.74 ^{fB}	78.00±0.52 ^{gA}	66.22±0.48 ^{dB}	62.33±0.82 ^{eA}
	%50	73.00±0.65 ^{cB}	69.00±0.88 ^{eA}	62.35±0.55 ^{bB}	54.58±0.65 ^{bA}
الصمغ العربي	%25	71.15±0.55 ^{bB}	66.98±0.54 ^{dA}	60.00±0.41 ^{aB}	54.62±0.73 ^{bA}
	%30	78.12±0.66 ^{dB}	74.00±0.92 ^{eA}	64.53±0.47 ^{cB}	58.46±0.46 ^{cA}
	%35	67.50±0.65 ^{aB}	55.00±0.66 ^{aA}	61.68±0.72 ^{bB}	53.25±0.45 ^{aA}
المالتودكسترين + الصمغ عربي		70.60±0.82 ^{bB}	65.00±0.80 ^{cA}	62.35±0.67 ^{bB}	55.00±0.53 ^{bA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$
تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-15 - دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي ومدة التخزين في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج بطريقة التجفيف بالهواء الساخن:

يعدُّ اللون أحد معايير الجودة الأساسية التي تعكس جاذبية وجودة المسحوق الناتج، وقد أثرت العوامل المساعدة في التجفيف المضافة لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف بالهواء الساخن في قيم مؤشرات اللون، وتوضح البيانات الواردة في الجدول (21)، أنَّ زيادة تركيز العوامل المساعدة أدَّت إلى زيادة قيمة مؤشر السطوع (L^*) إذ تراوحت ما بين (49-55) في المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين، فيما تراوحت ما بين (44.85- 53.46) في المساحيق المصنعة باستخدام الصمغ العربي، في حين بلغت قيمة هذا المؤشر في عينة الشاهد (40)، مع ملاحظة تفوق المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين بقيم درجة السطوع مقارنة مع الصمغ العربي وهذا عائد إلى اللون الأبيض للمالتودكسترين (Lestario et al., 2023,149).

حسب الدراسات والأبحاث العلمية يُنصح دائماً باختيار تركيز مناسب من العامل المساعد في التجفيف، إذ تؤدي نسب الإضافة الأعلى من المالتودكسترين إلى تخفيف اللون مما يؤدي إلى لون فاتح جداً (Nayaka et al., 2020, 2451).

يبين الجدول (21) قيم مؤشري a^* و b^* للمساحيق الناتجة، إذ نلاحظ انخفاض قيمة المؤشر a^* والمؤشر b^* بتأثير ارتفاع تركيز العامل المساعد في التجفيف، إذ انخفضت قيم مؤشري اللون a^* و b^* من (13.13، 33.18) على الترتيب في عينة مسحوق الشاهد إلى (7.92، 22.65) على الترتيب في العينات المصنعة باستخدام المالتودكسترين (50%)، وإلى (10.34، 28.54) على الترتيب في العينات المصنعة باستخدام الصمغ العربي بتركيز (35%). وتجدر الإشارة إلى الأثر المعنوي الأكبر لاستخدام الصمغ العربي في رفع قيمة المؤشر a^* للمساحيق الناتجة، وهذا عائد إلى تفاعل الاسمرار غير الإنزيمي بين السكريات المرجعة الموجودة في هريس الكاكي والبروتين الموجود في الصمغ العربي، إذ يتكون بروتين الصمغ العربي من ثلاث أحماض أمينية رئيسة (هيدروكسي بروتين، سيرين، بروتين)، إذ تتمتع الأحماض الأمينية والبيتيدات الحرة ذات السلسلة الأقصر بتفاعل أعلى من البروتينات المعقدة، بالإضافة إلى ذلك درجة الحرارة المستخدمة ووقت التجفيف وطريقة التجفيف لها تأثير كبير في لون المساحيق الناتجة (Sarabandi et al., 2018, 3105).

تعتمد شدة اللون الأصفر في المساحيق على عوامل مختلفة مثل نوع العامل الحامل المستخدم وتركيزه، وظروف التجفيف، والتغيرات الكيميائية التي حدثت أثناء التجفيف (تقليل عدد الروابط المزدوجة، الأكسدة) (Jimenez-Gonzalez et al., 2022, 6).

نلاحظ من معطيات الجدول (21) نلاحظ أنّ نتائج قيم Hue لمساحيق هريس الكاكي الناتجة كانت قريبة من 90° والتي تؤكد اللون الأصفر لكافة مساحيق هريس الكاكي الناتجة.

تشير النتائج الموضحة في الجدول (21) أنّ لعامل التخزين أثراً معنوياً في قيم مؤشرات اللون لكافة مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

تأثرت قيم مؤشرات السطوع بعملية التخزين، إذ نلاحظ انخفاض قيم مؤشر السطوع L^* بشكل ملحوظ بعد تخزين العينات لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة. نلاحظ أنّ العينات المضاف إليها العوامل المساعدة في التجفيف احتفظت بقيم سطوع أعلى مقارنة مع عينة الشاهد، إذ تراوحت نسبة الانخفاض في قيم المؤشر L^* لمساحيق هريس الكاكي المصنّعة باستخدام المالتودكسترين خلال مدة التخزين ما بين (7.38-14.41%) الصمغ العربي ما بين (7.96-10.39%) على الترتيب، وبلغت في عينة الشاهد (24.45%) وذلك مقارنةً مع العينات في الزمن صفر.

تجدر الإشارة إلى الأثر المعنوي لمدة التخزين في زيادة قيم المؤشر a^* بشكل ملحوظ لكافة عينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر، إذ ازدادت بنسبة (35.06%) في نهاية التخزين لمدة ستة أشهر في عينة الشاهد، بينما ازدادت ما بين (17.90-34%) في المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين، وما بين (20.32-34.26%) في عينات المساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي وذلك مقارنةً مع العينات في الزمن صفر وتعزى هذه الزيادة بشكل رئيسي إلى تفاعلات الاسمرار غير الإنزيمي.

أما بالنسبة لدرجة الاصفرار فقد لوحظ ازدياد قيمتها بتأثير عملية التخزين لمدة ستة أشهر لكافة عينات مساحيق هريس الكاكي.

الجدول 21؛ دراسة تأثير العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي ومدة التخزين في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج باستخدام الهواء الساخن

H		b*		a*		L*		مؤشرات اللون
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	6	0	
68.50±0.47 ^{aA}	67.86±0.46 ^{aA}	40.00±0.37 ^{eB}	33.18±0.30 ^{eA}	20.22±0.21 ^{dB}	13.13±0.49 ^{dA}	30.22±0.55 ^{aA}	40.00±0.57 ^{aB}	شاهد
70.00±0.55 ^{bA}	70.36±0.82 ^{cA}	28.00±0.48 ^{aB}	24.96±0.32 ^{bA}	10.00±0.32 ^{aB}	8.00±0.14 ^{abA}	42.33±0.88 ^{cA}	49.46±0.33 ^{cB}	%40
70.00±0.74 ^{bA}	70.72±0.77 ^{cA}	28.00±0.72 ^{aB}	24.52±0.22 ^{bA}	10.00±0.15 ^{aB}	8.21±0.28 ^{abA}	45.38±0.42 ^{dA}	49.00±0.42 ^{cB}	%45
69.70±0.65 ^{bA}	68.79±0.65 ^{bA}	29.00±0.53 ^{bB}	22.65±0.25 ^{aA}	12.00±0.20 ^{bB}	7.92±0.25 ^{aA}	49.56±0.77 ^{eA}	55.00±0.60 ^{eB}	%50
70.40±0.56 ^{bA}	70.20±0.46 ^{cA}	30.33±0.54 ^{cB}	27.62±0.74 ^{cA}	13.60±0.18 ^{cB}	8.94±0.58 ^{bA}	40.80±0.45 ^{bA}	45.53±0.31 ^{bB}	%25
69.97±0.83 ^{bA}	69.85±0.48 ^{cA}	30.00±0.55 ^{cB}	27.14±0.39 ^{cA}	12.25±0.32 ^{bB}	9.76±0.45 ^{cA}	41.28±0.62 ^{bA}	44.85±0.47 ^{bB}	%30
70.00±0.65 ^{bA}	70.14±0.65 ^{cA}	32.00±0.62 ^{dB}	28.54±0.35 ^{dA}	13.48±0.17 ^{cB}	10.34±0.37 ^{cA}	48.70±0.59 ^{eA}	53.46±0.34 ^{dB}	%35
70.12±0.45 ^{bA}	70.29±0.73 ^{cA}	29.00±0.44 ^{bB}	24.00±0.17 ^{Ab}	10.22±0.22 ^{aB}	8.78±0.33 ^{bA}	49.33±0.66 ^{eA}	53.75±0.35 ^{dB}	40+10 %
								المالتودكسترين +الصمغ عربي

الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3- 16- دراسة تأثير إضافة تراكيز مختلفة من العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفد:

دُرست أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي الناتج بطريقة التجفيد، والنتائج موضحة في الجدول (22).

تشير البيانات الواردة في الجدول (22) إلى وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف إلى هريس الكاكي قبل عملية التجفيد في محتوى المساحيق من الرطوبة، إذ لوحظ وجود انخفاض معنوي في محتوى المساحيق الناتجة من الرطوبة بتأثير ارتفاع تركيز العامل المساعد في التجفيف (المالتودكسترين والصمغ العربي) مقارنة مع الشاهد، إذ أبدت المساحيق المضاف إليها المالتودكسترين بتركيز (45، 50%) والصمغ العربي بتركيز (30، 35%) ومزيج المالتودكسترين والصمغ العربي أقل قيم للرطوبة، إذ بلغت (9.33، 10.36، 10.37، 9.41 %) على الترتيب، وتوافقت النتائج مع ما أشار إليه (Cid-Ortega and Guerrero- 2022,8) الذين بيّنوا انخفاض المحتوى من الرطوبة بتأثير إضافة الصمغ العربي والمالتودكسترين. أما بالنسبة لمحتوى المساحيق من الرماد، فقد بيّنت النتائج تفوق مساحيق هريس الكاكي المضاف إليها الصمغ العربي قبل التجفيد معنوياً من حيث النسبة المئوية للرماد، إذ تراوحت ما بين (4.20-4.42% وزن جاف)، في حين تراوحت ما بين (1.45-2.40 % وزن جاف) في المساحيق المضاف إليها المالتودكسترين، و(1.59 % وزن جاف) في عينة الشاهد، إذ ذكر Ali وآخرون (2022، 6) أنّ المالتودكسترين لا يحتوي أي عناصر معدنية.

تشير النتائج إلى وجود انخفاض معنوي في رقم الـ pH بتأثير زيادة تركيز الصمغ المضاف قبل عملية التجفيد، إذ نلاحظ تميّز المسحوق المضاف إليه الصمغ العربي 35% بأدنى قيمة لرقم الـ pH، إذ بلغت (5.85) مقارنة مع العينات الأخرى المدروسة.

يلاحظ من الجدول (22) ارتفاع قيم الحموضة الكلية عند إضافة الصمغ العربي بتركيز (35%) (0.44%)، مقارنة مع المساحيق المضاف إليها المالتودكسترين، وذلك لاحتواء الصمغ العربي على حمض

الغلوكورونيك، مما أدى إلى انخفاض رقم الـ pH وارتفاع الحموضة الكلية في العينات المضاف إليها الصمغ العربي (Ishak et al., 2022, 362).

من خلال مقارنة نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (22) تبين وجود انخفاض معنوي في محتوى المساحيق من السكريات الكلية بتأثير زيادة تركيز العوامل المساعدة في التجفيف للهريس قبل عملية التجفيد، إذ تميزت عينة مسحوق الشاهد بمحتواها الأعلى من السكريات الكلية والتي بلغت (78.19 غ/ 100 غ). تشير النتائج الواردة في الجدول (22) إلى وجود تأثير معنوي لعملية التخزين في زيادة المحتوى من الرطوبة والحموضة الكلية والسكريات الكلية وخفض رقم الـ pH، وذلك لكافة مساحيق هريس الكاكي المجفدة والمخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 22؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف

الرطوبة (%)		pH		الحموضة الكلية (%)		الرماد (% وزن جاف)		السكريات الكلية (غ /100غ وزن جاف)			
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)			
6	0	6	0	6	0	6	0	6	0		
شاهد	13.49±0.51 ^{bA}	15.22±0.20 ^{cB}	5.54±0.02 ^{aB}	5.22±0.01 ^{aA}	0.37±0.05 ^{adA}	0.44±0.02 ^{bA}	1.59±0.25 ^{abA}	1.63±0.11 ^{aA}	78.19±0.23 ^{fA}	83.00±0.66 ^{gB}	
المالتوكسترين	%40	12.76±0.24 ^{bA}	14.00±0.35 ^{bb}	6.35±0.02 ^{dB}	6.10±0.01 ^{cdA}	0.19±0.02 ^{bA}	0.32±0.01 ^{aB}	2.40±0.15 ^{aAb}	2.30±0.10 ^{abA}	63.06±0.51 ^{eA}	65.00±0.77 ^{fB}
	%45	10.36±0.31 ^{aA}	12.00±0.33 ^{aB}	6.33±0.03 ^{dA}	6.20±0.02 ^{bdA}	0.22±0.03 ^{beA}	0.30±0.01 ^{aB}	2.08±0.11 ^{abA}	2.00±0.12 ^{abA}	55.32±0.45 ^{cA}	60.00±0.64 ^{dB}
	%50	9.33±0.72 ^{aA}	12.77±0.45 ^{aB}	6.27±0.03 ^{dB}	6.20±0.02 ^{bdA}	0.28±0.02 ^{baA}	0.30±0.02 ^{aA}	1.45±0.16 ^{aA}	1.60±0.15 ^{aA}	49.54±0.86 ^{bA}	53.00±0.55 ^{aB}
الصمغ العربي	%25	12.33±0.33 ^{bA}	14.00±0.52 ^{bb}	6.07±0.01 ^{bB}	5.92±0.01 ^{bcA}	0.31±0.02 ^{acA}	0.35±0.01 ^{aA}	4.35±0.29 ^{cA}	4.22±0.11 ^{cA}	57.07±0.63 ^{dA}	63.00±0.38 ^{eB}
	%30	10.00±0.57 ^{aA}	14.02±0.35 ^{bb}	6.03±0.02 ^b	5.95±0.02 ^{bcdA}	0.35±0.03 ^{aA}	0.38±0.03 ^{bA}	4.42±0.29 ^{cA}	4.20±0.13 ^{cA}	50.66±0.33 ^{bA}	58.13.±0.84 ^{cB}
	%35	10.37±0.31 ^{aA}	12.72±0.22 ^{aB}	5.85±0.08 ^{cA}	5.80±0.01 ^{bA}	0.44±0.03 ^{dA}	0.48± 0.01 ^a	4.20±0.19 ^{cA}	4.00±0.11 ^{cA}	47.66±0.66 ^{aA}	55.17±0.45 ^{bB}
المالتوكسترين +الصمغ عربي	40+10 %	9.41±0.30 ^{aA}	12.27±0.33 ^{aB}	6.25±0.02 ^{dB}	5.96±0.03 ^{bA}	0.31±0.06 ^{aeA}	0.38±0.01 ^{bb}	2.99±0.27 ^{b A}	2.62±0.11 ^{bA}	55.19±0.26 ^{cA}	63.00±0.54 ^{eB}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$ تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-17- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف:

توضح النتائج الواردة في الجدول (23) وجود تأثير معنوي لإضافة العامل المساعد في التجفيف في معدل إنتاجية مسحوق هريس الكاكي، وظهر الأثر الأكبر في زيادة معدل الإنتاجية في المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز (45%) والتي بلغت (28.93%) مقارنة مع عينات مساحيق الشاهد والعينات المصنّعة باستخدام الصمغ العربي، وتوافقت هذه النتائج مع ما ذكره (Makhathini et al., 2023,4) بأنّ إضافة المالتودكسترين أعطى أعلى إنتاجية مقارنة مع النشاء الشمعي والصمغ العربي في مسحوق قشور الرمان المجفف. يُلاحظ من نتائج الجدول (23) وجود فروق معنوية في مؤشر قابلية الذوبان وذلك بتأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي، وكان أعلاها عند إضافة المالتودكسترين، تليها عينات المساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي، ثم عينة مسحوق الشاهد، وتوافقت النتائج مع ما أشار إليه (Nthimole et al., 2022,8) الذين بيّنوا زيادة قابلية ذوبان مساحيق التوت المجففة المصنّعة بإضافة المالتودكسترين مقارنة مع الصمغ العربي.

يَعود سبب انخفاض قابلية ذوبان مساحيق هريس الكاكي المصنّعة باستخدام الصمغ العربي مقارنة مع المالتودكسترين، إلى أنّ الصمغ العربي خليط معقد من السكريات والبروتينات السكرية مع بنية متفرعة، إذ يكون ذو قابلية ذوبان أقل لأنّ التركيب الجزيئي المعقد والمتفرع يعيق إمكانية الوصول إلى جزيئات الماء، في حين أنّ هيكل المالتودكسترين الخطي وسلاسل جزيئاته الأقصر الناتجة عن تحلل الأميلوز والأميلوبكتين تؤدي إلى تفاعلات أفضل مع جزيئات الماء وبالتالي زيادة قابلية الذوبان، مما يجعل المالتودكسترين خياراً مفضلاً لاستخدامه في التطبيقات الغذائية (Maharani et al., 2023,185).

تبين نتائج الجدول (23) تأثير العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي في مؤشر الاسترطابية، إذ توضح النتائج المبينة في الجدول وجود انخفاض معنوي في قيم مؤشر الاسترطابية بتأثير زيادة تركيز العامل المساعد في التجفيف، إذ انخفضت إلى (5.19%) عند إضافة المالتودكسترين بتركيز (45%) بالمقارنة مع عينة

الشاهد والتي بلغت (15.33%)، إذ تشير قيم الاسترطابية العالية إلى ميل المساحيق لتشكيل حالة من التكتل والالتصاق أثناء التخزين، ونلاحظ أنّ المساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي أبدت ارتفاعاً في مؤشر الاسترطابية، ويمكن تفسير ذلك من خلال التركيب الكيميائي للعوامل المساعدة في التجفيف، إذ يُقدّم الصمغ العربي بنية متفرعة لذلك ترتبط جزيئات الماء بسهولة أكبر مع مجموعات الهيدروكسيل الموجودة في الصمغ العربي، في حين يتمتع المالتودكسترين باسترطابية منخفضة (Jović *et al.*, 2023, 8).

يتبين من الجدول انخفاض قيم درجة التكتل مع زيادة تركيز العامل المساعد في التجفيف، وكان أدناها عند إضافة المالتودكسترين بتركيز (45%) والتي بلغت (28%) مقارنة مع العينات المضاف إليها الصمغ العربي وعينة الشاهد.

أثرت مدة التخزين بدرجة حرارة الغرفة لمدة ستة أشهر بشكل معنوي في خفض مؤشر قابلية الذوبان وزيادة قيم الاسترطابية ودرجة التكتل لكافة عينات مساحيق هريس الكاكي المجفدة المخزنة، وتوافقت النتائج مع (Wong *et al.*, 2020, 371) من حيث تأثير مدة التخزين في قيم درجة التكتل وقابلية الذوبان والاسترطابية.

الجدول 23؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في بعض المؤشرات الفيزيائية لمسحوق هريس الكاكي المجفف

المؤشر الفيزيائي	الإنتاجية (%)	القابلية للذوبان (%)		الاسترطابية (%)		درجة التكتل (%)	
		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
		6	0	6	0	6	0
شاهد		55.22±0.56 ^{fB}	50.00±0.42 ^{dA}	20.00±0.22 ^{eB}	15.33±0.33 ^{eA}	88.77±0.33 ^{aA}	90.92±0.30 ^{aB}
المالتودكسترين	%40	35.64±0.47 ^{cB}	30.22±0.32 ^{bA}	11.00±0.16 ^{bB}	8.46±0.29 ^{bA}	92.75±0.44 ^{bA}	94.58±0.34 ^{bB}
	%45	30.00±0.25 ^{aB}	28.00±0.47 ^{aA}	9.00±0.25 ^{aB}	5.19±0.42 ^{aA}	96.00±0.33 ^{cA}	97.71±0.28 ^{cB}
	%50	30.22±0.39 ^{aB}	28.50±0.36 ^{aA}	9.00±0.36 ^{aB}	5.51±0.28 ^{aA}	96.00±0.30 ^{cA}	97.66±0.33 ^{cB}
الصمغ العربي	%25	40.35±0.55 ^{eB}	35.00±0.35 ^{dA}	17.00±0.29 ^{dB}	13.14±0.45 ^{dA}	91.80±0.40 ^{bA}	94.50±0.28 ^{bB}
	%30	38.42±0.45 ^{dB}	31.50±0.45 ^{CA}	12.60±0.30 ^{CB}	10.33±0.33 ^{CA}	91.60±0.25 ^{bA}	93.97±0.20 ^{bB}
	%35	38.45±0.65 ^{dB}	31.62±0.62 ^{CA}	10.70 ±0.15 ^{bB}	7.33±0.33 ^{bA}	91.97±0.30 ^{bA}	94.33±0.33 ^{bB}
المالتودكسترين + الصمغ عربي	%40+10	34.00±0.62 ^{bB}	29.00±0.35 ^{aA}	9.00±0.18 ^{aB}	4.50±0.28 ^{aA}	95.40±0.44 ^{CA}	96.98±0.56 ^{CB}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$ تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-18- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف:

نلاحظ من الجدول (24) وجود تأثير معنوي لإضافة العامل المساعد في التجفيف لهريس الكاكي قبل عملية التجفيد في قيم الكثافة الظاهرية للمسحوق الناتج، إذ تميزت مساحيق هريس الكاكي المصنعة باستخدام (45، 50%) مالتودكسترين (0.47، 0.46 غ/سم³) بأعلى قيم للكثافة الظاهرية مقارنة مع عينة الشاهد (0.25 غ/سم³).
توضح النتائج أيضاً ارتفاع قيم الكثافة الحقيقية بتأثير زيادة تركيز العامل المساعد في التجفيف بشكل معنوي، إذ ارتفعت قيم الكثافة الحقيقية من (0.33 غ/سم³) في عينة مسحوق الشاهد إلى (0.55، 0.54 غ/سم³) في المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين (45 و 50%) على الترتيب، مع ملاحظة عدم وجود فروق معنوية في قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية في عينات المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين (45 و 50%) والصمغ العربي (30 و 35%)، ويتوافق تأثير المالتودكسترين والصمغ العربي في رفع قيم الكثافة الظاهرية مع (Nthimole *et al.*, 2022,6).

يلاحظ من الجدول (24) عدم وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية لعينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 24؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الكثافة لمسحوق هريس الكاكي المجفف

	الكثافة الظاهرية (غ/سم ³)		الكثافة الحقيقية (غ/سم ³)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
	0	6	0	6
شاهد	0.25±0.02 ^{aA}	0.25±0.01 ^{aA}	0.33±0.05 ^{aA}	0.33±0.02 ^{aA}
المالتودكسترين	%40	0.27±0.01 ^{Aa}	0.33 ±0.01 ^{aA}	0.49±0.01 ^{cB}
	%45	0.47±0.01 ^{bA}	0.55 ±0.01 ^{bA}	0.58±0.03 ^{cA}
	%50	0.46±0.05 ^{bA}	0.54±0.05 ^{bA}	0.56±0.03 ^{cA}
الصمغ العربي	%25	0.29±0.03 ^{aA}	0.33 ±0.03 ^{aA}	0.50±0.01 ^{cB}
	%30	0.44±0.02 ^{bA}	0.48±0.01 ^{bA}	0.55±0.01 ^{cA}
	%35	0.44±0.02 ^{bA}	0.48±0.02 ^{bA}	0.52±0.01 ^{cA}
المالتودكسترين + الصمغ عربي	%40+10	0.43±0.03 ^{bA}	0.48±0.05 ^{bA}	0.49±0.01 ^{cA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$
 تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-19- نتائج دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية لمسحوق هريس الكاكي المجفف:

تم قياس كل من الكثافة الظاهرية والحقيقية، ومن خلالهما تم حساب مؤشر هاسنر ومؤشر كار، إذ تؤدي زيادة قيمة هذين المؤشرين إلى زيادة قابلية الانضغاط والتماسك، مما يؤدي إلى انخفاض سيولة وانسيابية المساحيق، ويبين الجدول (25) قيم هذه المؤشرات للمساحيق الناتجة، إذ تميزت المساحيق ذات نسب الإضافة (30، 35%) صمغ عربي بانسيابية وقابلية تدفق ممتازة، إذ كانت قيم مؤشر هاسنر ومؤشر كار لهذه المساحيق (1.09، 1.11، 10.41، 8.51%) على الترتيب، تلتها المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز (45 و 50%) والتي أبدت انسيابية جيدة مقارنة مع عينة الشاهد.

الجدول 25 ؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في قيم الانسيابية
لمسحوق هريس الكاكي المجفف

الانسيابية		مؤشر carr Carr's index (%)		مؤشر هاسنر Hausner index		
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	
مقبولة	مقبولة	24.24±0.34 ^{ea}	24.24±0.43 ^{ea}	1.32±0.0c ^{ca}	1.32±0.05 ^{ca}	شاهد
مقبولة	مناسبة	22.4±0.30 ^{db}	20.58±0.38 ^{da}	1.28±0.03 ^{bca}	1.25±0.05 ^{bca}	%40
جيدة	جيدة	17.24±0.44 ^{bb}	14.54±0.55 ^{ca}	1.20 ±0.01 ^{ba}	1.17±0.04 ^{abA}	%45
مقبولة	جيدة	16.66±0.45 ^{bb}	14.80±0.49 ^{ca}	1.19±0.03 ^{abA}	1.17±0.06 ^{abA}	%50
مقبولة	جيدة	18.00±0.67 ^{ca}	14.70±0.18 ^{ca}	1.21±0.04 ^{ba}	1.17±0.01 ^{abA}	%25
جيدة	ممتازة	16.36±0.44 ^{bb}	10.41±0.32 ^{ba}	1.19±0.03 ^{abA}	1.11 ±0.05 ^{aa}	%30
ممتازة	ممتازة	9.61±0.38 ^{ab}	8.51 ±0.26 ^{aa}	1.10±0.04 ^{aa}	1.09±0.01 ^{aa}	%35
ممتازة	ممتازة	8.10 ±0.35 ^{aa}	8.10 ±0.44 ^{aa}	1.08±0.05 ^{aa}	1.08±0.01 ^{aa}	%40+10

المالتودكسترين

الصمغ العربي

مالتودكسترين
+صمغ عربي

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$
تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-20- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف من المركبات الفعالة بيولوجياً:

نلاحظ من الجدول (26) وجود تباين في محتوى المساحيق الناتجة من الفينولات الكلية، ويعتمد هذا التباين على نوع العامل المساعد المستخدم في التجفيف وتركيزه، إذ لوحظ وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف في خفض محتوى مساحيق هريس الكاكي من الفينولات الكلية، إذ أدت إضافة المالتودكسترين بتركيز (45%) إلى المحافظة على أعلى محتوى من الفينولات الكلية والذي بلغ (85.98 مغ/100 غ وزن جاف) مقارنة مع المساحيق المضاف إليها الصمغ العربي، وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه (de Souza Lima et al.,2022,4) الذين بينوا تفوق العينات المصنعة باستخدام المالتودكسترين بأعلى محتوى من الفينولات الكلية مقارنة مع الصمغ العربي.

وفقاً لنتائج الجدول (26) يتبين وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف في محتوى مساحيق هريس الكاكي من فيتامين C، إذ لوحظ تفوق مسحوق هريس الكاكي المصنّع بإضافة المالتودكسترين (45%) بمحتواه الأعلى من فيتامين C والذي بلغ (10.85 مغ/100 غ وزن جاف).

تشير البيانات الواردة في الجدول إلى وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف في خفض محتوى المساحيق من البيتا كاروتين، ومع ذلك تميزت عينة مسحوق هريس الكاكي المصنّعة بإضافة (45%) من المالتودكسترين بأعلى محتوى من البيتا كاروتين (157.15 ميكروغرام/100 غ وزن جاف) مقارنة مع العينات الأخرى المدروسة.

وفقاً لنتائج الجدول نلاحظ وجود تأثير معنوي لإضافة العوامل المساعدة في التجفيف لمسحوق هريس الكاكي قبل التجفيد في خفض محتوى المساحيق الناتجة من التانينات، إذ كان لإضافة المالتودكسترين بتركيز 45% الأثر المعنوي الأكبر في خفض محتوى مساحيق هريس الكاكي من التانينات، إذ بلغ (0.05%).

تشير النتائج الواردة في الجدول إلى وجود تأثير معنوي لعملية التخزين في محتوى المساحيق من المركبات الفعالة بيولوجياً (الفينولات الكلية، فيتامين C، بيتا كاروتين)، إذ انخفضت كميتها في كافة عينات المساحيق المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 26؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في محتوى مسحوق هريس الكاكي المجفف من المركبات الفعالة بيولوجياً

المحتوى من التانينات (% وزن جاف)		بيتا كاروتين (ميكروغرام/100 غ وزن جاف)		فيتامين C (مغ/100 غ وزن جاف)		الفينولات الكلية (مغ/100 غ وزن جاف)		
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	6	0	
0.25 ±0.03 ^{ba}	0.25±0.02 ^{ba}	120.00±0.96 ^{ba}	157.14±0.79 ^{dB}	3.00±0.20 ^{aA}	6.00±0.12 ^{aB}	88.00±0.86 ^{gA}	114.00±0.20 ^{fB}	شاهد
0.07±0.02 ^{aA}	0.07±0.02 ^{aB}	137.00±0.87 ^{dA}	154.71±0.77 ^{Cb}	3.00±0.18 ^{aA}	7.00±0.18 ^{bB}	60.00±0.84 ^{CA}	82.00±0.87 ^{Bb}	%40
0.05±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^{aA}	154.00±0.78 ^{fA}	157.15±0.71 ^{cB}	6.00±0.32 ^{cA}	10.85±0.33 ^{dB}	73.00±0.80 ^{fA}	85.98±0.9 ^{3eB}	%45
0.05±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^{aA}	147.60±0.88 ^{aA}	150.97±0.63 ^{aB}	3.00±0.25 ^{aA}	6.23±0.28 ^{bB}	63.55±0.65 ^{ba}	81.23±0.55 ^{aB}	%50
0.18±0.03 ^{aA}	0.18±0.05 ^{aA}	140.22±0.78 ^{eA}	156.24±0.90 ^{bB}	1.88±0.28 ^{aA}	3.50±0.44 ^{bB}	60.33±0.50 ^{cA}	78.75 ±0.47 ^{bB}	%25
0.12±0.01 ^{aA}	0.12±0.04 ^{aB}	150.00±0.92 ^{eA}	155.86±0.95 ^{bB}	4.00±0.18 ^{ba}	9.00±0.36 ^{cB}	63.52±0.65 ^{eA}	82.19±0.95 ^{dB}	%30
0.12±0.01 ^{aA}	0.12 ±0.02 ^{aA}	147.25±0.96 ^{aA}	151.56±0.88 ^{aB}	3.00±0.25 ^{aA}	6.50±0.25 ^{bB}	58.23±0.80 ^{aA}	71.52±0.75 ^{aB}	%35
0.08±0.01 ^{aA}	0.08 ±0.01 ^{aA}	150.00±0.85 ^{cA}	155.89±0.84 ^{bB}	3.65±0.20 ^{ba}	7.00±0.28 ^{cB}	70.65±0.82 ^{dA}	83.66±0.80 ^{cB}	%40+1
								0

مالتودكسترين

صمغ عربي

مالتودكسترين +

صمغ عربي

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$ تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-21- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لمسحوق هريس الكاكي المجفف:

قَدَر النشاط المضاد للأكسدة لمساحيق هريس الكاكي المجففة الناتجة بطريقتي (FRAP و DPPH) ودُوِّنَت النتائج في الجدول (27)، وأظهرت النتائج الموضحة في الجدول (27) تفوق مسحوق هريس الكاكي المصنع بإضافة المالتودكسترين بتركيز (45%) بأعلى نشاط مضاد للأكسدة وفق طريقتي (FRAP و DPPH) إذ بلغت قيمه (68، 60.52%) على الترتيب مقارنة مع باقي العينات المضاف إليها العوامل المساعدة في التجفيف ويعود هذا الارتفاع في النشاط المضاد للأكسدة إلى محتوى هذه العينات من الفينولات وفيتامين C وبيتا كاروتين (Akther et al., 2023, 5). وكان لمدة التخزين الأثر المعنوي الأكبر في خفض النشاط المضاد للأكسدة في كافة عينات مساحيق هريس الكاكي المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 27؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لمسحوق هريس الكاكي المجفف

النشاط المضاد للأكسدة		DPPH (%)		FRAP (%)	
		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
		6	0	6	0
شاهد		75.00±0.65 ^{fA}	79.00±0.44 ^{fB}	60.00±0.35 ^{eB}	60.23±0.32 ^{fA}
المالتودكسترين		55.00±0.88 ^{cA}	64.00±0.76 ^{cB}	41.00±0.55 ^{aB}	36.55±0.55 ^{aA}
		66.70±0.82 ^{eA}	68.00±0.48 ^{eB}	60.52±0.49 ^{dB}	55.23±0.47 ^{eA}
		54.68±0.67 ^{cA}	62.00±0.52 ^{bB}	51.00±0.62 ^{bB}	45.22 ±0.85 ^{cA}
الصمغ العربي		50.64±0.4 ^{bA}	64.70±0.55 ^{cdB}	41.00±0.54 ^{aB}	35.71±0.63 ^{aA}
		60.00±0.80 ^{dA}	65.80±0.41 ^{dB}	58.82±0.47 ^{cB}	50.3 6±0.80 ^{dA}
		48.00±0.75 ^{aA}	60.0 0±0.58 ^{aB}	50.52±0.65 ^{bB}	43.73±0.44 ^{bA}
المالتودكسترين +الصمغ عربي		60.22±0.85 ^{dA}	63.97±0.51 ^{cB}	50.66±0.72 ^{bB}	44.00±0.63 ^{bA}
40+10 %					

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$
 تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-22- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف ومدة التخزين في مؤشرات اللون لمسحوق هريس الكاكي المجفف:

عند دراسة مؤشرات اللون في المساحيق الناتجة بطريقة التجفيف، ومن خلال معطيات الجدول (28) لوحظ وجود ارتفاع في قيم مؤشر درجة السطوع (L^*) بتأثير زيادة تركيز العامل المساعد في التجفيف لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف، إذ بلغت القيم للمساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز 40، 45، 50% (22.92، 47.17، 50.33) على الترتيب، في حين بلغت للمساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي بتركيز 25، 30، 35% (25.73، 25.51، 46.56) على الترتيب، مع ملاحظة تفوق المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين بقيم درجة السطوع مقارنة مع الصمغ العربي، ويتوافق تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف في رفع قيمة مؤشر درجة السطوع مع النتائج التي توصل إليها (Suravanichnirachorn *et al.*, 2018,357).

أما بالنسبة لقيم المؤشر a^* ، يوضح الجدول (28) وجود انخفاض معنوي في قيمة المؤشر a^* بتأثير زيادة تركيز العامل المساعد في التجفيف قبل عملية التجفيف، إذ بلغت أدنى قيم للمؤشر a^* في المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز 50% (8.62)، وللمساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي بتركيز 25% (8.94)، وهذا عائد إلى انخفاض تركيز هريس الكاكي بسبب الزيادة في نسبة المواد الحاملة المستخدمة (Wilkowska *et al.*, 2017,6).

من معطيات الجدول (28) نلاحظ ارتفاع قيمة ارتفاع المؤشر b^* مع زيادة تركيز المالتودكسترين، إذ بلغت أعلى قيمة له (45.21) للمساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز 50%، فيما بيّن التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية في قيمة المؤشر b^* عند زيادة نسب الإضافة من الصمغ العربي.

أما بالنسبة لقيم مؤشر Hue فيلاحظ ارتفاعها بتأثير زيادة تركيز العامل المساعد، وتشير زيادة زاوية تدرج اللون إلى تحول اللون الأحمر للمساحيق إلى اللون الأصفر، وتوافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Shishir *et al.*, 2018,1630) الذي بين زيادة قيمة Hue عند زيادة تركيز المالتودكسترين.

الجدول 28؛ دراسة تأثير العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي ومدة التخزين في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج المجفف

H		b*		a*		L*		مؤشرات اللون
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	6	0	
42.00±0.47 ^{aA}	41.55±0.29 ^{aA}	42.00±0.37 ^{eB}	24.39±0.30 ^{eA}	38.23±0.21 ^{dB}	27.31±0.36 ^{dA}	16.22±0.55 ^{aA}	20.51±0.75 ^{aB}	شاهد
50.00±0.55 ^{bA}	47.62±0.31 ^{cA}	30.00±0.48 ^{aB}	26.66±0.24 ^{bA}	25.23±0.32 ^{aB}	23.56±0.29 ^{abA}	20.43±0.88 ^{cA}	22.92±0.54 ^{cB}	%40
68.00±0.74 ^{bA}	67.72±0.41 ^{cA}	43.00±0.72 ^{fB}	41.52±0.28 ^{bA}	18.55±0.15 ^{aB}	17.01±0.54 ^{abA}	45.38±0.42 ^{dA}	47.17±0.59 ^{cB}	%45
70.89±0.65 ^b	70.67±0.30 ^{bA}	47.00±0.53 ^{gB}	45.21±0.38 ^{aA}	15.78±0.20 ^{cB}	8.62±0.31 ^{aA}	45.25±0.77 ^{eA}	50.33 ±0.33 ^{eB}	%50
54.22±0.56 ^{bA}	53.91±0.30 ^{cA}	32.79±0.54 ^{bB}	23.28±0.21 ^{cA}	13.81±0.32 ^{cB}	8.94±0.58 ^{bA}	20.00 ±0.45 ^{bA}	25.73±0.16 ^{bB}	%25
54.00±0.83 ^{bA}	53.49±0.36 ^{cA}	30.48 ±0.55 ^{aB}	24.03±0.57 ^{cA}	11.11±0.30 ^{bB}	9.76±0.45 ^{cA}	20.80±0.62 ^{bA}	25.51±0.33 ^{bB}	%30
70.18±0.65 ^{bA}	70.14±0.48 ^{cA}	34.00±0.25 ^{cB}	24.89±0.51 ^{dA}	13.10±0.15 ^{cB}	10.34±0.37 ^{cA}	40.85±0.59 ^{eA}	46.56±0.29 ^{dB}	%35
67.23±0.45 ^{bA}	66.71±0.25 ^{cA}	38.00±0.44 ^{dB}	35.55±0.33 ^{Ab}	13.25±0.22 ^{aB}	8.78±0.33 ^{bA}	38.00±0.66 ^{eA}	41.93±0.35 ^{dB}	%40+10
								المالتودكسترين + الصمغ عربي

المالتودكسترين

الصمغ العربي

المالتودكسترين

+ الصمغ عربي

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$ تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-23- دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف وطرائق التجفيف المختلفة في الخصائص الحسية لمسحوق هريس الكاكي الناتج:

يبين الجدول (29) نتائج دراسة الخصائص الحسية لشراب الكاكي المعاد تشكيله من المساحيق الناتجة بطريقتي التجفيف بالهواء الساخن والتجفيد.

نلاحظ من الجدول (29) وجود تأثير معنوي لنوع العامل المساعد في التجفيف ولطريقة التجفيف المستخدمة في درجة تقييم الطعم الشراب المعاد تشكيله من المساحيق الناتجة بطريقة التجفيف بالهواء الساخن والتجفيد، إذ تفوق الشراب المحضر من المسحوق الناتج باستخدام المالتودكسترين (45%) والمجفف باستخدام الهواء الساخن والشراب المحضر من المسحوق الناتج باستخدام الصمغ العربي (30%) والناتج بطريقة التجفيد بدرجة الطعم مقارنة مع عينات عصير الشاهد والتي حصلت على أقل درجة قبول حسي بالنسبة لدرجة الطعم.

بالرغم من القيمة الغذائية العالية لثمار الكاكي، إلا أنّ وجود التانينات التي تكسبها الطعم القابض يجعلها غير مستساغة ويُعيق تطور المنتجات المصنّعة منها، لذلك نلاحظ أنّ إضافة العوامل المساعدة في التجفيف لهريس الكاكي قبل عملية التجفيف أظهرت كفاءة عالية في خفض محتوى مساحيق هريس الكاكي من التانينات وبالتالي التقليل من الطعم القابض ومنع حصول التفاعل بين التانينات والبروتينات اللعابية، ويعزى ذلك لتكوين معقدات بين التانينات والسكريات المتعددة من خلال الترابط الهيدروجيني والتفاعلات الكارهة للماء، إذ يحدث ارتباط تشعبي بين مجموعات الكربوكسيل في جزيئات السكريات ومجموعات الهيدروكسيل الفينولية الموجودة في التانينات، إذ يمنع هذا الارتباط ترسيب البروتينات اللعابية للتانينات (Tsurunaga et al., 2022,3).

بالنسبة لدرجة اللون والمظهر ودرجة القبول العام فقد لوحظ من الجدول أنّ الشراب المحضّر من المسحوق الناتج باستخدام المالتودكسترين (45%) والمجفف باستخدام الهواء الساخن والشراب المحضّر من المسحوق الناتج باستخدام الصمغ العربي (30%) والناتج بطريقة التجفيد حصل على أعلى درجات قبول من قبل المقيمين. أما فيما يخص درجة الرائحة، فقد لوحظ عدم وجود فروق معنوية بين عينات شراب الشاهد والعينات المحضرة باستخدام العوامل المساعدة في التجفيف لكونها عديمة الرائحة إذ أنّ إضافتها لم تؤثر في رائحة المنتج النهائي.

الجدول 29؛ دراسة تأثير إضافة العوامل المساعدة في التجفيف وطرائق التجفيف المختلفة في الخصائص الحسية لمسحوق هريس الكاكي الناتج

الطعم		اللون		الرائحة		المظهر		القبول العام	
طرائق التجفيف		طرائق التجفيف		طرائق التجفيف		طرائق التجفيف		طرائق التجفيف	
هواء	تجفيد	هواء	تجفيد	هواء	تجفيد	هواء	تجفيد	هواء	تجفيد
2.14±0.25 ^{aA}	2.04±0.40 ^{aA}	1.85±0.15 ^{aA}	1.33±0.33 ^{aA}	3.00±0.30 ^{aA}	2.03±0.22 ^{aA}	1.42±0.13 ^{aA}	1.33±0.33 ^{aA}	2.10±0.17 ^{aA}	1.80±0.19 ^{aA}
4.55±0.32 ^{cB}	3.34±0.33 ^{bcA}	4.71±0.27 ^{cB}	3.02±0.28 ^{bA}	3.00±0.17 ^{aA}	3.23±0.42 ^{aA}	4.42±0.19 ^{cB}	2.42±0.29 ^{bA}	4.17±0.28 ^{bb}	3.01±0.15 ^{bA}
2.28±0.35 ^{aA}	4.33±0.33 ^{cB}	2.42±0.22 ^{aA}	4.57±0.29 ^{cB}	3.00±0.20 ^{aA}	3.26±0.33 ^{aA}	2.71±0.24 ^{bA}	4.09±0.20 ^{cB}	2.60±0.23 ^{aA}	4.42±0.29 ^{cB}
3.00±0.23 ^{bA}	2.71±0.45 ^{abA}	3.42±0.18 ^{bb}	2.42±0.25 ^{bA}	3.00±0.24 ^{aA}	2.96±0.50 ^{aA}	2.14±0.16 ^{bA}	2.33±0.33 ^{bA}	2.89±0.19 ^{aA}	2.07±0.30 ^{aA}
المالتودكسترين + الصبغ عربي		40:10 %		%		%		%	

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير طرائق التجفيف عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-24- دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للمسحوق الناتج.

تبين النتائج في الموضحة في الجدول (30) وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في النسبة المئوية للرطوبة للمساحيق الناتجة، مع ملاحظة انخفاض النسبة المئوية للرطوبة بتأثير عملية التجفيف بالهواء الساخن مقارنة مع التجفيد، وتعزى الزيادة في المحتوى من الرطوبة في المساحيق المجففة إلى هيكلها الاسفنجي الاسترطابي مما يؤدي إلى امتصاص سريع للرطوبة أثناء الطحن (Si et al., 2016,2058).

نلاحظ من الجدول عدم وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في محتوى العينات من الرماد والحموضة الكلية.

أظهرت النتائج في الجدول تفوق مساحيق هريس الكاكي المصنعة باستخدام المالتودكسترين (45%) والمجففة باستخدام طريقة التجفيد من حيث نسبة السكريات الكلية مقارنة مع العينات المجففة باستخدام الهواء الساخن.

الجدول 30؛ دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في أهم المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للمسحوق الناتج

المالتودكسترين 45%		الصمغ عربي 30%		
طرائق التجفيف		طرائق التجفيف		
التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد	
3.26±0.16 ^a	10.36±0.31 ^b	3.50±0.32 ^a	10.00±0.57 ^b	رطوبة (%)
6.43± 0.01 ^a	6.33±0.03 ^a	6.34±0.02 ^a	6.03±0.02 ^a	pH
0.18±0.01 ^a	0.22±0.03 ^a	0.26±0.01 ^a	0.35±0.03 ^a	الحموضة الكلية (%)
2.52±0.46 ^a	2.08±0.11 ^a	4.78± 0.21 ^a	4.42±0.29 ^a	رماد (% وزن جاف)
				السكريات الكلية
49.77±0.57 ^a	55.32±0.45 ^b	43.52± 0.33 ^a	50.66±0.33 ^b	(غ/100 غ وزن جاف)

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير طرائق التجفيف عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3- 25- دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في بعض المؤشرات الفيزيائية للمسحوق الناتج:

يوضح الجدول (31) نتائج دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في بعض المؤشرات الفيزيائية للمسحوق الناتج، إذ كان لطريقة التجفيف بالهواء الساخن الأثر المعنوي الأكبر في زيادة معدل الإنتاجية للمسحوق الناتج مقارنة مع التجفيد، وهذا عائد إلى انخفاض الكثافة الظاهرية والمسامية العالية للمساحيق المجفدة والتي أثرت على سيولة المسحوق وبالتالي حدوث فقد في المسحوق أثناء عملية النقل اليدوي وبالتالي انخفاض الإنتاجية (Shuen et al., 2021,6).

أظهرت النتائج في الجدول الأثر المعنوي الأكبر لطريقة التجفيد في رفع قابلية ذوبان المسحوق الناتج، وتوافقت النتائج مع (Zawawi et al., 2023,51) الذي بينوا أن استخدام طريقة التجفيد يحافظ على شكل المسحوق الصلب، مقارنة مع طريقة التجفيف بالهواء الساخن.

بسبب درجات الحرارة المنخفضة المطبقة والتي تحافظ على سطح المنتج والمسام والتي تسمح للماء بالدخول إلى داخل العينة وإعادة التكوين، علاوة على ذلك درجات الحرارة المنخفضة لم تدمر أي بروتينات موجودة على سطح العينة وهي المسؤولة عن قابلية ذوبان المسحوق بسبب وجود جزيئات محبة للماء (Phing et al., 2022,119).

من خلال مقارنة النتائج في الجدول تبين وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في مؤشر استرطابية مساحيق هريس الكاكي الناتجة، إذ كان لطريقة التجفيد الأثر المعنوي الأكبر في خفض استرطابية المساحيق المصنعة باستخدام المالتودكسترين بتركيز (45%) مقارنة مع العينات المجففة باستخدام الهواء الساخن. تشير النتائج في الجدول إلى تميز المسحوق المصنّع باستخدام المالتودكسترين (45%) الناتج باستخدام الهواء الساخن بأقل قيم لدرجة التكتل وجاءت النتائج موافقة لما أورده (Phing et al., 2022,118) عن تصنيف طريقة التجفيف بالهواء الساخن بأخفض قيم لدرجة التكتل مقارنة مع طرائق التجفيف.

الجدول 31؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في بعض المؤشرات الفيزيائية للمسحوق الناتج

المالتودكسترين 45%		الصمغ عربي 30%	
طرائق التجفيف		طرائق التجفيف	
التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد
الإنتاجية (%)	43.02±0.58 ^b	28.93±0.54 ^a	36.40±0.34 ^b
القابلية للذوبان (%)	96.44± 0.28 ^a	97.71±0.28 ^b	91.93±0.56 ^a
الاسترطابية (%)	10.63±0.28 ^b	5.19±0.42 ^a	17.80±0.41 ^b
درجة التكتل (%)	12.35±0.47 ^a	28.00±0.47 ^b	18.33± 0.33 ^a

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير طرائق التجفيف عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-26- دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في قيم الكثافة والانسيابية للمسحوق الناتج:

نلاحظ أنّ قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية للمسحوق الناتج تأثرت بطريقة التجفيف المستخدمة، إذ كان للمسحوق الناتج باستخدام الهواء الساخن قيم كثافة ظاهرية وحقيقية أكبر وذلك بسبب صغر مسام الجزيئات بسبب تصلب وانكماش سطح جزيئات المسحوق، وبالمقابل تمّ الحفاظ على المسامية الأكبر للمسحوق المجفد بسبب شكل الجزيئات. من المعروف أنّ تجفيد هريس الكاكي يتم من خلال تجميد المادة الغذائية أولاً مما يسمح بالحفاظ على هيكلها وذلك نظراً لعدم وجود الطور السائل في هذه العملية، إذ لا يحدث نقل للماء إلى سطح المادة المجففة بل يتحول الجليد إلى بخار فيمنع ذلك انهيار المنتج وانكماشه وإنتاج مادة مجففة ذات بنية مسامية، وتُعدّ الكثافة المنخفضة سمةً مميزةً لعملية التجفيف بالتجفيد، وذلك بسبب بنية الجزيئات غير المنتظمة (Tatasciore *et al.*, 2023,8).

نلاحظ من الجدول (32) وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في قيم مؤشري هاسنر وكار للمساحيق الناتجة، إذ تميزت المساحيق المصنّعة باستخدام الصمغ العربي 30% بطريقة التجفيف بالهواء الساخن بأقل قيم لهذين المؤشرين، وبالتالي انسيابية أفضل مقارنة مع طريقة التجفيد.

يُستخدم مؤشري هاسنر وكار في الصناعات الغذائية كدليل على قابلية تدفق وانسيابية المساحيق، ومن خلال النتائج في الجدول يلاحظ أنّ المساحيق المصنّعة باستخدام الهواء الساخن تميزت بانسيابية وقابلية تدفق أفضل مقارنة مع المساحيق المجففة باستخدام التجفيد وتوافقت النتائج مع ما أشار إليه (Buzera *et al.*, 2022,8).

الجدول 32؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في قيم الكثافة والانسيابية للمسحوق الناتج

الصمغ عربي 30%		المالتودكسترين 45%	
طرائق التجفيف		طرائق التجفيف	
التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن
0.44±0.02 ^a	0.76±0.34 ^b	0.47±0.01 ^a	0.66±0.06 ^b
0.48±0.01 ^a	0.83±0.56 ^b	0.55±0.01 ^a	0.71±0.05 ^b
1.11±0.05 ^a	1.09±0.41 ^a	1.17±0.42 ^b	1.07±0.04 ^a
10.41±0.32 ^b	8.43±0.32 ^a	14.54±0.55 ^b	7.04±0.55 ^a

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير طرائق التجفيف عند مستوى ثقة $p \geq 0.0$

3-27- دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في محتوى المسحوق الناتج من المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة:

يتضح من النتائج في الجدول (33) وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في محتوى المساحيق من المركبات الفعالة بيولوجياً، إذ أبدت مساحيق هريس الكاكي المصنعة باستخدام المالتودكسترين 45% والمجففة باستخدام الهواء الساخن ارتفاعاً ملحوظاً في محتواها من الفينولات الكلية، ويعود هذا الارتفاع الحاصل في المحتوى من الفينولات للعينات المجففة بالهواء الساخن مقارنة مع التجفيد إلى استخلاص المركبات الفينولية نتيجة تحطم أنسجة الخلايا النباتية بواسطة درجة حرارة التجفيف المطبقة مما يؤدي إلى سهولة إطلاق الفينولات المرتبطة (Al (Hasani *et al.*, 2023,8).

تجدر الإشارة إلى تفوق عينات مساحيق هريس الكاكي المصنعة باستخدام المالتودكسترين 45% والمجففة باستخدام طريقة التجفيد في المحافظة على أعلى محتوى من فيتامين C بالمقارنة مع طريقة التجفيف باستخدام الهواء الساخن، وهذا عائد إلى انخفاض درجة الحرارة المستخدمة كونه حمضاً حساساً للحرارة (Phing *et al.*, 2022,119).

يلاحظ وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في محتوى المساحيق من البيتا كاروتين، إذ تشير النتائج إلى الأثر المعنوي الأكبر لطريقة التجفيد في الحفاظ على أعلى محتوى من البيتا كاروتين مقارنة مع طريقة التجفيف باستخدام الهواء الساخن.

توضح النتائج المبينة في الجدول وجود تأثير معنوي لطريقة التجفيف المستخدمة في محتوى المساحيق الناتجة من التانينات، إذ كان للمسحوق الناتج بطريقة التجفيد الأثر الأكبر في خفض محتوى المساحيق من التانينات.

يبين الجدول (33) وجود تأثير معنوي لطريقة تجفيف هريس الكاكي في النشاط المضاد للأكسدة للمسحوق الناتج، إذ كان لطريقة التجفيف بالهواء الساخن الأثر المعنوي الأكبر في زيادة قيمة النشاط المضاد للأكسدة بطريقتي DPPH و FRAP، ويعود ارتفاع النشاط المضاد للأكسدة في العينات المجففة بالهواء الساخن مقارنة مع التجفيد إلى مركبات جديدة متشكلة عن طريق تفاعل ميلارد (Raja et al., 2019,11).

الجدول 33؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في محتوى المركبات الفعالة بيولوجياً والنشاط المضاد للأكسدة

الصمغ عربي 30%		المالتودكسترين 45%		
طرائق التجفيف		طرائق التجفيف		
التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	
82.19±0.95 ^a	247.00±0.88 ^b	85.95±0.93 ^a	250.12±0.82 ^b	الفينولات الكلية (مغ/100 غ وزن جاف)
9.00±0.36 ^b	6.60±0.26 ^a	10.85±0.33 ^b	7.77±0.23 ^a	فيتامين C (مغ/100 غ وزن جاف)
155.86±0.05 ^b	126.26±0.77 ^a	157.15±0.71 ^b	127.52±0.56 ^a	بيتا كاروتين (مغ/100 غ وزن جاف)
0.12±0.04 ^a	0.76±0.04 ^b	0.07±0.02 ^a	0.30±0.01 ^b	المحتوى من التانينات (%)
65.80±0.41 ^a	78.12±0.66 ^b	68.00±0.48 ^a	81.00±0.74 ^b	DPPH (%)
58.82±0.47 ^a	64.53±0.47 ^b	60.52±0.49 ^a	66.22±0.48 ^b	FRAP (%)

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير طرائق التجفيف عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-28- دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج:

يبين الجدول (34) نتائج دراسة تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج، إذ

تُظهر النتائج ارتفاع قيمة المؤشر (L^*) للمسحوق الناتج باستخدام التجفيف بالهواء الساخن مقارنة مع التجفيد.

تميزت عينات المساحيق المجففة بأعلى قيم للمؤشر a^* مما يدل على أن المسحوق كان أكثر احمراراً، وأقرب إلى

اللون الأصلي للهريس.

نلاحظ من نتائج الجدول أن عينات المساحيق المصنعة بإضافة المالتودكسترين (45%) والمجففة

باستخدام طريقة التجفيد كان لها أعلى قيم للمؤشر (b^*).

كان للمساحيق الناتجة باستخدام الهواء الساخن أعلى قيم Hue أي أنها أقرب إلى اللون الأصفر.

الجدول 34؛ تأثير طرائق التجفيف المختلفة لهريس الكاكي في مؤشرات اللون للمسحوق الناتج

الصمغ عربي 30%		المالتودكسترين 45%		
طرائق التجفيف		طرائق التجفيف		
التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	التجفيد	التجفيف بالهواء الساخن	
25.51±0.33 ^a	44.85±0.47 ^b	47.17±0.59 ^a	49.00±0.42 ^b	L *
17.60±0.45 ^a	9.76±0.45 ^b	17.01±0.01 ^b	8.21±0.28 ^a	a *
24.03±0.57 ^a	27.14±0.39 ^b	41.52±0.28 ^b	24.96±0.32 ^a	b *
53.49±0.32 ^a	69.85±0.48 ^b	67.72±0.55 ^a	70.72±0.77 ^b	H

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير طرائق التجفيف عند مستوى

ثقة $p \geq 0.05$

3-29- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة بالهواء الساخن:

يبين الجدول (35) نتائج المؤشرات الكيميائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة بالهواء الساخن، إذ تُظهر نتائج التحليل الإحصائي في الجدول وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة في النسبة المئوية للحموضة الكلية، إذ تميزت العينات المعاملة (بحمض السيتريك 1%) بارتفاع النسبة المئوية للحموضة الكلية كحمض سيتريك وانخفاض رقم الـ pH، والتي بلغت (0.38%، 4.76) على الترتيب مقارنة مع العينات الأخرى، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abd El-Wahhab *et al.*, 2023,10) من حيث تأثير حمض السيتريك في رفع قيم الحموضة الكلية وخفض رقم الـ pH.

أظهرت النتائج في الجدول تفوق العينات المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم تركيز (8%) بمحتواها من الرماد، إذ بلغت (3%) وذلك بسبب حركة المواد المذابة من محلول ميتا باي سلفيت الصوديوم إلى شرائح الكاكي أثناء عملية الغمر قبل عملية التجفيف (Desalegn Melese and Olika Keyata, 2022,5) وهذا ما يفسر ارتفاع المحتوى من الرماد في العينات المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم مقارنة مع العينات الأخرى.

من خلال مقارنة نتائج الجدول تبين وجود تأثير معنوي للمعاملات المختلفة في محتوى شرائح الكاكي من السكريات الكلية، إذ لوحظ تفوق شرائح الكاكي المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) بمحتواها من السكريات الكلية والتي بلغت (66.26) غ/100 غ وزن رطب مقارنة مع العينات الأخرى، وهذا عائد لتأثيرها المثبط لتفاعلات الاسمرار غير الإنزيمي وبالتالي الاحتفاظ بأعلى نسبة من السكريات الكلية (Sharma *et al.*, 2023,5). تبين النتائج في الجدول وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في المؤشرات الكيميائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة بالهواء الساخن، إذ تشير النتائج إلى وجود انخفاض معنوي بقيم رقم الـ pH والمحتوى من السكريات الكلية، وارتفاع في قيم الحموضة الكلية وذلك بعد تخزين العينات لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة، وتتوافق هذه النتائج مع النتائج التي حصل عليها (Kumar *et al.*, 2017,2086) من حيث تأثير مدة التخزين في خفض قيم رقم الـ pH والسكريات الكلية وزيادة قيم الحموضة الكلية.

الجدول 35؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة بالهواء الساخن

نوع المعاملة	الحموضة الكلية (%)		pH		الرماد (% وزن جاف)		(السكريات الكلية غ/100 غ وزن رطب)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
	0	6	0	6	0	6	0	6
شاهد	0.22±0.05 ^{aA}	0.32±0.02 ^{Ab}	5.90±0.05 ^{bB}	4.89±0.04 ^{aA}	1.86±0.11 ^{aA}	1.77±0.22 ^{aA}	63.70±0.62 ^{bB}	58.00±0.55 ^{bA}
ميثا باي سلفيت الصوديوم (8%)	0.25±0.04 ^{aA}	0.36±0.03 ^{aB}	6.09±0.06 ^{bB}	5.15±0.03 ^{aA}	3.00±0.12 ^{bA}	2.83±0.19 ^{bA}	66.26±0.58 ^{cB}	58.00±0.70 ^{bA}
حمض الستريك (1%)	0.38±0.05 ^{bA}	0.45±0.04 ^{bB}	4.76±0.05 ^{aB}	4.70±0.05 ^{aA}	1.48±0.1 ^{aA}	1.33±0.18 ^{aA}	63.21±0.58 ^{bB}	52.00±0.66 ^{aA}
حمض الأسكوربيك (1%)	0.26±0.05 ^{aA}	0.38±0.05 ^{aB}	5.84±0.05 ^{bB}	4.51±0.03 ^{aA}	1.30±0.13 ^{aA}	1.20±0.15 ^{aA}	60.43±0.59 ^{aB}	50.00±0.73 ^{aA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-30-دراسة محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية:

توضح النتائج في الجدول (36) تراكيز العناصر المعدنية (البوتاسيوم والصوديوم) في شرائح الكاكي المجففة، وأظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة في محتوى شرائح الكاكي من العناصر المعدنية، إذ كان لمعاملة الشرائح بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) المحتوى الأعلى من الصوديوم والذي بلغ (825 مغ/100غ)، في حين تفوقت عينة الشاهد بمحتواها من البوتاسيوم والذي بلغ (775مغ/100غ) وتوافقت النتائج مع ما توصل إليه (Akter et al., 2024, 8).

الجدول 36؛ محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية

نوع المعاملة	صوديوم (مغ/100غ)	بوتاسيوم (مغ/100غ)
شاهد	87.50±1.12 ^c	775.00±3.00 ^c
ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%)	825.00±5.00 ^d	687.50±3.50 ^a
حمض السيتريك (1%)	25.00±1.20 ^a	725.00±2.33 ^b
حمض الأسكوربيك (1%)	37.50±2.00 ^b	737.50 ± 2.85 ^b

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-31-دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً:

تبين نتائج الجدول (37) وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة المستخدمة في محتوى شرائح الكاكي من الفينولات الكلية، فيتامين C، المحتوى من البيتا كاروتين، والتانينات، إذ تشير معطيات الجدول إلى تفوق العينات المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم بتركيز (8%) بمحتواها من الفينولات الكلية، إذ بلغت (453.13 مغ/100غ وزن جاف) مقارنة مع العينات الأخرى، وهذا عائد لقدرة ميتا باي سلفيت الصوديوم على تثبيط التفاعلات المؤكسدة وتجنب الاسمرار الإنزيمي وغير الإنزيمي وتلف الأنسجة (Akter et al., 2024, 9).

أظهرت نتائج الجدول (37) تأثير المعاملات المختلفة في محتوى شرائح ثمار الكاكي من فيتامين C، إذ أبدت شرائح الكاكي المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) المحتوى الأعلى من فيتامين C، والذي بلغ (74.85 مغ/100 غ وزن جاف) وهذا عائد لقدرة ميتا باي سلفيت الصوديوم في حماية المكونات الغذائية ضد الأكسدة (Roby et al., 2019, 134).

من معطيات الجدول نلاحظ ارتفاع محتوى شرائح الكاكي المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) بمحتواها من البيتا كاروتين (135.00 ميكروغرام/100 غ وزن جاف) مقارنة مع العينات الأخرى. أما بالنسبة لمحتوى شرائح الكاكي من التانينات فقد تميزت العينات المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) بأعلى محتوى من التانينات والذي بلغ (0.58%).

يلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (37) وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي من المركبات الفعالة بيولوجياً، إذ لوحظ من خلال هذه النتائج وجود انخفاض معنوي في محتوى العينات من الفينولات الكلية، وفيتامين C، وبيتا كاروتين، وذلك بعد تخزينها لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 37؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً

نوع المعاملة	الفينولات الكلية		فيتامين C		بيتا كاروتين		المحتوى من التانينات	
	(مغ/100 غ وزن جاف)		(مغ/100 غ وزن جاف)		(ميكروغرام/100 غ وزن جاف)		(% وزن جاف)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
	6	0	6	0	6	0	6	0
شاهد	181.86±0.99 ^{aA}	215.33±0.96 ^{Ab}	23.27±0.72 ^{bB}	8.80±0.33 ^{aA}	50.00±0.85 ^{aB}	20.00±0.62 ^{aA}	0.38±0.02 ^{aB}	0.19±0.01 ^{aA}
ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%)	407.30±0.9 ^{dA}	453.13±0.98 ^{dB}	74.85±0.67 ^{bB}	34.32±0.45 ^{dA}	135.00±0.88 ^{dB}	100.83±0.75 ^{dA}	0.58±0.10 ^{bB}	0.37±0.02 ^{bA}
حمض الستريك (1%)	188.73±0.84 ^{bA}	299.94±0.88 ^{cB}	23.85±0.73 ^{aB}	10.00±0.52 ^{bA}	134.23±0.92 ^{cB}	99.00±0.84 ^{CA}	0.43±0.04 ^{aB}	0.18±0.03 ^{aA}
حمض الأسكوربيك (1%)	284.21±0.55 ^{cA}	357.31±0.96 ^{bB}	43.85±0.84 ^{bB}	15.51±0.33 ^{cA}	70.00±0.95 ^{bB}	30.00±0.87 ^{bA}	0.39±0.04 ^{aB}	0.17±0.04 ^{aA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-32- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لشرائح الكاكي المجففة:

أظهرت نتائج تأثير المعاملات التي أجريت على شرائح الكاكي قبل عملية التجفيف في الجدول رقم (38) تفوق شرائح الكاكي المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) بشكل معنوي في نشاطها المضاد للأكسدة المقدر بطريقة DPPH (88%) وطريقة FRAP (68%) مقارنة مع عينات الشاهد، إذ تعمل ميتا باي سلفيت الصوديوم كمضاد أكسدة في منع فقدان المركبات الفعالة بيولوجياً وحمايتها ضد التدهور التأكسدي أثناء عملية التجفيف (Deng *et al.*, 2019,1413).

نلاحظ من الجدول (38) انخفاض النشاط المضاد بطريقة DPPH و FRAP خلال مدة التخزين لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة للمعاملات جميعها، وتوافقت النتائج مع (Chawafambira *et al.*, 2022,8) من حيث تأثير مدة التخزين في خفض النشاط المضاد للأكسدة.

الجدول 38؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين النشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المجففة

النشاط المضاد للأكسدة		DPPH (%)		FRAP (%)	
نوع المعاملة		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
		0	6	0	6
شاهد		79.00±0.52 ^{aB}	75.00±0.44 ^{aA}	30.23±0.65 ^{aB}	25.00±0.54 ^{aA}
ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%)		88.00±0.42 ^{dB}	85.15 ±0.53 ^{dA}	68.00±0.45 ^{dB}	60.00±0.62 ^{dA}
حمض الستريك (1%)		80.85±0.35 ^{bB}	78.00±0.75 ^{bA}	33.66±0.36 ^{bB}	28.00±0.48 ^{bA}
حمض الأسكوربيك (1%)		85.00±0.47 ^{cB}	80.55 ±0.35 ^{cA}	40.85±0.58 ^{cB}	33.17±0.50 ^{cA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$. تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-33- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن:

عند دراسة مؤشرات اللون في شرائح الكاكي المجففة، لوحظ من خلال معطيات الجدول (39) تميز العينات المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%) بارتفاع قيم المؤشر L^* (52.33) مقارنة مع العينات الأخرى، كما لوحظ انخفاض قيمة المؤشر a^* في العينات المعاملة بمحلول ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%)، إذ بلغت (20.33) مقارنة مع العينات الأخرى، كما كان لهذه المعاملة الأثر الأكبر في رفع قيمة المؤشر b^* إذ بلغت (33.68) مقارنة مع العينات الأخرى، وذلك عائد لقدرة ميتا باي سلفيت الصوديوم على تثبيط تفاعلات الاسمرار الإنزيمي وغير الإنزيمي (Deng et al., 2019, 1413) وجاءت النتائج متوافقة مع (Arshad et al, 2024, 5) من حيث تأثير ميتا باي سلفيت الصوديوم في المؤشرات اللونية.

نلاحظ من معطيات الجدول أن نتائج قيم Hue لشرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن تراوحت ما بين (55.23°-59.55°)، وهذا يشير إلى اللون الأصفر للعينات.

لوحظ الأثر المعنوي لمدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة حيث أبدت كافة المعاملات انخفاضاً ملحوظاً في المؤشرات اللونية L^* و b^* وارتفاعاً في قيمة المؤشر a^* وذلك بعد التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 39؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة بالهواء الساخن

H		b*		a*		L*		نوع المعاملة
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	6	0	
55.00±0.55 ^{aA}	55.23±0.62 ^{aA}	24.60±0.25 ^{aA}	29.00±0.22 ^{aB}	29.22±0.35 ^{bB}	24.00±0.36 ^{bA}	40.52±0.42 ^{aA}	45.00±0.42 ^{bB}	شاهد
58.65±0.70 ^{bA}	59.55±0.52 ^{cA}	32.21±0.19 ^{cA}	33.68±0.52 ^{cB}	22.50±0.43 ^{aB}	20.33±0.34 ^{aA}	49.00±0.62 ^{cA}	52.33±0.66 ^{dB}	ميثا باي سلفيت الصوديوم (%8)
57.00±0.66 ^{bA}	57.75±0.47 ^{bA}	28.25±0.18 ^{bA}	29.35±0.45 ^{aB}	23.41±0.62 ^{aB}	20.00±0.40 ^{aA}	44.21±0.41 ^{bA}	48.25±0.68 ^{cB}	حمض الستريك (%1)
57.85±0.73 ^{bA}	58.56±0.65 ^{aA}	25.31±0.15 ^{aA}	30.85±0.40 ^{bB}	29.00±0.41 ^{bB}	24.25±0.39 ^{bA}	39.63±0.35 ^{aA}	42.38±0.43 ^{aB}	حمض الأسكوربيك (%1)

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-34- دراسة الخصائص الحسية لشرايح الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن والمعاملة بالمعاملات المختلفة:

يُلاحظ من معطيات الجدول (40) وجود فروق معنوية في نتائج التقييم الحسي لشرايح الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن بتأثير المعاملات المختلفة، إذ تفوقت المعاملة باستخدام ميتا باي سلفيت الصوديوم على باقي المعاملات الأخرى من حيث درجة القوام والرائحة واللون، إذ بلغت درجة القوام (4)، درجة الرائحة (4)، درجة اللون (4.80)، في حين كان للعينات المعاملة باستخدام حمض الأسكوربيك الأثر المعنوي الأكبر في تحسين درجة الطعم إذ بلغت (4).

الجدول 40؛ الخصائص الحسية لشرايح الكاكي المجففة بالهواء الساخن والمعاملة بمعاملات مختلفة

نوع المعاملة	القوام	الرائحة	الطعم	اللون	القبول العام
شاهد	3.00±0.50 ^{ab}	3.70±0.59 ^a	3.30±0.33 ^a	3.00±0.65 ^b	3.25±0.72 ^a
ميتا باي سلفيت الصوديوم (8%)	4.00±0.46 ^c	4.00±0.63 ^a	3.11±0.45 ^a	4.80±0.35 ^c	3.97±0.30 ^b
حمض الستريك (1%)	3.80±0.55 ^b	3.90±0.57 ^a	3.70 ±0.42 ^{ab}	3.40±0.40 ^b	3.70±0.52 ^c
حمض الأسكوربيك (1%)	2.80±0.30 ^a	3.90±0.74 ^a	4.00±0.50 ^{ab}	2.33±0.35 ^a	3.25±0.62 ^c

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

3-35- دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية لشرايح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن:

أظهرت نتائج الجدول (41) تفوق العينات المعاملة بواسطة كلوريد الكالسيوم بنسبة الحموضة الكلية مقدرة كحمض سيتريك، إذ بلغت في العينات المعاملة باستخدام محلول (سكروز 60% + كلوريد الكالسيوم 0.12%) والعينات المعاملة باستخدام (سكروز 40% + غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%) (0.35% و 0.32%) على الترتيب، ويُعزى ذلك إلى تكوين بكتات الكالسيوم والتي تقلل بدورها من مسامية جدار الخلية مما يحد من هجرة الأحماض العضوية أثناء عملية التجفيف الأسموزي وفق ما ذكره (Mauro *et al.*, 2016,19).

تُظهر نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (41) عدم وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة الأولية (المحاليل السكرية المستخدمة) في نسبة الحموضة الكلية مقدرة كحمض سيتريك، إذ بلغت 0.25% في العينات المعاملة

باستخدام (السكروز 60%) والعينات المعاملة باستخدام (السكروز 40% + غلوكوز 20%) والشاهد، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Sanjinez-Argandoña *et al.*, 2018,1)، وكانت نتائج الحموضة متوافقة مع نتائج قيم رقم الـ pH.

فيما يتعلق بالمحتوى المعدني نلاحظ من معطيات الجدول (41) انخفاض محتوى الشرائح المعاملة أسموزياً من الرماد مقارنة مع الشاهد.

يتبين من معطيات الجدول (41) وجود تأثير معنوي للمعاملات الأولية (نوع المحاليل السكرية + إضافة كلوريد الكالسيوم) في محتوى شرائح الكاكي المجففة من السكريات الكلية، إذ يلاحظ أنّ العامل الأسموزي استطاع أن يخترق خلية الفاكهة أثناء التجفيف الأسموزي، مما أدى إلى زيادة محتوى الشرائح من السكريات الكلية، ولوحظ تفوق شرائح الكاكي المعاملة بمحلول السكروز 60% بالمحتوى من السكريات الكلية والتي بلغت (76.13 غ/100 غ وزن رطب) مقارنة مع شرائح الكاكي المعاملة بمحلول (السكروز 40% + غلوكوز 20%) والتي بلغ محتواها من السكريات الكلية (70.00 غ/100 غ وزن رطب)، وهذا عائد إلى تشرب الشرائح للسكروز أثناء عملية التجفيف الأسموزي.

تشير نتائج الجدول إلى وجود تأثير معنوي لإضافة كلوريد الكالسيوم أثناء عملية التجفيف في خفض محتوى شرائح الكاكي من السكريات الكلية إذ كان لكلوريد الكالسيوم دوراً كبيراً في خفض انتقال السكريات أثناء مدة التجفيف الأسموزي، وهذا عائد إلى دور كلوريد الكالسيوم في تقوية بنية جدار الخلية من خلال التفاعل مع حمض البكتيك وتشكّل بكتات الكالسيوم، وهذا بدوره يقلل من مسامية جدار الخلية عن طريق الحد من نقل الجزيئات الأكبر مما يحد من اكتساب السكر (Mauro *et al.*, 2016.3).

يلاحظ من مؤشرات الجدول (41) وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في المؤشرات الكيميائية لشرائح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن، إذ يلاحظ وجود انخفاض معنوي بقيم رقم الـ pH وقيم السكريات الكلية، وارتفاع في قيم الحموضة وذلك بعد تخزين العينات لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 41؛ دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في بعض المؤشرات الكيميائية والفيزيائية لشرايح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن

نوع المعاملة	الحموضة الكلية (%)		pH		الرماد (وزن جاف%)		السكريات الكلية (غ/100 غ وزن رطب)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
	0	6	0	6	0	6	0	6
شاهد	0.25±0.04 ^{aA}	0.36±0.03 ^{aB}	6.09±0.06 ^{aB}	5.15±0.03 ^{aA}	3.00±0.12 ^{bA}	2.83±0.19 ^{bA}	66.26±0.58 ^{aB}	58.00±0.70 ^{aA}
سكروز 60%	0.25±0.05 ^{aA}	0.38±0.02 ^{aB}	5.91±0.05 ^{aB}	5.19±0.05 ^{aA}	1.70±0.23 ^{aA}	1.54±0.30 ^{aA}	76.13±0.81 ^{dB}	58.30 ±0.66 ^{aA}
سكروز 60%+كلوريد الكالسيوم 0.12%	0.35±0.08 ^{bA}	0.38±0.04 ^{aB}	5.58±0.05 ^{bB}	5.04±0.05 ^{aA}	1.66±0.15 ^{aA}	1.33±0.18 ^{aA}	74.31±0.57 ^{cB}	65.00±0.64 ^{cA}
سكروز 40% + غلوكوز 20%	0.25±0.05 ^{aA}	0.32±0.05 ^{aB}	6.09±0.05 ^{aB}	5.10±0.03 ^{aA}	2.04±0.20 ^{aA}	1.70±0.15 ^{aA}	70.00±0.81 ^{bB}	65.00±0.82 ^{cA}
سكروز 40%+غلوكوز%+كلوريد الكالسيوم 0.12%	0.32±0.08 ^{bA}	0.38±0.05 ^{aB}	5.31±0.05 ^{bA}	5.06±0.05 ^{aA}	2.40±0.22 ^a	1.65±0.23 ^{aA}	65.74±0.57 ^{aB}	60.22±0.75 ^{bA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-36- دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة في محتوى شرائح ثمار الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن من بعض العناصر المعدنية:

تُظهر النتائج الموضحة في الجدول (42) محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموزياً من بعض العناصر المعدنية (الصوديوم والبوتاسيوم)، وبناءً على تلك المعطيات نلاحظ انخفاض محتوى الشرائح المعاملة أسموزياً من العناصر المعدنية (الصوديوم والبوتاسيوم) مقارنة مع عينة الشاهد، ويعزى هذا الانخفاض إلى ذوبان الأملاح أثناء عملية التجفيف الأسموزي وفق ما ذكره (Bashir et al., 2020,659).

الجدول 42؛ محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموزياً من بعض العناصر المعدنية

نوع المعاملة	صوديوم (مغ/100 غ)	بوتاسيوم (مغ/100 غ)
شاهد	825.00±4.12 ^b	687.50±3.55 ^b
سكروز 60%	422.00±4.00 ^a	350.00 ±2.00 ^a
سكروز 60% + كلوريد الكالسيوم 0.12%	420.00±2.25 ^a	362.50±3.05 ^a
سكروز 40% + غلوكوز 20%	400.00±3.00 ^a	375.00±2.60 ^a
سكروز 40% + غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%	400.00±3.00 ^a	375.00±2.60 ^a

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-37- دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً:

تُبين نتائج الجدول (43) وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة الأولية (المحاليل السكرية) في محتوى شرائح الكاكي المجففة من الفينولات الكلية، إذ بلغ محتوى الشرائح المعاملة بمحلول السكروز 60 % في المحتوى من الفينولات الكلية والتي بلغت (365.23 مغ حمض غاليك/100 غ على أساس الوزن جاف) مقارنة مع الشرائح المعاملة بمحلول (سكروز 40% + غلوكوز 20%)، والتي بلغ محتواها (304.00 مغ حمض غاليك/100 غ على أساس الوزن الجاف)، ويُعزى الفقد في المحتوى من الفينولات الكلية أثناء عملية التجفيف الأسموزي مقارنة مع عينة

الشاهد (453.13 مغ حمض غاليك/100 غ على أساس الوزن جاف) إلى انتشار الماء من المادة الغذائية إلى الوسط الأسموزي المحيط إذ يؤدي فقدان الماء إلى زيادة ترشيح المواد المذابة مثل الأحماض الفينولية والجزئيات الفينولية إلى الوسط الأسموزي (Mousa et al., 2024,7).

أبدت النتائج تفوق شرائح الكاكي المعاملة بالمحاليل السكرية والمضاف إليها كلوريد الكالسيوم 0.12% بمحتواها من الفينولات الكلية مقارنة مع الشرائح المعاملة بالمحاليل السكرية فقط، إذ بلغت في الشرائح المعاملة بمحلول سكروز 60% + كلوريد الكالسيوم 0.12% (393.62 مغ حمض غاليك/100 غ على أساس الوزن جاف) والشرائح المعاملة باستخدام محلول (سكروز 40 % + غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%) (318.59 مغ حمض غاليك/100 غ على أساس الوزن الجاف) مقارنة مع العينات الأخرى، إذ أدت إضافة كلوريد الكالسيوم إلى زيادة قساوة جدران الخلية وتقليل ترشيح المركبات الفينولية القابلة للذوبان في الماء وأدت إضافة كلوريد الكالسيوم إلى تقليل نشاط إنزيم البولي فينول أوكسيداز، وبالتالي تقليل أكسدة المركبات الفينولية (Tomás-Barberán et al., 1997, 588).

أما من حيث المحتوى من فيتامين C، يُلاحظ من الجدول وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة (المحاليل السكرية) في خفض محتوى الشرائح من فيتامين C، إذ بلغ محتوى الشرائح المعاملة بمحلول (السكروز 60%) بالمحتوى من فيتامين C (34.45 مغ /100 غ على أساس الوزن جاف) مقارنة مع الشرائح المعاملة بمحلول (سكروز 60% + غلوكوز 20%) والذي بلغ (15.47 مغ /100 غ على أساس الوزن جاف)، وتُعزى نسبة الفقد في المحتوى من فيتامين C أثناء عملية التجفيف الأسموزي مقارنة مع الشاهد إلى عاملين، العامل الأول بسبب عملية الترشيح مع انتشار الماء أثناء المعاملة بالمحلول السكري إذ يُعدّ فيتامين C من الفيتامينات القابلة للذوبان في الماء، والعامل الثاني التدهور الكيميائي لفيتامين C وذلك عند درجة حرارة التجفيف المستخدمة (Wiktor et al., 2022,7).

يلاحظ الأثر المعنوي لإضافة كلوريد الكالسيوم أثناء عملية التجفيف الأسموزي في الحفاظ على محتوى الشرائح من فيتامين C، إذ بلغ محتوى الشرائح من فيتامين C والمعاملة بمحلول السكرز بإضافة كلوريد الكالسيوم (60.14 مغ/100 غ على أساس الوزن جاف)، والشرائح المعاملة (سكرز 40% + غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%) (32.47 مغ/100 غ على أساس الوزن الجاف).

لدى دراسة تأثير المعاملات السكرية في محتوى شرائح الكاكي المجففة من البيتا كاروتين، لوحظ تفوق شرائح الكاكي المعاملة بمحلول السكرز 60% (110.82 ميكروغرام/100 غ وزن جاف) بالمحتوى الأعلى من البيتا كاروتين، يتضح من الجدول (43) تأثير المعاملة الأسموزية في خفض محتوى الشرائح من البيتا كاروتين مقارنة مع عينة الشاهد، ويعود السبب في ذلك إلى أنّ بنية خلية الفاكهة تأثرت بالعملية الأسموزية وتمّ ترشيح جزء من الكاروتينات أثناء المعالجة، نظراً لأنّ الكاروتينات غنية بروابط مزدوجة مترافقة، لذلك فهي تتحلل بسهولة (Wang et al., 2023, 109).

تبين معطيات الجدول (43) وجود تأثير معنوي للمعاملة السكرية في خفض محتوى شرائح الكاكي من التانينات مقارنة مع الشاهد، ويعزى هذا الانخفاض أثناء المعالجة الأسموزية إلى قابلية ذوبان هذه المركبات وترشيحها إلى المذيب (Grewal and Jood, 2006, 535)، وإمكانية تشكل معقد بين التانين والسكر المضاف وتحلل المعقدات الناتجة عن طريق درجة حرارة التجفيف (Azoubel et al., 2009, 980).

تُظهر نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (43) وجود تأثير معنوي لمدة التخزين في محتوى الشرائح من المركبات الفعالة بيولوجياً (الفينولات الكلية، فيتامين C، بيتا كاروتين)، إذ نلاحظ انخفاض كميتها خلال التخزين لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 43؛ دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في محتوى شرائح الكاكي المجففة أسموياً وبالهواء الساخن من المركبات الفعالة بيولوجياً

نوع المعاملة	الفينولات		فيتامين C		بيتا كاروتين		المحتوى من التانينات الكلية	
	(مغ/100 غ وزن جاف)		(مغ/100 غ وزن جاف)		(ميكروغرام/100 غ وزن جاف)		(% وزن جاف)	
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)	
	6	0	6	0	6	0	6	0
شاهد	407.30±0.99 ^{eA}	453.13±0.57 ^{eB}	34.32±0.44 ^{dA}	74.36±0.58 ^{eB}	100.83±0.75 ^{cA}	135.00±0.88 ^{dB}	0.37±0.11 ^{bA}	0.58±0.10 ^{aB}
سكروز (60%)	260.53±0.85 ^{aA}	365.23±0.57 ^{cB}	26.33±0.35 ^{cA}	34.45±0.59 ^{cB}	99.00±0.82 ^{bA}	110.82±0.52 ^{aB}	0.02±0.01 ^{aA}	0.05±0.01 ^{aA}
سكروز (60%) + كلوريد الكالسيوم (0.12%)	334.82±0.92 ^{dA}	393.62±0.61 ^{dB}	35.00±0.25 ^{eA}	60.14±0.57 ^{dB}	99.00±0.90 ^{bA}	109.00±0.56 ^{aB}	0.02±0.01 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}
سكروز (40%) + غلوكوز (20%)	272.61±0.95 ^{bA}	304.00±0.57 ^{aB}	7.00±0.32 ^{aA}	15.47±0.59 ^{aB}	95.00±0.75 ^{aA}	110.00±0.44 ^{aB}	0.05±0.01 ^{aA}	0.08±0.01 ^{bA}
سكروز (40%) + غلوكوز (20%) + كلوريد الكالسيوم (0.12%)	290.00±0.88 ^{cA}	318.59±0.60 ^{bB}	23.00±0.2 ^{5bA}	32.47±0.59 ^{bA}	95.00±0.63 ^{aA}	110.00±0.63 ^{aB}	0.05±0.01 ^{aA}	0.08±0.01 ^{bA}

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-38- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن:

تشير نتائج الجدول (44) إلى وجود تأثير معنوي لنوع المعاملة الأولية (المحاليل السكرية المستخدمة +كلوريد الكالسيوم) في النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقتي DPPH و FRAP لشرائح الكاكي المجففة، إذ انخفض النشاط المضاد للأكسدة بشكل معنوي في جميع المعاملات مقارنة مع عينة الشاهد، ويعود هذه الانخفاض للفقد الناتج عن ترشيح المواد الفينولية والتانينات وفيتامين C خلال المعالجة الأسموزية (Özkan-Karabacak *et al.*, 2022,1).

وتشير النتائج إلى الأثر المعنوي للمعاملة بمحلول (السكروز 60% + كلوريد الكالسيوم 0.12%) في المحافظة على أعلى نسبة من النشاط المضاد للأكسدة المقدر بطريقتي DPPH و FRAP، إذ بلغت (88.73، 55.25%) على الترتيب.

أشارت النتائج الواردة في الجدول (44) إلى وجود انخفاض معنوي خلال التخزين لمدة 6 أشهر بدرجة حرارة الغرفة في النشاط المضاد للأكسدة في عينات الشرائح المجففة وذلك لكافة المعاملات المدروسة.

الجدول 44؛ دراسة تأثير المعاملات الأولية المختلفة ومدة التخزين في النشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن

النشاط المضاد للأكسدة	FRAP(%)		DPPH(%)		نوع المعاملة
	مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
	6	0	6	0	
شاهد	60.00±0.62 ^{eA}	68.00±0.45 ^{eB}	85.15±0.58 ^{eA}	93.89±0.64 ^{eB}	
سكروز 60%	45.00±0.68 ^{cA}	50.00±0.33 ^{cB}	79.55±0.53 ^{cA}	85.71±0.62 ^{cB}	
سكروز 60%+كلوريد الكالسيوم 0.12%	50.22 ±0.35 ^{dA}	55.25±0.42 ^{dB}	81.00±0.72 ^{dA}	88.73±0.62 ^{dB}	
سكروز 40%+غلوكوز 20%	35.25±0.45 ^{aA}	40.85±0.52 ^{aB}	68.55±0.65 ^{aA}	73.90±0.65 ^{aB}	
سكروز 40%+غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%	39.00±0.53 ^{bA}	43.55±0.36 ^{bB}	70.55±0.52 ^{bA}	78.00±0.57 ^{bB}	

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.
تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

يلاحظ من خلال الجدولين (43) (44) وجود انخفاض معنوي في المحتوى من الفينولات وفيتامين C والبيتا كاروتين والنشاط المضاد للأكسدة في شرائح الكاكي المعاملة (سكروز 40+غلوكوز 20%) مقارنة مع الشرائح المعاملة (سكروز 60%)، ويعود سبب الانخفاض إلى الوزن الجزيئي للغلوكوز مقارنة مع السكروز والذي يؤدي إلى زيادة فقد الماء نتيجة الضغط الأسموزي وزيادة نفاذية الخلايا بسبب ارتفاع معدل الاختراق لجزيئات الكتلة المولية المنخفضة، في حين أظهرت المواد ذات الوزن الجزيئي العالي (السكروز) حركة ضعيفة وبطيئة (Chauhan et al., 2011, 1041).

3-39- دراسة تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن:

نلاحظ من نتائج الجدول (45)، انخفاض قيم L^* وزيادة في قيم a^* في جميع المعاملات وذلك نتيجة تفاعلات الاسمرار الإنزيمي، ويلاحظ أنّ قيم L^* الأعلى كانت في العينات المعالجة (سكروز 40% + غلوكوز 20% + كلوريد الكالسيوم 0.12%)، والتي بلغت (49).

نلاحظ من الجدول انخفاض قيمة المؤشر L^* وارتفاع في قيمة المؤشر a^* في العينات المعاملة بمحلول (سكروز 60%)، وذلك بسبب تشريب أكثر للسكروز، أثناء عملية التجفيف الأسموزي، وذلك يؤدي إلى تحلل مائي للسكروز أثناء عملية التجفيف إلى غلوكوز وفركتوز، وتسبب هذه الظاهرة تفاعل ميلارد، وبالتالي زيادة في الاسمرار غير الإنزيمي وهذا ما يعطي قيم منخفضة للمؤشر L^* وقيماً أعلى للمؤشر a^* .

تشير قيم المؤشر Hue لعينات الشرائح المجففة أسموزياً، إلى التغير في اللون نحو الأحمر.

أثرت مدة التخزين بصورة معنوية في خفض قيم درجة السطوع L^* وقيم الاصفرار b^* وارتفاع بقيم درجة الاحمرار a^* وذلك لكافة العينات المخزنة لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة.

الجدول 45؛ تأثير المعاملات المختلفة ومدة التخزين في مؤشرات اللون لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن

H		b*		a*		L*		نوع المعاملة
مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		مدة التخزين (شهر)		
6	0	6	0	6	0	6	0	
58.65±0.70 ^{ca}	59.55±0.52 ^{ca}	32.21±0.19 ^{ba}	33.68±0.52 ^{cb}	22.50±0.43 ^{ab}	20.33±0.34 ^{aA}	49.00±0.62 ^{ca}	52.33±0.66 ^{db}	شاهد
49.23±0.40 ^{aA}	49.00±0.75 ^{aA}	29.00±0.55 ^{aA}	30.55±0.26 ^{aB}	34.00±0.35 ^{eB}	32.00±0.29 ^{eA}	44.00±0.31 ^{aA}	46.00±0.45 ^{aB}	سكروز 60%
49.00±0.42 ^{aA}	48.55±0.64 ^{aA}	29.00±0.81 ^{aA}	30.42±0.20 ^{bB}	32.00±0.34 ^{dB}	30.00±0.32 ^{dA}	45.00±0.31 ^{bA}	48.00±0.50 ^{bB}	سكروز 60%+كلوريد الكالسيوم 0.12%
51.00±0.60 ^{bA}	50.00±0.56 ^{bA}	28.70±0.87 ^{aA}	31.00±0.30 ^{bB}	30.56±0.34 ^{cB}	29.00±0.45 ^{cA}	45.00±0.44 ^{bA}	48.66±0.72 ^{bcB}	سكروز 40%+غلوكوز 20%
51.65±0.75 ^{bA}	50.00±0.60 ^{bA}	28.55±0.42 ^{aA}	31.00±0.42 ^{bB}	29.00±0.42 ^{bB}	27.00±0.35 ^{bA}	46.00±0.42 ^{cA}	49.00±0.35 ^{cB}	سكروز 40%+غلوكوز 20% +كلوريد الكالسيوم 0.12%

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

تشير الأحرف الكبيرة المتشابهة في السطر الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات بتأثير عملية التخزين عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$.

3-40- دراسة الخصائص الحسية لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن:

يوضح الجدول (46) نتائج التقييم الحسي لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وباستخدام الهواء الساخن، إذ أدى الجمع بين تقنية التجفيف الأسموزي والتجفيف بالهواء الساخن إلى قبول حسي أعلى مقارنة مع عينة الشاهد، إذ حصلت الشرائح المعاملة أسموزياً على أعلى درجات التقييم الحسي.

أدى استخدام الغلوكوز مع السكرز إلى انخفاض صلابة الشرائح وسهولة في المضغ بسبب الليونة والطراوة، إذ أنّ إضافة الغلوكوز تساعد في الحفاظ على رطوبة المنتج ولكن مع نشاط مائي أقل، وتوافقت النتائج مع ما أشار إليه (Naknaen et al., 2016,225).

يلاحظ من الجدول أنّ إضافة كلوريد الكالسيوم ساهمت في الحصول على خصائص نسيجية أفضل للشرائح، إذ أدى إلى حدوث توازن في الصلابة والمضغ وحافظ على قوام متماسك وبالتالي قبول حسي أكثر. بناءً على معطيات الجدول (42)، حصلت العينات المعاملة باستخدام (سكرز 40+غلوكوز 20%+كلوريد الكالسيوم 0.12%) على أعلى قبول حسي من حيث (القوام، الرائحة، الطعم، اللون، القبول العام).

الجدول 46؛ الخصائص الحسية لشرائح الكاكي المجففة أسموزياً وبالهواء الساخن

نوع المعاملة	القوام	الرائحة	الطعم	اللون	القبول العام
شاهد	3.00±0.50 ^a	3.00±0.59 ^a	2.00±0.33 ^a	2.00±0.65 ^a	2.50±0.72 ^a
سكرز 60%	4.00±0.46 ^b	3.00±0.63 ^a	3.00 ±0.45 ^b	3.40±0.35 ^b	3.37 ±0.30 ^b
سكرز 60%+كلوريد الكالسيوم 0.12%	4.00±0.55 ^b	3.00±0.57 ^a	3.50±0.42 ^b	4.00±0.40 ^c	3.62 ±0.52 ^b
سكرز 40%+غلوكوز 20%	4.00±0.30 ^b	3.00±0.74 ^a	4.00±0.50 ^c	4.00±0.35 ^c	3.75 ±0.62 ^b
سكرز 40+غلوكوز 20%+كلوريد الكالسيوم 0.12%	4.80±0.42 ^b	3.00±0.33 ^a	4.50±0.22 ^c	4.56±0.15 ^c	4.21±0.30 ^c

تشير الأحرف الصغيرة المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة $p \geq 0.05$

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

CONCLUSION

&

RECOMMENDATIONS

الاستنتاجات:

- 1-أُبدت عينات لفائف ثمار الكاكي المجففة باستخدام الهواء الساخن والمصنّعة بإضافة (نشاء + مالتودكسترين) تفوقها بمحتواها من فيتامين C والبيتا كاروتين والفينولات الكلية ونشاطها المضاد للأكسدة المقدر بطريقتي (DPPH و FRAP)، كما أدى إضافتها إلى تحسين درجة الطعم والقبول العام وخفض محتواها من التانينات مقارنة مع الشاهد والعينات الأخرى.
- 2- لوحظ تفوق عينات مسحوق هريس الكاكي المصنّع بإضافة (30، 35%) صمغ عربي بمحتواها من الرماد والحموضة الكلية وانخفاض رقم الـ pH.
- 3- تفوقت مساحيق هريس الكاكي المصنّعة باستخدام المالتودكسترين (45%) معنوياً بمعدل الإنتاجية ومؤشر القابلية للذوبان وانخفاض بقيم الاسترطابية ودرجة التكتل مقارنة مع العينات المدروسة.
- 4-تميّزت المساحيق المصنّعة باستخدام المالتودكسترين (45، 50%) والصمغ العربي (30، 35%) بإنسيابية وقابلية تدفق ممتازة وذلك بناء على نتائج قيم معامل هاسنر ومؤشر كار.
- 5-أدت إضافة المالتودكسترين 45% إلى هريس الكاكي قبل عملية التجفيف، إلى المحافظة على أعلى محتوى من الفينولات الكلية والبيتا كاروتين وفيتامين C، والنشاط المضاد للأكسدة وفق طريقتي (DPPH و FRAP) وخفض محتوى المساحيق من التانينات.
- 6- لدى المقارنة بين طرائق التجفيف المختلفة (الهواء الساخن، التجفيد) المستخدمة لإنتاج مسحوق هريس الكاكي، لوحظ تفوق طريقة التجفيف بالهواء الساخن بمعدل الإنتاجية، قيم الكثافة الظاهرية والحقيقية، الفينولات الكلية، النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقتي (DPPH و FRAP).
- 7- أظهرت طريقة التجفيف بالتجفيد أعلى محتوى من الرطوبة، السكريات الكلية، فيتامين C، بيتا كاروتين، وارتفاع قابلية ذوبان المساحيق ، وأقل قيم للاسترطابية.

8- أثرت عملية التخزين لمدة ستة أشهر بدرجة حرارة الغرفة في المؤشرات الفيزيائية للمسحوق الناتج، إذ أدت إلى خفض قابلية ذوبان المساحيق وزيادة قيم الاسترطابية ودرجة التكتل.

9- تفوقت عينات الشراب المحضرة من المسحوق الناتج باستخدام المالتودكسترين (45%) والمجفف باستخدام الهواء الساخن والشراب المحضر من المسحوق الناتج باستخدام الصمغ العربي (30%) والناتج بطريقة التجفيد بخصائصها الحسية من حيث درجة الطعم واللون والمظهر ودرجة القبول العام.

10- أبدت العينات المعاملة باستخدام محلول السكروز (60%) ارتفاعاً بمحتواها من السكريات الكلية والمركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة وفيتامين C مقارنة مع العينات المعاملة باستخدام محلول (السكروز 40%+غلوكوز 20%).

11- أدت إضافة كلوريد الكالسيوم بنسبة 0.12 % أثناء عملية التجفيف الأسموزي إلى تقليل المحتوى من السكريات الكلية مع ارتفاع نسبة الحموضة الكلية مقدرة كحمض سيتريك والمحافظة على المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة وفيتامين C بصورة جيدة مقارنة مع عينة الشاهد.

التوصيات:

1- الاهتمام والتوسع بإنتاج لفائف الكاكي المجففة باستخدام (نشاء+مالتودكسترين) التي يمكن أن تُستهلك كحلى للأطفال أو استخدامها في إعداد الحلويات ذات القيمة الغذائية.

2- الاهتمام بصناعة مسحوق هريس الكاكي المصنّع بإضافة 45% مالتودكسترين كمنتج جديد يطرح في الأسواق وذلك للاستفادة من ثمار الكاكي في غير مواسمها.

3- يوصى باستخدام التجفيف الأسموزي لشرائح الكاكي مع إضافة كلوريد الكالسيوم بتركيز 0.12% للحصول على منتج ذو خصائص حسية أفضل.

الفصل الخامس
المراجع
References

- Abd El-Wahhab, G. G., Sayed, H. A., Abdelhamid, M. A., Zaghlool, A., Nasr, A., Nagib, A., ... and Taha, I. M. (2023). **Effect of Pre-Treatments on the Qualities of Banana Dried by Two Different Drying Methods**. Sustainability, 15(20): 1-18.
- Adetoro, A. O., Opara, U. L., and Fawole, O. A. (2020). **Effect of carrier agents on the physicochemical and technofunctional properties and antioxidant capacity of freeze-dried pomegranate juice (Punica granatum) powder**. Foods, 9(10): 1-20.
- Ahmed, A., Raza, A., Khalid, N., Malik, A. M., Asghar, M., and Abid, H. M. R. (2020). **Development of apricot (Prunus armeniaca L.) powder and its food application**. Journal of Pure and applied Agriculture, 5(2): 26-33.
- Alabi, K. P., Olalusi, A. P., Olaniyan, A. M., Fadeyibi, A., and Gabriel, L. O. (2022). **Effects of osmotic dehydration pretreatment on freezing characteristics and quality of frozen fruits and vegetables**. Journal of Food Process Engineering, 45(8): 1-12.
- Al-Baadani, H. H., Al-Mufarrej, S. I., Al-Garadi, M. A., Alhidary, I. A., Al-Sagan, A. A., and Azzam, M. M. (2021). **The use of gum Arabic as a natural prebiotic in animals**: A review. Animal feed science and technology, 274: 1-12.
- Al Hasani, S., Al-Attabi, Z., Waly, M., Al-Habsi, N., Al-Subhi, Land Shafiur Rahman, M. (2023). **Polyphenol and Flavonoid Stability of Wild Blueberry (Sideroxylon mascatense) during Air-and Freeze-Drying and Storage Stability as a Function of Temperature**. Foods, 12(4): 1-15.
- Ali, D. Y., Sunarharum, W. B., and Dyatmika, W. P. (2022) **The effect of filler type and concentration on physicochemical properties and organoleptic of mushroom broth powder**. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1063(1):1-14.
- Akter, J., Hassan, J., Rahman, M. M., Biswas, M. S., Khan, H. I., Rajib, M. M. R., ... and Hasan, M. F. A. (2024). **Colour, nutritional composition and antioxidant properties of dehydrated carrot (Daucus carota var. sativus) using solar drying techniques and pretreatments**. Heliyon, 10(2): 1-19.
- Akther, S., Jothi, J. S., Badsha, M. R., Rahman, M. M., Das, G. B., and Alim, M. A. (2023). **Drying methods effect on bioactive compounds, phenolic profile, and antioxidant capacity of mango powder**. Journal of King Saud University-Science, 35(1): 1-5.
- AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 17 thEd. Published by the Association of Official Analytical Chemists**. USAff.

- Arshad, R., Mustafa, K. A., Bakar, C. A. A., Nawawi, N. A. A., Anwar, N. Z. R., Mohamad, W. A. F. W., ... and Jomduang, S. (2024). **Effects of pretreatment and drying temperatures on physicochemical and antioxidant properties of dried duku (*Lansium domesticum*)**. Measurement: Food, 14: 1-13.
- Asghari, A., Zongo, P. A., Osse, E. F., Aghajanzadeh, S., Raghavan, V., and Khalloufi, S. (2024). **Review of osmotic dehydration: Promising technologies for enhancing products' attributes, opportunities, and challenges for the food industries. Comprehensive**. Reviews in Food Science and Food Safety, 23(3): e13346.
- Aslam, H., Nadeem, M., Shahid, U., Ranjha, M. M. A. N., Khalid, W., Qureshi, T. M., ... and Awuchi, C. G. (2023). **Physicochemical characteristics, antioxidant potential, and shelf stability of developed roselle-fig fruit bar**. Food Science and Nutrition, 11(7): 4219-4232
- Asman, S., and Raja, S. (2023). **Effect of pre-treatment on the impregnation of osmotically dehydrated fruits: A review**. Borneo Journal of Resource Science and Technology, 13(1): 1-12.
- Awati, S., Naik, K. R., Thammaiah, N., Suhasini, J., and Chandan, K. (2022). **Studies on chemical parameters of protein fortified sapota based mixed fruit bar**. The Pharma Innovation Journal, 11(7): 2126-131.
- Ayoub, A., Singh, J., and Sharma, S. (2022). **Physico-chemical Analysis of Fresh Persimmon (*Diospyros kaki* L) Fruit Pulp from Jammu Region India**. International Journal of Plant and Soil Science, 34(22): 1028-1034.
- Azhar, M. D., Abd Hashib, S., Ibrahim, U. K., and Abd Rahman, N. (2021). **Development of carrier material for food applications in spray drying technology: An overview. Materials Today: Proceedings**, 47 (6): 1371-1375.
- Aziz, M. G.; Y. A. Yusof; C. Blanchard; M. Saifullah; A Farahnaky; and G. Scheiling (2018). **Material properties and tableting of fruit powders**. Food Engineering Reviews, 10(2): 66-80.
- Azoubel, P. M., El-Aouar, Â. A., Tonon, R. V., Kurozawa, L. E., Antonio, G. C., Murr, F. E. X., and Park, K. J. (2009). **Effect of osmotic dehydration on the drying kinetics and quality of cashew apple**. International journal of food science and technology, 44(5): 980-986.
- Barros, L., Falcão, S., Baptista, P., Freire, C., Vilas-Boas, M., and Ferreira, I. C. (2008). **Antioxidant activity of *Agaricus* sp. mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays**. Food chemistry, 111(1): 61-66.
- Balhim, I., Rosa, D. M., Souza, C. R., Da Ana, R., Durazzo, A., Lucarini, M., ... and Oliveira, W. P. (2020). **Factors affecting the retention efficiency and physicochemical properties of spray dried lipid nanoparticles loaded with *Lippia sidoides* essential oil**. Biomolecules, 10(5):1-15.

- Bandaru, H., and Bakshi, M. (2020). **Fruit Leather: Preparation, packaging and its effect on sensorial and physico-chemical properties: A review.** Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(6): 1699-1709.
- Barea-Álvarez, M., Delgado-Andrade, C., Haro, A., Olalla, M., Seiquer, I., and Rufián-Henares, J. Á. (2016). **Subtropical fruits grown in Spain and elsewhere: A comparison of mineral profiles.** Journal of Food Composition and Analysis, 48: 34-40.
- Bai, R., Sun, J., Qiao, X., Zheng, Z., Li, M., and Zhang, B. (2023). **Hot air convective drying of ginger slices: Drying behaviour, quality characteristics, optimisation of parameters, and volatile fingerprints analysis.** Foods, 12(6): 1-15.
- Bakhshaliyeva, N., Aliyeva, K., Mammadov, J., and Hummatov, A. (2023). **The content of microelements in fruits of the oriental persimmon (Diospyros kaki) and its dietary role in remedying micronutrient deficiency in the region.** Regulatory Mechanisms in Biosystems, 14(3): 444-450.
- Basha, S. K. (2018). **Effect of storage period on physio-chemical properties of guava fruit leather.** Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 7(04): 1738-1751.
- Bashir, N., Sood, M., and Bandral, J. D. (2020). **Impact of different drying methods on proximate and composition of oyster mushroom (Pleurotus florida) Mineral** .Indian Journal of Traditional Knowledge, 19(3): 656-661.
- Bashir, O., Hussain, S. Z., Ameer, K., Amin, T., Beenish, Ahmed, I. A. M., ... and Nazir, N. (2022). **Influence of anticaking agents and storage conditions on quality characteristics of spray dried apricot powder: shelf life prediction studies using Guggenheim-Anderson-de Boer** (model. Foods, 12(1): 1-17.
- Bednarska, M. A., and Janiszewska-Turak, E. (2020). **The influence of spray drying parameters and carrier material on the physico-chemical properties and quality of chokeberry juice powder.** Journal of food science and technology, 57(2): 564-577.
- Bibi, N., Khattak, A. B., and Mehmood, Z. (2007). **Quality improvement and shelf life extension of persimmon fruit (Diospyros kaki).** Journal of food engineering, 79(4): 1359-1363.
- Bisen, B. P., and Verma, R. (2020). **Standardization of recipes on chemical characteristics and storability of guava and papaya mixed fruit bar.** International Journal of Chemical Studies, 8(4): 324-329.
- Brasiello, A., Iannone, G., Adiletta, G., De Pasquale, S., Russo, P., and Di Matteo, M. (2017). **Mathematical model for dehydration and shrinkage: Prediction of eggplant's MRI spatial profiles.** Journal of Food Engineering, 203: 1-5.

- Budiyanto, A., Usmiati, S., Ismail, M. R. N., Batubara, S. C., and Sulistiyani, T. R. (2021). **The effect of types and concentration of fillers on the quality of whey protein products.** In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 803 (1): 1-8.
- Butt, M. S., Sultan, M. T., Aziz, M., Naz, A., Ahmed, W., Kumar, N., and Imran, M. (2015). **Persimmon (Diospyros kaki) fruit: hidden phytochemicals and health claims.** Excli journal, 14: 542-561.
- Buzera, A., Gikundi, E., Orina, I., and Sila, D. (2022). **Effect of pretreatments and drying methods on physical and microstructural properties of potato flour.** Foods, 11(4): 1-14.
- Çalışkan Koç, G. (2021). **Physicochemical, reconstitution, and morphological properties of red pepper juice (Capsicum annuum L.) powder.** Journal of Food Science and Technology, 58: 4011-4023.
- Castaño Peláez, H. I., Cortés-Rodríguez, M., and Ortega-Toro, R. (2023). **Storage stability of a fluidized-bed agglomerated spray-dried strawberry powder mixture.** Research, 12 (1174): 1-16.
- Chan, P. N. A. (2015). **Chemical properties and applications of food additives: flavor, sweeteners, food colors, and texturizers. Handbook of Food Chemistry,** 101-129.
- Chandra, S., and Kumari, D. (2015). **Recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: a review.** Critical reviews in food science and nutrition, 55(4): 552-561
- Chang, L. S., Karim, R., Abdulkarim, S. M., Yusof, Y. A., and Ghazali, H. M. (2018). **Storage stability, color kinetics and morphology of spray-dried soursop (Annona muricata L.) powder: Effect of anticaking agents.** International Journal of Food Properties, 21(1): 1937-1954.
- Chang, L. S.; Y. L.Tan; and L. P. Pui (2020). **Production of spray-dried enzyme-liquefied papaya (Carica papaya L.) powder.** Brazilian Journal of Food Technology, 23: 1-16.
- Chauhan, O. P., Singh, A., Singh, A., Raju, P. S., and Bawa, A. S. (2011). **Effects of osmotic agents on colour, textural, structural, thermal, and sensory properties of apple slices.** International Journal of Food Properties, 14(5): 1037-1048.
- Chawafambira, A., & Maramba, B. B. (2022). **Use of sodium metabisulphite and citric acid to control the degradation of nutraceutical compounds in dried tomato powder during prolonged storage.** Journal of Food Processing and Preservation, 46(1): 1-11.

- Chen, X. N., Fan, J. F., Yue, X., Wu, X. R., & Li, L. T. (2008). **Radical scavenging activity and phenolic compounds in persimmon (Diospyros kaki L. cv. Mopan).** Journal of food science, 73(1): 24-28.
- Chen, J., Du, J., Ge, Z. Z., Deng, W., Nie, R., and Li, C. M. (2016). **Comparison of sensory and compositions of five selected persimmon cultivars (Diospyros kaki L.) and correlations between chemical components and processing characteristics.** Journal of food science and technology, 53 (3): 1597-1607.
- Choudhary, R., Singh, A., Upadhyay, A., Singh, R., Thangalakshmi, S., Dar, A. H., ... and Shukla, S. (2023). **Exotic god fruit, persimmon (Diospyros kaki): Pharmacological importance and human health aspects.** Food, 4(1): 1-13.
- Cid-Ortega, S., and Guerrero-Beltran, J. Á. (2022). **Lyophilized powder of Hibiscus sabdariffa (Roselle) extracts using Gum Arabic and Maltodextrin as carrier agents.** Journal of Food Research, 11(2): 1-15.
- Cupone, I. E., Sansone, A., Marra, F., Giori, A. M., and Jannini, E. A. (2022). **Orodispersible film (ODF) platform based on maltodextrin for therapeutical applications.** Pharmaceutics, 14(10): 1-17
- Curi, P. N., Tavares, B. S., Almeida, A. B., Pio, R., Pasqual, M., Peche, P. M., and Souza, V. R. (2017). **Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 89 (2): 1205-1220.
- Dalla Nora, C., Müller, C. D. R., de Bona, G. S., de Oliveira Rios, A., Hertz, P. F., Jablonski, A., ... and Flôres, S. H. (2014). **Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (Psidium cattleianum Sabine) and guabiju (Myrcianthes pungens).** Journal of Food Composition and Analysis, 34(1): 18-25.
- Darniadi, S.; P. Ho; and B. S. Murray (2018). **Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 98(5): 1-31
- da Silva Simão, R., de Moraes, J. O., Carciofi, B. A. M., and Laurindo, J. B. (2020). **Recent advances in the production of fruit leathers.** Food Engineering Reviews, 12: 68-82.
- Das, A., Bora, B. N., Chutia, H., and Lata Mahanta, C. (2021). **Processing of minerals and anthocyanins-rich mixed-fruit leather from banana (Musa acuminata) and sohiong (Prunus nepalensis).** Journal of Food Processing and Preservation, 45(9): 1-13.
- Dauda, A. O. (2022). **Quality assessment of Aframomum danielli spiced fruit leather from African star apple fruit.** Carpathian Journal of Food Science and Technology, 14(3): 150-158.

- Denev, P., and Yordanov, A. (2013). **Total polyphenol, proanthocyanidin and flavonoid content, carbohydrate composition and antioxidant activity of persimmon (Diospyros kaki L.) fruit in relation to cultivar and maturity stage.** Bulg. J. Agric. Sci, 19(5): 981-988.
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., ... and Xiao, H. W. (2019). **Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review.** Critical reviews in food science and nutrition, 59(9), 1408-1432.
- de Menezes Rodrigues, G., dos Santos Garcia, V. A., Yoshida, C. M. P., Vanin, F. M., and de Carvalho, R. A. (2023). **Fruit-Based Leathers: A Comprehensive Review of Terminologies, Composition, and Quality Attributes.** Food Science and Engineering, 4(31): 216-236.
- Desalegn Melese, A., and Olika Keyata, E. (2022). **Impacts of Pretreatment Techniques on the Quality of Tuber Flours.** The Scientific World Journal,(27): 1-10.
- de Souza Lima, A. C., Alves Filho, E. G., Sampaio, L. M. F., Pontes, C. M., Afonso, M. R. A., Ribeiro, P. R. V., ... and de Siqueira Oliveira, L. (2022). **Evaluation of freeze-dried phenolic extract from cashew apple by-product: Physical properties, in vitro gastric digestion and chemometric analysis of the powders.** Food Chemistry Molecular Sciences, 5: 1-11:
- Dhaygude, P. A., Dalal, S. R., and Bhadke, T. G. (2023). **Effect of different levels of sugar and citric acid on storage quality of guava fruit bar** ,12(7): 661-666
- Direito, R., Reis, C., Roque, L., Gonçalves, M., Sanches-Silva, A., Gaspar, M. M.,... and Eduardo Figueira, M. (2019). **Phytosomes with persimmon (Diospyros kaki L.) extract: Preparation and preliminary demonstration of in vivo tolerability.** Pharmaceutics, 11(6): 2 -22.
- Dobrinčić, A., Tuđen, L., Repajić, M., Garofulić, I. E., Zorić, Z., Dragović-Uzelac, V., and Levaj, B. (2020). **Microencapsulation of olive leaf extract by spray drying.** Acta Alimentaria, 49(4): 475-482.
- Domínguez Díaz, L., Dorta, E., Maher, S., Morales, P., Fernández-Ruiz, V., Cámara, M., and Sánchez-Mata, M. C. (2020a). **Potential nutrition and health claims in destringed persimmon fruits (Diospyros kaki L.), Variety ‘Rojo Brillante’, PDO’Ribera del Xúquer.** Nutrients, 12(5): 1-15.
- Domínguez Díaz, L., Fernández-Ruiz, V., and Cámara Hurtado, M. (2020b). **Phytochemicals and Nutraceuticals with Particular Health-Promoting Effects.** Pharmatech, 48: 74-78.

- Du, J., Ge, Z. Z., Xu, Z., Zou, B., Zhang, Y., and Li, C. M. (2014). **Comparison of the efficiency of five different drying carriers on the spray drying of persimmon pulp powders.** *Drying Technology*, 32(10): 1157-1166.
- Dubkova, N. Z., Kharkov, V. V., and Vakhitov, M. R. (2021). **Using Jerusalem artichoke powder in functional food production.** *Foods and raw materials*, 9(1): 69-78
- Dufera, L. T., Hofacker, W., Esper, A., and Hensel, O. (2023). **Effect of packaging materials on lycopene vitamin C and water activity of dried tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) powder during storage.** *Food Science and Nutrition*, 11(10):6223-6230.
- Dursun, D., and Dalgıç, A. C. (2018). **Production and preference mapping of persimmon fruit leather: An optimization study by Box–Behnken.** *Journal of food process engineering*, 41(8): 1-8.
- El Amine, K. M. (2022). **Effect of gelatin drying methods on its amphiphilicity.** *Foods and Raw materials*, 10(2): 252-261.
- El-Hawary, S. S., Tadros, S. H., AbdelMohsen, M. M., Mohamed, M. S., El Sheikh, E., Nazif, N. M., and El Nasr, M. S. (2019). **Phyto-and Bio-Chemical evaluation of Diospyros kaki L. cultivated in Egypt and its biological activities.** *Brazilian Journal of Biology*, 80 (2): 295-304.
- El Makhzangy, A., Hamad, D., and El-Shawaf, A. (2023). **Chemical and Bioactive Composition in Persimmon (Diospyros kaki) Fruits.** *Mathews Journal of Nutrition and Dietetics*, 6(2): 1-7.
- Esteban-Muñoz, A., Sánchez-Hernández, S., Samaniego-Sánchez, C., Giménez-Martínez, R., and Olalla-Herrera, M. (2020). **Differences in the phenolic profile by uplc coupled to high resolution mass spectrometry and antioxidant capacity of two diospyros kaki varieties.** *Antioxidants*, 10(1): 2- 31.
- Fauziyah, N., Ifie, I., Syarief, O., and Darniadi, S. (2023). **Impact of hydrocolloid and foaming agent on the physicochemical, microstructural and bioactive characteristics of foam-mat freeze-dried tapai (fermented black glutinous rice) powder.** *Food Science & Nutrition*, 11(1): 578-589.
- Feguš, U. ; Žigon, U., Petermann, M., and Knez, Ž. (2015). **Effect of drying parameters on physiochemical and sensory properties of fruit powders processed by PGSS-, Vacuum-and Spray-drying.** *Acta Chimica Slovenica*, 62(2): 479-87.
- Fernández-Ferreiro, A., Barcia, M. G., Gil-Martínez, M., Vieites-Prado, A., Lema, I., Argibay, B., ... and Otero-Espinar, F. J. (2015). **In vitro and in vivo ocular safety and eye surface permanence determination by direct and Magnetic Resonance Imaging of ion-sensitive hydrogels based on gellan gum and**

- kappa-carrageenan**. European Journal of Pharmaceutics and biopharmaceutics, 94: 342-351.
- Fernández, P. R., Lovera, N., and Ramallo, L. A. (2020). **Sucrose syrup reuse during one-and multi-stage osmotic dehydration of pineapple**. Journal of Food Process Engineering, 43(6): 1-30.
- Fransiska, D., Apriani, S. N. K., Murdinah, M., and Melanie, S. (2015). **Carrageenan as binder in the fruit leather production**. KnE Life Sciences,(1): 63-69.
- García-García, A. B., Ochoa-Martínez, L. A., Lara-Ceniceros, T. E., Rutiaga-Quñones, O. M., Rosas-Flores, W., and González-Herrera, S. M. (2019). **Changes in the microstructural, textural, thermal and sensory properties of apple leathers containing added agavins and inulin**. Food chemistry, 301:1-7.
- Gautam, A., Dhiman, A. K., Attri, S., and Kathuria, D. (2020a). **Formulation and storage studies of herbal based RTS beverages from persimmon (Diospyros kaki L.) fruit**. Annals of Phytomedicine: An International Journal, 9(2): 155-163.
- Gautam, A., Dhiman, A. K., Attri, S., and Kathuria, D. (2020b). **Nutritional and functional characteristics of ripe persimmon (Diospyros kaki L.) fruit. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 9(4): 3364-3367.
- Gawalek, J. (2021). **Effect of spray dryer scale size on the properties of dried beetroot juice**. Molecules, 26(21): 1 -15.
- Giordani, E., Doumett, S., Nin, S., and Del Bubba, M. (2011). **Selected primary and secondary metabolites in fresh persimmon (Diospyros kaki Thunb.): A review of analytical methods and current knowledge of fruit composition and health benefits**. Food research international, 44(7): 1752-1767.
- Giordani, E. (2002). **Varietal assortment of persimmon in the countries of the Mediterranean area and genetic improvement. In First Mediterranean Symposium on Persimmon** . Faenza-Italy, (51): 23-37.
- González, M. N., Massa, G. A., Andersson, M., Turesson, H., Olsson, N., Fält, A. S., ... and Feingold, S. E. (2020). **Reduced enzymatic browning in potato tubers by specific editing of a polyphenol oxidase gene via ribonucleoprotein complexes delivery of the CRISPR/Cas9 system**. Frontiers in Plant Science, 10: 1-12.
- Gopinathan M, Yusof YA, Pui LP. (2020) **Effects of different drying methods on the physicochemical and antioxidant content of “cempedak”(Artocarpus Integer L.) powder**. Journal of Food Processing and Preservation. 44(12): 1-30.
- Gorinstein, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Jesion, I., Namiesnik, J., Drzewiecki, J., ... and Trakhtenberg, S. (2011). **Influence of two cultivars of persimmon on atherosclerosis indices in rats fed cholesterol-containing diets: Investigation in vitro and in vivo**. Nutrition, 27(7): 838-846.

- Graham, H. N. (1992). **Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry. Preventive medicine**, 21(3), 334-350.
- Grewal, A. and Jood, S. (2006). **Effect of processing treatment on nutritional and antinutritional contents of green gram**. Journal of Food Biochemistry 30(5): 535-546.
- Gu, H. F., Li, C. M., Xu, Y. J., Hu, W. F., Chen, M. H., and Wan, Q. H. (2008). **Structural features and antioxidant activity of tannin from persimmon pulp**. Food Research International, 41(2): 208-217.
- Hadree, J., Shahidi, F., Mohebbi, M., and Abbaspour, M. (2023). **Evaluation of effects of spray drying conditions on physicochemical properties of pomegranate juice powder enriched with pomegranate peel phenolic compounds: modeling and optimization by RSM**. Foods, 12(10): 2-21.
- Hajiaghaei, M., and Sharifi, A. (2022). **Physicochemical Properties of Red Beetroot and Quince Fruit Extracts Instant Beverage Powder: Effect of Drying Method and Maltodextrin Concentration**. Journal of Food Quality, 1-8.
- Hanif, M., Khattak, M. K., Ali, S. A., Khan, M., Ramzan, M., Amin, M., and Aamir, M. (2015). **Impact of drying temperature and slice thickness on retention of vitamin c in persimmons (diospyros kaki. l) dried by a flat plate solar collector**. Pak. J. Food Sci, 25: 66- 70.
- Hariadi, H., Wahyono, T., Darniadi, S., Maulana, H., Nurhadi, B., Amien, S., and Alasmari, A. F. (2024). **Effect of maltodextrin concentration and drying temperature on the physicochemical characteristics of Sacha inchi (Plukenetia volubilis) extract powder**. Italian Journal of Food Science, 36(2): 74-82.
- Hendrysiak, A., Brzezowska, J., Nicolet, N., Bocquel, D., Andlauer, W., and Michalska-Ciechanowska, A. (2023). **Juice Powders from Rosehip (Rosa canina L.): Physical, Chemical, and Antiglycation Properties**. Molecules, 28(4): 1-19.
- Hiranvarachat, B., Devahastin, S., and Chiewchan, N. (2011). **Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying**. Food and bioproducts processing, 89(2): 116-127.
- Homnava, A., Payne, J., Koehler, P., and Eitenmiller, R. (1990). **Provitamin A (Alpha-carotene, Beta-carotene and Beta-cryptoxanthin) and ascorbic acid content of Japanese and American Persimmons**. Journal of food quality, 13(2): 85-95.
- Hosseini, S. M., Shahrousvand, M., Shojaei, S., Khonakdar, H. A., Asefnejad, A., and Goodarzi, V. (2020). **Preparation of superabsorbent eco-friendly semi-interpenetrating network based on cross-linked poly acrylic acid/xanthan gum/graphene oxide (PAA/XG/GO): Characterization and dye removal ability**. International journal of biological macromolecules, 152: 884-893.

- Hu, W., Zhang, W., Zhang, Z., Shen, S., Lu, G., and Wu, W. (2022). **Effect of Maltodextrin on the Physicochemical Properties and Cooking Performance of Sweet Potato Starch Noodles**. *Foods*, 11(24): 1-13
- Hwang, Y. H., Ha, H., Kim, R., Cho, C. W., Song, Y. R., Hong, H. D., and Kim, T. (2018). **Anti-osteoporotic effects of polysaccharides isolated from persimmon leaves via osteoclastogenesis inhibition**. *Nutrients*, 10(7): 1-11.
- Igual, M.; L. Cebadera; R. M. Cámara; C. Agudelo; N. Martínez-Navarrete; and M. Cámara (2019). **Novel ingredients based on grapefruit freeze-dried formulations: Nutritional and bioactive value**. *Foods*, 8(10): 1-14
- Ikegami, A., Akagi, T., Potter, D., Yamada, M., Sato, A., Yonemori, K., ... and Inoue, K. (2009). **Molecular identification of 1-Cys peroxiredoxin and anthocyanidin/flavonol 3-O-galactosyltransferase from proanthocyanidin-rich young fruits of persimmon (Diospyros kaki Thunb.)**. *Planta*, 230: 841-855.
- Ikegami, A., Eguchi, S., Kitajima, A., Inoue, K., and Yonemori, K. (2007). **Identification of genes involved in proanthocyanidin biosynthesis of persimmon (Diospyros kaki) fruit**. *Plant Science*, 172(5): 1037-1047.
- Ishak, S. F., Abd Majid, H. M., Zin, Z. M., & Zainol, M. K. (2022). **Sensorial and physicochemical characterisation of snack bar with gum arabic (Acacia seyal) addition**. *Food Research*, 6(2): 359-368.
- Islam, M. Z., Jahan, M. I., Monalisa, K., Rana, R., and Hoque, M. M. (2024). **Impact of maltodextrin, egg white protein addition and microwave-assisted foam mat drying on drying kinetics, microstructures, physicochemical and quality attributes of jackfruit juice powder**. *LWT*, 200: 116158.
- Jang, I. C., Jo, E. K., Bae, M. S., Lee, H. J., Jeon, G. I., Park, E., ... and Lee, S. C. (2010). **Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of persimmon (Diospyros kaki cv. Fuyu) fruit**. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(2): 155-160.
- Jimenez-Gonzalez, O., Luna-Guevara, J. J., Ramírez-Rodriguez, M. M., Luna-Vital, D., and Luna-Guevara, M. L. (2022). **Microencapsulation of Renealmia alpinia (Rottb.) Maas pulp pigment and antioxidant compounds by spray-drying and its incorporation in yogurt**. *Journal of Food Science and Technology*, 59(3): 1-11.
- Jović, T., Elez Garofulić, I., Čulina, P., Pedisić, S., Dobroslavić, E., Cegledi, E., ... and Zorić, Z. (2023). **The Effect of Spray-Drying Conditions on the Characteristics of Powdered Pistacia lentiscus Leaf Extract**. *Processes*, 11(4):1-12.

- Kamtekar, A.R., Pujari, K.H., Masal, M.S., and Kambekar, P.H. (2017). **Effect of Maltodextrin And Tricalcium Attributes Of Jamun Juice Powder** Journal URL. 6 (2): 51-55.
- Karakuzu Ikizler, B., Yapıcı, E., Yucel, S., and Ermiş, E. (2023). **Production and Characterization of Calcium Silica Aerogel Powder as a Food Additive. ACS omega**, 8(12): 11479-11491.
- Kashif, M., Akhtar, N., and Mustafa, R. (2017). **An overview of dermatological and cosmeceutical benefits of Diospyros kaki and its phytoconstituents. Revista Brasileira de Farmacognosia**, 27 (5): 650-662.
- Kashyap, S., and Sharma, N. (2023). **New insights in the production of fruit leather.** the Pharma Innovation Journal, 12(5): 1140-1151.
- Kaur, M., and Godara, P. (2022). **Various drying processes for fruit leathers preparation and its effects on quality of fruit leathers.** Pharma Innovation Journal, 11(20): 99-105.
- Kaur, N., Kumari, A., Agarwal, A., Sabharwal, M., and Dipti, S. (2022). **Utilisation of Diospyros kaki L.(persimmon) as a functional ingredient to produce functional foods: A review.** Nutrition antabd Food Science, 52(7): 1-17.
- Khanal, R. C., Howard, L. R., and Prior, R. L. (2010). **Effect of heating on the stability of grape and blueberry pomace procyanidins and total anthocyanins.** Food research international, 43(5): 1464-1469.
- Khandare, V. S., and Syed, S. J. (2019). **Effect of various treatments on physico-chemical composition of Indian gooseberry (Emblica officinalis) candy during storage.** Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8(4): 2580-2586.
- Kim, J. M., Park, S. K., Kang, J. Y., Park, S. H., Park, S. B., Yoo, S. K., ... and Heo, H. J. (2018). **Nutritional composition, antioxidant capacity, and brain neuronal cell protective effect of cultivars of dried persimmon (Diospyros kaki).** Korean Journal of Food Science and Technology, 50(2): 225-237.
- Kim, K. A., Lee, C. H., Kang, T. K., Yang, S. J., Lee, C. Y., Lee, W. B., and Jung, S. H. (2020). **Effect of persimmon leaves (Diospyros kaki) on goblet cell density and inflammation in experimental dry eye model.** Applied Biological Chemistry, 63(45): 1-9.
- Korese, J. K., Achaglinkame, M. A., and Adzitey, F. (2022). **Effect of different packaging materials on storage stability of Gardenia erubescens Stapf. And Hutch. dried fruits and powder.** Applied Food Research, 2(2): 1-9.

- Kumar, A. L., Madhumathi, C., Sadarunnisa, S., and Latha, P. (2017). **Quality evaluation and storage study of papaya guava fruit bar**. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(4): 2082-2087.
- Kurniadi, M., Parnanto, N. H. R., Saputri, M. W., Sari, A. M., Indrianingsih, A. W., Herawati, E. R. N., ... and Frediansyah, A. (2022). **The effect of kappa-carrageenan and gum Arabic on the production of guava-banana fruit leather**. Journal of food science and technology, 59(11), 4415-4426
- Kurt, A., and Kaya, E. (2020). **Medical and cosmetic applications of persimmon (Diospyros Kaki): toxicity assessment-A review**. International Journal of Traditional and Complementary Medicine Research, 1(3): 162-176.
- Lee, J. H., Lee, Y. B., Seo, W. D., Kang, S. T., Lim, J. W., and Cho, K. M. (2012). **Comparative studies of antioxidant activities and nutritional constituents of persimmon juice (Diospyros kaki L. cv. Gapjubaekmok)**. Preventive Nutrition and Food Science, 17(2): 141-51
- Lestario, L. N., Melanie, M., and Rahardjo, M. (2023). **Effect of Maltodextrin Concentration on Anthocyanin Content and Antioxidant Activity of Rukem Fruits Extract Powder**. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 34(2): 142-151.
- Lewicki, P. P., and Lenart, A. (2020). **Osmotic dehydration of fruits and vegetables**. In Handbook of industrial drying. 691-713.
- Maharani, A. R., Aryandra, N. A., Jaya, F., Lastriyanto, A., Masyithoh, D., and Radiati, L. E. (2023). **Characteristics of honey powder with maltodextrin and gum arabic addition using vacuum foam-drying method**. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak, 18(3): 179-188
- Makhathini, N., Kaseke, T., and Fawole, O. A. (2023). **Microencapsulation of organic pomegranate peel extract for a food circular economy: Effects of wall materials on powder functional attributes, antioxidant activity and antimicrobial property against food borne**, Journal of Agriculture and Food Research, 14: 1-16
- Mardhatilah, D., Partha, I. B. B., and Hartati, H. (2018). **Influence of Types of Fatty Materials and Addition of Sugar Concentration on Fruit Leather Quality from Dragon Fruit Albedo (Hylocereus Polyrhizus)**. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 209(1): 1-8.
- Martínez-Navarrete, N., García-Martínez, E., and Camacho, M. D. M. (2022). **Characterization of the orange juice powder co-product for its valorization as a food ingredient**. Foods, 12(1): 1.13
- Malomar, R. T., Garcia, C., Gleize, B., Jury, V., Korbel, E., and Fayolle, F. (2024). **Impact of sugar reduction on the glass transition temperature and sorption**

isotherm of freeze-dried tomato powder. Journal of Food Engineering, 380, 112137

Maulidiani, M., Mediani, A., Abas, F., Park, Y. S., Park, Y. K., Kim, Y. M., and Gorinstein, S. (2018). **¹H NMR and antioxidant profiles of polar and non-polar extracts of persimmon (Diospyros kaki L.)–metabolomics study based on cultivars and origins.** Talanta, 184: 277-286

Maulidiani, M., Abdul-Hamid, N. A., Abas, F., Park, Y. S., Park, Y. K., Kim, Y. M., and Gorinstein, S. (2019). **Detection of bioactive compounds in persimmon (Diospyros kaki) using UPLC-ESI-Orbitrap-MS/MS and fluorescence analyses.** Microchemical Journal, 149: 1-8

Mauro, M. A., Dellarosa, N., Tylewicz, U., Tappi, S., Laghi, L., Rocculi, P., and Dalla Rosa, M. (2016). **Calcium and ascorbic acid affect cellular structure and water mobility in apple tissue during osmotic dehydration in sucrose solutions.** Food chemistry, 195: 19-28.

Md Saleh, R., Kulig, B., Hensel, O., and Sturm, B. (2020). **Investigation of dynamic quality changes and optimization of drying parameters of carrots (Daucus carota var. laguna).** Journal of Food Process Engineering, 43(2): 2-17.

Meena, S., Gote, S., Prasad, W., and Khamrui, K. (2021). **Storage stability of spray dried curcumin encapsulate prepared using a blend of whey protein, maltodextrin, and gum Arabic.** Journal of Food Processing and Preservation, 45(5): 1-12.

Mesquita, M. D. S., Santos, P. D. D. F., Holkem, A. T., Thomazini, M., and Favaro-Trindade, C. S. (2022). **Encapsulation of formosa papaya (Carica papaya L.) seed extract: physicochemical characteristics of particles, and study of stability and release of encapsulated phenolic compounds.** Processes, 11(1): 1-18.

Mohamed, A. H., Ragab, M., Siliha, H. A. I., and Haridy, L. A. (2018). **physicochemical, microbiological and sensory characteristics of persimmon fruit leather.** zagazig journal of agricultural research, 45(6): 2071-2085.

Moon, J. H., Lee, H. S., Lee, U., Kim, J. M., Lee, H. L., Kim, M. J., ... and Heo, H. J. (2023). **Nutritional Compositions of Persimmon (Diospyros kaki) Cultivars Subjected to Different Processes.** Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 52(1): 40-54

Mousa, E. A., Hassan, N. A., and Elbassiony, K. R. (2024). **Effect of Osmo-Dehydration and gamma irradiation on Nutritional Characteristics of Dried Fruit.** Egyptian Journal of Food Science, 52(1):1-16.

Mudgil, D., Barak, S., and Khatkar, B. S. (2014). **Guar gum: processing, properties and food application a review.** Journal of food science and technology, 51: 409-418.

- Murali, P., Shams, R., and Dar, A. H. (2023). **Insights on nutritional profile, nutraceutical components, pharmacological potential, and trending utilization of persimmon cultivars.** a review. Food Chemistry Advances, (3): 2-16.
- Murali, P. (2023) **Physicochemical and nutritional composition of persimmon (Diospyros kaki)** fruits The Pharma Innovation Journal, 12(8): 2066-2070.
- Muzaffar, K., Nayik, G. A., and Kumar, P. (2015). **Stickiness problem associated with spray drying of sugar and acid rich foods: a mini review.** Journal of Nutrition and Food Sciences, (S12): 1-3.
- Muzaffar, K., Nayik, G. A., and Kumar, P. (2018). **Production of fruit juice powders by spray drying technology.** International Journal of advance research in science and engineering, 7(3): 59-67.
- Naknaen, P., Maneyam, R., and Kam-Onsri, A. (2016). **Effect of partial replacement of sucrose with humectant in the osmotic solution on the characteristics of osmo-dried cantaloupe.** International Journal of Fruit Science, 16(3): 225-241
- Nani, M., and Krishnaswamy, K. (2023). **circular economy for food industry waste: Development and characterization of spray-dried acid whey encapsulated in millet matrix.** ACS Food Science and Technology, 3(1): 1-35.
- Nayaka, V. K., Azeez, S., Suresha, G. J., Tiwari, R. B., Prasanth, S. J., Karunakaran, G., and Suresha, K. B. (2020). **Influence of maltodextrin on the physical attributes of microencapsulated avocado (Persea americana Mill.) powder obtained through co-current spray drier.** IJCS, 8(6): 2449-2452.
- Nguyen, T. V. L., Nguyen, Q. D., and Nguyen, P. B. D. (2022). **Drying kinetics and changes of total phenolic content, antioxidant activity and color parameters of mango and avocado pulp in refractance window drying.** Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 72(1): 27-38.
- Nisar, R., Baba, W. N., and Masoodi, F. A. (2015). **Effect of chemical and thermal treatments on quality parameters and anti-oxidant activity of apple (pulp) grown in high Himalayan regions.** Cogent Food and Agriculture, 1(1): 1–13.
- Nizamlioglu, N. M., Yasar, S., and Bulut, Y. (2022). **Chemical versus infrared spectroscopic measurements of quality attributes of sun or oven dried fruit leathers from apple, plum and apple-plum mixture.** LWT, 153: 15:1-8.
- Novillo, P., Besada, C., Tian, L., Bermejo, A., and Salvador, A. (2015). **Nutritional composition of ten persimmon cultivars in the “ready-to-eat crisp” stage. Effect of deastringency treatment.** Food and Nutrition Sciences, 6(14): 1296-1306.

- Nthimole, C. T., Kaseke, T., and Fawole, O. A. (2022). **Micro-encapsulation and characterization of anthocyanin-rich raspberry juice powder for potential applications in the food industry**. Processes, 10(5): 1-16.
- Nur, M., Sulaihah, S., and Nor, M. Z. M. (2022). **Physical and Chemical Characterization of Manalagi Apple (Malus sylvestris Mill) Leather Enriched with Either Mango, Pineapple or Dragon Fruit**. Journal of Physical Science and Engineering, 7(2): 116-126.
- Osae, R., Essilfie, G., Alolga, R. N., Akaba, S., Song, X., Owusu-Ansah, P., and Zhou, C. (2020). **Application of non-thermal pretreatment techniques on agricultural products prior to drying: a review**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 100(6): 2585-2599.
- Ozcelik, M., and Kulozik, U. (2023). **The role of maltodextrin concentration in maintaining storage stability of dried fruit foams texturized using plant protein-polysaccharide blends**. Foods, 12(8): 1-13.
- Özkan-Karabacak, A., Özcan-Sinir, G., Çopur, A. E., and Bayizit, M. (2022). **Effect of osmotic dehydration pretreatment on the drying characteristics and quality properties of semi-dried (Intermediate) Kumquat (Citrus japonica) slices by vacuum dryer**. Foods, 11(14): 1-14.
- Pachisia, J. (2020). **Persimmon (Diospyros kaki): Apple of the Orient: A Review**. Int. J. Health Sci. and Res, 10 (3): 129-133.
- Pandiselvam, R., Tak, Y., Olum, E., Sujayasree, O. J., Tekgül, Y., Çalışkan Koç, G., ... and Kumar, M. (2022). **Advanced osmotic dehydration techniques combined with emerging drying methods for sustainable food production: Impact on bioactive components, texture, color, and sensory properties of food**. Journal of Texture Studies, 53(6): 737-762.
- Park, Y.S. (1999). **Carbon dioxide-induced flesh browning development as related to phenolic metabolism in 'Niitaka'pear during storage**. J. Korean Soc. Hortic. Sci. 40:567-570.
- Pateiro, M., Vargas-Ramella, M., Franco, D., da Cruz, A. G., Zengin, G., Kumar, M., ... and Lorenzo, J. M. (2022). **The role of emerging technologies in the dehydration of berries: Quality, bioactive compounds, and shelf life**. Food Chemistry, 16: 2-22.
- Pérez-Burillo, S., Oliveras, M. J., Quesada, J., Rufián-Henares, J. A., and Pastoriza, S. (2018). **Relationship between composition and bioactivity of persimmon and kiwifruit**. Food Research International, 105: 461-472.
- Phing, P. L., and Saleena, L. A. K. (2022). **Effects of spray-drying parameters on physicochemical properties of powdered fruits**. Foods and Raw materials, 10(2): 235-251.

- Phing, P. L., Abdullah, A., Sin, C. L., and Foong, S. C. Y. (2022). **The effect of drying methods on the physicochemical and antioxidant properties of Bintangor orange (*Citrus nobilis*) powders.** Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 21(1): 111-122.
- Prasanna, V., Prabha, T. N., and Tharanathan, R. N. (2007). **Fruit ripening phenomena—an overview.** Critical reviews in food science and nutrition, 47(1): 1-19.
- Prasetyowati, D. A., Widowati, E., and Nursiwi, A. (2014). **The effect of gum Arabic addition to physicochemical and sensory properties of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) and carrot (*Daucus carota*) fruit leather.** Jurnal Teknologi Pertanian, 15(2) : 139-148.
- Prabowo, U. S., and Saraswati, P. (2021). **Effect of maltodextrin concentration and drying temperature on the characteristics of watermelon (*Citrullus vulgaris* S.) albedo instant drink enriched with telang flower (*Clitorea ternatea*) extract.** Anjoro: International Journal of Agriculture and Business, 2(2): 50-57
- Priyambodo, A. A., and Rosida, D. F. (2023). **Research Of Physico-Chemical Properties Of “Jamu” Powder From Moringa Leaf, Beluntas Leaf, And Noni Leaf Extracts.** Jurnal Pangan dan Agroindustri, 11(2): 61-70.
- Pui, L. P., Karim, R., Yusof, Y. A., Wong, C. W., and Ghazali, H. M. (2020). **Anti-caking Agent Effects on the Properties of Spray-dried'Cempedak'Fruit Powder.** Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 43(4):621-635.
- Pui, L. P., Saleena, L. A. K., and Ghazali, H. M. (2023). **Storage stability and anti-caking agents in spray-dried fruit powders:** A review.12(2):229-239.
- Raja, K. S., Taip, F. S., Azmi, M. M. Z., & Shishir, M. R. I. (2019). **Effect of pre-treatment and different drying methods on the physicochemical properties of *Carica papaya* L. leaf powder.** Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(2): 1-14.
- Rashwan, M. R. A., Khalifa, A. H., Zeiad, F. K. A., and Mohamed, M. I. A. (2017). **Nutrient and phytochemical compounds of persimmon and husk tomato.** Assiut J Agric Sci, 48(4): 102-112.
- Raut, U., Khade, V., Deshmukh, S., and Ingole, A. (2021). **Standardization Of Recipes For Preparation Of Wood Apple Fruit Bar.** international Journal of Agriculture Sciences,13 (12): 10975-10977.
- Riftyan, E., Ivoni, M. C., Pato, U., and Johan, V. S. (2023). **The characterization and sensory assessment of fruit leather with a combination of puree jicama and pineapple.** Earth and Environmental Science, 1182 (1): 1-7.

- Roby, M., Abd-Eltawab, S., and Abu El-Hassan, A. (2019). **Effect of Different Pre-Drying Treatments on The Quality of Dried Apple Slices**. Egyptian Journal of Food Science, 47(1): 131-138.
- Saavedra-Leos, M. Z., Román-Aguirre, M., Toxqui-Terán, A., Espinosa-Solís, V., Franco-Vega, A., and Leyva-Porras, C. (2022). **Blends of carbohydrate polymers for the co-microencapsulation of Bacillus clausii and quercetin as active ingredients of a functional food**. Polymers, 14(2): 1-23.
- Salama, M. F. (2008). **Effect of Pre-Treatments on the Quality of Dried Persimmon (Diospyros kaki) Fruit Sheets**. Journal of Food Science and Technology, 5(1): 13-20
- Salehi, F. (2022). **Recent advances in the ultrasound-assisted osmotic dehydration of agricultural products: A review**. Food Bioscience, 51:
- Sanjinez-Argandoña, E. J., Yahagi, L. Y., Costa, T. B., and Giunco, A. J. (2018). Mango dehydration: **influence of osmotic pre-treatment And addition of calcium chloride**. Revista Brasileira de Fruticultura, 40(4):1-9.
- Sánchez Riaño, A. M., Bermeo Andrade, H. P., and Valenzuela Real, C. P. (2018). **Incidence of hydrocolloid type on quality parameters in mango leathers (Mangifera indica L.) Yulima variety**. Food Science and Technology, 38: 109-115.
- Sarabandi, K. H., Peighambaroust, S. H., Sadeghi Mahoonak, A. R., and Samaei, S. P. (2018). **Effect of different carriers on microstructure and physical characteristics of spray dried apple juice concentrate**. Journal of food science and technology, 55: 3098-3109.
- Sarkar, A., Rahman, S., Roy, M., Alam, M., Hossain, M. A., and Ahmed, T. (2021). **Impact of blanching pretreatment on physicochemical properties, and drying characteristics of cabbage (Brassica oleracea)**. Food Research, 5(2): 393-400.
- Šavikin, K., Nastić, N., Janković, T., Bigović, D., Miličević, B., Vidović, S., ... and Vladić, J. (2021). **Effect of type and concentration of carrier material on the encapsulation of pomegranate peel using spray drying method**. Foods, 10(9): 1-11.
- Senica, M., Veberic, R., Grabnar, J. J., Stampar, F., and Jakopic, J. (2016). **Selected chemical compounds in firm and mellow persimmon fruit before and after the drying process**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(9): 3140-3147.
- Sentandreu, E., Cerdán-Calero, M., Halket, J. M., and Navarro, J. L. (2015). **Rapid screening of low-molecular-weight phenols from persimmon (Diospyros kaki) pulp using liquid chromatography/UV-visible/electrospray mass spectrometry analysis**. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(8): 1648-1654.

- Sghari, A., Zongo, P. A., Osse, E. F., Aghajanzadeh, S., Raghavan, V., and Khalloufi, S. (2024). **Review of osmotic dehydration: Promising technologies for enhancing products' attributes, opportunities, and challenges for the food industries**. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(3): 1-28.
- Sharma, S., Gehlot, R., Singh, R., and Sindhu, R. (2019a). **Changes in chemical constituents and overall acceptability of bael-mango jam during storage**. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4): 408-410.
- Sharma, K. D., Chandel, V., Gupta, A., and Verma, A. K. (2019b). **Antioxidant rich mixed fruit rolls and their storage stability**. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(1): 13-18.
- Sharma, M., Kumar, V., Kaur, R., Kumar, S., Suri, S., and Sharma, R. (2023). **Effect of pre-treatments and drying on the quality attributes of dried rhododendron flowers**. *Food Chemistry Advances*, 2, 1-9.
- Shevchuk, L. M., Vintskovska, Y. Y., Derevianko, N. V., and Dervianko, V. M. (2023). **Biochemical Composition of Persimmon Fruit (L.) Bred in Ukraine**. *Journal of Horticultural Research*, 31(1): 55-60.
- Shishir, M. R. I., and Chen, W. (2017). **Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices**. *Trends in food science and technology*, 65: 49-67.
- Shishir, M. R. I., Taip, F. S., Saifullah, M., Yong, S. Y., Aziz, N. A., and Talib, R. A. (2018). **Changes in quality attributes of pink guava (Psidium guajava) powder with respect to different drying techniques and maltodextrin concentrations. International** *Food Research Journal*, 25(4):1625-1632
- Shuen, G. W; L. Y. Yi; T. S. Ying; G. C. Y. Von; Y. A. B. Yusof, and P. L. Phing, (2021). **Effects of drying methods on the physicochemical properties and antioxidant capacity of Kuini powder**. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24:1-14.
- Si, X., Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., & Li, Z. (2016). **Comparison of different drying methods on the physical properties, bioactive compounds and antioxidant activity of raspberry powders**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6): 2055-2062.
- Srivastava, S., Bansal, M., Jain, D., and Srivastava, Y. (2022). **Encapsulation for efficient spray drying of fruit juices with bioactive retention**. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5): 3792-3814.

- Stępień, A., Witczak, M., and Witczak, T. (2022). **The thermal characteristics, sorption isotherms and state diagrams of the freeze-dried pumpkin-inulin powders.** *Molecules*, 27(7):1-14.
- Sukasih, E., and Widayanti, S. M. (2022). **Physicochemical and Sensory Characteristics of Fruit Leather From Various Indonesian Local Fruits. In IOP Conference Series.** *Earth and Environmental Science*, 1024 (1): 1-8.
- Suravanichnirachorn, W., Haruthaithanasan, V., Suwonsichon, S., Sukatta, U., Maneeboon, T., and Chantrapornchai, W. (2018). **Effect of carrier type and concentration on the properties, anthocyanins and antioxidant activity of freeze-dried mao [Antidesma bunius (L.) Spreng] powders.** *Agriculture and Natural Resources*, 52(4): 354-360.
- Taguiam, J. D. W., Billones-Baaijens, R., Stodart, B. J., Steel, C. C., Fuss, A. M., and Savocchia, S. (2024). **A threat to the persimmon industry: A review of persimmon (Diospyros species).** *Crop Protection*, 24: 1-49.
- Tarancón, P., Fernández-Serrano, P., and Besada, C. (2021). **Consumer perception of situational appropriateness for fresh, dehydrated and fresh-cut fruits.** *Food Research International*, 140: 1-30.
- Tatasciore, S., Santarelli, V., Neri, L., González Ortega, R., Faieta, M., Di Mattia, C. D., ... and Pittia, P. (2023). **Freeze-drying microencapsulation of Hop extract: Effect of carrier composition on physical, techno-functional, and stability properties.** *Antioxidants*, 12(2):1-21.
- Tiamiyu, Q. O., Adebayo, S. E., and Yusuf, A. A. (2023). **Gum Arabic edible coating and its application in preservation of fresh fruits and vegetables.** *Food Chemistry Advances*, (2):1-8.
- Tiwari, R. B. (2019). **Advances in technology for production of fruit bar: A review** *A Review Pantnagar Journal of Research*, 17 (1): 11-18.
- Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Castaner, M., Artés, F., and Saltveit, M. E. (1997). **Effect of selected browning inhibitors on phenolic metabolism in stem tissue of harvested lettuce.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3): 583-589.
- Tontul, I., and Topuz, A. (2018). **Production of pomegranate fruit leather (pestil) using different hydrocolloid mixtures: An optimization study by mixture design.** *Journal of Food Process Engineering*, 41(3): 2-12.
- Tran, T. T., and Nguyen, H. V. (2018). **Effects of spray-drying temperatures and carriers on physical and antioxidant properties of lemongrass leaf extract powder.** *Beverages*, 4(4): 1-14.

- Tsintsiskladze, A., Ardzenadze, M., Kutaladze, N., and Abuladze, D. (2023). **Consumer Value Of Subtropical Persimmon And Prospects For Production Expansion.** Georgian Scientists, 5(1): 190-218.
- Tsurunaga, Y., Takahashi, T., Kanou, M., Onda, M., and Ishigaki, M. (2022). **Removal of astringency from persimmon paste via polysaccharide treatment.** Heliyon, 8(9):1-7
- Tuan Azlan, T., Hamzah, Y., and Abd Majid, H. (2020). **Effect of gum arabic (Acacia senegal) addition on physicochemical properties and sensory acceptability of roselle juice.** Food Research, 4(2): 449-458.
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., and Wilkinson, B. (2010). **Gold kiwifruit leather product development using quality function deployment approach.** Food Quality and preference, 21(3): 339-345.
- Wada, L., and Ou, B. (2002). **Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(12): 3495-3500.
- Wang, F., Bi, J., Lyu, J., Wu, X., and Xie, J. (2023). **Effect of osmotic dehydration with different osmosis agents on water status, texture properties, sugars, and total carotenoid of dehydrated yellow peach slices.** Journal of Food Science, 88(1): 109-118.
- Wiktor, A., Chadzynska, M., Rybak, K., Dadan, M., Witrowa-Rajchert, D., and Nowacka, M. (2022). **The influence of polyols on the process kinetics and bioactive substance content in osmotic dehydrated organic strawberries.** Molecules, 27(4): 1-19.
- Wilkowska, A., Ambroziak, W., Adamiec, J., and Czyżowska, A. (2017). **Preservation of antioxidant activity and polyphenols in chokeberry juice and wine with the use of microencapsulation.** Journal of Food Processing and Preservation, 41(3): 1-9.
- Wong, C. W., Leow, R. K. S., Lim, W. Y., and Siew, Z. Z. (2020). **Evaluation of physicochemical changes of spray-dried honey jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) powder during storage.** International Food Research Journal, 27(2): 366-375.
- Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y. C., Chiu, C. C., Lin, Y. I., and Ho, J. A. A. (2006). **Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya.** Food chemistry, 95(2): 319-327
- Xiao, Z., Xia, J., Zhao, Q., Niu, Y., and Zhao, D. (2022). **Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review.** Carbohydrate polymers, 298, 120113.
- Yahia, E. M., García-Solís, P., and Celis, M. E. M. (2019). **Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. In Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables .** 19-45.

- Yaqub, S., Farooq, U., Shafi, A., Akram, K., Murtaza, M. A., Kausar, T., and Siddique, F. (2016). **Chemistry and functionality of bioactive compounds present in persimmon.** Journal of Chemistry, (1):1-14.
- Yian, L. Y., and Phing, P. L. (2020). **Storage stability of kuini powder in two packaging aluminum laminated polyethylene and polyethylene terephthalate.** Malaysian Journal of Analytical Sciences, 24(5): 657-669.
- Zawawi, W. S. A. B., Yusof, N., Yusof, N., and Gani, H. S. M. (2023). **Physicochemical Properties of Morinda Citrifolia Fruits and Leaves Produced by Oven and Freeze Drying.** Journal Of Agrobiotechnology, 14(2): 44-57.
- Zhang, C., Khoo, S. L. A., Chen, X. D., and Quek, S. Y. (2020). **Microencapsulation of fermented noni juice via micro-fluidic-jet spray drying: Evaluation of powder properties and functionalities.** Powder Technology, 361: 995-1005.
- Zhou, M., Chen, J., Bi, J., Li, X., and Xin, G. (2022). **The roles of soluble poly and insoluble tannin in the enzymatic browning during storage of dried persimmon.** Food Chemistry, 366: 130632.
- Zhu, Y. I., Pan, Z., and Mchugh, T. H. (2007). **Effect of dipping treatments on color stabilization and texture of apple cubes for infrared dry-blanching process.** Journal of food processing and preservation, 31(5): 632-648.

Abstract

This research was carried out in the Department of Food Sciences - Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University. This research was conducted with the aim of manufacturing hot air dried persimmon leather using different treatments (Starch, maltodextrin, gum arabic, pectin) and manufacturing persimmon puree powder by adding drying aids (maltodextrin and gum arabic) at different concentrations with the addition of tricalcium phosphate as an anti-caking agent and using two drying methods (hot air and lyophilization), manufacturing osmotically dried persimmon slices using different initial treatments (sucrose, sucrose+calcium chloride, sucrose+glucose, sucrose+glucose+calcium chloride), and demonstrating the effect of these treatments on the chemical, physical and color indicators, sensory properties, content of biologically active compounds and antioxidant activity of the resulting dried persimmon products during storage for six months at room temperature. The samples of hot air dried persimmon leather with (starch + maltodextrin) added maintained the highest content of total phenols, beta-carotene, vitamin C, and antioxidant activity estimated by (DPPH and FRAP) methods. The powders manufactured by adding maltodextrin at a concentration of 45% were characterized by higher yield, solubility, bulk and true density, total phenols, beta-carotene, vitamin C, and antioxidant activity according to (DPPH and FRAP) methods, while it had the greatest significant effect in reducing the degree of caking, hygroscopicity, total moisture, and total tannins, while the powders manufactured by adding gum Arabic showed an increase in their content of ash, total acidity, and potassium. The hot air drying method was superior in yield, bulk and true density, total phenols content and antioxidant activity according to the DPPH and FRAP methods, and was characterized by the lowest values of degree of caking, while the lyophilization method was characterized by the high content of total moisture, total sugars, vitamin C, beta-carotene, powder solubility, and the lowest values of hygroscopicity. The samples treated with sucrose solution (60%) were superior in their content of total sugars, total phenols, vitamin C, and antioxidant activity, while the samples treated with sugar solutions and added calcium chloride showed a remarkable superiority in the total acidity percentage, their content of biologically active compounds, and antioxidant activity. The samples of hot air dried persimmon leather with (starch + maltodextrin) added, the juice samples prepared with 30% gum Arabic and dried using lyophilization, the juice samples prepared with 45% maltodextrin and dried by hot air, and the samples of persimmon slices treated with (sucrose 40% + glucose 20% + calcium chloride 0.12%) solution had the highest sensory acceptance, as the studied characteristics (taste, texture, color, final acceptance degree) were the best for these products.

Keywords: Fresh persimmon fruits, Leather, Powder, Slices, drying aids, Chemical and Physical Indicators, Biologically Active Compounds, Antioxidant Activity, Solubility, Degree of caking , Hygroscopicity, Flowability, Sensory Properties.

**Syrian Arabic Republic
Damascus University
Faculty of Agriculture
Department of Food Sciences**



The effect of primary treatments and manufacturing methods on quality indicators of dried persimmon fruit products

**A dissertation submitted to obtain a doctoral degree in agricultural engineering
(Department of Food Sciences)**

By Agric. Engineer

Andaleeb Saeed

Supervision

Dr. Mohamad. KH. Tahle

**Prof. in Food Science Department
science**

**Faculty of Agriculture- Damascus University
University**

Head supervisor

Dr. Rawaa Tlay

Assistant Prof. in Food Department

Faculty of Agriculture- Damascus

Associate supervisor

Damascus 2024