



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم الأغذية

تأثير إضافة مستخلصات قشور الرمان في تدعيم بعض المنتجات الغذائية وإطالة حفظها

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية /اختصاص علوم الأغذية/

إعداد

م. رولا أحمد بركات

المشرف المشارك

د.روعة طلي

أستاذ مساعد في قسم علوم الأغذية

كلية الهندسة الزراعية _ جامعة دمشق

المشرف الرئيس

أ.د محمد محمد

أستاذ في قسم علوم الأغذية

كلية الهندسة الزراعية _ جامعة دمشق

فهرس العناوين

الصفحة	المحتوى
ب	فهرس العناوين
ح	فهرس الجداول
خ	فهرس الأشكال
خ	قائمة الاختصارات
د	الملخص
1	الفصل الأول: الإطار التمهيدي
2	1_ المقدمة
2	إشكالية البحث
2	تساؤلات البحث
3	أهداف البحث
3	أهمية البحث
3	مسوغات البحث
4	الفصل الثاني: الدراسة المرجعية
5	2_ الدراسة المرجعية
5	2-1- نبذة تاريخية عن نبات الرمان <i>Punica granatum L</i>
5	2-2- التركيب الكيميائي لنبات الرمان <i>Punica granatum L</i>
7	2-2-1. التركيب الكيميائي لقشور الرمان
11	2-3- الفوائد الصحية لنبات الرمان <i>Punica granatum L</i>
12	2-3-1. النشاط المضاد للميكروبات
12	2-3-2. تأثير مضاد للسرطان
13	2-3-3. السمنة ومرض السكري ومرض الزهايمر وهشاشة العظام وصحة الأسنان
14	2-4- تطبيقات نبات الرمان في الصناعات الغذائية
14	2-4-1. تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الألبان
15	2-4-2. تأثير إضافة قشور الرمان في الأغذية المستخدمة في تغليف المواد الغذائية
17	2-4-3. تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات اللحوم والأسماك
19	2-4-4. تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الحبوب والمكسرات

20	4-2-5. تأثير إضافة قشور الرمان في الزيوت القابلة للأكل
24	2-5-العوامل المؤثرة في كفاءة استخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان
24	2-5-1. طرائق تجفيف قشور الرمان
24	2-5-1.1. التجفيف الشمسي
25	2-5-2.1. التجفيف باستخدام الميكروويف
26	2-5-3.1. التجفيف بالتجميد (التجفيد)
27	2-5-4.1. التجفيف بالفرن تحت تفريغ
28	2-5-5.1. التجفيف باستخدام الفرن العادي
29	2-5-2. المذيبات المستخدمة في عملية الاستخلاص
30	2-5-3. عوامل أخرى مؤثرة في كفاءة استخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان
31	2-6-أكسدة الدهون
32	2-6-1. أنواع الأكسدة
32	2-6-1.1. الأكسدة التلقائية
32	2-6-2.1. الأكسدة الأنزيمية
33	2-6-2. آلية الأكسدة
34	2-7-مضادات الأكسدة
35	2-7-1. تصنيف مضادات الأكسدة
35	2-7-2. آلية عمل مضادات الأكسدة
36	2-7-3. أنواع مضادات الأكسدة
36	2-7-3.1. مضادات الأكسدة الطبيعية
36	2-7-3.2. مضادات الأكسدة الصناعية
37	2-7-4. تنظيم وشرعية استخدام مضادات الأكسدة
38	2-7-5. التأثيرات السمية لمضادات الأكسدة
39	الفصل الثالث: مواد البحث وطرائقه
40	3- مواد البحث وطرائقه
40	3-1. مواد البحث
40	3-2. طرائق البحث
40	3-2-1. تحضير المادة النباتية المدروسة
40	3-2-1.1. تحضير قشور الرمان الطازجة
41	3-2-2.1. تحضير قشور الرمان المجففة

41	2-2-3. تحضير مستخلصات قشور الرمان
41	1.2-2-3. تحضير المستخلص الإيثانولي لمسحوق قشور الرمان المجففة
41	2.2-2-3. تحضير المستخلص المائي لمسحوق قشور الرمان المجففة
41	3.2-2-3. تحضير المستخلص الإيثانولي للقشور الطازجة
42	4.2-2-3. تحضير المستخلص المائي للقشور الطازجة
42	3-2-3. إضافة المستخلص الإيثانولي لمسحوق قشور الرمان المجففة إلى المنتجات الغذائية
42	1.3-2-3. الكاب كيك Cupcake
44	2.3-2-3. زيت عباد الشمس
44	4-2-3. الاختبارات الكيميائية
44	1.4-2-3. تقدير المركبات الفينولية
45	2.4-2-3. تعيين النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH
46	3.4-2-3. تقدير النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة %FFA
46	4.4-2-3. رقم البيروكسيد
47	5-2-3. تقدير مؤشرات اللون (L، a، b)
47	6-2-3. التقييم الحسي
48	7-2-3. التحليل الإحصائي
49	مخطط البحث
50	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة
51	4- النتائج والمناقشة
51	1-4-1. مستخلصات قشور الرمان الطازجة والمجففة (الإيثانولية/المائية)
51	1-1-4. دراسة تأثير عملية التجفيف في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لقشور الرمان
52	2-1-4. دراسة تأثير نوع المذيب في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لمستخلص قشور الرمان
55	2-4-2. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة في عينات الكاب كيك (cup cake)
55	1-2-4. دراسة تأثير إضافة مستخلص قشور الرمان المجففة في النشاط المضاد للأكسدة والمركبات الفينولية لعينات الكاب كيك (cup cake)

57	4-2-2. دراسة تأثير إضافة مستخلص قشور الرمان المجففة في مؤشرات اللون لعينات الكاب كيك (cup cake) المدروسة
59	4-2-3. دراسة تأثير التخزين في المحتوى من المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بالمستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة
62	4-2-4. الخصائص الحسية لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بالمستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة
63	4-3-3. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في مؤشرات جودة عينات زيت عباد الشمس
63	4-3-1. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في النشاط المضاد للأكسدة لزيت عباد الشمس المخزن على درجة حرارة (60 م°)
64	4-3-2. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في نسبة الحموضة الحرة (FFA) لزيت عباد الشمس المخزن على درجة حرارة (60 م°)
66	4-3-3. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في قيمة رقم البيروكسيد لزيت عباد الشمس المخزن على درجة حرارة (60 م°)
68	4-3-4. دراسة تأثير عملية القلي في تطور أكسدة عينات زيت عباد الشمس المختلفة والمخزنة على درجة حرارة (60 م°)
70	4-3-1.4. دراسة تأثير عملية القلي في تطور قيمة رقم البيروكسيد
71	4-3-2.4. دراسة تأثير القلي في تطور قيمة الحموضة الحرة (FFA)
72	4-3-3.4. دراسة تأثير القلي في خفض نسبة النشاط المضاد للأكسدة
74	الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات
75	الاستنتاجات
76	التوصيات
77	الفصل السادس: المراجع
78	المراجع العربية
79	المراجع الأجنبية
96	Abstract

فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
7	التركيب الكيميائي لمستخلصات أجزاء مختلفة من ثمرة الرمان	1
8	متوسط قيم الفينولات، الفلافونيدات، الأنثوسيانينات والتانينات الكلية في المستخلص الميثانولي لقشور الرمان على أساس الوزن الجاف	2
9	محتوى مسحوق قشور الرمان من بعض الأحماض العضوية على أساس الوزن الجاف	3
11	محتوى مسحوق قشور الرمان من المعادن على أساس الوزن الجاف	4
11	محتوى مسحوق قشور الرمان من الفيتامينات على أساس الوزن الجاف	5
15	تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الألبان	6
17	تأثير إضافة قشور الرمان في الأغذية المستخدمة في تغليف المواد الغذائية	7
18	تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات اللحوم والأسماك	8
20	تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الحبوب والمكسرات	9
43	مكونات الكاب كيك المصنّع	10
53	النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لمستخلصات قشور الرمان	11
56	تأثير إضافة مستخلص قشور الرمان الإيثانولي في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لعينات الكاب كيك (cup cake)	12
58	مؤشرات اللون (b,a,L) في عينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة	13
62	نتائج الخصائص الحسية للكاب كيك المدعم بمستخلص قشور الرمان المجففة	14
64	تأثير إضافة المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة في النشاط المضاد للأكسدة لزيت عباد الشمس المخزن عند 60°م.	15
66	تأثير إضافة المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة في نسبة الحموضة الحرة لزيت عباد الشمس المخزن عند 60°م.	16

17	تأثير إضافة مستخلص قشور الرمان المجففة في قيم رقم البيروكسيد (PV) لزيت عباد الشمس المخزن عند 60°م.	68
18	تأثير عملية القلي في تطور قيم الحموضة الحرة ورقم البيروكسيد والنشاط المضاد للأكسدة لعينات زيت عباد الشمس المدعم بمستخلص قشور الرمان المجففة والمخزن عند 60°م.	73

فهرس الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1	مخطط البحث	49
2	تأثير عملية التجفيف في النشاط المضاد للأكسدة لقشور الرمان	52
3	تأثير عملية التجفيف في محتوى الفينولات الكلية لقشور الرمان	52
4	تأثير التخزين في المحتوى من الفينولات الكلية لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة	61
5	تأثير التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة	61

قائمة الاختصارات

PV	رقم البيروكسيد
RI	معامل الانكسار
FFA	أحماض دهنية حرة
TPC	الفينولات الكلية
TTC	التانينات الكلية
TFC	الفلافونيدات الكلية

الملخص

أُجري هذا البحث في قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة جامعة دمشق لتحديد الفعالية المضادة للأكسدة للمستخلص الإيتانولي والمائي لقشور الرمان المجففة والطازجة من خلال تقدير النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية ومن ثم أُضيف المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة إلى كل من زيت عباد الشمس بتركيز (100،300،500 ppm)، والكاب كيك (cup cake) بتركيز (5،10،15 %). بيّنت النتائج تفوق المستخلص الإيتانولي على المستخلص المائي لكل من القشور الطازجة والمجففة من حيث النشاط المضاد للأكسدة (83.95، 72.10) % والفينولات الكلية (13.60، 12.10) مغ/100 غ وزن جاف على التوالي. حُزّنت عينات الكاب كيك (cup cake) لمدة 10 أيام في البراد على درجة حرارة (4°م). قُدِّر النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية. أبدأت عينات الكاب كيك المدعمة بتركيزات مختلفة من المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة نشاطاً مضاداً للأكسدة عالياً ونسبة فينولات كبيرة مقارنةً مع عينة الشاهد، فبلغت في عينة الكاب كيك المدعمة ب(15%) من المستخلص (55.65%، 882.64 مغ/100 غ مادة جافة) أما في عينة الشاهد فكانت (17.66%، 85.70 مغ/100 غ مادة جافة) على التوالي. كما حافظ التركيز 15% على أعلى نشاط مضاد للأكسدة وأكبر نسبة فينولات كلية في نهاية مدة التخزين (53.37%، 860.01 مغ/100 غ مادة جافة) مقارنةً مع بقية التراكيز وعينة الشاهد. أدت إضافة المستخلص إلى انخفاض في مؤشر السطوع (L) ومؤشر اللون الأصفر (b) وزيادة في مؤشر اللون الأحمر (a) بزيادة مستوى الإضافة من المستخلص. حُزّنت عينات الزيت ضمن ظروف مسرّعة للأكسدة في الفرن على درجة حرارة (60°م)، ثم أُجريت ثلاث دورات قلي لدراسة مدى تطور الأكسدة. قُدِّر رقم البيروكسيد، والنسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة والنشاط المضاد للأكسدة%. في نهاية مدة التخزين لوحظ ارتفاع رقم البيروكسيد بشكل حاد في عينة الشاهد (108 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت) في حين كان لإضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة بتركيز (500 ppm) تأثير واضح بالحد من ارتفاعه (13.47 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت). كما ارتفعت النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة لعينة الشاهد (0.72% كحمض أوليك) في حين حافظت عينات الزيت المدعمة بتركيزات مختلفة من المستخلص على نسبة

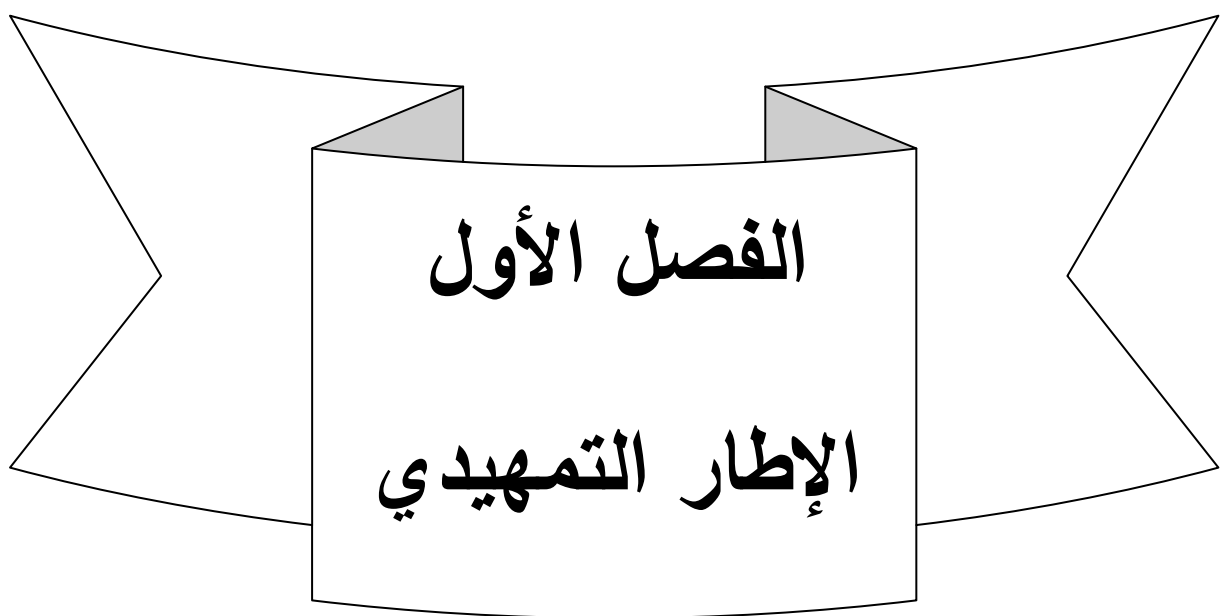
مئوية للأحماض الدهنية الحرة أقل من (0.30% كحمض أوليك). بلغ النشاط المضاد للأكسدة في عينة الزيت المدعمة بتركيز (500 ppm) من المستخلص (92.51%) لينخفض تدريجياً في نهاية مدة التخزين إلى (71.16%)، أما عينة الشاهد فانخفض فيها النشاط المضاد للأكسدة من (47.01%) إلى (19.85%). أدت عملية القلي إلى ارتفاع معنوي في قيمة رقم البيروكسيد والنسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة وانخفاض معنوي في النشاط المضاد للأكسدة % بدرجة أكثر وضوحاً في عينة الشاهد مقارنة ببقية العينات المدعمة بالمستخلص بتركيز مختلفة.

الكلمات المفتاحية:

قشور الرمان ، مسحوق قشور الرمان ، مستخلص ، الفينولات الكلية ، النشاط المضاد للأكسدة ، الكاب كيك ، زيت عباد الشمس ، التخزين.

بركات {تأثير إضافة مستخلصات قشور الرمان في تدعيم بعض المنتجات الغذائية وإطالة حفظها}

ر



1_ المقدمة:

يعد التركيب الكيميائي للأحماض الدهنية غير مستقر وخاصة عند تعرّضها لظروف تخزين سيئة مثل ارتفاع درجة الحرارة والهواء والضوء حيث تتعرض للأكسدة الكيميائية التي ينتج عنها الجذور الحرة ويترتب على ذلك خسائر في التصنيع الغذائي لما لهذه الجذور من آثار سلبية على الطعم والنكهة واللون والقيمة الغذائية ومن ثمّ التقصير من عمرها الافتراضي. لهذا تتطلب المنتجات الغذائية عامل حماية ضد الأكسدة والفساد الكيميائي خلال مدة تخزينها لتوفير ثباتية أفضل للدهون فيها ومن ثمّ إطالة حفظها.

في هذا الصدد، تم تقييم العديد من النباتات الطبية الطبيعية لأنشطتها المضادة للأكسدة وأظهرت نتائج البحوث أن المستخلصات الخام أو المكونات النقية من النباتات الطبية المختلفة كانت أكثر فعالية كمضادات للأكسدة في المختبر من بعض مضادات الأكسدة الاصطناعية، في الآونة الأخيرة، برز الاهتمام بالخصائص المضادة للأكسدة للمكونات الفينولية من ثمار الرمان، حيث استُخدم الرمان بجميع أجزاء الثمرة للأغراض الطبية منذ العصور القديمة.

إشكالية البحث:

نظراً لاستخدام مضادات الأكسدة الصناعية بشكل كبير في الحد من فساد المنتجات الغذائية المصنعة، وإطالة مدة حفظ هذه المنتجات، ونظراً للمخاطر المحتملة والتأثيرات السلبية للاستخدام التجاري الطويل لهذه المضادات في صحة الإنسان، فقد كان من الضروري اللجوء إلى استخدام مواد من مصادر طبيعية تساعد في إطالة مدة الحفظ وتؤمن منتجات صحية وآمنة بالنسبة للمستهلك.

تساؤلات البحث:

1. ما تأثير عملية تجفيف قشور الرمان في مكوناته الفعالة حيويًا؟
2. ما تأثير نوع المذيب المستخدم للحصول على المستخلص في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لقشور الرمان؟
3. ما النسبة المثلى لإضافة مستخلصات قشور الرمان في منتج الكاب كيك (cup cake)؟
4. ما النسبة المثلى الواجب إضافتها من مستخلصات قشور الرمان في زيت عباد الشمس؟
5. هل من المجدي استخدام مستخلصات قشور الرمان بدلاً من مسحوق قشور الرمان لتدعيم منتجات المخابز؟

6. ما تأثير إضافة مستخلصات قشور الرمان في خصائص جودة منتج الكاب كيك (cup cake)؟

7. ما تأثير إضافة مستخلصات قشور الرمان في إطالة مدة استقرار زيت عباد الشمس خلال التخزين؟

أهداف البحث:

1. تقدير الفينولات الكلية والفعالية المضادة للأكسدة للمستخلصات الكحولية والمائية لقشور الرمان الجافة والطازجة.
2. تدعيم بعض المنتجات الغذائية (زيت عباد الشمس، cupcake) بمستخلصات قشور الرمان بنسب مختلفة.
3. دراسة أثر مستخلصات قشور الرمان في الحد من تطور الأكسدة وإطالة حفظ المنتجات المذكورة.
4. تتبع أثر إضافة مستخلصات قشور الرمان على الخصائص الحسية لمنتج الـ cupcake.

أهمية البحث:

نظراً لوجود كميات كبيرة من مخلفات ثمار الرمان (قشور الرمان) الناتجة عن عمليات تصنيع منتجات الرمان المختلفة (دبس الرمان، عصير الرمان) ولغناها بمضادات الأكسدة الطبيعية والمركبات الفعالة حيويًا والمضادات الميكروبية، وبسبب الخطر الناتج عن استخدام مضادات الأكسدة الصناعية وآثارها التراكمية في جسم الإنسان على المدى الطويل فقد كان من الضروري الاستغناء عنها واستبدالها بمواد فعالة من مصادر طبيعية (قشور الرمان).

مسوغات البحث:

1. المخاطر المحتملة الناتجة عن استخدام مضادات الأكسدة الاصطناعية وضرورة استبدالها بمواد طبيعية آمنة.
2. غنى قشور الرمان بمضادات الأكسدة الطبيعية والمواد الفعالة بيولوجياً.
3. فعالية قشور الرمان كمضادات ميكروبية طبيعية في المنتجات الغذائية المختلفة.
4. مساهمة مستخلصات قشور الرمان في إطالة مدة حفظ المنتجات الغذائية وزيادة زمن استقرار الدهون وتحسين جودة المنتجات خلال مدة التخزين.



2- الدراسة المرجعية:

1-2- نبذة تاريخية عن نبات الرمان *Punica granatum L*:

من نباتات العائلة الرمانية التي عرفت منذ عهد قدماء المصريين وهي قديمة العهد جداً في مصر، وعرفه القدماء باسم أرهماني ومنها اشتق الاسم القبطي أرمين أو رمن الذي اشتق منه الاسم العبري رمون والعربي رمان. زرع الرمان منذ العصور القديمة لثمارها الصالحة للأكل وأزهارها الكبيرة المستعملة في الزينة، وكان يعرف في قديم الزمان من قبل الشعوب المصرية، الفينيقية، والرومانية واليونانية (Ahmad and Beg.,2005). ينتمي الرمان إلى العائلة الرمانية *punicaceae* والجنس *punica* وهو الوحيد في العائلة ويضم نوعين نباتيين الأول *punica granatum* والثاني هو *punica protopunica* (الشاوش وآخرون، 2005).

2-2- التركيب الكيميائي لنبات الرمان *Punica granatum L*:

بشكل عام يتרכب الرمان بحسب (FAO, 1982) من 78% ماء و 19.7% كربوهيدرات و 1.6% بروتين خام و 0.7% معادن. الرمان مصدر معروف للمواد الغذائية القيمة، إذ يحتوي على التانينات، والفلافونيدات، والأنثوسيانينات والأحماض الفينولية والعضوية، وهي مركبات تمت دراستها وترتبط بفوائد صحية عديدة ضد الأمراض. بالإضافة إلى ذلك، يتميز الرمان بقيمة رقم pH منخفضة (عادة أقل من 4)، وحموضة عالية نسبياً (حتى 20 غ من حمض الستريك / لتر من العصير)، ويتراوح محتوى السكر / الفركتوز والغلوكوز بشكل رئيس/ من (70 - 180 غ / لتر). يعتمد التركيب الدقيق للرمان على العديد من العوامل، مثل الصنف وحالة التربة والمناخ ومرحلة النضج وتقنيات الزراعة وظروف المعالجة وظروف التخزين (Nuncio Jáuregui et al.,2015).

الجزء الصالح للأكل من الفاكهة لا يقل عن 50% من الفاكهة (40% عصير و 10% بذور) والباقي قشور غير صالحة للأكل. القشور مصدر للفينولات والمعادن والسكريات المعقدة، في حين أن العصير، بصرف

النظر عن الماء (85%)، يحتوي على السكريات، والبكتين، والأحماض العضوية، والفينولات والفلافونويدات / بشكل أساسي الأنثوسيانين/. تحتوي البذور على البروتينات والألياف الخام والفيتامينات والمعادن والبكتين والسكريات ويشكل الزيت المشتق منها (12-20%) ويتميز باحتوائه على نسبة عالية من الأحماض الدهنية متعددة عدم الإشباع مثل حمض الأوليك واللينولينيك واللينوليك (Viuda-Martos et al,2010).

تحتوي عائلة التانينات القابلة للتحلل بالماء على نوعين من المركبات (الإيلاجيتانين والغالوتانينات) والتي تتحلل بدورها إلى حمض الإيلاجيك وحمض الغاليك على التوالي. من ناحية الإيلاجيتانين يوجد في الغالب في القشرة والبذور والزهور واللحاء، في حين توجد الغالوتانينات غالباً في الأوراق. وتعد تانينات الإيلاجيتانين من أهم مضادات الأكسدة في عصير الرمان (Turrini et al.,2015). يؤدي الأنثوسيانين دوراً رئيساً في الرمان كغذاء وظيفي . وتنتمي هذه الأصباغ النباتية القابلة للذوبان في الماء إلى عائلة مركبات الفلافونيدات وهي مسؤولة عن لون ثمرة الرمان وعصيرها. وقد درست هذه الأنثوسيانينات بدقة لتأثيراتها العديدة في الصحة، مثل خصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للالتهابات، وهذا يعني أنها تستطيع أن تسهم في الوقاية من أمراض عديدة (Williamson,2017). توجد مركبات الفلافونيدات بما في ذلك الفلافونول والأنثوسيانين والأحماض الفينولية بشكل رئيس في قشر وعصير الرمان.

حددت المركبات الفينولية الرئيسية في عصير الرمان وهي الأنثوسيانين، في حين أن المركبات الفينولية الرئيسية الموجودة في البذور والقشور هي التانينات (Bonesi et al.,2019). كما لوحظ أن قشر الرمان لديه قدرة مضادة للأكسدة أعلى من بذور الرمان (Akhtar et al.,2015)، وهذا يجعله مصدراً قوياً للمركبات النشطة بيولوجياً. وهذا يتوافق مع الدراسات الأخرى التي أشارت إلى أن قشر الرمان يحتوي على تركيز أعلى من المركبات الفينولية بالمقارنة مع عصير الرمان (Russo et al.,2018).

يبين الجدول (1) التركيب الكيميائي لمستخلصات أجزاء مختلفة من ثمرة الرمان على أساس الوزن

الجاف.

جدول(1): التركيب الكيميائي لمستخلصات أجزاء مختلفة من ثمرة الرمان

مستخلص بذور الرمان	مستخلص قشور الرمان	مستخلص عصير الرمان	
%1.4	%13	%0.36	فينولات كلية
%0.6	%2	%0.6	أحماض عضوية
%2.5	%2	%0.5	رماد

(Aviram et al.,2008)

2-2-1. التركيب الكيميائي لقشور الرمان:

يمثل قشر الرمان حوالي 49-55% من وزن الثمرة، وذلك اعتماداً على الصنف (Mphahlele et al.,2016) تحتوي القشور على العديد من الفيتامينات والمعادن والأحماض العضوية والألياف الغذائية والمركبات الفينولية وقد اكتشف ما يقارب من 48 مركباً فينولياً مثل الفلافونويد والذي يشمل الأنثوسيانين والفلافونول، بالإضافة إلى التانينات والتي تتضمن الإيلاجيتانين والغالوتانين (Fawole et al.,2012). من المثير للاهتمام أن المركبات الفينولية المذكورة وخاصة التانينات تكون أعلى في الغالب في قشر الرمان مقارنة بأجزاء أخرى من ثمار الرمان. كما يتركز ما يقارب من 30% من جميع محتويات الفاكهة من الأنثوسيانين في قشر الفاكهة (Akhtar et al.,2015). يبين الجدول (2) متوسط قيم الفينولات، والفلافونيدات، والأنثوسيانينات والتانينات الكلية في المستخلص الميثانولي لقشور الرمان على أساس الوزن الجاف. تعتمد تراكيز هذه المركبات وخصائصها البيولوجية القوية على الصنف، ومرحلة نمو الثمرة، والظروف البيئية وطريقة المعالجة المستخدمة لاستعادة المركبات الفينولية (Mphahlele et al.,2016).

جدول(2): متوسط قيم الفينولات، والفلافونيدات، والأنثوسيانينات والثانينات الكلية في المستخلص الميتانولي لقشور الرمان مقدرة (مغ/غ) على أساس الوزن الجاف

المستخلص الميتانولي لقشور الرمان	الفينولات الكلية	الفلافونيدات الكلية	الأنثوسيانينات الكلية	الثانينات الكلية
85.60	51.52	102.20	139.63	

(Elfalleh et al.,2012)

❖ الأحماض العضوية والسكريات الكلية:

الأحماض العضوية وكذلك السكريات الكلية، مطلوبة بشدة في جميع أنحاء العالم ونتيجة لذلك يتم إنتاجها بكميات كبيرة، وتستخدم في صناعات الأغذية والمشروبات كنكهات في العديد من المنتجات، ولها تطبيقات كمادة حافظة في الصناعة الطبية إذ تمنع الأحماض العضوية نمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الأمر الذي يؤدي لإطالة العمر الافتراضي للمنتجات (Morgunov et al.,2017). هناك العديد من الأحماض العضوية الموجودة في قشر الفاكهة (مثل حمض الستريك، حمض الخل، حمض الغلوكونيك، حمض اللبنيك، حمض الأسكوربيك، أحماض الفيوماريك، حمض المالك، حمض الأوكزاليك وحمض الطرطريك) ويتم دراستها حالياً من قبل مختلف الباحثين، إلى جانب طرق تحسين الاستخراج في أثناء المعالجة وهذا يدل على وجود بديل اقتصادي وطريقة صديقة للبيئة لحل مشكلة إدارة مخلفات قشر الفاكهة (Kareem et al.,2010).

يمثل قشر الرمان مصدراً غنياً للأحماض العضوية والسكريات الكلية، والتي يزداد الطلب عليها في الصناعات الصحية والغذائية في جميع أنحاء العالم. يوفر الإنتاج البيولوجي لهذه المواد القيمة من مخلفات قشر الرمان فرصاً لإنتاج منتجات عالية الجودة وغير سامة وبأسعار معتدلة تعود بالنفع على كل من المستهلك والصناعة. إلا أن طرائق معالجة القشور للحصول على منتجات الرمان عالية الجودة والغنية بالكيمياء النباتية والأمانة تظل الهدف الأول لهذه الصناعة (Holland et al.,2009).

على سبيل المثال درس (Dafny-Yalin et al.,2010) مستويات الأحماض العضوية في 29 صنفاً من الرمان وذكر أن حمض الستريك كان الحمض العضوي الرئيس الموجود في قشور جميع الأصناف. واكتشفت

العديد من الأحماض العضوية الأخرى في قشور الرمان، بما في ذلك حمض المالك وحمض الأوكزاليك. في حين كان الغلوكوز والفركتوز السكريات الرئيسة الموجودة، واختلفت هذه السكريات بشكل كبير بين أصناف الرمان المدروسة، فبلغت 0.9 غ/100 غ في الصنف (PG211) و 4.8 غ/100 غ في الصنف (PG214) بالنسبة لسكر الغلوكوز، كما بلغت 0.5 غ/100 غ في الصنف (PG211) و 6.6 غ/100 غ في الصنف (PG214) بالنسبة لسكر الفركتوز. بالإضافة إلى ذلك، اكتشف المالتوز أيضاً بنسب تتراوح بين 0.8 مغ/100 غ في الصنف (PG217) و 48.9 مغ/100 غ في الصنف (PG212)، واكتشف السكروز بكميات صغيرة جداً.

قام (Pande and Akon.,2009) بدراسة ستة أصناف من الرمان من حيث الأحماض العضوية ونسبة تواجدها في أجزاء مختلفة من الثمرة، وهي (R19، R26، CvgEve، North، Crab، Cranberry)، ووجدت نسبة عالية من الأحماض العضوية في القشور مقارنة بالأوراق والبذور، كما وجد أن حمض الستريك يليه حمض المالك هي الأحماض العضوية السائدة في القشور، فبلغت نسبة حمض الستريك في الصنف (R19) 507.0 مغ/100 غ على أساس الوزن الرطب وفي الصنف (North) 1678.2 مغ/100 غ، وبلغت نسبة حمض المالك 93.0 مغ/100 غ في الصنف (R19) إلى 116.5 مغ/100 غ في الصنف (North). وقد ترجع هذه الاختلافات إلى عدة أسباب مثل الظروف المناخية الزراعية، وتباينات الأصناف، والأسمدة، والري، ونضج الثمار، والتخزين ومعالجات ما بعد الحصاد. وكلها تؤثر في خصائص جودة الفاكهة. ويبين الجدول (3) محتوى مسحوق قشور الرمان من بعض الأحماض العضوية على أساس الوزن الجاف.

جدول (3): محتوى مسحوق قشور الرمان من بعض الأحماض العضوية مقدرة (مغ/100 غ) على أساس الوزن الجاف

المركبات الفينولية	حمض الإيلاجيك	الكاتشين	حمض الغاليك	حمض البنزويك
مسحوق قشور الرمان	44.19	868.40	125.80	9.02

(Rowayshed et al.,2013)

❖ الفيتامينات والمعادن:

قشور الفاكهة هي مصادر غنية بالفيتامينات والمعادن ويمكن استخدامها كغذاء وعلف وفي العديد من المكونات الغذائية بعد المعالجة المناسبة. أظهرت العديد من الدراسات التي أجريت على قشور الفاكهة أن هذه المخلفات تحتوي الكثير من المركبات الفعالة بيولوجياً والتي تعمل كمضادات للأكسدة ومضادات للنشاط الميكروبي (Opara et al., 2009). الفيتامينات والمعادن هي فئة من العناصر الغذائية الأساسية في الجسم والمطلوبة لصحة الإنسان والتي قد يمنع استهلاكها العديد من أوجه القصور التي يمكن أن تؤدي إلى اضطرابات صحية مختلفة. تنقسم المعادن إلى العناصر الكبرى والعناصر الصغرى، العناصر الكبرى مطلوبة بكميات كبيرة حوالي 100 مغ يومياً وتشكل 1% من وزن الجسم، في حين أن العناصر الصغرى مطلوبة بكميات صغيرة في الجسم وتشكل 0.01 % من وزن الجسم (Soetan et al., 2010). بعد المعالجة المناسبة، يمكن أن تنتج مخلفات القشور كميات كبيرة من الفيتامينات والمعادن الضرورية لجسم الإنسان، ويمكن أيضاً استخدامها في الصناعات الغذائية والصيدلانية والتجميلية والغذائية. يمكن استخدام قشور الرمان كعنصر في جميع الصناعات المذكورة أعلاه لأنه يحتوي على كميات عالية من العناصر الغذائية الأساسية (Al-Said et al., 2009).

درس Fawole وزملاؤه (2012) محتوى قشور الرمان من المعادن الرئيسة وذلك في قشور سبعة أصناف من الرمان وهي (Arakta، Bhagwa، Ganesh، Herskawitz، Ruby، Molla de Elche، Wonderful) وسلطوا الضوء على الاختلافات المهمة بين قشور الأصناف المختلفة فيما يتعلق بمحتواها المعدني، حيث احتوى صنف Bhagwa على أعلى محتوى من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلور عند 351.50 و 33.03 و 554.0 و 19.43 و 122.96 مغ / كغ على التوالي. الأصناف الأخرى، وهي Ruby و Arakta و Wonderful، احتوت على أعلى مستويات للكالسيوم 60.65 مغ / كغ والمغنيزيوم 26.4 مغ / كغ والصوديوم 117.40 مغ / كغ.

درس Kushwaha وزملاؤه (2013) التركيب الكيميائي لمسحوق قشر الرمان الطازج صنف (Bhagwa) وأشار إلى أن مسحوق القشر الطازج يحتوي على نسبة أعلى من فيتامين A عند 14.06 مغ/كغ، ويحتوي هذا المسحوق أيضاً على معادن مثل النحاس، والحديد، والبوتاسيوم والصوديوم بنسبة 6.2، 22.6، 637.4، 163.66 مغ / كغ على التوالي. يبين الجدول (4) والجدول (5) محتوى مسحوق قشور الرمان من المعادن ومن الفيتامينات على أساس الوزن الجاف.

جدول (4): محتوى مسحوق قشور الرمان من المعادن مقدرة (مغ/100غ) على أساس الوزن الجاف

المعادن	Ca	K	Na	P	Fe	Zn	Mn	Cu	Se
مسحوق قشور الرمان	338.50	146.40	66.43	117.90	5.93	1.01	0.80	0.60	1.03

(Rowayshed et al.,2013)

جدول (5): محتوى مسحوق قشور الرمان من الفيتامينات مقدرة (مغ/100غ) على أساس الوزن الجاف

الفيتامينات	B1 (Thiamine)	B2 (Riboflavin)	C (L-Ascorbic acid)	E (α -Tochoferol)	A (Retinol)
مسحوق قشور الرمان	0.123	0.07	12.90	3.99	0.164

(Rowayshed et al.,2013)

2-3- الفوائد الصحية لنبات الرمان *Punica granatum L*:

تؤدي الفاكهة بشكل عام دوراً رئيساً في الحفاظ على نظام غذائي متوازن. وهي توفر الكثير من العناصر الغذائية والمركبات النشطة بيولوجياً التي تعزز الصحة. وعلى مدى العقود القليلة الماضية، كانت هناك عدة دراسات تشير إلى أهمية استهلاك الفاكهة في الوقاية من المخاطر المرتبطة بالصحة، وكذلك حملات لإدراج الفاكهة في وجبات الأطفال الغذائية. وأجرت دراسات عدة على الجسم الحي وفي المختبر للبحث عن الفوائد الصحية المحتملة، بالإضافة إلى القيمة الغذائية للرمان ومكوناته. وأدت النتائج المشجعة لهذه الدراسات

إلى زيادة الاهتمام بهذه الفاكهة على مدى السنوات القليلة الماضية، وأظهرت هذه الدراسات عدداً من الخصائص المتعلقة بالصحة (Syed et al.,2007).

2-3-1. النشاط المضاد للميكروبات:

إحدى أهم الوظائف المتعلقة بالصحة للرمان ومشتقاته هي تأثيرها في الكائنات الحية الدقيقة في الأمعاء واستخدامها المحتمل كمضاد للميكروبات. يتم تحليل الإيلاجيتانين /النوع الأكثر تواجداً من مجموعات البولي فينول في الرمان/ إلى حمض الإيلاجيك في الأمعاء لتستهلكها البكتيريا النافعة وهذا يوضح سلوك نبات الرمان كـ بريبايوتيك (Finegold et al.,2014). في دراسة مخبرية أجريت على بكتيريا معزولة من عينة براز، وُجد أن المنتجات الثانوية من الرمان عززت نمو البكتيريا النافعة (*Bifidobacterium spp* و *Lactobacillus spp*). في دراسة مماثلة، استخدم عصير الرمان ومستخلصاته في مزارع البكتيريا المعزولة من عينات براز مختلفة، وقد أثبتت فعاليتها في تعزيز نمو بكتيريا *Bifidobacteria* و *Lactobacilli* مع تثبيطها في الوقت نفسه نمو مجموعة (*Bacteroides fragilis* و *Clostridia* و *Enterobacteriaceae*) (Li et al.,2015). كما بين Bialonska وزملاؤه (2009) أن المنتجات الثانوية للرمان منعت نمو البكتيريا المسببة للأمراض (*Clostridia* و *Staphylococcus aureus*) في أمعاء الإنسان.

2-3-2. تأثير مضاد للسرطان:

تم تقييم مستخلصات الرمان من حيث نشاطها المضاد للسرطان ضد العديد من أنواع السرطان. وبشكل أكثر تحديداً، ثبت أن مستخلصات الرمان تثبط عملية نسخ المعلومات الوراثية في نموذج سرطان البروستات وسرطان الكلى (Rettig et al.,2008). لذا أمكن استخدام مستخلصات الرمان كمساعدات غذائية للمرضى الذين يعانون من أورام كلوية صغيرة موضعية وهذا قد يؤدي إلى تجنب استئصال الكلية (An et al.,2015). وأظهرت مستخلصات قشر الرمان تأثيراً مثبطاً لنمو الخلايا السرطانية في الغدة الدرقية (Deng et al.,2017)، تؤكد هذه الدراسات على ارتباط الرمان ومنتجاته بالوقاية من الأورام الخبيثة.

2-3-3. السمنة ومرض السكري ومرض الزهايمر وهشاشة العظام وصحة الأسنان:

في السنوات الأخيرة، أصبحت السمنة مشكلة صحية عالمية، وركزت العديد من الدراسات عليها. وُجد لعصير الرمان وبعض مكونات قشوره، مثل حمض الإيلاجيك وبونيكالاجين، القدرة على تثبيط أوكسيديز الأمين، α -غلوكوزيداز، الليباز، وتراكم الدهون الثلاثية، والجليات المرتبطة بتكوين الشحوم، وكذلك تقليل تكوين الدهون وتحلل الدهون في الفئران والخلايا الدهنية البشرية. وأظهرت هذه النتائج الإمكانيات الكبيرة لعصير الرمان وقشوره في استخدامه كغذاء وظيفي للوقاية من الأمراض المرتبطة بالسمنة والسكري (Les et al.,2017).

بالإضافة إلى ذلك، فقد ثبت أن مستخلص عصير الرمان والإيلاجيتانين يثبطان نشاط الغلوكوزيداز ويقللان من قابلية هضم النشاء في الأمعاء، وهذا يؤكد الإمكانيات الكبيرة لعصير الرمان في تحسين نسبة ارتفاع السكر في الدم بعد الأكل، والذي يرتبط بمرض السكري من النوع الثاني (Bellesia et al.,2015).

اقتُرحت العديد من الدراسات استخدام الرمان، وخاصة مشتقاته مثل بونيكالاجين، كإستراتيجية غذائية محتملة في إبطاء تطور الاضطرابات العصبية التنكسية مثل مرض الزهايمر (Velagapudi et al.,2016). إذ يمنع بونيكالاجين ضعف الذاكرة الناجم عن عديدات السكاريد الدهنية عن طريق آليات مضادة للالتهابات ومضادة للأميلوجينيك (Kim et al.,2017).

تعمل مستخلصات الرمان (قشورها وعصيرها) على تحفيز تمايز العظام، لذلك قد يكون عصير الرمان أو مستخلصاته مفيداً كعوامل لعلاج هشاشة العظام. بالإضافة إلى ذلك، قد يفيد الاستهلاك المنتظم للرمان في بناء وترميم أنسجة الهيكل العظمي (Kim and choi.,2009).

كما اقترح استهلاك الرمان للحفاظ على صحة الأسنان، إذ تعد *Streptococcus mutans* إحدى الكائنات الحية الدقيقة الرئيسية المسببة لآفات السنية، وهي قادرة على إنتاج الأحماض والسكريات القابلة للذوبان. وأظهرت دراسة مخبرية أن مستخلصات قشر الرمان قادرة على تثبيط نمو هذه البكتيريا المسببة لتسوس الأسنان بتركيزات عالية (تصل إلى 12.5 - 25.0 مغ / مل). ومع ذلك، فإن هذه التركيزات يصعب الحفاظ عليها في

تجفيف الفم بسبب التدفق المستمر للعاب. في التراكيز المنخفضة ثبت أن هذه المستخلصات تمنع تكوين الأغشية الحيوية وإنتاج السكريات خارج الخلية بواسطة *S. mutans*، وهذا يدل على قدرة هذه المستخلصات على منع تسوس الأسنان (Gulube et al.,2016).

2-4- تطبيقات نبات الرمان في الصناعات الغذائية:

يعد الرمان، كما ذكر أعلاه، فاكهة لها عدد من الخصائص المفيدة التي تؤثر بشكل أساسي في الصحة. بالإضافة إلى ذلك، فإن كثيراً من خصائصه الحسية مثل اللون والرائحة، تحظى باهتمام كبير في صناعة الأغذية ويمكن الاستفادة منها بعدة طرائق. درس العديد من الباحثين تأثير إضافة قشور الرمان في خواص بعض المنتجات الغذائية مثل: منتجات الألبان، وأغشية تغليف المواد الغذائية، ومنتجات اللحوم والأسماك ومنتجات الحبوب والمكسرات.

2-4-1. تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الألبان:

دُعِمَت منتجات الألبان بمستخلصات قشور الرمان لإضافة الخصائص المفيدة لـ الرمان لهذه المنتجات. ويستخدم هذا المستخلص بشكل أساسي لزيادة نشاط مضادات الأكسدة في المنتجات، بالإضافة إلى إطالة مدة تخزينها (Chan et al.,2018). بالإضافة إلى ذلك، فقد تم استخدامه في إنتاج الجبن وقد أدى إلى تحسين الاستقرار التأكسدي للدهون وتحسين جودة التخزين (Mahajan et al.,2015). ومع ذلك، فإن الإضافة من هذا المستخلص قد تؤدي إلى تغييرات سلبية في الخصائص الحسية للمنتجات وهذا يعود للطعم المر القابض لهذه المستخلصات (Sandhya et al.,2018). بشكل عام يمكن استخدام مستخلص قشر الرمان كمادة حافظة طبيعية واعدة في منتجات الألبان المخمرة، على الرغم من أنه يجب استخدامها بتركيز منخفضة من أجل تجنب التأثير السلبي على الصفات الحسية. يبين الجدول (6) تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الألبان.

جدول (6): تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الألبان

الجزء المستخدم	المنتج	التأثير	المرجع
مستخلص قشور الرمان	الجبنه	تحسين الاستقرار التأكسدي للدهون، تحسين جودة التخزين	(Mahajan et al.,2015)
مستخلص قشور الرمان	الحليب المخمر	زيادة الفينولات الكلية، زيادة النشاط المضاد للأكسدة	(Chan et al.,2018)
مستخلص قشور الرمان	الجبنه	زيادة النشاط المضاد للأكسدة، إطالة حفظ وتحسين العمر الافتراضي	(Sandhya et al.,2018)

2-4-2. تأثير إضافة قشور الرمان في الأغشية المستخدمة في تغليف المواد الغذائية:

في الوقت الحاضر، ازداد الاهتمام بتطوير مواد تغليف أغذية جديدة وخاصة مواد التعبئة والتغليف الصالحة للأكل، واستخدمت قشور الرمان في تطوير مثل هذه المنتجات بسبب محتواها العالي من المركبات الفينولية وخصائصها المضادة للأكسدة. وطورت عدة أنواع من الأغشية والأغلفة من خلال دمج مستخلصات قشور الرمان فيها.

تم إنتاج غشاء قائم على بروتين الذرة مع إضافة مستخلصات قشور الرمان بتركيز يصل إلى 75 مغ/مل من الغشاء (Mushtaq et al., 2018). أدت إضافة مستخلصات قشور الرمان إلى زيادة مقاومة الشد والاستطالة وزيادة المحتوى الفينولي الكلي والنشاط المضاد للأكسدة، بالإضافة لانخفاض قابلية الذوبان الغشائي ومعدل انتقال بخار الماء مع الحفاظ على سماكة ثابتة للغشاء. وقد ثبت أن هذا الغشاء له نشاط مثبط ضد العديد من البكتيريا المسببة للأمراض وقد استخدم لتعبئة الجبن، الأمر الذي أسهم في تثبيط نمو الكائنات الحية الدقيقة المسببة للفساد دون أن تؤثر في نمو بكتيريا حمض اللاكتيك. بالإضافة إلى ذلك، وُجد أن الجبن

المغلف بغشاء بروتين الذرة المدعم بمستخلص قشور الرمان انخفض فيه معدل تلف البروتين وأكسدة الدهون في أثناء التخزين مقارنة بالجبن المغلف بغشاء بروتين الذرة بدون مستخلصات قشر الرمان.

الكيوتوزان هو منتج مشتق من الكيتين، ونظراً لقابليته للتحلل البيولوجي ونشاطه المضاد للميكروبات وعدم سميته، فهو يعد مادة واعدة وصديقة للبيئة لأغراض مختلفة، بما في ذلك أنظمة التغليف الغذائي. أثبتت مستخلصات قشور الرمان قدرتها على تحسين الخصائص الوظيفية للأغذية القائمة على الكيوتوزان من خلال تعزيز الخصائص المرغوبة لتطبيقها المحتمل كأغذية غذائية (Bertolo et al., 2020). استُخدمت الأغذية القائمة على الكيوتوزان مع مستخلصات قشور الرمان في عديد من المنتجات، مثل: الجمبري الأبيض (Yuan et al., 2016)، والفراولة (Duran et al., 2016) وبينت جميع الدراسات تحسناً في الخصائص الحسية للمنتج النهائي، بالإضافة لإطالة مدة الحفظ وتحسين العمر الافتراضي لهذه المنتجات. كما تم تطوير أغذية صالحة للأكل تعتمد على الكيوتوزان مع مستخلص قشر الرمان للسيطرة على نمو فطر البنسليوم *Penicillium digitatum* في ثمار البرتقال بعد الحصاد (Kharchoufi et al., 2018). وأظهرت النتائج أن إضافة مستخلص قشر الرمان قلّل من إصابة البرتقال بالمرض بنسبة تصل إلى 49%.

كما استخدم مسحوق قشر الرمان لتحضير أغذية صالحة للأكل تعتمد على النشاء، واستخدم المسحوق كمضاد للميكروبات. قام الغشاء الجديد بتنشيط كل من المكورات العنقودية الذهبية والسالمونيلا، كما أنّ إضافة مسحوق قشر الرمان إلى غشاء النشاء أظهر أيضاً خصائص ميكانيكية أفضل من خلال تعزيز المرونة ومقاومة الشد (Ali et al., 2019). يبين الجدول (7) تأثير إضافة قشور الرمان في الأغذية المستخدمة في تغليف المواد الغذائية.

جدول (7): تأثير إضافة قشور الرمان في الأغذية المستخدمة في تغليف المواد الغذائية

الجزء المستخدم	المنتج	التأثير	المرجع
مستخلص قشور الرمان	غشاء بروتين الذرة (جبن)	تحسين قوة الشد، زيادة نشاط مضادات الأكسدة ومضادات الميكروبات	Mushtaq et al., (2018)
مستخلص قشور الرمان	غشاء الكيتوزان	تحسين الخصائص الوظيفية للغشاء، تحسين الخصائص الحسية والعمر الافتراضي للأغذية	(Duran et al.,2016) (Bertolo et al.,2020)
مسحوق قشور الرمان	الأغشية القائمة على النشاء	خصائص ميكانيكية أفضل، نشاط مضاد للميكروبات	(Ali et al.,2019)
مستخلص قشور الرمان	غشاء الكيتوزان (البرتقال)	تنشيط فطر البنسليوم <i>Penicillium digitatum</i> ، تحسين العمر الافتراضي	(Kharchoufi et al.,2018)

3-4-2. تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات اللحوم والأسماك:

منتجات اللحوم معرضة بشدة للتغيرات غير المرغوب فيها في أثناء المعالجة والتخزين، الأمر الذي يؤدي إلى تغيرات كبيرة في النكهة وفقدان اللون وتلف بنية البروتين، وكل ذلك يؤثر على الخصائص الحسية وقبول المستهلك (Fernández et al.,1997). كل هذه التغيرات غير المرغوب بها ناتجة بسبب رئيس عن ثلاثة مسارات كيميائية حيوية مختلفة (أكسدة الدهون وتحلل البروتين والتلوث الجرثومي) والتي تكون أكثر وضوحاً في اللحوم المفرومة (Lund et al.,2011). لذلك، تم تقييم الرمان كمادة مضافة في منتجات اللحوم للحد من تطور هذه التغيرات (Smaoui et al.,2019).

تم تقييم مسحوق قشر الرمان الذي يحتوي على نسبة عالية من الفينولات ومضادات الأكسدة، على أنها مضادات أكسدة وعوامل مضادة للميكروبات (بتركيز يصل إلى 1.5%) في كرات اللحم خلال التخزين عند درجة

حرارة (4°م) لمدة تصل إلى 10 أيام. أظهرت النتائج أن عينات اللحم المعاملة بمسحوق قشور الرمان كانت أكثر فاعلية في تأخير أكسدة الدهون وتحسين الجودة الميكروبية وخصائص طهي كرات اللحم مقارنة بالعينات المعاملة بهيدروكسي بوتيل تولوين (BHT) 0.01% علاوة على ذلك، كانت هذه العينات أكثر قبولاً من الناحية الحسية (Morsy et al.,2018).

يمكن استخدام مستخلصات قشر الرمان كمضاد طبيعي للأكسدة وعوامل مضادة للبكتيريا في منتجات الأسماك. على سبيل المثال: نفع سمك الروبيان في المستخلص الميثانولي لقشور الرمان ولمدة 15 دقيقة يؤدي إلى إعاقة نمو الميكروبات وتأخير أكسدة الدهون لمدة تصل إلى ستة أيام من التخزين المبرد (Basiri et al.,2015). وفي دراسة أخرى، أظهرت فطائر السمك المضاف إليها مستخلصات قشور الرمان انخفاضاً في أكسدة الدهون، ونتيجة لذلك كان لها عمر تخزين طويل لمدة 11 يوماً من التخزين في ظل ظروف عرض البيع بالتجزئة (Martínez et al.,2019). يبين الجدول (8) تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات اللحوم والأسماك.

جدول (8): تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات اللحوم والأسماك

الجزء المستخدم	المنتج	التأثير	المرجع
مسحوق قشر الرمان	الكفتة (كرات اللحم)	زيادة نشاط مضادات الأكسدة، تقليل أكسدة الدهون والبروتينات، تحسين الجودة الميكروبية	(Morsy et al.,2018)
مسحوق قشر الرمان	سجق لحم	تحسين معايير الجودة، تحسين خصائص الطبخ	(El-Nashi et al.,2015)
مستخلص قشور الرمان	سمك الروبيان	تقليل أكسدة الدهون، تقليل نمو الجراثيم	(Basiri et al.,2015)
مستخلص قشور الرمان	فطائر السمك	إطالة حفظ وتحسين العمر الافتراضي	(Martínez et al.,2019)

2-4-4. تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الحبوب والمكسرات:

تم خلط مستخلصات قشور الرمان مع عجينة البندق من أجل إطالة الحفظ وتحسين العمر الافتراضي للمنتج من خلال تثبيط أكسدة الدهون (Kaderides et al., 2015) ولوحظت زيادة واضحة في تثبيط أكسدة الدهون مع انخفاض تكوين البيروكسيدات. في دراسة مماثلة، تم تقييم كفاءة مستخلص قشور الرمان في تحسين المحتوى الفينولي الكلي والنشاط المضاد للأكسدة وإطالة العمر الافتراضي لزيت عباد الشمس والكاب كيك (cup cake) في أثناء التخزين (Kaderides et al., 2020)، وذلك باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu وطريقة DPPH وتحديد قيم البيروكسيد (PV). تم تدعيم الكاب كيك بالمستخلص بتركيز 5000 ppm، في حين دُعِم زيت عباد الشمس بتركيز 500 و 1000 ppm. تم تخزين عينات الكاب كيك عند حرارة 25° م لمدة 21 يوماً، وحرُن زيت عباد الشمس ضمن ظروف مسرّعة للأكسدة ضمن الفرن عند حرارة 60° م لمدة 26 يوماً. وفقاً للنتائج، أدى التدعيم بالمستخلص إلى تحسين القيمة الغذائية للمنتجات وتعزيز استقرار تخزينها. لوحظ في الكاب كيك أن كمية كبيرة من المركبات الفينولية تتحلل في أثناء الخبز، في حين لوحظ انخفاض رقم البيروكسيد في جميع أوقات التخزين، لذلك كانت هذه المنتجات مستقرة للغاية من حيث الأكسدة، وقد تم تفضيلها من قبل أعضاء اللجنة بالنسبة للونها ورائحتها خلال التقييم الحسي بالمقارنة مع عينات الشاهد غير المدعمة بالمستخلص. كما احتوت جميع عينات زيت عباد الشمس المحتوية على المستخلص قيم رقم بيروكسيد أقل من عينة الشاهد.

هدفت الدراسة التي قام بها (Ismail et al., 2016) إلى تقييم مستخلص قشور الرمان بعد إضافته إلى المنتجات المخبوزة لتعزيز ثباتية الدهون ومنع التلف الميكروبيولوجي. تمت إضافة مستخلصات قشور الرمان بنسبة 0.25 و 1% لعجينة البسكويت. لوحظ ارتباط إيجابي لإضافة المستخلص مع تقليل نسبة الأكسدة، كما وجد أن عينات البسكويت التي تحتوي على المستخلص بتركيز أعلى كانت أكثر كفاءة في تقليل نمو كل من البكتيريا والخمائر والفطور.

يعد تكوين الدهون في حليب الماعز من أهم المكونات الغذائية والتكنولوجية لحليب الماعز. درس (Abozed et al.,2020) التأثير المضاد للأكسدة لمستخلص قشور الرمان في دهون حليب الماعز (قشدة الماعز)، وكذلك استخدامها في صناعة البسكويت بتركيز (0.5، 1 و 2 %). تم تحديد الخصائص المضادة للأكسدة مثل نشاط الكسح الجذري Dpph والمحتوى الفينولي الكلي ومحتوى الفلافونويد الكلي لعينات كريمة الماعز والبسكويت. أدت إضافة الحليب المدعم بمستخلص قشور الرمان لعجينة البسكويت إلى تحسين كبير في استقرار الأكسدة للعينات المختبرة. ويبين الجدول (9) تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الحبوب والمكسرات.

جدول (9): تأثير إضافة قشور الرمان في منتجات الحبوب والمكسرات

الجزء المستخدم	المنتج	التأثير	المرجع
مستخلص قشور الرمان	عجينة البندق	إطالة الحفظ وتحسين العمر الافتراضي، تأخير الأكسدة.	(Kaderides et al.,2015)
مستخلص قشور الرمان	بسكويت (الكوكيز)، زيت عباد الشمس	إطالة الحفظ وتحسين العمر الافتراضي، زيادة النشاط المضاد للأكسدة.	(Kaderides et al.,2020)
مستخلص قشور الرمان	المنتجات المخبوزة	تعزيز ثباتية الدهون ومنع التلف الميكروبيولوجي.	(Ismail et al.,2016)
مستخلص قشور الرمان	قشدة الماعز المستخدمة في صناعة البسكويت	تحسين الاستقرار التأكسدي ورفع المحتوى الفينولي.	(Abozed et al.,2020)

5-4-2. تأثير إضافة قشور الرمان في الزيوت القابلة للأكل:

أكسدة الدهون سبب أساسي لتدهور جودة زيوت الطعام. تؤثر منتجات أكسدة الدهون المتكونة سلباً في جودة المواد الغذائية عن طريق تغيير خصائصها الحسية وتقليل قيمتها الغذائية. تصبح المنتجات سامة وقد يكون لها تأثير صحي سلبي عند تناولها، الأمر الذي قد يؤدي إلى عدد من الأمراض (Frankel,2014).

دعم (El-Anany,2007) زيت دوار الشمس بمستخلص قشور الرمان لدراسة مدى ثباتيته ضد الأكسدة وأظهرت النتائج تفوق كل التراكيز المستخدمة من مستخلص قشور الرمان على مضاد الأكسدة الصناعي (BHT)، وفي دراسة على زيت فول الصويا وجد أن لمستخلص قشور الرمان بتركيز 500 مغ /كغ زيت التأثير الأفضل في حماية الزيت من الأكسدة (Yasoubi et al.,2007).

بينت إحدى الدراسات التي بحثت إمكانية الاستفادة من المخلفات الزراعية كمضادات أكسدة طبيعية أن مستخلص قشور الرمان كان الأفضل في زيادة استقرار الزيت وثباته ضد الأكسدة بالمقارنة مع الكثير من مستخلصات المخلفات الزراعية الأخرى مثل (التفاح ، الموز ، قشور الحمضيات ، قشور القمح) (Bushra et al.,2008)، وفي دراسة مماثلة لـ (الكوري والمقطري، 2011، ص: 223-213) قُيِّمت فيها فعالية بعض المصادر الطبيعية المحلية كمضادات أكسدة مثل مستخلص قشور البرتقال ومستخلص قشور الرمان ومستخلص الزنجبيل من خلال إضافتها كل على حدة إلى زيت النخيل المكرر، وتخزينها مدة 5 أيام في الفرن في درجة حرارة 63°م، ومقارنتها بمضاد الأكسدة الاصطناعي جاليت البروبيل. أُضيفت هذه المستخلصات الإيثانولية إلى زيت النخيل بتركيزين (100، 200 ppm)، وقُدِّرَت المؤشرات التالية (قيمة البيروكسيد، معامل الانكسار، الرقم اليودي). أظهرت المعاملات جميعها فعالية مضادة للأكسدة جيدة في زيت النخيل ولوحظ من نتائج التحليل الإحصائي تفوق معاملة مستخلص قشور الرمان تفوقاً معنوياً على معاملات المستخلصات الأخرى، في حين لم تختلف معنوياً عن معاملة جاليت البروبيل.

أجريت مقارنة بين مستخلص قشور الرمان ومضاد الأكسدة الصناعي في حماية زيت الذرة من الأكسدة بعد التخزين ضمن ظروف مسرعة للأكسدة في فرن حراري على درجة حرارة 50°م ولمدة شهر، ووجد انخفاض في قيمة رقم البيروكسيد للعينات المدعمة بمستخلص قشور الرمان بنسبة 70% مقابل 55.3% للعينات المضاف إليها مضاد الأكسدة الصناعي (Yasoubi et al.,2007).

في دراسة أجراها Abd-Allah وزملاؤه (2018) لتحسين الاستقرار التأكسدي لزيت عباد الشمس وزيت فول الصويا، استخدمت مستخلصات الإيثانول من قشور الرمان وقشور البرتقال البلدي كمضادات أكسدة طبيعية

بتركيزات 800 و 1200 ppm ومقارنتها مع بوتيل هيدروكسي التولوين (BHT). دُرس تأثير المستخلصات على ثبات زيت عباد الشمس وفول الصويا بعد 24 يوماً من التخزين عند درجة حرارة 65°م من خلال قياس قيمة البيروكسيد (PV)، والأحماض الدهنية الحرة (FFAs) ومعامل الانكسار (RI). لوحظ اختلاف كبير في قيمة البيروكسيد بين عينة الشاهد وعينات الزيت المحتوية على المستخلصات الطبيعية التي كان معدل تكوين البيروكسيد فيها أبطأ. بشكل عام كانت قيم البيروكسيد والأحماض الدهنية الحرة ومعامل الانكسار لكل من زيت عباد الشمس وفول الصويا الحاوية على مستخلص قشور الرمان ومستخلص قشور البرتقال البلدي بتركيز 800 و 1200 ppm أقل من قيم زيت عباد الشمس وفول الصويا الحاوية على 200 ppm بوتيل هيدروكسي التولوين (BHT).

هدف السباعي (2013) إلى تقدير كمية المركبات المضادة للأكسدة المستخلصة من ثمار وعصير وقشور الرمان الطائفي (السعودي واليمني) ونشاطها وثباتها باستخدام عدة مذيبات متدرجة القطبية. واختبرت الثباتية الحرارية للمستخلصات باستخدام فرن حراري على درجة حرارة 185°م وبمراحل زمنية مختلفة (0، 10، 20، 30، 40، 50، 60) دقيقة، وكذلك اختُبرت قدرة المستخلصات على حماية زيت فول الصويا ضد الأكسدة عن طريق اختبار حمض الثايوبارتريك أسيد بمراحل زمنية (0، 2، 4، 6، 8، 10، 12) يوماً. أظهرت مستخلصات الأسيتون لقشور الرمان سواء السعودي أو اليمني مقاومة للحرارة عند درجة 185°م، كما أظهرت التراكيز (400، 800، 1000 ppm) من مستخلصات قشور الرمان الطائفي بمذيب الأسيتون حماية أفضل لزيت فول الصويا من مضاد الأكسدة الاصطناعي (BHT) بتركيز 200 ppm، في حين أظهرت التراكيز (800، 1000 ppm) من مستخلصات قشور الرمان الطائفي بمذيب الأسيتون حماية أفضل للزيت من مضاد الأكسدة الصناعي (BHT). ولوحظ تفوق مستخلصات قشور الرمان (السعودي واليمني) على مستخلصات الثمار والعصير للرمان (السعودي واليمني) في حماية زيت فول الصويا من الأكسدة.

استخدم (Bashir et al., 2016) المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان بتركيز (500، 750، 1000 ppm) كمصدر مضاد للأكسدة في زيت عباد الشمس ليحل محل مضادات الأكسدة الصناعية التجارية. أظهرت

إضافة المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان تأثيراً إيجابياً في تحسين جودة الزيت. وبلغت نتائج المؤشرات المختبرة عند استخدام المستخلص الأعلى تركيز (1000 ppm) كما يلي: نسبة الأحماض الدهنية الحرة (0.2599%)، وقيمة الرقم اليودي (98.06%)، وقيمة رقم التصبن (192.50 مغ KOH / غ)، وقيمة رقم البيروكسيد (2.067 ميلي مكافئ / كغ) مقارنة بعينة الشاهد (0.4667%، 112.99%، 194.58 مغ KOH / غ، 17.64 ميلي مكافئ / كغ) على التوالي. كما أظهرت نتائج دراسة تخزين زيت عباد الشمس المدعم بمستخلص قشور الرمان الحد الأدنى من علامات التدهور.

قام Mekawi وزملاؤه، (2019) بدراسة تأثير استخدام مستخلص قشور الرمان في الاستقرار التأكسدي لزيت عباد الشمس وتقليل تحريض مادة الأكريلاميد في رقائق البطاطا في أثناء القلي العميق واستخدام مضاد الأكسدة الصناعي بوتيل هيدروكسي تولين (BHT) للمقارنة. حددت قيمة رقم البيروكسيد، والمركبات القطبية الكلية والأحماض الدهنية الحرة في أثناء القلي لمراقبة استقرار الزيت. فكان مستخلص القشور فعالاً واحتوت عينات الزيت المدعمة به على أقل قيمة للبيروكسيد والأحماض الدهنية الحرة في أثناء القلي. وحدد محتوى الأكريلاميد باستخدام HPLC، فكانت القيمة الأولية لمادة الأكريلاميد منخفضة (192 مغ/كغ)، في حين تم الكشف عن أعلى محتوى من مادة الأكريلاميد في رقائق البطاطا المقلية بالزيت المدعم بمضاد الأكسدة الصناعي (1674 مغ/كغ) بعد 20 دورة قلي. بالمقابل تم تحقيق انخفاض بنسبة (54%) في محتوى الأكريلاميد في رقائق البطاطس المقلية بالزيت المدعم بمستخلص القشور.

في دراسة أخرى لـ El-Hadary و Taha (2020) تم اختيار المستخلص الميثانولي لقشور الرمان بتركيزات مختلفة (100، 200، 400، 600 ppm) لتقييم ثباتية واستقرار زيت عباد الشمس وفول الصويا والذرة بالمقارنة مع مضاد الأكسدة الصناعي (TBHQ) من خلال ظروف التخزين المسرعة للأكسدة عند درجة حرارة 70°م لمدة 10 أيام. أشارت النتائج إلى أن المستخلص الميثانولي لقشور الرمان بجميع التركيزات أظهر قدرة مضادة للأكسدة أقوى في جميع الزيوت المختبرة بدلاً من عينة الشاهد الخالية من مضادات الأكسدة ومضاد الأكسدة الصناعي TBHQ.

2-5- العوامل المؤثرة في كفاءة استخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان:

الاستخلاص هو الخطوة الأولى للحصول على المركبات المضادة للأكسدة من قشور الرمان. لهذا يجب دراسة جميع العوامل المؤثرة في كفاءة الاستخلاص للحصول على المردود الأعلى من مضادات الأكسدة في قشور الرمان مثل الفينولات والأنثوسيانينات والفلافونويدات. أجريت الكثير من الأبحاث لدراسة مختلف العوامل مثل تأثير طريقة ودرجة حرارة التجفيف وكيفية تأثير المذيبات المختلفة وظروف درجة حرارة الاستخلاص ونسبة القشور إلى المذيب وزمن الاستخلاص وصنف الرمان المستخدم.... إلخ.

2-5-1. طرائق تجفيف قشور الرمان:

قشور الرمان تحتوي نسبة عالية من الرطوبة ولا يمكن تخزينها لمزيد من الاستخدام دون تطبيق طريقة للحفاظ لأن المحتوى الرطوبي العالي يؤثر على جودة الفينولات الكلية والمركبات المضادة للأكسدة في القشور. لذلك، من الضروري اختيار التقنية الصحيحة للمعالجة التي لن تضر بسلامة المنتج. عملية التجفيف هي الطريقة الأكثر استخداماً للحد من التغيرات الفيزيائية والكيميائية للمنتجات القابلة للتحلل مثل الفواكه والخضروات (بما في ذلك مخلفاتها) وزيادة عمرها الافتراضي (Onwude et al., 2016). وللحفاظ على المواد القابلة للتحلل قُيِّمت العديد من الطرق التقليدية للتجفيف مثل: (التجفيف بالفرن، التجفيف الشمسي، التجفيف بالتجميد والتجفيف بالميكروويف). وقد يتأثر اختيار طريقة التجفيف المناسبة بعدة عوامل مثل: (نوع المنتج، توافر معدات التجفيف، ظروف التجفيف، تكلفة عملية التجفيف وكفاءة التجفيف) (Sagar and suresh kumar., 2010).

2-5-1.1. التجفيف الشمسي:

يُعد التجفيف الشمسي من أقدم طرق الحماية البشرية. والتجفيف الشمسي عملية بطيئة ولطيفة تتضمن تعريض المنتج لأشعة الشمس المباشرة. هذه الطريقة غير مكلفة وهي طريقة طبيعية شائعة للتجفيف (Akpınar et al., 2010).

قام Opara وزملاؤه (2009) بفحص محتوى فيتامين C والخصائص المضادة للميكروبات للقشور الطازجة والمجففة بالشمس من قشور فاكهة الرمان الصنف (العُماني، المصري، الأحمر الهندي والأبيض الهندي)، أظهرت النتائج أن التجفيف الشمسي عزز فقدان الرطوبة واحتباس فيتامين C وعزز بشكل طفيف التأثيرات المضادة للميكروبات على *S.aureus* و *P.aeruginosa* بنسبة 3.77 % و 15.23 % على التوالي. أثبتت هذه البيانات صحة الفكرة القائلة بأن التجفيف البطيء على مدى مراحل طويلة يعزز الاحتفاظ بفيتامين C مقارنة بالتجفيف السريع بدرجة الحرارة العالية (Al-Rawahi et al.,2013).

في دراسة أخرى لـ El-Said وزملاؤه (2014) لاحظوا أن المحتوى الفينولي الكلي لمستخلص قشور الرمان للقشور المجففة بالشمس يتراوح من 14.83 إلى 15.80 مغ مكافئ حمض غاليك/غ في مستخلص الميثانول ومن 13.98 إلى 14.81 مغ مكافئ حمض غاليك/غ في مستخلص الماء. على الرغم من أن تقنية التجفيف الشمسي قد تكون مناسبة للإنتاج على نطاق صغير بسبب التكلفة، فإن تنفيذ طريقة التجفيف بالشمس لقشور الرمان في الإنتاج على نطاق واسع قد يؤثر سلباً في سلامة واستقرار المنتج. لهذا قد يتطلب الأمر تنفيذ طرائق أخرى للتجفيف (Kumar et al.,2017).

2.1-5-2. التجفيف باستخدام الميكروويف:

أصبح التجفيف بالميكروويف شائعاً بسرعة واستخدم الباحثون هذه الطريقة لمعالجة قشور أنواع عديدة من الفاكهة. في دراسة أجراها (Calín-Sánchez et al.,2013) لمعالجة قشور الرمان باستخدام عدة طرائق للتجفيف في الصنف (Mollar de Elche) أظهرت أن التجفيف بالميكروويف تحت التفريغ عند 240 واط قدم نتائج أفضل من حيث الحفاظ على أعلى مستوى للفينولات الكلية من بعد طريقة التجفيف بالتجميد حيث بلغ محتوى الفينولات في قشور الرمان الطازجة 125 مغ مكافئ حمض غاليك/غ، وفي قشور الرمان المجففة بالتجميد 118 مغ مكافئ حمض غاليك/غ، وفي قشور الرمان المجففة بالميكروويف 111 مغ مكافئ حمض غاليك/غ. في حين خُفّضت بقية تقنيات التجفيف بشكل ملحوظ المحتوى من الفينولات.

اختبر Turrini وزملاؤه (2019) تأثير استخدام التجفيف التقليدي بالفرن والتجفيف باستخدام الميكروويف لقشور الرمان صنف (Wonderful) أظهرت الدراسة أن التجفيف بالميكروويف قلل بشكل كبير من وقت التجفيف من 48 ساعة للتجفيف بالفرن التقليدي على درجة حرارة 40°م إلى 5 دقائق على درجة حرارة 90°م باستخدام التجفيف بالميكروويف. بالإضافة إلى ذلك، سمح التجفيف بالميكروويف باستعادة أفضل للمركبات الفينولية الكلية والتي تراوحت بين 190-230 مغ مكافئ حمض غاليك/100مل، بالإضافة إلى الحفاظ على نشاط مضاد أكسدة عالٍ حيث بلغ 480-560 مغ مكافئ حمض إكسكوريك/100مل.

يُعد التجفيف باستخدام طاقة الميكروويف وسيلة فعالة من حيث التكلفة وبدلاً أسرع لطرائق التجفيف الأخرى، بالإضافة إلى أنه يوفر طريقة حديثة للحفاظ على الجودة (الكيميائية والحسية والغذائية) لمنتجات قشور الرمان المجففة.

3.1-5-2. التجفيف بالتجميد (التجفيد):

يعمل التجفيف بالتجميد من خلال تجميد المواد ثم تقليل الضغط المحيط بها للسماح بتسامي المياه الموجودة في المواد بشكل مباشر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية. في دراسة J Mphahlele وزملاؤه (2016) تم تحديد تأثيرات عدة طرائق تجفيف في المركبات النشطة بيولوجياً والمضادة للأكسدة في قشور الرمان (صنف wonderful) وأكدت الدراسة أن القشر المجفف بطريقة التجفيد يحتوي على أقل رطوبة متبقية. علاوة على ذلك، احتوت القشور المجففة على أعلى محتوى من الروتين والكاتشين والإبيكاتشين والهيسبيريدين عند 4666.03 و 674.51 و 70.56 و 16,45 مغ/كغ على التوالي على أساس الوزن الجاف، كما أعطى التجفيد أعلى محتوى إجمالي من الفينولات (TPC)، وتركيز التانينات الكلية (TTC) وتركيز الفلافونويدات الكلية (TFC)، والتي كانت أعلى من 3 إلى 5 أضعاف في القشور المجففة بالتجفيد مقارنة بالفرن وعند جميع درجات الحرارة (40°، 50° و 60°م).

قام John وزملاؤه (2017) بتجفيف قشور الرمان باستخدام ثلاثة طرائق للتجفيف (التجفيد، التجفيف بالفرن عند 50°م والتجفيف بالظل عند 25°م تقريباً)، بينت الدراسة أن المحتوى الفينولي الكلي يتراوح بين 80 و 96 مغ مكافئ حمض غاليك/غ قشور على أساس الوزن الجاف، مع وجود النسبة الأعلى في القشور المجففة، بينما أظهرت تقنيات التجفيف الأخرى انخفاضاً بنسبة 15% من مجموع الفينولات الكلية.

يحافظ التجفيد على البنية الأساسية، والرائحة والنكهة للمنتج، مع تقليل منخفض جداً في الحجم (Ratti et al., 2001). وهذا يمكن أن يفسر ارتفاع المحتوى الفينولي المسجل لقشور الرمان مقارنة بتقنيات التجفيف الأخرى. مع ذلك، فإن التجفيد يستهلك الكثير من الطاقة لأنه يتطلب وقتاً طويلاً للتجفيف ومن ثم فهو مكلف. لهذا السبب، قد لا يكون التجفيد خياراً عملياً أو فعالاً من حيث التكلفة لتجفيف قشور الرمان على نطاق واسع.

4.1-5-2. التجفيف بالفرن تحت التفريغ:

يمكن أن يكون التجفيف تحت التفريغ تقنية مفيدة للمنتجات الحساسة للحرارة. تتضمن هذه الطريقة تجفيف المواد المبللة أو الرطبة في حجرة عند ضغط ودرجة حرارة منخفضين. إذ يستخدم ضغط التفريغ من 50 إلى 100 ملي بار في الفرن لتحقيق النتيجة المرجوة (Sagar and suresh kumar., 2010).

استخدم العديد من الباحثين التجفيف تحت تفريغ لمعالجة مخلفات قشور عدة أنواع من الفاكهة ومع ذلك، لا توجد معلومات علمية تقريباً فيما يتعلق بتجفيف قشور الرمان، وُجدت دراسة واحدة فقط قام بها (AlRawahi et al., 2013) وقد حدد الباحثون تأثيرات أربعة طرائق تجفيف شائعة (التجفيف بالتجميد، التجفيف بالهواء، التجفيف تحت تفريغ والتجفيف بالشمس) في المحتويات الفينولية لقشور الرمان، وكانت أقل نسبة لمحتوى الفينولات المتبقية في القشور المجففة تحت تفريغ مقارنة بالطرائق الأخرى، وهذا يدل أن التجفيف تحت تفريغ يقلل بشكل كبير من المحتوى الفينولي للرمان.

هذه التقنية فعالة من حيث الطاقة والتكلفة مع مراحل تجفيف قصيرة عند درجات حرارة منخفضة لا تلحق الضرر بالمنتج، لكن بالنسبة للإنتاج على نطاق واسع قد لا يكون فعالاً من حيث التكلفة. قد يكون هذا هو سبب قلة الدراسات التي توضح تطبيق الطريقة على قشور الرمان.

5.1-5-2. التجفيف باستخدام الفرن العادي:

بهذه الطريقة تُستخدم الطاقة الحرارية لإزالة الرطوبة من قشور الرمان. أفاد Opara وزملاؤه (2009) أن قشور الرمان من الصنف الأبيض والمجففة بالفرن فقدت كمية أعلى بشكل معتدل من الرطوبة بنسبة 68.73% مع التجفيف بالفرن مقابل 64.49% مع التجفيف بالشمس، مقارنةً بالأصناف الأخرى مثل المصري والعماني. عزا الباحثون ذلك إلى الاختلافات في كتلة الثمرة وبنية القشور.

أظهر Mphahlele وزملاؤه (2016) أن تجفيف قشور الرمان صنف (wondrful) عند 50°م أعطى أعلى نشاط مثبط ضد البكتيريا موجبة الغرام (*S.aureus* و *B.subtilis*). كما أدى التجفيف بالفرن على درجة حرارة 60°م إلى تركيز بونيكالين عالٍ قدره 888.04 مغ/كغ على أساس الوزن الجاف، في حين وجد حمض الفوماريك بتركيز 0.57 مغ/كغ. ومع ذلك، على درجة حرارة 40°م وُجد حمض الفوماريك بتركيز 0.45 مغ/كغ، بالإضافة إلى أن تركيز فيتامين C كان أعلى عند 31.19 مغ مكافئ لحمض الأسكوربيك/100 غ.

درس El-Said وزملاؤه (2014) المستخلص الميثانولي والمائي لقشور الرمان المجففة بطريقتين (الفرن، الشمس) تراوحت المحتويات الفينولية الكلية لقشور الرمان المجففة بالفرن من 16.00 إلى 17.78 مغ حمض جاليك/غ في مستخلص الميثانول ومن 14.23 إلى 16.34 مغ حمض غاليك/غ في مستخلص الماء عند تجفيفها على حرارة 40°م لمدة 48 ساعة، مقارنةً بقشور الرمان المجففة بالشمس على حرارة 50°م لمدة ساعتين، والتي تراوحت من 14.83 إلى 15.80 مغ حمض غاليك/غ في مستخلص الميثانول ومن 13.98 إلى 14.81 مغ حمض غاليك/غ في مستخلص الماء. وقد ثبت أن تقنية التجفيف بالفرن لقشور الرمان تعمل على تحسين جودة مادة قشور الرمان المجففة، بالإضافة إلى أنها سهلة واقتصادية.

2-5-2. المذيبات المستخدمة في عملية الاستخلاص:

إن استخلاص المواد الكيميائية النباتية من قشور الرمان وخاصة عزل المركبات المضادة للأكسدة لها قيمة كبيرة في الصناعات الصحية والتجميلية. يعد الماء والإيثانول أكثر ملاءمة للمنتجات المعدة للاستهلاك البشري، والتي تمثل أفضل المذيبات لاستخراج التجاري لمركبات الفينول في قشور الرمان (Kumar et al.,2017).

وجد (Singh et al.,2002) أن كمية مضادات الأكسدة في مستخلصات القشور المستخلصة بمذيب الإيثانول مقدرة كحمض التانيك كانت (35%) وفي مستخلصات الماء كانت (12%). وفي دراسة أخرى وجد (Wang et al.,2011) أن مذيب الميثانول كان الأكثر كفاءة في استخلاص إجمالي الفينولات والفلافونيدات والأنثوسيانينات، يليه الماء ثم الإيثانول ثم الأسيتون، حيث كانت النسبة المئوية للاستخلاص بمذيب الميثانول (46.51%)، يليه الماء (43.19%) ثم الإيثانول (17.7%) وأخيراً الأسيتون (3.81%). في حين توصل (Sultana et al.,2009) إلى أن نسبة الاستخلاص بالإيثانول كانت أعلى من نسبة الاستخلاص بالميثانول. قام Al-Rawahi وزملاؤه (2013) بتقييم تأثيرات المذيبات المختلفة (مثل الماء، الميثانول والإيثانول) المستخدمة في استخلاص المركبات الفينولية من قشور الرمان (صنف Helow)، تبين أن مستخلص القشور المائي يتمتع بقدرة أعلى على الاستخلاص ومحتوى فينولات إجمالي أعلى من المستخلصات الميثانولية والإيثانولية لقشور الرمان، بقيم 8460 و 5990 و 4530 مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ على أساس الوزن الجاف، للمستخلص المائي والميثانول والإيثانول على التوالي. وبالمثل قيم Shibani وزملاؤه (2012) النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات قشور الرمان (أصناف يمنية) باستخدام ثلاثة أنواع من المذيبات (80% ميثانول، ماء مقطر ومستخلصات إيثيل إيتير). أظهرت أن المستخلص الميثانولي يحتوي على أعلى مردودية ومحتوى فينولي إجمالي بنسبة 45.4% و 27.4% على التوالي.

قام Fawole وزملاؤه (2012) بتقييم النشاط المضاد للبكتيريا ومضادات الأكسدة للمستخلصات الميثانولية والمائية من قشور ثمانية أصناف من الرمان (Ruby، Wonderful، Bhagwa، Arakta، Ganesh)، أعطى مستخلص القشور الميثانولي 80 % تركيز فينولات إجمالي عالٍ مقارنةً بالمستخلصات المائية. وحُدِّد أعلى محتوى إجمالي من الفينولات في صنف Ganesh عند 295.5 مغ/غ على أساس الوزن الجاف. بحث Kaur وزملاؤه (2018) قدرة مستخلصات قشور الرمان التثبيطية ضد الميكروبات باستخدام الهكسان، وثاني كلورو الميثان، وخلات الإيثيل، والميثانول كمذيبات. وأكدوا كذلك تفوق مستخلصات الميثانول على المذيبات المختبرة الأخرى، علاوة على بلوغه أعلى إنتاجية وقُدِّرَت بـ 37.85 %، في حين أن الهكسان أعطى أقل إنتاجية بنسبة 2.1 %. اقترح باحثون آخرون أن خليطاً من المذيبات لاستخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان أكثر فائدة من المذيبات الفردية (Ghasemian et al., 2006).

2-5-3. عوامل أخرى مؤثرة في كفاءة استخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان:

مما لا شك فيه أن درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر في النشاط المضاد للأكسدة. بشكل عام، يؤدي التسخين إلى تسريع تفاعلات بدء الأكسدة، ومن ثمَّ انخفاض في النشاط المضاد للأكسدة. لهذا عمد Sorour وزملاؤه (2014) إلى قياس قدرة مضادات الأكسدة عند درجات حرارة تجفيف مختلفة لقشور الرمان الطازجة. أظهرت النتائج أن النشاط المضاد للأكسدة كان أقلَّ للعينات المجففة مقارنةً بالمنتجات الطازجة وكان النشاط المضاد للأكسدة 90.22 % للقشور الطازجة وانخفض إلى 56.9 % عند درجة حرارة تجفيف 70°م وإلى 50.4 % عند درجة حرارة تجفيف 100°م.

تُعد درجة طحن قشور الرمان المجففة وحجم الحبيبات المستحصل عليها أيضاً عاملاً يجب مراعاته في أثناء عملية الاستخلاص، حيث يسهل حجم الحبيبات الأصغر انتشار المواد المذابة من القشور إلى المذيب إضافة إلى زيادة معدل الاستخلاص مع وقت أقل لإتمام العملية (Wang et al., 2011).

تؤثر طريقة الاستخلاص في نسبة الاستخلاص حيث بين Cam و Hışıl (2010) في مقارنة أُجريت بين طريقتي استخلاص (الضغط والنقع) لاستخلاص مضادات الأكسدة من قشور الرمان، ولوحظ أن أهم عامل في طريقة الضغط للاستخلاص هو حجم الجسيمات ودرجة الحرارة، وبينت النتائج أن نسبة الاستخلاص من القشور بطريقة الضغط كانت (43.3%)، في حين كانت نسبة الاستخلاص بالنقع بمذيب الميثانول (46.5%)، وبالماء (16.7%).

وتتأثر كمية ونشاط مضادات الأكسدة في مستخلصات قشور الرمان بصنف الرمان المستخدم في الدراسة، ففي دراسة لـ Hajimahmoodi وزملاؤه (2008) شملت عدة أصناف من الرمان المزروع في إيران، وجد أن النشاط المضاد للأكسدة الأعلى كان في قشور صنف (Sweet White Peel) بمقدار (169.608 ميلي مول حديد / 100 غ)، أما في صنف (Black Peel) كان النشاط المضاد للأكسدة هو الأقل بين الأصناف المزروعة بمقدار (33.639 ميلي مول حديد / 100 غ). وفي دراسة مماثلة أجراها (السباعي، 2013، ص: 70) قدر فيها النشاط المضاد للأكسدة بطريقة DPPH لمستخلص قشور الرمان الطائفي والمزروع في منطقتين مختلفتين (السعودي واليميني) باستخدام مذيب الإيثانول، فوجد أن النشاط المضاد للأكسدة في الصنف السعودي بلغ (60.51%) وبلغ النشاط في الصنف اليمني (50.79%).

2-6- أكسدة الدهون:

تدخل الدهون ضمن مكونات المواد الأولية للأغذية وأنواعها المختلفة إما بشكل طبيعي أو بإضافتها، وهذا يعطيها دوراً هاماً في عمليات التغذية وخواص النكهة. تسرع أكسدة الدهون من تدهور نوعية الغذاء وطعمه، وهناك العديد من الأبحاث التي أجريت للمساهمة في الحد من أكسدة تلك الدهون والتي يعود سببها إلى عدة عوامل نتيجة التعرض إلى الضوء أو الحرارة أو بوجود بعض الأنزيمات أو المعادن أو بروتينات معدنية أو بوجود أحياء دقيقة، الأمر الذي يؤدي إلى ضياع النكهة والتقليل من العمر الافتراضي للغذاء.

2-6-1. أنواع الأكسدة:

2-6-1.1. الأكسدة التلقائية:

تجري تفاعلات أكسدة الليبيدات بصورة تلقائية، وتعد الأكسدة هي المسبب الرئيس لتفكك الدسم وظهور التزنخ والنكهات غير المستحبة إلى جانب غيرها من التفاعلات التي تسبب إنقاص مدة التخزين وانخفاض القيمة الغذائية في المنتج الغذائي (Niki and Noguchi, 1999)

يعتمد المجال الذي تحدث فيه أكسدة الأحماض الدهنية وإستراتها في الغذاء على البنية الكيميائية للأحماض الدهنية المشكلة لجليسريدات الدهون والمركبات الموجودة معها في الوسط وشروط تصنيع الغذاء وإعداداته وشروط تخزينه، إضافة إلى ضغط الأكسجين وسطح التماس معه ودرجة الحرارة والتعرض للأشعة الضوئية والعوامل الفيزيائية الأخرى (Pokorny, 1987)

تبدأ عملية أكسدة الدهون من موقع الرابطة المزدوجة الموجودة في بنية الأحماض الدهنية (في صيغة الجليسيريد) ضمن بنية الزيوت، وكلما ازدادت درجة عدم الإشباع كانت الزيوت أكثر عرضة للتهديم والأكسدة.

2-6-2. الأكسدة الأنزيمية:

تحدث التغيرات الحيوية البيولوجية بسبب الأنزيمات المفرزة من الأحياء الدقيقة (بكتيريا، فطور، خمائر) (Nollet and leo., 1996) إذ تحفز الإنزيمات وبشكل خاص إنزيم ليبو أوكسجيناز Lipoxxygenase تفاعلات أكسدة الأحماض الدهنية غير المشبعة. ويتواجد هذا الإنزيم في النسيج النباتية والحيوانية بالإضافة للبذور التي تستخلص منها الزيوت مثل بذور الصويا والفسق والقطن. ويجري تحت تأثير هذا الأنزيم تشكل الهيدروبيروكسيدات في الزيت في أثناء عمليات الاستخلاص (Pokorny, 1999).

2-6-2.آلية الأكسدة:

تحدث عملية الأكسدة للأحماض الدهنية غير المشبعة وفق آلية الجذور الحرة والتي تحصل من خلال ثلاث مراحل هي مرحلة البدء Initiation والانتشار Propagation والانتهاى Termination. تبدأ مرحلة البدء بشكل بطيء حتى الوصول إلى زمن معين عندها تزداد السرعة مع ازدياد سرعة تفاعل الأكسدة نتيجة المؤثرات المختلفة. تدعى النواتج الأولية للأكسدة بالهيدروبيروكسيدات، ويعطي تفكك الهيدروبيروكسيدات النواتج الثانوية التالية (ألدهيدات، كيتونات، الأغوال، الهيدروكربونات والأحماض العضوية الطيارة)، وتشكل هذه المركبات جميعها بالإضافة للجذور الحرة أسس فساد الأغذية الدسمة (Perkins.,1992).

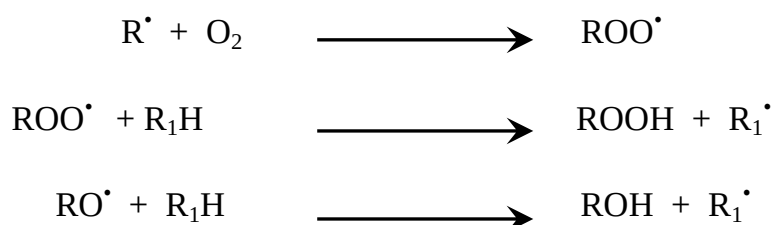
A. مرحلة البدء Initiation :

تتضمن هذه الخطوة تشكل الأجزاء الجذرية التي تعد مسببات لتشكيل جذور البيروكسي ($RO_2^\bullet$) أو جذور الألكوكسي ($RO^\bullet$) أو جذور الألكيل ($R^\bullet$). ويعود تشكل هذه الجذور الحرة إلى جملة من العوامل كالرطوبة، وارتفاع درجة الحرارة، والضغط ووجود الأكسجين.



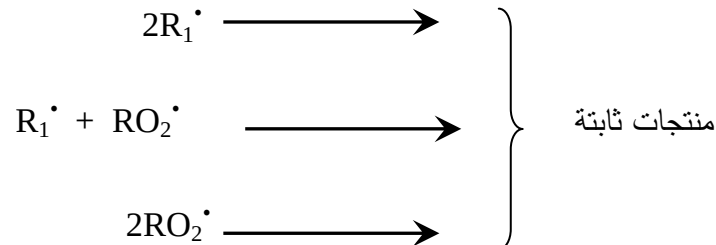
B. مرحلة الانتشار Chain propagation :

يستمر في هذه المرحلة تشكل الجذور الحرة، إذ يتعرض الجذر الحر المتشكل في مرحلة البدء لهجوم الأكسجين الجوي محرراً الجذور البيروكسيدية.



C. مرحلة الانتهاء Termination :

يتناقص تركيز الجذور في الوسط خلال هذه المرحلة نتيجة حدوث تفاعلات تتزاوج خلالها الجذور مشكلة منتجات ثابتة:



جذور ألكوكسي المتشكلة نتيجة لإحدى مراحل تفكك الهيدروبيروكسيد تزيد بدورها نسبة الهيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي كالألدهيدات والكحولات التي تعد مسؤولة عن الطعم والرائحة غير المرغوب بها في الأغذية المتأكسدة (Rudnick,2003).

2-7- مضادات الأكسدة:

توجد تعريفات مختلفة لمضادات الأكسدة منها: أنها تلك المركبات المستخدمة في حفظ الغذاء عن طريق تأخير فساده وتزنخه وتغيير لونه نتيجة الأكسدة (Duthie,2000). أما التعريف الذي وضعته هيئة المواصفات والمقاييس السورية لعام 1996م فنصَّ على أنَّ: مضادات الأكسدة هي مواد كيميائية تضاف بنسب محددة إلى الغذاء بهدف منع أو تأخير حدوث الأكسدة التي تؤدي إلى حدوث تغيرات غير مرغوب بها في الغذاء. ومن الناحية التغذوية تعرف مضادات الأكسدة بأنها: تلك المركبات التي تضاف إلى الغذاء بتركيز منخفضة، بحيث تمنع أو تعيق أكسدة بعض المركبات الحيوية مثل الدهون والكربوهيدرات والأحماض النووية (Ratnam et al.,2006) وتوجد هذه المركبات بصورة طبيعية في الأغذية ومنتجاتها، أو تضاف في أثناء تصنيع المواد الغذائية، ولا يقتصر دور مضادات الأكسدة في المحافظة على جودة الأغذية فقط بل يمتد دورها إلى إطالة المدة التخزينية للأغذية، وكذلك تقلل من الفاقد من المواد الغذائية والفاقد من القيمة التغذوية (القليوبي وآخرون، 2005).

2-7-1. تصنيف مضادات الأكسدة:

تصنف مضادات الأكسدة إلى عدة تقسيمات حسب آلية عملها:

1. مثبطات الجذور الحرة (Free Radical) في تفاعلات الأكسدة: وتعرف بأنها مضادات أكسدة قادرة على قطع سلسلة الجذور الحرة chain breaking antioxidants من خلال تحرير البروتون. وتعمل على إيقاف أو تأخير تطور النكهات غير المقبولة والمركبات غير المستحبة في الغذاء (Frankel et al., 2014).
2. مستهلكات الأوكسجين (Singlet Oxygen Quenchers): التي تعمل على ربط جذر الأوكسجين الحر، مثل الكاروتينات وحمض الإسكوريك (Choe and Min., 2006).
3. مثبطات المركبات التي تعمل كمساعدات لعملية الأكسدة: وهي مواد يكون نشاط مضادات الأكسدة لها منخفضاً، ولكن تنشط عند إضافة مواد إليها، مثل حمض الستريك (Pokorny, 2007).
4. عوامل الاختزال (Reducing agents) مثل مجموعة الثايول في السلفايد (الثايو ايتير)، حيث تحول مركبات الهيدروبيروكسيد إلى مركبات مستقرة.
5. عوامل التمثال: تعمل على ربط كل من الحديد والنحاس (يساعدان في عملية الأكسدة)، وبذلك تحول النحاس والحديد إلى مركبات مستقرة، ومثال على ذلك التانينات والفايتينات (Leopoldini et al., 2006).
6. مثبطات الأكسدة الأنزيمية: مثل أنزيمات الكاتالاز وأنزيمات البيروكسيداز (Pokorny, 2007).

2-7-2. آلية عمل مضادات الأكسدة:

يتمثل عمل مضادات الأكسدة كما بين (أحمد ومروان، 2005، ص: 61) بما يلي:

1. منافسة الدهون في الارتباط مع الأوكسجين.
2. إعاقة مرحلة التنشيط في تفاعلات الأكسدة.
3. اعتراض مرحلة الانتشار للأكسدة من خلال ربط الجذور الحرة.

2-7-3. أنواع مضادات الأكسدة:

تؤمن مضادات الأكسدة الطبيعية مجالاً واسعاً في الحماية ضد الأكسدة، ولكن سهولة إمكانية فقدانها من خلال خطوات عمليات التصنيع المختلفة والتخزين حثت استخدام مضادات الأكسدة التركيبية من مصدر خارجي لتعويض الفاقد منها.

2-7-3.1. مضادات الأكسدة الطبيعية:

يحتوي الغذاء على عدد من المركبات التي تعمل عمل مضادات الأكسدة، وقد تم إحصاء أكثر من 8000 نوع في الوقت الراهن، ومن بينها أكثر من 4000 نوع فلافونويدات. وتعد الفينولات هي الأكثر تواجداً من بين مجموعة مضادات الأكسدة في نظامنا الغذائي، حيث تنتشر هذه المركبات في مدى واسع من المواد الغذائية كالفاكهة والخضروات والحبوب والبقوليات والمشروبات كالشاي والقهوة. وهي غالباً ذات ألوان مميزة كالأحمر العاتم للكرز والبندورة، والبرتقالي للجزر، والأصفر للذرة والمانغا والأرجواني المزرق للتوت البري (Cheynier, 2005).

2-7-3.2. مضادات الأكسدة الصناعية:

تعد مضادات الأكسدة الصناعية عنصراً أساسياً يجب إضافتها للأطعمة المعلبة للتقليل من فسادها إلى أقصى حد، وهي مركبات واسعة الاستعمال في الصناعة الغذائية لأنها فعالة وقليلة التكلفة بالمقارنة مع مضادات الأكسدة الطبيعية، لكن بالمقابل لها أضرارها الجانبية على المدى البعيد، لذلك تم التخلي عنها في دول الاتحاد الأوروبي مؤخراً (محمد والسعيطي، 2008، ص: 12). ونذكر منها:

(a) بوتيل هيدروكسي الأنيسول (BHA):

الاسم الكيميائي: ثلاثي بوتيل-4-هيدروكسي أنيسول (وهو مزيج من 3- ثلاثي بوتيل-4-هيدروكسي أنيسول و 2- ثلاثي بوتيل-4-هيدروكسي أنيسول)، وهو يملك مظهراً شمعيّاً مرناً بلون أبيض أو أصفر خفيف ويستخدم بشكل أساسي كمضاد أكسدة ومادة حافظة في الغذاء ومستحضرات التجميل.

(b) بوتيل هيدروكسي تولوين (BHT):

الاسم الكيميائي: 3,5-ثنائي ثلاثي بوتيل-4-هيدروكسي تولوين، يستخدم أيضاً كمضاد للأكسدة المسببة للترنخ في الدهون ويستخدم لمنع تخرّب الفيتامينات الذوابة في الدهون.

(c) ثلاثي بوتيل هيدروكسي كينون (TBHQ):

وهو بشكل بلورات بيضاء تميل إلى الأسمر الخفيف. ويستخدم كمضاد أكسدة تركيبي لحماية الدهون والأغذية ضد التفكك التأكسدي، ويساعد في إطالة مدة الحفظ والتخزين لهذه المنتجات. ويملك تأثيراً وقياً استثنائياً في الدهون وبشكل خاص في الزيوت النباتية متعددة عدم الإشباع.

2-4-7. تنظيم وشرعية استخدام مضادات الأكسدة:

على الرغم من أهمية مضادات الأكسدة في الحفاظ على نوعية المنتجات الغذائية بعيدة عن التزنخ والفساد إلا أن لزيادتها في الأغذية أضراراً قد تكون على درجة من السمية أو الخطورة على صحة الإنسان (Williams,1993).

لهذه الغاية وضعت معظم الدول قوانين صارمة وتشريعات تنظم استخدامها وهي تختلف من بلد إلى آخر. يذكر أن TBHQ مسموح به في الولايات المتحدة الأمريكية، في حين يمنع استخدامه في الاتحاد الأوروبي (Noguera-Orti et al.,1999). ويحدد الاتحاد الأوروبي كمية مضاد الأكسدة بـ 0.01 % (0.1 غ/كغ) لكل مضاد أكسدة إذا استخدم بمفرده و 0.02 % لمجمّل الكميّة التي تستخدم كمزائج

(Delgado-Zamarreno et al.,2007) وحسب FDA يمكن أن تستخدم مضادات الأكسدة التركيبية مفردة أو بالمشاركة مع بعضها بحدود أقصاها 200 مغ لكل كيلوغرام دسم (Perrin and Meyer,2003)، فمثلاً يتآزر BHA مع PG وكذلك يستعمل BHA و BHT معاً لإعطاء تأثير تآزري (St Angelo,1996)، لأن BHA و BHT يعطيان معاً بالتركيز الكلي المسموح به فعالية في إطالة مدة الحفظ للدهون أعلى بكثير مما لو استخدمتا بشكل مفرد كل على حدة بالتركيز نفسه (Belitz et al.,2004).

2-7-5. التأثيرات السمية لمضادات الأكسدة:

تستخدم مضادات الأكسدة التركيبية مثل BHA، BHT، TBHQ بشكل واسع كمضافات غذائية في عدد من البلدان. وتبين الدراسات أن الجرعات العالية من BHA و BHT ومركب α -توكوفيرول تسبب إضعافاً في آلية تخثر الدم. في حين يلاحظ تأثيرات سمية على الرئة مع BHT فقط (Kappus and Kahl,1993). وقد أظهرت التقارير الأخيرة تورط هذه المركبات في كثير من الأمراض التي تؤثر في الصحة بما فيها بعض الأمراض السرطانية (Prior et al.,2004)، لذلك كان هناك ميل لاستخدام مضادات الأكسدة الطبيعية المستخلصة من المصادر النباتية عوضاً عن تلك الصناعية.



3- مواد وطرائق البحث :

3-1- مواد البحث ومكان تنفيذه:

تمَّ شراء ثمار الرمان *Punica granatum* من الصنف اللفاني من سوق الخضار في مساكن برزة في محافظة دمشق.

تمَّ جمع عينات الزيت المكرر المستخدم في الدراسة من السوق المحلي لمدينة دمشق (شركة الخير للزيوت النباتية)، وقد حُفظت في درجة حرارة الغرفة لحين استخدامها وأجريت جميع الاختبارات في مخابر قسم علوم الأغذية في كلية الزراعة في جامعة دمشق خلال الفترة الممتدة من 2018-2022.

كما تمَّ شراء المواد الخام المستخدمة في إعداد الكاب كيك Cupcake من السوق المحلي لمدينة دمشق (دقيق قمح نسبة استخراج 72%، مسحوق الخبيز (بيكينغ باودر)، بيض، زبدة حيواني، ملح، سكر، خل، نكهة الفانيليا).

3-2- طرائق البحث:

3-2-1. تحضير المادة النباتية المدروسة:

3-2-1.1. تحضير قشور الرمان الطازجة:

فُصلت قشور الرمان عن باقي قشور الثمرة ونُظفت جيداً بالماء ثم نُشرت على صواني في درجة حرارة الغرفة في الظل لتخليصها من الماء الزائد. قُطعت القشور إلى قطع صغيرة، ثمَّ طُحنت باستخدام مطحنة كهربائية نوع (Amanda - سورية) وحُفظت ضمن عبوات زجاجية بالتجميد على درجة حرارة (-10°م) لحين إجراء الاختبارات.

2.1-2-3. تحضير قشور الرمان المجففة:

قُطعت قشور الرمان إلى قطع صغيرة ثم جُفِّت باستخدام الهواء الساخن في فرن تجفيف نوع (Memmert - ألمانيا) على درجة حرارة (40°C) لمدة 48 ساعة، ثم طُحنت القشور المجففة باستخدام مطحنة كهربائية نوع (Amanda - سورية) ونُخلت بواسطة منخل مناسب للحصول على مسحوق ناعم، ثم حفظت في عبوات زجاجية بالتجميد على درجة حرارة (-10°C) لحين إجراء الاختبارات (Sayed-Ahmed.,2014).

2.2-3. تحضير مستخلصات قشور الرمان:

1.2-2-3. تحضير المستخلص الإيثانولي لمسحوق قشور الرمان المجففة:

وُضع (10غ) من مسحوق قشور الرمان المجففة في (100مل) من الإيثانول المطلق، ثم مُزجت باستخدام محرك مغناطيسي لمدة 24 ساعة على السرعة القصوى وبدرجة حرارة الغرفة، ثم رُشحت باستخدام ورق الترشيح وحُفظ المستخلص بالتجميد على درجة حرارة (-10°C).

2.2-2-3. تحضير المستخلص المائي لمسحوق قشور الرمان المجففة:

وُضع (10غ) من مسحوق قشور الرمان المجففة في (100مل) من الماء المقطر، ثم مُزجت باستخدام محرك مغناطيسي لمدة 24 ساعة على السرعة القصوى وبدرجة حرارة الغرفة، ثم رُشحت باستخدام ورق ترشيح وحُفظ المستخلص بالتجميد على درجة حرارة (-10°C).

3.2-2-3. تحضير المستخلص الإيثانولي للقشور الطازجة:

وُضع (10غ) من مسحوق قشور الرمان الطازجة في (100مل) من الإيثانول المطلق، ثم مُزجت باستخدام محرك مغناطيسي لمدة 24 ساعة على السرعة القصوى وبدرجة حرارة الغرفة، ثم رُشحت باستخدام ورق ترشيح وحُفظ المستخلص بالتجميد على درجة حرارة (-10°C).

4.2-2-3. تحضير المستخلص المائي للقشور الطازجة:

وُضع (10 غ) من مسحوق قشور الرمان الطازجة في (100 مل) من الماء المقطر، ثم مُزجت باستخدام محرك مغناطيسي لمدة 24 ساعة على السرعة القصوى وبدرجة حرارة الغرفة، ثم رُشحت باستخدام ورق ترشيح وحُفظ المستخلص بالتجميد على درجة حرارة (-10°م).

3-2-3. إضافة المستخلص الإيتانولي لمسحوق قشور الرمان المجففة إلى المنتجات

الغذائية:

وُضع المستخلص الإيتانولي لمسحوق قشور الرمان المجففة في جهاز المبخر الدوراني (Rotary Vacuum evaporator) موديل Ika® rv1 إسباني المنشأ عند درجة حرارة (40°م) لتبخير المذيب واستمرت عملية التبخير لمدة (3) ساعات فحصلنا على مستخلص مركز وحفظ بالتجميد على درجة حرارة (-10°م) إلى حين استخدامه (Iqbal et al., 2008).

1.3-2-3. الكاب كيك Cupcake:

صُنِع الكاب كيك (cup cake) وفقاً للطريقة الموصوفة من قبل (Mau et al., 2015) مع بعض التعديلات. استخدم مستخلص قشور الرمان الإيتانولي المركز لإضافته بنسبة (5، 10، 15 %) (وزن / وزن) من عجينة الكاب كيك لصنع عينات كاب كيك بتركيزات مختلفة، وصنعت عينة كاب كيك دون أي إضافة لتخصيصها كعينة شاهد. وصفات الكاب كيك المستخدمة موصوفة في الجدول (10).

بالنسبة لإعداد الكاب كيك، خُفّق البيض باستخدام خلاط يدوي (Dsp، سورية) على إعداد السرعة المتوسطة لمدة 30 ثانية. أُضيف السكر والخل مع الاستمرار في الخفق. بعد ذلك، أُضيفت الزبدة والملح ونكهة الفانيليا ومستخلص قشور الرمان في الخلاط على إعداد السرعة المتوسطة لمدة 30 ثانية. خُلطت المكونات يدوياً مع الدقيق ومسحوق الخبيز (بيكينغ باودر) باستخدام مكشطة بلاستيكية حتى تصبح ناعمة. سُكبت العجينة في

قوالب كيك مستديرة (قطرها 4سم، عمق 2سم) وخُبِزَت عند 180 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة في فرن كهربائي مُسخن مسبقاً (المصري، سوري). بعد عملية الخبز، تُرك الكيك يبرد لمدة ساعة في درجة حرارة الغرفة ثم عبئت عينات الكاب كيك في أكياس بولي إيثيلين ثم خُزنت في البراد عند درجة حرارة (4°م) و لمدة 10 أيام، وأُجريت التحاليل اللازمة (النشاط المضاد للأكسدة DPPH، الفينولات الكلية) في اليوم الخامس والعاشر من التخزين.

الجدول (10): مكونات الكاب كيك المصنَّع

المكونات	الكاب كيك الشاهد	الكاب كيك 5 %	الكاب كيك 10 %	الكاب كيك 15 %
دقيق القمح (غ)	25.00	25.00	25.00	25.00
مستخلص قشور الرمان (غ)	–	5	10	15
مسحوق الخبز (بيكينغ باودر) (غ)	0.65	0.65	0.65	0.65
البيض (غ)	40.81	40.81	40.81	40.81
زبدة حيواني (غ)	15.00	15.00	15.00	15.00
ملح (غ)	0.41	0.41	0.41	0.41
سكر (غ)	15.00	15.00	15.00	15.00
خل (غ)	0.63	0.63	0.63	0.63
نكهة الفانيليا (غ)	2.5	2.5	2.5	2.5

3-2-2. زيت عباد الشمس:

أُضيف مستخلص قشور الرمان الإيتانولي المركز إلى عينات الزيت بتركيز مختلفة (0، 100، 300، 500 ppm) على التوالي، وحُزنَت ضمن ظروف مسرعة للأكسدة في فرن نوع (Memmert- ألمانيا) على درجة حرارة (60 °م) وذلك لمدة 15 يوماً حيث أُجريت التحاليل اللازمة (الحموضة %، رقم البيروكسيد، النشاط المضاد للأكسدة DPPH) لتحديد مدى ثباتية الزيت ضد الأكسدة في اليوم الخامس والخامس عشر من التخزين، كما أُجريت ثلاث دورات قلى لدراسة مدى تطور الأكسدة في الزيت بعد عملية القلى.

3-2-4. الاختبارات الكيميائية:

3-2-4.1. تقدير المركبات الفينولية:

* استخلاص وتعيين الفينولات الكلية:

أُتبع في استخلاص الفينولات الكلية من عينات الكاب كيك Cupcake المدروسة، ما ورد في طريقة (Wada and Ou.,2002) مع بعض التعديلات وفق ما ورد في (طلي،2015)، فقد أُخذ 1 غ من العينة المهروسة ووضعت في أنبوب من البولي إيثيلين سعة 50 مل، وأُضيف إليها 30 مل إيتانول مطلق، ثم مُزجت بشكل جيد باستخدام محرك مغناطيسي على السرعة القصوى وبدرجة حرارة الغرفة لمدة ساعة، تُفُلت بعدها العينة باستخدام جهاز طرد مركزي ألماني المنشأ من نوع (IEC 215 ،Tabletop model) وأُخذ السائل الرائق للتحليل.

* تقدير الفينولات الكلية:

قُدِّرَت الفينولات كميّاً حسب طريقة Folin ciocalteu (Asami et al.,2003) مع بعض التعديلات وفق ماورد في (طلي،2015)، أُخذ 2 مل من المستخلصات المحضرة وأُضيف لها 3 مل من الماء المقطر،

و 0.2 مل من كاشف فولين، ووضعت في دورق معياري سعة 10 مل، ثم رُج المزيج لنحو دقيقتين في حرارة الغرفة، ثم أُضيف بعدها 4 مل من Na_2CO_3 (7%) وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة.

خُلط المزيج السابق وترك لمدة ساعتين على حرارة الغرفة، بعدها نُقل ورُشح وقيس امتصاصه باستخدام جهاز المطياف الضوئي (France Optimize 3000 plus) عند طول موجة 750 نانومتر. استعمل حمض الغاليك كمحلول معياري مرجعي لتحضير المنحني المعياري بتركيز يتراوح من (0-350 مغ حمض غاليك/1000مل). وعُبر عن النتائج بـ (مغ مكافئ حمض غاليك/100غ) على أساس الوزن الجاف.

2.4-2-3. تعيين النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة DPPH:

قيس النشاط المضاد للأكسدة بتعيين النشاط الكابح للجذور الحرة حسب طريقة الجذر الحر ثنائي فينيل بيكريل هيدرازيل (DPPH) 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl حسب (Singh et al., 2002) وفق الآتي:

أُضيف إلى مستخلص العينة (بالنسبة للزيت أخذ 0.1 غ في 10 مل إيتانول مطلق) الحجم نفسه من محلول DPPH (0.0012 غ في 50 مل إيتانول مطلق) وحفظ لمدة 20 دقيقة عند درجة حرارة (20°م) وبعد خلط المزيج السابق بالمحرك المغناطيسي قيس امتصاصه بالمطياف الضوئي عند طول موجة 517 نانومتر بعد مضي 30 دقيقة، واستعمل الإيتانول في تجربة الشاهدة بدلاً من العينة. وعُبر عن النشاط الكابح للجذور الحرة بحساب النسبة المئوية لتثبيط الجذور الحرة من العلاقة:

$$\text{Inhibition \%} = [(A_c - A_t) / A_c] \times 100$$

حيث إن: A_c : امتصاصية الشاهد بعد مرور 30 دقيقة. A_t : امتصاصية العينة بعد مرور 30 دقيقة.

3.4-2-3. تقدير النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة %FFA:

قُدِّرَت الحموضة الحرة كنسبة مئوية من حمض الأوليك (حمض الزيت). وحُدِّدَت النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة وفق الطريقة المعتمدة في (AOAC,2000)، ذات الرقم 940.28. وهي تستند إلى معايرة الأحماض الدهنية الحرة التي يمكن أن تظهر في المواد الدسمة نتيجة تعرضها لظروف وشروط غير مناسبة. حيث عوبرت الحموض الحرة بمحلول ماءات البوتاسيوم الكحولية حديث التحضير بوجود الفينول فتالئين بمثابة مشعر للمعايرة، في الوقت ذاته حُضِّرَت عينة شاهد من أجل المعايرة تضمنت المحاليل ذاتها الموجودة في العينة المدروسة باستثناء عينة الزيت.

أُخذت عينة زيت بوزن 2.5 غ وأُضيف إليها 12.5 مل من كحول الإيثانول ثم أُضيف لها بضع قطرات من مشعر الفينول فتالئين. ثم عوبرت بمحلول N 0.01 من ماءات البوتاسيوم الكحولي حتى ظهور اللون الوردي وثباته لمدة 30 ثانية. وحُسِبَت النسبة المئوية للأحماض الدهنية الحرة من العلاقة:

$$\% \text{ FFA} = N \times (V_2 - V_1) \times 0.282 \times 100 / W$$

حيث إن: N: نظامية محلول ماءات البوتاسيوم الكحولية.

V_2 : حجم ماءات البوتاسيوم المستهلك في معايرة العينة (مل).

V_1 : حجم ماءات البوتاسيوم المستهلك في معايرة الشاهد (مل).

W: وزن العينة المدروسة (غ).

4.4-2-3. رقم البيروكسيد:

يعبر عن الأوكسجين الفعال بالميلي مكافئ لكل كيلو غرام من الزيت، اعتمد في قياس قرينة البيروكسيد الطريقة المتبعة في (AOAC,2000) ذات الرقم 965.33. وتستند هذه الطريقة إلى المعايرة اليودية إذ يتفاعل البيروكسيد أو الهيدروبيروكسيد مع KI فيتحرر اليود إلى الوسط.

عوير اليود المتحرر بمحلول ثيوسلفات الصوديوم بوجود النشاء بمثابة مشعر للمعايرة. ولتحقيق ذلك عملياً وُزن 1 غرام من الزيت وأُضيف إليها 15 مل من مزيج حمض الخل الثلجي والكلوروفورم المحضر بنسبة 3:2 ثم أُضيف لها 1 مل من محلول KI المشبع وتُركت في مكان مظلم لمدة 5 دقائق، بعد ذلك أُضيف 30 مل من الماء المقطر وعویر الناتج بمحلول ثيوسلفات الصوديوم N0.01 مع الرج حتى زوال اللون الأصفر تقريباً، ثم أُضيف عدة قطرات من محلول النشاء 1% وأُكملت المعايرة حتى اختفاء اللون الأزرق. كما حُضرت في الوقت ذاته عينة شاهدة بالشروط السابقة نفسها و تضمنت الكميات نفسها باستثناء عينة الزيت. وعُبر عن قيمة البيروكسيد بالعلاقة التالية:

$$P_v = (V_2 - V_1) N \times 1000 / W \text{ (ملي مكافئ / كغ دهن)}$$

حيث إن: N: نظامية ثيوسلفات الصوديوم.

W: وزن العينة المدروسة (غ).

V₁: الحجم المستهلك من ثيوسلفات الصوديوم لمعايرة الشاهد (مل).

V₂: الحجم المستهلك من ثيوسلفات الصوديوم لمعايرة العينة (مل).

3-2-5. تقدير مؤشرات اللون (L، a، b):

عُيِّنت مؤشرات اللون للعينات المدروسة، السطوع (L) والاحمرار (a) والاصفرار (b) باستخدام جهاز قياس اللون (Hunter Lab) من النوع (Chroma Meter CR-410-ياباني)، وعویر الجهاز مسبقاً بالقرص الأبيض المزود به الجهاز (Bhat and Hafiza.,2016).

3-2-6. التقييم الحسي:

أُجري التقييم الحسي لعينات الكاب كيك Cupcake المدعمة بتركيزات مختلفة من المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان باستخدام اختبار Hedonic Scale وأُعطي كل صفة من الصفات الحسية 5 درجات،

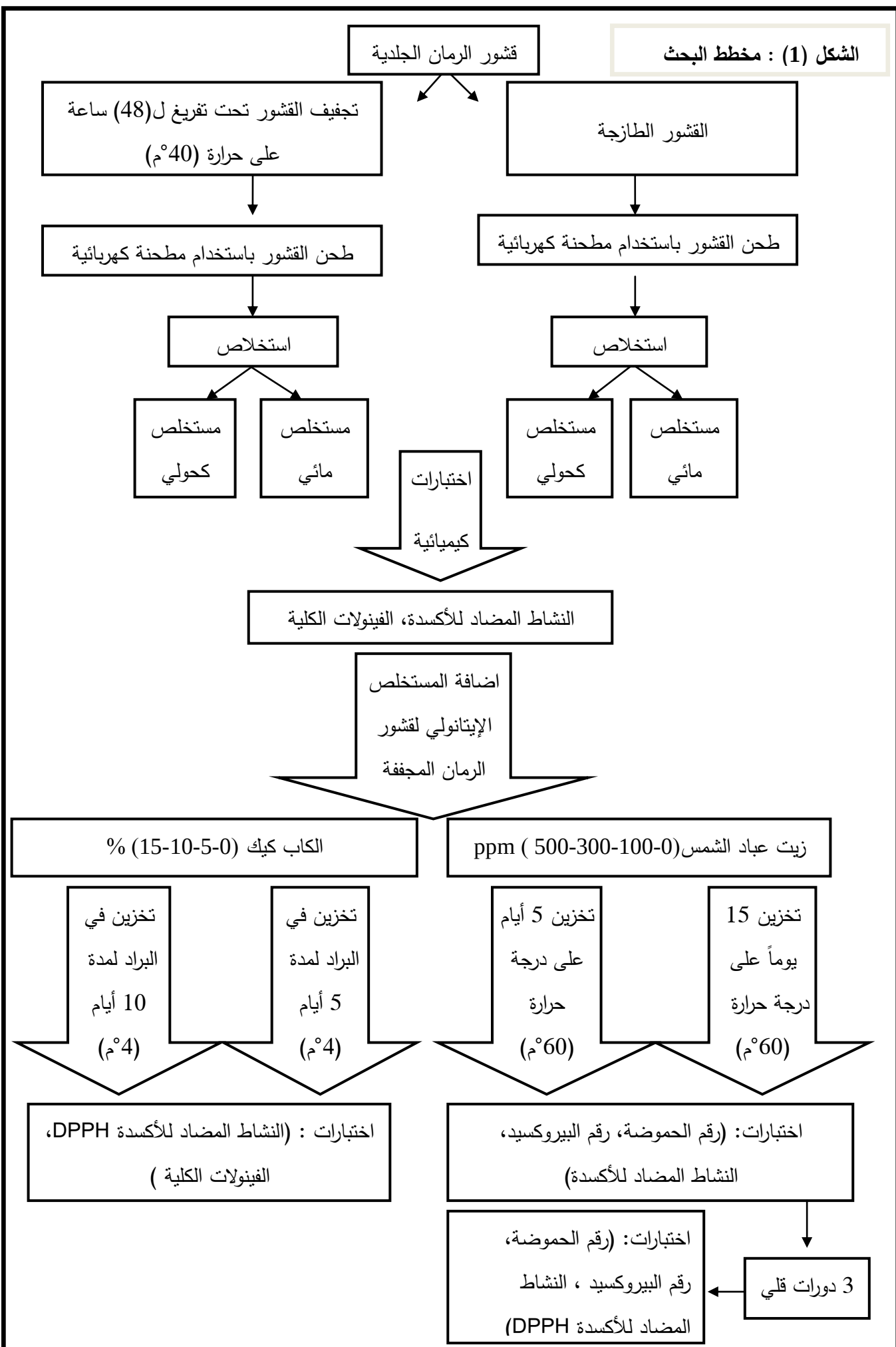
طُلب من المقيمين وعددهم 10 تقييم اللون والطعم والرائحة والتقييم العام من خلال نموذج أُعدَّ لهذه الغاية (Lawless and Heymann,1999) وأعطيت العينات أرقاماً متسلسلة دون الإشارة إلى أي معلومات عن طبيعة معاملته.

المعاملة	الطعم	اللون	الرائحة	القوام	القبول العام
1					
2					
3					
4					

1: غير مقبول، 2: ضعيف، 3: متوسط، 4: جيد، 5: ممتاز

3-2-7. التحليل الإحصائي:

حُللت نتائج اختبارات عينات كل من مستخلصات قشور الرمان وزيت عباد الشمس وعينات الكاب كيك (Cupcake) إحصائياً باستخدام برنامج Minitab 14، وأُجريت الاختبارات بمعدل 3 مكررات لكل تجربة ثم حسبت المتوسطات والانحراف المعياري لها وأُصدق فرق معنوي H.S.D عند مستوى معنوية ($p < 0.05$)، وسُجلت النتائج (كمتوسطات $\pm$ الانحراف المعياري).



الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

4- النتائج والمناقشة:

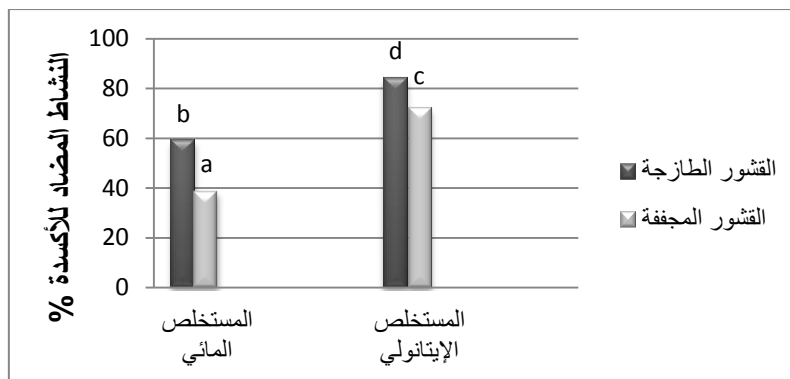
4-1-1- مستخلصات قشور الرمان الطازجة والمجففة (الإيتانولية/المائية):

4-1-1-1. دراسة تأثير عملية التجفيف في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لقشور

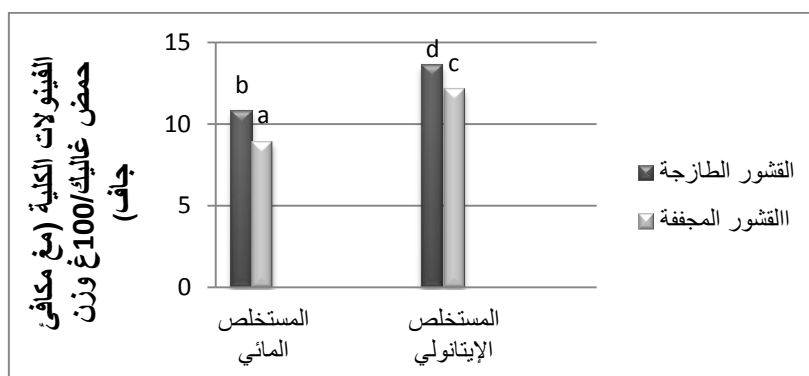
الرمان:

تشير النتائج الموضحة في كل من الشكل (2) و (3) إلى تأثير عملية التجفيف في النشاط المضاد للأكسدة والمحتوى من الفينولات الكلية لقشور الرمان. وقد تفوق المستخلص المائي والإيتانولي للقشور الطازجة في النشاط المضاد للأكسدة على المستخلص المائي والإيتانولي للقشور المجففة بنسبة وقدرها (35، 15%) على التوالي، كما تفوق أيضاً بكمية الفينولات الكلية بنسبة (18، 12%) على التوالي، وهذا يعزى لتأثير درجة حرارة التجفيف، وتعد درجة الحرارة من أهم العوامل التي تؤثر في نشاط مضادات الأكسدة. بشكل عام، يتسبب التسخين في تسريع تفاعلات البدء، وبالتالي انخفاض في نشاط مضادات الأكسدة، كما بين (Yanishlieva.,2001) أن التغيرات في درجة الحرارة قد تغير آلية عمل بعض مضادات الأكسدة أو تؤثر فيها بطريقة أخرى.

وتتفق نتائج هذه الدراسة مع (Al-Rawahi et al.,2013) الذي درس كمية الفينولات في قشور الرمان الطازجة والمجففة بطرائق تجفيف مختلفة، وخلص إلى أن جميع طرائق التجفيف قللت من المحتوى الفينولي لقشور الرمان حيث انخفضت القيمة من 4866 مغ / 100غ مادة جافة للمستخلص المائي لقشور الرمان الطازجة إلى 4030 مغ / 100غ مادة جافة للمستخلص المائي لقشور الرمان المجففة، ومن 4530 مغ / 100غ مادة جافة للمستخلص الإيتانولي لقشور الرمان الطازجة إلى 1200 مغ / 100غ مادة جافة للمستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة، كما أشار أيضاً Sorour وزملاؤه (2014) في دراستهم للنشاط المضاد للأكسدة لقشور الرمان الطازجة والمجففة أن النشاط المضاد للأكسدة لعينات القشور المجففة (56.90%) كان منخفضاً بالمقارنة بالقشور الطازجة (90.22%).



الشكل (2): تأثير عملية التجفيف في النشاط المضاد للأكسدة لقشور الرمان



الشكل (3) : تأثير عملية التجفيف في محتوى الفينولات الكلية لقشور الرمان

2-1-4. دراسة تأثير نوع المذيب في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لمستخلص

قشور الرمان:

يبين الجدول (11) النشاط المضاد للأكسدة لمستخلصات قشور الرمان الإيثانولية والمائية، وقد أظهر التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين المستخلصات، فاختيار المذيبات يؤثر في النشاط المضاد للأكسدة في المستخلص (Singh and Immanuel, 2014)، حيث بلغ (72.1%) للمستخلص الإيثانولي للقشور المجففة، و(38.76%) للمستخلص المائي للقشور المجففة. وهذه النتائج قريبة مما أشار إليه (السباعي، 2013)، حيث قُدِّرَ النشاط المضاد للأكسدة بطريقة DPPH للمستخلص المائي والإيثانولي لقشور الرمان الطائفي اليميني (45.57%) و(60.51%) على التوالي، كما وجد (Singh et al., 2002) أن كمية مضادات الأكسدة في

مستخلصات القشور الإيتانولية مقدرة كحمض التانيك كانت (35%) وفي المستخلصات المائية كانت (12%). في حين اختلفت النتائج مع (Malviya et al., 2014) الذي اختبر مجموعة من المذيبات أظهرت مستخلصات قشور الرمان فيها تبايناً كبيراً في نشاطها الكابح لجذور DPPH، وتفوق الماء على الإيتانول في النشاط المضاد للأكسدة (76.21% و 69.67%) على التوالي.

الجدول (11): النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية لمستخلصات قشور الرمان

نوع المستخلص	المستخلص المائي لقشور الرمان المجففة	المستخلص المائي لقشور الرمان الطازجة	المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة	المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان الطازجة
النشاط المضاد لأكسدة %	38.76 ^a ±0.676	58.92 ^b ±1.180	72.10 ^c ±0.537	83.95 ^d ±0.427
الفينولات الكلية *	8.90 ^a ±0.043	10.75 ^b ±0.085	12.10 ^c ±0.050	13.60 ^d ±0.258

– القيمة تمثل متوسط ثلاث مكررات مع الانحراف المعياري (SD).

– تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (5% < P).

– *مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف.

يبين الجدول (11) أيضاً نسبة الفينولات الكلية لمستخلصات قشور الرمان الإيتانولية والمائية مقدرة بـ (مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف)، حيث أظهر التحليل الإحصائي بوضوح أن المذيب يؤثر في استخلاص الفينولات، وقد وجدت فروق معنوية بين المستخلصات، وبلغت نسبة الفينولات الكلية (12.10 مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف) للمستخلص الإيتانولي للقشور المجففة، و (8.90 مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف) للمستخلص المائي للقشور المجففة. اتفقت هذه النتائج مع (السباعي، 2013) الذي ذكر أن نسبة الفينولات الكلية في المستخلص الإيتانولي كانت أعلى من المستخلص المائي بقيمة (12.22) و(11.4) غ حمض غاليك/100 غ مستخلص مجفف على التوالي، كما اتفقت مع Yasoubi وزملاؤه (2007) الذي عملوا على استخلاص مركبات مضادات الأكسدة من قشور الرمان الإيراني، واتضح أن كمية الفينولات

الكلية مقدرة كحمض تانيك تفوقت في المستخلص الإيثانولي (23%) عن المستخلص المائي (12%)، في حين خالفت النتائج ما توصل إليه Wang وزملاؤه (2011) في دراستهم التي أعطى فيها المستخلص المائي إنتاجية أعلى لكمية الفينولات مقدرة بـ (غ مستخلص/100 غ قشر رمان على أساس الوزن الجاف) حيث بلغت (43.19) للمستخلص المائي و(17.71) للمستخلص الإيثانولي. يمكن أن يُعزى التباين في إجمالي الفينولات بين الدراسات جزئياً إلى الاختلافات في ظروف الاستخراج (حجم المسحوق، وقت الاستخراج، نسبة المواد الصلبة/المذيبات، إلخ).

توضح النتائج المشار إليها آنفاً تفوق مستخلص قشور الرمان الإيثانولي على المستخلص المائي من حيث النشاط المضاد للأكسدة وكمية الفينولات الكلية، وهذه النتيجة يؤيدها ما جاء في دراسة لـ Kennas وزملاؤه (2020) حيث قارن الباحثان النشاط المضاد للأكسدة وكمية الفينولات الكلية في مستخلصات قشور الرمان لخمسة مذيبات، وتبين أن المستخلص الإيثانولي تفوق على جميع المذيبات المدروسة حيث بلغت كمية الفينولات الكلية 638.17 مغ مكافئ حمض غاليك/غ، والنشاط المضاد للأكسدة 78.92% مقدراً بطريقة (ABTS)، في حين بلغت كمية الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة للمستخلص المائي للقشور 42.05 مغ مكافئ حمض غاليك/غ و17.89% على التوالي، فضلاً عن إعطاء المستخلص المائي مردودية أقل بكثير من المستخلص الإيثانولي بنسبة 44%. كما أن تبخر الماء يستغرق وقتاً أطول ويتطلب المزيد من استهلاك الطاقة، مما يقلل من استخدامها. لهذا السبب ينصح بعض الباحثين بعدم استخدام الماء لاستخراج الفينولات، على الرغم من سلامته وانخفاض سعره (Malviya.,2014). في حين فضّل بعض الباحثين استخدام مذيب الإيثانول لاستخلاص الفينولات من قشور الرمان وذلك لإمكانية الحصول منه على مستخلص غني جداً بالفينولات (Singh and Immanuel.,2014) و (Wang.,2011). لهذا تم اختيار المستخلص الإيثانولي لإضافته لعينات كل من زيت عباد الشمس والكاب كيك (cup cake)، ولما كان استخدام القشور المجففة أسهل من القشور الطازجة للحصول على المستخلص في أي وقت نريده لأن فاكهة الرمان لا تتوافر في جميع أوقات السنة

بالإضافة لسرعة قابليتها للفساد، لذا تم اختيار استخدام المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة في هذه الدراسة.

4-2- دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة في مؤشرات جودة عينات الكاب كيك (cup cake):

4-2-1. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة في النشاط المضاد للأكسدة والمركبات الفينولية الكلية لعينات الكاب كيك (cup cake):

يبين الجدول (12) النشاط المضاد للأكسدة والمحتوى من الفينولات الكلية في عينات الكاب كيك المدعمة بتركيزات مختلفة من مستخلص قشور الرمان، وقد أثرت إضافة المستخلص بنسب مختلفة (5، 10، 15%) تأثيراً معنوياً ($P < 5\%$) في رفع نسبة النشاط المضاد للأكسدة، إذ ارتفع من (17.65%) في عينة الكاب كيك الشاهد إلى (39.58، 49.20، 55.65%) وفي الكاب كيك المدعم بنسبة (5، 10، 15%) من مستخلص قشور الرمان على التوالي. وهذا يتفق مع ما ذكره (Ismail et al., 2016) الذي قام بدراسة تأثير مستخلصات قشور الرمان في الثبات التأكسدي للكوكيز، وأضاف المستخلص بنسبة (0.25، 0.50، 1%) فكان النشاط المضاد للأكسدة (22.14، 37.30، 48.60%) على التوالي.

قام Abozed وزملاؤه (2020) بدراسة مماثلة على البسكويت، إذ تمّ تدعيم عينات البسكويت عن طريق إضافة مستخلص قشور الرمان بتركيزات مختلفة إلى قشدة الماعز التي ستخلط مع عجينة البسكويت، وأظهرت البيانات التي تم الحصول عليها من الدراسة ارتفاعاً ملحوظاً في النشاط المضاد للأكسدة في البسكويت، حيث أدت إضافة المستخلص إلى اختلافات معنوية ($P < 5\%$) بين العينات في النشاط المضاد للأكسدة ومجموع الفينولات الكلية، فكان النشاط المضاد للأكسدة الأعلى (38.66%) في عينات البسكويت التي احتوت 2% من المستخلص حيث ارتفع بنسبة (46%) عن عينة الشاهد التي بلغ النشاط المضاد للأكسدة فيها (21.0%).

تعد الطبيعة المتنوعة للمركبات الفينولية في قشور الرمان أحد أهم الأسباب المعززة لكبح الجذور الحرة، فهناك ارتباط وثيق بين تركيز الفينولات وارتفاع النشاط المضاد للأكسدة (Zahin et al., 2010). تحتل الفلافونيدات والتانينات القابلة للتحلل بالماء (الإيلاجيتانين والجالوتانين) الجزء الأكبر والأساسي من مكونات المركبات الفينولية في قشور الرمان، ويتم توفير 92% من النشاط المضاد للأكسدة لـ قشور الرمان بواسطة الإيلاجيتانين (Fischer et al., 2011).

جدول (12): تأثير إضافة مستخلص قشور الرمان الإيتانولي في النشاط المضاد للأكسدة والفينولات الكلية

لعينات الكاب كيك (cup cake)

العينة	النشاط المضاد للأكسدة %	الفينولات الكلية *
الشاهد 0%	17.65 ^a ±0.90	85.70 ^a ±3.83
مستخلص قشور الرمان 5%	39.58 ^b ±1.19	493.26 ^b ±4.61
مستخلص قشور الرمان 10%	49.20 ^c ±1.40	729.69 ^c ±4.03
مستخلص قشور الرمان 15%	55.65 ^d ±1.79	882.64 ^d ±3.65

— *مغ مكافئ حمض غاليك /100غ وزن جاف.

— القيمة تمثل متوسط ثلاث مكررات مع الإنحراف المعياري (SD).

— تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P<5%).

أدت عملية إضافة مستخلص قشور الرمان إلى ارتفاع معنوي في محتوى الكاب كيك من المركبات الفعالة حيويًا، إذ ارتفعت نسب هذه المكونات معنويًا بزيادة نسبة إضافة مستخلص قشور الرمان، الجدول (12). فبلغ محتوى الفينولات الكلية في عينة الكاب كيك المدعمة بنسبة 15% (882.64) مغ مكافئ حمض غاليك/100غ وزن جاف مقارنةً بعينة الكاب كيك الشاهد (85.707) مغ مكافئ حمض غاليك/100غ وزن جاف. وهذا يتوافق مع نتائج كل من (Ismail et al., 2016) و (Abozed et al., 2020). ويلاحظ من النتائج

أنه على الرغم من تحليل جزء من المركبات الفينولية في أثناء الخَبز إلا أنه بقي المجموع الكلي للفينولات والنشاط المضاد للأكسدة في الكاب كيك المدعم عند مستويات عالية.

أشار (Ismail et al., 2014) إلى أن تدعيم الكوكيز بقشور الرمان بنسب مختلفة كان يضيف للعينات تراكيز من الفينولات الكلية أقل بكثير مما تضيفه المستخلصات، وهذا يظهر بشكل واضح عند مقارنة نتائجه بنتائج الدراسة الحالية، حيث بلغ محتوى الفينولات الكلية في عينات الكوكيز المدعمة بقشور الرمان بنسبة 6% (147.30) مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف، مقارنةً بعينات الكاب كيك في دراستنا والمدعمة بنسبة 5% (493.26) مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف.

2-2-4. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في مؤشرات اللون لعينات الكاب كيك (cup cake) المدروسة:

يوضح الجدول (13) قيم مؤشرات اللون، السطوع (L) والاحمرار (a) والاصفرار (b) لعينات الكاب كيك المدعمة بتراكيز مختلفة من مستخلص قشور الرمان. أظهر التحليل الإحصائي وجود تأثير معنوي لتركيز المستخلص المضاف في المؤشرات اللونية المدروسة لعينات الكاب كيك. كانت عينة الشاهد هي الأكثر سطوعاً فأظهرت أعلى قيمة لمؤشر السطوع L (84.22) والتي انخفضت بشكل مضطرب مع زيادة نسبة المستخلص المضاف إلى (70.74) عند نسبة تدعيم 15 % من مستخلص قشور الرمان المجففة.

لم يكن هناك فرق معنوي بالنسبة لقيم مؤشر الاصفرار b بين عينة الشاهد (35.34) والعينة المدعمة بنسبة (5 %) من المستخلص (34.99)، لكن انخفضت قيمة المؤشر انخفاضاً معنوياً ملحوظاً بزيادة النسبة المضافة من المستخلص حتى (15 %) حيث بلغت (23.61)، كما لوحظت هذه التغيرات في مظهر عينات الكاب كيك، فكانت عينة الشاهد تميل إلى الأصفر اللامع، في حين كانت العينة المدعمة بأكثر نسبة من المستخلص تميل إلى البني المحمر الغامق.

ازدادت نسبة الاحمرار a مع زيادة نسبة المستخلص في العينة كما هو متوقع بسبب زيادة مستوى الصبغات في مستخلص قشور الرمان المركز وارتفاع محتواه من الأنثوسيانينات حيث كانت أعلى قيمة للمؤشر a (13.68) عند إضافة المستخلص بنسبة (15 %)، وبلغ في عينة الشاهد (1.12). وتجدر الإشارة إلى أن الاختلافات الصغيرة في درجة اللون التي تم اكتشافها قد تكون أيضاً بسبب تفاعلات ميلارد Maillard.

الجدول (13): مؤشرات اللون (b,a,L) في عينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بالمستخلص الإيتانولي

لقشور الرمان المجففة

عينات الكاب كيك	L*	a*	b*
الشاهد	84.22 ^a ± 1.03	1.12 ^d ± 0.02	35.34 ^a ± 0.49
مستخلص قشور الرمان 5%	78.82 ^b ± 1.22	4.12 ^c ± 0.25	34.99 ^a ± 0.19
مستخلص قشور الرمان 10%	75.18 ^c ± 1.06	10.34 ^b ± 0.10	25.06 ^b ± 0.21
مستخلص قشور الرمان 15%	70.74 ^d ± 0.56	13.68 ^a ± 0.46	23.61 ^c ± 0.34

L*: lightness a*: redness b*: yellowness

_ تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى ثقة (P<5%).

3-2-4. دراسة تأثير التخزين في المحتوى من المركبات الفينولية والنشاط المضاد

للأكسدة لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بالمستخلص الإيتانولي لقشور

الرمان المجففة:

يوضح الشكل (4) و (5) تأثير التخزين في المحتوى من المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة للعينات المدروسة. أظهرت نتائج الدراسة أن التخزين لمدة (10) أيام في البراد عند درجة حرارة (4°م) أثر بشكل معنوي في خفض محتوى الكاب كيك المدعم بمستخلص قشور الرمان من الفينولات الكلية، إذ انخفض محتوى الفينولات الكلية في عينة الكاب كيك المدعمة بنسبة (5%) من (493.26) إلى (466.91) مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف، وانخفض في عينة الكاب كيك المدعمة بنسبة (10%) من (729.69) إلى (707.43) مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف، في حين انخفض من (882.64) إلى (860.01) مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف في عينة الكاب كيك المدعمة بنسبة (15%). ومع ذلك لوحظ أن محتوى الفينولات في عينات الكاب كيك المدعمة بمستخلص قشور الرمان كان أعلى مقارنة مع عينة الشاهد بعد التخزين لمدة (10) أيام حيث بلغ (75.31) مغ مكافئ حمض غاليك/100 غ وزن جاف. يبين الشكل (4) تفوق عينات الكاب كيك المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة على عينة الشاهد، حيث أبدت فعالية أكبر في الحفاظ على محتوى فينولي عالٍ مع الزمن.

نظراً لاحتواء الكاب كيك على نسبة عالية من الدهون، فهو أكثر عرضة لخطر التغيرات التأكسدية مع التخزين. تبين نتائج هذه الدراسة أن تدعيم الكاب كيك بمستخلص قشور الرمان ساعد على استقرار أعلى للعينات المدروسة ضد الأكسدة بعد تخزينها على درجة حرارة الغرفة (25°م) لمدة (10) أيام مقارنة بعينة الشاهد. انخفض النشاط المضاد للأكسدة والمقدر باستخدام طريقة (DPPH) معنوياً (P<5%) في أثناء التخزين لجميع عينات الكاب كيك الشاهد والعينات المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة، حيث انخفض النشاط المضاد للأكسدة بنسبة وقدرها (3.57%) في عينة الكاب كيك المدعمة بالمستخلص بنسبة (5%) من مستخلص

قشور الرمان، وانخفض بنسبة وقدرها (7.47%) في عينة الكاب كيك المدعمة بالمستخلص بنسبة (10%) ، أما في عينة الكاب كيك المدعمة بالمستخلص بنسبة (15%) فبلغت نسبة الانخفاض فيها (3.73%)، في حين كانت أعلى قيمة انخفاض في النشاط المضاد للأكسدة بعد التخزين لمدة (10) أيام في عينة الشاهد حيث بلغت (40.56%)، وبالتالي لا يُعدّ التغيير في النشاط المضاد للأكسدة لعينات الكاب كيك المدعمة بمستخلص قشور الرمان في أثناء التخزين انخفاضاً جذرياً مقارنة بعينة الشاهد، حيث ساعدت هذه المستويات المتزايدة من الفينولات الكلية في عينات الكاب كيك المدعمة بنسب مختلفة من مستخلص قشور الرمان في تحسين خصائصها المضادة للأكسدة وتحسين مدة صلاحيتها، وتعد قشور الرمان مصدراً وفيراً للمواد الكيميائية النباتية التي تتميز بخاصية إزالة الجذور الحرة وبشكل خاص مركب الإيلاجيتانين ellagitannins. يبين الشكل (5) تفوق عينات الكاب كيك المدعمة بمستخلص قشور الرمان على عينة الشاهد حيث أبدت فعالية أكبر في الحفاظ على نشاط مضاد للأكسدة عالٍ مع الزمن.

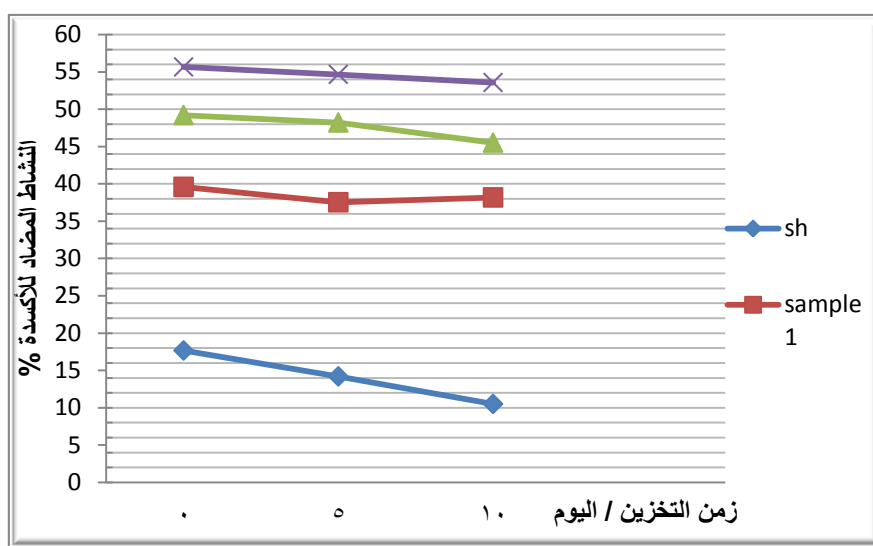
تتوافق هذه النتائج مع (Kaderides et al.,2020)، حيث دَعَمَ الباحث عجينة بسكويت الكوكيز بمستخلص قشور الرمان، وخزّن العينات ضمن حرارة الغرفة لمدة 20 يوماً، ولوحظ أن المحتوى الفينولي الكلي والنشاط المضاد للأكسدة في عينات بسكويت الكوكيز المدعمة بمستخلص قشور الرمان كان أعلى بكثير من عينة الشاهد طوال مدة التخزين بأكملها بحدود (8) مغ مكافئ حمض غاليك/ غ و(80)% على التوالي. في حين بلغت (2) مغ مكافئ حمض غاليك/ غ و(20)% بالنسبة لعينة الشاهد.



حيث: sh: عينة الشاهد
 Sample2: عينة الكاب كيك المدعمة بـ 10% من المستخلص
 sample1: عينة الكاب كيك المدعمة بـ 5% من المستخلص
 sample3: عينة الكاب كيك المدعمة بـ 15% من المستخلص

الشكل (4): تأثير التخزين في المحتوى من الفينولات الكلية لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة

بمستخلص قشور الرمان المجففة



حيث: sh: عينة الشاهد
 Sample2: عينة الكاب كيك المدعمة بـ 10% من المستخلص
 sample1: عينة الكاب كيك المدعمة بـ 5% من المستخلص
 sample3: عينة الكاب كيك المدعمة بـ 15% من المستخلص

الشكل (5): تأثير التخزين في النشاط المضاد للأكسدة لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بمستخلص

قشور الرمان المجففة

4-2-4. الخصائص الحسية لعينات الكاب كيك (cup cake) المدعمة بالمستخلص

الإيتانولي لقشور الرمان المجففة:

لم تظهر نتائج التقييم الحسي المبينة في الجدول (14) وجود أي فروق معنوية بين عينات الكاب كيك من حيث القوام، أما من حيث الطعم فقد تفوقت عينة الكاب كيك المدعمة بنسبة 5% على عينة الكاب كيك 10% و 15%، وهذا يعود إلى زيادة الطعم اللاذع بسبب ارتفاع نسبة محتويات حمض التنيك (Huadng et al., 2005).

الجدول (14): نتائج الخصائص الحسية للكاب كيك المدعم بمستخلص قشور الرمان المجففة

العينة	كاب كيك الشاهد	*كاب كيك 5%	*كاب كيك 10%	*كاب كيك 15%
الطعم	4.3 ^{ab} ±0.48	4.7 ^a ±0.48	4.0 ^{bc} ±0.73	3.7 ^c ±0.55
اللون	4.5 ^b ±0.52	4.8 ^a ±0.42	4.8 ^a ±0.42	2.7 ^c ±0.55
الرائحة	4.9 ^a ±0.31	4.7 ^{ab} ±0.48	4.4 ^b ±0.51	3.9 ^c ±0.55
القوام	4.4 ^a ±0.69	4.6 ^a ±0.69	4.5 ^a ±0.73	4.4 ^a ±0.55
القبول العام	4.65 ^a ±0.41	4.6 ^a ±0.56	4.4 ^b ±0.55	3.8 ^b ±0.55

_ تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية بين المتوسطات عند مستوى ثقة (P<5%).

- * 5، 10، 15% نسبة مستخلص قشور الرمان المركز المضاف عند تصنيع الكاب كيك.

تظهر النتائج الواردة في الجدول (14) تفوق عینتي الكاب كيك المدعم بـ (5 و 10%) على عینتي الشاهد و (15%) من حيث اللون ، في حين تفوقت عينة الشاهد عن بقية المعاملات من حيث الرائحة. أما من حيث القبول العام فقد تفوقت عينة الشاهد وعينة الكاب كيك (5%) على العینتين الأخريين (15 و 10%).

3-4- دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في مؤشرات

جودة عينات زيت عباد الشمس:

1-3-4. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في النشاط

المضاد للأكسدة لزيت عباد الشمس المخزن على درجة حرارة (60°م):

يبين الجدول (15) النشاط المضاد للأكسدة لكل من عينات الزيت المدعمة بالمستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة وعينة الشاهد خلال مدة التخزين ضمن الظروف المسرعة للأكسدة. أدى استخدام مستخلص قشور الرمان في الزيت إلى قدرة أكبر على تثبيط الجذور الحرة مع ازدياد نسبة التدعيم بالمستخلص، حيث بلغت نسبة النشاط المضاد للأكسدة في عينة الشاهد (47.01%) وارتفعت معنوياً ($P < 5\%$) إلى (64.26، 81.63، 92.51 %) في عينات زيت عباد الشمس المدعمة بالمستخلص الإيتانولي بتركيز (100، 300، 500 ppm) على التوالي. يعزى ذلك إلى أن مستخلصات قشور الرمان تعد مصدراً كبيراً لمضادات الأكسدة الطبيعية وهذا عائد إلى غناها بالمركبات الفينولية التي لها نشاط جيد في تثبيط الجذور الحرة (Rajan et al., 2011).

انخفضت قدرة الزيت المضادة للأكسدة ضمن الظروف المسرعة للأكسدة بشكل كبير جداً لعينة الشاهد حيث انخفضت في نهاية التجربة بنسبة (57 %)، ويعزى هذا إلى أن درجة الحرارة العالية ضمن ظروف تسريع الأكسدة أدى لتسريع تحلل واستهلاك محتوى الزيت من المركبات المضادة للأكسدة الفعالة في تثبيط الجذور الحرة لجذر DPPH (Tomaino et al., 2005)، في حين انخفضت القدرة المضادة للأكسدة بمعدل أقل للعينات المدعمة بالمستخلص فبلغت نسبة الانخفاض (38 و 28%) للعينات المدعمة بنسبة (100 و 300 ppm) على التوالي في نهاية مدة التخزين، أما التدعيم بنسبة (500 ppm) من المستخلص فقد كان له الأثر الأكبر في الحفاظ على نشاط مضاد أكسدة أعلى للزيت إذ بلغت نسبة الانخفاض فقط (23 %) في نهاية مدة التخزين، وهذا عائد إلى المحتوى العالي من المركبات الفينولية لمستخلص قشور الرمان وبخاصة (الفلافونيدات والتانينات)

الذي يرفع من قدرته على كبح الجذور الحرة في أثناء عملية الأكسدة وهو السبب في إبطاء تكوين بيروكسيد الهيدروجين في العينات المدعمة مقارنةً بـ عينة الشاهد وبالتالي زيادة العمر الافتراضي للمنتج (Caliskan and Bayazit.,2012). تتوافق النتائج مع ما تم التوصل إليه من قبل El_said وزملاؤه (2014) الذين بيَّنوا أن مستخلصات قشور الرمان ذات التركيز الأعلى لها قدرة على تثبيط الجذور الحرة وبشكل مشابه لمضادات الأكسدة الاصطناعية.

الجدول (15): تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في النشاط المضاد للأكسدة لزيت عباد الشمس المخزن عند 60°م.

زمن التخزين/يوم			تركيز المستخلص
15	5	0	في عينات الزيت (ppm)
19.85 ⁱ ± 0.96	32.26 ^h ± 1.257	47.01 ^f ± 1.62	0
39.41 ^g ± 2.05	53.69 ^e ± 0.288	64.26 ^d ± 3.03	100
57.98 ^e ± 1.29	74.06 ^c ± 1.207	81.63 ^b ± 2.18	300
71.166 ^c ± 1.106	84.23 ^b ±1.765	92.51 ^a ±2.09	500

- القيمة تمثل متوسط ثلاثة مكررات مع الانحراف المعياري (SD).

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P<5%).

2-3-4. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في نسبة

الحموضة الحرة (FFA) لزيت عباد الشمس المخزن على درجة حرارة (60°م):

حدد تطور الحموضة الحرة في أثناء التخزين لعينات زيت عباد الشمس المختلفة عند درجة حرارة 60°م، وتمت جدولة النتائج في الجدول (16). يمكن ملاحظة أن الاحتفاظ بعينات الزيت عند 60°م لمدة 15 يوماً أدى إلى زيادة نسبة الحموضة الحرة في جميع المعاملات المدروسة، ويعود هذا إلى تكوين الأحماض الدهنية الحرة

في أثناء التحلل المائي لثلاثي الغليسرين (Aladedunye and Przybylski, 2013). قد يكون تشكيل الأحماض الدهنية الحرة مقياساً مهماً لتزنخ الأطعمة (Zhang et al., 2010). أوضحت النتائج المشار إليها في الجدول (16) وجود فروق معنوية ($P < 5\%$) في محتوى الأحماض الدهنية الحرة بين عينة الشاهد والعينات المدعمة بالمستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة خلال مراحل التخزين المختلفة، حيث زادت نسبة الحموضة الحرة في عينة الشاهد من (0.102 % كحمض الأوليك) في الزمن صفر إلى (0.268 % كحمض أوليك) بعد مرور 5 أيام في الفرن عند درجة حرارة 60°م ووصلت إلى (0.72 % كحمض أوليك) بعد مرور 15 يوماً من التخزين. أما بقية المعاملات المدروسة الأخرى فكانت تميل إلى تقليل محتوى الأحماض الدهنية الحرة، كما لم يلاحظ وجود فروق معنوية في نسبة الحموضة الحرة بين العينات المدعمة بالتراكيز المختلفة بعد 5 أيام، لكن بعد مرور 15 يوماً من التخزين عند درجة حرارة 60°م زادت نسبة الحموضة الحرة بفروق معنوية واضحة بين عينات الزيت المدعمة بالمستخلص الإيتانولي بالتراكيز (100، 300، 500 ppm) لتصبح (0.301، 0.279، 0.257 % كحمض أوليك) على التوالي.

تعزا قدرة العينات المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة على تخفيض نسبة الحموضة الحرة في الزيت إلى المحتوى العالي من مركبات البوليفينول الموجودة في قشور الرمان (حوالي 73%) مقارنة بمركبات البوليفينول من البذور (حوالي 27%) حيث يزداد النشاط المضاد للأكسدة طردياً مع زيادة هذه البوليفينولات (Wang et al., 2011).

توافقت هذه النتائج مع (Abd El-aaH and Halawish, 2010) و (Lutfullah et al., 2015) الذين بينوا تفوق مستخلصات مخلفات التصنيع الغذائي الطبيعية في خفض نسبة الأحماض الدهنية الحرة في الزيوت النباتية على مضادات الأكسدة الصناعية، كما توافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه (Zhang et al., 2010) الذين وجدوا أن إضافة مضادات الأكسدة أدت إلى انخفاض كبير في تشكيل الأحماض الدهنية الحرة في زيت عباد الشمس خلال 21 يوماً من التخزين عند 60°م. وتوافقت مع (Ibraheem and Abou-Zaid, 2014) الذين قاموا بتدعيم زيت عباد الشمس بتراكيز مختلفة من مستخلص

قشور الرمان ضمن ظروف مسرعة للأكسدة ووجدوا أن أفضل تأثير معنوي على تأخير الحموضة الحرة (مقارنة بعينة الشاهد) كان لمستخلص قشور الرمان (900 ppm).

الجدول (16): تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في نسبة الحموضة الحرة لزيت

عباد الشمس المخزن عند 60°م

زمن التخزين / يوم			تركيز المستخلص
15	5	0	في عينات الزيت (ppm)
0.72 ^g ± 0.012	0.268 ^{de} ± 0.0057	0.103 ^a ± 0.0064	0
0.301 ^f ± 0.001	0.202 ^c ± 0.0072		100
0.279 ^e ± 0.002	0.186 ^{bc} ± 0.007		300
0.257 ^d ± 0.0043	0.172 ^b ± 0.002		500

القيمة تمثل متوسط ثلاث مكررات مع الانحراف المعياري (SD).

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P<5%).

3-3-4. دراسة تأثير إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في قيمة رقم

البيروكسيد لزيت عباد الشمس المخزن على درجة حرارة (60°م):

تعد قيمة البيروكسيد (PV) مؤشراً على ترنخ الزيت، ومع استمرار الأكسدة فإنها تميل إلى إنتاج الجذور الحرة والتفاعل مع الجزيئات الأخرى لإنتاج الألدهيدات والأجسام الكيتونية التي تنتج نكهة غريبة (Mohdaly et al., 2010). تأثرت قيمة البيروكسيد معنوياً مع مراحل المعالجة والتخزين. أثر التفاعل المشترك لكلا العاملين في قيمة البيروكسيد بشكل ملحوظ، ويشير الجدول (17) إلى مدى التغيرات في قيم رقم البيروكسيد لعينات الزيت المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة وعينة الشاهد خلال 15 يوماً من التخزين ضمن ظروف مسرعة للأكسدة في الفرن على درجة حرارة 60°م.

لوحظ وجود زيادة مستمرة في قيم رقم البيروكسيد مع زيادة مدة التخزين في جميع العينات، وتُعزى هذه الزيادة إلى زيادة تكوين الهيدروبيروكسيدات. كان معدل الزيادة الأولية في قيم البيروكسيد بطيئاً جداً باستثناء عينة الشاهد غير المدعمة والتي بدأت في الزيادة بشكل أسرع بعد مرور 5 أيام لترتفع من (3.12) إلى (40.4 ميلي مكافئ O_2 /كغ زيت)، في حين كان تأثير مستخلص قشور الرمان الإيثانولي في عينات الزيت المدعمة عند (100 و 300 و 500 ppm) مهماً ومعنوياً في تقليل قيم رقم البيروكسيد مقارنةً بالشاهد، ففي نهاية تجربة الأكسدة المسرعة (بعد 15 يوماً) تطورت قيمة رقم البيروكسيد بسرعة ووصلت إلى (108.00 ميلي مكافئ O_2 /كغ زيت) في عينة الشاهد وتشير القيم المرتفعة لرقم البيروكسيد فيها إلى أقصى كثافة للمنتجات المؤكسدة الأولية. تمّ تقليل قيم رقم البيروكسيد معنوياً ($P < 5\%$) إلى (23.85 و 19.44 ميلي مكافئ O_2 /كغ زيت) في عينات زيت عباد الشمس عند استخدام مستخلص قشور الرمان الإيثانولي كمضاد أكسدة طبيعي بنسبة (100 و 300 ppm) على التوالي. سُجِّل أفضل تأثير في تخفيض قيمة رقم البيروكسيد في زيت عباد الشمس لمستخلص قشور الرمان بتركيز (500 ppm)، حيث بلغت قيمته في نهاية التجربة (13.47 ميلي مكافئ O_2 /كغ زيت) فقط بعد مرور 15 يوماً من التخزين على درجة حرارة 60°م. يمكن أن تكون القيمة المنخفضة لرقم البيروكسيد لجميع العينات المعاملة بمستخلص قشور الرمان مقارنةً بعينة الشاهد ناتجة عن المحتوى الفينولي الموجود في هذه المستخلصات وقدرتها القوية المضادة للأكسدة فهذه المركبات الفينولية تشتمل على مادة البوليفينول والتي تتضمن العديد من الأنشطة الحيوية مثل القضاء على الجذور الحرة وتثبيط عمليات الأكسدة (Topuz et al., 2014). تشير النتائج بشكل واضح إلى القدرة العالية لمستخلصات قشور الرمان على تحسين الاستقرار التأكسدي والعمر الافتراضي لزيت عباد الشمس وهذا يتوافق مع نتائج كل من (El-Hadary and Taha., 2020)، (Islam et al., 2018).

كما تتوافق مع ما توصل إليه Konsoula (2016)، الذي بين تفوق مستخلص قشور الرمان الميثانولي (1000 ppm) على مضاد الأكسدة الصناعي BHT (200 ppm) في تقليل قيمة البيروكسيد لزيت الذرة بعد 10 أيام من ظروف الأكسدة المسرعة من (346 ميلي مكافئ O_2 /كغ زيت) في عينة الشاهد إلى

(65 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت)، في حين أن مضاد الأكسدة الصناعي كان قادراً فقط على تقليل قيمة رقم البيروكسيد إلى حوالي (80 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت)، كما بين الباحث أن المستخلص الميثانولي لقشور الرمان (1000 ppm) كان أكثر فاعلية في منع تكوين منتجات الأكسدة الأولية في زيت الذرة من مستخلصات بذور وعصير الرمان.

الجدول (17): تأثير إضافة مستخلص قشور الرمان المجففة في قيم رقم البيروكسيد (PV) لزيت عباد الشمس المخزن عند 60°م.

تركيز المستخلص			زمن التخزين/يوم	
في عينات الزيت (ppm)			15	5
0			108.00 ^g ± 2.81	40.4 ^f ± 1.61
100			23.85 ^e ± 1.22	14.55 ^c ± 0.5
300			19.44 ^d ± 0.51	12.04 ^c ± 0.23
500			13.47 ^c ± 0.42	7.89 ^b ± 0.56
			3.12 ^a ± 0.13	

القيمة تمثل متوسط ثلاثة مكررات مع الانحراف المعياري (SD).

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P<5%).

4-3-4. دراسة تأثير عملية القلي في تطور أكسدة عينات زيت عباد الشمس المختلفة والمخزنة على درجة حرارة (60°م):

إن الثبات التأكسدي لزيت القلي هو سمة مهمة فيما يتعلق بجودة الأغذية المقلية. يوضح الجدول (18) تأثير عملية القلي في تطور الأكسدة لجميع عينات الزيت المخزنة على درجة (60°م) والمدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة وعينة الشاهد الخالية من أي مضاد أكسدة طبيعي أو صناعي.

الجدول (18): تأثير عملية القلي في تطور قيم الحموضة الحرة ورقم البيروكسيد والنشاط المضاد للأكسدة

لعينات زيت عباد الشمس المدعم بمستخلص قشور الرمان المجففة والمخزن عند 60°م.

النشاط المضاد للأكسدة (%)		رقم البيروكسيد (ميلي مكافئ O ₂ /كغ زيت)		الحموضة الحرة (% حمض أوليك)		التخزين (يوم)	تركيز المستخلص في عينات الزيت (ppm)
بعد القلي	قبل القلي	بعد القلي	قبل القلي	بعد القلي	قبل القلي		
23.35 ^b	32.26 ^a	92.77 ^b	40.41 ^a	0.542 ^b	0.268 ^a	5	0
13.96 ^b	19.85 ^a	157.16 ^b	108.68 ^a	0.942 ^b	0.720 ^a	15	
47.53 ^b	53.69 ^a	27.40 ^b	14.55 ^a	0.405 ^b	0.202 ^a	5	100
32.51 ^b	39.41 ^a	38.50 ^b	23.85 ^a	0.607 ^b	0.301 ^a	15	
69.33 ^b	74.06 ^a	20.78 ^b	12.04 ^a	0.343 ^b	0.186 ^a	5	300
48.77 ^b	57.98 ^a	31.75 ^b	19.44 ^a	0.526 ^b	0.279 ^a	15	
79.27 ^b	84.23 ^a	13.02 ^b	7.89 ^a	0.277 ^b	0.172 ^a	5	500
62.99 ^b	71.16 ^a	19.15 ^b	13.47 ^a	0.429 ^b	0.257 ^a	15	

_ القيمة تمثل متوسط ثلاثة مكررات مع الانحراف المعياري (SD).

_ تشير الأحرف المختلفة ضمن الصف الواحد إلى وجود فروق معنوية على مستوى ثقة (P<5%).

1.4-3-4. دراسة تأثير عملية القلي في تطور قيمة رقم البيروكسيد:

أظهرت عينات الزيت كما هو مبين في الجدول (18) ارتفاعاً تدريجياً طفيفاً في قيمة البيروكسيد بعد عملية القلي، حيث ارتفعت قيمته في نهاية التجربة إلى (38.50، 31.75 و 19.15 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت) لكل من عينات الزيت المدعمة ب (100، 300، 500 ppm) على التوالي، وهذا أمر طبيعي حيث لأن المعالجة الحرارية للزيت في جو معرض لأكسجين الهواء يؤدي إلى تخريب للزيت بسبب عملية الأكسدة التي تقود إلى تشكيل البيروكسيد والهيدروبيروكسيد وإطلاق الجذور الحرة في الوسط، كما بين Serjouie وزملاؤه (2010) أن الزيوت متعددة عدم الإشباع يقل ثباتها عند تسخين الزيت لدرجات حرارة مرتفعة مثل درجة حرارة القلي وتزيد فيها قيمة رقم البيروكسيد حيث تتفاعل الأحماض الدهنية غير المشبعة بسهولة مع الأكسجين لتكوين البيروكسيدات. في حين كانت قيمة رقم البيروكسيد في عينة الشاهد الخالية من أي مادة مضافة في نهاية دورة القلي الثالثة أعلى بشكل ملحوظ من بقية العينات، حيث بلغت (157.16 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت)، وبالتالي ارتفعت قيمة البيروكسيد في عينة الشاهد ونسبة قدرها (81.1%) عن متوسط قيم رقم البيروكسيد للعينات الثلاث المدعمة وهذا يُبرز دور مضادات الأكسدة الطبيعية ضمن مستخلص قشور الرمان المجففة والتي تتفاعل مع الجذور الحرة وتؤدي إلى إيقاف تفاعلاتها السلسلية.

تتوافق هذه النتائج مع الدراسة التي جاء بها (Bopitiya and Madhujith.,2014) اللذين أفادا بأن مستخلص قشور الرمان يقلل من تكوين البيروكسيدات في أثناء القلي العميق. كما بينت دراسة أخرى لـ Mekawi وزملاؤه (2019) أن مستخلص قشور الرمان كان الأكثر فاعلية في تخفيض نسبة البيروكسيدات المتشكلة في زيت عباد الشمس بعد القلي لدورات متعددة، حيث كان لعينة الزيت المدعمة بالمستخلص أقل قيمة لرقم البيروكسيد مقارنةً بالعينات الأخرى المدعمة بـ BHT (200 ppm) وتوكوفيرول (1000 ppm).

2.4-3-4. دراسة تأثير القلي في تطور قيمة الحموضة الحرة (FFA):

يتم في عملية القلي العميق للدهون إنتاج الأحماض عن طريق التحلل المائي للدهون لتكوين أحماض دهنية حرة، كما تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى تحلل البيروكسيدات المتشكلة نتيجة الأكسدة وحلمة الروابط الإستيرية لإنتاج منتجات الأكسدة الثانوية وهذا يؤدي إلى تحرير الأحماض في الوسط وارتفاع قيمتها (Stevenson et al.,1984)، ويعد محتوى الأحماض الدهنية الحرة (FFA) مؤشراً على جودة الزيت في صناعة الأغذية لأنه يؤدي إلى تطوير نكهة غير مقبولة في الزيوت والمنتجات المقلية.

توضح النتائج المشار إليها في الجدول (18) إلى أن أعلى نسبة لتشكيل الأحماض الدهنية الحرة بعد عملية القلي لعينة الشاهد حيث بلغت نسبة الحموضة الحرة (0.542، 0.942 % كحمض أوليك) لعينات الزيت المخزنة لمدة 5 و 15 يوماً على التوالي. انخفضت نسبة تشكيل الأحماض الدهنية الحرة بعد القلي تدريجياً مع زيادة نسبة التدعيم بمستخلص قشور الرمان المجففة لكن تميزت العينات المدعمة بالمستخلص بتركيز 500 ppm بأنها حافظت خلال التخزين لمدة 5 و 15 يوماً بعد القلي على نسبة حموضة حرة أقل من (0.6 % كحمض أوليك) كما حددتها المواصفة السورية الخاصة بزيوت دوار الشمس، إذ بلغت (0.277 و 0.429 حمض الأوليك %) على التوالي. يمكن أن تُعزى الزيادة في الأحماض الدهنية الحرة إلى المحتوى الرطوبي للمنتج المقلي الذي يسرع عملية التحلل المائي للزيت. فمن المعروف أن الماء يمكن أن يعزز التحلل المائي لثلاثي الغليسرين لتشكيل مزيج من الغليسرين الأحادي والثنائي والجليسرول والأحماض الدهنية الحرة (Velasco et al.,2008).

تتوافق نتائج هذه الدراسة مع ما أشار إليه Mekawi وزملاؤه (2019) حيث تم تخفيض معدل تكوين الأحماض الدهنية الحرة في زيت عباد الشمس المدعم بمستخلص قشور الرمان بنسبة (53 %) في نهاية عملية القلي العميق مقارنة بعينة الشاهد.

3.4-3-4. دراسة تأثير القلي في خفض نسبة النشاط المضاد للأكسدة:

يوضح الجدول (18) انخفاض النشاط المضاد للأكسدة لكل من عينة الشاهد والعينات المدعمة بمستخلص قشور الرمان مع نهاية عملية القلي، إذ بلغت نسبة الانخفاض لكل من عينات الزيت المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة بتركيز (100، 300، 500 ppm) كالتالي (17.5، 15.8، 11.5 %) على التوالي. أما عينة الشاهد فقد انخفض فيها النشاط المضاد للأكسدة بنسبة (29.7 %)، وقد بيّن Yu وزملاؤه (2018) أن انخفاض نسبة النشاط المضاد للأكسدة عائد إلى تحلل المركبات المسؤولة عن كبح الجذور الحرة ألفا توكوفيرول والفينولات والبوليفينولات في زيت الطعام في أثناء الأكسدة الحرارية. على الرغم من ذلك، تمتعت عينات الزيت المدعمة بمستخلص قشور الرمان المجففة بإمكانية أكبر في الحفاظ على قدرة أعلى لكبح الجذور الحرة بعد عملية القلي مقارنة بعينة الشاهد، حيث حافظت العينة المدعمة بأعلى نسبة من مستخلص القشور (500 ppm) على أعلى نشاط مضاد للأكسدة (62.99 %) في حين بلغ النشاط في عينة الشاهد (13.96 %) فقط، وهذا يشير إلى أن مستخلص قشور الرمان يمكن أن يزيد من فعالية زيت عباد الشمس ضد الأكسدة خلال عملية القلي في جميع التراكيز المدروسة لكن مدى استقرار الزيت يعتمد بشدة على كمية المستخلص المضافة وهذا يرتبط بزيادة بمحتواه الفينولي.

توافقت هذه النتائج مع ماتوصل إليه (Konsoula., 2016) الذي درس تأثير مستخلصات كل من قشور وبذور وعصير الرمان في ثباتية زيت الذرة ضد عملية الأكسدة بعد التسخين وكانت مستخلصات قشور الرمان والتي أظهرت أعلى محتوى من الفينولات والفلافونويدات ومن النشاط المضاد للأكسدة أيضاً، أكثر فاعلية في تثبيط التدهور التأكسدي، ووجد الباحث أن مستخلصات القشور الميثانولية والإيثانولية بتركيز 500 ppm لها تأثير حماية ضد الأكسدة بشكل مماثل لتأثير مضاد الأكسدة الصناعي BHT، في حين أظهرت المستخلصات بتركيز 1000 ppm كفاءة حماية ضد الأكسدة بشكل أعلى من BHT.

كما بيّن Bhouri وزملاؤه (2022) تأثير مستخلص قشور الرمان في الثبات التأكسدي لزيت الذرة قبل وبعد التسخين، ووجد أنه يمكن استخدام مستخلصات قشور الرمان في صناعة الأغذية لتقليل تدهور الدهون في الزيت، حيث أظهرت عينات الزيت المدعمة بمستخلصات القشور بتركيز 1000 ppm تأثيراً مثبطاً مرتفعاً لأكسدة الدهون مقارنة بعينة الشاهد ومضاد الأكسدة الصناعي BHT.

الفصل الخامس

الاستنتاجات

والتوصيات

الاستنتاجات:

- 1_ تفوق المستخلص الإيتانولي لكل من قشور الرمان الطازجة والمجففة على المستخلص المائي من حيث محتوى الفينولات الكلية بقيمة بلغت 12.10 و 13.60 على التوالي.
- 2_ ارتفعت قيمة النسبة المئوية للنشاط المضاد للأكسدة % للمستخلص الإيتانولي لكل من قشور الرمان الطازجة والمجففة مقارنة بالمستخلص المائي بقيمة بلغت 72.10 و 83.95 على التوالي.
- 3_ أدت عملية إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة إلى زيادة محتوى الكاب كيك (cup cake) من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة مع زيادة نسبة الإضافة.
- 4_ كان لعملية إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة إلى الكاب كيك (cup cake) تأثيراً معنوياً في الحفاظ على نسبة أعلى من الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة في نهاية مدة التخزين في البراد على درجة حرارة (4م°) لمدة 10 أيام مقارنة بالشاهد.
- 5_ أسهم المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة بارتفاع مؤشر اللون الأحمر (a) وانخفاض قيمة مؤشر السطوع (L) ومؤشر اللون الأصفر (b) في عينات الكاب كيك (cup cake) مع زيادة نسبة الإضافة.
- 6_ أعطت عينة الكاب كيك المدعمة بنسبة 5% من المستخلص أفضل درجات التقييم حسيّاً من حيث الطعم والقبول العام.
- 7_ أسهم المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة في رفع قيمة النشاط المضاد للأكسدة % وفي الحد من ارتفاع رقم البيروكسيد وبتخفيض قيمة الحموضة الحرة (كحمض أوليك%) في زيت عباد الشمس المضاف له بمختلف التراكيز خلال مدة التخزين في الفرن مقارنة بعينة الشاهد (دون اضافات).
- 8_ أدت إضافة المستخلص الإيتانولي لقشور الرمان المجففة إلى زيادة ثباتية زيت عباد الشمس بعد عملية القلي مقارنة بالشاهد وذلك من خلال المؤشرات الكيميائية المدروسة.

التوصيات:

1. التوسع بدراسة مستخلصات قشور الرمان من حيث محتواها من المركبات الفعالة حيويًا.
2. يوصى باستخدام المستخلص الإيثانولي لقشور الرمان المجففة بتركيز (500 ppm) كبديل آمن وفعال لمضادات الأكسدة الصناعية في حفظ زيت عباد الشمس وتأخير أكسدة الدهون.
3. العمل على استبدال دقيق القمح بشكل جزئي بمسحوق قشور الرمان المجففة لسهولة تطبيقه في منتجات المخابز ودراسة تأثير إضافته كمضاد أكسدة طبيعي في المخبوزات.
4. الاستفادة من مخلفات ثمار الرمان الأخرى (بذور الرمان) كمضادات أكسدة طبيعية في تصنيع المنتجات الغذائية المختلفة.



المراجع العربية:

- الكوري، طلال، والمقطري، جمال. (2011). تقييم الفعالية المضادة للأكسدة لبعض المستخلصات الطبيعية وجاليت البروبيل في زيت النخيل المكرر. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. مج: 27. العدد: 1. ص- ص: 213_228. دمشق: سوريا. جامعة دمشق.
- الشاوش، فتحي، حامد، فيصل، والعيسى، عماد. (2005). تحديد الصفات النوعية والكيميائية لأهم طرز الرمان Punica granatum في اليمن. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. مج: 22. العدد: 2. ص- ص: 241 _ 227. دمشق: سوريا. جامعة دمشق.
- السباعي، محمد أحمد قاسم. (2013). كمية ونشاط وثباتية مركبات مضادات الأكسدة المستخلصة من ثمار وعصير وقشور الرمان (النوع الطائفي). ماجستير. قسم علوم الأغذية والتغذية. كلية علوم الأغذية والزراعة. المملكة العربية السعودية. جامعة الملك سعود.
- محمد، وائل غالب، والسعيطي، وليد محمد. (2008). أسس الكيمياء العضوية. ط: الطبعة الاولى. بنغازي: ليبيا. دار الكتب الوطنية. ص: 309.
- القليوبي، ممدوح حلمي، مصطفى، محمد مجدي، وعلام، ماجدة حبيب. (2005). كيمياء وتكنولوجيا الزيوت والدهون الأسس العلمية وتطبيقاتها. القاهرة: مصر. البيطاش سنتر.
- مروان، العارف غيث، وأحمد، أحمد عاشور. (2005). أساسيات كيمياء الأغذية. بنغازي: ليبيا. دار الكتاب الجديد المتحدة. ص: 696.

المراجع الأجنبية:

- Abozed, S. S., Abd El-Kader, A. E., El-Shafei Samah, M. S., & Abdeen, E. M. M. (2020). Relationship between oxidative stability and antioxidant properties of goat cream biscuits supplemented with natural antioxidant. *Plant Arch*, 20(2), 23734-3740.
- Ahmad, I., & Beg, A. Z. (2005). Antimicrobial and phytochemical studies on 45 Indian medicinal plants against multi-drug resistant human pathogens. *Journal of ethnopharmacology*, 74(2), 113-123.
- Akhtar, S., Ismail, T., Fraternal, D., & Sestili, P. (2015). Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. *Food chemistry*, 174, 417-425.
- Akhtar, S., Ismail, T., Fraternal, D., & Sestili, P. (2015). Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. *Food chemistry*, 174, 417-425.
- Akpinar, E. K. (2010). Drying of mint leaves in a solar dryer and under open sun: modelling, performance analyses. *Energy conversion and management*, 51(12), 2407-2418.
- Aladedunye, F., & Przybylski, R. (2013). Frying stability of high oleic sunflower oils as affected by composition of tocopherol isomers and linoleic acid content. *Food chemistry*, 141(3), 2373-2378.
- Ali, A., Chen, Y., Liu, H., Yu, L., Baloch, Z., Khalid, S., ... & Chen, L. (2019). Starch-based antimicrobial films functionalized by pomegranate peel. *International journal of biological macromolecules*, 129, 1120-1126.
- Al-Rawahi, A. S., Rahman, M. S., Guizani, N., & Essa, M. M. (2013). Chemical composition, water sorption isotherm, and phenolic contents in fresh and dried pomegranate peels. *Drying technology*, 31(3), 257-263.

- Al-Said, F. A., Opara, L. A., & Al-Yahyai, R. A. (2009). **Physico-chemical and textural quality attributes of pomegranate cultivars (Punica granatum L.) grown in the Sultanate of Oman.** *Journal of Food Engineering*, 90(1), 129-134.
- An, J., Guo, Y., Wang, T., Pantuck, A. J., & Rettig, M. B. (2015). **Pomegranate extract inhibits EMT in clear cell renal cell carcinoma in a NF- κ B and JNK dependent manner.** *Asian journal of urology*, 2(1), 38-45.
- AOAC (2000). Official method 940.28, **Fatty Acids (Free) in crud and refined Oils.** *Official methods of analysis of AOAC international*, 17th ed. AOAC International Gaithersberg, MD.
- AOAC (2000). Official method 965.33, **Peroxide value of oils and fats.** *Official methods of analysis of AOAC international*, 17th ed. AOAC International Gaithersberg, MD.
- Asami, D. K., Hong, Y. J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2004). **Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices.** *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(5), 1237-1241.
- Aviram, M., Volkova, N., Coleman, R., Dreher, M., Reddy, M. K., Ferreira, D., & Rosenblat, M. (2008). **Pomegranate phenolics from the peels, arils, and flowers are antiatherogenic: studies in vivo in atherosclerotic apolipoprotein E-deficient (E0) mice and in vitro in cultured macrophages and lipoproteins.** *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(3), 1148-1157.
- Basiri, S., Shekarforoush, S. S., Aminlari, M., & Akbari, S. (2015). **The effect of pomegranate peel extract (PPE) on the polyphenol oxidase (PPO) and quality of Pacific white shrimp (Litopenaeus vannamei) during refrigerated storage.** *LWT-Food Science and Technology*, 60(2), 1025-1033.

- Belitz, D. H.; Grosch, W.; Schieberle, P. (2004). **Food chemistry**. 3rd revised edition springer. . ch 3, Lipids , pp 217.
- Bellesia, A.; Verzelloni, E.; Tagliazucchi, D.(2015).**Pomegranate ellagitannins inhibit -glucosidase activity in vitro and reduce starch digestibility under simulated gastro-intestinal conditions**. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 66, 85–92
- Bertolo, M. R., Martins, V. C., Horn, M. M., Brenelli, L. B., & Plepis, A. M. (2020). **Rheological and antioxidant properties of chitosan/gelatin-based materials functionalized by pomegranate peel extract**. *Carbohydrate polymers*, 228, 115386.
- Bhat, M. A., & Hafiza, A. (2016). **Physico-chemical characteristics of cookies prepared with tomato pomace powder**. *Journal of Food Processing and Technology*, 7(1).
- Bhouri, A. M., Ghnimi, H., Amri, Z., Koubaa, N., & Hammami, M. (2022). **Effect of tunisian pomegranate peel extract on the oxidative stability of corn oil under heating conditions**. *Grasas y Aceites*, 73(1), e449-e449.
- Bialonska, D., Kasimsetty, S. G., Schrader, K. K., & Ferreira, D. (2009). **The effect of pomegranate (Punica granatum L.) byproducts and ellagitannins on the growth of human gut bacteria**. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(18), 8344-8349.
- Bonesi, M., Tundis, R., Sicari, V., & Loizzo, M. R. (2019). **The juice of pomegranate (Punica granatum L.): Recent studies on its bioactivities**. In *Quality control in the beverage industry* (pp. 459-489). Academic Press.
- Bopitiya, D., & Madhujith, T. (2014). **Efficacy of pomegranate (Punica granatum L.) peel extracts in suppressing oxidation of white coconut oil used for deep frying**. *Tropical Agricultural Research*, 25(3), 298-306.

- Bushra, S.; Farooq, A.; Muhammad, R. A. and Shahzad, S. A. S. (2008). **Antioxidant potential of extracts from different agro wastes: Stabilization of corn oil.** *Grasas y aceites*, 59(3), 205-217.
- Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Hernández, F., Melgarejo, P., Lech, K., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2013). **Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of pomegranate (Punica granatum L.) arils and rind as affected by drying method.** *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1644-1654.
- Caliskan, O., & Bayazit, S. (2012). **Phytochemical and antioxidant attributes of autochthonous Turkish pomegranates.** *Scientia Horticulturae*, 147, 81-88.
- Çam, M., & Hışıl, Y. (2010). **Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels.** *Food chemistry*, 123(3), 878-885.
- Chan, C. L., Gan, R. Y., Shah, N. P., & Corke, H. (2018). **Enhancing antioxidant capacity of Lactobacillus acidophilus-fermented milk fortified with pomegranate peel extracts.** *Food bioscience*, 26, 185-192. Chemical Society, Washington, D.C., pp. 3(10).321.
- Cheynier, V. (2005). **Polyphenols in foods are more complex than often thought.** *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 223S-229S.
- Choe, E. and Min, D. B. (2006). **Chemistry and reactive oxygen species in foods.** *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 41, 1–22.
- Dafny-Yalin, M., Glazer, I., Bar-Ilan, I., Kerem, Z., Holland, D., & Amir, R. (2010). **Color, sugars and organic acids composition in aril juices and peel homogenates prepared from different pomegranate accessions.** *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(7), 4342-4352.

- Delgado-Zamarreno, M. M., González-Maza, I., Sánchez-Pérez, A., & Martínez, R. C. (2007). **Analysis of synthetic phenolic antioxidants in edible oils by micellar electrokinetic capillary chromatography**. *Food Chemistry*, 100(4), 1722-1727.
- Deng, Y., Li, Y., Yang, F., Zeng, A., Yang, S., Luo, Y., ... & Yin, W. (2017). **The extract from Punica granatum (pomegranate) peel induces apoptosis and impairs metastasis in prostate cancer cells**. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 93, 976-984.
- Duran, M., Aday, M. S., Zorba, N. N. D., Temizkan, R., Büyükcan, M. B., & Caner, C. (2016). **Potential of antimicrobial active packaging 'containing natamycin, nisin, pomegranate and grape seed extract in chitosan coating' to extend shelf life of fresh strawberry**. *Food and Bioprocesses*, 98, 354-363.
- Duthie, G. (2000). **Vitamin E and its antioxidant roles in relation to other dietary components** In: Garrow, W. P. T., Rapha, A. (eds) Human nutrition and dietetics, 10th ed. Harcour Publishers, London, pp. 227-229.
- El-Anany, A. M. (2007). **Influence of pomegranate peel extract on the stability of sunflower oil during deep-products**, *Food Chem*, 103(2), 461-650.
- Elfalleh, W., Hannachi, H., Tlili, N., Yahia, Y., Nasri, N., & Ferchichi, A. (2012). **Total phenolic contents and antioxidant activities of pomegranate peel, seed, leaf and flower**. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(32), 4724-4730.
- El-Hadary, A. E., & Taha, M. (2020). **Pomegranate peel methanolic-extract improves the shelf-life of edible-oils under accelerated oxidation conditions**. *Food Science & Nutrition*, 8(4), 1798-1811.

- El-Nashi, H. B., Fattah, A. F. A. K. A., Rahman, N. R. A., & Abd El-Razik, M. M. (2015). **Quality characteristics of beef sausage containing pomegranate peels during refrigerated storage**. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 403-412.
- El-Said, M. M., Haggag, H. F., El-Din, H. M. F., Gad, A. S., & Farahat, A. M. (2014). **Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts**. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(2), 207-212.
- Fawole, O. A., Makunga, N. P., & Opara, U. L. (2012). **Antibacterial, antioxidant and tyrosinase-inhibition activities of pomegranate fruit peel methanolic extract**. *BMC complementary and alternative medicine*, 12(1), 1-11.
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. A. (1997). **Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat**. *Food chemistry*, 59(3), 345-353.
- Finegold, S. M., Summanen, P. H., Corbett, K., Downes, J., Henning, S. M., & Li, Z. (2014). **Pomegranate extract exhibits in vitro activity against Clostridium difficile**. *Nutrition*, 30(10), 1210-1212.
- Fischer, U. A., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2011). **Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (Punica granatum L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn**. *Food chemistry*, 127(2), 807-821.
- Frankel, E. N. (2014). **Lipid Oxidation**, Elsevier, New York, NY, USA.
- Ghasemian, A., Mehrabian, S., & Majd, A. (2006). **Peel extracts of two Iranian cultivars of pomegranate (Punica granatum) have antioxidant and antimutagenic activities**. *Pak J Biol Sci*, 7, 1402-405.

- Gulube, Z., & Patel, M. (2016). **Effect of Punica granatum on the virulence factors of cariogenic bacteria Streptococcus mutans**. *Microbial pathogenesis*, 98, 45-49.
- Hajimahmoodi, M., Oveisi, M. R., Sadeghi, N., Jannat, B., Hadjibabaie, M., Farahani, E., ... & Namdar, R. (2008). **Antioxidant properties of peel and pulp hydro extract in ten Persian pomegranate cultivars**. *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS*, 11(12), 1600-1604.
- Holland, D., K. Hatib, and I. Bar-Ya'akov. (2009). **"Pomegranate: Botany, horticulture, breeding horticultural reviews**, Vol. 35, Edited by Jules Janick Copyright & John Wiley & Sons."
- Huang, T. H., Yang, Q., Harada, M., Li, G. Q., Yamahara, J., Roufogalis, B. D., & Li, Y. (2005). **Pomegranate flower extract diminishes cardiac fibrosis in Zucker diabetic fatty rats: modulation of cardiac endothelin-1 and nuclear factor-kappaB pathways**. *Journal of cardiovascular pharmacology*, 46(6), 856-862.
- Ibraheem, A. A. E., & Abou-Zaid, F. O. F. (2014). **UTILIZATION OF NATURAL ANTIOXIDANT EXTRACTS OF POMEGRANATE PEELS AND GUAVA SEEDS IN VEGETABLE OILS STABILITY**. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 5(12), 905-918.
- Iqbal, S., Haleem, S., Akhtar, M., Zia-ul-Haq, M., & Akbar, J. (2008). **Efficiency of pomegranate peel extracts in stabilization of sunflower oil under accelerated conditions**. *Food Research International*, 41(2), 194-200.
- Islam, A. A., Mohamed, R., Abdelrahman, S., Dalia, M., & Ahmed, E. B. (2018). **Oxidative stability of edible oils via addition of pomegranate and orange peel extracts**. *Foods and Raw materials*, 6(2), 413-420.

- Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., & Ismail, A. (2014). **Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies.** *International journal of food sciences and nutrition*, 65(6), 661-666.
- Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., Hameed, A., Afzal, K., & Sattar Sheikh, A. (2016). **Oxidative and microbial stability of pomegranate peel extracts and bagasse supplemented cookies.** *Journal of Food Quality*, 39(6), 658-668.
- John, K. M., Bhagwat, A. A., & Luthria, D. L. (2017). **Swarm motility inhibitory and antioxidant activities of pomegranate peel processed under three drying conditions.** *Food chemistry*, 235, 145-153.
- Kaderides, K., Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2015). **A process for turning pomegranate peels into a valuable food ingredient using ultrasound-assisted extraction and encapsulation.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 31, 204-215.
- Kaderides, K., Mourtzinou, I., & Goula, A. M. (2020). **Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies.** *Food Chemistry*, 310, 125849.
- Kahl, R., & Kappus, H. (1993). **Toxicology of the synthetic antioxidants BHA and BHT in comparison with the natural antioxidant vitamin E.** *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 196, 329-338.
- Kareem, S. O., Akpan, I., & Alebiowu, O. O. (2010). **Production of citric acid by Aspergillus niger using pineapple waste.** *Malaysian Journal of Microbiology*, 6(2), 161-165.
- Kaur, R., Kaushal, S., & Sharma, P. (2018). **Antimicrobial and antioxidant potential of pomegranate (Punica granatum L.) peel.** *Int. J. Chem. Stud*, 6, 3441-3449.

- Kennas, A., Amellal-Chibane, H., Kessal, F., & Halladj, F. (2020). **Effect of pomegranate peel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidant properties of yoghurt powder**. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 99-108.
- Kharchoufi, S., Parafati, L., Licciardello, F., Muratore, G., Hamdi, M., Cirvilleri, G., & Restuccia, C. (2018). **Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce *Penicillium digitatum* postharvest decay of oranges**. *Food Microbiology*, 74, 107-112.
- Kim, Y. E., Hwang, C. J., Lee, H. P., Kim, C. S., Son, D. J., Ham, Y. W., ... & Hong, J. T. (2017). **Inhibitory effect of punicalagin on lipopolysaccharide-induced neuroinflammation, oxidative stress and memory impairment via inhibition of nuclear factor-kappaB**. *Neuropharmacology*, 117, 21-32.
- Kim, Y. H., & Choi, E. M. (2009). **Stimulation of osteoblastic differentiation and inhibition of interleukin-6 and nitric oxide in MC3T3-E1 cells by pomegranate ethanol extract**. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 23(5), 737-739.
- Konsoula, Z. (2016). **Comparative efficacy of pomegranate juice, peel and seed extract in the stabilization of corn oil under accelerated conditions**. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Nutrition and Food Engineering*, 3(9), 556-563.
- Kumar, G. S., Nagaraju, R., Swarajyalakshmi, K., Latha, P., & Balakrishna, M. (2017). **Standardization of drying techniques for different fruit peel for making potpourris**. *Plant Arch*, 17, 1587-1593
- Kushwaha, S. C., Bera, M. B., & Kumar, P. (2013). **Nutritional composition of detanninated and fresh pomegranate peel powder**. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol*, 7(1), 38-42.

- Lawless, H. T., & Heymann, H. (1999). **Sensory Evaluation of Food: Principle and Practice Chapman & Hall.** *Food Science Texts Series, New York.*
- Leopoldini, M. Russo, N. Chiodo, S. Toscano M. (2006): **Iron chelation by the powerful antioxidant flavonoid quercetin.** *J. Agric. Food Chem.*, 54, 6343–6351.
- Les, F., Carpéné, C., Arbonés-Mainar, J. M., Decaunes, P., Valero, M. S., & López, V. (2017). **Pomegranate juice and its main polyphenols exhibit direct effects on amine oxidases from human adipose tissue and inhibit lipid metabolism in adipocytes.** *Journal of Functional Foods*, 33, 323-331.
- Li, Z.; Summanen, P.H.; Komoriya, T.; Henning, S.M.; Lee, R.P.; Carlson, E.; Heber, D.; Finegold, S.M. (2015). **Pomegranate ellagitannins stimulate growth of gut bacteria in vitro: Implications for prebiotic and metabolice_ects.** *Anaerobe* 34, 164–168.
- Lund, M. N., Heinonen, M., Baron, C. P., & Estevez, M. (2011). **Protein oxidation in muscle foods: A review.** *Molecular nutrition & food research*, 55(1), 83-95.
- Lutfullah, G., Tila, H., Khattak, S. U., Hussain, A., Ali, J., & Khan, A. (2015). **Antioxidant properties of agro-industrial waste and their use as natural preservative for sunflower oil.** *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 5(11), 10-16.
- Mahajan, D., Bhat, Z. F., & Kumar, S. (2015). **Pomegranate (Punica granatum) rind extract as a novel preservative in cheese.** *Food Bioscience*, 12, 47-53.
- Malviya, S., Jha, A., & Hettiarachchy, N. (2014). **Antioxidant and antibacterial potential of pomegranate peel extracts.** *Journal of food science and technology*, 51, 4132-4137.

- Martínez, L., Castillo, J., Ros, G., & Nieto, G. (2019). **Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary, pomegranate and olive extracts in fish patties.** *Antioxidants*, 8(4), 86.
- Mau, J. L., Lu, T. M., Lee, C. C., Lin, L. Y., Cheng, C. H., & Lin, S. D. (2015). **Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cakes fortified with various tea powders.** *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(5), 443-450.
- Mekawi, E. M., Sharoba, A. M., & Ramadan, M. F. (2019). **Reduction of acrylamide formation in potato chips during deep-frying in sunflower oil using pomegranate peel nanoparticles extract.** *Journal of food measurement and characterization*, 13, 3298-3306.
- Mohdaly, Adel Abdelrazek Abdelazim, Mohamed Atef Sarhan, Awad Mahmoud, Mohamed Fawzy Ramadan, and Iryna Smetanska. **"Antioxidant efficacy of potato peels and sugar beet pulp extracts in vegetable oils protection."** *Food chemistry* 123, no. 4 (2010): 1019-1026.
- Morgunov, I. G., Kamzolova, S. V., Dedyukhina, E. G., Chistyakova, T. I., Lunina, J. N., Mironov, A. A., & Vainshtein, M. B. (2017). **Application of organic acids for plant protection against phytopathogens.** *Applied microbiology and biotechnology*, 101, 921-932.
- Morsy, M. K., Mekawi, E., & Elsabagh, R. (2018). **Impact of pomegranate peel nanoparticles on quality attributes of meatballs during refrigerated storage.** *LWT*, 89, 489-495.
- Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., Makunga, N. P., & Opara, U. L. (2016). **Effect of drying on the bioactive compounds, antioxidant, antibacterial and antityrosinase activities of pomegranate peel.** *BMC complementary and alternative medicine*, 16(1), 1-12.

- Mushtaq, M., Gani, A., Gani, A., Punoo, H. A., & Masoodi, F. A. (2018). **Use of pomegranate peel extract incorporated zein film with improved properties for prolonged shelf life of fresh Himalayan cheese (Kalari/kradi).** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 25-32.
- Noguchi, N.; and Niki, E. (1999). **Chemistry of active oxygen. Species and antioxidants**, in: Antioxidants status, Diet, Nutrition and health, papas A M (ed.), Boca Raton, CRC press, 3 (20).
- Noguera-Ortí, J. F., Villanueva-Camañas, R. M., & Ramis-Ramos, G. (1999). **Direct injection of edible oils as microemulsions in a micellar mobile phase applied to the liquid chromatographic determination of synthetic antioxidants.** *Analytica chimica acta*, 387(2), 127-134.
- Nollet, L. Leo, M. (1996). **Hand Book of Food Analysis, Analysis of Synthitic Food Antioxidants.** copyright by Marcel Dekker. Ch 44. pp 1769-1770.
- Nuncio-Jáuregui, N., Calín-Sánchez, Á., Vázquez-Araújo, L., Pérez-López, A. J., Frutos-Fernández, M. J., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2015). **Processing pomegranates for juice and impact on bioactive components.** In *Processing and Impact on Active Components in Food* (pp. 629-636). Academic Press.
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., & Abdan, K. (2016). **Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: A review.** *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 15(3), 599-618.
- Opara, L. U., Al-Ani, M. R., & Al-Shuaibi, Y. S. (2009). **Physico-chemical properties, vitamin C content, and antimicrobial properties of pomegranate fruit (Punica granatum L.).** *Food and Bioprocess Technology*, 2, 315-321.

- Pande, G., & Akoh, C. C. (2009). **Antioxidant capacity and lipid characterization of six Georgia-grown pomegranate cultivars**. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(20), 9427-9436.
- Perrin, C., & Meyer, L. (2003). **Simultaneous determination of ascorbyl palmitate and nine phenolic antioxidants in vegetable oils and edible fats by HPLC**. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80, 115-118.
- Perkins, E. G, in A. J. St. Angelo, ed. (1992). **Lipid Oxidation in Food**, American.
- Pokorny, J. (1987). **Major factors affecting the autoxidation of lipids**. *Autoxidation of unsaturated lipids*, 141-206.
- Pokorný, J. (2007). **Are natural antioxidants better—and safer—than synthetic antioxidants**. *European journal of lipid science and technology*, 109(6), 629-642.
- Pokorny, J.(1999). **Antioxdants in food preservations**, in: hand book of food preservation, shafiur Rahman M(ed.),New yourk, marcel Dekker, 309-37.
- Prior, R. L. (2004). **Absorption and metabolism of anthocyanins: potential health effects**. *Phytochemicals: Mechanisms of action*, 1-19.
- Rajan, S., Mahalakshmi, S., Deepa, V. M., Sathya, K., Shajitha, S., & Thirunalasundari, T. (2011). **Antioxidant potentials of Punica granatum fruit rind extracts**. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(3), 82-88.
- Ratnam, D. V.; Ankola, D. D.; Bhardwaj, V.; Sahana, D. K. and Kumar, M. (2006). **Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmeumaceutical perspective**. *J. Control. Release*, 113, 189-207.
- Ratti, C. (2001). **Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review**. *Journal of food engineering*, 49(4), 311-319.

- Rettig, M. B., Heber, D., An, J., Seeram, N. P., Rao, J. Y., Liu, H., ... & Pantuck, A. (2008). **Pomegranate extract inhibits androgen-independent prostate cancer growth through a nuclear factor- κ B-dependent mechanism.** *Molecular Cancer Therapeutics*, 7(9), 2662-2671.
- Rowayshed, G., Salama, A., Abul-Fadl, M., Akila-Hamza, S., & Emad, A. M. (2013). **Nutritional and chemical evaluation for pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peel and seeds powders by products.** *Middle East Journal of Applied Sciences*, 3(4), 169-179.
- Rudnick, L. R. (Ed.). (2017). **Lubricant additives: chemistry and applications.** CRC press.
- Russo, M., Fanali, C., Tripodo, G., Dugo, P., Muleo, R., Dugo, L., & Mondello, L. (2018). **Analysis of phenolic compounds in different parts of pomegranate (*Punica granatum*) fruit by HPLC-PDA-ESI/MS and evaluation of their antioxidant activity: application to different Italian varieties.** *Analytical and bioanalytical chemistry*, 410, 3507-3520.
- Sagar, V. R., & Suresh Kumar, P. (2010). **Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review.** *Journal of food science and technology*, 47, 15-26.
- Sandhya, S., Khamrui, K., Prasad, W., & Kumar, M. C. T. (2018). **Preparation of pomegranate peel extract powder and evaluation of its effect on functional properties and shelf life of curd.** *Lwt*, 92, 416-421.
- Sayed-Ahmed, E. F. (2014). **Evaluation of pomegranate peel fortified pan bread on body weight loss.** *International Journal of Nutrition and food sciences*, 3(5), 411-420.

- Serjouie, A., Tan, C. P., Mirhosseini, H., & Che Man, Y. B. (2010). **Effect of vegetable-based oil blends on physicochemical properties of oils during deep-fat frying**. *American journal of food technology*, 5(5), 310-323.
- Shiban, M.S.; Al-Otaibi, M.M.; Al-Zoreky, N.S.(2012). **Antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum L.) fruit peels**. *Food Nutr. Sci.* 3, 991-996.
- Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). **Studies on the antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum) peel and seed extracts using in vitro models**. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(1), 81-86.
- Singh, S., & Immanuel, G. (2014). **Extraction of antioxidants from fruit peels and its utilization in paneer**. *Journal of Food Processing & Technology*, 5(7), 1.
- Smaoui, S., Hlima, H. B., Mtibaa, A. C., Fourati, M., Sellem, I., Elhadef, K., ... & Mellouli, L. (2019). **Pomegranate peel as phenolic compounds source: Advanced analytical strategies and practical use in meat products**. *Meat science*, 158, 107914.
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). **The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review**. *African journal of food science*, 4(5), 200-222.
- Sorour, M. A., Rizk, A. E., & Elsheikh, D. M. (2014). **Drying of pomegranate wastes**. *International J. of Advanced Technology in Eng. and Science*, 2(10), 265-274.
- St Angelo, A. J. (1996). **Lipid Oxidation In Food**, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 36, 175-224.

- Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M., & Eskin, N. A. M. (1984). **Quality control in the use of deep frying oils.** *Journal of the American Oil Chemists Society*, 61, 1102-1108.
- Sultana, B., Anwar, F., & Przybylski, R. (2009). **Antioxidant activity of phenolic components present in barks of Azadirachta indica**, Terminalia arjuna, Acacia nilotica, and Eugenia jambolana Lam. trees. *Food chemistry*, 104(3), 1106-1114.
- Syed, D. N., Afaq, F., & Mukhtar, H. (2007). **Pomegranate derived products for cancer chemoprevention.** In *Seminars in cancer biology* (Vol. 17, No. 5, pp. 377-385). Academic Press.
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A., & Saija, A. (2005). **Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils.** *Food chemistry*, 89(4), 549-554.
- Topuz, O. K., Yerlikaya, P., Uçak, İ., Gümüş, B., Büyükbenli, H. A., & Gökoğlu, N. (2014). **Influence of pomegranate peel (Punica granatum) extract on lipid oxidation in anchovy fish oil under heat accelerated conditions.** *Journal of Food Science and Technology*, 52, 625-632.
- Turrini, E., Ferruzzi, L., & Fimognari, C. (2015). **Potential effects of pomegranate polyphenols in cancer prevention and therapy.** *Oxidative medicine and cellular longevity*.
- Turrini, F., Zunin, P., Catena, S., Villa, C., Alfei, S., & Boggia, R. (2019). **Traditional or hydro-diffusion and gravity microwave coupled with ultrasound as green technologies for the valorization of pomegranate external peels.** *Food and bioproducts processing*, 117, 30-37.

- Velagapudi, R., Baco, G., Khela, S., Okorji, U., & Olajide, O. (2016). **Pomegranate inhibits neuroinflammation and amyloidogenesis in IL-1 β -stimulated SK-N-SH cells**. *European journal of nutrition*, 55, 1653-1660.
- Velasco, J., Marmesat, S., & Dobarganes, M. C. (2008). **Advances in deep fat frying of foods**.
- Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). **Pomegranate and its many functional components as related to human health**: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(6), 635-654.
- Wada, L., & Ou, B. (2002). **Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(12), 3495-3500.
- Wang, Z., Pan, Z., Ma, H., & Atungulu, G. G. (2011). **Extract of phenolics from pomegranate peels**. *The open food science journal*, 5(1).
- Williams, G. M. (1993). **Inhibition of chemical-induced experimental cancer by synthetic phenolic antioxidants**. *Toxicology and Industrial Health*, 9(1-2), 303-308.
- Williamson, G. (2017). **The role of polyphenols in modern nutrition**. *Nutrition bulletin*, 42(3), 226-235.
- Yanishlieva, N. V., & Marinova, E. M. (2001). **Stabilisation of edible oils with natural antioxidants**. *European journal of lipid science and technology*, 103(11), 752-767.
- Yasoubi, P., Barzegar, M., SAHARI, M. A., & Azizi, M. H. (2007). **Total phenolic contents and antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum L.) peel extracts**. *J. Agric. Sci. Technol.*, Vol. 9: 35-42.

- Yu, K. S., Cho, H., & Hwang, K. T. (2018). **Physicochemical properties and oxidative stability of frying oils during repeated frying of potato chips**. *Food science and biotechnology*, 27, 651-659.
- Yuan, G., Lv, H., Tang, W., Zhang, X., & Sun, H. (2016). **Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage**. *Food Control*, 59, 818-823.
- Zahin, M., Aqil, F., & Ahmad, I. (2010). **Broad spectrum antimutagenic activity of antioxidant active fraction of Punica granatum L. peel extracts**. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 703(2), 99-107.
- Zhang, Y., Yang, L., Zu, Y., Chen, X., Wang, F., & Liu, F. (2010). **Oxidative stability of sunflower oil supplemented with carnosic acid compared with synthetic antioxidants during accelerated storage**. *Food chemistry*, 118(3), 656-662.

Abstract

This research was carried out at the Food Science Department (Faculty of Agriculture, Damascus University), to determine the antioxidant activity of ethanolic and aqueous extract of dried and fresh pomegranate peels by using the antioxidant activity and total phenolic contents. the ethanolic extract of dried pomegranate peels was added to sunflower oil (100,300,500 ppm) and Cup cake (5,10,15%). the results showed that ethanolic extracts was better than aqueous extracts of both fresh and dried peels in terms of antioxidant activity (83.95, 72.10)% and phenolic content (13.60, 12.10) mg/100g dry weight, respectively. cup cake samples were stored for 10 days in the fridge at (4°C). Antioxidant activity and total phenolic contents were estimated. Different levels of ethanolic extract of dried pomegranate peels showed high antioxidant activity and high phenolic content, compared with the blank. It was reached at level (15%) of the extract (55.65%, 882.64 mg/100g dry matter), while in the blank (17.66%, 85.70 mg/100g dry matter), respectively. Further, the antioxidant activity and total phenolic contents of the extract at level 15% were the highest at the end of the storage period (53.37%, 860.01 mg/100g dry matter) compared to rest of the levels and the blank. The addition of the extract led to a decrease in brightness (L) ,yellowness index (b) and an increase in redness index (a) by increasing the level of addition of the extract. Oil samples were stored under accelerated oxidation conditions in the oven at (60°C), then three frying cycles were conducted to study the extent of oxidation progression. Peroxide value, free fatty

acid% (oleic acid) and antioxidant activity % were estimated. At the end of the storage period, a sharp increase in peroxide value was observed in the blank (108 mEq O₂/kg oil), while the addition of the ethanolic extract of dried pomegranate peels at level (500 ppm) led to lowest decrease in Peroxide value clearly to (13.47 mEq O₂/kg oil). The value of % free fatty acids increased for the blank (0.72% oleic acid), while the samples at different levels of the extract maintained a value less than (0.30% oleic acid). The antioxidant activity at level (500 ppm) of the extract reached (92.51%), to decrease gradually at the end of the storage period to (71.16%), while the decreased in the blank was from (47.01%) to (19.85%). The frying process led to a significant increase in the value of peroxide number and the value of % free fatty acids and a significant decrease in the antioxidant activity % more clearly for the blank compared to the rest of level of the extract.

key words:

Pomegranate peels, pomegranate peel powder, extract, total phenols, antioxidant activity, cup cake, sunflower oil, storage.

Syria Arab Republic

Damascus university

Faculty of Agriculture

Department of Food Sciences



Effect of Pomegranate Peel Extracts on Improvement of Some Food Products and Preservation it

Thesis prepared for a master's degree in Department of Food Sciences

Preparation of the engineering student

Rula Ahmad Barakat

Scientific supervisor

Dr.Muhammad Muhammad

Professor

Department of Food Sciences

Faculty of Agriculture

Co– supervisor

Dr.Rawaa Tlay

Assistant Professor

Department of Food Sciences

Faculty of Agriculture

2022–2023 AD