



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم الأغذية

دراسة تأثير بعض المعاملات الفيزيائية وطرائق القلي في خصائص الجودة لأصابع ورقائق البطاطا المقلية بزيتي عباد الشمس والنخيل

أطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية (تخصص علوم الأغذية)

إعداد:

خالد محمد محمد

المشرف المشارك

د. بسام العقلة

باحث في الهيئة العامة للتقانة الحيوية قسم
التقانات الغذائية والصناعية

المشرف العلمي

أ. د. أنور الحاج علي

جامعة دمشق - كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم الأغذية

2024

إلى النور الذي أضاء دربي ..

إلى العزيز الذي حملت اسمه فخراً ..

إلى معلمي الأول ..

الرجل الذي سعى طوال حياته لنكون الأفضل ..

إلى من نذر عمره في أداء رسالة صنعها من أوراق الصبر

وطرزها في ظلام الدهر ..

إلى من حصد الأشواك ليمهد لي طريق العلم والمعرفة ..

إلى القلب الكبير .. والدي العزيز

محمد فالح محمد

أطال الله بقاءه وألبسه ثوب الصحة والغافية ومتعني ببره ورد

جميله .. أهدي له ثمرة غرسه

تصريح لجنة الحكم

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

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

نُوقشت هذه الأطروحة يوم الأحد الموافق 29 / 9 / 2024

التوقيع

أعضاء لجنة الحكم

.....
عضواً

أ.د. محمد محمد

الأستاذ في قسم علوم الأغذية-كلية الهندسة الزراعية-جامعة دمشق
الاختصاص: كيمياء أغذية

.....
عضواً

أ.د. عبد الحكيم عزيزية

الأستاذ في قسم علوم الأغذية-كلية الهندسة الزراعية-جامعة دمشق
الاختصاص: تكنولوجيا أغذية

.....
عضواً مشرفاً

أ.د. أنور الحاج علي

الأستاذ في قسم علوم الأغذية-كلية الهندسة الزراعية-جامعة دمشق
الاختصاص: تحليل أغذية

.....
عضواً

أ.د. محمد المصري

الأستاذ في قسم علوم الأغذية-كلية الهندسة الزراعية-جامعة البعث
الاختصاص: كيمياء وتحليل الأغذية

.....
عضواً

د. ليلى المغربي

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

تصريح

أُصِرَّحُ بأن البحث الموصوف في هذه الأطروحة تحت عنوان (دراسة تأثير بعض المعاملات الفيزيوكيميائية وطرائق القلي في خصائص الجودة لأصابع ورقائق البطاطا المقلية بزيتي عباد الشمس والنخيل) لم يسبق أن قُدِّم للحصول على أي درجة علمية جامعية أخرى وغير مقدم حالياً لذلك، وأن كافة العمل والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي الأستاذ الدكتور أنور الحاج علي، وأن أية معلومات أخرى ذكرت في الأطروحة نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشح:

خلال محمد محمد

Declaration

To whom it my concern, I declare That the present research work entitled **(Study Effect of Some Physicochemical Treatments and Frying Methods On The Quality Properties of French Fries and Potato Chips Fried In Sunflower and Palm Oils)** is a new research work , and That has never been studied by any other researchers for any other degree, and currently it is submit Hed by any one for any degree, All the mentioned result are my own efforts and done by the direct supervision Prof. **Anwar Al Haj Ali**, All the referred literature are cited , and well documented in the list of references.

Candidate

Khaled Mohamad Mohamad



شهادة

نشهد بأن العمل المقدم في هذه الأطروحة (دراسة تأثير بعض المعاملات الفيزيوكيميائية وطرائق القلي في خصائص الجودة لأصابع ورقائق البطاطا المقلية بزييتي عباد الشمس والنخيل) هو نتيجة بحث علمي قام به المرشح خالد محمد محمد بإشراف الأستاذ الدكتور أنور الحاج علي - الأستاذ في قسم علوم الأغذية - كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق. وأن المراجع المستخدمة في هذه الأطروحة موثقة أصولاً ضمن النص.

المشرف العلمي

الأستاذ الدكتور أنور الحاج علي



المرشح

م . خالد محمد محمد



Testimony

We witness that the described work in this thesis (**Study Effect of Some Physicochemical Treatments and Frying Methods On The Quality Properties of French Fries and Potato Chips Fried In Sunflower and Palm Oils**) is the result of scientific research conducted by the Candidate **Khaled Mohamad Mohamad** under supervision of **Prof. Anwar Al Haj Ali** at the department of food science - Faculty of Agriculture Engineering - Damascus University. And any reference to other research works has been duly acknowledged in the text.

Candidate

Khaled Mohamad Mohamad



Main Supervision

Prof. Anwar Al Haj Ali



المحتويات	
الصفحة	العنوان
1	الملخص
3	الفصل الأول: مقدمة
5	فرضيات البحث
5	مشكلة البحث
6	تساؤلات البحث
6	مبررات البحث
7	أهداف البحث
8	الفصل الثاني: الدراسة المرجعية
8	الباب الأول: محصول البطاطا ومنتجاته المقلية وزيت القلي
8	1-1- محصول البطاطا واستخداماته الصناعية
8	1-1-1- محصول البطاطا
8	1-1-2- أصناف البطاطا
9	1-1-2-1- صنف سبونتتا
9	1-1-2-1- صنف أغاريا
9	1-1-3- استخدامات البطاطا الصناعية وتخزينها
11	2-1- زيوت القلي الشائعة
11	2-1-1- زيت النخيل
12	2-1-1-1- زيت النخيل الأوليني
12	2-1-1-2- زيت النخيل الشمعي
12	2-1-2- زيت عباد الشمس
13	3-1- تأثير عملية القلي في مؤشرات جودة زيت القلي
16	4-1- تأثير عملية القلي في بعض خصائص جودة منتجات البطاطا المقلية
17	4-1-1- الزيت الممتص
18	4-1-2- الأكريلاميد
23	الباب الثاني: تأثير طرائق القلي في بعض خصائص جودة أصابع ورقائق البطاطا
23	2-1- القلي العميق التقليدي
25	2-2- القلي تحت التفريغ (الضغط المنخفض)
28	2-3- القلي تحت الضغط (المرتفع)
31	2-4- القلي بالهواء الساخن
34	الباب الثالث: تأثير المعاملات المسبقة في بعض خصائص جودة أصابع ورقائق البطاطا

34	3-1- المعاملات الكيميائية
34	3-1-1- تأثير المعاملة بمحاليل الغمر
35	3-1-1-1- مضادات الأكسدة الطبيعية
38	3-1-1-2- الأملاح المعدنية والحموض العضوية
38	3-1-2- تأثير مواد التغطية على منتجات البطاطا المقلية
42	3-2- المعاملات الفيزيائية
42	3-1-2- تأثير عملية التجفيف بطرائقه المختلفة على منتجات البطاطا المقلية
47	3-2-2- تأثير عملية السلق على منتجات البطاطا المقلية
48	3-2-3- السلق بالموجات فوق الصوتية
49	الباب الرابع - تأثير عملية تجديد زيت القلي في الزيت المستخدم ومنتجات البطاطا المقلية
52	الفصل الثالث: مواد وطرائق البحث
52	1- مواد وتجهيزات البحث
52	2- طرائق القلي لمنتجات البطاطا
52	2-1- القلي العميق التقليدي
52	2-2- القلي تحت التفريغ (الضغط المنخفض)
53	2-3- طريقة القلي تحت الضغط (المرتفع)
53	2-3- طريقة القلي بالهواء
53	3- المعاملات المسبقة
53	3-1- الغمر بالمحاليل
54	3-2- التغطية
54	3-3- التجفيف المسبق
54	3-4- السلق بالموجات فوق الصوتية
55	4- الاختبارات الكيميائية
55	4-1- تقدير محتوى الماء لمنتجات البطاطا
55	4-2- تقدير المحتوى من الزيت لمنتجات البطاطا
55	4-3- تقدير البروتين
55	4-4- تقدير السكريات المرجعة
55	4-5- المؤشرات الكيميائية للزيت في نهاية عملية القلي
55	4-6- تقدير الأكريلاميد
56	4-7- تقدير الفينولات الكلية للمستخلصات النباتية
56	4-8- النشاط الكابح للجذور الحرة بطريقة DPPH
57	5- الاختبارات الفيزيائية

57	5-1- قياس المؤشرات اللونية
57	5-2- تقدير القوام
58	5-2-1- تقدير قوة القص المطبقة للاختراق
58	5-2-2- تقدير قوة القص المطبقة للكسر
58	5-3- قياس معامل الانكماش
58	6- اختبار التقييم الحسي
58	7- التحليل الإحصائي
59	مخطط العمل
60	الفصل الرابع: النتائج والمناقشة
60	المبحث الأول- المؤشرات الكيميائية للمواد الخام المستخدمة في عملية القلي
60	1-1- المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة
60	1-2- المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات أصابع البطاطا الطازجة
61	1-3- نتائج المؤشرات الكيميائية للزيت المستخدم في عملية القلي
61	1-4- نتائج كمية الفينولات الكلية للمستخلصات النباتية
63	المبحث الثاني- رقائق البطاطا صنف Agria
63	الباب الأول: تأثير طرائق القلي في خصائص جودة رقائق البطاطا صنف Agria
63	1-1- القلي العميق التقليدي:
63	1-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
64	1-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
65	1-1-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
66	1-1-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
66	1-1-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
67	1-1-6- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي التقليدي لرقائق البطاطا
68	1-1-7- عدد ساعات القلي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
69	1-1-8- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
69	1-1-9- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
70	1-2- القلي تحت التفريغ
70	1-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
71	1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
73	1-2-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
74	1-2-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
74	1-2-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

75	1-2-6- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا
76	1-2-7- عدد ساعات القلي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
77	1-2-8- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
77	1-2-9- تأثير القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
78	1-3- القلي تحت الضغط
78	1-3-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
79	1-3-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
81	1-3-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
81	1-3-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
82	1-3-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
82	1-3-6- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت الضغط لرقائق البطاطا
83	1-3-7- عدد ساعات القلي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
84	1-3-8- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
84	1-3-9- تأثير القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
85	1-4- القلي بالهواء الساخن
85	1-4-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن
86	1-4-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن
88	1-4-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن
89	1-4-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن
89	1-4-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن
90	1-4-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء الساخن
91	الباب الثاني: تأثير المعاملات المسبقة في خصائص جودة رقائق البطاطا صنف Agria
91	1-2- المعاملات الكيميائية
91	1-1-2- تأثير مواد الغمر
91	1-1-1-2- نتائج المتبقي من زيت القلي في رقائق البطاطا المعاملة بمحاليل الغمر
92	1-1-2-2- المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
96	1-1-2-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
97	1-1-2-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
98	1-1-2-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
99	1-1-2-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
102	1-2- تأثير مواد التغطية
102	1-2-1-2- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

103	2-2-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
105	2-2-1-3- نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
106	2-2-1-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
107	2-2-1-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
107	2-2-1-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
108	2-2- المعاملات الفيزيائية
109	2-2-1- تأثير التجفيف بطرائقه المختلفة
109	2-2-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
110	2-2-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
112	2-2-1-3- نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
113	2-2-1-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
113	2-2-1-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
114	2-2-1-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
115	2-2-2- السلق بالموجات فوق الصوتية
115	2-2-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
116	2-2-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
118	2-2-2-3- نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
119	2-2-2-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
120	2-2-2-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
120	2-2-2-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
122	المبحث الثالث- أصابع البطاطا صنف Sponta
122	الباب الأول: تأثير طرائق القلي في خصائص جودة أصابع البطاطا صنف Sponta
122	1-1- القلي العميق التقليدي
122	1-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
123	1-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
125	1-1-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
126	1-1-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
126	1-1-5- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي لأصابع البطاطا
128	1-1-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
129	1-1-7- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
130	1-1-8- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
131	1-2- القلي تحت التفريغ

131	1-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ
132	1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
134	1-2-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
135	1-2-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
136	1-2-5- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا
137	1-2-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
138	1-2-7- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
139	1-2-8- تأثير القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
140	1-3- القلي تحت الضغط
141	1-3-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
141	1-3-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
143	1-3-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
144	1-3-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
144	1-3-5- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت الضغط للأصابع
145	1-3-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
146	1-3-7- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
147	1-3-8- تأثير القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
148	1-4- القلي بالهواء لأصابع البطاطا
148	1-4-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء
149	1-4-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء
150	1-4-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء
151	1-4-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء
151	1-4-5- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء
152	الباب الثاني: تأثير المعاملات المسبقة في خصائص جودة أصابع البطاطا صنف Sponta
152	1-2- المعاملات الكيميائية
152	1-1-2- تأثير مواد الغمر
152	1-1-1-2- نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
153	1-1-2-2- المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
156	1-1-2-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية
157	1-1-2-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
158	1-1-2-5- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
161	1-2-2- تأثير مواد التغطية

161	1-2-1-2- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
162	2-2-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
164	3-2-1-2- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
164	4-2-1-2- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
165	5-2-1-2- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
166	2-2- المعاملات الفيزيائية
166	1-2-2- تأثير التجفيف بطرائقه المختلفة
166	1-1-2-2- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
167	2-1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
169	3-1-2-2- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
170	4-1-2-2- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
171	5-1-2-2- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
172	2-2-2- السلق بالموجات فوق الصوتية
172	1-2-2-2- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
173	2-2-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
175	3-2-2-2- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
175	4-2-2-2- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
176	5-2-2-2- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
177	الباب الثالث - تأثير عملية تجديد زيت القلي في خصائص أصابع البطاطا والزيت المستخدم في القلي
177	1-3- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد
178	2-3- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد
180	3-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد
181	4-3- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد
181	5-3- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي مع التجديد
183	6-3- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد
183	7-3- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد
185	الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات
185	1-5- الاستنتاجات
186	2-5- التوصيات
187	الفصل السادس: المراجع

فهرس الجداول	
الصفحة	عنوان الجدول
8	الجدول (1) التركيب الكيميائي لأصناف البطاطا
13	الجدول (2) التركيب النموذجي للحموض الدهنية لزيت عباد الشمس
19	الجدول (3) متوسط كمية الأكريلاميد المتشكل في بعض المنتجات الغذائية
60	الجدول (4) نتائج المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة
60	الجدول (5) نتائج المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات أصابع البطاطا الطازجة
61	الجدول (6) نتائج المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للزيوت الطازجة قبل عملية القلي
62	الجدول (7) نتائج كمية الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة مقدراً بطريقة DPPH للمستخلصات النباتية
63	الجدول (8) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
65	الجدول (9) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
66	الجدول (10) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
66	الجدول (11) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
67	الجدول (12) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
68	الجدول (13) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت النخيل في نهاية عملية القلي التقليدي لرقائق البطاطا
69	الجدول (14) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
69	الجدول (15) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
71	الجدول (16) نتائج المحتوى المائي والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
73	الجدول (17) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
74	الجدول (18) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
74	الجدول (19) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
75	الجدول (20) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
76	الجدول (21) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت النخيل في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا
76	الجدول (22) عدد ساعات القلي الإجمالي في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا
77	الجدول (23) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
79	الجدول (24) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
81	الجدول (25) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
81	الجدول (26) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
82	الجدول (27) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
82	الجدول (28) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
83	الجدول (29) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت النخيل في نهاية عملية القلي تحت الضغط لرقائق البطاطا
84	الجدول (30) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

84	الجدول (31) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي الضغط
86	الجدول (32) نتائج المحتوى المائي والزيت لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن
88	الجدول (33) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن
88	الجدول (34) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن
89	الجدول (35) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن
89	الجدول (36) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن
90	الجدول (37) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن
91	الجدول (38) نتائج محتوى الزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
94	الجدول (39) نتائج تغييرات مؤشرات اللون لعينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
96	الجدول (40) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
97	الجدول (41) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
99	الجدول (42) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
101	الجدول (43) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر
103	الجدول (44) نتائج محتوى الماء لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
103	الجدول (45) نتائج محتوى الزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
105	الجدول (46) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
106	الجدول (47) نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
106	الجدول (48) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
107	الجدول (49) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
108	الجدول (50) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية
110	الجدول (51) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
111	الجدول (52) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
112	الجدول (53) نتائج قوة الكسر بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
113	الجدول (54) نتائج معامل الانكماش الحجمي بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
113	الجدول (55) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
114	الجدول (56) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
116	الجدول (57) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
118	الجدول (58) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
119	الجدول (59) نتائج قوة الكسر بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
119	الجدول (60) نتائج معامل الانكماش الحجمي بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
120	الجدول (61) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية
121	الجدول (62) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

123	الجدول (63) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
125	الجدول (64) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
126	الجدول (65) نتائج القوة المطبقة للاختراق (القوام) لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
126	الجدول (66) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
127	الجدول (67) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي لأصابع البطاطا
129	الجدول (68) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
129	الجدول (69) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي
132	الجدول (70) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
133	الجدول (71) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
134	الجدول (72) نتائج قوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
136	الجدول (73) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
137	الجدول (74) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت الشمس في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا
138	الجدول (75) عدد ساعات القلي الإجمالي في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا
139	الجدول (76) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ
141	الجدول (77) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
143	الجدول (78) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
144	الجدول (79) نتائج قوة الاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
144	الجدول (80) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
145	الجدول (81) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت الضغط للأصابع
146	الجدول (82) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) في نهاية عملية القلي تحت الضغط للأصابع
147	الجدول (83) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط
149	الجدول (84) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن
150	الجدول (85) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن
151	الجدول (86) نتائج القوام (القوة المطبقة للاختراق) لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن
151	الجدول (87) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن
152	الجدول (88) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن
153	الجدول (89) نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
155	الجدول (90) نتائج تغييرات مؤشرات اللون لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
157	الجدول (91) نتائج القوة المطبقة للاختراق (القوام) لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
158	الجدول (92) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
159	الجدول (93) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر
161	الجدول (94) نتائج محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

162	الجدول (95) نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
163	الجدول (96) المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
164	الجدول (97) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
165	الجدول (98) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
166	الجدول (99) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية
167	الجدول (100) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
169	الجدول (101) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
170	الجدول (102) نتائج قوة الاختراق بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
170	الجدول (103) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
171	الجدول (104) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق
173	الجدول (105) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالموجات فوق الصوتية
174	الجدول (106) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالموجات فوق الصوتية
175	الجدول (107) نتائج القوة المطبقة للاختراق بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالموجات فوق الصوتية
176	الجدول (108) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالموجات فوق الصوتية
177	الجدول (109) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالموجات فوق الصوتية
178	الجدول (110) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد
179	الجدول (111) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد
180	الجدول (112) نتائج قوة الاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد
181	الجدول (113) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد
182	الجدول (114) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي مع التجديد
183	الجدول (115) عدد ساعات القلي الإجمالي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد
184	الجدول (116) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

فهرس المخططات	
الصفحة	عنوان المخطط
70	المخطط (1) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لرفائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي
70	المخطط (2) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لرفائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي
78	المخطط (3) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لرفائق البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ
78	المخطط (4) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لرفائق البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ
85	المخطط (5) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لرفائق البطاطا بطريقة القلي تحت الضغط
85	المخطط (6) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لرفائق البطاطا بطريقة القلي تحت الضغط
130	المخطط (7) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لأصابع البطاطا بطريقة القلي التقليدي
130	المخطط (8) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لأصابع البطاطا بطريقة القلي التقليدي

140	المخطط (9) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لأصابع البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ
140	المخطط (10) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لأصابع البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ
147	المخطط (11) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لأصابع البطاطا بطريقة القلي تحت الضغط
148	المخطط (12) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لأصابع البطاطا بطريقة القلي تحت الضغط

قائمة الرموز والاختصارات العلمية		
الاختصار	الاسم الكامل باللغة الانكليزية	الاسم الكامل باللغة الانكليزية
TFA	Total Fatty Acids	الحموض الدهنية الكلية
TPC	Total Polar Compounds	المركبات القطبية الكلية
FFA	Free Fatty Acids	الحموض الدهنية الحرة
A _w	Water Activity	النشاط المائي
FAO	Food and Agriculture Organization	منظمة الزراعة والأغذية
WHO	World Health Organization	منظمة الصحة العالمية
FDA	Food and Drug Administration	منظمة الغذاء والدواء
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment	المكتب الأوروبي لتحليل المخاطر البيئية والصحية
PUFA	Poly Unsaturated Fatty Acids	الحموض الدهنية متعددة عدم الإشباع
SFA	Saturated Fatty Acids	الحموض الدهنية المشبعة
BI	Browning Index	دليل الاسمرار
HPLC	High Performance Liquid Chromatography	الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء
GC	Gas Chromatography	الكروماتوغرافيا الغازية
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Substances	المواد التفاعلية مع حمض الثيوباربتيوريك
PME	Pectin Methyl Esterase	إنزيم بكتين ميثيل استيراز
PG	Poly Galacturonase	إنزيم بولي غالاكتوروناز

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم القيمة الغذائية والصحية لمنتجات البطاطا المقلية (الرقائق والأصابع) وزيت أولين النخيل وعباد الشمس من خلال دراسة تأثير طرائق المختلفة [التقليدي، تحت الضغط، التفريغ والهواء الساخن] وبعض المعاملات الأولية الفيزيائية [السلق والتجفيف] والكيميائية [مواد الغمر ومواد التغطية] في المنتجات المذكورة أعلاه، إضافةً لدراسة تأثير نسبة تجديد زيت عباد الشمس أثناء القلي التقليدي في بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لأصابع البطاطا والزيت، وذلك من خلال إجراء عملية أمثلة لطرائق القلي والمعاملات المطبقة. أظهرت النتائج تفوق العينات المقلية [رقائق وأصابع] بدرجات حرارة مرتفعة في كافة الطرائق المطبقة بإدنى قيمة للمحتوى الرطوبي وكمية الزيت الممتص، أما بالنسبة للمؤشرات اللونية [معامل الاسمرار] وكمية الأكريلاميد، فقد لوحظ تفوق العينات المقلية بدرجات حرارة منخفضة بأدنى قيمة للمؤشرين الأنفي الذكر. إما فيما يتعلق بتقييم العينات من الناحية الحسية وخصوصاً معدل القبول العام، فقد أظهرت النتائج تفوق رقائق وأصابع البطاطا المقلية بدرجة حرارة 175م بالطريقة التقليدية على بقية الطرائق المطبقة، حيث بلغ معدل القبول العام لكل من الرقائق والأصابع 8.3 و 7.9 على الترتيب. إما بالنسبة لعدد ساعات القلي، فقد تفوقت طريقة القلي تحت التفريغ عند الدرجة 115م بأكبر عدد لساعات القلي مع التجديد المستمر بنسبة الفقد، فبلغت 76 ساعة لزيت أولين النخيل و 74 لزيت عباد الشمس، وكانت قيمة قرينة البيروكسيد في نهاية دورات القلي 8.17 و 7.72 ميلي مكافئ/كغ لكل من زيت أولين النخيل وعباد الشمس على الترتيب. أما بالنسبة لمواد الغمر المستخدمة في الدراسة [المستخلصات النباتية، الأملاح المعدنية والحموض العضوية]، فقد أثر استخدامها بشكل إيجابي في معظم المؤشرات المدروسة وكان التركيز 1% هو التركيز المثالي لأغلب المعاملات. أظهرت النتائج قدرة مواد التغطية في خفض كمية الزيت الممتص ضمن منتجات البطاطا المقلية، كما ولوحظ وجود تأثير إيجابي لإضافة مستخلص قشور ثمار الكريغون بتركيز 1% للأغلفة الغذائية من خلال تحسين الخصائص الحسية وتخفيض تشكل الأكريلاميد لمنتجات البطاطا المقلية. أظهرت نتائج أمثلة عملية السلُق باستخدام الأمواج فوق الصوتية فعالية عالية في تحسين الخصائص الحسية وبعض مؤشرات الفيزيوكيميائية للمنتجات المقلية، وكانت درجات

الحرارة 55 و 65 م° هي الدرجات المثلى للحصول على منتجات صحية وذات جودة عالية. أما بالنسبة لعملية التجفيف، فقد أظهرت عينات رقائق البطاطا المجففة بطريقة التفرغ والميكرويف لنسبة فقد 10% من محتواها الرطوبي تقارباً مع عينة الشاهد من حيث الخواص الحسية ومستويات الأكريلاميد المتشكل، بينما لم يكن هناك أي فروق معنوية بالنسبة لأصابع البطاطا المقلية من حيث نوع طريقة التجفيف ونسبة الفقد بالرطوبة بالنسبة للخواص الحسية. أدى زيادة زمن التجفيف لخفض كمية الزيت الممتص ولكن ارتفعت قيمة الأكريلاميد المتشكل في كافة عينات الدراسة وكذلك درجة تغير اللون ومعامل الاسمرار. تفوقت عينات أصابع البطاطا المقلية بنسبة تجديد للزيت 100% على بقية العينات المدروسة من حيث بعض المؤشرات اللونية والقوة المطبقة للاختراق، كما لم يُلاحظ وجود أي فروق معنوية بين العينات المقلية بنسبة تجديد للزيت 100 و 75% بالمقارنة مع العينات الأخرى من حيث كمية الأكريلاميد والاختبارات الحسية ومؤشرات زيت عباد الشمس [FFA وقرينة البيروكسيد والنسبة PUFA/SFA]، وعدد ساعات القلي ومؤشر الاسمرار. تميزت العينات المقلية بنسبة تجديد 25% على بقية العينات المدروسة من حيث محتوى الماء وكمية الزيت الممتص. امتلكت المعاملات الفيزيوكيميائية المطبقة فعالية كبيرة في تحسين القيمة الصحية والتغذوية للمنتجات المقلية وقدمت النتائج الطرائق المثلى لتخفيض كمية الزيت الممتص والأكريلاميد بالنسبة للأصناف المدروسة.

الكلمات المفتاحية: طرائق القلي، الاكريلاميد، الزيت الممتص، رقائيق وأصابع البطاطا، المعاملات التصنيعية المسبقة، المؤشرات الكيميائية.

الفصل الأول: مقدمة

يعد محصول البطاطا [*Solanum tuberosum.L*] من المحاصيل الزراعية الهامة التي تُطلب بشكل مستمر على مدار العام، وفي جميع أسواق العالم، وذلك بسبب تمتعها بخصائص فريدة كاحتوائها على بعض الحموض الأمينية الأساسية، خاصة الليسين والهيستدين بتركيز 9.3 و 3.2 مغ/100 غ على الترتيب، بالإضافة إلى الألياف والفيتامينات والمعادن، تستهلك المنتجات المصنعة من البطاطا بشكل شبه يومي ضمن أنظمة غذائية متنوعة [Tian et al., 2016؛ Wu et al., 2018]. تعتبر عملية القلي من أكثر التقنيات المستخدمة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم في تحضير الأغذية، واستخدمت منذ حوالي القرن السادس عشر قبل الميلاد من قبل قدماء المصريين، وقد نشر الرومان هذه الطريقة فيما بعد، وأطلقوا عليها اسم الغلي بالزيت، وتستخدم حالياً في قلي اللحوم والأسماك والخضراوات تجارياً ومنزلياً [Rosell, 2001^b]، وتُعرف عملية القلي العميق بأنها عملية غمر الأطعمة في الزيوت الصالحة للأكل عند درجة حرارة تتراوح ما بين 150-200م، وعلى الرغم من قدمها إلى إنها أُستخدمت بشكل كبير وواسع خلال الخمسين سنة الماضية، حيث بلغ عدد المطاعم التي تقدم الوجبات المقلية في الولايات المتحدة الأمريكية لوحدها 500 ألف مطعم، وعلى الرغم من الحملات التي قامت ضد استهلاك الدهون الغذائية، إلا إنها في مرحلة نمو متزايد [Orthoefer and List, 2006]. ولكن بسبب مخاطر اتباع نظام غذائي عالي الدهون، فهناك ميل متزايد لدى المستهلكين للبحث عن بدائل مغذية أكثر أماناً، لإدراكهم أن الأغذية المقلية تحتوي على نسبة عالية من الدهون الضارة [Giovanelli et al., 2017]، مما أدى لزيادة الطلب للأغذية الصحية عالية الجودة [Pandey and Singh, 2011]. تعد المنتجات المقلية منتجات عصرية مستهلكة بشكل كبير داخل المنازل وخارجها، مما جعل من تقليل محتوى الزيت ضمنها ضرورة أساسية. أُقترحت سلسلة من البدائل بهدف استبدال عملية القلي التقليدية بتقنيات قادرة على توفير خصائص حسية مماثلة لتلك الموجودة في الأغذية المقلية، مع توفير جودة غذائية أعلى للمنتج، بالإضافة إلى سهولة استعمال هذه التقنيات [Santos et al., 2017]. لذلك تركزت البحوث على إنتاج منتجات مقلية قليلة الدسم والسرعات الحرارية وذات مواصفات حسية جديدة تلقى القبول لتطلعات المستهلكين [Oladejo et al., 2018]. يعد محتوى الزيت في المنتجات المقلية من أهم معايير الجودة للمنتج الغذائي، وتؤثر به مجموعة من العوامل وهي شكل المنتج ودرجة حرارة ومدة القلي وأبعاد المنتج ومساميته ومجموعة المعاملات التي يتعرض لها قبل وبعد عملية القلي، ويقسم الزيت الممتص إلى قسمين، قسم يكون داخل

المادة الغذائية أثناء عملية القلي وتظهر الدراسات بأن نسبته كانت ضمن رقائق البطاطا حوالي 20%، وقسم آخر يتشكل على سطح المادة الغذائية ويشكل نسبة 80% في رقائق البطاطا، وبالتالي أن آلية امتصاص الزيت من قبل المنتج الغذائي تعتمد على المنافسة بين نفوذية مسام المنتج الغذائي أثناء القلي وخلال فترات تبريده [Pandey, 2009]. اشارت التقارير إلى أن وجود مادة الأكريلاميد في البطاطا المقلية أدى إلى اهتمام عالمي، وذلك لأن هذه المادة مسرطنة للإنسان [Basuny and Oatibi, 2016]. تتشكل في الأغذية الغنية بالكربوهيدرات والحموض الأمينية، وذلك نتيجة للطبخ، الذي يستخدم فيه درجات حرارة عالية. حيث يعد تفاعل ميلارد الآلية الأكثر ترجيحاً لتشكل الأكريلاميد في البطاطا المقلية، وبالتالي فعلا مصنعي منتجات البطاطا المقلية التعرف على الطرق المستخدمة والفعالة لتقليل مستويات الأكريلاميد في خطوط معاملهم، مع المحافظة على خصائص الجودة للزيت المستخدم والبطاطا الناتجة. إن المحافظة على جودة البطاطا والزيت المستخدم في القلي يتم من خلال التخلص أو التقليل من بوائى الأكريلاميد بطرائق متعددة تعتمد على معاملات معينة، أو خلال التحكم في شروط عملية التصنيع مثل الضغط المستخدم في عملية القلي أو القلي المتقطع على درجات حرارة منخفضة، كما أن التقنيات اللاحقة للقلي يمكن استخدامها أيضا للغرض ذاته [Urbančič et al., 2014]. **وقد تناول البحث**

الفصول التالية:

الفصل الأول: بين المقدمة ومشكلة البحث وفرضياته ومبرراته وتساؤلاته بالإضافة لأهدافه. **الفصل الثاني:** تناول بعض الدراسات المرجعية المتعلقة بمحصول البطاطا وزيت عباد الشمس وأولين النخيل وطرائق القلي المختارة، وتأثير عملية القلي على بعض الخواص الفيزيوكيميائية للزيت ومنتجات البطاطا المقلية، وأهمية إجراء معالجات مسبقة للمنتجات المقلية قبل إجراء عملية القلي، وبالإضافة إلى ذلك تضمن بعض الدراسات التي تبين المخاطر الصحية والتغذوية لزيوت القلي ونواتج عملية القلي (الزيت الممتص والأكريلاميد)، كما انتهى الفصل بدراسة الآثار السلبية والإيجابية لتجديد الزيت أثناء عملية القلي. **الفصل الثالث:** ذكرت مواد البحث وطرائقه، من حيث مكان تنفيذ البحث، أصناف البطاطا وأنواع الزيوت المستخدمة في الدراسة، والطرائق المتبعة في إجراء الاختبارات الفيزيوكيميائية لمنتجات البطاطا المقلية والزيوت المستخدمة، كما تم في هذا الفصل بيان الطرائق المتبعة في عملية القلي والتجفيف وتحضير المستخلصات النباتية ومواد التغطية. **الفصل الرابع:** تضمن مناقشة النتائج التي تم الحصول عليها، والتي احتوت تأثير طرائق القلي المطبقة، بالإضافة لطرائق التجفيف والسلق

ومواد الغمر والتغطية في الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية لرقائق وأصابع البطاطا وزيت أولين النخيل وعباد الشمس، كما وتضمن دراسة تأثير تجديد زيت عباد الشمس في بعض الخواص الفيزيوكيميائية والحسية لأصابع البطاطا والزيت المستخدم. **الفصل الخامس:** تضمن الاستنتاجات والتوصيات التي تم الوصول إليها، من حيث درجة الحرارة المثلى في كل طريقة قلي مطبقة، وعدد ساعات القلي الممكن تطبيقها، وبيان المعاملة الأولية الأفضل والتي حسنت من جودة المنتجات المقلية، بالإضافة لتحديد النسبة المثلى لتجديد زيت عباد الشمس أثناء عملية قلي أصابع البطاطا.

- فرضيات البحث:

تُعدّ منتجات البطاطا المقلية من أكثر الأغذية الشائعة في الجمهورية العربية السورية، وبالنظر لما تحمله من مخاطر صحية لا تحصى (السرطان وأمراض القلب والكلية) وبنتيجة استهلاكها من قبل كافة الفئات العمرية. وبالنظر لحجم الزيوت المستخدمة في تصنيعها وارتفاع تكاليف الحصول عليها من خلال استنزاف القطع الأجنبي كونها مواد مستوردة، فقد تم التركيز على محورين أساسيين:

- الأول يعتمد على مدى إمكانية أمثلة وتطبيق طرائق القلي على الأصناف الشائعة في إنتاج منتجات البطاطا المقلية، من خلال تحديد درجة الحرارة المثلى وعدد دورات القلي الأعظمية، وذلك بهدف توفير كميات كبيرة من الزيت مع المحافظة على جودة المنتجات المقلية.
- الثاني توظيف المعاملات التصنيعية المطبقة على الأصناف المستحدثة في محاولة الحصول على منتجات آمنة صحياً وقادره على المنافسة في السوق الخارجية وخاصة صناعة الشيبس.

- مشكلة البحث:

أثبتت الدراسات السابقة أهمية المعاملات التصنيعية المطبقة قبل القلي وخاصة عمليات التجفيف، لكونها تخفض محتوى الماء الأولي وتحمي الزيت من تغيرات الفساد، بالإضافة إلى تشكيل أغلفة قابلة للأكل تحافظ على التركيب الهيكلي في البطاطا المقلية وخصائصها الحسية، ويختلف تأثير هذه المعاملات باختلاف الصنف، وبهدف مواكبة التطورات التي أدخلت على زراعة واستكثار أصناف البطاطا التجارية دون الإضرار بالمتطلبات الصحية، حيث أن من أكثر العوامل المؤثرة في امتصاص الزيت وتشكّل الأكريلاميد في منتجات البطاطا المقلية هي شروط عملية التصنيع (كالحارة والضغط وزمن القلي وطرائق القلي)، درجة تدهور زيت القلي، هندسة

العمليات التصنيعية والمعاملات الأولية (على سبيل المثال التجفيف، الأغذية القابلة للأكل، محاليل الغمر...).

- تساؤلات البحث:

لماذا تم اختيار صنف سبونت لإنتاج الأصابع وصنف آغاريا لصناعة الرقائق. ما هو تأثير طرائق القلي (الحرارة والزمن) في بعض الخواص الفيزيوكيميائية للمنتجات المقلية والزيت المستخدمة. ماهي عدد ساعات القلي المثلى التي يجب عندها التخلص من الزيت، وهل من الممكن أن يكون لدرجات الحرارة تأثير على إطالة عدد دورات القلي مع المحافظة على صلاحية الزيت. ما هي أهمية طرائق التجفيف في تأمين منتجات آمنة صحياً. هل من الممكن أن يؤدي تطبيق بعض المعاملات الأولية في توفير لزيت القلي وتحسين لخواص منتجات البطاطا المقلية. هل من الممكن أن تؤثر نسبة تجديد الزيت في فترة صلاحيته.

- مبررات البحث:

انطلاقاً من الاستهلاك الكبير للزيوت النباتية في قلي المواد الغذائية سواء في المنزل أو الصناعة، مع عدم الدقة والتنظيم في فترة استخدامها خلال عملية القلي، والذي لا يخضع لأي ضابط أو معيار، مما يؤدي لتدهور خصائص وصفات الزيت، وبالتالي تدهور خصائص المنتج نتيجة لعمليات الأكسدة والتحلل والتدهور الحراري للزيت أثناء القلي، تنوع طرائق القلي المستخدمة حديثاً، وعدم القدرة على تجاهل الخسارة الاقتصادية الناجمة عن تدهور الزيت، وبالنظر للأهمية الاقتصادية للمادة الغذائية المستهدفة في البحث (أصابع ورقائق البطاطا) والانتشار الواسع لها واستهلاكها من قبل شريحة واسعة من الناس، مع ما تحمله من أضرار صحية متمثلة بالدهون والأكريلاميد. السعي الدائم من قبل المنظمات العالمية وخبراء التغذية في إنتاج منتجات آمنة صحياً، والحرص على الحصول عليها بمواصفات عالية الجودة من خلال تقديم بيانات علمية صحيحة تساعد في اختيار طريقة القلي والمعاملات التي تؤدي لخفض كمية الأكريلاميد والزيت الممتص في المنتج النهائي مع المحافظة على الخواص الحسية.

- أهداف البحث:

نظراً لندرة الدراسات المحلية حول تأثير ظروف القلي والمعاملات المسبقة في إنتاج أصابع ورقائق البطاطا للأصناف المستخدمة بشكل كبير في تصنيع منتجات البطاطا في سورية، فقد هدف هذا البحث إلى:

- 1- معرفة تأثير طرائق القلي المختلفة (التقليدي، الهواء الساخن، تحت التفريغ وتحت الضغط) من حيث درجة الحرارة ومدة القلي في بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لزيت أولين النخيل وعباد الشمس.
- 2- معرفة تأثير طرائق القلي المختلفة (التقليدي، الهواء الساخن، تحت التفريغ وتحت الضغط) من حيث درجة الحرارة في التركيب الكيميائي والفيزيائي والخواص الحسية لأصابع ورقائق البطاطا المصنعة من صنف سبونتأ وآغاريا على الترتيب.
- 3- معرفة تأثير بعض المعاملات الفيزيائية الأولية (طرائق التجفيف المسبق، والسلق بالأمواج فوق الصوتية) في تحسين بعض خصائص جودة أصابع ورقائق البطاطا المنتجة بالقلي التقليدي من صنف سبونتأ وآغاريا على التوالي.
- 4- معرفة تأثير بعض المعاملات الكيميائية الأولية (محاليل الغمر، محاليل التغطية) في تحسين بعض خصائص جودة أصابع ورقائق البطاطا المنتجة بالقلي التقليدي من صنف سبونتأ وآغاريا على التوالي.
- 5- دراسة تأثير نسبة تجديد زيت عباد الشمس (25، 50، 75، 100%) أثناء القلي التقليدي في بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لكل من زيت عباد الشمس وأصابع البطاطا المنتجة من صنف سبونتأ.

الفصل الثاني: الدراسة المرجعية

الباب الأول: محصول البطاطا ومنتجاته المقلية وزيت القلي:

1-1-1 محصول البطاطا واستخداماته الصناعية:

1-1-1-1 محصول البطاطا:

يعد محصول البطاطا [*Solanum tuberosum L*] من أهم محاصيل الخضروات في العالم، كما يعد رابع أكبر محصول اقتصادي يتم إنتاجه في العالم بعد الأرز والقمح والذرة [Djaman et al., 2022]، بلغ الإنتاج العالمي منه في عام 2019 حوالي 371 مليون طن [FAOSTAT, 2021]، بينما بلغ إنتاج سوريا لعام 2022 حوالي 554740 طن، وهو في تزايد مستمر [المجموعة الإحصائية الزراعية، 2023 جدول 23]. تحتل البطاطا المرتبة الخامسة عالمياً، من حيث أكثر السلع الغذائية استهلاكاً بين كافة الفئات العمرية للبشر [Mesias et al., 2021]، وتزرع في ظروف مناخية مختلفة [Djaman et al., 2022]، كما وتمتاز بتعدد أصنافها [Sampaio et al., 2020]، يختلف التركيب الكيميائي لها باختلاف الصنف ودرجة نضج الدرنات والظروف السائدة أثناء تكوينها وموقع الزراعة، بالإضافة للعمليات الزراعية المطبقة [الري والتسميد] وموعد الحصاد وآلية التخزين وعوامل أخرى [Mesias et al., 2019]، ويوضح الجدول (1) أدناه التركيب الكيميائي لأغلب أصناف البطاطا المنتجة.

الجدول (1) التركيب الكيميائي لأصناف البطاطا

نوع المادة	المادة الجافة	الدهن	البروتين	الكربوهيدرات	الرماد	الفركتوز	الغلوكوز	السكرز
نسبتها	257-186	3.1-0.6	26-19.5	209-148	13-8.7	0.23-0.07	3.3-0.6	11.4-2.6

المصدر [Petropoulos et al., 2020]. الوحدة غ/كغ على أساس الوزن الرطب

تتمثل أهمية هذا المحصول في السلسلة الغذائية لمحتواه الجيد من الكربوهيدرات كمصدر أساسي للطاقة وبعض الأحماض الأمينية وبعض الفيتامينات والمعادن وخاصة البوتاسيوم والحموض الفينولية والفلافونيد [Romano et al., 2018]، كما ويحتل الترتيب الأول في إنتاج الطاقة ويطلق عليه اسم الخبز الثاني [السيد، 2009].

1-1-2-1 أصناف البطاطا:

يوجد في العالم أكثر من 5000 صنف معروف من مادة البطاطا [Sampaio et al., 2020]. تصنف البطاطا في ثلاث مجموعات وذلك وفقاً لمحتوى المادة الجافة، المجموعة الأولى للأصناف التي محتواها أعلى من 20%، أما المجموعة الثانية فيكون محتواها بين 18-19.9%، والمجموعة الثالثة تضم الأصناف التي محتواها أقل من

17.9%، تفضل لعملية القلي الأصناف التي تتدرج ضمن المجموعة الأولى وذلك لقدرتها على امتصاص زيت أقل أثناء القلي [Silveira et al., 2017]، كما ويعد مستوى السكريات ضمن درنات البطاطا عامل مهماً ومؤثراً في جودتها، وذلك لتأثيره الكبير على لون المنتجات المقلية [Stark et al., 2020]. كما وتصنف البطاطا أيضاً في خمس مجموعات رئيسية وذلك وفقاً لعدد الأيام اللازمة لها من تاريخ زراعتها إلى حصادها [السيد، 2009].

1-1-2-1- صنف سبونتا:

يعد صنف سبونتا من الأصناف النصف مبكرة النضج، والتي تحتاج لحوالي من 100-105 يوم من تاريخ الزراعة لتاريخ النضج، كما يمتاز بفترة سكون متوسطة، درناته متطاولة الشكل وجذابة ومرغوبة، العيون سطحية، الإنتاج كبير في العروة الربيعية والصيفية، وجيد في العروة الخريفية، كما أن حجم الدرنات الناتجة من النبات الواحد كبير جداً، حجم المجموع الخضري جيد [السيد، 2009]، كما ويعد من الأصناف الشائعة الاستخدام محلياً، لقدرته على تحمل ظروف مناخية مختلفة، ولمقاومته للأمراض المنتشرة محلياً وخاصة الفطرية والبكتيرية والفيروسية، تستخدم درناته لإنتاج أصابع البطاطا المقلية، حيث تمتاز درناته بصفات حسية جيدة، نظراً لونها المرغوب (الأصفر الذهبي) وذلك لارتفاع نسبة الكاروتينات ضمنها [Ayad, 2021].

1-1-2-1- صنف أغاريا:

يعد من الأصناف المبكرة إلى نصف متأخرة النضج والذي يحتاج من 105-110 يوم من تاريخ الزراعة لتاريخ النضج [السيد، 2009]. الدرنات ذات أحجام كبيرة بيضاوية طويلة، تمتاز بلونها الأصفر الفاتح والذي يجعلها مناسبة لصناعة الشيبس، تمتاز بمقاومتها للأمراض الفيروسية [عبد الحميد، 2017].

1-1-3- استخدامات البطاطا الصناعية وتخزينها:

يُستهلك أكثر من ثلثي البطاطا المنتجة في العالم معالجة، ومن أكثر طرائق المعالجة انتشاراً لدرنات البطاطا قبل استهلاكها الطهي [Ciccone et al., 2020]، ويستخدم الثلث البقية لتغذية الحيوانات، واستخراج النشاء وبعض المركبات المستخدمة في صناعة الأدوية وكحول الإيثانول [FAO, 2019]. يمكن أن تؤدي طرائق التصنيع المختلفة لمنتجات البطاطا لفقد لبعض مكوناته أو تشكّل مركبات غير مرغوبة وضارة بالإنسان [Jayanty et al., 2019]. تصنّف الأغذية المقلية بالدهون من المأكولات السريعة، التي أثبتت الدراسات دورها في انتشار السمنة وتراكم الدهون المفرط، مع ما تحمله من مخاطر على الصحة، لاتباع نظام غذائي عالي السعرات الحرارية،

وتناول كميات كبيرة الحجم مقارنة بالاحتياجات الغذائية اللازمة للإنسان. وتعد منتجات البطاطا المقلية مصدراً مهماً للنشاء ولكنها أيضاً مصدر للدهون، لأنها ذات محتوى زيتي مرتفع [Patsioura et al., 2016]. إن البطاطا المخصصة للتصنيع الغذائي وخاصة أصابع ورقائق البطاطا المقلية يجب أن تتمتع بصفات محددة من الناحية الشكلية والتركيبية، ففي حالة إنتاج أصابع البطاطا المقلية، فإن الدرنات ذات الشكل المستطيل والبيضاوي هي الأكثر رغبة، ويفضل أن تكون بقطر 40-75 ملم، بينما من الناحية التركيبية تستخدم الأصناف ذات التوزع المتساوي للسكريات المرجعة على سطح الدرة المقطوعة لكونه أحد المعلمات المهمة بشكل خاص، أما بالنسبة للبطاطا التي تتراكم فيها السكريات حول الحزم الوعائية أو في الساق أو الجزء العلوي، فيجب عدم استخدامها في التصنيع وتحويلها إلى منتجات مشنقة، كما ويجب أن تكون البطاطا المعدة للتصنيع قابلة للتخزين لفترة طويلة [Sawicka et al., 2021]. تُحضر البطاطا المقلية بطريقة بسيطة، تعتمد على غسلها وتقطيعها إلى الشكل المطلوب ثم قليها بالزيت، ويمكن أن تجرى عليها معاملات أخرى اختيارية مثل السلق والتجفيف والتلميح قبل القلي [Li et al., 2022]. تتراوح محتوى الماء النهائية لأصابع البطاطا المنتجة على نطاق تجاري من 38-45% [Romani et al., 2008]. تعتبر رقائق البطاطا (الشيبس) واحدة من أكثر منتجات البطاطا شيوعاً واستهلاكاً، وذلك لطعمها الفريد وقوامها المستساغ [Pedreschi et al., 2016b; Kita, 2014]، يتم الحصول عليها من خلال قلي شرائح رقيقة من البطاطا بسماكة من 1-2 مم في الزيت، بهدف خفض محتواها المائي، ليتراوح بعد القلي ما بين 1.7-1.8 أي أقل من 2%، ويصل محتوى الزيت لحوالي 35% [Pedreshi et al., 2016]. يؤثر صنف البطاطا وسماكة الرقائق بشكل معنوي في المؤشرات اللونية والصفات الحسية، حيث تنخفض المؤشرات اللونية مع زيادة سماكة الرقائق، والتي من الممكن أن تؤثر على قبولها لدى المستهلكين [Abong et al., 2011]. تخزن درنات البطاطا المعدة للقلي ضمن درجات حرارة تتراوح من 8-10 م°، وذلك لمنع تراكم السكريات المرجعة (الغلوكوز والفركتوز) ضمن درنات البطاطا [Wiberley-Bradford et al., 2016]، حيث تؤدي درجات الحرارة المنخفضة لحدوث خلل فيزيولوجي ضمن درنات البطاطا يسمى هذا الخل بعملية التحلية (Cold-Induced Sweetening) وهي عملية غير مرغوبة ضمن درنات البطاطا المعدة للصناعة، حيث تؤدي زيادتها لإعطاء منتجات البطاطا المقلية لوناً معتماً وغير مرغوب، حيث تتحد مجموعة الكربونيل أو الكيتون ضمن السكريات المرجعة مع مجموعة الأمين للحموض الأمينية وبخاصة الاسبارجين مما يؤدي لتشكل صبغات تسمى ميلانويد

أثناء القلي مسببةً لون بني، بالإضافة لتشكيل مادة الأكريلاميد، كما وتؤدي درجات الحرارة المنخفضة لزيادة نشاط كلاً من إنزيم بيروكسيداز والبولي فينول أوكسيداز (PPO) وهي إنزيمات مسؤولة عن عملية الأكسدة، وتؤدي لاسوداد درنات البطاطا قبل القلي [Pereira et al., 2020].

1-2-1 زيوت القلي الشائعة:

على الرغم من الانتشار الواسع للعديد من أنواع الزيوت عبر العالم إلا أن هناك تفضيل محلي من جهة المستهلك والمصنع لبعض أنواع الزيوت في عملية القلي، فعلى سبيل المثال يعد زيت الكانولا الزيت المثالي لقلي شيبس البطاطا صناعياً في الولايات المتحدة الأمريكية [Gupta 2000]، بينما يفضل السكان في شبه القارة الهندية زيت السمسم. حددت مؤسسة الخدمات الغذائية الأمريكية الزيوت الرئيسية التي يجب استخدامها في القلي وهي زيت أوليف النخيل، الزيتون، عباد الشمس، الفول السوداني وفول الصويا [Kita and Lisinska, 2005]. وتفضل الزيوت ذات المحتوى المنخفض من حمض اللينولينيك لأنها تتحلل بسرعة عند تعرضها لدرجات حرارة عالية أثناء وأن يكون ذو محتوى عالي من حموض أحادية عدم التشبع [Ruiz – Mendez and Manch, 2003].

1-2-1-1 زيت النخيل:

هو زيت مأكول يتم الحصول عليه من ثمار النخيل الزيتي، وهو نوع من النخيل يتبع إلى الفصيلة النخيلية Palmaceae، تعود أصوله إلى جنوب أفريقيا، حيث يستخرج الزيت من طبقة لب الثمرة Mesocarp والتي تحتوي على نسبة من الزيت تصل إلى 45-55 % وهذا الزيت يسمى زيت النخيل، بينما يسمى الزيت الذي يتم الحصول عليه من النوى بزيت بذور النخيل. يعد زيت النخيل أكثر الزيوت النباتية المستخدمة عالمياً باستهلاكه قُدر بنحو 46.8 مليون طن في عام 2010، وهو أيضاً مادة أولية للعديد من الصناعات الغذائية وغير الغذائية [Amira et al, 2014]، حيث يستخدم في الطهي وتصنيع أنواع المارجرين، الزبدة النباتية، المثلجات وكعامل استحلاب. نظراً لكون زيت النخيل زيت نباتي فهو خالٍ من الكولسترول، وهو شبه صلب عند درجة حرارة الغرفة وبالتالي لا يحتاج إلى عمليات الهدرجة لاستخدامه في المجال الغذائي، كما ويمتاز زيت النخيل بامتلاكه تركيبة فريدة من حيث الحموض الدهنية وثلاثيات الغليسريد، ويعد الحمض الدهني C16:0 الذي يدعى حمض النخيل Palmitic acid هو الحمض الدهني السائد وتبلغ نسبته حوالي 44%، أما الغليسريدات الثلاثية فأهمها C50 الذي يمكن أن تصل نسبته إلى 40% من إجمالي الغليسريدات الثلاثية في زيت النخيل [Pande et al, 2013].

يتميز زيت النخيل بامتلاكه لنسبة متساوية من الحموض الدهنية المشبعة وغير المشبعة، بينما يتميز زيت بذور النخيل بارتفاع محتواه من الحموض الدهنية المشبعة وتصل إلى 86%، وبالتالي يتمتع بثبات عالي ضد الأكسدة وبالتالي يزيد من استخدامه في المجالات الغذائية. يحتوي زيت النخيل على فيتامين E بنسبة تصل إلى 1000 ppm ويعد من أهم مضادات الأكسدة الضرورية للإنسان. يتواجد زيت النخيل تجارياً بنوعين:

1-1-2-1- زيت النخيل الأوليني:

زيت النخيل الأوليني هو الجزء السائل الذي يتحصل عليه من زيت النخيل بعد عملية البلورة ضمن شروط حرارية خاصة ثم إزالة البلورات بالترشيح، وهذا الزيت يحتوي على نسبة من حمض الزيت Oleic acid أكبر من الموجودة في زيت النخيل (زيت لب الثمرة) وتصل إلى 45% مع نسبة من حمض اللينوليك تصل إلى 13% [Almrhag and Abookleesh, 2016]، يتميز زيت النخيل الأوليني بدرجة انصهار تتراوح بين 18-20 م وبالتالي فهو سائل على درجة حرارة الغرفة. إن مزيج زيت النخيل الأوليني مع زيت الصويا أو زيت عباد الشمس أو زيت الكانولا، يرفع من ثبات المزيج ضد الأكسدة والتجمد. يوجد عدة درجات من زيت النخيل الأوليني اعتماداً على الرقم اليودي والاستخدام النهائي، وكلما ارتفع محتوى الحموض الدهنية غير المشبعة كان ذلك أفضل ويدعى زيت النخيل الأوليني الذي يحتوي على نسبة عالية من الحموض الدهنية غير المشبعة زيت النخيل الأوليني الممتاز وتصل نسبة حمض الأوليك في هذا النوع إلى 49% ونسبة حمض اللينوليك إلى 15% والرقم اليودي أكثر من 60 [Maskan and Horuz, 2017].

1-2-1-2- زيت النخيل الشمعي:

زيت النخيل الشمعي هو الجزء الصلب من زيت لب ثمار النخيل الزيتي ويحتوي على نسبة أعلى من الحموض الدهنية المشبعة وثلاثيات الغليسريد، وكذلك درجة انصهاره مرتفعة أكثر وتصل إلى 48-50 م. يستخدم بشكل رئيسي في تصنيع أنواع الزبدة النباتية ودسم أغذية الأطفال [Adhikari et al., 2010].

1-2-2-1- زيت عباد الشمس:

زيت عباد الشمس هو زيت سائل يتم الحصول عليه من بذور نبات عباد الشمس ويوضح الجدول (2) التركيب النموذجي للحموض الدهنية لزيت عباد الشمس، إذ يحتوي على قيم عالية من حمض الأوليك (حوالي 25%) وحمض اللينوليك (حوالي 65%)، مما يجعله ذو قيمة عالية لتصنيع السمن.

الجدول (2) التركيب النموذجي للحموض الدهنية لزيت عباد الشمس

النسبة %	الصيغة	الاسم العلمي
	SFA	الحموض الدهنية المشبعة
0.1	C14:0	Myristic
5.2	C16:0	Palmitic
4.6	C18:0	Stearic
0.3	C20:0	Arachidic
	USFA	الحموض الدهنية غير المشبعة
0.2	C16:1	Palmitoleic
24.5	C18:1	Oleic
64.6	C18:2 (n-6)	Linoleic
0.1	C18:2 (n-3)	Linolenic
0.4	-	Other fatty acids

عادةً، يتم مزج زيت عباد الشمس مع المواد الصلبة الدهنية التي تعزز تبلور الشكل β [Alexandersen,2005]. يستخدم زيت عباد الشمس في الطهي وتتبيلات الصلصات وتصنيع الدهون. وأنتجت تربية النباتات أصنافاً ذات مستوى محسّن من الحموض الدهنية، مثل زيت عباد الشمس عالي الأوليك، وفي الوقت نفسه مقاومة للحشرات. يحتوي زيت عباد الشمس التقليدي على نسبة عالية من الحموض الدهنية غير المشبعة ومنخفضة في الحموض الدهنية المشبعة. ومع ذلك، توجد حالياً أصناف ذات محتوى عالٍ من الأوليك. انخفض الطلب على زيت عباد الشمس منذ عام 2000. أظهرت الدراسات أن استبدال زيت عباد الشمس بالحموض الدهنية المشبعة في النظام الغذائي قد يؤدي إلى انخفاض الكوليسترول الكلي وكوليسترول البروتين الدهني منخفض الكثافة، وهو ما يُعتقد أنه مفيد فيما يتعلق بتقليل خطر الإصابة بأمراض القلب. ومع ذلك، أثارت هذه الدراسات مخاوف بسبب الانخفاض الموازي في كوليسترول البروتين الدهني مرتفع الكثافة. أظهرت دراسة حديثة قارنت بين تناول زيت عباد الشمس من النوع الأوليك المتوسط والنظام الغذائي الأمريكي النموذجي انخفاضاً في كل من الكوليسترول الكلي وكوليسترول البروتين الدهني منخفض الكثافة دون أي تأثير للأنظمة الغذائية التجريبية على مستويات الدهون الثلاثية أو معدل الأكسدة أو بيروكسيدات الدهون. ومع ذلك، أظهرت دراسة أحدث أن زيت عباد الشمس الغني بحمض اللينوليك قد يزيد من احتمالية الإصابة بمتلازمة التمثيل الغذائي [Savva and Kafatos, 2016].

1-3- تأثير عملية القلي في مؤشرات جودة زيت القلي:

تتعرض الزيوت والدهون أثناء عملية القلي إلى تغيرات مختلفة بسبب حرارة القلي، والتي تؤدي إلى أكسدة الزيت بواسطة الهواء، وتحلله بواسطة رطوبة المادة المقلية وتغيرات حرارية ما بين الزيت المقلي والمادة الغذائية مؤديةً

إلى التدهور وتفكك الزيت. سجل العلماء الكثير من التغيرات الكيميائية التي تحدث خلال عملية القلي. يمر تفكك زيت القلي بأربع مراحل وهي: مرحلة التحريض وتكون البيروكسيدات وتفكك البيروكسيدات والبلمرة. يعتمد التدهور على التركيب الكيميائي للزيت ومحتواه من الحموض الدهنية المشبعة وغير المشبعة وعلى درجة حرارة القلي ومدته ونوع عملية القلي مستمر أو منقطع وعميق أو سطحي وطريقة القلي سواء كانت عادية أم تحت ضغط أو تحت تفريغ [Stier, 2004]، أشار [Choe and Min, 2007] إلى أن القلي العميق يتسبب في خفض تركيز الحموض الدهنية غير المشبعة في الزيت وزيادة في تشكل الرغوة، اللون، اللزوجة، الكثافة، الحرارة النوعية، محتوى الحموض الدهنية الحرة، المركبات القطبية ومستوى المواد البوليمرية. عموماً قد يكون القلي سبب في تشكل الحموض الدهنية المتحولة [Karn et al., 2013]. حذر مجلس الغذاء الدنماركي من أن القلي العميق يمكن أن ينتج نسبة عالية من TFA أعلى من 10%، حيث أجري دراسة على 24 نوعاً مختلفاً من الوجبات السريعة ووجد مستويات عالية من TFA [Kleiner and Hansen, 2001]. تحدث تفاعلات التحلل المائي والأكسدة والبلمرة والانحلال الحراري في زيوت القلي بمعدلات سريعة نسبياً، وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة المستخدمة في القلي، ولذلك فمن الضروري مراقبة تشكل منتجات الأكسدة في زيوت القلي، للحفاظ على جودة الأطعمة المقلية وحماية صحة المستهلكين. من المعروف أن الاستقرار التأكسدي في زيوت القلي يتأثر بالعديد من العوامل الناشئة عن زيوت القلي والأغذية المقلية وظروف القلي، إذ يمكن للمكونات الثانوية الموجودة في زيوت القلي مثل المعادن، والماء بنسبة ضئيلة جداً (200-900 ppm)، والحموض الدهنية الحرة أن تؤثر في معدل أكسدة الزيوت وتسريع معدلات التحلل المائي، فيعمل الطعام كمحفز في سلسلة معقدة من التفاعلات التي تحدث في عملية القلي العميق بالدهون [Arslan et al., 2018; Aladedunye, 2015; Kim et al., 2014].

وجد في دراسة [Kalogianni et al., 2010] أن قلي البطاطا أدى إلى ارتفاع معدلات البلمرة في زيت القلي مقارنة بتلك الناتجة عن تسخين الزيت بمفرده. وكذلك فإن نسبة البطاطا إلى الزيت تؤثر على البلمرة بعد فترة قلي معينة، وأشار إلى ندرة المعلومات عن تأثير وجود المادة الغذائية في التحلل الكيميائي للزيت أو الدهون أثناء القلي على الرغم من الدراسات المرجعية الواسعة المتخصصة بالقلي، ويعود ذلك إلى الصعوبات التجريبية وخاصة أن إضافة الطعام إلى المقلاة يسبب انخفاضاً كبيراً في درجة حرارة الزيت، وهو ما لا يمكن إحداثه بسهولة في غياب الطعام. أظهرت الدراسات حول المتغيرات التصنيعية لعملية قلي البطاطا أن معدلات التبخّر

المختلفة للماء السطحي والماء الموجود في البنية الداخلية لمنتجات البطاطا أثناء القلي تجعل القشرة الخارجية صلبة واللب الداخلي ناعماً، وكذلك فإن ارتفاع تركيز محتوى الكربونيل على شكل الفركتوز مقارنةً بالجلوكوز من شأنه أن يسرع تفاعلات الاسمرار غير الإنزيمي ويتطلب طاقة أقل، مما قد يؤدي إلى تغير اللون والرائحة والنكهة والقوام للزيت والبطاطا [Huang, 2020 ; Farzaneh and Zamani-Ghalehshahi, 2020]. يخضع الزيت بدوره لسلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقدة خلال عملية القلي، حيث يساهم تحلل الزيت في فقدان العناصر الغذائية الحيوية للبطاطا. يمكن أن تحفز هذه التفاعلات تشكل مركبات النكهة الطيارة، ومواد غير قابلة للذوبان وغير متطايرة تزيد من لزوجة الزيت وغمق اللون وتزيد الرغبة وتقلل نقطة التدخين، وتخفض التقييمات الحسية للمنتجات المقلية [Nayak et al., 2015]. يعد محتوى المركبات القطبية TPC في كل من زيوت القلي والمنتجات المقلية مؤشراً دقيقاً وموثوقاً للتدهور التأكسدي لزيوت القلي، لذلك استُخدم محتوى TPC لتقييم جودة أصابع البطاطا المقلية من خلال معرفة عمر الزيت المستخدم، حيث يزداد خطياً خلال عملية القلي بغض النظر عن نوع الزيت المستخدم، بينما يختلف محتوى TPC في البطاطا المقلية باختلاف نوع الزيت، وتكون هذه المركبات أعلى في الزيت، وقد ثبت أن تركيب الحموض الدهنية يؤثر في تشكل المركبات القطبية خلال عملية القلي [Li et al., 2017]. وتشكل هذه المركبات خطراً على الصحة العامة من حيث تأثيرها السرطاني، وقد أثبتت الدراسات العلمية بأن المركبات القطبية تزداد بارتفاع درجة حرارة الزيت [Houhoula et al., 2003]، وتؤدي لتدهور جودة الزيت تدريجياً، مما يجعله غير صالح للاستهلاك البشري. أُعتبر اختبار تحديد المحتوى الكلي من المواد القطبية من أفضل الاختبارات لتحديد جودة الزيت. وجد [Padovan et al., 2020] أن درجات الحرارة المستخدمة في القلي (160-180 °م) تسبب تغيرات فيزيائية وكيميائية على الزيت المستخدم، وتعد التفاعلات الكيميائية هي المسؤولة عن التحلل التدريجي للزيت أثناء استخدامه، وهو ما يشكل مصدر القلق من الناحية الصحية. في دراسة أجراها [Crosa et al., 2014]، حول التغيرات التي تحدث في الزيوت أثناء القلي، وجد زيادة معنوية في مدة استخدام الزيت خلال عملية القلي تحت التفريغ مقارنة بالطريقة التقليدية، وحقق القلي تحت التفريغ انخفاضاً كبيراً في معدل تفاعلات تدهور الزيت لجميع المؤشرات المدروسة. تقاس الأكسدة الأولية لزيوت القلي عن طريق رقم البيروكسيد والذي يعبر عن كمية الهيدروبيروكسيدات المتشكلة أثناء القلي، بينما يعبر رقم الأنيسدين عن الأكسدة الثانوية عن طريق قياس كمية الكيتونات والالدهيدات، وتقاس النسبة المئوية للحموض

الدهنية الحرة (FFA) مدى حدوث تحلل مائي للزيت [Ahmad Tarmizi *et al.*, 2016]. قد ينتج عن التحلل المائي للدهون الحموض الدهنية الحرة وهي مركبات تساهم في تشكل مادة الأكريلاميد عن طريق تكوين مادة الاكرولين، والتي ينتج عن أكسدتها حمض الاكريك الذي ربما يرتبط مع الأمونيا الموجودة ضمن الأغذية المقلية، والتي تؤدي لتطور تفاعل الأكريلاميد بشكل إيجابي، حيث لاحظ [Kuek *et al.*, 2020] أن ارتفاع رطوبة المنتج الغذائي المعد للقلي يسرع من عملية التحلل المائي للزيت بشكل كبير مما ينتج عنه غليسرول وخليط من الغليسرين الأحادي والثنائي والحموض الدهنية الحرة، يمكن لهذه المركبات أن تغير من التوتر السطحي للماء الموجود ضمن المنتج الغذائي، وتزيد من التلامس الذي يحدث بين المنتج الغذائي والزيت، كل ذلك يؤدي لرفع درجة حرارة المادة الغذائية، وبالتالي ربما ستزداد كمية الأكريلاميد المتشكل نتيجةً لارتفاع درجة الحرارة بالرغم من تحديد زمن القلي. بين [Kuek *et al.*, 2020] أن معامل انتقال الحرارة للزيوت النباتية يمكن أن يؤثر في كمية الأكريلاميد المتشكل، حيث أظهر [Zhang *et al.*, 2015] أن أصابع البطاطا المقلية بزيوت ذات معاملات نقل حرارة منخفضة أظهرت محتوى منخفض من الأكريلاميد، كما ولاحظ أن تركيب الزيت المستخدم في عملية القلي قد يزيد أو ينقص من كمية الأكريلاميد في المنتجات المقلية، ولكن ما زالت آلية العمل بحاجة لبحث أكبر، كما إنه لم يجد أي علاقة ارتباط معنوية بين رقم البيروكسيد وكمية الأكريلاميد المتشكل. وجد [Kuek *et al.*, 2020] أن قيمة رقم البيروكسيد ترتفع مع زيادة عدد دورات القلي في كافة الزيوت المستخدمة، ثم تبدأ بالانخفاض.

1-4- تأثير عملية القلي في بعض خصائص جودة منتجات البطاطا المقلية:

يحدث أثناء عملية القلي مجموعة من التغيرات الفيزيائية والكيميائية لدرنات البطاطا، والتي تؤثر على جودة المنتج النهائي [Mesias *et al.*, 2021]. ينتج عن عملية القلي بنية مركبة تتكون من طبقة خارجية تسمى القشرة تكون جافة وتحتوي على أغلب الزيت، وطبقة داخلية رطبة ومحتواها منخفض من الزيت [Mesias *et al.*, 2019]. يعد القلي عملية تجفيف تنطوي على انتقال سريع للحرارة والكتلة في الطعام المغمور في الزيت الساخن، مما يؤدي إلى سلسلة من التغيرات الفيزيائية والكيميائية والحسية في المنتج. ساعدت بساطة عملية القلي من النواحي التشغيلية والتسويقية والجدوى الاقتصادية، على انتشارها بشكل كبير، وأدت إلى مبيعات واسعة النطاق لمجموعات متنوعة من المنتجات المقلية [Teruel *et al.*, 2015]. تفقد المنتجات المقلية جزءاً من ميزاتها الغذائية وتكتسب نسبة عالية من الدهون المعرضة لتشوه حراري وتحلل مائي، مما عزز مطلب البحث عن بدائل مغذية آمنة

صحيماً لدى المستهلكين، وساعدت حملات التوعية الصحية على انتشار هذا المطلب حول العالم [Kou et al., 2018؛ Santos et al., 2017]. أشارت الدراسات التي أجريت على لون البطاطا المقلية أنه يمكن أن يتأثر اللون البني غير الأنزيمي بمحتوى الحموض الأمينية وحمض الأسكوربيك والحموض الفينولية، إلى جانب محتوى السكريات المرجعة، وأن تقليل محتوى السكر وحده لا يفسر تغير اللون بالقلي، ولكن عندما يكون محتوى السكر منخفضاً تكون المركبات الأخرى متعلقة بتفسير تغير اللون بالقلي [Duarte-delgado et al., 2016]. أُجريت العديد من البحوث خلال السنوات الماضية لتطوير منتجات غذائية مقلية ذات محتوى دهني منخفض، وتناول بعضها آليات امتصاص الدهون أثناء القلي مع الأخذ في الاعتبار ظروف المعاملة المسبقة المختلفة وظروف القلي العميق [Teruel et al., 2015؛ Sansano et al., 2015؛ Vauvre et al., 2014]. يعد الزيت الممتص الذي تمتصه منتجات البطاطا المقلية أثناء عملية القلي من أخطر العوامل التي تسبب أمراض القلب التاجية وارتفاع ضغط الدم، كما ويعد الزيت المتحلل سبباً لمخاوف صحية للمستهلكين [Bhupathiraju et al., 2014]، ومن المهم تحديد النقطة التي يجب التخلص من الزيت عندها. يُعتقد بشكل عام أن محتوى الزيت يزداد بزيادة وقت القلي، ويختلف تأثير درجة حرارة القلي باختلاف المادة الغذائية [Liu et al., 2021]. وضح [Ağcam, 2022] أنه في وسط القلي وبينما تنخفض قيمة النشاط المائي A_w بشكل كبير عن طريق تبخر الماء الحر في رقائق البطاطا، تقابلها درجة الحرارة المركزية للرقائق بالارتفاع السريع، ويؤدي كلاً من انخفاض A_w وارتفاع درجة الحرارة، إلى تغييرات غير مرغوبة في الجودة وتراكم عالي لمشتقات فورفورال في المنتج النهائي، كما ويؤثر في كمية الزيت الممتص في البطاطا المقلية مجموعة كبيرة من العوامل [التقطيع، السلق، التجفيف، المعاملة بالأموح فوق الصوتية....]، كل عامل يجب أن يدرس على حدة لما له من أهمية في جودة المنتج النهائي.

1-4-1- الزيت الممتص:

على مر السنين كان هناك اهتمام في الخصائص الحسية لمنتجات البطاطا المقلية، لكن في الأونة الأخيرة ركز العلماء اهتمامهم في الحصول على منتج صحي خالي من أي مخاطر تضر بصحة الإنسان مثل (الأكريلاميد والدهون المشبعة) [Kammoun et al., 2022]. أدى الوعي والتطور المستمر للمجتمعات لتزايد الاهتمام والعمل على إنتاج غذاء مقلي ذو محتوى دهني منخفض وسعرات حرارية قليلة بالإضافة لعكس ذلك بشكل إيجابي في عملية خفض تكلفة إنتاج المنتج المقلي من خلال التوفير في كمية الزيت المستخدم، حيث تحتوي الأطعمة المقلية

عادةً على نسب عالية جداً من الزيت، تصل في بعضها إلى نسبة 50% من وزن المنتج المقلي على أساس الوزن الجاف [Yang et al., 2020]. أظهرت العديد من الدراسات تزايد عدد الأمراض لدى الأشخاص المرتبط نظامهم الغذائي بأطعمة ذات محتوى مرتفع من الدهون [Honerlaw et al., 2020]. تعتبر عملية امتصاص الزيت من قبل الأغذية المقلية عملية معقدة، يمكن شرحها وفقاً لعدة نظريات تعتمد أشهرها على عملية استبدال الماء بالزيت والثانية التشرب أما الثالثة فتعتمد على العوامل الخافضة للتوتر السطحي، بالإضافة إلى وجود تفسيرات أخرى محتملة تتناول مواد التغطية والمعاملات المسبقة بعين الاعتبار [Haddarah et al., 2021]؛ [Arisseto et al., 2019]. ترتبط كمية الزيت الممتص أثناء عملية القلي بالعديد من العوامل من أهمها التركيب الكيميائي وصنف البطاطا والعمليات التكنولوجية المطبقة بما فيها طريقة القلي، أما فيما يتعلق بنوع زيت القلي فلم يثبت إلى الآن وجود أي علاقة ارتباط بين نوع الزيت وكمية الزيت الممتص [Kita, Pedreschi et al., 2016b]؛ [2014]. تميل بعض أصناف البطاطا لفقدان الرطوبة أثناء القلي بدرجات أبداً من أصناف أخرى، ربما نتيجة لهذا السبب تمتص كميات من الزيت أقل من الأصناف أخرى [Haddarah et al., 2021]، بينما وجد [Arisseto et al., 2019] أن الأصناف ذات المحتوى المنخفض من الرطوبة يكون محتواها من الزيت أقل من الأصناف ذات المحتوى المرتفع. أن نسبة الزيت الممتص في أصابع البطاطا المحضرة من 10 أصناف مختلفة والمقلية بنفس الطريقة ودرجة الحرارة والزمن تراوحت من 20.60-31.13% على أساس الوزن الجاف، ويعود سبب الاختلاف في كمية الزيت الممتص إلى اختلاف التركيب الكيميائي لأصناف البطاطا المدروسة. أثبتت البحوث الرائدة على القلي بمفرده أن امتصاص الزيت هو ظاهرة سطحية تحدث بشكل رئيسي بمجرد إزالة المنتج من المقلاة، وبحث عدد قليل من الدراسات في آليات امتصاص الزيت أثناء مرحلة القلي الثانية [Vauvre et al., 2014]. يشمل الزيت الكلي الممتص الزيت السطحي والزيت الداخلي الموجود داخل أنسجة منتجات البطاطا المقلية والذي يتم امتصاصه أثناء القلي [Liu et al., 2021a]، قد يؤدي زيادة معدل بخر الماء من المنتج الغذائي لانخفاض كمية الزيت الممتص [Zhang et al., 2021].

1-4-2- الأكريلاميد:

اكتُشفت مادة الأكريلاميد في عام 2002م في منتجات الأغذية المعالجة حرارياً، حيث قامت الولايات المتحدة الأمريكية بوضع ملصقات تحذر من مادة الأكريلاميد في بعض الأغذية والمشروبات، بينما شرع الاتحاد

الأوروبي بوضع تحذيرات صارمة لمنتجات الأغذية في أوروبا بهدف خفض مستويات الأكريلاميد ضمن منتجاتهم [Skinner et al, 2021]. كما ونشرت منظمة الغذاء والدواء الأمريكية تقريراً يبين أهم المنتجات التي يتشكل

ضمنها الأكريلاميد، مع ذكرها لمتوسط الكميات المشكلة ضمنها والجدول (3) أدناه يبين ذلك:

الجدول (3) متوسط كمية الأكريلاميد المتشكل في بعض المنتجات الغذائية

نوع المنتج الغذائي	متوسط كمية الأكريلاميد ميكروغرام/كغ
أصابع البطاطا	337
رقائق البطاطا (الشيبس)	739
حبوب القهوة المحمصة	272
المخبوزات	234

المصدر (FDA,2021).

صُنفت مادة الأكريلاميد من قبل الوكالة الدولية لبحوث السرطان بأنها مادة مسرطنة للبشر، وأطلقت عليها منظمة الصحة العالمية اسم السم العصبي [Russo et al., 2014]، كما واعتبرت الهيئة الأوروبية لسلامة الأغذية في عام 2015 أن وجود مادة الأكريلاميد في الغذاء قد يزيد وبشكل كبير من خطر الإصابة بالسرطان لدى البشر [EFSA, 2015]، وذكر مكتب كاليفورنيا المختص بتقييم المخاطر الصحية في الولايات المتحدة الأمريكية [OEHHA] أن مادة الأكريلاميد مسبب مباشر للعديد من أنواع السرطانات عند مستوى جرعة يومي أكبر من 0.2 ميكروغرام/يوم، وتسبب العقم عند مستوى أكبر من 140 ميكروغرام/اليوم. بينما بين [Pundir et al., 2019] أن المدخول اليومي من مادة الأكريلاميد 40 ميكروغرام/كغ /يوم كافيه لأحداث تسمم، وفشل بأي جهاز عضوي في الانسان و2.6 ميكروغرام/يوم، كافية لإحداث السرطان. أثبتت الدراسات أن مادة الأكريلاميد تسبب ضعفاً في الجهاز التناسلي الذكري [Cantrell et al., 2021]. تُمتص مادة الأكريلاميد بعد تناول الطعام مباشرةً، وتتركز في الغدة الصنوبرية، القلب، الكبد والكلية [Pundir et al., 2019]. وضع الاتحاد الأوروبي في عام 2017 مشروع لفرض مجموعة من الاستراتيجيات الملزمة لمصنعي الأغذية، بهدف الحد والتخفيف من تشكل هذه المادة ضمن منتجاتهم [OEHHA, Acrylamide, 2020]. تُعرف مادة الأكريلاميد على إنها مادة بلورية صلبة عديمة الرائحة ذات وزن جزيئي منخفض، تتشكل في الأغذية المحتوية على السكريات المرجعة والحموض الأمينية وخاصة الاسبارجين كنتيجة لتفاعل ميلارد [Ghalebi et al., 2019]. تعتبر منتجات البطاطا المقلية من أكثر الأغذية تعقيداً، لصعوبة القدرة على ضبط مستويات الأكريلاميد ضمنها، وحث الباحثين على تطوير صناعتها بمستويات

منخفضة من الأكريلاميد، نظراً لارتفاع مستويات الأكريلاميد ضمنها بسهولة [Cantrell et al., 2021]، وتختلف النسب وفقاً للصنف ولطريقة وشروط عملية التصنيع والمعاملات المطبقة [Gökmen and Senyuva, 2009]، كما وألزمت الولايات المتحدة الأمريكية مصنعي منتجات البطاطا المقلية وخاصة الشيبس بوضع أجهزة للقياس المستمر لمركبات الأكريلاميد ضمن منتجاتهم [Cantrell et al., 2021]، كما وحذرت المنظمات والهيئات الدولية من وجود مادة الأكريلاميد ضمن منتجات البطاطا المقلية وأمرت بالحد من تناولها نظراً لمخاطرها على الصحة [Bachir et al., 2022]. لكن على الرغم من خطورة هذه المادة لم تحدد منظمة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) الحدود المسموح بها من مادة الأكريلاميد ضمن المنتجات الغذائية، واكتفت بتقديم إرشادات للصناعيين للحد من كميات الأكريلاميد ضمن منتجاتهم [Mesias et al., 2021]. نشرت كل من منظمة الصحة العالمية والفاو (FAO) تقريراً عام 2011 بينت فيه أن مستويات الأكريلاميد تراوحت ضمن كل من رقائق البطاطا (الشيبس) والأصابع بين (1202-399) و(963-159) ميكروغرام/كغ وقدر المدخول اليومي من مادة الأكريلاميد للأطفال والبالغين بنسبة تراوحت من 1-4 ميكروغرام /كجم من وزن الجسم/اليوم، حيث لوحظ تعرض البالغين لكميات أكبر من الأطفال وذلك بناءً على وزنهم، وتختلف الأطعمة التي تساهم في المدخول اليومي لمادة الأكريلاميد من بلد لآخر [FAO/WHO, 2007]. أن الخطر المحتمل لمادة الأكريلاميد يكمن في منتجات البطاطا المقلية، ويلعب تركيب المادة الخام العامل الأهم [Mousavi Khaneghah et al., 2022]. تعد أصابع ورقائق البطاطا من أكثر الأغذية المحتوية على كميات كبيرة من الأكريلاميد [Ghalebi et al., 2019]، كما وتساهم في المدخول اليومي لمادة الأكريلاميد لجسم الإنسان، لذلك أدرجت المفوضية الأوروبية منتجات البطاطا المقلية ضمن قائمة الأطعمة التي يجب مراقبتها بشكل مستمر لمعرفة محتواها من الأكريلاميد [González-Mulero et al., 2023]، كما وبينت في عام 2017 بأن الحدود العليا المقبولة لمادة الأكريلاميد في منتجات البطاطا المقلية [الأصابع والرقائق] يجب ألا تتجاوز 500 و750 ميكروغرام/كغ على الترتيب، وألزمت المصنعين لهذه المنتجات بتحليل مستويات الأكريلاميد بشكل دوري، وتوثيق الاستراتيجيات الفعالة في التخفيض [European Commission, 2017; Powers et al., 2021]. يعتمد تشكل الأكريلاميد على عدة عوامل منها درجة الحرارة والزمن ودرجة الحموضة ونسبة السطح إلى الحجم للمادة الغذائية، وأهم هذه العوامل هي كمية السكريات المختزلة والأسباراجين الحر، فعند تسخين الأسباراجين والسكريات المرجعة إلى درجة حرارة عالية يتشكل الأكريلاميد، وتحتوي البطاطا

الطازجة على كميات كبيرة من هذين المكونين، وبالتالي تحتوي منتجات البطاطا المقلية على مستويات عالية من مادة الأكريلاميد [Yassin et al., 2022]. أظهرت العديد من الدراسات إنه لا يوجد أي ارتباط بين نسبة السكريات المرجعة والأسبارجين في معظم أصناف البطاطا، ولكن يعتقد أن كمية هذه المواد تختلف ضمن الصنف الواحد تبعاً للعوامل الوراثية والبيئية والممارسات الزراعية، كما وتؤدي عمليات التخزين الطويل الأمد لدرنات البطاطا على درجات حرارة أقل من 8 °م لتحلل النشاء بفعل البرد عن طريق تفاعلات إنزيمية معطياً كميات زائدة من سكري الغلوكوز والفركتوز [Liyanage et al., 2020]. لذلك تخزن درنات البطاطا المعدة للعمليات التصنيعية ضمن درجات حرارة تتراوح من 8-10 °م ويضاف لها مواد كيميائية لمنع عملية البرعمة والتي هي عبارة عن عملية فسيولوجية ترتبط بتفكك النشاء [Muttucumaru et al., 2017]. تتوزع أغلب مادة الأكريلاميد في منتجات البطاطا المقلية وخاصة الأصابع ضمن السطح الخارجي أو في مناطق قريبة منه حيث درجات الحرارة العالية [Mesias et al., 2019]. يرتبط تكون الأكريلاميد في رقائق البطاطا ارتباطاً وثيقاً بدرجة حرارة وزمن القلي حيث لاحظ [Liyanage et al., 2020] عدم تشكل مادة الأكريلاميد بعد مرور 3 دقائق على بدء عملية القلي على درجتي حرارة 160 و 170 °م بينما بدأ بالتشكل عند درجة الحرارة 180 °م، وبعد مرور 5 دقائق لاحظ وجود الأكريلاميد عند كل درجات الحرارة المدروسة وذلك خلال دراسته على 3 أصناف مختلفة من البطاطا. وجد العديد من الباحثين في دراستهم على العلاقة بين تكون الأكريلاميد وسلائفه في ثلاث أصناف من البطاطا خلال موسم الحصاد والتخزين وجود ارتباط معنوي وإيجابي بين كل من تركيز الأكريلاميد والغلوكوز والأسبارجين، حيث بلغت قيمة معامل الارتباط 0.61 و 0.45 على الترتيب [Sun et al., 2020]. بينت إحدى الدراسات أن متوسط كمية مادة الأكريلاميد ضمن بعض منتجات البطاطا المقلية في سوريا كانت حوالي 1034 ميكروغرام/كغ، وتعتبر هذه النسبة كبيرة ويجب العمل على تخفيضها [Alyousef et al., 2016]، كما وبين [Oroian et al., 2015] في دراسته لرقائق الشيبس المنتجة من أصناف مختلفة من البطاطا في رومانيا أن مستويات مادة الأكريلاميد قد تراوحت بين 300-1800 ميكروغرام/كغ. كما وأظهر [Woldegiorgis and Deribew, 2021] أن متوسط كمية الأكريلاميد في عينات من الشيبس المصنعة تجارياً كان حوالي 1250 ميكروغرام/كغ. تلعب الرطوبة الأولية لمنتجات البطاطا المقلية وخاصة الأصابع دوراً هاماً في زمن القلي وتشكل الأكريلاميد، وبين [Romani et al., 2008] أن نسبة البطاطا للزيت يلعب دوراً هاماً في تخفيض زمن القلي والحصول على منتجات مرغوبة

ومنخفضة المحتوى من الأكريلاميد، حيث لاحظ في دراسته على تأثير زمن القلي في تشكل مادة الأكريلاميد ضمن صنف البطاطا (Vivaldi) إن حرارة الزيت انخفضت مباشرة بعد إضافة أصابع البطاطا إلى المقلاة من 180م إلى 130م نتيجة للمحتوى الرطوبي المرتفع ونسبة البطاطا للزيت حيث كانت 4/1، وبعد مرور 4 دقائق على القلي لاحظ ارتفاع درجة حرارة الزيت لـ 140م و سطح البطاطا لـ 120م وكانت مستويات الأكريلاميد المتشكلة لم تتجاوز 50 ميكروغرام /كغ ومع مرور الوقت ونتيجة لارتفاع درجة حرارة الزيت وصلت مستويات الأكريلاميد لحوالي 890 ميكروغرام/كغ في حين لم تتجاوز حرارة اللب الداخلي 100م، أظهر [Negoiță, et al, 2021] في دراسته لتقدير كمية الأكريلاميد ضمن عينات من رقائق البطاطا والأصابع منتجة ضمن السوق المحلية في رومانيا باستخدام طريقة GC/MS أن نسبة الاسترداد تراوحت 85.64-109.22 ميكروغرام/كغ، وتراوحت كمية الأكريلاميد المقدرة ضمن العينات المدروسة بين 31.45-371.25 ميكروغرام/كغ لأصابع البطاطا ومن 157-1504 ميكروغرام/كغ للشيبس. يتأثر محتوى الأكريلاميد ضمن منتجات البطاطا المقلية بالعديد من العوامل من أهمها الصنف والظروف المناخية وعمليات التسميد [Khalaf et al., 2015]. تتوزع أغلب مادة الأكريلاميد في منتجات البطاطا المقلية وخاصة الأصابع ضمن السطح الخارجي [Mesias et al., 2019]. بين [Kuek et al., 2020] أن كل من عملية الأكسدة والتحلل المائي لزيوت القلي قد يؤثران في مستويات الأكريلاميد المتشكل ضمن المنتجات المقلية. وجد [Kuek et al., 2020] ارتباط معنوي لكنه موجب وضعيف بين كل من رقم الأنيسدين وكمية الأكريلاميد المتشكل و(FFA) وكمية الأكريلاميد المتشكل بقيمة بلغت [0.254 و0.253] على الترتيب، لكن لاحظ مساهمة (FFA) في تشكل الأكريلاميد بنسبة أعلى من رقم الانيسدين حيث بلغت 186 و4.60 على الترتيب. بينما كان الارتباط غير معنوي بين رقم البيروكسيد وكمية الأكريلاميد المتشكل، إلا أن [Mestdagh et al., 2007] وجد أن منتجات التحلل المائي لزيت القلي لم تؤثر بشكل كبير على تكون مادة الأكريلاميد ضمن أصابع البطاطا ولم يلعب تغير الناقلية الحرارية للزيت نتيجة عملية التحلل دوراً هاماً في تشكل الأكريلاميد، كما وبين [Kuek et al., 2020] أن أغلب الدراسات السابقة والمهتمة بنتائج عملية الأكسدة والتحلل المائي لزيت القلي على تشكل مادة الأكريلاميد لم تأخذ بعين الاعتبار تأثير عدد مرات القلي في تشكل الأكريلاميد. ووجود بعض دراسات التي تؤكد عم تأثر تكون الأكريلاميد بأكسدة وتحلل الزيوت يدفع الباحثين للاستفاضة في الدراسة. بين [Lim et al., 2014] ارتفاع كمية الأكريلاميد المتشكل في رقائق البطاطا الحلوة

المقلية بزيوت تحتوي على كميات كبيرة من الحموض الدهنية الغير مشبعة بالمقارنة مع الزيوت التي تحتوي على كميات أقل من الحموض الدهنية الغير مشبعة وخاصة حمض اللينوليك، فُسّر ذلك بزيادة عملية الأكسدة للزيت، لذلك أوصى الباحث بزيادة دراسة تأثير مخرجات عملية الأكسدة على تكون الأكريلاميد، كما ولاحظ أن زيادة عدد مرات القلي أدت لزيادة تشكل الأكريلاميد [Lim et al., 2014]، وعند دراسة علاقة الارتباط بين كمية الأكريلاميد المتشكل في رقائق البطاطا الحلوة ومؤشرات اللون وجد الباحث أن علاقة الارتباط لم تكن معنوية إلا بين b^* وكمية الأكريلاميد حيث كانت قيمته 0.642 [Lim et al., 2014, 120]. أظهر [Kuek et al., 2020] أن قلي أصابع البطاطا المجمدة على درجة حرارة 180م لمدة 3.5 دقيقة بأربع زيوت مختلفة أثرت وبشكل معنوي على كمية الأكريلاميد المتشكل، حيث كانت أدنى قيمة للأكريلاميد المتشكل ضمن العينات المقلية بزيت أولين النخيل حيث بلغت 447 ميكروغرام/كغ والتي تفوقت وبشكل معنوي على بقية الزيوت المستخدمة، وجد في دراسة [إحسامو، 2010] أن نسبة الأكريلاميد في عينات رقائق البطاطا تراوحت بين 1113.58-112.11 ميكروغرام/كغ. بين (Bjellaas et al., 2007) إنه إذا كان المدخول اليومي من مادة الاكريلاميد يتراوح من 13-178 ميكروغرام فأن الجسم قادر على طرح ما كميته بين 7-47 ميكروغرام.

الباب الثاني: تأثير طرائق القلي في خصائص جودة أصابع ورقائق البطاطا:

2-1- القلي العميق التقليدي:

يُعرّف القلي العميق بأنه عملية طهي الأغذية وتجفيفها عن طريق غمرها في الزيت الساخن، عند درجة حرارة فوق نقطة غليان الماء، تتراوح بين 150-200 °م، تحت الضغط الجوي العادي، فتنتقل الحرارة إلى المنتج بينما يتبخّر الماء خارجه، خلال زمن قصير نسبياً [Devseren et al., 2021؛ Moreira, 2013؛ Erdogdu 2010 and Dejmek,]، يوصف القلي العميق بالدهون كأحد ممارسات التصنيع الحراري للأغذية، ولا شك أن هذه العمليات مكلفة من الناحية الاقتصادية، وقد تؤدي ممارسات التصنيع الحرارية للأغذية، ومنها القلي العميق بالدهون، إلى تغيير الخصائص الحسية والقيمة الغذائية للمنتج المعني، مما ينشأ عنه مخاوف تتعلق بسلامة الأغذية، بسبب تشكل ملوثات تصنيعية سامة، لذلك تبذل الكثير من الجهود بصورة مستمرة لتحسين ظروف التصنيع، مما يتيح التخفيف من الملوثات التصنيعية في المنتجات المقلية في درجات حرارة عالية وخاصة منتجات البطاطا المقلية [Belkova et al., 2018]. يعد القلي ظاهرة معقدة لانتقال الحرارة والكتلة، إذ تنتقل

الحرارة من وسط القلي إلى سطح المنتج عن طريق الحمل الحراري ومن السطح إلى داخل المنتج من خلال التوصيل، بينما تنتقل كتلة الزيت إلى داخل المنتج وكتلة الماء إلى خارجه أثناء القلي وهي ما يعرف بانتقال الحرارة والكتلة، بسبب ذلك العديد من التغيرات الفيزيائية والكيميائية والهيكلية في الأغذية المقلية. يتم أثناء عملية القلي التقليدي غمر الطعام في الزيت الساخن مما يؤدي إلى تبخر الماء بسرعة وإحلال الزيت الممتص محل الماء، وتطور اللون الذهبي، إذ يعد امتصاص الزيت من أهم العوامل التي تتحكم في جودة وهشاشة ولون منتجات البطاطا المقلية لإيصال المنتج النهائي إلى السمات المرغوبة [Kochhar and Millin et al., 2016]. أشار [Gertz, 2004] [Wang et al., 2019] أن القلي عملية معقدة ومع زيادة زمنه يصبح الهيكل الداخلي مفككاً غير مندمج. تتشكل القشرة المقرمشة للبطاطا المقلية بسبب ارتفاع درجة حرارة القلي، وتنفصل جزئياً عن الداخل مع بقائها ملتصقة كجزء من السطح لمنتجات البطاطا المقلية. وضح [Ghaderi et al., 2018] أن زيادة درجة حرارة القلي التقليدي من 150 إلى 190°م يخفض حوالي 35% من إجمالي محتوى الدهن حيث تعمل درجات الحرارة المرتفعة على تسريع تكوين القشرة مما يؤدي إلى انخفاض امتصاص الزيت مقارنة بالقلي في درجات حرارة منخفضة، وعندما تكون درجة حرارة الزيت أعلى من 175°م تكون الطاقة الداخلة مرتفعة بدرجة كافية لزيادة درجة الحرارة وتبخر الماء خلال المدة نفسها، مما يسرع تكون مادة الأكريلاميد. يرتبط ارتفاع محتوى الزيت في الأطعمة المقلية عن 30% بسلسلة من المشاكل الصحية، فقد أظهرت العديد من الدراسات أن الإفراط في تناول الأطعمة الغنية بالدهون يمكن أن يؤدي إلى السمنة وأمراض التنكس العصبي، ويمكن اعتبار ذلك من الصفات المؤثرة من الناحية الصحية في انتشار منتجات البطاطا المقلية، فيما يعد لون السطح صفة مهمة أخرى تشير إلى جودة البطاطا المقلية؛ إذ يفضل المستهلكون عادة البطاطا المقلية ذات السطوع والاصفرار العالي، والاحمرار المنخفض مع احتوائها على كمية قليلة من الدهون [Huang et al., 2023]. تحدث أثناء عملية القلي العميق لرقائق البطاطا العديد من التغيرات الفيزيائية والكيميائية المعقدة، بما في ذلك جليته النشاء، وتبخر الماء، وظهور اللون ذهبي، يعد القلي خطوة حاسمة للحصول على الخصائص المرغوبة في رقائق البطاطا. تصنف درجة حرارة الزيت وزمن عملية القلي من المتغيرات الرئيسية في آلية انتقال الكتلة (فقدان الماء وامتصاص الزيت)، وكذلك التحولات والتفاعلات في رقائق البطاطا، فعند درجة حرارة منخفضة يكون ثبات الزيت أكبر، ولكن يحدث امتصاص زائد للزيت في الرقائق، بينما تؤدي درجة الحرارة المرتفعة إلى الطهي السطحي المفرط للرقائق

والذي يترافق مع التغيرات الهيكلية الدقيقة أثناء القلي، مثل تجعد السطح، بالإضافة إلى حدوث تغيرات أكبر في زيت القلي [Torezan et al., 2004]. تمثل عملية تحديد معايير القلي العميق بالدهون لرقائق البطاطا من حيث درجة الحرارة وزمن عملية القلي، تحدياً لإنتاج رقائق البطاطا ذات جودة عالية، وتعود أهميتها إلى تحديد الظروف المثلى اللازمة لعملية القلي من أجل الحصول على رقائق بطاطا عالية الجودة مع تحسين مركبات الطعم والرائحة المميزة واللون [Timalsina et al., 2019]، بالإضافة إلى تقليل امتصاص الزيت وتحقيق الحد الأقصى من فقدان الماء، مع المحافظة على استخدام الحد الأدنى من الموارد، وخاصة فيما يتعلق بتوليد الحرارة اللازمة لعملية القلي. في دراسة أجراها [Nasir et al., 2019] لتحسين ظروف القلي العميق وخصائص الجودة لرقائق البطاطا الحلوة البرتقالية من صنفين، وجد اختلاف في الظروف المثلى بحسب الصنف فكانت $151.27^{\circ}\text{C}/4.20$ دقيقة للصنف المسمى Mothers' Delight (MD)، و $146.36^{\circ}\text{C}/4.20$ دقيقة لصنف King (KJ)، وقد تفوقت رقائق البطاطا الحلوة لصنف MD المُحسَّنة التي تميزت بطعم دهني أقل وقبولاً أعلى للمستهلكين. وجد [Timalsina et al., 2019] أن المتغيرات التصنيعية لعملية قلي رقائق البطاطا الحلوة تحسن في جودة الرقائق عند تصنيعها ضمن مدى درجة حرارة القلي ($155-160^{\circ}\text{C}$) وزمن القلي (5-6 دقائق)، مع التجفيف المسبق ($25-30$ دقيقة) عند حرارة تجفيف 60°C . درس [Mishra and Nizori, 2018]، تأثير زمن القلي ودرجات حرارة القلي على خصائص الحموض الدهنية في رقائق البطاطا المسلوقة، إذ ضبطت درجة حرارة القلي عند 160، 180، و 200°C ، لمدة 3، 5، 7 دقائق، وأظهرت النتائج انخفاضاً معنوياً في محتوى الماء ومؤشر اللون لرقائق البطاطا المقلية مع زيادة زمن القلي ودرجة الحرارة، كما انخفضت الحموض الدهنية غير المشبعة (الأولييك واللينولييك) بعد القلي لفترات طويلة. تعززت دراسات تحديد الظروف المثلى لعملية القلي، من خلال مجموعة من التقنيات الإحصائية والرياضية، استخدمت في تصميم وصياغة وتطوير وتحليل الدراسات والمنتجات العلمية الجديدة التي يمكن أن تكون مفيدة في الصناعات الغذائية العالمية، وكذلك فقد استخدمت لتحسين كفاءة المكونات وتطوير المنتجات وعمليات قلي رقائق الأغذية [Karacabey et al., 2017؛ Abtahi et al., 2016].

2-2- القلي بالتفريغ (الضغط المنخفض):

انتشار طريقة القلي تحت التفريغ بمرور الوقت أصبح أكثر شيوعاً مقارنة بالقلي التقليدي، لما له من مزايا، فقد أظهرت الدراسات أن القلي تحت التفريغ ينتج سلعاً قليلة الدهون مقارنة بالقلي التقليدي، وتحافظ أصناف الفاكهة

والخضار التي يتم قليها تحت التفريغ على صفاتها التركيبية والحسية مثل اللون والنكهة والقوام، كما أتاح القلي تحت التفريغ الفرصة لإعداد وجبات خفيفة عالية الجودة، مع تقليل الفقد بالعناصر الغذائية وخفض تشكل المركبات الكيميائية الخطرة المرافقة لعملية القلي [Gupta, 2023، Devseren *et al.*, 2021]. يُعرف القلي تحت التفريغ وفقاً لما وجدته [Pandey *et al.*, 2020] على أنه عملية تتم في نظام مغلق، ترتبط بانخفاض الضغط إلى قيمة أقل من الضغط الجوي العادي، مما يؤدي إلى انخفاض نقطة غليان كل من الزيت والماء، كما وعُرف بأنه عملية القلي التي تتم تحت ضغط أقل بكثير من الضغط الجوي العادي، إذ تنخفض درجة حرارة غليان الماء في الضغط المنخفض، مما يتيح إجراء عملية القلي تحت التفريغ في درجات حرارة أقل بكثير من الموجودة في الضغط الجوي العادي، مع احتفاظ المنتج بخصائصه المقرمشة واللون وانخفاض كمية الزيت الممتص [Devseren *et al.*, 2021؛ Pandey and Moreira, 2010؛ Song *et al.*, 2007a]. يسخن الزيت في نظام القلي تحت التفريغ على دفعات من خلال موقد غاز أو سخان كهربائي أسفل حجرة القلي، بينما تستخدم مضخة تفريغ عالية الكثافة لإحداث تفريغ مباشرة قبل القلي. وضح [Diamante *et al.*, 2015] في دراسة أجراها حول القلي تحت التفريغ أن نظام القلي تحت التفريغ يتكون من ثلاث مكونات، وهي: حجرة القلي ومكثف تبريد ومضخة تفريغ، حجرة القلي عبارة عن وعاء محكم الإغلاق مزود بسخان زيت وسلّة قلي، يتم رفع سلّة القلي وإنزالها في الزيت الساخن بواسطة عمود رافع وربما يتم توصيل عمود الرفع بمحرك عباد يستخدم لإجراء طرد مركزي للمنتج للتخلص من الزيت السطحي بعد القلي، بينما يعمل مكثف التبريد على احتجاز البخار المتصاعد أثناء القلي وتؤمن مضخة التفريغ الضغوط المنخفضة المطلوبة لعملية القلي والتخلص من الغازات غير القابلة للاحتجاز بواسطة المكثف. وقد أشار [Andres-Bello *et al.*, 2011] إلى أن هناك ثلاثة أنواع من الأنظمة المستخدمة في القلي تحت التفريغ من حيث الحجم: الأنظمة المخبرية، والأنظمة التجريبية، والأنظمة الصناعية. بالنسبة لعملية القلي تحت التفريغ المخبرية فيتم وضع المنتج داخل سلّة ضمن حجرة القلي بعد تسخين الزيت إلى درجة حرارة محددة مسبقاً، ثم يتم إغلاق الغطاء وخفض الضغط في حجرة القلي، تغمر السلّة بعد ذلك في الزيت حيث تبقى للمدة المطلوبة ثم ترفع ويتم استعادة ضغط الحجرة باستخدام صمام تحرير الضغط. وضح [Ayustaningwarno *et al.*, 2018] في دراسة أجراها حول القلي تحت التفريغ أن الفوارق الرئيسية بين القلي تحت التفريغ والقلي التقليدي تتمثل بدرجات الحرارة المطبقة وآلية امتصاص الزيت. ذكر [Wang *et al.*, 2021]

في دراسته أن البنية المجهرية لرقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ تختلف عن تلك المقلية بالطريقة التقليدية في عدد وحجم المسام الموجودة في الأنسجة النباتية على سطح رقائق البطاطا، فهي تحتوي على عدد أقل من المسام المفتوحة مما يخفف كمية الماء المحتجزة ما بين المسام، وبما أن الماء يستبدل بالزيت أثناء القلي وأن درجات حرارة القلي تحت التفريغ المنخفضة تقصر زمن تبريد المنتج النهائي بعد القلي، فيقل دخول الزيت إلى المسام لاستبدال الماء وينخفض بالنتيجة محتوى الزيت الإجمالي أثناء القلي وبعد التبريد. أشار [Belkova et al., 2018] إلى أن القلي تحت التفريغ يعد نمط بديل للتحكم في المدخلات الحرارية، حيث يعمل على استخدام درجات حرارة منخفضة فيخفض شدة تفاعل ميلارد، وبالتالي يقل تشكّل الأكريلاميد بسبب انخفاض درجات الحرارة. وتركزت الدراسات المماثلة على إمكانية منع تدهور المكونات الطبيعية للمنتجات المقلية مثل الفيتامينات والصبغات وغيرها، للحفاظ على القيمة الغذائية والحسية، وكذلك منع تشكّل المركبات السامة من خلال القلي عند درجات حرارة منخفضة. درس بعض الباحثين أثر القلي تحت التفريغ في جودة الوجبات الخفيفة المحضرة من الفواكه والخضراوات التي تماثل البطاطا، وكذلك درست عمليات إنتاج رقائق الفاكهة المقلية باستخدام معاملات تعتمد على التفريغ ودرجات حرارة أقل من تلك المستخدمة في القلي التقليدي، ووجد أن هذه الوجبات الخفيفة الجديدة تتمتع بصفات حسية وغذائية جيدة مقارنةً بتلك الموجودة في المنتجات المقلية التقليدية [Wexler et al., 2016]. درس [Crosa et al., 2014] تأثير القلي تحت التفريغ في تحليل الزيت وتركيبية الحموض الدهنية ومحتوى الألفاتوكوفيرول، وأشار إلى أن الخصائص الفيزيائية والكيميائية لزيت القلي المختلفة تؤثر في درجة تفاعلات الأكسدة والتحلل المائي التي تحدث أثناء القلي، بينما يعتمد ثبات الزيوت على تركيبية الحموض الدهنية ومضادات الأكسدة الموجودة أو المضافة إليها وكذلك على درجة حرارة القلي، ولاحظ زيادة في زمن استخدام الزيت بعملية القلي تحت التفريغ مقارنة بالقلي التقليدي. يعد القلي تحت التفريغ بديلاً ممتازاً للقلي التقليدي لأنه يتم بواسطته الحصول على مزايا مهمة مثل منتجات صحية، فقد يؤدي غياب الهواء أثناء القلي تحت التفريغ إلى تثبيط أكسدة الدهون، وتخفيف الاسمرار الإنزيمي للعينات المقلية، وهي طريقة فعالة لتقليل تلف الزيت والوصول إلى درجة الجفاف اللازمة دون الاسمرار المفرط أو احتراق المادة الغذائية [Granda et al., 2004 ؛ Fan et al., 2005]. يجب أن تترافق عملية القلي تحت التفريغ صناعياً مع آلية خاصة لإزالة الزيوت، تستخدم لإزالة الزيت السطحي من المنتج قبل إزالته من الفراغ، حتى لا يمتص المنتج الزيت السطحي بعد القلي أثناء عملية الضغط، وغالباً ما

تعتمد آليات إزالة الزيوت على الطرد المركزي، مع/أو بدون معاملة مسبقة للمنتجات المقلية [Kim et al., 2012]؛ [Moreira et al., 2009]. أشار [Warning et al., 2012] إلى انخفاض امتصاص الزيت بشكل كبير مع انخفاض ضغط المقلاة إلى 1-0.1% من الضغط الجوي، من خلال "تأثير كلينكنبرج" (الفعل التآزري للضغط والحرارة)، إذ أنه مع انخفاض الضغط، يكون فقدان الرطوبة أسرع لضغط القلي المنخفض لنفس درجة حرارة الزيت، وتزداد مقاومة اختراق الزيت عند الحواف. فيما وجد [Moreira and Pandey 2010] في دراسته لتحليل نظام القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا، أن كمية الزيت الممتص بواسطة رقائق البطاطا بعد القلي تحت التفريغ عند إزالة ضغط القلاية (من التفريغ إلى الضغط العادي) بمعدل بطيء، تنخفض عنها بالمقارنة مع الإعادة بمعدلات سريعة، وترتفع نسبة إزالة الزيت مع انخفاض زمن القلي القصير و/أو زيادة زمن الطرد المركزي. وأشار في دراسة أجراها [Mariotti-Celis et al., 2017] بهدف التخفيف من تكون الفيوران والأكريلاميد في رقائق البطاطا المصنعة من صنف دازريا دون التأثير على خصائص الجودة الرئيسية، من خلال استخدام القلي تحت التفريغ، إلى حدوث انخفاض بنحو 81 و58 و28% من محتوى الفيوران والأكريلاميد والزيت على الترتيب، مقارنة بنظيراتها عند القلي تحت الضغط الجوي، بدون أن يتأثر القوام بالتغيرات في الضغط أثناء القلي. درس [2014 Akinpelu et al.]، ظروف التصنيع المثلى للقلي تحت التفريغ لرقائق ثمار نبات موز الجنة plantain المقلية عالية الجودة، ووجد أن ظروف القلي الأمثل للرقائق هي درجة حرارة القلي 133 °م، وضغط التفريغ 9.91 سم زئبقي، بناءً على اعتبارات القبول لجنة المتذوقين. وبالتالي تعتبر عملية أمثلة طريقة القلي تحت التفريغ لمنتجات البطاطا المقلية ترتبط بالصنف المدروس. وفقاً لدراسة [Belkova et al., 2018] فإنه يمكن تحقيق محتوى منخفض من الأكريلاميد وقوام مقبول نسبياً عن طريق القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا، ولكن لا يمكن مقارنة سمات النكهة برقائق البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية عند النظر إلى خصائص الطعم، وبالنسبة للمنتج الذي يتم الحصول عليه عن طريق القلي تحت التفريغ فإنه لا ينبغي تقديمه كرقائق بطاطا تم إعدادها بواسطة تقنية بديلة، بل كوجبة خفيفة تلبي معايير سلامة الغذاء والخصائص الغذائية المقبولة فيما يتعلق بمحتوى الزيت.

2-3- القلي بالضغط المرتفع:

يعد القلي تحت الضغط طريقة معدلة من القلي العميق التقليدي، يتم فيها توليد الضغط داخل المقلاة عن طريق الرطوبة المنبعثة من الطعام في وعاء مغلق، وبذلك يتم طهي الطعام تحت ضغط متحكم فيه، مما يؤدي إلى

تقليل زمن الطهي والاحتفاظ بالرطوبة بشكل أكبر، وبالتالي الحصول على منتجات تتمتع بدرجة أعلى من الطراوة والعصير فتصبح ذات قوام أفضل [Das et al., 2013]. تعود أهمية تحديد معايير القلي العميق بالدهون من حيث ظروف القلي المثلى، تحدياً لإنتاج بطاطا مقلية بجودة عالية [Costa et al., 1999؛ Vitrac et al., 2002]. وجد الباحثون في القلي تحت الضغط أن حجم الضغط المطبق أثناء القلي يؤثر على محتوى الماء والعصير داخل الأطعمة المقلية بالإضافة إلى الزيت الممتص، واستخدم القلي تحت الضغط بشكل محدود على النطاق الصناعي، بينما استخدم على النطاق التجاري والغذائي بشكل واسع [Pawar et al., 2011؛ Innawong et al., 2006]. ربما كان القلي تحت الضغط العالي أحد بدائل القلي العميق التقليدي، وقد تكون درجة حرارة غليان الماء التي تحدد بحسب الضغط دليل ضبط عملية القلي للحصول على الأغذية المقلية الشعبية ذات الخصائص المرغوبة [Zhang et al., 2020]. يلاحظ أثناء دراسة تأثيرات الضغط ودرجة الحرارة، أنه عند ضغط ثابت، تزداد معاملات انتشار الغازات طردياً بارتفاع الحرارة، بينما عند درجة حرارة ثابتة، يتناسب معامل انتشار الغازات عكسياً مع الضغط أو الكثافة، فعند انخفاض الضغط يزداد معامل انتشار الغازات، وتتنخفض درجة غليان الماء؛ وبالنسبة يبدأ الماء الموجود داخل المنتج بالتبخر بشكل أسرع عند ضغوط أقل [Ballard and 2006]. أدى إحلال القلي تحت الضغط محل تقنية القلي التقليدي إلى تعزيز كفاءة عملية القلي وسمات جودة المنتجات المقلية، ويؤدي القلي تحت الضغط إلى تضاعف قيم معدل نقل الحرارة بالمقارنة مع القلي تحت الضغط الجوي العادي، تم تعزيز تكوين سطح القشرة وزيادة المسامية بسبب تدرج الرطوبة المتزايد، مما يؤدي إلى نسيج هش ومظهر مسامي في المنتج المقلي، وأظهر تطبيق المعاملة تحت الضغط العالي كمعاملة مسبقة إمكانات كبيرة للاستخدام التجاري في الفواكه والخضروات المقلية من خلال تسريع معدل إزالة الرطوبة وخفض تدهور الجودة [Su et al., 2021]. انتشرت طريقة القلي تحت الضغط كأحد طرائق قلي اللحوم، لأنها تسرع من وقت الطهي، وتقلل الزمن الذي يتعرض فيه اللحم لدرجة حرارة عالية، إذ يتم فيها غمر اللحوم في مقلاة محكمة الإغلاق تحتوي على زيت القلي، وينتج عنه لحم أكثر طراوة [Das et al., 2013]. فهي تعتمد على البخار المنبعث من المنتجات لتوليد الضغط المطلوب داخل المقلاة، وتتطلب كميات كبيرة، لكل دفعة من المادة الغذائية، وذلك يحد من تطبيق طريقة القلي تحت الضغط على أنواع غذائية أخرى غير اللحوم [Das et al., 2013؛ Innawong et al., 2006]. يمكن أن يؤثر القلي تحت الضغط العالي على اللون والأكسدة وكذلك

التفاعلات الأنزيمية وغير الأنزيمية التي تحدث في عملية القلي، وقد يزيد البخار المنبعث من المنتجات الغذائية أثناء القلي تحت الضغط، بشكل كبير من التدهور وتحلل الزيت وتأكسده، بالإضافة إلى التغيرات التي تطرأ على التوكوفيرولات خلال عملية القلي تحت الضغط، وتغير القوام عند استخدام الضغط العالي بسبب تنشيط أو تعطيل الإنزيمات المرتبطة بالقوام [Zhang et al., 2020؛ Albertos et al., 2019؛ Bengtson, 2006؛ Holownia et al., 2001]. تسمح المعلومات المتعلقة بانتقال الحرارة وتغيرات اللون وتكوين المواد المسرطنة مثل الأكريلاميد أثناء القلي تحت الضغط، بالحصول على مفاهيم تطوير عمليات قلي بديلة. يمكن الحصول على الخصائص المرغوبة للمستهلك في المنتج النهائي من خلال الاختيار المناسب لدرجة الحرارة والضغط عند القلي العميق تحت الضغط، ومع ذلك، فمن المحتمل أن يؤثر الضغط العالي على اللون والأكسدة وكذلك التفاعلات الأنزيمية وغير الأنزيمية التي تحدث في عملية القلي، والتي يجب أخذها في الاعتبار عند اللجوء إلى القلي تحت الضغط [Zhang et al., 2020؛ Das et al., 2013]. وأشار [Bengtson, 2006] في دراسته لتأثير عملية القلي في خصائص الجودة للأغذية المغلفة بمواد التغطية، أن البخار المنبعث من المنتجات الغذائية أثناء القلي تحت الضغط، يزيد بشكل كبير من التدهور وتحلل الزيت وتأكسده، مكوناً حموضاً دهنية حرة ومركبات قطبية، مما يسبب خفض جودة الزيت بشكل كبير، بينما يمكن إطالة عمر الزيت عند استخدام غاز النيتروجين لتوليد الضغط المستخدم في القلي. وفي دراسة أجراها [Holownia et al., 2001] على التغيرات التي تطرأ على التوكوفيرولات خلال عملية القلي تحت الضغط، وجد زيادة الفقد لكل من α -tocopherols و γ -tocopherols ولكن لم تؤثر على كل من β -tocopherols و δ -tocopherols، وفسر ذلك بانخفاض زمن القلي الكلي المطبق على المعاملات المدروسة. وجد [Ballard and Mallikarjunan 2006] في دراسة أجراها حول الغاز المستخدم كوسط في القلي تحت الضغط، أن عينات الدجاج المقلية بوجود غاز النيتروجين تحتوي على محتوى رطوبة في اللب والقشرة أقل من تلك المقلية بالبخار، بينما كان محتواها من الزيت أعلى بوجود غاز النيتروجين، وكانت عينات الدجاج المقلية بالبخار ذات درجة أدنى من ناحية مؤشرات اللون والقوام. وفي دراسة أجراها [Su et al., 2021] حول التقنيات الفيزيائية الحديثة المستخدمة لتعزيز خصائص الجودة في عملية القلي وكفاءتها، من حيث التغيرات الهيكلية في القوام أثناء القلي تحت الضغط، أشار إلى تعزيز تشكل سطح القشرة مع زيادة المسامية في المنتج بسبب ارتفاع محتوى الماء، مما أدى إلى تشكل نسيج هش ومظهر مسامي في المنتج المقلي. بينما أشار

[Albertos *et al.*, 2019] أن تغير القوام عند استخدام الضغط العالي لا يرتبط فقط باضطراب الخلايا الفيزيائي، بل يمكن أن يؤثر الضغط العالي على تنشيط أو تعطيل الإنزيمات المرتبطة بالقوام، واعتبر نشاط إنزيم البكتين ميثيل إستيراز (PME) عند ضغط 200 MPa أو أعلى سبباً رئيسياً للزيادة الملحوظة في الصلابة، وعزا ذلك إلى تسهيل ملامسة PME والبكتين، مما يزيد من إزالة الأسترة ويمكن البكتين من إنشاء شبكات مع أيونات الكالسيوم، وبالتالي زيادة الصلابة.

2-4- القلي بالهواء الساخن:

اقترحت مجموعة من التقنيات لاستبدال عملية القلي التقليدية بطريقة سهلة الاستعمال وقادرة على توفير خصائص مماثلة للأغذية المقلية، مع توفير جودة غذائية أعلى للمنتج. برزت تقنية القلي بالهواء الساخن خلال السنوات القليلة الماضية، وفي هذه العملية تُقلى أصابع [أو رقائق] البطاطا عن طريق التلامس المباشر مع مستحلب خارجي من قطرات الزيت في الهواء والتي تكون في حركة مستمرة في حجرة القلي، مما يعزز التلامس المتجانس بين قطرات الزيت وأصابع البطاطا الموجودة في حجرة القلي نفسها [Tian *et al.*, 2016؛ Teruel *et al.* 2015]. يعتمد قبول هذه الطريقة على الخصائص الحسية للمنتج النهائي، والتي ينبغي أن تقارب الخصائص الظاهرة في عملية القلي التقليدية [Heredia *et al.*, 2014؛ Teruel *et al.*, 2015]. يعتمد القلي بالهواء على دوران الهواء الساخن بشكل متجانس حول أصابع البطاطا بدلاً من غمرها في الزيت الساخن، وبالتالي تجفيف المنتج عند درجة حرارة قلي ثابتة، والعمل على إكساب البطاطا خصائص القلي العميق، مع تقليل كمية الزيت الممتص في المنتج النهائي. ولكن يعاب على هذه الطريقة ضعف نقل الحرارة والكتلة، مما ينتج عنه ضعف في الخواص الحسية، وخاصة القوام القشري مع اللب الطري، بالمقارنة مع الخصائص الناتجة عن القلي التقليدي [Gouyo *et al.*, 2021؛ Sansano *et al.*, 2015؛ Heredia *et al.*, 2014]. يعد القلي بالهواء تقنية بديلة لتجفيف المنتجات الغذائية مع تحقق زمن معاملة أقصر مقارنةً بالتجفيف بالهواء التقليدي، لكن وقت القلي أطول من القلي التقليدي، كما وإنها تخفض محتوى الدهون في المنتجات المقلية بنسبة تصل إلى 80-90% في المنتج النهائي مقارنة بالقلي التقليدي، وهي قادرة على الوصول بالمنتج إلى نفس اللون المميز الناتج عن القلي العميق [Fang *et al.*, 2023؛ Zaghi *et al.*, 2019؛ Abdrahman *et al.*, 2016]. تعتمد دراسات تقليل محتوى الزيت في المنتجات المقلية بشكل أساسي وفقاً لما ذكره [Liu *et al.*, 2020] على ثلاث طرائق وهي تعديل سطح المنتج وتغيير تقنية

القلي وتعديل وسط القلي. ونظراً لأن الهيكل الداخلي يؤثر على خصائص القوام لمقبلات البطاطا المقلية بالهواء فإن تغييره قد يؤثر على مستوى قبول المنتج لدى المستهلكين، كما أن نسبة الزيت النهائية في المنتجات المقلية بالهواء الساخن يجب ألا تتجاوز 13%، وهي أقل بكثير من تلك الخاصة برقائق البطاطا الشائعة والتي قد تبلغ أحياناً 39% [Tran et al., 2007]. ولكن ربما يؤثر محتوى الزيت المنخفض في العديد من الجوانب الحسية للمنتجات الغذائية مثل تكوين القشرة، الاستساغة، اللون، السطوع، وغيرها. لذا فمن المهم دراسة تأثير عملية القلي بالهواء الساخن في المنتجات الغذائية المقلية من حيث الجوانب الحسية [Heredia et al., 2014]. يتكون نظام القلي بالهواء من 5 أجزاء أساسية: سخان كهربائي، مروحة كهربائية كبيرة نسبياً، حجرة الطهي، موجهات هواء ومستشعرات حرارية. يقع السخان الكهربائي فوق حجرة الطهي مباشرة، بينما تعمل المروحة الموجودة فوق السخان على سحب الهواء لأعلى عبر حجرة الطهي مما يؤدي إلى تدفق هواء عمودي قوي، يحمل بالطاقة الحرارية أثناء عبوره على السخان وينقل إلى غرفة الطهي بأقل قدر من فقدان السرعة والطاقة. توزع موجهات الهواء الحرارة على محتوى حجرة الطهي، وتستخدم المستشعرات الحرارية للتأكد من تجانس الحرارة داخل الحجرة [Arslan et al., 2018]. وأشار [Heredia et al., 2014] أن آلية القلي بالهواء الساخن تضمن تجفيف المنتج تدريجياً بينما تظهر القشرة النموذجية على المنتجات المقلية، بالإضافة إلى وجود علاقة بين محتوى الأكريلاميد والزيادة في مؤشر اللون a^* [الأحمر والأخضر]، واعتبار تنسيق اللون هذا مؤشراً جيداً على محتوى الأكريلاميد من قبل بعض الباحثين. ولما كانت الزيادة في مؤشر a^* عند القلي بالهواء الساخن في الحد الأدنى، وضح [Sansano et al., 2015] أن معدل التغير في قيمة المؤشر b^* عند القلي يكون أسرع بارتفاع نسبة السكريات المرجعة في عينات البطاطا المقلية، أكد [Heredia et al., 2014] أن هذا النوع من القلي يمكن أن يقلل بشكل كبير من كمية مادة الأكريلاميد في البطاطس المقلية. وفي دراسة أجراها [Cao et al., 2020] استخدم فيها القلي بالهواء لقطع الدجاج، أشار إلى انخفاض معدلات أكسدة الدهون وتحللها في البطاطا المقلية بالهواء، وكذلك انخفاض الكمية الإجمالية للمركبات المتطايرة المكتشفة في العينات المقلية بالهواء مقارنةً مع تلك الموجودة في العينات المقلية، خاصة بالنسبة لمركب (E,E-2,4-decadienal) الذي يعد مركب نكهة مهم في الأغذية المقلية مثل أصابع البطاطا، وينتج بشكل أساسي من أكسدة حمض اللينوليك، وتحتاج طريقة القلي بالهواء إلى مزيد من التحسينات للنواحي الحسية. بينما ذكر [Zaghi et al., 2019] في دراسته أن تقنية القلي بالهواء تتطلب إجراء دراسات بتركيز

أكبر على التقييم التفصيلي لآليات عملها على مكونات وخصائص الأغذية، وما يترتب على ذلك من آثار على صحة الإنسان، على الرغم من اعتبارها كبديل صحي للقلي التقليدي من حيث انخفاض محتوى الدهون وتأثيراتها السلبية، ومن مزايا القلي بالهواء هي تقليل النفقات على الزيوت النباتية، وتقليل انبعاث الملوثات في البيئة وتوفير الطاقة اللازمة لعملية القلي. وجد [Sansano et al., 2015] في دراسة تناولت تأثير المعالجة المسبقة والقلي بالهواء كتقنية واعدة، على تشكل مادة الأكريلاميد في البطاطا المقلية؛ أن معدل تفاعل Maillard أثناء القلي بالهواء أقل بكثير من ظروف القلي التقليدي، مما أدى إلى انخفاض حوالي 90% في محتوى الأكريلاميد مقارنة بالقلي التقليدي حتى في العينات غير المعالجة، ولكن خفض محتوى السكريات المرجعة من شأنه أن يزيد حصول البطاطا المقلية على الدرجة اللونية النموذجية. وفي دراسة أجراها [Joshy et al., 2020] وضح أن جودة المنتج القلي تعتمد على جودة الزيت المستخدم وزمن القلي ودرجة حرارة القلي ونوع المادة الغذائية، إذ تحاكي المقلاة الهوائية حركة وتدفق التيارات الحرارية لتمائل الزيت المغلي، وبذلك ينضج اللب الداخلي بينما تتشكل قشرة سطحية هشة على سطح المادة الغذائية، وتختلف درجة النضج وهشاشة القشرة من منتج لآخر. يتم تدوير الهواء الساخن بواسطة مجموعة ضخ وتوجيه في حجرة المقلاة الهوائية نحو المنتج الغذائي، بهدف تحسين تركيبة الوقت ودرجة الحرارة، وتنتشر في السوق اليوم معدات منزلية مصممة وفقاً لهذا المبدأ للحصول على منتجات مقلية قليلة الدسم. يرجع كل من اللون الذهبي المرغوب والنكهة الفريدة للأغذية المقلية إلى حد كبير إلى تفاعلات الاسمرار غير الإنزيمية مثل تفاعلات ميلارد والكراملة، تعتمد تفاعلات النكهة أيضاً على تحلل الحموض الأمينية التي ينتج عنها مركبات متطايرة، وكما يساهم تركيب المنتج وزيت القلي وظروفه بشكل أساسي في النكهة؛ فإن الآليات المسؤولة عن السمات الحسية للأغذية المقلية معقدة جداً [Chang et al., 2020; Wang et al., 2023]. تكتسب المنتجات المقلية صفة القوام الهش (سهل الكسر) عند القلي بالهواء [Sansano et al., 2015]. أشار [Abd Rahman et al., 2016] في دراسته حول طريقة القلي بالهواء لمقبلات البطاطا الحلوة، إلى أن الشرط لتحديد أفضل الظروف المثلى للقلي بالهواء، هو أن تكون محتويات الدهون والرطوبة منخفضة قدر الإمكان، وتتميز الوجبة الخفيفة التي يتم إنتاجها عن طريق تقنية القلي بالهواء بانخفاض شديد في الزيت الممتص ومظهر مشابه لعينة القلي التقليدي. أشار [Andrés et al., 2012] إلى حدوث تداخل بين الخصائص الكيميائية والخصائص الحسية للمنتجات الغذائية أثناء عملية القلي، وبين إنه في عملية القلي بالهواء، يؤدي الانخفاض في محتوى

الزيت إلى إبطاء انخفاض محتوى الماء وتشكل اللون المرغوب، بالمقارنة مع القلي العميق التقليدي، وبالنتيجة استغرق القلي بالهواء فترات قلى أطول لتحقيق الخصائص الحسية. أوضح [Santos et al., 2017] أن معدل التفاعلات الكيميائية والاسمرار الانزيمي كانت أقل أثناء القلي بالهواء الساخن مقارنة بالقلي التقليدي، وهذا يجعل زمن القلي أطول. أشار [Tian et al., 2016] في دراسته إلى أن ظروف القلي بالهواء مثل مدة القلي الطويلة ودرجة الحرارة المرتفعة، تؤدي إلى سلسلة من التغيرات في الخصائص الفيزيائية والتركيب الكيميائي والتحوللات الإنزيمية للأغذية. ذكر [Rothwell et al., 2015] أن مدة القلي الطويلة ودرجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى خسائر أكبر في محتوى البوليفينول. اعتبر [Cao et al., 2020] أن طريقة القلي بالهواء بديلاً صحياً مفيداً لإنتاج الأغذية المقلية التي تحتوي على البروتين، إلى أن القلي بالهواء يتطلب وقت أطول لإنتاج سمات جودة مماثلة للسمات الناتجة بالقلي العميق التقليدي، بالإضافة إلى تشكل نسبة أكبر من المركبات الحلقية غير المتجانسة وعدد أقل من الأدهيدات في حالة القلي بالهواء، كذلك كانت هشاشة قطع الدجاج المقلي بالهواء أقل بكثير من المقلية بالطريقة التقليدية، وتحتاج إلى مزيد من التحسين.

الباب الثالث: تأثير المعاملات المسبقة في خصائص جودة أصابع ورقائق البطاطا:

3-1-1- المعاملات الكيميائية:

3-1-1-1- تأثير المعاملة الأولية بمحاليل الغمر:

أقترح مجموعة كبيرة من التقنيات لخفض مادة الأكريلاميد في منتجات البطاطا، تعتمد في غالبيتها على القلي ضمن درجات حرارة منخفضة، لكن التحدي الذي واجه هذه العملية الخواص الحسية للمنتج النهائي، فكان لابد من البحث عن تقنيات تخفض كمية الأكريلاميد مع المحافظة على جودة المنتج [Pedreschi et al., 2011]. يوصي أغلب الباحثين بأن يتم التعامل مع تخفيض تشكل الأكريلاميد عن طريق التحكم بزمن ودرجة حرارة القلي والمعاملات الأولية للبطاطا الممكن تطبيقها قبل عملية القلي كالسلق أو الغمر بإضافة الأملاح أو الحموض العضوية أو مضادات الأكسدة الطبيعية، والتي لا يكون لها أي أثر على الخواص الحسية للمنتج، ويرتبط اختيار المعاملة بصنف البطاطا، ويُعتقد أن تطبيق المعاملات المسبقة من الطرائق الواعدة في خفض تشكل الأكريلاميد [Zhu et al., 2016]، لكن يعد صنف البطاطا ودرجة حرارة التخزين العامل الأهم في التحكم بكمية مادة الأكريلاميد المتشكل. تلعب الحموض العضوية دوراً هاماً في تعديل pH البطاطا مما يؤثر على الحمض الأميني

الاسبارجين، وبالتالي يحد من تشكل الأكريلاميد، وذلك من خلال التحكم بمجموعة ألفا أمينو الخاصة بالحمض الأميني الاسبارجين، ومنعها من الاشتراك مع مجموعة الكربونيل وتشكل الأكريلاميد، بينما تلعب درجة الحرارة دور العامل الأهم في فعالية الحموض العضوية، حيث ثبتت جدارتها في درجات الحرارة المنخفضة ولم يظهر لها أي تأثير معنوي في درجات الحرارة المرتفعة [Morales et al., 2008]. تلعب مضادات الأكسدة دوراً إيجابياً في الوقاية من أكسدة الدهون، والتي تلعب دوراً هاماً في منع تشكل الأكريلاميد [Capuano et al., 2010]، كما و تلعب المركبات الفينولية دوراً هاماً في منع عمليات الأكسدة الكيميائية والانزيمية والحد من تكاثر الميكروبات المسببة للأمراض وبالتالي إعطاء الدور كمضاف غذائي طبيعي ذو أثر فعال وإيجابي على الصحة في منع حدوث السرطانات وعلاج أمراض السكري وارتفاع الضغط والكوليسترول.

3-1-1-1-3-مضادات الأكسدة الطبيعية:

قام العديد من العلماء بدراسات بهدف إطالة مدة حفظ الزيوت المستخدمة في القلي، ومنع تشكل المركبات السامة والمسرطنة ضمنها، وذلك عن طريق إبطاء عملية تدهورها [Manzoor et al., 2022]. من هذه الدراسات استخدام الزيوت التي تحتوي على نسب عالية من الحموض الدهنية غير المشبعة، كما ولاحظوا إن إضافة مضادات الأكسدة الطبيعية والصناعية لزيوت القلي تعتبر الطريقة الأكثر انتشاراً لإبطاء عملية أكسدة الزيوت [Zhao et al., 2017]، إلا إنه وفي هذا السياق بينت العديد من الدراسات أن تناول مضادات الأكسدة الصناعية بشكل مستمر لها أثر ضار ومسرطن على صحة الانسان، بالإضافة لفقدان نشاطها المضاد للأكسدة خلال عملية المعالجة [Manzoor et al., 2022]، لذلك أعتبر استخدام مضادات الأكسدة الطبيعية كبديل لمضادات الأكسدة الصناعية مسار جيد لإطالة فترة حفظ زيوت القلي، والمحافظة نوعاً على جودة المنتجات المقلية [Maskan and Horuz, 2017]. إلا أن تأثيرها على منتجات البطاطا المقلية لم يدرس بشكل كافٍ إذ بين [EL-Sayed et al., 2023] أن إضافة مضادات الأكسدة الطبيعية لمنتجات البطاطا المقلية (الشيبس والأصابع) قد تؤدي لزيادة مدة تخزينها، كما وتحسن من خواص زيت القلي وتطيل مدة استخدامه. تعتبر المستخلصات النباتية مصدراً غنياً للعديد من المركبات النشطة بيولوجياً والتي تمتلك القدرة على زيادة ثباتيه زيت القلي وتقليل تكوين المركبات الضارة [Urbančič et al., 2014] إلا أن استخدامها ضمن الزيوت قد يضيف صفات غير مرغوبة للمنتج الغذائي، لذلك يعد التقييم الحسي للمنتج الغذائي جانباً مهماً للمستهلكين ولدراسة السوق [Taha et

[al., 2014]. تعتبر الحمضيات من الثمار المهمة والاستراتيجية والتي تدخل بشكل رئيسي في الصناعات الغذائية لإنتاج العصائر، وتشكل القشور ما يقارب ثلث كتلة الثمرة، وتعتبر من المخلفات التي تواجه مشاكل في التخلص منها، ونظرًا لما تحتويه من مركبات فعالة بيولوجياً (فينولات وفلافونيدات) ركزت العديد من الدراسات على مدى إمكانية الاستفادة منها صناعياً، تتركز المركبات الفينولية في أصناف أشجار الحمضيات في الثمار والأوراق، ولكن الكمية الأكبر تتواجد ضمن القشور، حيث تتراوح ما بين 150-250 مغ غاليك/غ مادة جافة وفقاً للصنف [Kim et al., 2012]. وفي هذا السياق بين [Sir Elkhathim et al., 2018] في دراسة أجراها لتقدير المركبات الفعالة بيولوجياً في قشور بعض أصناف الحمضيات أن القشور تحتوي على مركبات فينولية ونشاط مضاد للأكسدة أعلى من اللب والبذور، كما ولاحظ [Li and Hossain, 2006] أن كمية الفينولات في بعض أصناف البرتقال ضمن القشور أعلى من اللب، وكانت كمية الفينولات المستخلصة بالايثانول لكل من الكريغون والمندرين والليمون والبرتقال 161، 121.14، 118 و 59.77 مغ غاليك/100 غرام وزن رطب على الترتيب. نتيجة للتطور التكنولوجي السريع في مجال الصناعات الغذائية والناجمة عن زيادة الطلب على المنتجات الغذائية، فقد ازداد تراكم النفايات الناتجة عن العمليات التصنيعية وخاصة مخلفات الفواكه والخضار، والتي ربما يكون لها تأثير سلبي على البيئة وما يرافقه من آفات وأوبئة، ولذلك كان لابد من تطبيق أنظمة متطورة للحد من تراكم هذه المخلفات، أعتد في غالبيتها على عملية إعادة تدوير هذه المخلفات للاستفادة منها، حيث تمتاز باحتوائها على كميات كبيرة من المواد الفعالة بيولوجياً [Deng et al., 2012]. تزرع أشجار الزيتون (*Olea europaea L*) في أجزاء كثيرة من العالم منذ العصور القديمة، لكن تعتبر منطقة البحر الأبيض المتوسط الموطن الأصلي لها، حيث تمتلك صحة عالية كونها غنية بمضادات الأكسدة الطبيعية [Sánchez-Gutiérrez et al., 2021]. تعتبر أوراق الزيتون من مخلفات عصر ثمار الزيتون حيث تشكل نسبة 8% تقريباً من وزن الزيتون عند قطافه [Consejería de Agricultura, Ganadería, 2019]، أستخدمت قديماً في تغذية الحيوانات بالرغم من طعمها المر. كما حث العديد من الباحثين في السنوات السابقة على استخدامها في صناعة الأغذية والمكملات الغذائية [Agencia, 2017] تحتوي أوراق الزيتون على مجموعة كبيرة ومتنوعة من المواد النشطة بيولوجياً نفس ثمار وزيت الزيتون، وخاصة الفينولات والتي تضاهي النباتات الطبية والعطرية، نظراً لفوائدها الصحية استخدمت حديثاً في العمليات التكنولوجية في مجالات صناعة الأغذية والدواء [Sánchez-Gutiérrez et al., 2021]. يتوجه العالم في الآونة

الأخيرة لمفهوم الاقتصاد الحيوي والذي يعتمد على انتاج مواد جديدة واستعادة المواد الفعالة من خلال استخدام الموارد الطبيعية المتجددة، حيث تشكل أوراق النباتات مصدر كبيراً للتلوث البيئي الناتج عن الصناعة [Commission, 2020]. قام [Hernández et al., 2021] باستخدام مستخلص قشور الحمضيات في القضاء على الفطريات المسببة لعفن الفاكهة بعد الحصاد، كما وأوصت معظم الدراسات باستخدام مستخلصاتها الفينولية في الصناعات الغذائية والدوائية [Casquete et al., 2014; Hernández et al., 2021]. أدى استخدام مسحوق ثمار الكريفون المجفف بنسب تراوحت من (2-5%) في صناعة المخبوزات (الكعك) لزيادة النشاط المضاد المضاد للأكسدة من 2-3 أضعاف بالمقارنة مع عينة الشاهد، كما ولم يلحظ وجود أي فروق معنوية بين العينات المضاف لها مسحوق الكريفون المجفف وعينة الشاهد من النواحي الحسية [Ukom et al., 2022]. بينت دراسة [Haddarah et al., 2021] أن نقع أصابع البطاطا بالمستخلصات النباتية لنبات الزنجبيل ولسان الثور والشمر خفض مستويات الأكريلاميد في أصابع البطاطا بنسبة تراوحت من 21.9-66.29% وفقاً لنوع المستخلص المستخدم، وبالنسبة للزيت الممتص فقد انخفض بنسبة حوالي 12% ضمن العينات المعاملة بنبات الزنجبيل والشمر. أظهر [Mekawi et al., 2019] أن استخدام مستخلص قشور ثمار الرمان خفض كمية الأكريلاميد في شيبس البطاطا بنسبة 54% بالمقارنة مع الشاهد . وفي هذا السياق بين [Choulitoudi et al., 2020] أنه لم يكن لمضادات الأكسدة الطبيعية المستخلصة من نبات الزعرير البري أي تأثير على كمية الزيت الممتص في رقائق البطاطا. بينما أظهر [Zokaei et al., 2020] أن استخدام المستخلصات المائية للزعرير البري والزنبق بتركيز 5 و7% مع البكتين والالجيئات قد خفض مستويات الزيت الممتص في رقائق البطاطا بشكل أكبر من استخدام البكتين والالجيئات لوحدها. أوضح [El-Sayed et al., 2023] أن نقع رقائق البطاطا لمدة نصف ساعة على درجة حرارة 37م في محلول من مسحوق الشاي الأخضر المحضر بتركيز 0.05% قد خفض كمية الأكريلاميد من 1346 إلى 325.4 ميكروغرام/كغ أي بنسبة حوالي 75.58%. تعمل الشركات المنتجة لرقائق البطاطا على تحسين مستمر في جودة منتجاتها، ويعد اللون والقرمشة والحجم من أهم وأكثر العوامل المؤثرة في جودة رقائق البطاطا [Mustanirroh et al., 2021]، بين [Lopez and Moreira, 2019] أن استخدام مستخلص الشاي الأخضر بتركيز 5% أعطى للعينات لوناً داكن بالمقارنة مع الشاهد. أوصى العديد من الباحثين بضرورة

دراسة تأثير التركيز الأمثل من مضادات الاكسدة الطبيعية والحموض العضوية والأملاح المعدنية على أصناف البطاطا المختلفة ومعرفة مدى تأثيرها على الخواص الحسية.

3-1-1-2- الأملاح المعدنية والحموض العضوية:

بين [Verma and Yadav, 2022] في دراستهم للاستراتيجيات التي يمكن تطبيقها لخفض كمية الأكريلاميد في أصابع البطاطا، أن استخدام أملاح الحموض العضوية والبكتين كمعالجات سابقة لأصابع البطاطا قبل عملية القلي خفضت كمية الأكريلاميد في المنتج النهائي بشكل ملحوظ وذلك بسبب قدرة هذه المركبات على تغيير رقم (ph)، كما وأدى استخدام الحموض الأمينية إلى خفض كمية الأكريلاميد بشكل أقل من الحموض والاملاح العضوية دون تغيير في رقم (ph)، ولوحظ وجود فعل تآزري بين حمض الستريك واللايسين في خفض كمية الأكريلاميد بشكل فعال، كما ولاحظ [Mestdagh et al., 2008] أن إضافة ملح كلوريد الصوديوم لعجينة رقائق البطاطا المقلية والمصنعة من مسحوق البطاطا المجففة لم يؤثر على كمية الأكريلاميد المتشكل بشكل معنوي، فيما أثر ملح كلوريد الكالسيوم معنوياً بخفض كمية الأكريلاميد المتشكل، كما ولاحظ أن إضافة الحموض العضوية قد خفض الأكريلاميد بنسبة تراوحت من 46-82% بالمقارنة مع الشاهد. ، حيث لاحظت دراسة [Wen et al., 2016] أن استخدام التركيز الزائد من الأملاح المعدنية أدى لزيادة كمية الأكريلاميد المتشكل في المنتجات المقلية، ربما يفسر تأثير الاملاح المعدنية في محتوى الأكريلاميد أن زيادة تركيز الكاتيونات المعدنية إلى حد معين يمكن أن يحرض الاسبارجين للتفاعل مع الغلوكوز مشكلاً الأكريلاميد. لاحظ [Kita et al., 2004] ان نفع أصابع البطاطا قبل القلي لمدة 20 دقيقة بكل من حمض الخل وهيدروكسيد الصوديوم بتركيز 1% قد خفض مستويات الأكريلاميد بنسبة 74و90% على الترتيب.

3-1-2- تأثير مواد التغطية على منتجات البطاطا المقلية:

استخدمت الأغلفة الصالحة للأكل بنجاح في الآونة الأخيرة بهدف تقليل امتصاص الزيت في المنتجات الغذائية المقلية بالقلي العميق، وبُذلت جهود كبيرة لتصميم أغلفة غذائية ذات خصائص عالية، قادرة على الالتصاق بقوة على سطح المنتج الغذائي مع عدم التأثير على جودته النهائية، بل يمكن أن تحسن من الخواص الحسية النهائية للمنتجات المقلية مع إعطائها درجة عالية من الصلابة والقرمشة بالنسبة لرقائق البطاطا وما يشابهها من المنتجات الغذائية الأخرى، كانت افضل الأغلفة المستخدمة هي المحتوية على المواد الكربوهيدراتية والبروتينية، حيث تشكل

هذه الأغلفة طبقة رقيقة وصحية على سطح المنتج الغذائي تمنع امتصاص الزيت أثناء القلي وخلال عملية التبريد من خلال تشكيل حاجز على السطح الخارجي للمادة الغذائية يحد من فقد الرطوبة وامتصاص الزيت [Klangmuang and Sothornvit, 2018; Oh *et al.*, 2019]، في المواد الغذائية المطلية تتشكل طبقة تغطي المسام، تمنع هذه الطبقة دخول الزيت للمادة الغذائية، حيث تخفض الضغط داخل الأفنية الشعرية الموجودة في بنية ونسيج البطاطا مؤدية لخفض معامل انتقال الحرارة وبالتالي خفض كمية المياه المفقودة، أما البطاطا الغير مغلفة بأي أغلفة فستكون مفتوحة المسام، مما يؤدي لارتفاع الضغط الموجود في الأفنية الشعرية وبالتالي ستزداد قيمة الزيت الممتص وستكون سرعة كبيرة في فقد الماء [Kurek and Ščetar, 2017]، بالإضافة لقدرتها الفائقة على حماية المادة الغذائية من الأوكسجين وغاز [CO₂] [Sordini *et al.*, 2019]. يعد صمغ الكزانتان من أشهر الصمغ المستخدمة في مجال الأغلفة الغذائية بهدف الحد من كمية الزيت الممتص [Ajo, 2017]، وهو عبارة عن خليط من السكريات المتعددة، يحضر صناعياً من مصدر كربوني بواسطة التخمر اللاهوائي بواسطة بكتريا *Xanthomonas campestris* سالبة الغرام [Khosravi-Darani Habibi, 2017]. وفي دراسة قام بها [Garmakhany *et al.*, 2008] بين أن استخدام صمغ الكزانتان بتركيز 1% أدى إلى خفض كمية الزيت الممتص بنسبة 24.8% في منتجات البطاطا المقلية، كما وأظهر [Daraei *et al.*, 2014] أن استخدام صمغ الكزانتان كغلاف غذائي على منتجات البطاطا المقلية أدى لخفض الزيت الممتص بنسبة 66.4%. ويعود سبب هذا الاختلاف إما للتركيز المستخدم أو لصنف البطاطا المستخدم ودرجة الحرارة وزمن القلي [Al- *et al.*, 2018]. أما صمغ الغوار فهو عبارة عن مادة بيضاء ناتجة عن طحن سويداء بذور الغوار الهندية، قابلة للذوبان في الماء، وهو عبارة عن سلسلة طويلة من جزيئات الكربوهيدرات والتي ترتبط مع بعضها البعض بروابط قوية وتتألف من المانوز والجلالكتوز، وتعتبر إدارة الغذاء والدواء الأمريكية أن استخدام صمغ الغوار كمنتج مضاف للمنتجات الغذائية آمن صحياً، وتم التأكيد في العديد من الدراسات السابقة على أهميته وكل ما كان تركيز الصمغ مرتفع كان الأداء أفضل بحيث لا يتجاوز 10% [Izadi *et al.*, 2015]. حديثاً يستخدم النشاء في أغلب تركيب مواد التغطية نظراً لفعاليته العالية في تكوين الغلاف الغذائي [Alimi *et al.*, 2015]، حيث يعد من أرخص البوليمرات الطبيعية المشكلة للأغلفة الغذائية، يستخدم على نطاق واسع في مجال الصناعات الغذائية والدوائية، يتكون في الغالب من الأميلوز والأميلوبكتين عالي الوزن الجزيئي، ويعد الأميلوز المكون الرئيس الهام

في تكوين الأغلفة الغذائية، فأي نوع من النشاء يحتوي على نسب عالية من الأميلوز والأستيل يعد الأفضل، ويعد نشاء الذرة الطبيعي المعدل كيميائياً من أفضل الأغلفة الغذائية الأمنة صحياً، والتي تمتلك قوة التصاق عالية على المنتجات الغذائية، بحيث تقلل من نفاذية بخار الماء، إلا إنه تبين إن إضافة الغليسرول لأي نوع من أنواع النشاء قد يحسن من متانة وقوة التصاقه بسطح المادة الغذائية [López *et al.*, 2008]، بين [Angor, 2013] أن استخدام أنواع مختلفة من نشاء الذرة الأمن غذائياً مع الغليسرول كأغلفة غذائية بنسبة تراوحت بين (1-5%) أدت لتخفيض كمية الزيت الممتص بمتوسط نسبة وصلت إلى 44.3%، كما أدى استخدام هذه الأغلفة إلى تحسين الخصائص الحسية لرقائق البطاطا. يستخدم البكتين في صناعة الأغلفة الغذائية بشكل واسع [Espitia *et al.*, 2014] ويتكون من مجموعة من السكريات المتعددة المتفرعة وغير المتجانسة والمرتبطة مع حمض الدكلورونيك [Dgalacturonic]، وتعود فاعليته كغلاف غذائي بسبب قدرته الهائلة على الارتباط مع الكالسيوم الموجود ضمن بنية رقائق البطاطا وبالتالي تكوين غلاف متين يعمل على تضيق المسامات الخارجية، ويحد من كمية الزيت الممتص [Mirzaei *et al.*, 2015]. ذكر [Tavera-Quiroz *et al.*, 2012] بأن استخدام كربوكسي ميثيل السيللوز كفيلم غذائي على رقائق البطاطا أدى إلى خفض مستوى الزيت الممتص بنسبة 30%، وفي دراسة قام بها [Angor, 2016] وجد أن استخدام مركب [CMC] بتركيز 2، 4، 6، 12% مع الغليسرول كغلاف غذائي على رقائق البطاطا أدى لخفض مستوى الزيت الممتص بمتوسط نسبة حوالي [49.9%]. أظهر [Yu *et al.*, 2016] أن إضافة الغليسرول إلى صمغ الكزانتان والصمغ العربي وصمغ الغوار كان له أثر كبير في تحسين خواص الغطاء الغذائي المحضر كتحسين مرونته ومقاومته للكسر وتحسين هشاشته وإعطائه قوة استطالة أعلى، كما وأظهر أن استخدم صمغ الغوار بتركيز 1% مع غليسرول بتركيز 1% كغلاف غذائي لرقائق البطاطا أدت لخفض كمية الزيت الممتص بنسبة 34.8. وضح [Hua *et al.*, 2015] أن استخدام البكتين بتركيز 1% دون الغليسرول كغلاف غذائي على شرائح البطاطا أدى إلى تخفيض كمية الزيت بنسبة 43%. أظهر [Aminlari *et al.*, 2005] أن استخدام بياض البيض المجفف كغلاف غذائي لوحده بتركيز 3% أدى لخفض كمية الزيت الممتص بنسبة 17%. قام العديد من الباحثين بدراسات مكثفة بهدف تطوير الأغلفة الغذائية التقليدية عن طريقة إضافة البوليمرات الحيوية والمستخلصات الطبيعية بهدف تحسين الخصائص الميكانيكية للأغلفة الغذائية [Putri *et al.*, 2023]. في الأونة الحديثة لم يدرس تأثير هذه الاغلفة على تكوين مادة الأكريلاميد بشكل كافٍ،

بالإضافة لذلك تتجه معظم الدراسات الحالية إلى دراسة تأثير إضافة مواد أخرى للأغلفة الغذائية مثل مضادات الأكسدة أو الفيتامينات ودراسة تأثيرها في الحد من أكسدة الدهون وتشكل المركبات المسرطنة [Kurek and Ščetar, 2017]، بين [Hamann et al., 2021] أن إضافة المستخلصات النباتية [الزنجبيل، القرفة، الشاي الأخضر والقرنفل] للأغلفة المعدة للأكل على اللحوم قد حسن من الخواص الميكانيكية للغلاف وساعد في حفظ المنتج الغذائي لفترة زمنية أطول واكسبه خصائص حسية جيدة وقيمة غذائية أفضل بالمقارنة مع الأغلفة الغير مضاف لها المستخلصات النباتية. أظهرت مجموعة من الدراسات أن استخدام الصمغ بشتى أنواعها كمادة مغلطة للأغذية المقلية مع مستخلصات فينولية مستخرجة من الفلفل الأسود والأحمر والكمون والكزبرة والقرفة أعطت فعالية كبيرة في تخفيض كمية الزيت الممتص بنسبة وصلت إلى 84.1% بالمقارنة مع الشاهد [Mousa, 2018].

بين [Ali et al., 2021] أن استخدام مستخلص بذور الجرجير كغلاف غذائي لأصابع البطاطا قد حسن من خواصه الحسية وقلل من الزيت الممتص. بين [Li et al., 2023] أن استخدام غلاف غذائي مكون من إيجينات الصوديوم قد خفض الزيت الممتص وزاد قيمة المؤشر اللوني L والصلابة ولم يكن له أي تأثير معنوي في الصفات الحسية لأصابع البطاطا. درس [Kurek et al., 2021] في تأثير استخدام الأغلفة الغذائية المصنعة من كربوكسي ميثيل السللوز والصمغ العربي والبكتين والمضاف لها مستخلص أوراق الزيتون على أصابع البطاطا وتبين معهم أن إضافة مستخلص أوراق الزيتون قد حسن من مؤشرات جودة البطاطا باستثناء العينات المعاملة بالبكتين، حيث تبين أن العينات الغير مضاف لها المستخلص كانت أفضل من المضاف لها. بين [Trujillo-Agudelo et al., 2020] أن استخدام مستخلصات أكليل الجبل بنسبة 2% مع بروتين مصل الحليب بنسبة (5-11%) لتشكيل غلاف غذائي على رقائق البطاطا المقلية قد خفض من محتوى الأكريلاميد والزيت الممتص وحسن من صلابة الرقائق. أظهر [Esmaeili et al., 2024] أن استخدام مركب كربوكسي ميثيل السللوز مع مستخلص بذور الكتان بنسب متساوية على منتجات البطاطا المقلية خفض محتوى الأكريلاميد بنسبة 0.62% وكذلك الزيت الممتص وحسن من مؤشر الاسمرار وجودة البطاطا المقلية. بين [Zokaei et al., 2020] أن استخدام المستخلصات المائية لنبات الزعتر والكراث الإيراني مع المواد الغروانية لتشكيل أغلفة على منتجات البطاطا المقلية خفض الأكريلاميد بنسبة أقل من استخدامها لوحدها وأوصى بعدم دمجها مع بعضها البعض. بين [Vega-Castro et al., 2022] أن استخدام نشاء بذور الأفوكادو على أصابع البطاطا قد خفض تشكل

الأكريلاميد بنسبة حوالي 45%. بين [Kurek et al., 2022] أن استخدام كربوكسي ميثيل السللوز والصمغ العربي على منتجات البطاطا المقلية مع مستخلص أوراق الزيتون والقريص قد حسن من جودة منتجات البطاطا المقلية من خلال تخفيض الأكريلاميد والزيت الممتص دون ذكر أي تأثير على الخواص الحسية. ذكر [Jia et al., 2017] أن استخدام صمغ الغوار على أصابع البطاطا لم يكن له أي تأثير معنوي على مؤشرات اللون والصلابة، واثرت فقط على المحتوى المائي الذي كانت في عينة الشاهد 59.66 وفي العينة المغطاة بالصمغ 61.75% وعلى الزيت الممتص حيث كانت نسبته في الشاهد حوالي 46.41% وفي العينات المعاملة بصمغ الغوار 34.15%، بينما لاحظ أن إضافة السوربيتول مع صمغ الغوار خفض الزيت الممتص إلى 22.84%، وعزى السبب في ذلك لقدرة السوربيتول على المحافظة على السطح الخارجي لأصابع البطاطا.

3-2- المعاملات الفيزيائية:

3-2-1- تأثير عملية التجفيف بطرائقه المختلفة على منتجات البطاطا المقلية:

يتمثل تأثير التجفيف المسبق في تقليل كمية الماء القابل للتبادل مع الزيت مما يخفض بشكل فعال من محتوى الزيت النهائي [Li et al., 2022]، وهذا يساهم في رفع القيمة الغذائية والصحية، كذلك يعزز درجة الجودة للمنتجات المقلية، ولكن لا بد من تحديد التكلفة الاقتصادية المترتبة على اختيار طريقة التجفيف المتبعة وشروطها المثلى [Lumanlan et al., 2020]. تعد عملية التجفيف طريقة فعالة لخفض محتوى البطاطا من الزيت حيث إنها تخفض زمن القلي، إذ يؤدي زمن القلي الطويل لزيادة المسام المتشكلة على سطح البطاطا نتيجة لعملية تبخر الماء مما يشكل مساحات كافية لزيادة امتصاص الزيت [Li et al., 2022]. يمكن أن يحسن التجفيف الجزئي بواسطة الهواء الساخن قوام المنتجات المقلية، ويخفض الزيت الممتص، حيث يبدأ تشكل القشرة الخارجية وتتنخفض القنوات الدقيقة مع بدء خروج الماء، وعند بدء عملية القلي يتم إزالة الماء بشكل أسرع في العينات المجففة مقارنة مع العينات غير المجففة، مما يؤدي لتقليل زمن القلي، ويفسر انخفاض كمية الزيت الممتص ضمن العينات المجففة بأن عملية التجفيف المسبق أدت لحدوث تدهم في البنية المسامية وبالتالي حدوث انسداد ببعض الأفنية الشعرية ضمن بنية البطاطا مما يمنع دخول الزيت إليها [Garmakhany et al., 2010] يرتبط امتصاص الزيت ارتباطاً وثيقاً بمعدل فقد الماء في الأغذية المقلية [Li et al., 2022؛ Su et al., 2018]. يحدث فقد الماء أثناء القلي في بعض أصناف البطاطا بشكل أبداً من أصناف أخرى وربما تمتص كميات من الزيت

أقل من الأصناف أخرى نتيجة لهذا السبب. بينت دراسة [Kuek et al, 2020] أن ارتفاع رطوبة المنتج الغذائي المعد للقلي يسرع من عملية التحلل المائي للزيت بشكل كبير، ويمكن لهذه المركبات أن تغير التوتر السطحي للماء الموجود ضمن المنتج الغذائي وتزيد من التلامس الذي يحدث بين المنتج الغذائي والزيت، كل ذلك يؤدي لرفع درجة حرارة المادة الغذائية، وبالتالي ربما ستزداد كمية الأكريلاميد المتشكل نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بالرغم من تحديد زمن القلي. يحدث أثناء القلي سلسلة من التفاعلات المعقدة للمنتجات البطاطا المقلية والتي تعطىها اللون الذهبي، وكذلك يعتمد تحديد درجة النضج وظهور اللون الذهبي على رفع قيمة كل من المؤشر اللوني L^* و b^* وخفض قيمة المؤشر a^* ، لكن التجفيف المسبق قد يزيد قيمة المؤشر اللوني a^* ربما يعود السبب في ذلك لجلتنة النشاء الذي يؤدي لزيادة تفاعل ميلارد نتيجة النهايات المختلة والنااتجة عن جلتنة النشاء (وحدات الغلوكوز)، قد تؤدي عملية التجفيف أيضا لخفض قيمة المؤشر اللوني L^* في بعض أصناف البطاطا نتيجة لانخفاض المحتوى المائي، مما يؤدي لتقليل انعكاس الضوء على سطح منتجات البطاطا [Pathare et al, 2013]. بينت دراسات أن زمن التجفيف المسبق يؤثر بشكل كبير على خصائص رقائق البطاطا الفيزيائية والكيميائية، ويلعب دوراً هاماً في تقييم خواصها الحسية، وربما يؤدي زيادة زمن التجفيف لحد معين إلى زيادة الصلابة، مما يؤثر إيجاباً في درجة قبولها ثم يصبح تأثيرها سلبياً، ويؤثر زمن التجفيف الطويل بالهواء الساخن للفرن العادي على المؤشر اللوني a^* بشكل سلبي، وبالنسبة للمؤشر اللوني b^* فقد ترتفع قيمته بزيادة زمن التجفيف، ويمكن لهذا الارتفاع أن يكون انعكاس إيجابي أو سلبي من الناحية الحسية، مما يؤثر سلباً في قبول المستهلكين. قد يحسن التجفيف المسبق بالفرن الهوائي العادي لرقائق البطاطا من خواصها الحسية ويرتبط ذلك بالصنف وطريقة التجفيف [Zhang and Fan et al., 2021؛ Cruz et al., 2018]. [Garmakhany et al., 2010] تباين تأثير عملية التجفيف الجزئي لأصابع البطاطا قبل القلي في كمية الزيت الممتص حيث أنخفض في بعض الأصناف وارتفع في أخرى كما ولاحظ وجود تحسن في لون وقوام أصابع البطاطا، كما ووجد [Gupta et al., 2000] أن عينات أصابع البطاطا المجففة لازمنه مختلفة لم تلقى قبولا مثل العينات الغير مجففة. يعد التجفيف بالهواء الساخن من أكثر الطرائق شيوعاً للمنتجات الزراعية، ولكن من أهم عيوبه رداءة المنتجات المجففة عن طريقه وطول زمن التجفيف، ومن أهم العوامل التي تؤثر في أداء طريقة التجفيف بالهواء الساخن درجة الحرارة وسرعة الهواء ونوع المادة المراد تجفيفها ورطوبتها الأولية [Liu et al., 2021؛ Deng et al., 2021].

Wagh and Naik, 2016؛ 2018]. من أهم طرائق التجفيف المطبقة حديثاً التجفيف بالميكرويف والأشعة تحت الحمراء وموجات الراديو الترددية والأمواج الكهرومغناطيسية حيث تستخدم المجالات الكهرومغناطيسية لإنتاج الطاقة اللازمة لعملية التجفيف [Jiang et al., 2020, Yilmaz, 2020]. تعد طريقة التجفيف بالهواء الساخن مع الميكرويف من الطرائق الجديدة والمستخدم لتجفيف المنتجات الزراعية [Heshmati et al., 2023]. لم يلحظ [Cruz et al., 2018] أي تأثير معنوي لوقت التجفيف في خفض كمية الزيت الممتص أثناء عملية التجفيف يعد معامل الانكماش عاملاً مهماً يؤثر في جودة المادة الغذائية ومظهرها الحسي، ولابد من وجود حد معين لهذا المعامل تكون المادة الغذائية قادرة على استعادة شكلها أثناء الاستخدام [Senadeera, 2020]. تعتمد آلية التجفيف بالميكرويف على قدرة طاقة الميكرويف لتأمين الحرارة اللازمة لتبخير الماء فقط من المادة الغذائية حيث يملك الماء أعلى امتصاصية للأشعة الميكرويف، أما في طريقة الهواء الساخن فيتم تعريض المادة الغذائية بشكل كبير للهواء لتأمين الحرارة الكامنة اللازمة لتبخير الماء مما يؤدي لحدوث تغيرات وتشوهات في شكل وبنية المادة الغذائية نتيجة لاختلاف كمية الطاقة التي تتعرض لها المادة الغذائية يختلف انتشار الماء داخل المادة الغذائية مما يؤثر في قيم معامل الانكماش [Tsuruta et al., 2015]. أثناء عملية التجفيف تنتقل الرطوبة من المادة الغذائية إلى وسط التجفيف وذلك بفعل اختلاف تركيز الرطوبة بين وسط التجفيف وسطح المادة المراد تجفيفها، ويخضع الوقت الكلي للتجفيف لرطوبة وسط التجفيف [Wang et al., 2021] وبالتالي فإن عملية التحكم بالرطوبة النسبية لوسط التجفيف وضبط درجة حرارة التجفيف يمكن أن يزيد من فعالية عملية التجفيف ويحسن من جودة المنتج النهائي [Ju et al., 2018]. يعد التجفيف بالأشعة تحت الحمراء طريقة واعدة في مجال علوم الأغذية، حيث تؤثر طاقة الأشعة تحت الحمراء على المادة الغذائية محدثةً اهتزازات لجزيئات المادة، تؤدي هذه الاهتزازات لتوليد طاقة حرارية تعمل على رفع درجة حرارة المادة الغذائية، حيث تنتقل هذه الحرارة من السطح الخارجي للمادة الغذائية إلى الداخل بفعل عملية النقل والتوصيل الحراري، وتعد الأشعة تحت الحمراء قصيرة ومتوسطة طول الموجة [4-0.75] الأكثر استخداماً في تجفيف المنتجات الزراعية وذلك لتردداتها العالي وقدرتها على اختراق المادة الغذائية [Zhang et al., 2020؛ Bi et al., 2014]، يؤثر في زمن التجفيف بالأشعة تحت الحمراء للمنتجات الزراعية مجموعة من العوامل ترتبط بنوع وطبيعة المنتج الغذائي، ولكن بشكل عام تعتبر من أمن الطرائق التي تحافظ على جودة المنتجات الزراعية وخاصة الخضروات. وبينت دراسة [Zhang et al., 2020]

ان التجفيف بالأشعة تحت الحمراء لشرائح نبات القرع اعطى صفات حسية أفضل من الهواء الساخن. أكد بعض الباحثين أن طريقة التجفيف بالأشعة تحت الحمراء وفقاً لألية عملها فهي تقلل من الزمن اللازم للتجفيف مع إعطاء جودة أفضل للمنتجات الغذائية بالمقارنة مع الهواء الساخن وذلك نتيجة لاختصار الوقت، وأن الدمج بين طريقة التجفيف بالأشعة تحت الحمراء والهواء الساخن هي طريقة واعدة في تحسين صفات جودة البطاطا الحلوة المجففة، بينما يعزز تجفيف البطاطا الحلوة بطريقة الأشعة تحت الحمراء المتقطعة من معدل كفاءة استخدام الطاقة ويحسن من جودة المنتج النهائي بالمقارنة بطريقة الهواء الساخن التقليدية [Onwude *et al.*, 2018]؛ [Riadh *et al.*, 2015]. يمكن أن يعزى سبب انخفاض الزيت الممتص في العينات المجففة بالمايكرويف إلى حدوث تبلور لحبيبات النشاء وتشكل معقدات دهنية نشوية تمنع من دخول الزيت لداخل المادة الغذائية وبالتالي تخفض كمية الزيت الكلي [Long *et al.*, 2020؛ Yang *et al.*, 2020]. بين [AbdEl-Hady *et al.*, 2018] التجفيف المسبق حتى رطوبة نهائية 40% كان له تأثير إيجابي على بعض خواص جودة الرقائق. أشارت الدراسات إلى أن محتوى الزيت انخفض بنسبة تجاوزت 17% عند اتباع الشروط المثلى للتجفيف المسبق بسبب تخفيض محتوى الماء الأولي والتغيرات الشكلية والهيكلية مثل المسامية خاصة حجم المسام والسطح الخالي من القشرة في شرائح الجزر المقلية مع النظر بالحسبان لطريقة التجفيف [Karacabey *et al.*, 2017]. وفي دراسة أجراها [Jia *et al.*, 2017] وجد انخفاض كمية الزيت الكلي بنسبة 14.86-47.50 % اعتماداً على الطريقة المطبقة لخفض محتوى الماء الأولي لشرائح البطاطا، وفسر ذلك من خلال الأثر الذي تسببه المعاملة المسبقة في إضعاف الحمل الحراري مما يقلل بشكل فعال من امتصاص رقائق البطاطا للزيت. يختلف تأثير قوة كسر رقائق البطاطا المقلية بمدة التجفيف المسبق حيث تتناقص طردياً خلال القلي عندما يكون زمن التجفيف المسبق قصير وتصبح متزايدة طردياً مع زيادة وقت التجفيف المسبق على الصنف المدروس وفقاً لما ذكره [Song *et al.*, 2007a] في دراسة حول تأثير التجفيف المسبق لرقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ. وفي دراسة أجراها [Cruz *et al.*, 2018] انخفض درجة صلابة العينات المجففة مسبقاً عندما يكون وقت القلي أطول وهذا يترافق مع ارتفاع محتوى الزيت وكذلك خطر تشكّل مادة الأكريلاميد في المنتجات المقلية، ووجد أن التجفيف المسبق يزيد بشكل كبير من هشاشة البطاطا، وربما يعود ذلك إلى الاختلافات في المحتوى المائي الأولي والصنف المدروس. وفي دراسة قام بها [Meher *et al.*, 2015] وجد أن تخفيض محتوى الماء الأولي بنسبة 50 % بالتجفيف على حرارة

60 °م والقلي عند 170 °م لمدة 180 ثانية تحقق أفضل مؤشرات القبول العام والجودة الحسية لرقائق البطاطا الحلوة وتكون ذات طبيعة مقرمشة معتدلة. بين [Maity et al., 2018] في دراسته أن التجفيف المسبق يرفع قيمة معامل الانكماش الحجمي لرقائق الفاكهة المقلية إلى 71%. فسّر [Zielinska et al., 2015] في دراسته انخفاض الصلابة في رقائق البطاطا المجففة بالبخار المحمص قبل القلي بحقيقة أن البخار قد يؤدي إلى تشكّل المسام داخل البطاطا ولذلك انخفضت ظاهرة التصلب خلال المعالجة المسبقة المطبقة عند القلي بدرجات حرارة 160 °م وهذا يترافق مع انخفاض الزيت الكلي بنسبة 15-27 % بالمقارنة مع الرقائق غير المجففة. أفاد [Oladejo et al., 2018] أن درجة حرارة التجفيف المسبق المستخدمة عادة للمنتجات الزراعية مخبرياً وصناعياً تتراوح بين 60-70 °م اعتماداً على محتوى الماء الأولي للأطعمة المقلية وعلى مدة التجفيف قبل القلي، وهي تؤثر بشكل كبير على محتوى الماء والزيت في المنتجات النهائية، وأكد ما ذكر في الدراسات السابقة أن انخفاض الزيت الممتص يعود إلى التغيرات الهيكلية التي تنتج عن التجفيف المسبق. إن الانكماش الأكبر لرقائق البطاطا المجففة مسبقاً يساهم في إطالة زمن القلي وزيادة تغيير القوام أثناء القلي، وكلما كانت مدة التجفيف المسبق أطول كان انهيار الجدر الخلوية والانكماش أكبر لأنه يترافق بارتفاع تبخر الماء الداخلي وربما يؤدي ضغط تبخر الماء المرتفع إلى انكماش حجمي أكبر في المنتج النهائي [Su et al., 2016]. أظهر [Halil et al., 2018] أن قابلية العينات للكسر يمكن أن تؤثر على وجود النشاء والسكريات المرجعة، وكذلك على اختيار طريقة التجفيف المسبق المستخدمة، وبحسب نتائج التحليل الحسي فقد وجدت فروق معنوية بين عينات الرقائق باختلاف طريقة التجفيف المسبق للصنف المدروس وكانت أعلى القيم للرقائق التي يتم إنتاجها بطريقة التجفيف تحت التفريغ عند 85 °م من حيث اللون والنكهة والقوام والقبول العام. يمكن أن يلعب التجفيف دور في رفع محتوى الأكريلاميد في منتجات البطاطا المقلية وربما يعود ذلك إلى درجة الحرارة المستخدمة في التجفيف المسبق أو إلى محتوى المادة الجافة، وهذا ما يعزز من ضرورة إجراء الدراسة الحالية. لا بد من القيام بأمثلة ودراسة عميقة لعملية التجفيف المسبق، حيث تشير الدراسات السابقة بأن التجفيف المسبق لأصابع البطاطا بالهواء الساخن حتى نسبة 20% قد تخفض كمية الزيت الممتص ووقت القلي، لكن طول فترة التجفيف قد يسبب جفاف للطبقات الخارجية لأنه يحدث فقد للماء غير المرتبط [Van Loon et al., 2007].

3-2-2- تأثير عملية السلق على منتجات البطاطا المقلية:

تعتبر عملية السلق خطوة هامة في تصنيع منتجات البطاطا المقلية وذلك بهدف الحصول على لون وقوام مرغوب من قبل المستهلكين [Ngobese et al., 2018] حيث تعمل على جلتنة النشاء وتشكيل طبقة شمعية تمنع وتخفف من امتصاص الزيت أثناء القلي بالإضافة لذلك تعطي عملية السلق قواماً طرياً للأصابع ناتجة عن جلتنة النشاء وانحلال البكتين، علاوة على ذلك قد تنخفض كمية الاسبارجين والغلوكوز المشكلة لمادة الأكريلاميد [Zhang et al., 2021]، كما وتعطي عملية السلق بنية هشّة وصلبة لأصابع البطاطا، حيث تنتفخ حبيبات النشاء ومن ثم تجف أثناء عملية القلي مما يعطي لأصابع البطاطا بنية تشبه قرص شمع العسل [Ngobese and Workneh, 2018]، ويعود سبب تأثير عملية السلق في خفض الزيت الممتص لتنشيط أنزيم البكتينستراز والذي يهدم الجدر الخلوية للخلايا السطحية للبطاطا وبالتالي يخفض مسامية الخلايا مما يمنع امتصاص الزيت [Tuta, et al., 2010; Moyano and Pedreschi, 2005]، أن عملية السلق على درجة حرارة 100م ولمدة 4 دقائق لأصابع البطاطا خفضت كمية الزيت الممتص بنسبه 13% وكمية الأكريلاميد المشكلة بنسبة 17% بالمقارنة مع الشاهد [Zhang et al., 2021]. أظهر [Kaur et al., 2008] في دراسته لمعايير جودة رقائق البطاطا المصنعة من 5 أصناف مختلفة أن كمية الزيت الممتص تختلف وفقاً للصنف المدروس ودرجة حرارة القلي، كما وبين أن تأثير عملية السلق لمدة 3 دقائق على درجة حرارة 85 °م قبل القلي يختلف أيضاً باختلاف الصنف ودرجة حرارة القلي وشروط تخزين البطاطا، وفي دراسة قام بها [Elfnes et al., 2011] لاحظ أن عملية السلق لمدة 5 دقائق على درجة حرارة 90 °م أثرت بشكل معنوي في تحسين الخصائص الحسية لرقائق البطاطا، وأوصى بضرورة التوسع في دراسة تأثير درجات حرارة سلق مختلفة. وجد [Wu et al., 2018] إن استخدام الأشعة تحت الحمراء مع عملية السلق لرقائق البطاطا أدت لخفض كمية الزيت الممتص، بينما أظهر [Li et al., 2021] أن سلق رقائق البطاطا على درجة حرارة 100 °م لمدة 3 دقائق خفض كمية الزيت الممتص بنسبة 3.5%. كما وقد تساعد عملية السلق لمنتجات البطاطا المقلية على الاستواء بشكل أسرع، وذلك عند استخدام درجات الحرارة العالية في القلي، لكن من السلبيات لعملية السلق، إنه ربما يحدث فقد للمغذيات ويعتمد ذلك على درجة حرارة السلق ووقته، وبين [Damto and Chala, 2019] أن عملية السلق تحسن من الخواص الحسية لمنتجات البطاطا المقلية الحلوة كاللون والنكهة والقوام والقبول العام بالإضافة لقدرتها على تثبيط الأنزيمات

المسؤولة عن تغيرات اللون الغير مرغوبة. ربما تؤدي عملية السلق لأصابع البطاطا المقلية على درجات حرارة 85م لزيادة كمية الزيت الممتص و مركب (3-MCPD esters) monochloropropane- (3-مونوكلوروبروبان ديول) وهو مركب عضوي من المحتمل أن يكون مسرطن للبشر [Arisseto et al., 2019].

3-2-3-1- السلق بالموجات فوق الصوتية:

قد يكون للسلق بعض العيوب التي تتركز في هدر الماء وفقد لبعض المواد المنحلة بالماء، إضافة لطول عملية المعالجة [Tajner-Czopek et al., 2008]، لذلك توجه الباحثون نحو دراسة دمج بعض التقنيات الحديثة مع عملية السلق، وذلك بهدف تحقيق نتائج أفضل [Zhang et al., 2021]، فعلى سبيل المثال أظهرت عينات شرائح التفاح المعاملة بالسلق مع الأمواج الكهرومغناطيسية حلاوة أكثر من العينات المعاملة بالسلق لوحده [Manzocco et al., 2008]، كما وأدت جلته النشاء بمساعدة الأمواج الكهرومغناطيسية لتليين أنسجة البطاطا [zhang et al., 2020]، وضح [Li et al., 2021] أن عملية سلق رقائق البطاطا بالبخار لمدة 3 دقائق ثم معاملتها بالأمواج فوق الصوتية بتردد 35 هرتز لمدة 20 دقيقة خفضت كمية الزيت الممتص بنسبة حوالي 9.1% بالمقارنة مع العينات المسلوقة فقط بالبخار. خفضت عملية السلق بالماء المقطر عند درجة حرارة 65 °م ولمدة 5 دقائق كمية الأكريلاميد في رقائق البطاطا المعدة لصناعة الشيبس من أصناف مختلفة من البطاطا ما نسبته من 19-59% وذلك بالمقارنة مع العينات الغير مسلوقة، بينما أدى استخدام الأمواج فوق الصوتية [360 واط] لمدة ساعة إلى خفض كمية الزيت الممتص بنسبة حوالي 27% [Liyanage et al., 2021؛ Zhang 2021 and Fan]. أشار [Jaggar et al., 2022] في دراسته إلى أن تطبيق الموجات فوق الصوتية أدى إلى تعزيز فقدان الماء، وتقليل محتوى الزيت وزيادة الصلابة والقرمشة في البطاطا المقلية، وأظهرت تغيرات في البنية المجهرية مقارنة بالعينات غير المعالجة، بينما حافظت الموجات فوق الصوتية المنخفضة على التركيبة الغذائية والوظيفية ونشاط مضادات الأكسدة في زيت القلي، وربما تحسن المركبات المتطايرة والجودة الحسية في المنتجات المقلية، وفي دراسة أجراها [Yao, 2016] أكد أن المعالجة المسبقة بالموجات فوق الصوتية أدت إلى تقليل وقت التجفيف بنسبة 17-33% وزيادة انتشار الرطوبة الفعال بنسبة 18-35% وزيادة ثوابت معدل التجفيف لشرائح الخضار والفاكهة بنسبة 37-42%، فتحقق بذلك مزايا مختلفة مثل توفير الوقت والمواد والطاقة المستهلكة في القلي والحفاظ على القيمة الغذائية وتحسين معدلات انتقال الماء والزيت من وإلى المنتج، مما يدعم استخدام

الموجات فوق الصوتية على نطاق واسع في معالجة وتصنيع الأغذية. أوضح [Zhang et al., 2021] أن استخدام الموجات فوق الصوتية ضمن المعاملات المسبقة قد يؤدي إلى خفض محتوى الزيت الكلي في عينات البطاطا، إذ تعمل الموجات المنخفضة على تكثيف البنية الداخلية للبطاطا مما قد يعيق تسلسل الزيت إلى الداخل، بينما ربما تسبب الموجات القوية تلفاً في البنية يحفز امتصاص الزيت أثناء القلي.

الباب الرابع - تأثير عملية تجديد زيت القلي في الزيت المستخدم ومنتجات البطاطا المقلية:

عادةً ما تستخدم المعامل والمطاعم المختصة بصناعة منتجات البطاطا المقلية ممارسات خاطئة في عملية القلي، بهدف توفير تكاليف مادية، من هذه الممارسات الاستخدام المتكرر لزيت القلي لفترة زمنية طويلة، مما يؤثر على الخواص الكيميائية والفيزيائية للزيت المستخدم والمنتج النهائي [Manzoor et al., 2022]. تؤدي مثل تلك الممارسات لإنتاج مركبات ضارة وخطيرة مسببة أضرار جسيمة للإنسان كالسرطان وأمراض القلب وتصلب الشرايين وتلف الكبد والأوعية الدموية وما إلى ذلك من أمراض خطيرة على الإنسان [Gadiraju et al., 2015]. تحمل الأغذية المقلية فوائد صحية، وذلك لأنها ترفع جزئياً محتوى الحموض الدهنية الأساسية والألياف في النظام الغذائي، ويمتص الطعام وسط القلي (الزيت) خلال الطهي، مما يؤثر في خواص الجودة الحسية من حيث اللون والنكهة أيضاً، لذلك فإن جودة زيوت القلي محط أنظار الباحثين على الصعيد الغذائي والصحي [Innawong et al., 2019؛ Lin et al., 2001]. يحتاج القلي العميق التقليدي كميات كبيرة من الزيوت النباتية، ولذلك يلجأ الصناعيون إلى استخدام كمية زيت القلي نفسها عدة مرات لتقليل تكاليف الإنتاج، وهذا يمكن أن يقلل من جودة زيت القلي والمنتجات المقلية، فربما يقلل من سطوع وتماسك رقائق البطاطا، ويزيد من مؤشر التلصق ورقم البيروكسيد في زيت القلي، ويستمر هذا التأثير أثناء التخزين بعد القلي [Warsiki et al., 2020]. يُعتمد في بعض المطاعم والمحلات التجارية على إعادة استخدام الزيت بشكل مستمر لأكثر من مرة، بهدف تحقيق أرباح أعلى، وهذا يعرض زيت القلي إلى سلسلة من العوامل الفيزيائية والكيميائية عند درجة حرارة مرتفعة بوجود الهواء وتؤدي إلى انخفاض جودتها، مما دفع الباحثين إلى تطوير أدوات تمكّن من مراقبة وتقييم مؤشرات زيت القلي، خاصة المركبات القطبية التي تتناسب خطياً مع ثابت العزل الكهربائي للزيت، مما يسهل تحديد مستوياتها بدقة أثناء القلي بواسطة مستشعرات مناسبة [Yang et al., 2016؛ Inoue et al., 2002]. تُسبب عمليات إعادة تسخين الزيوت تكسر الروابط المضاعفة في الحموض الدهنية، مما يؤدي إلى فقدان حالة عدم التشبع وكذلك

تغيّر تركيب الحموض الدهنية وزيادة نسبة الدهون المتحولة Trans Fatty Acids، وتترافق هذه التغيرات بظهور خصائص غير مرغوبة مثل زيادة مستويات الكوليسترول الكلي والكوليسترول الضار في الدم، وتكوين أنواع مختلفة من الجذور الحرة التي تؤدي إلى تلف بعض الجزيئات الحيوية في جسم المستهلك [Jane et al., 2019]. يؤدي القلي وتسخين الزيوت المتكرر إلى زيادة انتقال المواد من المنتجات المقلية إلى وسط القلي، مما يرفع مستوى تفاعلات الأكسدة والبلمرة والتحلل المائي على زيت القلي، وينتج عن ذلك تدهور الخصائص الحسية والغذائية للأطعمة المقلية وارتفاع خطر الإصابة بأمراض صحية مثل أمراض القلب والشرابيين، مهما بلغت درجة الضبط الدقيق لظروف القلي، وبالتالي لابد من إجراء عمليات استبدال زيت القلي وتجديده بهدف تحقيق سلامة المستهلكين الغذائية [Koh and Surh, 2015؛ Manzoor et al., 2023]. تُوضع المخاطر الصحية المحتملة الناجمة عن إعادة استخدام كمية زيت القلي نفسها لفترات طويلة إلى جانب المخاطر الناجمة عن تناول الأغذية المقلية عموماً على حد السواء، إذ تبدأ التغيرات الفيزيائية والكيميائية من اللحظة التي يتم فيها إدخال زيت الطهي إلى مقلاة ساخنة، ومع استمرار التسخين تتشكل مركبات متطايرة وغير متطايرة تعطي الطعام نكهة لذیذة، بينما بعضها الآخر يسبب ظهور نكهات غير مرغوب فيها وربما تكون سامة مما يؤدي إلى خطر التسمم الغذائي [Godswill et al., 2018]. يختلف تأثير تكرار القلي باختلاف نوع الدهون المستخدمة، إذ يؤثر عدد مرات القلي في محتوى زيت النخيل من الملوثات الصناعية الناتجة عن عملية تكرير الزيت بنسبة عالية ويكون تأثيره أقل في زيت اللفت بغض النظر عن زمن القلية الواحدة في كل مرة، وأشارت الدراسات الأولية أن الزيوت غير المشبعة صحية أكثر من الزيوت المهدرجة، بينما ذكر حديثاً أن الدهون المشبعة أكثر أماناً وتولد كمية أقل من المركبات المسببة للسرطان مقارنة بالزيوت غير المشبعة [Aniołowska؛ Daniali et al., 2018؛ Zhang et al., 2021]. يعد تحديد تأثير وقت القلي على الثبات التأكسدي أمر صعب لاختلاف تأثير القلي حسب نوع الزيت المستخدم، وكذلك فإن تغيرات بعض المؤشرات التي تحدد نوعية الزيت مثل رقم TBARS وقزينة البيروكسيد غير منتظمة، وربما تختلف سرعة حدوث التغيرات عند نفس درجة الحرارة، وهذا ما يزيد صعوبة وضع حدود موحدة لإعادة استخدام الزيت أكثر من مرة [Park et al., 2020]. وجدت الدراسات أن عدد مرات صلاحية استخدام الزيت يعتمد على عدة عوامل مثل كمية الطعام المقلي، محتوى الماء فيه، درجة حرارة القلي، وأكدت حدوث انخفاض طفيف في تركيز الحموض الدهنية الأساسية وارتفاع نسبة الحموضة الدهنية الحرة ورقم

البيروكسيد لتصبح غير صالحة للاستخدام أكثر من 3 مرات، وبعد كل استخدام يجب تصفية الزيت وحفظه في مكان بارد [Caglar et al., 2012]. وضعت بعض الدول في الاتحاد الأوروبي قوانين وتشريعات أو مبادئ توجيهية خاصة وتوصيات بشأن استمرار عمليات إعادة استخدام زيوت القلي أو التخلص منها، وذلك نظراً لوجود مشكلات تتعلق بالصحة والسلامة، إذ وضعت حدوداً لدرجة حرارة القلي وقيمة الحمض والحموض الدهنية الحرة ونقطة التدخين ومحتوى المركبات القطبية والبوليمرات ضمن مواصفات مفردة أو مجمعة، بينما في الولايات المتحدة تُستخدم كمية الرواسب ومحتوى FFA الذي يزيد عن 2% كمؤشرات نقطة النهاية لزيوت القلي والدهون [Bansal et al., 2010]. أصبحت قابلية استخدام الزيت بعدة عمليات قلي من المؤشرات القياسية لجودة الزيوت إلى جانب فترة الصلاحية والتزنخ، لكونها تقلل من تكاليف إنتاج الوجبات المقلية، ولكن من حيث تركيبه الكيميائي فإن زيت الطهي الذي تم تسخينه على درجات حرارة عالية يحتوي على مركبات مسرطنة، ويتأثر ثبات زيت الطهي بدرجة تشبع وانتشار الروابط المضاعفة لحموضه الدهنية فضلاً عن المكونات المقلية التي يمكن أن تسرع أو تبطل تلف الزيت [Damanik et al., 2021]. أشار [Ujong et al., 2023] إلى انخفاض قيم المؤشرات اللونية لزيت فول الصويا وزيت اللوز مع زيادة عدد دورات القلي، ويدل ذلك على فقدان معظم اللون الأصلي مع كل إعادة استخدام لزيت القلي، ويرتبط ذلك بفقدان مضادات الأكسدة الطبيعية، والتي تسمح للزيوت بالمحافظة على لونها، بالإضافة إلى زيادة تسرب عنصر الكربون الموجود في البطاطا إلى الزيت مع تكرار عملية القلي، وذلك ما ينعكس على المنتجات المقلية فتظهر بلون داكن. يؤدي استخدام الزيت عدة مرات عند درجات حرارة عالية إلى تشكل مركبات بوليمرية في الزيت مع الزمن بصورة مادة صلبة، وكلما زاد تكرار القلي ارتفع مستوى تلف الزيت وزادت سرعة التدخين أو الرغبة وتغير اللون، إذ تؤدي عملية تسخين الزيت إلى ظهور دخان بسبب عملية تحلل الحموض الدهنية الحرة والمكونات المتطايرة الأخرى، كذلك تقل جاذبية المنتجات وتنخفض درجات جودتها من حيث الطعم والنكهة والقوام والمظهر [Abriana et al., 2019]. يمكن أن ينتج القلي العميق المتكرر بالدهون مكونات تحفز تكوين مركبات ذات آثار ضارة ومخاطر محتملة على صحة الإنسان مثل الأكريلاميد، وإن زيادة عدد دورات القلي تسرع تكوين مادة الأكريلاميد في البطاطا المقلية، وذلك لأن المركبات القطبية التي تتشكل من خلال تحلل وبلمرة ثلاثي الجلسرين يمكن أن تحسن انتقال الحرارة، أو تطيل وقت التلامس بين الزيت والغذاء خلال فترة قلي ثابتة [Gertz, 2004].

الفصل الثالث: مواد وطرائق البحث

1- مواد وتجهيزات البحث: أُستخدم في الدراسة بطاطا من صنف *Sponta*، وصنف *Agria* المستوردين من هولندا، من العروة الصيفية، تم الحصول عليها من أحد المزارعين في المنطقة الجنوبية (مدينة نوى) مع كامل البيانات الزراعية من حيث الاحتياجات وظروف الزراعة. أُستخدم زيت عباد الشمس ماركة Parto وزيت أولين النخيل ماركة Daynas المستوردين والمتوفرين ضمن أسواق مدينة دمشق والمطابقين في تحاليلهما للمواصفة القياسية السورية رقم [3770] تاريخ [2014]، وأُجريت التحاليل في مخابر قسم علوم الأغذية في كلية الهندسة الزراعية-جامعة دمشق والهيئة العامة للتقانة الحيوية ومخبر التموين المركزي.

2- طرائق القلي لمنتجات البطاطا:

2-1- القلي العميق التقليدي: أُجريت عملية القلي العميق تحت الضغط الجوي العادي بوساطة مقلاة كهربائية من ماركة star way ذات منشأ كوري، وقُليت أصابع البطاطا ضمن 3 لتر من زيت عباد الشمس وفقاً لطريقة [Sayyad, 2017] مع بعض التعديلات، حيث قُطعت درنات البطاطا إلى أصابع بأبعاد (10 x 10 x 70 ملم) باستخدام قطاعة من الفولاذ المقاوم للصدأ، ثم غُسلت العينات المقطعة بالماء البارد عدة مرات لإزالة النشاء الملصق بسطحها الخارجي، ثم نُشفت بطريقة النشر على ورق ترشيح قبل البدء بعملية القلي. صُبطت درجة الحرارة المطلوبة (165، 175، 185 °م)، وقليت حتى الوصول إلى محتوى رطوبة أقل من 34%. قُليت رقائق البطاطا وفقاً للطريقة المتبعة من قبل [Yu et al, 2016] مع بعض التعديلات، حيث قُطعت درنات البطاطا بعد غسلها وتقسيمها إلى رقائق بقطر (45) مم وسماكة (حوالي 1.2 مم) بواسطة أداة قطع مصنوعة من ستانلس ستيل مضبوطة على هذه السماكة، ثم غُسلت العينات المقطعة بالماء البارد عدة مرات لإزالة النشاء الملصق بسطحها الخارجي، ثم نُشفت بطريقة النشر على ورق ترشيح قبل البدء بعملية القلي. صُبطت درجة الحرارة المطلوبة (165، 175، 185 °م)، وقليت حتى الوصول إلى محتوى رطوبة أقل من 2%، مع تجديد الزيت بشكل مستمر بنسبة الفقد. في دراسة تأثير نسبة تجديد زيت القلي المطبوقة لأصابع البطاطا، أُضيف زيت عباد الشمس الطازج بنسبة (100، 75، 50، 25%) من فاقد وزن الزيت وبشكل مستمر. نسبة البطاطا للزيت (1:20) وزن/وزن.

2-2- القلي تحت التفريغ: قُليت أصابع ورفائق البطاطا تحت التفريغ وفق الخطوات التي ذكرها [Devseren

[Mariotti-Celis et al, 2017; et al, 2021]، مع إجراء بعض التعديلات، وذلك بواسطة مقلاة طورت مخبرياً

وفق الطريقة الموضحة من قبل [Tomruk et al, 2016]. حيث أُخذت طنجرة ضغط تجارية من الفولاذ المقاوم للصدأ، وأزيل المقبض من الغطاء وجميع ميزات الأمان الخاصة تحت الضغط، ثم تُثبت حلقة مصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ بشكل نابض ضغط معاكس، مهمتها تثبيت القفل الداخلي لغطاء طنجرة الضغط أثناء التفريغ، ثم وصلت بمضخة التفريغ الخاصة مع مقياس التفريغ ومكثف لمنع بخار الماء الناتج من المنتج من الاختلاط بزيت مضخة التفريغ وإتلافها. تم التحكم في مستوى الحرارة بواسطة سخان كهربائي، واستخدمت مضخة التفريغ من النوع الزيتي للوصول إلى الضغط المطلوب وهو حوالي 0.4 بار. تمت عملية القلي من خلال تسخين الزيت، تحميل البطاطا المقلية في سلة مغطاة بشبكة لمنع طفوها، تشغيل مضخة التفريغ المجهزة للوصول تحت الضغط الداخلي إلى -0.4 بار تقريباً، غمر البطاطا المقلية في الزيت الساخن وإغلاق الغطاء لكي يسمح بتحقيق الضغط المطلوب. قُليت عينات البطاطا، استعادة الضغط الجوي العادي، رفع السلة من الزيت، إزالة الزيت السطحي الزائد على رقائق البطاطا بورق ترشيح ماص. ضُبِطت درجة الحرارة المطلوبة (115، 125، 135 °م).

2-3- طريقة القلي تحت الضغط: أُستخدمت طنجرة ضغط تجارية للقلي، واتبعت طريقة القلي المتبعة من قبل [Pawar et al., 2011] مع بعض التعديلات: حيث سُخن الزيت ثم حُمِلت البطاطا المقلية في سلة مغطاة بشبكة لمنع طفوها، غمرت البطاطا المقلية في الزيت الساخن، وإغلاق الغطاء للمحافظة على الضغط الداخلي عند 1.15 ± 0.03 بار، قُليت عينات البطاطا حتى الوصول إلى محتوى الماء المطلوب للرقائق والأصابع ، أُستعيد الضغط الجوي العادي. ضُبِطت درجة الحرارة المطلوبة (165، 175، 185 °م)..

2-4- طريقة القلي بالهواء الساخن: أُستخدمت مقلاة هواء تجارية ماركة SilverCrest SHF 1400 قابلة للبرمجة من حيث درجات الحرارة والزمن، وفق الطريقة المتبعة من قبل [Santos et al., 2017]، مع بعض التعديلات لتتوافق مع تعليمات الاستخدام للمقلاة من قبل الشركة الصانعة وإمكانية تطبيقها صناعياً، إذ أُضيف 5 غ من الزيت لعينة البطاطا (200غ)، وضبطت على درجات الحرارة المطلوبة (165، 175، 185 °م)، حُدِدت درجة النضج بناء على نتائج نسبة الرطوبة في العينات المقلية. قُليت حتى الوصول إلى محتوى الماء المطلوب.

3- المعاملات المسبقة الأولية:

3-1- الغمر بالمحاليل: حُضرت المستخلصات وفقاً للطريقة الموصوفة من قبل [Tsujiyama et al., 2013] مع إجراء بعض التعديلات، حيث قُشِرت ثمار (البرتقال، الليمون والكرنفون) بعد غسلها

وتنظيفها، ثم أخذت القشور وأوراق الزيتون وجففت بواسطة فرن هوائي كوري المنشأ JSR-JSON 100 على حرارة 45 م°، ثم طُحنت بواسطة خلاط مولينكس فرنسي المنشأ، وحفظت على درجة حرارة -20 م° لحين الاستخلاص، عند الاستخلاص أُخذ 50 غ من مسحوق القشور النباتية والأوراق، ووضعت في دورق مخروطي يحتوي على 200 مل ماء مقطر، وُخلطت بالمحرك المغناطيسي مع مسخن ألماني المنشأ على حرارة 45 م° لمدة 30 دقيقة عند سرعة 400 دورة/دقيقة، ثم وضعت بحمام مائي بالأمواج فوق الصوتية صيني المنشأ لمدة ساعة على درجة حرارة الغرفة وتردد 40 هرتز، ثم نُقلت بجهاز الطرد المركزي ألماني المنشأ لمدة 15 دقيقة عند سرعة 6000 دورة/دقيقة، للحصول على السائل الرائق ثم رُشح السائل المتحصل عليه بواسطة فلتر كربوني وركز بواسطة مبخر دوراني Heidolph Laborota 4010 ألماني المنشأ لحجم 15 مل، ثم خُضر منه محلول بتركيز (0.5، 1 و 1.5)% حجماً استُخدمت في الغمر، كما وخُضرت محاليل بنفس التراكيز الأنفة الذكر من أملاح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم وحمض الخل وحمض الستريك. وكانت مدة الغمر لكافة المحاليل السابقة حوالي 10 دقائق، حيث كانت نسبة البطاطا لمحلول الغمر (1:4) وزن/وزن [Morales et al., 2014].

3-2- النقع بمواد التغطية: خُضرت الأغلفة الغذائية من مواد تم الحصول عليها من أسواق مدينة دمشق (صمغ العربي والغوار والكزانتان، البكتين، كربوكسي ميتيل السيلوز، نشاء الذرة المعدل وبياض البيض المجفف) كلاً على حدى بتركيز 2% وزن/حجم وفقاً لما ذكره [Yu et al., 2016; Mousa, 2018; Taqi et al., 2011; Da Silva et al., 2018; Tavera-Quiroz et al., 2012]، كما تم إضافة الغليسرول لها بتركيز 1.5% وأضيفت رقائق وأصابع البطاطا بنسبة 100 غ لـ 1000 مل محلول التغطية. أُعيد تشكيل الأغلفة السابقة مضافاً لها مستخلص قشور ثمار الكريغون بتركيز 1%، وكانت مدة النقع لكافة المحاليل السابقة حوالي 5 دقائق.

3-3- التجفيف المسبق: أجريت عملية التجفيف المسبق لمنتجات البطاطا باستخدام أفران التفريغ P-Selecta Vaciotem-T إسباني المنشأ، المكرويف Al Masri كوري المنشأ، الأشعة تحت الحمراء Sartorius MA35، الهواء الساخن JSR-JSON 100 كوري المنشأ بعد ضبطها عند درجة الحرارة (60 م°) وحتى نسبة فقد الماء (10، 20، 30%) من رطوبة العينات (رقائق وأصابع)، ثم قُلّيت على درجة حرارة 175 م°.

3-4- السلق بالموجات فوق الصوتية: أجريت عملية السلق بالموجات فوق الصوتية لمنتجات البطاطا باستخدام جهاز Ultrasonic Cleaner صيني المنشأ تردد 40 kHz بعد ضبطه عند درجة الحرارة (55، 65،

75 و 85 °م) ولمدة (5، 10، 15 دقيقة) ثم غُسلت العينات بالماء البارد عدة مرات لإزالة النشاء الملتصق بسطحها الخارجي، ثم نُشفت بطريقة النشر على ورق ترشيح قبل البدء بعملية القلي على درجة حرارة 175 م° .

4- الاختبارات الكيميائية:

4-1- تقدير محتوى الماء لمنتجات البطاطا: قُدر المحتوى المائي لعينات أصابع ورقائق البطاطا المقلية وغير المقلية على أساس الوزن الرطب وفقاً [AOAC, 2005, 925.10-1952]، تم حساب الرطوبة وفقاً للمعادلة

$$\text{الآتية: النسبة المئوية للرطوبة} \% = \frac{\text{وزن الماء في العينة}}{\text{وزن العينة}} \times 100$$

4-2- تقدير المحتوى من الزيت لمنتجات البطاطا: قُدر وفقاً [AOAC, 2005, 945.16]، على أساس الوزن

$$\text{الرطب عن طريق المعادلة الآتية: النسبة المئوية لمحتوى من الزيت} \% = \frac{\text{وزن الزيت في العينة}}{\text{وزن العينة}} \times 100.$$

4-3- تقدير البروتين: قدرت البروتين في رقائق البطاطا الطازجة وفقاً [AOAC, 2005, 979.09].

4-4- تقدير السكريات المرجعة: قدرت كمية السكريات المرجعة وفقاً [AOAC, 2005, 945.66].

4-5- المؤشرات الكيميائية للزيت في نهاية عملية القلي: قدرت قرينة الحموضة ورقم البيروكسيد والرقم

اليودي وفقاً للطرائق المتبعة في الجمعية الرسمية للكيميائيين [AOAC, 2005, 940.28, 965.33, 993.20]،

ورقم الأنيسدين وفقاً لطريقة [AOCS, 2003, cd 18-90] وحددت نسب الحموض الدهنية للزيت بوساطة جهاز

الكروماتوغرافيا الغازية Shimadzu 17-A GC ياباني المنشأ حسب الطريقة الموصى بها في [AOAC, 2005, 996.06]

لتحليل استرات الميثيل للحموض الدهنية باستخدام عمود تحليل من نوع SGE BPX-70

[30 م × 0.25 ملم وسماكة الحشوة 0.25 ميكرون]، حُدّد زمن الاحتباس للحموض الدهنية باستخدام تراكيب

معيارية نقية للحموض الدهنية Fatty acids Methyl Esters (FAMES). وقيس محتوى المركبات القطبية

باستخدام جهاز Oil Tester FOM 310 ألماني المنشأ بينما قدرت قرينة الانكسار والكثافة وفق طريقة

[AOAC, 2005, 921.08; 985.19] واللزوجة وفق طريقة بروكفيلد [ASTM, 2022, D2983-87].

4-6- تقدير الأكريلاميد: قُدر محتوى العينات المدروسة من مادة الأكريلاميد وفقاً لطريقة [Muthaiah et al., 2019]

مع بعض التعديلات، حيث طحنت العينات باستخدام خلاط مولينكس فرنسي الصنع، ثم أخذ 10 غ من

العينة المطحونة بواسطة ميزان حساس تايواني المنشأ، وأضيف لها 50 مل من الايتر بترولي، ثم 5 مل من

الإيتانول، ثم أضيف 50 مل من الايتر بترولي، ورج الخليط بواسطة رجاج مخبري Vortex ياباني المنشأ لمدة

2 ساعة على درجة حرارة الغرفة، ثقلت العينة بمثقلة heraeus ألمانية المنشأ، بسرعة 3500 دورة في الدقيقة لمدة 20 دقيقة على درجة حرارة 15 °م، تم التخلص من السائل الطافي المحتوي على الدهن، ثم جففت العينة منزوعة الدهن بواسطة فرن تجفيف. لاستخلاص مادة الأكريلاميد أُضيف 40 مل من الأسيتون إلى العينة المجففة و1 مل ماء مقطر منزوع الشوارد، ثم وضعت في جهاز رجّاج لمدة 30 دقيقة، ثم وضعت العينة في حمام مائي ضمن جهاز الأمواج فوق الصوتية Ultrasonic Bath صيني المنشأ على درجة حرارة 40 °م ولمدة 20 دقيقة، ثقلت العينة بسرعة 3000 دورة في الدقيقة لمدة 25 دقيقة على درجة حرارة 15 °م، أخذ السائل الطافي وتمت فلتريته بواسطة فلتّر قطره 0.45 ميكروميتر. حملت العينة المفلترة على الطور الصلب ضمن مصيدة الاستخلاص والمتكونة من 1 غرام من الكربون، نشط الطور الصلب بإضافة 6 مل من الاسيتونتريل ثم 6 مل من الماء المقطر منزوع الشوارد، بعد تمرير العينة ضمن مصيدة الاستخلاص، مرر 10 مل من الاسيتونتريل و2 مل من الطور المتحرك ضمن المصيدة، ثم بُخر الناتج لحجم 500 ميكروليتر، وحقن 20 ميكروليتر ضمن جهاز HPLC. كُشف عن الأكريلاميد باستخدام جهاز Young lin HPLC كوري الصنع باستخدام عمود نوع ODSA (250 x 4.6 mm, 5µm) وطور متحرك مؤلف من 40% ماء مقطر منزوع الشوارد و60% أسيتونتريل، بمعدل تدفق 0.8 مل/دقيقة، وكاشف UV-PDA بطول موجة 210 نانوميتر، وحجم الحقنة 20 ميكروليتر. كما وحضرت سلسلة عيارية للأكريلاميد من مجموعة من المحاليل القياسية للأكريلاميد وفقاً للتراكيز التالية: 0.5، 1، 1.5، 2، و2.5 ppm، ثم حدد التركيز الأدنى للأكريلاميد والذي يمكن الكشف عنه بواسطة جهاز HPLC من خلال أخذ 10 قراءات للتركيز 0.05 ppm، ثم تطبق المعادلة: الحد الأدنى للكشف = الانحراف المعياري * 3.3 وفق [Verma and Yadav, 2022]. قيس معدل الانخفاض أو الارتفاع في نسبة الأكريلاميد وفق [Fernández et al., 2022].

4-7- تقدير الفينولات الكلية للمستخلصات النباتية: قُدرت الفينولات الكلية وفق الطريقة الموصوفة من قبل [Turkmen et al., 2006] مع بعض التعديلات فأخذ 1 مل من المستخلصات النباتية المحضرة سابقاً قبل التمديد وأضيف لها 10 مل ماء مقطر ثم أخذ منها 0.5 مل من العينة وأضيف لها 0.2 مل من كاشف فولين ووضعت في دورق حجمي معياري 10 مل. رج المزيج باستخدام محرك الأنابيب لمدة دقيقتين، ثم أضيف بعدها 4 مل من كربونات الصوديوم (7 %) وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى العلامة. خلط المزيج السابق وترك لمدة

ساعتين على حرارة الغرفة، ثم رُشح وقيس امتصاصه بالمطياف الضوئي (Optizen) كوري المنشأ على طول موجة 750 نانومتر وعبر عن النتائج بـ مخ/ 1 غ عينة جافة على أساس مكافئ حمض غاليك. استعمل حمض غاليك (ألماني المنشأ من شركة سيغما) كمحلول معياري لتحضير المنحني المعياري بتركيز يتراوح من 0-800. **4-8- النشاط الكابح للجذور الحرة بطريقة DPPH:** قيس النشاط الكابح للجذور الحرة وفق الطريقة الموضحة من قبل [Turkmen et al., 2006] مع إجراء بعض التعديلات حيث أخذ 1 مل من المستخلص النباتي المحضر سابقاً وأضيف له 10 مل من الميثانول النقي ثم مُزجت باستعمال محرك الأنابيب صيني المنشأ vortex وتُركت لمدة 30 دقيقة على درجة حرارة الغرفة، أُخذ 0.1 مل من العينة المستخلصة السابقة وُضع لها 2.9 مل من محلول DPPH (60 ميكرومول/100 مل) وبعد المزج والانتظار لمدة 20 دقيقة على درجة حرارة 25 م قيس امتصاصية العينات بواسطة جهاز المطياف الضوئي (Optizen) كوري المنشأ على طول موجة 517 نانومتر. % النشاط الكابح للجذور الحرة = $100 \times A / (\bar{A} - A)$ حيث تعبر A عن امتصاصية الشاهد تعبر $\bar{A}$ عن امتصاصية العينة

5- الاختبارات الفيزيائية:

5-1- قياس المؤشرات اللونية: قُدرت المؤشرات اللونية لرقائق وأصابع البطاطا ولزيت عباد الشمس وأولين النخيل باستخدام الجهاز اللوني 3nh Colorimeter من نوع NR-200 صيني المنشأ بعد المعايرة ، وضعت العينات ضمن خلايا زجاجية بسماكة 1.5 سم وقيست القيم اللونية بالجهاز على ارتفاع 7.5 سم وضبط الارتفاع بواسطة الفراغ الرأسي المضبوط وفق تصميم الجهاز. عبر عن النتيجة وفق قيم L^* , a^* , b^* حيث يشير L^* إلى درجة السطوع وتتراوح قيمته ما بين (0-100)، ويشير a^* إلى الدرجة اللونية الواقعة ما بين اللونين الأخضر والأحمر، ويشير b^* إلى الدرجة اللونية الواقعة ما بين اللونين الأزرق والأصفر وتتراوح قيمة كل من هذين المكونين اللونيين (-120، +120). بينما قيس قيمة كل من تغير اللون ΔE ومعامل الاسمرار BI حسابياً وفق المعادلات (1) و(2) المقدمة من قبل [Boroujeni and Hojjatoleslami, 2018] كما يلي:

$$BI = [(100^*(X-0.31))/0.17] : X = (a_t^* + 1.75L_t^*) / (5.645L_0^* + a_0^* - 3.012b_t^*)$$

$$\Delta E = [(L_0^* - L_t^*)^2 + (a_0^* - a_t^*)^2 + (b_0^* - b_t^*)^2]^{0.5}$$

حيث L_0 , a_0 , b_0 قياسات الألوان الأولية لمنتجات البطاطا الخام و L_t , a_t , b_t هي قياسات الألوان بعد القلي.

5-2- تقدير القوام:

5-2-1- تقدير قوة القص المطبقة للاختراق: أُجري اختبار تقدير القوة المطبقة للقص بواسطة

جهاز Brookfield CT3 Texture Analyzer أمريكي المنشأ وفق الطريقة الموصوفة من قبل [Allan et al., 2021]، مع التعديل باستخدام مسبر متوفر من الستانلس ستيل P-SA/SD، ثم ثبتت أربعة أصابع من البطاطا لكل معاملة على حامل العينة، وأُجري اختبار طرق ذو دورة واحدة، عن طريق تثبيت سرعة الاختبار عند 2 ملم/ثانية؛ والسماح للمسبر بالارتحال العينات حتى اختراق السطح العلوي، وعُبر عن النتيجة بوحدة غرام.

5-2-2- تقدير قوة القص المطبقة للكسر: أُجري اختبار التقدير بواسطة جهاز Brookfield CT3 Texture

Analyzer أمريكي المنشأ لتقدير قوة الكسر، وفق الطريقة الموصوفة من قبل [Boroujeni and Hojjatoleslami, 2018]، مع التعديل باستخدام مسبر ستانلس ستيل P-SA/SD المتوفر، تم وضع شريحة واحدة من البطاطا لكل معاملة على حامل العينة، ثم أُجري اختبار طرق ذو دورة واحدة، عن طريق تثبيت سرعة الاختبار عند 4.6 ملم/ثانية؛ والسماح للمسبر بالارتحال في العينات حتى كسر الرقاقة. عُبر عن النتيجة بوحدة غرام.

5-2-3- قياس معامل الانكماش: قيس معامل الانكماش لرقائق البطاطا وفقاً للطريقة المذكورة من قبل

[Supmoon and Noomhorm, 2013] وحُسب بتطبيق القانون التالي: $\%S_v = \frac{V_0 - V_t}{V_0} \times 100$ حيث S_v هي معامل الانكماش الحجمي. V_0 حجم العينة (م³) قبل القلي. V_t (م³) حجم العينة عند الزمن t قلي. ويعطي V بالقانون $V = \left[\frac{\pi \times D \times d}{4} \right] \times L$ حيث: D هو القطر الأعظمي قبل القلي، d هي القطر عند الزمن t ، و L هي الشخانة وتقدر كل الرموز السابقة بوحدة (م) والزمن بالدقيقة.

6- اختبار التقييم الحسي: أُجري التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية وفق مقياس هيدونيك ذو التسع نقاط

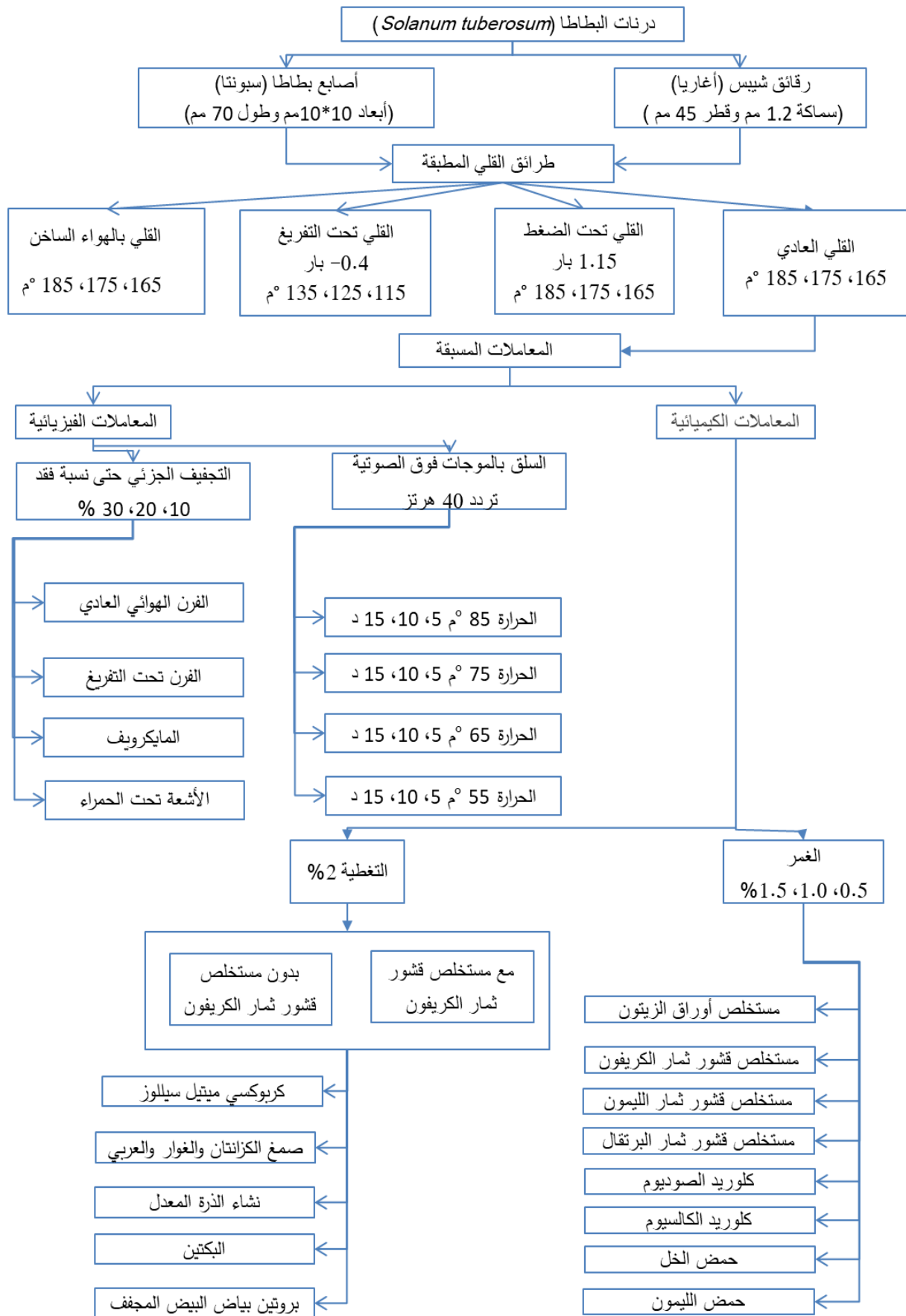
Hedonic-9-points scale مع بعض التعديل والذي يتراوح من (9 = أحب بشدة إلى 1 = لا أحب بشدة) وذلك لصفات اللون والنكهة والقوام ودرجة القبول الكلي وذلك من قبل لجنة ذوي خبرة متوسطة في عملية التقييم الحسي، واعتبرت درجة قبول 5.5 فما فوق مقبولة وفق [Birol et al, 2015].

7- التحليل الإحصائي: أُخضعت البيانات المتحصل عليها من التجارب لاختبار تحليل التباين ANOVA

لتحديد الفروقات المعنوية وفق أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5% بين مؤشرات الجودة المختلفة تبعاً للمعاملات الأولية المطبقة، وعبر عن النتائج بالمتوسط الحسابي ($\bar{X}$) $\pm$ الانحراف المعياري (SD) باستخدام

برنامج SPSS الإصدار 25.

8- مخطط العمل



الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

المبحث الأول- المؤشرات الكيميائية للمواد الخام المستخدمة في عملية القلي:

1-1- المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة:

يظهر الجدول (4) المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة، حيث بلغت قيمة المحتوى المائي لرقائق البطاطا الطازجة والمعدة للقلي من صنف (*Agria*) 77.05 %، وقيمة المادة الجافة 22.95 %، وكانت نسبة الدهون والسكريات المرجعة والبروتين 0.29، 0.85، 1.46 % على الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه [Basuny, 2009] الذي بين في دراسته لأصناف عديدة من البطاطا المعدة لصناعة الشيبس أن المحتوى المائي تراوح ضمن الأصناف المدروسة ما بين 75.53-83.72 %، والبروتين 1-2.73 %، والدهن 0.25-0.39 % والسكريات المرجعة 0.32-1.11 %. أما بالنسبة للمؤشرات اللونية، فقد بلغت قيمة المؤشر اللوني L^* 78.23 و a^* 10.69 و b^* 2.26 تقارب نتائج [Fradinho et al., 2020].

الجدول (4) المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات رقائق البطاطا الطازجة

المؤشرات المدروسة	المحتوى المائي %	المادة الجافة %	الدهن %	السكريات المرجعة %	البروتين %	المؤشرات اللونية المدروسة		
						a^*	b^*	L^*
رقائق	77.05±1.03	22.95±1.03	0.29±0.01	0.85±0.05	1.46±0.08	2.26±0.12	10.69±0.56	78.23±1.23

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - قدرت المؤشرات المدروسة (الرطوبة، المادة الجافة، الدهن، البروتين والسكريات المرجعة) على أساس الوزن الرطب.

1-2- المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات أصابع البطاطا الطازجة:

يظهر الجدول (5) المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات أصابع البطاطا الطازجة، حيث بلغت قيمة المحتوى المائي لأصابع البطاطا الطازجة والمعدة للقلي من صنف (*Sponta*) 78.49 %، وقيمة المادة الجافة 21.51 %، وكانت نسبة الدهون والسكريات المرجعة والبروتين 0.25، 0.98، 1.73 % على الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه [Basuny, 2009]. أما بالنسبة للمؤشرات اللونية، فإنها تختلف تبعاً للصنف المدروس ولتركيبه الكيميائي، بلغت قيمة مؤشرات اللون لصنف (*S.Sponta*) L^* 72.11 و b^* 23.12 و a^* -1.2، وقد

وجدت دراسة [Mesias et al., 2020] نتائج مقارنة من حيث المؤشرات اللونية.

الجدول (5): المؤشرات الكيميائية ومؤشرات اللون لعينات أصابع البطاطا الطازجة

المؤشرات المدروسة	المحتوى المائي %	المادة الجافة %	الدهن %	السكريات المرجعة %	البروتين %	المؤشرات اللونية المدروسة		
						a^*	b^*	L^*
أصابع	78.49±1.07	21.51±1.02	0.25±0.01	0.98±0.05	1.73±0.07	-1.2±0.13	23.12±0.54	72.11±1.24

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات (N=3). - قدرت المؤشرات المدروسة (الرطوبة، المادة الجافة، الدهن، البروتين والسكريات المرجعة) على أساس الوزن الرطب.

1-3- نتائج المؤشرات الكيميائية للزيت المستخدم في عملية القلي:

تشير النتائج الموضحة في الجدول (6) إلى التركيب الكيميائي للزيوت الطازجة قبل عملية القلي، بلغت نتائج رقم الحموضة 0.04، 0.05 مغ KOH/غ وقرينة البيروكسيد 0.12، 0.31 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت وكانت قيمة مؤشر البولييين (PUFA/SFA) 1.83، 5.57 بينما كانت قيمة الانيسيدين 0.36، 0.45 والرقم اليودي 121.59، 52.28 ومؤشر السطوع L* 46.21، 48.63 والاصفرار b* 13.58، 6.92 والاحمرار -1.97، -2.10 وبلغت قرينة الانكسار 1.447، 1.473 واللزوجة عند 25 °م 71.56، 82.52 (mPa.s) والكثافة الظاهرية 0.896، 0.919 g.cm⁻³ لكل من زيت أولين النخيل وعباد الشمس على الترتيب. وتوافقت نتائج الزيت الخام مع دراسات سابقة [Noor et al., 2020؛ Amira et al., 2014].

الجدول (6) نتائج المؤشرات الكيميائية والفيزيائية للزيوت الطازجة قبل عملية القلي

المؤشر المدروس	زيت أولين النخيل	زيت عباد الشمس
رقم الحموضة (مغ KOH/غ)	0.04±0.02 ^a	0.05±0.02 ^a
قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت)	0.12±0.01 ^a	0.31±0.03 ^b
PUFA/SFA	1.83±0.02 ^b	5.57±0.04 ^a
رقم الانيسيدين	0.36±0.02 ^a	0.45±0.03 ^a
الرقم اليودي	52.28±1.97 ^b	121.59±2.93 ^a
مؤشر السطوع L*	46.21±1.8 ^b	48.63±1.9 ^a
مؤشر الاصفرار b*	13.85±1.9 ^a	6.92±1.8 ^b
مؤشر الاحمرار a*	-1.97±0.09 ^a	-2.10±0.08 ^b
قرينة الانكسار	1.447±0.002 ^a	1.473±0.002 ^b
اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)	71.56±2.75 ^a	82.52±1.97 ^b
الكثافة (g.cm ⁻³)	0.896±0.002 ^a	0.919±0.001 ^b

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4- نتائج كمية الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأوكسدة للمستخلصات النباتية:

يظهر الجدول (7) نتائج كمية الفينولات الكلية للمستخلصات النباتية. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق مستخلص أوراق الزيتون معنوياً على بقية العينات المدروسة بقيمة بلغت حوالي 73.89 مغ حمض غاليك/غ مادة جافة، وتوافقت هذه النتائج مع [Apostolakis et al., 2014]، واختلفت مع [Oliveira et al., 2021]. ويعزى سبب الاختلاف بطبيعة الصنف وطريقة وزمن الاستخلاص، حيث بين [Lorini et al., 2021] أن كمية الفينولات الكلية تختلف وفقاً للعديد من العوامل ومن أهمها الصنف، المنطقة، موعد القطاف، طريقة الاستخلاص، درجة الحرارة والضوء والأوكسجين بالإضافة لظروف التخزين. أما بالنسبة لمستخلصات قشور ثمار بعض أصناف

الحمضيات المدروسة، فقد لوحظ ارتفاع قيمة الفينولات الكلية في المستخلص النباتي لقشور ثمار الكريفون والتي بلغت حوالي 70.65 مغ حمض غاليك/غ مادة جافة، بينما كانت قيمتها في مستخلص قشور ثمار البرتقال والليمون 47.78 و 52.63 مغ حمض غاليك/غ مادة جافة على الترتيب. توافقت نتائجنا مع [Castro-Vazquez et al., 2016؛ Singh and Genitha, 2014]، واختلفت مع [M'hiri et al., 2015] في دراستهم لكمية الحموض الفينولية لقشور ثمار البرتقال، حيث تراوحت نسبتها بين 20-28 مغ حمض غاليك/غ مادة جافة، وقُسر سبب الاختلاف بالطريقة المتبعة في استخلاص الحموض الفينولية، كما وبين [Shehata et al., 2021] في دراستهم أن كمية الفينولات الكلية المتحصل عليها من قشور بعض أصناف البرتقال تراوحت من 175-300 ميكروغرام غاليك/غ مادة جافة. ربما يعود سبب الاختلاف عن نتائجنا لطريقة الاستخلاص ونوع الصنف. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بالنسبة للنشاط المضاد للأكسدة تفوق معنوي عند مستوى ثقة ($P \leq 0.05$) لعينات مستخلصات أوراق الزيتون على بقية العينات المدروسة بنسبة بلغت 87.88%، توافقت نتائجنا مع [Kiritsakis et al., 2010] الذي بين أن النشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات الكحولية لمجموعة من أصناف أوراق الزيتون كان يتراوح بين 85-93%. واختلفت مع [Oliveira, et al, 2021] حيث تراوح النشاط المضاد للأكسدة بين 14.56-53.13%. بلغت أعلى قيمة للنشاط المضاد للأكسدة والمقدر بطريقة (DPPH) ضمن مستخلصات قشور ثمار أصناف الحمضيات المدروسة في مستخلص قشور ثمار الكريفون بقيمة كانت حوالي 85.36%، كما ولوحظ تفوق عينات مستخلص قشور ثمار الليمون على عينات مستخلص قشور ثمار البرتقال بقيم وصلت إلى 78.52 و 72.45% على الترتيب. توافقت نتائجنا مع [Singh and Genitha, 2014] و [Lagha-Benamrouche and Madani, 2013] الذي بين في دراسته على 6 أصناف من الحمضيات أن النشاط المضاد للأكسدة والمقاس بطريقة (DPPH) تراوح ما بين 55.46-88% وذلك وفقاً للصنف المدروس. وربما تؤثر في كمية الفينولات الكلية المستخلصة و [DPPH] طريقة ودرجة حرارة تجفيف القشور والأوراق.

الجدول (7) كمية الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة للمستخلصات النباتية مقدراً بطريقة DPPH للمستخلصات النباتية

المؤشر المدروس	المستخلص النباتي			
	قشور ثمار الليمون	قشور ثمار البرتقال	قشور ثمار الكريفون	أوراق الزيتون
الفينولات الكلية	52.63±1.31 ^c	47.87±1.19 ^d	70.65±1.65 ^b	73.89±1.89 ^a
DPPH	78.52±1.66 ^d	72.45±1.57 ^c	85.36±1.96 ^b	87.88±2.05 ^a

كمية الفينولات الكلية مقدرة مغ حمض غاليك / غ مادة جافة - قياس النشاط المضاد للأكسدة DPPH ويقدر % - تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس السطر الواحد إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها على مستوى ثقة ($P \leq 0.05$).

المبحث الثاني - رقائق البطاطا صنف *Agria*:

الباب الأول: تأثير طرائق القلي في بعض خصائص جودة رقائق البطاطا صنف *Agria*:

1-1- القلي العميق التقليدي:

1-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

يوضح الجدول (8) نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي المختلفة (درجة الحرارة والزمن). يعد محتوى الماء في الأغذية المقلية أمراً ضرورياً للعديد من عوامل الجودة وسلامة الأغذية [Mauer and Bradley, 2010]، ويلاحظ من الجدول (8) انخفاض قيم محتوى الماء لرقائق لبطاطا المقلية مع تغير درجة حرارة القلي وزمنه، يمكن أن تعزى هذه العلاقة إلى تبخر الرطوبة، إذ تفسر آلية فقدان الماء أثناء القلي على أنها آلية مماثلة لعملية التجفيف [Mir-Bel et al., 2012]، بلغ محتوى الماء في رقائق البطاطا 1.96، 1.89، 1.84% عند القلي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتوافق ذلك مع النتائج التي وجدها [Belkova et al., 2018؛ AL Jumayi et al., 2021]. وفي هذا السياق، يلاحظ من الجدول (8) أيضاً، ارتفاع محتوى الزيت الممتص لرقائق البطاطا مع زيادة زمن القلي، حيث بلغت قيم محتوى الزيت في رقائق البطاطا 34.44، 32.21، 31.54% عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتقاربت النتائج مع التي ذكرها [Ghafoor et al., 2020؛ Trujillo-Agudelo et al., 2020] في دراسات أجريت على رقائق البطاطا المقلية. وأشارت الدراسات أن فقدان الماء من العينات المقلية الذي يحدث أثناء القلي العميق يقابله امتصاص الزيت، فعند القلي على درجة حرارة منخفضة، تزداد كمية الزيت الممتص مع زيادة زمن القلي للوصول إلى الرطوبة المثلى [Primo-Martín et al., 2010]، بينما بين [Dehghannya and Abedpour, 2017] يمكن أن تحدث زيادة في امتصاص العينات للزيت عند درجة الحرارة المرتفعة نتيجة زيادة معدل التبخر، وبالتالي زيادة استبدال الزيت في المساحات المسامية.

الجدول (8) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
1.84±0.03 ^b	1.89±0.05 ^b	1.96±0.04 ^a	محتوى الماء %
31.54±1.24 ^a	32.21±1.84 ^a	34.44±1.33 ^b	محتوى الزيت الممتص %

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

يبين الجدول (9) نتائج التغيرات المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي المختلفة [درجة الحرارة والزمن]. ينظر إلى لون رقائق البطاطا المقلية بشكل عام كخاصة من أهم الخصائص المرتبطة بالجودة، ويتأثر تغير اللون في العينات بعدة عوامل تشمل زمن ودرجة حرارة القلي، والمعاملات المسبقة، وتفاعلات الاسمرار غير الأنزيمية [Su et al., 2021]، وفي الجدول (9) تظهر نتائج التغيرات التي طرأت على المؤشرات اللونية L^* ، a^* ، b^* التي تعبر عن قيم السطوع، والاحمرار، والاصفرار على الترتيب. انخفضت درجة السطوع L^* لرقائق لباطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، إذ بلغت درجة السطوع L^* في رقائق البطاطا 74.28، 72.65، 65.52 عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتقارب ذلك مع ما أشار إليه [Zhang et al., 2018؛ Hua et al., 2015]. نظراً لأن وسط القلي لا يحتوي على الأوكسجين، ويمكن أن يتسبب ذلك في لون أفتح من رقائق البطاطا أثناء القلي، فإن تكوين اللون يحدث فقط من خلال تفاعل ميلارد، ويعد اللون البني غير الإنزيمي هو السبب الرئيس لتغير لون رقائق البطاطا [Tuta and Palazoğlu, 2017]. أظهرت النتائج ارتفاع درجة الاصفرار b^* لرقائق لباطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، فكانت درجة الاصفرار b^* في رقائق البطاطا 26.22، 26.97، 32.76 عند القلي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. وتقاربت النتائج مع ما أشار إليه [Pedreschi et al., 2007؛ Krokida et al., 2001a] في دراسات أجريت على التغيرات اللونية التي تطرأ على منتجات البطاطا المقلية. بشكل عام، تعطي قيم معاملات b^* الأعلى لون أكثر صفرة، وهو أمر مرغوب فيه للمنتجات المقلية، ويلاحظ أن قيمة المؤشر b^* تزداد بزيادة درجة الحرارة، وتخفض مع انخفاض سماكة العينة [Krokida et al., 2001b]، كذلك فإن تفاعل اللون البني يعتمد بشكل كبير على زمن القلي [Hua et al., 2015]، وهذا يُفسر ارتفاع قيمة اللون الاصفر بزيادة زمن القلي. أثرت متغيرات عملية القلي (درجة الحرارة والزمن)، على مؤشر الاحمرار a^* بنفس الطريقة التي أثرت بها على مؤشر الاصفرار b^* ، إذ ازدادت قيمة المؤشر a^* بزيادة درجة حرارة القلي، وبينت النتائج حدوث زيادة في قيمة مؤشر الاحمرار a^* لرقائق لباطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي، فكانت درجة الاحمرار a^* في رقائق البطاطا 5.74، 5.93، 6.07 عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وقد أشار كلاً من [Zhang et al., 2018؛ Romani et al., 2009] إلى نتائج مشابهة. يعبر تغير

اللون الكلي ΔE عن تغير اللون أثناء عملية القلي، وتترافق مع التغيرات التي تحدث في المؤشرات اللونية الأخرى بالمقارنة مع عينة البطاطا قبل القلي، إذ بلغت قيمة ΔE في عينات رقائق البطاطا 16.39، 17.42، 22.35 عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م، وكانت هذه النتائج أدنى مما أشار إليه [Cardoso- Ugarte et al., 2013] في دراسة حول البطاطا المقلية حيث بلغت قيمة ΔE فيها حوالي 29، وتشير النتائج أن الدرجة 165 و 175 °م كانت الدرجة الأفضل من حيث التغيرات اللونية. بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة في عينات رقائق البطاطا 48.35، 51.44، 71.59 عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وكانت هذه النتائج أدنى من النتائج التي وجدها [Hojjatoleslami and Boroujeni, 2018] في عينة الشاهد حيث بلغ قيمة مؤشر الاسمرار عندها 85.98. يرتبط مؤشر الاسمرار للعينة بدرجة حرارة القلي وزمنه، وبشكل عام تزداد قيمة مؤشر الاسمرار للمنتجات المقلية مع ارتفاع درجة حرارة القلي وزمنه، كذلك تؤثر كمية الرطوبة الموجودة في العينة أيضًا بشكل كبير على شدة مؤشر الاسمرار، إذ تزداد قيمته مع انخفاض محتوى الماء في العينة، ويبقى نوع الصنف العامل الأهم [Pandey and Chauhan, 2019].

الجدول (9) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
65.52±1.51 ^c	72.65±1.45 ^b	74.28±1.22 ^a	درجة السطوع L*
6.07±0.40 ^a	5.93±0.48 ^a	5.74±0.31 ^a	درجة الاحمرار a*
32.76±0.92 ^a	26.97±1.05 ^b	26.22±1.03 ^b	مؤشر الاصفرار b*
22.35±1.08 ^b	17.42±1.02 ^a	16.39±0.97 ^a	تغير اللون الكلي ΔE
71.59±1.13 ^c	51.44±0.89 ^b	48.35±1.06 ^a	مؤشر الاسمرار BI

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

يظهر في الجدول (10) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي. تعد خصائص البنية والقوام للبطاطا المقلية، سمة هامة من سمات الجودة ذات تأثير على الخصائص الحسية الأخرى مثل المظهر والطعم، وترتبط تغيرات البنية والقوام التي تحدث أثناء قلي البطاطا بعمليات الجلتنة والتحلل للنشاء، وكذلك ترتبط بالمادة الجافة ارتباطاً وثيقاً، بالإضافة إلى تأثرها بعوامل أخرى [Gupta et al., 2014]. بلغت نتائج القوة المطبقة للكسر في عينات رقائق البطاطا 286.03، 300.81، 309.33 غ عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتقاربت هذه النتائج مع النتائج التي وجدها [Granda et al., 2004]

التي تراوحت فيها القوة المطبقة للكسر بين 213.76 و 305.37 غ بحسب الصنف. يعود القوام المقرمش إلى النسيج المكون من تجاويف هوائية محاطة بطور هيكلي هش، إذ ينتج عن القلي العميق بالدهون تدهم في الأنسجة البنيوية للمنتج، مما يؤدي إلى زيادة محتملة في المسامية للرقائق المقلية، ويحدث ذلك بسهولة أكبر في درجات الحرارة المرتفعة، مما يقلل من صلابة العينات [Yi et al., 2015]. كذلك أشارت الدراسات إلى حدوث تدهم طفيف في الأنسجة لرقائق البطاطا المقلية على درجات حرارة منخفضة، ربما يكون بسبب تمدد بعض الأنسجة مما يعطيها صلابة، وربما تكون الهشاشة المرغوبة نتيجة جلتنة النشاء [Tiwari et al., 2018].

الجدول (10) قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
309.33±4.29 ^a	300.81±5.41 ^b	286.03±5.86 ^c	قوة الكسر (غ)

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

يوضح الجدول (11) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي، تفوقت العينات المقلية عند الدرجة 165 و 175 °م على العينات المقلية عند درجة حرارة 185 °م، بقيمة بلغت 21.57 و 22.96% ولوحظ من النتائج ارتفاع قيمة معامل الانكماش بارتفاع درجة حرارة القلي، ربما يعود السبب في ذلك إلى عدم توازن التعرض الحراري الذي يحدث بفعل تيارات الحرارة المتشكلة في زيت القلي أثناء تسخينه، مما يؤدي لارتفاع قيمة معامل الانكماش الذي ربما يرتبط بانخفاض كمية الزيت الممتص، وبلغت قيمته في العينات المقلية عند درجة حرارة 185 °م 24.52%، وتوافقت النتائج مع [Mohan et al., 2017].

الجدول (11) معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
24.52±1.37 ^b	22.96±1.46 ^a	21.57±1.54 ^a	معامل الانكماش الحجمي %

*تعبّر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

1-1-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

بلغ الحد الأدنى للأكريلاميد الذي يمكن الكشف عنه بجهاز HPLC 4.65 ميكروغرام/كغ، وكانت نسبة الاسترداد 98.69% حيث تعتبر هذه النسبة جيدة وهي أفضل من النسبة المتحصل عليها من [Hasan et al., 2022] وتقاربت نتائجنا مع [Muthaiah et al., 2019; Arabi et al., 2016] يبين الجدول (12) نتائج محتوى

الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي، وقد بلغت نسبة الأكريلاميد في رقائق البطاطا 826.21، 895.32، 1063.76 ميكروغرام/كغ عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب وتوافقت هذه النتائج مع [Oroian et al., 2015]، تشير النتائج إلى حدوث انخفاض معنوي في قيمة الأكريلاميد عند القلي بدرجات حرارة منخفضة وبلغ معدل الانخفاض في محتوى الأكريلاميد ضمن العينات المدروسة ما بين 19.51، 15.83% عند القلي على درجة حرارة 165، 175 °م على الترتيب، بالمقارنة مع محتوى الأكريلاميد عند استخدام درجات أعلى عند 185 °م، وتوقفت الدرجة 165 °م بأدنى قيمة لمحتوى الأكريلاميد. أشار [Liyanage et al., 2020] إلى أن تشكل مادة الأكريلاميد بكفاءة يكون عند درجات حرارة القلي الأعلى من 160 °م، وارتفاع محتوى السكريات المرجعة والأسبارجين وهما من العوامل التي تساعد على تشكل الأكريلاميد. أما عند القلي بدرجة حرارة قريبة من 160 °م فينخفض تشكل الأكريلاميد في البطاطا المقلية بنسبة 64-90% بحسب الصنف.

الجدول (12) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
1063.76±7.93 ^c	895.32±9.3 ^b	826.21±8.23 ^a	محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-6- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي العميق التقليدي لرقائق البطاطا:

يشير الجدول (13) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي العميق التقليدي لرقائق البطاطا. وصلت نتائج رقم الحموضة إلى 1.16، 1.91، 2.13 مغ KOH/غ زيت عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وقد توافقت مع ما أشار إليه [Aniołowska and Kita, 2015] في دراسته حول تأثير عملية القلي في محتوى زيت أولين النخيل من الملوثات، وبلغت قرينة البيروكسيد 10.34، 9.93، 9.52 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتقاربت نتائج قرينة البيروكسيد مع التي وجدها [Nateghi et al., 2018]. وحددت المواصفة السورية 2003/2745 رقم الحموضة 2.5 مغ KOH/غ، وقرينة البيروكسيد 14 ميلي مكافئ O₂/كغ زيت، للتخلص من زيت القلي [المواصفة السورية 2003، 2745]. بلغت قيمة رقم الأنيسدين 32.94، 34.23، 34.67 عند القلي العميق على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب حيث تفوقت الدرجة 165 °م معنوياً بأدنى قيمة، وكانت النتائج قريبة مما وجد في دراسة [Fan et al., 2005]. بلغت نسبة الحموض الدهنية

المتعددة عدم الإشباع إلى الحموض الدهنية المشبعة (PUFA/SFA)، التي يطلق عليها مؤشر البوليين polyene index، 1.33، 1.14، 0.98 عند القلي التقليدي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وقد أشار [Flores et al., 2018؛ Tarmizi et al., 2013] إلى مساهمة عمليات القلي المطولة في خفض قيمة مؤشر البوليين. بلغت قيمة الرقم اليودي 40.51، 42.18، 43.24 عند القلي العميق على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وبذلك تفوقت الدرجة 165 °م معنوياً بأعلى قيمة للرقم اليودي بعد القلي. أدت عملية القلي التقليدي إلى ارتفاع درجة تغير اللون للزيت وكانت 13.89، 14.15، 14.84 وارتفعت قيمة قرينة الانكسار إلى 1.449، 1.451، 1.453. ترافقت التغيرات كذلك مع زيادة اللزوجة عند 25 °م إلى 74.24، 74.38، 76.56 mPa.s والكثافة الظاهرية إلى 0.909، 0.910، 0.912 g.cm⁻³. وجد في دراسة [Maskan and Horuz, 2017] أن درجات الحرارة المستخدمة في القلي تنتج مركبات قطبية تتشابه مع الحموض الدهنية أثناء التعرض الزائد لظروف القلي وتشكل أوليغومرات وبوليمرات، تساهم في زيادة اللزوجة.

الجدول (13) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت النخيل في نهاية عملية القلي العميق التقليدي لرقائق البطاطا

185	175	165	حرارة القلي بالهواء °م
2.13±0.3 ^c	1.91±0.1 ^b	1.16±0.2 ^a	رقم الحموضة (مغ KOH/غ)
9.52±0.6 ^a	9.93±0.2 ^{ab}	10.34±0.5 ^b	قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت)
34.67±0.7 ^b	34.23±0.2 ^b	32.94±0.9 ^a	رقم الانيسدين
0.98±0.01 ^c	1.14±0.01 ^b	1.33±0.02 ^a	PUFA/SFA
40.51±1.38 ^a	42.18±1.29 ^b	43.24±1.47 ^b	الرقم اليودي
14.84±0.6 ^b	14.15±0.3 ^a	13.89±0.5 ^a	تغير اللون ΔE
1.453±0.001 ^c	1.451±0.001 ^b	1.449±0.001 ^a	قرينة الانكسار
76.56±1.42 ^b	74.38±1.03 ^a	74.24±1.35 ^a	اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)
0.912±0.001 ^b	0.910±0.001 ^a	0.909±0.001 ^a	الكثافة (g.cm ⁻³)

– تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات -تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-7- عدد ساعات القلي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

حُدّد عدد ساعات القلي الإجمالي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي 63، 68، 60 ساعة عند القلي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وذلك بالاعتماد على نسبة المركبات القطبية [Kita et al., 2005]. تقاربت نتائج عدد ساعات القلي مع ما أُشير إليه في دراسات سابقة، فقد وجدت دراسة [Matthäus, 2006] أنه يمكن أن تصل عدد ساعات القلي إلى 72 ساعة على الدرجة 175 °م دون أن يصل محتوى

المركبات القطبية إلى 24%، ووجدت دراسة [Ismail, 2005] أن عملية القلي المستمر صناعياً على الدرجة 180 °م يمكن أن تصل إلى 40 ساعة دون أن تتجاوز نسبة المركبات القطبية 11%، وقد حددت المواصفة السورية نسبة المركبات القطبية 25% للتخلص من زيت القلي [المواصفة السورية 2745، 2003].

الجدول (14) عدد ساعات القلي الإجمالي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
60±0.4 ^c	68±0.5 ^a	63±0.5 ^b	عدد ساعات القلي [ساعة]

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لمكررين- تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-8- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي:

يوضح الجدول (15) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي. تشير نتائج التقييم الحسي إلى تفوق العينات المقلية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية لجميع المؤشرات الحسية المدروسة باستثناء اللون فقد تفوقت مع العينات المقلية عند الدرجة 165 °م على العينات المقلية عند الدرجة 185 °م. وكانت نتائج التقييم الحسي 7.4 للون، 8.4 للنكهة، 9 للقرمشة و8.3 للقبول العام للعينات المقلية عند الدرجة 175 °م، وكان أدنى تقييم للعينات المقلية عند الدرجة 185 °م، حيث بلغت قيمة مؤشر القبول العام حوالي 7.4. تقاربت نتائج التقييم الحسي مع النتائج التي أشار إليها [Caetano et al., 2017].

الجدول (15) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي العميق التقليدي

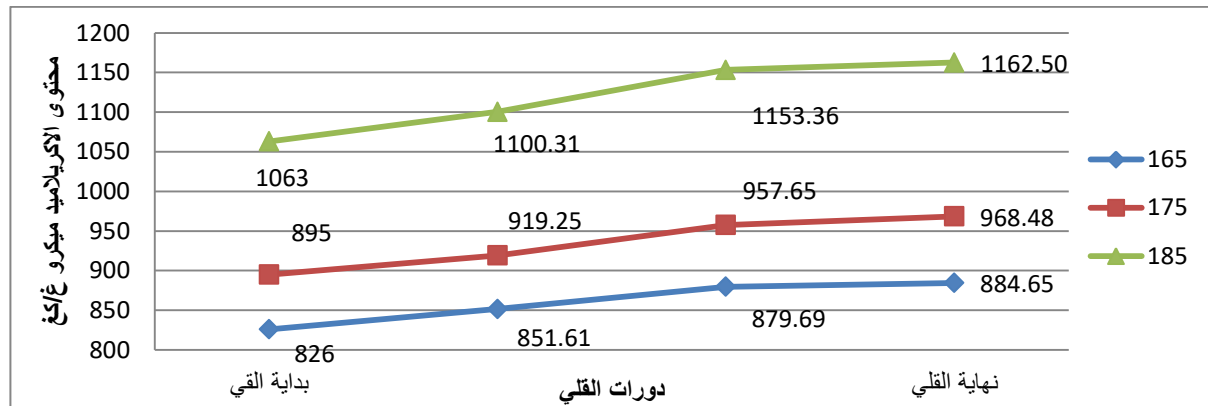
185	175	165	حرارة القلي °م
6.8±0.5 ^b	7.4±0.3 ^a	7.7±0.5 ^a	اللون
7.5±0.3 ^c	8.4±0.1 ^a	7.8±0.3 ^b	النكهة
7.9±0.3 ^c	9±0.0 ^a	8.5±0.2 ^b	القرمشة
7.4±0.3 ^c	8.3±0.2 ^a	8±0.2 ^b	القبول العام

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-9- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص ضمن رقائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي:

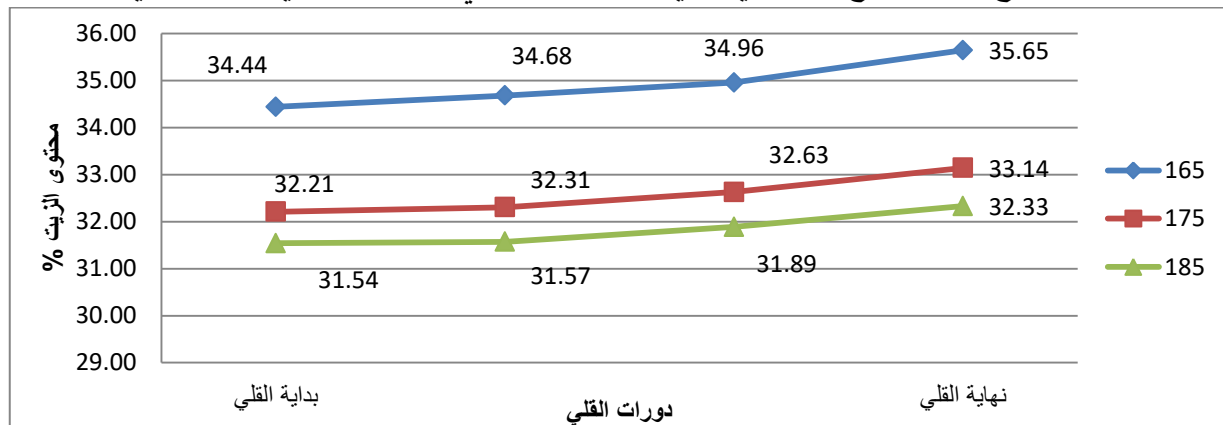
يظهر المخطط رقم (1) تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد ضمن رقائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي، حيث لوحظ ارتفاع كمية الأكريلاميد مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة، بلغت قيمته عند بداية عملية 826.21، 895.32، 1063.76 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و185 م

الترتيب، ووصلت في نهاية عملية القلي 884.65، 968.48 و 1162.50 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م° على الترتيب توافقت نتائجنا [Lim et al., 2014].



المخطط (1) تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد ضمن رقائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي

يظهر المخطط رقم (2) تأثير دورات القلي في الزيت الممتص ضمن رقائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي، بلغت قيمته عند بداية عملية 34.44، 32.21، 31.54 %، ووصلت في نهاية عملية القلي 35.65، 33.14 و 32.33 % عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م° على الترتيب. وتوافق ذلك مع دراسة [Debnath et al, 2012] حيث فسر ذلك بارتفاع محتوى نواتج تحلل الزيت بزيادة عدد دورات القلي مما أدى إلى زيادة لزوجة الزيت.



المخطط (2) تأثير دورات القلي في الزيت الممتص ضمن رقائق البطاطا بطريقة القلي التقليدي

1-2- القلي تحت التفريغ:

1-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يوضح الجدول (16) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. ويلاحظ منه انخفاض قيم محتوى الماء لرقائق البطاطا المقلية مع تغير درجة حرارة القلي وزمنه. يزداد انخفاض

الرطوبة مع زيادة درجة الحرارة؛ وبالنتيجة يؤدي زمن القلي الأقصر إلى نفس المحتوى النهائي للرطوبة [Ayustaningwarno *et al.*, 2020]، بلغ محتوى الماء في رقائق البطاطا 1.97، 1.71، 1.64 % عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتوافق ذلك مع النتائج التي وجدها [Garayo and Moreira, 2002] والتي وقعت بين 0.75-1.93 % مع الأخذ بالحسبان تغير قيم التفريغ ودرجة حرارة القلي وزمنه. وفي نفس السياق، يلاحظ من الجدول (16) نفسه، انخفاض محتوى الزيت الممتص لرقائق البطاطا مع زيادة حرارة القلي تحت التفريغ، لكن هذا الانخفاض كان ظاهرياً، حيث بلغ محتوى الزيت في رقائق البطاطا 31.32، 30.71، 30.83 % عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، بينما بلغت في عينة القلي التقليدي حوالي 32.21 وتقاربت النتائج مع التي ذكرها [Moreira, 2014؛ Troncoso *et al.*, 2009] في دراسات أجريت على رقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ. تتشابه آلية القلي تحت التفريغ مع القلي التقليدي من حيث انتقال الماء من داخل المنتج واستبداله جزئياً بالزيت، ويعد امتصاص الزيت عملية تبادل كتلة معقدة أثناء القلي، إذ ينخفض محتوى الزيت في المنتج مع زيادة ضغط التفريغ، بينما قد يزداد محتوى الزيت مع انخفاض درجة حرارة القلي تحت التفريغ وزمنه [Troncoso *et al.*, 2009]. يعتمد امتصاص الزيت في نظام القلي تحت التفريغ بشكل كبير على زمن القلي، ويمكن أن يرجع الانخفاض في محتوى الزيت مع زيادة التفريغ، إلى الإزالة السريعة للرطوبة من العينات دون وجود وقت كافٍ لانتشار الزيت في فجوات العينة، فيما يعود ارتفاع محتوى الزيت الكلي إلى الزيت السطحي الذي يمتصه المنتج عند استعادة الضغط الجوي أثناء التبريد [Akinpelu *et al.*, 2014؛ Mariscal and Bouchon, 2008]، ولذلك يوصى بدراسة تأثير درجة التفريغ في محتوى الزيت الكلي لرقائق البطاطا المقلية بشكل مفصل.

الجدول (16) المحتوى المائي والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

درجة حرارة القلي بالهواء م°	تقليدي 175	115	125	135
المحتوى المائي %	1.89 ± 0.05 ^c	1.97 ± 0.04 ^d	1.71 ± 0.05 ^b	1.64 ± 0.06 ^a
محتوى الزيت الممتص %	32.21 ± 1.84 ^a	31.32 ± 1.92 ^a	30.71 ± 2.03 ^a	30.83 ± 1.59 ^a

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة تكرارات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يبين الجدول (17) نتائج تغيرات المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. يعد اللون سمة جودة خارجية تمثل عامل محدد لقبول المنتجات المقلية، وتعطي المحاصيل الغنية بالكربوهيدرات، عند القلي

لفترات طويلة، لوناً أحمر غير مرغوب فيه للمنتج [Juvvi et al., 2020]، وفي الجدول (17) تظهر نتائج المؤشرات اللونية. تستخدم درجة السطوع L^* عادة كعامل حاسم لمراقبة الجودة في صناعة المنتجات المقلية. انخفضت قيمة L^* لرقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، إذ بلغت درجة السطوع L^* في رقائق البطاطا 75.74، 74.36، 71.12 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وأشار كلاً من [Su et al., 2017؛ Akinpelu et al., 2014] إلى انخفاض قيمة L^* لرقائق لبطاطا المقلية تحت التفريغ مع زيادة زمن القلي. ترتبط قيم L^* لرقائق لبطاطا المقلية تحت التفريغ، أثناء القلي بتفاعلات الاسمرار غير الإنزيمية بما في ذلك تفاعل Maillard، وكرملة السكريات، والأكسدة الكيميائية، إلا أنه ربما يتأثر تفاعل Maillard بسبب درجة الحرارة وليس بسبب ظروف الضغط، مما يفسر حدوث انخفاض في قيمة L^* مع زيادة درجة حرارة القلي تحت التفريغ وزمنه [García-Segovia et al., 2016؛ Quan et al., 2014]، بينما كانت قيمة L^* أعلى بالمقارنة مع القلي بدون تفريغ عند حرارة 135. يستخدم المؤشر b^* لتحديد ظروف القلي المثلى للمنتجات المقلية، وتقع عند قيم أكبر من 10 لرقائق البطاطا [Heredia et al., 2014]. أظهرت النتائج ارتفاع درجة الاصفرار b^* لرقائق لبطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي تحت التفريغ، فكانت درجة الاصفرار b^* في رقائق البطاطا 28.08، 29.64، 29.66 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب. وأشار [García-Segovia et al., 2016] إلى حدوث ارتفاع في قيمة b^* بزيادة حرارة القلي تحت التفريغ، كذلك تميل رقائق البطاطا المقلية إلى أن تصبح أغمق وأكثر اصفراراً مع زيادة درجة الحرارة [Esan et al., 2015]، وربما يفسر ذلك ارتفاع قيمة اللون الاصفر بزيادة حرارة القلي تحت التفريغ. وبالنسبة لمؤشر اللون الأحمر a^* ، فقد ازدادت قيمة a^* بزيادة درجة حرارة القلي، وبينت النتائج حدوث زيادة في قيمة a^* لرقائق لبطاطا المقلية تحت التفريغ بلغت 3.91، 4.07، 4.14 عند درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وقد أشار [Juvvi et al., 2020؛ Esan et al., 2015] إلى تغيرات مشابهة في اللون الأحمر أثناء قلي الرقائق تحت التفريغ. يتم حساب قيمة تغير اللون الكلي ΔE ، بصورة عامة، من أجل تحليل التأثير الإجمالي لطريقة القلي على لون العينة، وبلغت قيمة ΔE في عينات رقائق البطاطا 17.59، 19.43، 20.35 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م، اختلفت نتائجنا برفائق البطاطا المقلية مع [Pandey et al., 2020] في دراسة حول مؤشرات الجودة للخضار والفاكهة المقلية تحت التفريغ، أن قيمة تغير اللون الكلي

ΔE تكون أقل عند القلي تحت التفريغ، قد يكون السبب صنف البطاطا المستخدم وطريقة تصنيعه (السماكة والإبعاد) أو ضغط التفريغ ودرجة الحرارة المستخدمة. بينما بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة في عينات رقائق البطاطا 48.92، 53.60، 56.83 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وأشار [Pandey and Chauhan, 2019] إلى ارتفاع مؤشر الاسمرار للعينة عند زيادة درجة حرارة القلي أو زمنه، ورُبط ذلك مع ما وجدته [Pedreschi and Moyano, 2005؛ Moyano et al., 2002].

الجدول (17) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
71.12±1.20 ^c	74.36±0.81 ^a	75.74±0.92 ^a	72.65±1.45 ^b	درجة السطوع L*
4.14±0.37 ^a	4.07±0.26 ^a	3.91±0.29 ^a	5.93±0.48 ^b	درجة الاحمرار a*
29.66±0.97 ^a	29.64±0.95 ^a	28.08±0.84 ^b	26.97±1.05 ^c	مؤشر الاصفرار b*
20.35±0.69 ^b	19.43±0.72 ^b	17.59±0.59 ^a	17.42±1.02 ^a	تغير اللون الكلي ΔE
56.83±0.84 ^d	53.60±0.79 ^c	48.92±0.65 ^a	51.44±0.89 ^b	مؤشر الاسمرار BI

- تعبر النتائج عن المتوسط $\pm$ الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يظهر في الجدول (18) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. يعد القوام أحد السمات التي تؤثر بشكل كبير على اختيار المستهلكين، والتقييم الحسي للقوام هي الطريقة الأكثر استخداماً صناعياً، لكنها مكلفة وتستغرق وقتاً طويلاً، لذلك يمكن استخدام الطرائق الآلية وربطها بالتحليلات الحسية [Monteiro et al., 2020]. بلغت نتائج القوة المطبقة للكسر في العينات 198.57، 228.84، 231.90 غ عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتقاربت هذه النتائج مع ما وجدته [Lopez and Moreira, 2019] التي تراوحت فيها القوة المطبقة للكسر بين 118.29 و 267.16 غ بحسب الطريقة المتبعة في التفريغ. يعمل النشاء المجلتن الموجود في الرقائق على إعاقة تسرب البخار المشبع أثناء القلي تحت الضغط الجوي العادي، وبذلك يتشكل عدد قليل من الانتفاخات أو الجيوب في سطح الرقائق ولكن كبيرة الحجم، مما يؤدي إلى زيادة المسامية فيها [Kawas and Moreira, 2001]، بينما في القلي تحت التفريغ، لا تصل درجة حرارة الرقائق إلى درجة حرارة الجليظة إلا بعد تبخر معظم الرطوبة، ولا يوجد محتوى رطوبة كافٍ في المنتج لحدوث جليظة تامة، لذلك يكون قوام المنتج زجاجي ويُشعر المستهلك كأنه غير مطبوخ [Ravli et al., 2013]. وأشار [Torres et al.,]

2017] أنه يمكن أن تظهر الأغذية المجففة الناتجة عن القلي تحت التفريغ قواماً مقرمشاً، ولكن من المهم الحصول على معلومات وطرائق كافية لمراقبة العملية ولضمان جودة المنتجات المحضرة بالقلي بالتفريغ.

الجدول (18) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
231.9±3.84 ^b	228.84±4.88 ^b	198.57±5.72 ^c	300.81±5.41 ^a	قوة الكسر (غ)

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يوضح الجدول (19) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ، حيث أظهرت نتائج التحليل الاحصائي تفوق العينات المقلية تحت التفريغ 115 و 125 °م، ربما يعود ذلك إلى أثر تخلخل الضغط على المنتجات المقلية، مما أدى إلى انخفاض قيمة معامل الانكماش الحجمي، وكانت النتائج 18.82، 18.92، 21.65 % عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب بينما كانت 22.96 % في عينة القلي التقليدي، توافقت النتائج مع ما أشير إليه سابقاً حول انخفاض معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا بزيادة زمن القلي تحت التفريغ [Tan and Mittal, 2006؛ Garayo and Moreira, 2002].

الجدول (19) معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

135	125	115	تقليدي 175	حرارة القلي °م
21.65±1.23 ^b	18.92±1.55 ^a	18.82±1.52 ^a	22.96±1.46 ^b	معامل الانكماش الحجمي %

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يبين الجدول (20) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. تشير النتائج إلى حدوث انخفاض معنوي في قيمة الأكريلاميد عند القلي تحت التفريغ بسبب انخفاض درجة الحرارة المستخدمة وبلغ معدل الانخفاض في محتوى الأكريلاميد 77.38، 74.37، 70.21 % عند القلي على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب وذلك بالمقارنة مع القلي التقليدي، وقد بلغت نسبة الأكريلاميد في رقائق البطاطا 202.52، 229.41، 266.76 ميكروغرام/كغ على الترتيب. توافقت هذه النتائج مع [Oroian et al., 2015]، بالمقارنة مع محتوى الأكريلاميد عند استخدام درجة الحرارة 175 °م في القلي التقليدي، والتي بلغت 895.32

ميكروغرام/كغ، وتجاوزت الدرجة 115 °م معنوياً بأدنى قيمة لمحتوى الأكريلاميد. أشار [Liyanage et al., 2020] إلى تشكل مادة الأكريلاميد بكفاءة عند درجات حرارة القلي أعلى من 160 °م. فسر [Sumnu and Sahin, 2009] دور القلي تحت التفريغ أنه يسمح بتقليل محتوى الأكريلاميد في رقائق البطاطا لارتباطه بدرجة الحرارة، والصنف، ويتأثر محتوى الأكريلاميد ضمن منتجات البطاطا المقلية بالعديد من العوامل الأخرى غير الصنف، وتساهم نواتج الأكسدة الأولية والثانوية للدهون في تشكل الأكريلاميد، وهي تتشكل بصورة أكبر بالحرارة العالية.

الجدول (20) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
266.76±6.25 ^c	229.41±5.98 ^b	202.52±6.01 ^a	895.32±9.3 ^d	محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]
70.21	74.37	77.38	-	معدل انخفاض الأكريلاميد %

-تعتبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة تكرارات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-6- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا:

يشير الجدول (21) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا. وصلت نتائج رقم الحموضة إلى 1.46، 1.63، 1.82 مغ /KOH زيت عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وقد توافقت مع ما أشار إليه [Kusucharid et al., 2009]. بلغت قرينة البيروكسيد 8.17، 8.56، 9.42 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتقاربت نتائج قرينة البيروكسيد مع التي وجدها [Nateghi et al., 2018]. وكانت هذه النتائج أدنى من حدود التخلص من الزيت وفق المواصفة السورية 2003/2745. بلغت قيمة الأنيسيدين 32.94، 34.23، 34.67 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتجاوزت العينات المحضرة عند 115 °م بصورة معنوية من حيث أدنى قيمة لقرينة الأنيسيدين بينما كانت 34.23 عند القلي التقليدي، وبلغت [PUFA/SFA]، 1.54، 1.32، 1.13 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وقد أشار [Albertos et al., 2016] إلى حدوث انخفاض في قيمة مؤشر البوليين أثناء عمليات القلي تحت التفريغ بنسب أقل من نسبة انخفاضه في عملية القلي التقليدي. بلغت قيمة الرقم اليودي 45.35، 44.82، 43.27 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وكانت 42.18 في عينة القلي التقليدي دون وجود فروق معنوية. ارتفعت درجة تغير اللون للزيت بارتفاع درجة الحرارة

وكانت 12.62، 13.27، 13.56 وارتفعت قيمة قرينة الانكسار إلى 1.449، 1.450، 1.451. مع زيادة اللزوجة عند 25 °م إلى 72.96، 73.68، 74.01 mPa.s والكثافة الظاهرية إلى 0.901، 0.904، 0.907 g.cm⁻³. وتفاوتت العينات المقلية تحت التفريغ عند 115 °م بأدنى درجة من التغير.

الجدول (21) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا

135	125	115	التقليدي 175	حرارة القلي °م
1.82±0.3 ^{bc}	1.63±0.2 ^{ab}	1.46±0.2 ^a	1.91±0.1 ^c	رقم الحموضة (مغ /KOH غ)
9.42±0.2 ^c	8.56±0.3 ^b	8.17±0.2 ^a	9.93±0.2 ^d	قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت)
34.67±0.4	34.23±0.3	32.94±0.4	34.23±0.2 ^c	رقم الانيسيديين
1.13±0.05 ^c	1.32±0.02 ^b	1.54±0.02 ^a	1.14±0.01 ^c	PUFA/SFA
43.27±0.83 ^b	44.82±0.89 ^a	45.35±1.09 ^a	42.18±1.29 ^b	الرقم اليودي
13.56±0.3 ^b	13.27±0.3 ^b	12.62±0.3 ^a	14.15±0.3 ^c	تغير اللون ΔE
1.451±0.001 ^b	1.450±0.001 ^{ab}	1.449±0.001 ^a	1.451±0.001 ^b	قرينة الانكسار
74.01±0.95 ^{ab}	73.68±1.11 ^{ab}	72.96±1.05 ^a	74.38±1.03 ^b	اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)
0.907±0.002 ^c	0.904±0.002 ^b	0.901±0.001 ^a	0.910±0.001 ^d	الكثافة (g.cm ⁻³)

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات- تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-7- عدد ساعات القلي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

حدد عدد ساعات القلي الإجمالي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ في الجدول (22)، 72، 76، 65 ساعة عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وذلك بالاعتماد على نسبة المركبات القطبية. تقاربت نتائج عدد ساعات القلي مع ما أشير إليه في دراسات سابقة، فقد وجدت دراسة [Crosa et al., 2014] أنه عند القلي تحت التفريغ 40 ملم زُبقي لمدة تصل حتى 40 ساعة على الدرجة 130 °م، بلغ محتوى المركبات القطبية 11.2% بالنسبة لزيت عباد الشمس مرتفع الأوليك. بينما وجدت دراسة [Segura et al., 2019] أنه يمكن القلي تحت التفريغ 75 ملم زُبقي لمدة تصل حتى 56 ساعة على الدرجة 130 °م دون أن يتجاوز محتوى المركبات القطبية 10% بالنسبة لزيت عباد الشمس، ويذكر أن المواصفة السورية حددت نسبة المركبات القطبية 25% للتخلص من زيت القلي المستخدم في التصنيع [المواصفة السورية 2745، 2003].

الجدول (22) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لرقائق البطاطا

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
65 ^d ±0.5	72 ^b ±0.4	76 ^a ±0.9	68 ^c ±0.5	عدد ساعات القلي [ساعة]

. - تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لمكررين - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-8- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يوضح الجدول (23) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. تشير نتائج التقييم الحسي إلى تفوق عينة الشاهد المقلية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية، يتبعها العينات المقلية تحت التفريغ عند الدرجة 115 و 125°م، لجميع المؤشرات الحسية المدروسة، حيث بلغت درجة القبول العام للعينات المقلية عن الدرجات الآتية الذكر حوالي 7.7 و 7.8 على الترتيب. وتقاربت هذه النتائج مع ما أشار إليه [Lopez and 2019, Moreira, 2022] حيث حصلت عينات الشاهد المقلية بالقلي التقليدي أقصى درجة لجميع مؤشرات التقييم الحسي. بين [Manzoor et al., 2022] أن رقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ قد تحتفظ بلون وطعم ونكهة جيدة، ولكن من عيوبها هشاشة الرقائق الناتجة تكون أقل من المحضرة بالقلي التقليدي وفقاً للصنف المدروس وطريقة تحضيره.

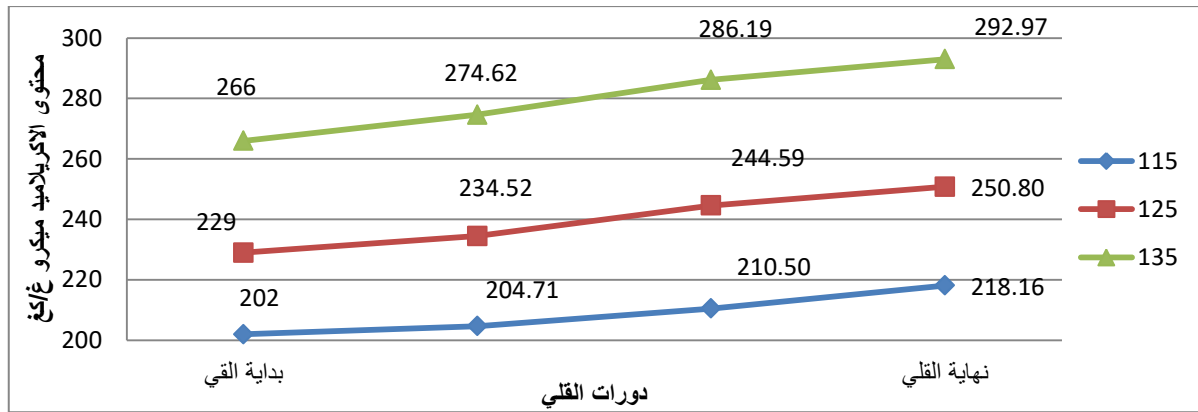
الجدول (23) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				مؤشرات التقييم الحسي
135	125	115	التقليدي 175	
7.6±0.2 ^b	8.4±0.2 ^a	8.4±0.2 ^a	7.4±0.3 ^b	اللون
7.1±0.2 ^c	7.5±0.2 ^b	7.3±0.1 ^{bc}	8.4±0.1 ^a	النكهة
6.5±0.2 ^c	7.4±0.1 ^b	7.5±0.3 ^b	9±0.0 ^a	القرمشة
7.1±0.2 ^c	7.8±0.2 ^b	7.7±0.2 ^b	8.3±0.2 ^a	القبول العام

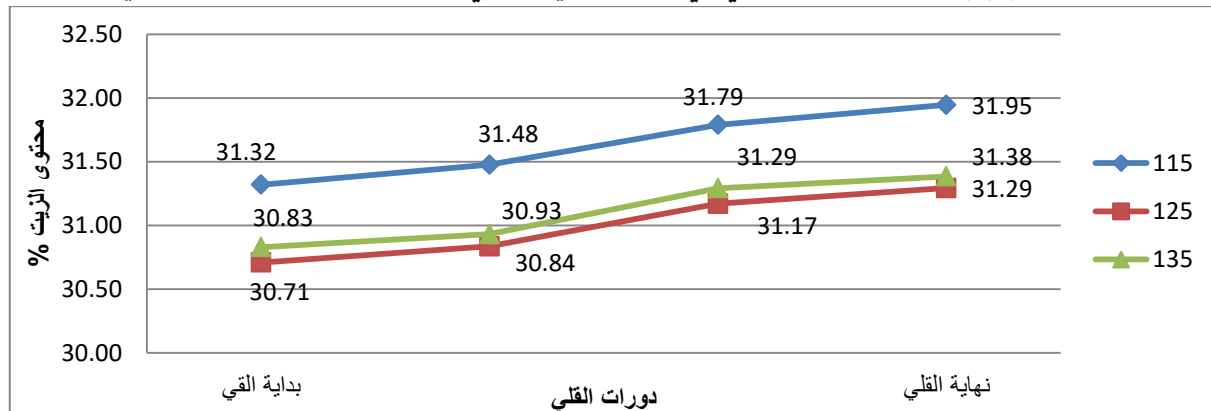
- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-9- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ:

يظهر المخطط رقم (3) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد في أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ، حيث لوحظ ارتفاع كمية الأكريلاميد مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة وبشكل معنوي، بلغت قيمته عند بداية عملية 202.52، 229.41، 266.76 ميكرو غرام/كغ، ووصلت في نهاية عملية القلي 218.16، 250.8 و 292.97 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 115، 125 و 135 °م على الترتيب. . وتوافقت نتائجنا مع دراسة [Belkova et al, 2018]. كما ويظهر المخطط رقم (4) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص ضمن أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ، حيث لوحظ ارتفاع كمية الزيت الممتص مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة لكن بشكل ظاهري، بلغت قيمته عند بداية عملية 31.32، 30.71، 30.83 %، ووصلت في نهاية عملية القلي 31.95، 31.38 و 31.29 % عند درجات حرارة 115، 125 و 135 °م على الترتيب. وتوافقت مع [Wanakamol and Poonlarp, 2018].



المخطط رقم (3) تأثير عدد دورات القلي في تشكّل الأكريلاميد في رقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ



المخطط رقم (4) تأثير عدد دورات القلي في تشكّل الأكريلاميد في رقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ

3-1- القلي تحت الضغط:

1-3-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (24) نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط. حيث لوحظ انخفاض قيم محتوى الماء لرقائق البطاطا المقلية مع تغير درجة حرارة القلي وزمنه. يزداد فقدان الرطوبة مع زيادة درجة الحرارة [Ayustaningwarno et al., 2020]. يفسر ارتفاع محتوى الماء الذي يظهر في المنتجات المقلية تحت الضغط على الأرجح بارتفاع الضغط الخارجي بقيمة أكبر من الضغط الناتج عن محاولة البخار للهروب، مما يمنع هروب الرطوبة من المنتجات المقلية بالهواء المضغوط [Bengtson, 2006]. ينتج عن القلي تحت الضغط منتجات أكثر طراوة وعصيراً، باختلاف واضح مقارنة بالأطعمة المقلية التقليدية، والتي غالباً ما تكون دهنية من الخارج وجافة من الداخل، مع الأخذ بالحسبان الاختيار المناسب لدرجة الحرارة والضغط، ونوع المادة الغذائية المقلية [Pawar et al., 2011]، يحافظ القلي تحت الضغط أيضاً على النكهات والمغذيات الطبيعية. بلغ محتوى الماء في رقائق البطاطا 2.05، 1.98، 1.92% عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175،

185 °م على الترتيب، وتوافق ذلك مع ما أشار إليه [Bengtson, 2006] حول انخفاض رطوبة المنتجات المقلية تحت الضغط، وفي هذا السياق، يلاحظ من الجدول نفسه، ارتفاع محتوى الزيت الممتص لرقائق البطاطا عند القلي تحت الضغط مقارنة مع التقليدي، كما وانخفض محتوى الزيت الممتص لرقائق البطاطا مع زيادة حرارة القلي تحت الضغط، حيث بلغ محتوى الزيت في رقائق البطاطا 38.86، 36.02، 33.96% عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتقاربت النتائج مع ما أشار إليه [Innawong et al., 2006]. واختلفت مع [Esturk et al., 2000] الذي بين إنه في حالة القلي تحت الضغط لم يكن هناك اختلاف ملحوظ في محتوى الزيت الكلي لعينات مكعبات لحم الدجاج المقلية تحت الضغط خلال الدورة الأولى للقلي [Pawar et al., 2011]، أما [Gertz, 2014] فقد وجد أن الزيت يخترق البطاطا المقلية بعد إزالة المنتج المقلي من المقلاة أثناء فترة التبريد، ولا يحدث امتصاص الزيت أثناء عملية القلي، وربما يساعد القلي تحت الضغط على تجاوز الضغط الداخلي مما يؤدي إلى ارتفاع محتوى الزيت عند القلي تحت الضغط مقارنة مع عينة الشاهد. يستنتج من دراسة القوى الدافعة لامتصاص الزيت وفقدان الماء أن عملية القلي تجري على طبقة حدودية تفصل القشرة عن اللب، ومن الضروري فهم آلية عملية القلي لتحديد العوامل المتعلقة بكمية الزيت في المنتجات المقلية. ويتطلب تأثير الضغط والحرارة في عملية امتصاص الزيت أثناء القلي دراسة أدق لتحديد العوامل المؤثرة.

الجدول (24) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
1.92±0.05 ^a	1.98±0.01 ^b	2.05±0.02 ^c	1.89±0.05 ^a	محتوى الماء %
33.96±1.37 ^a	36.02±0.89 ^b	38.86±0.85 ^c	32.21±1.84 ^a	محتوى الزيت الممتص %

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يبين الجدول (25) نتائج التغيرات المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط أظهرت نتائج التحليل الإحصائي انخفاض قيمة L^* لرقائق لبطاطا المقلية تحت الضغط مع زيادة درجة حرارة القلي، إذ بلغت درجة السطوع L^* في رقائق البطاطا 71.58، 70.12، 66.79 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. وربما يفسر الانخفاض في قيمة L^* مع زيادة درجة حرارة القلي تحت الضغط، بالتغير في درجة الحرارة وليس بسبب ظروف الضغط، نظراً لارتباط قيم L^* بتفاعلات الاسمرار غير

الإنزيمية، ولا تشير الدراسات في مجال القلي إلى تأثير الضغط بشكل مباشر في قيمة المؤشر L^* [Dourado et al., 2020؛ García-Segovia et al., 2016؛ Quan et al., 2014]. أشار [Innawong et al., 2001] أن استخدام الضغط مع القلي لم يؤثر في لون القشرة، كذلك لم تكن هناك فروق ذات دلالة إحصائية في لون اللب في قيم كلاً من مؤشري السطوع L^* ، والاصفرار b^* عند استخدام الضغط أثناء القلي العميق بالدهون. من ناحية أخرى، أدت زيادة درجة حرارة زيت القلي إلى خفض قيمة مؤشر الاحمرار a^* في اللب للأغذية المقلية. ترتبط خصائص جودة البطاطا المقلية، باللون والقوام ومحتوى الماء والزيت بشكل أساسي، ويعد اللون سمة جودة خارجية تحدد لقبول المنتجات المقلية أو رفضها من قبل المستهلك [Juvvi et al., 2020]، وتستخدم درجة السطوع L^* عادة كأول سمة جودة يتم تقييمها عند تحديد قبول المنتج إذ يمكن اعتبار قيمة L^* فوق 60، قيمة مرجعية لمنتج نهائي بلون جيد [Akinpelu et al., 2014]. كما وأظهرت النتائج ارتفاع درجة الاصفرار b^* لرقائق البطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي تحت الضغط، فكانت درجة الاصفرار b^* في رقائق البطاطا 26.34، 29.12، 32.81 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. ووجدت دراسة [Dourado et al., 2020] تفاوت في قيمة b^* بزيادة حرارة القلي تحت الضغط دون الإشارة إلى دور الضغط في هذا التفاوت. تشير الدراسات إلى انخفاض قيم المؤشر b^* عند القلي تحت التفريغ مع زيادة درجة التفريغ، بينما لا تتوافق عملية القلي تحت الضغط بتأثيرات مشابهة، ويلاحظ أن قيمة المؤشر b^* تزداد بزيادة درجة الحرارة، وكما يحدث في القلي التقليدي، تميل رقائق البطاطا المقلية إلى أن تصبح أغمق وأكثر اصفراراً مع زيادة درجة حرارة القلي [Esan et al., 2015]، وربما يفسر ذلك ارتفاع قيمة اللون الاصفر بزيادة زمن القلي ودرجة الحرارة. وبالنسبة لمؤشر اللون الأحمر a^* ، فقد ازدادت قيمة a^* بزيادة درجة حرارة القلي، وقد أشار [Dourado et al., 2020؛ Juvvi et al., 2020] إلى تغيرات مشابهة في اللون الأحمر أثناء قلي الرقائق. بلغت قيمة ΔE في عينات رقائق البطاطا 18.52، 21.95، 25.25 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م، وذكر [Akinpelu et al., 2014] تناقص قيمة تغير اللون الكلي ΔE خلال القلي مع انخفاض رطوبة العينة. بينما بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة في عينات رقائق البطاطا 55.18، 61.75، 69.5 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وأشار [García-Segovia et al., 2016] إلى ارتفاع قيمة مؤشر الاسمرار للعينة عند زيادة درجة حرارة القلي.

الجدول (25) المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
66.79±1.42 ^c	70.12±1.17 ^b	71.58±1.13 ^{ab}	72.65±1.45 ^a	درجة السطوع L*
32.81±0.79 ^a	29.12±0.95 ^b	26.34±1.2 ^c	26.97±1.05 ^c	درجة الاصفرار b*
6.36±0.32 ^b	6.01±0.26 ^{ab}	5.81±0.28 ^a	5.93±0.48 ^{ab}	مؤشر الاحمرار a*
25.25±0.71 ^c	21.95±0.81 ^b	18.52±0.82 ^a	17.42±1.02 ^a	التغير الكلي في اللون ΔE
69.5±0.99 ^d	61.79±0.86 ^c	55.18±0.85 ^b	51.44±0.89 ^a	مؤشر الاسمرار BI

1-3-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يظهر في الجدول (26) نتائج القوام لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط. كانت نتائج القوة المطبقة للكسر في عينات رقائق البطاطا 309.85، 318.97، 326.15 غ عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وترتبط تغيرات البنية والقوام التي تحدث أثناء طهي البطاطا بعمليات الجلتنة والتحلل للنشاء [Gupta et al., 2014]. أشار [Das et al., 2013] إلى ارتفاع الصلابة عند القلي تحت الضغط بالمقارنة مع القلي التقليدي، وفسر زيادة الصلابة أنه مع زيادة درجة حرارة القلي، يزداد أيضاً معدل انتقال الحرارة وبالتالي تشكل قشرة صلبة على السطح. تتأثر خاصية القوام في المنتجات المحتوية على النشاء بدرجة تهلم النشاء ومحتوى السكريات ومثانة جدار الخلية، إذ يؤدي فقدان رطوبة السطح وزيادة معدل انتقال الحرارة أثناء القلي إلى جفاف القشرة السطحية المتشكلة، مما يؤدي إلى زيادة صلابة الرقائق المقلية [Abong et al., 2011]. بينما قد يحدث انخفاض في قوة الكسر مع ارتفاع زمن القلي، وقد يحدث تدهور هيكلي بسبب زيادة درجات حرارة زيت القلي [Oginni et al., 2015].

الجدول (26) قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
326.15±6.71 ^d	318.97±5.87 ^c	309.85±6.74 ^b	300.81±5.41 ^a	قوة الكسر (غ)

*تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (27) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط، كانت النتائج 24.09، 25.83، 26.36 % عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب حيث أظهرت نتائج التحليل الاحصائي تفوق العينات المقلية بالطريقة التقليدية التي بلغت فيها قيمة

معامل الانكماش الحجمي 22.96% والعينات المقلية تحت الضغط عند درجة حرارة 165م على العينات المقلية الأخرى، كما ولوحظ من النتائج ارتفاع قيمة معامل الانكماش بارتفاع درجة حرارة القلي، ربما يعود السبب في ذلك إلى الأثر التآزري لارتفاع الضغط مع ارتفاع درجة الحرارة، مما أدى لارتفاع قيمة معامل الانكماش. وفي دراسة أجراها [Segnini et al., 2004] وجد أن قيمة معامل الانكماش يرتفع بارتفاع درجة الحرارة وكانت متوسط قيمته حوالي 23% عند القلي على درجات حرارة 120-190 °م.

الجدول (27) معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
26.36±1.47 ^b	25.83±1.39 ^b	24.09±1.43 ^a	22.96±1.46 ^a	معامل الانكماش الحجمي %

*تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية تحت الضغط:

يبين الجدول (28) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط. تشير النتائج إلى حدوث ارتفاع معنوي في قيمة الأكريلاميد عند القلي تحت الضغط بالمقارنة مع القلي التقليدي وبلغت نسبة الأكريلاميد في رقائق البطاطا 896.47، 939.35، 1157.18 ميكروغرام/كغ عند القلي على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، فيما بلغت 895.32 ميكروغرام/كغ في عينة الشاهد. تفوقت الدرجة 165 °م معنوياً بأدنى قيمة لمحتوى الأكريلاميد. بين [Pedreschi and Zuniga, 2009] إلى أن استخدام الضغط قبل القلي يعد من استراتيجيات تقليل مستويات الأكريلاميد في المنتجات المقلية. وكان [Dourado et al., 2019] قد أشار إلى تأثير الضغط العالي في تعديل البوليمرات الحيوية الغذائية وجلنتة نشاء البطاطا.

الجدول (28) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
185	175	165	التقليدي 175	
1157.18±8.85 ^c	939.35±6.41 ^b	896.47±6.32 ^a	895.32±9.3 ^a	محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-6- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت الضغط لرقائق البطاطا:

يشير الجدول (29) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت أولين النخيل في نهاية عملية القلي تحت الضغط لرقائق البطاطا. وصلت نتائج رقم الحموضة إلى 1.95، 1.99، 2.19 مغ KOH/غ زيت عند القلي تحت التفريغ على

درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وقد توافقت مع ما أشار إليه [Pawar et al., 2011] ؛
 Innawong et al., 2001 في دراسات حول تأثير عملية القلي تحت الضغط في خصائص زيت النخيل. وبلغت
 قرينة البيروكسيد 9.93، 10.41، 10.92 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على
 الترتيب، وتقاربت نتائج قرينة البيروكسيد مع ما ذكره [Innawong et al., 2001]. وكانت هذه النتائج أدنى من
 حدود التخلص من الزيت وفق المواصفة السورية 2003/2745. بلغت قيمة الأنيسدين 41.92، 38.44،
 36.58 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتوقفت العينات المحضرة
 بالقلي التقليدي بصورة معنوية من حيث أدنى قيمة لقرينة الأنيسدين وكانت 34.23، وبلغت نسبة
 (PUFA/SFA) 1.04، 0.91، 0.83 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على
 الترتيب، وقد أشار [Pawar et al., 2011] إلى حدوث انخفاض في قيمة مؤشر البوليين أثناء عمليات القلي تحت
 الضغط، وذلك بصورة معنوية مقارنةً مع عينة الشاهد بدون ضغط. بلغت قيمة الرقم اليودي 32.85، 35.71،
 29.70 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وكانت 42.18 في عينة
 القلي التقليدي. ارتفعت درجة تغير اللون للزيت بارتفاع درجة الحرارة وكانت 16.92، 18.43، 20.75 وارتفعت
 قيمة قرينة الانكسار إلى 1.453، 1.455، 1.456. مع زيادة اللزوجة عند 25 °م إلى 75.04، 76.69،
 78.27 mPa.s. وتوقفت العينات المقلية تحت الضغط عند 165 °م.

الجدول (29) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت النخيل في نهاية عملية القلي تحت الضغط لرقائق البطاطا

185	175	165	175تقليدي	حرارة القلي °م
2.19±0.3 ^c	1.99±0.1 ^b	1.93±0.1 ^a	1.91±0.1 ^a	رقم الحموضة (مغ / غ زيت)
10.92±0.4 ^c	10.41±0.3 ^b	9.95±0.2 ^a	9.93±0.2 ^a	قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت)
36.58± 1.4 ^b	38.44± 1.4 ^c	41.92± 1.5 ^d	34.23±0.2 ^a	رقم الانيسدين
0.83±0.03 ^d	0.91±0.04 ^c	1.04±0.03 ^b	1.14±0.01 ^a	PUFA/SFA
29.70±1.38 ^d	32.85±1.31 ^c	35.71±1.18 ^b	42.18±1.29 ^a	الرقم اليودي
20.75±0.8 ^d	18.43±0.6 ^c	16.92±0.7 ^b	14.15±0.3 ^a	تغير اللون ΔE
1.456±0.001 ^c	1.455±0.001 ^c	1.453±0.001 ^b	1.451±0.001 ^a	قرينة الانكسار
78.27±1.03 ^c	76.69±1.11 ^b	75.04±1.05 ^a	74.38±1.03 ^a	للزوجة عند 25 °م (mPa.s)
0.914±0.001 ^c	0.912±0.001 ^b	0.911±0.001 ^{ab}	0.910±0.001 ^a	الكثافة (g.cm ⁻³)

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-7- عدد ساعات القلي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

حُدّد عدد ساعات القلي الإجمالي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط، 55، 52، 49 ساعة على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وذلك بالاعتماد على نسبة المركبات القطبية. تقاربت نتائج عدد ساعات القلي مع ما أشار إليه [Pawar et al., 2011] عند القلي تحت الضغط لمدة تصل حتى 48 ساعة على الدرجة 160 °م، ولا تشير الدراسات المرجعية أن معدل الزيادة في TPC يتعلق بتغير الضغط، ولكن فسر [Kusucharid et al., 2009] ارتفاع معدل الزيادة في TPC عند القلي التقليدي مقارنة مع ظروف القلي تحت التفريغ، بارتفاع درجة حرارة القلي التقليدي مما أدى إلى تسريع التفاعلات الكيميائية التي أدت إلى تدهور الزيت.

الجدول (30) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	175 التقليدي	حرارة القلي °م
49±0.8 ^d	52±0.7 ^c	55±0.3 ^b	68±0.5 ^a	عدد ساعات القلي [ساعة]

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لمكررين. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-8- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (31) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط المختلفة (درجة الحرارة والزمن). تشير نتائج التقييم الحسي إلى تفوق عينة الشاهد (الضغط الجوي العادي) المقلية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية، يتبعها العينات المقلية تحت الضغط عند الدرجة 165 °م، لجميع المؤشرات الحسية المدروسة (اللون والنكهة والقبول العام) بنسبة وصلت إلى 7.5، 8.1 و 7.7 على الترتيب. وأشار [Das et al., 2013] إلى اكتساب العينات المقلية تحت الضغط محتوى أعلى من الزيت مع الاحتفاظ بنسبة جيدة من الرطوبة..

الجدول (31) التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

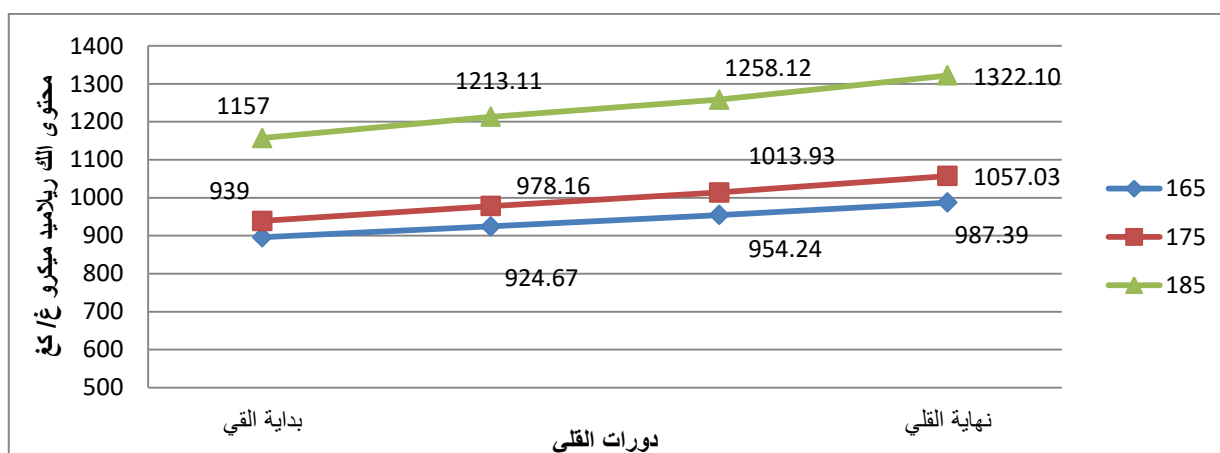
185	175	165	175 تقليدي	حرارة القلي °م
5.7±0.3 ^c	6.3±0.3 ^b	7.5±0.2 ^a	7.4±0.3 ^a	اللون
7.6±0.3 ^b	7.6±0.2 ^b	8.1±0.2 ^a	8.4±0.1 ^a	النكهة
7.8±0.3 ^b	7.7±0.3 ^b	7.5±0.3 ^b	9±0.0 ^a	القرمشة
7±0.3 ^c	7.2±0.3 ^c	7.7±0.2 ^b	8.3±0.2 ^a	القبول العام

-تعبّر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات- تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

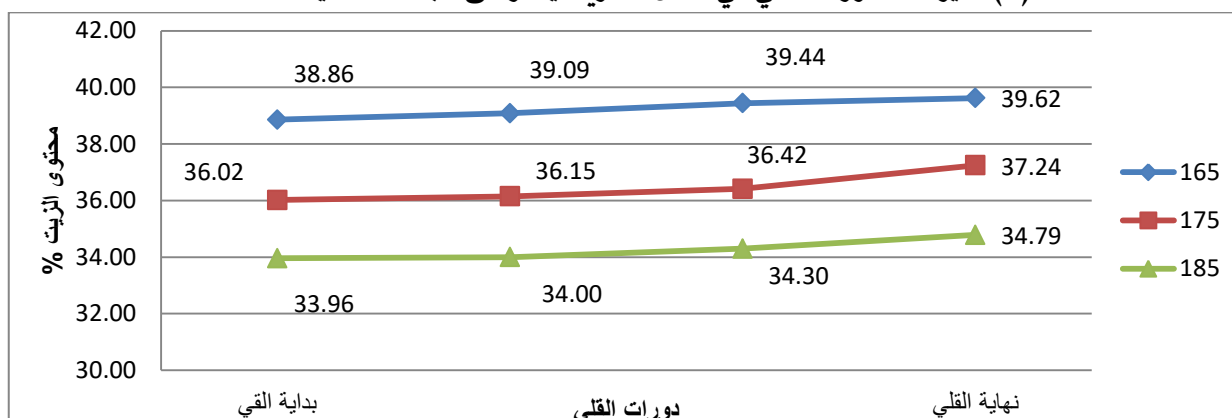
1-3-9- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لرقائق البطاطا بطريقة القلي تحت الضغط:

يظهر المخطط رقم (5) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية تحت الضغط، حيث لوحظ ارتفاع كمية الأكريلاميد مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة وبشكل معنوي، بلغت

قيمته عند بداية عملية 896.47، 939.35، 1157.18 ميكرو غرام/كغ الترتيب، ووصلت في نهاية عملية القلي 987.39، 1057.03 و 1322.1 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م° على الترتيب وجد في دراسة [Gertz, 2004] أن زيادة عدد دورات القلي تسرع تكوين الأكريلاميد في البطاطا المقلية، وذلك لأن المنتجات القطبية التي تتشكل تعمل على تحسين انتقال الحرارة بين الزيت والطعام.



المخطط (5) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية تحت الضغط



المخطط (6) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية تحت الضغط

كما ويظهر المخطط رقم (6) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص ضمن رقائق البطاطا المقلية تحت الضغط، حيث لوحظ ارتفاع كمية الزيت الممتص مع زيادة عدد ساعات القلي، بلغت قيمته عند بداية عملية 38.86، 36.02، 33.96%، ووصلت في نهاية عملية القلي 39.62، 37.24 و 34.79% عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م° على الترتيب. وتوافقت النتائج مع [Pawar et al., 2011]

1-4-4- القلي بالهواء الساخن:

1-4-4-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يوضح الجدول (32) نتائج المحتوى المائي والزيت الممتص لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن، حيث لوحظ انخفاض قيم المحتوى المائي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن باختلاف درجة حرارة القلي وزمنه، لكن لم يكن لهذا الانخفاض أي دلالة إحصائية، ربما يعود السبب في ذلك للتحكم الدقيق بزمن القلي وضمان وصول العينات لدرجة المحتوى المائي النهائية بشكل متساوي. بلغ محتوى الماء في رقائق البطاطا 1.87، 1.88، 1.9% عند القلي بالهواء الساخن على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة القلي التقليدي 1.89%، توافقت نتائجنا مع المواصفة القياسية السورية رقم [889] تاريخ [2016]، والتي حددت المحتوى المائي ضمن عينات الشيبس بنسبة لا تتجاوز 2%، كما وتوافق ذلك مع ما أشار إليه [Abd Rahman et al., 2016] في دراسته لرقائق البطاطا، والتي تراوحت فيها نسبة المحتوى المائي بين 1.23-2.13% مع تغير درجة حرارة القلي وزمنه، وفسر انخفاض المحتوى المائي خلال القلي بالهواء بتسخين المنتجات في نظام مغلق، حيث يتم نقل الحرارة بالحمل الحراري، مما يسبب فقدان الماء غير المقيد السطحي والداخلي. بينما لوحظ من الجدول (32) نفسه، انخفاض محتوى الزيت لرقائق البطاطا مع زيادة حرارة القلي وزمنه، حيث بلغ محتوى الزيت في رقائق البطاطا 1.45، 1.16، 1.13% عند القلي بالهواء الساخن على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، توافقت هذه النتائج مع المواصفة القياسية السورية رقم [889] تاريخ [2016]، وتقاربت نتائجنا مع ما أشار إليه [Teruel et al., 2015] حيث تراوحت فيها نسبة الزيت بين 0.37-1.12%، بينما سجل [Abd Rahman et al., 2016] نسبة أعلى للزيت الممتص كانت بين 1.24-12.66%، مع اختلاف درجات حرارة القلي بالهواء.

الجدول (32) المحتوى المائي والزيت لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
1.87±0.02 ^a	1.88±0.03 ^a	1.9±0.04 ^a	1.89±0.05 ^a	المحتوى المائي %
1.13±0.02 ^c	1.16±0.03 ^c	1.45±0.04 ^b	32.21±1.84 ^a	محتوى الزيت الممتص %

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-2- المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يبين الجدول (33) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن. يعد فقدان الماء وامتصاص الزيت نتيجة لانتقال الحرارة والكتلة من أهم مسببات التغيرات اللونية، وخاصة بالنسبة لدرجة السطوع L^* ، حيث انخفضت قيمة المؤشر اللوني L^* لرقائق لبطاطا المقلية بالهواء مع زيادة درجة حرارة القلي، فبلغت درجة السطوع

L^* في رقائق البطاطا 76.14، 74.71، 73.93 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وأشارت دراسات [Mokhtar et al., 2022 ; Santos et al., 2017] إلى انخفاض قيمة L^* لرقائق لبطاطا المقلية بالهواء مع زيادة درجة حرارة القلي وزيادة زمن القلي. وتوافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه [Dong et al., 2022] حيث إن البطاطا المقلية بالهواء تتميز بقيمة أعلى لكل من L^* و b^* ، وتتميز بمعامل اسمرار ولون أصفر ذهبي أقوى مقارنة بالقلي التقليدي عند نفس درجة الحرارة، كما وأشار [Fang et al., 2023] إلى أن قيمة L^* التي تعتبر أهم مؤشر لوني للأغذية المقلية، تنخفض خلال عملية القلي بالمقارنة مع المادة الخام، ولكنها كانت أعلى عند استخدام تقنية القلي بالهواء بالمقارنة مع القلي التقليدي، إذ يساعد امتصاص زيت القلي في تكوين صبغة الميلانويد من خلال تفاعل ميلارد، مما يخفض قيمة L^* عند القلي التقليدي. أظهرت النتائج ارتفاع درجة الاصفرار b^* لرقائق البطاطا المقلية بصورة معنوية مع زيادة درجة حرارة القلي بالهواء، فكانت درجة الاصفرار b^* في رقائق البطاطا 22.62، 25.03، 26.16 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. توافقت هذه النتائج مع [Dong et al., 2022]، وأشار [Sansano et al., 2015] إلى ارتفاع قيمة المؤشر b^* بزيادة درجة حرارة القلي بالهواء. بالنسبة لمؤشر الاحمرار a^* ، فقد ازدادت قيمة a^* بزيادة درجة حرارة القلي زيادة غير معنوية بين درجتي الحرارة 165 و 175 °م بينما كانت الزيادة معنوية بين درجتي الحرارة 165 و 185 °م، إذ بلغت قيم المؤشر اللوني a^* 3.73، 3.99، 4.26 عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وقد فسر [Sansano et al., 2015] الاختلافات في درجات الاحمرار بين العينات المقلية بالهواء الساخن والقلي التقليدي، أن تفاعل ميلارد أسرع بكثير للقلي التقليدي من القلي بالهواء، بسبب الاختلافات بين التقنيتين من حيث انتقال الحرارة والكتلة، حتى لو كانت درجة حرارة وسط القلي [هواء أو زيت] متساوية في كلتا الحالتين. بلغت قيمة ΔE لرقائق البطاطا 12.12، 14.87، 16.35 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وكانت هذه النتائج متوافقة مع التي وجدها [Dong et al., 2022]، في أصابع البطاطا المقلية بالهواء، وأشار إلى ارتفاع قيمة ΔE بزيادة درجة حرارة القلي وزمنه. كذلك أكد [Azmi et al., 2019] أن زيادة درجة الحرارة والزمن أدت إلى زيادة تغيير اللون الكلي للمخبوزات المقلية بالهواء. كان مؤشر الاسمرار BI في عينات رقائق البطاطا 38.15، 43.87، 47.67 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، ويفسر سبب اختلاف قيمة الاسمرار باختلاف قيمة كل من المؤشرين L^* ، b^* ،

وتوافقت نتائجنا مع [Dong et al., 2022] وكذلك أشار [Zaghi et al., 2019] إلى أن عملية القلي بالهواء تتطلب زمن أطول بكثير للحصول على اللون المميز لرقائق البطاطا الناتجة عن القلي العميق.

الجدول (33) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
73.93±1.44 ^{bc}	74.71±1.31 ^b	76.14±1.49 ^a	72.65±1.45 ^d	درجة السطوع L*
26.16±1.11 ^{ab}	25.03±1.15 ^b	22.62±1.01 ^c	26.97±1.05 ^a	درجة الاصفرار b*
4.26±0.5 ^c	3.99±0.39 ^{bc}	3.63±0.5 ^b	5.93±0.48 ^a	مؤشر الاحمرار a*
16.35±0.74 ^b	14.87±1.01 ^c	12.12±0.81 ^d	17.42±1.02 ^a	التغير الكلي في اللون ΔE
47.67±1.39 ^b	43.87±1.74 ^c	38.15±1.67 ^d	51.44±1.89 ^a	مؤشر الاسمرار BI

تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-3- قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يظهر الجدول (34) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن. يتميز قوام المنتجات المقلية بشكل أساسي بتكوين قشرة سطحية، والتي تعد المعلمة الأكثر تقديراً من قبل المستهلكين. يحدث أثناء القلي بالهواء الساخن اكتساب الصلابة بطريقة متدرجة مع الزمن، إذ أكد [Heredia et al., 2014] أن تشكّل القشرة في البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية يحدث منذ اللحظة الأولى لعملية القلي، يعود ذلك إلى معدل التبخر المرتفع مقارنةً بالقلي في الهواء الساخن، بينما عند القلي بالهواء الساخن يتأخر تشكّل القشرة حيث تظهر العينات مرحلة أولية من التليين أوفقدان الصلابة ثم تزداد الصلابة مع ظهور القشرة السطحية. بلغت نتائج قوة الكسر في عينات رقائق البطاطا 182.33، 175.19، 160.92 غ عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة القلي التقليدي 300.81 غ، تراوحت قوة الكسر التي وجدها [Ngobese et al., 2017] بين 69.31 و 224.33 غ، في دراسة أجراها على اصابع البطاطا المقلية بالهواء. تزداد الصلابة مع زيادة زمن القلي المطبق عند استخدام درجات حرارة منخفضة، وربما يعود ذلك إلى التغيرات الهيكلية في بنية العينات. وجد علاقة إيجابية بين الخاصية المقرمشة والقوة مطبقة للكسر [Salvador et al., 2009]. بين [Granda et al., 2004] أن قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية تتراوح بين 213.76 و 305.37 غ.

الجدول (34) قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
160.92 ± 2.67 ^d	175.19 ± 2.98 ^c	182.33 ± 3.74 ^b	300.81 ± 5.41 ^a	قوة الكسر [غ]

1-4-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يظهر الجدول (35) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء، حيث أظهرت نتائج التحليل الاحصائي تفوق العينات المقلية بالهواء الساخن على عينة القلي التقليدي، بلغت قيمته في العينات المقلية بالهواء الساخن عند درجة حرارة 165، 175، و185م 20.23، 16.85 و14.69 على الترتيب، توافقت النتائج مع [Mohan et al., 2017]. كما ولوحظ من النتائج انخفاض قيمة معامل الانكماش بارتفاع حرارة القلي، ربما يعود السبب في ذلك إلى كبر حجم المسام المتشكلة أثناء القلي بارتفاع درجة الحرارة، مما أدى لانخفاض قيمة معامل الانكماش [Supmoon and Noomhorm, 2013].

الجدول (35) معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
14.26±0.85 ^a	16.85±1.08 ^b	20.03±1.23 ^c	22.96±1.46 ^d	معامل الانكماش الحجمي %

*تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-5- تقدير نسب الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يبين الجدول (36) نتائج الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن. كانت نسبة الأكريلاميد في رقائق البطاطا 231.17، 208.91، 251.89 ميكروغرام/كغ عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، حيث تفوقت العينات المقلية عند درجة حرارة 175م على بقية العينات المدروسة، ربما يعود السبب في ذلك للتداخل الحاصل بين درجة الحرارة وزمن القلي، توافقت هذه النتيجة مع [Oroian et al., 2015]، وبلغ معدل الانخفاض في محتوى الأكريلاميد 74.18، 76.67، 71.87 % على الترتيب مقارنة بعينة القلي التقليدي. يتأثر محتوى الأكريلاميد بالعديد من العوامل من أهمها الصنف والظروف المناخية وعمليات التسميد ومحتواه من السكريات المرجعة والأسبارجين بالإضافة لشروط عملية التخزين وطريقة ودرجة حرارة القلي وزمنه [Khalaf et al., 2015] وتقاربت النتائج مع ما وجدته [Basuny and Al Oatibi, 2016] حيث بلغت نسبة الانخفاض عند القلي بالهواء بنسبة 73.1 % ، بينما وجدت دراسة [Sansano et al., 2015] انخفاضاً بنسبة 77 %.

الجدول (36) محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
251.89±6.97 ^c	208.91±5.97 ^a	231.17±5.62 ^b	895.32±9.3 ^d	محتوى الأكريلاميد [ميكروغرام/كغ]
71.87	76.67	74.18	-	معدل الانخفاض %

*تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-6- التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يوضح الجدول (37) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن، حيث تشير نتائج التقييم الحسي إلى تفوق العينة المقلية بالطريقة التقليدية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية، على العينات المقلية بالهواء الساخن، بالنسبة للنكهة والقرمشة والقبول العام بقيم بلغت 8.4، 9 و 8.3 على الترتيب، توافقت هذه النتائج مع [Rois Anwar et al., 2019] حيث حصلت العينات المقلية بالطريقة التقليدية على أعلى درجة لمؤشرات التقييم الحسي المدروسة. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق العينات المقلية بالهواء الساخن عند الدرجة 175 على العينات الأخرى من حيث اللون بقيمة بلغت 8.8 أشار [Teruel et al., 2015] في دراسته حول البطاطا المقلية بالهواء الساخن إلى وجود اختلافات من الناحية الحسية على مستوى الرائحة والقوام، بينما لم تظهر فروق معنوية على مستوى اللون والمظهر. أما بالنسبة لعينات رقائق البطاطا المقلية بالهواء عند الدرجة 165 °م، فقد انخفضت درجة القبول العام إلى 6.3، وكانت درجة التقييم الحسي للون 8.1، بينما بلغت 5.6 للنكهة، و 8.1 للقرمشة، ويعود انخفاض القبول العام إلى ضعف تطور النكهة نتيجة لغياب النكهة الزيتية المميزة لرقائق الشيبس التقليدية والقرمشة بالمقارنة مع عينات القلي التقليدي، بين [Cutin et al., 2021] أن درجة حرارة القلي بالهواء الساخن تلعب دوراً إيجابياً مهماً في قرمشة رقائق البطاطا ولكن إلى حد معين ثم تبدأ بالانخفاض. بينما كانت العينات المقلية بالهواء عند الدرجة 185 °م، تمتلك أدنى درجة للقبول العام حيث بلغت 7.2، وبلغت درجة اللون 8.2، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 5.5 والقرمشة 7.9. يعود الانخفاض في القبول العام إلى غياب النكهة الزيتية، على الرغم من أن القوام الزيتي غير مرغوب في الرقائق المقلية، إلا أن امتصاص البطاطا للزيت في القلي التقليدي يزود المنتج بقشرة سطحية جافة وهشة، بسبب ارتفاع درجات الحرارة التي تبخر الماء في المنطقة السطحية مما يعيق جلتنة النشاء فيها ويحسن النكهة المميزة للمنتجات المقلية [Cutin et al., 2021; Santos et al., 2017]. وربما يعود تفوق العينات المقلية عند درجة حرارة 175م باللون لملائمة هذه الحرارة للون المرغوب لرقائق البطاطا بالنسبة للمتذوقين والخاصة بالصنف المدروس.

الجدول (37) التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	تقليدي 175	حرارة القلي °م
8.2±0.6 ^b	8.8±0.4 ^a	8.1±0.3 ^b	7.4±0.5 ^c	اللون
5.5±0.5 ^b	5.9±0.1 ^b	5.6±0.4 ^b	8.4±0.1 ^a	النكهة

7.9±0.2 ^c	8.4±0.4 ^b	8.1±0.1 ^c	9 ^a ±0.0	القرمشة
7.2±0.4 ^c	7.7±0.3 ^b	7.3±0.3 ^c	8.3±0.2 ^a	القبول العام

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

الباب الثاني: تأثير المعاملات المسبقة في خصائص جودة رقائق البطاطا صنف *Agria*:

2-1-1-2 المعاملات الكيميائية:

2-1-1-2-1 تأثير مواد الغمر:

2-1-1-2-1-2 المتبقي من زيت القلي في رقائق البطاطا المعاملة بمحاليل الغمر:

يبين الجدول (38) نتائج محتوى الزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر، حيث لوحظ مطابقة كافة العينات المدروسة للمواصفة القياسية السورية رقم [899] عام [2016]. أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود تباين في قدرة محاليل الغمر في خفض كمية الزيت الممتص، فلم يكن لاستخدام مستخلص أوراق الزيتون أي تأثير معنوي على الزيت الممتص، وكانت النتائج متقاربة مع الشاهد. كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم وكلوريد الصوديوم بتركيز 1.5% على بقية العينات المدروسة بمحتوى الزيت الممتص والذي بلغ حوالي 20.55 و23.78% على الترتيب. توافقت نتائجنا مع [Bunger et al., 2003] واختلفت مع [Dewayani et al., 2020]، ربما يعود سبب الاختلاف للصنف وزمن الغمر. يعود سبب قدرة الغمر بالأملاح المعدنية لرقائق البطاطا في خفض كمية الزيت الممتص نتيجةً لتغيير التوتر السطحي، وبالتالي حدوث تغيير في بنية الخلايا قد ينتج عن ذلك تشكل قشرة أكثر قساوة بالمقارنة مع العينات الأخرى [Bunger et al., 2003؛ Rimac-Brnčić et al., 2004]. كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الكريفون وبكافة التراكيز المستخدمة وبشكل معنوي على العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار البرتقال والليمون والحموض العضوية، حيث بلغت كمية الزيت الممتص ضمن العينات المعاملة بمستخلص ثمار الكريفون بتركيز 1.5% حوالي 26.54%. توافقت نتائجنا مع [Haddarah et al., 2021] الذي أظهر وجود تباين في قدرة المركبات الفينولية على خفض كمية الزيت الممتص في أصابع البطاطا، لم يكن لاستخدام مستخلصات قشور ثمار البرتقال والليمون أي تأثير معنوي على المؤشر المدروس وتوافقت هذه النتيجة مع [Choulitoudi et al., 2020].

الجدول (38) نتائج محتوى الزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

محتوى الزيت حسب التركيز المستخدم			المعاملة المطبقة
تركيز 1.5%	تركيز 1%	تركيز 0.5%	
32.21±1.84 ^e			الشاهد

32.1±1.41 ^e	32.11±1.03 ^e	32.02±1.31 ^e	مستخلص أوراق الزيتون
26.54±1.45 ^c	27.01±1.11 ^c	30.06±1.84 ^d	مستخلص قشور ثمار الكريفون
30.71±1.04 ^{de}	30.94±1.27 ^{de}	31.11±1.17 ^{de}	مستخلص قشور ثمار الليمون
31.27±1.31 ^{de}	31.91±1.01 ^e	32.01±0.98 ^e	مستخلص قشور ثمار البرتقال
23.78±1.54 ^b	26.68±1.05 ^c	29.69±1.11 ^d	ملح كلوريد الصوديوم
20.55±1.63 ^a	23.84±1.59 ^b	25.69±1.68 ^c	ملح كلوريد الكالسيوم
30.85±1.45 ^{de}	30.99±1.71 ^{de}	31.62±1.69 ^{de}	حمض الخل
30.49±1.37 ^{de}	30.81±1.44 ^{de}	31.21±1.52 ^{de}	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف صغيرة مختلفة ضمن الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-1-2- المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد المعاملة بمحاليل الغمر:

يبين الجدول رقم (39) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر. يعد ارتفاع المؤشر L^* lightness في رقائق الشيبس مؤشر هام ومرغوب في جودتها [Song et al., 2007b]. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (39-1) تفوق كافة العينات المدروسة وبشكل معنوي مستوى على عينة الشاهد، تقاربت نتائجنا مع نتائج كل من [Negoiță et al., 2022; Wibowo et al., 2019; Morales et al., 2014]. كما ولوحظ وجود تباين في قدرة المواد المستخدمة في عملية الغمر في تحسين قيمة المؤشر L^* ، حيث بلغت أعلى قيمة للمؤشر الأنف الذكر في كل من العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم وحمض الستريك بتركيز 1.5% بقيمة بلغت 80.66 و 80.12 على الترتيب. وفي نفس السياق كانت أدنى قيمة للمؤشر المدروس ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون بتركيز 0.5% بقيمة 73.05 أظهر [Morales, et al, 2014] أن الغمر بمستخلص الشاي الأخضر والزعر رفع قيمة درجة الإضاءة L^* بنسبة 12 و 2% على الترتيب، بينما أدى الغمر بمستخلص القرفة لخفضه بمعدل 20%. لم يكن لزيادة التركيز المستخدم في جميع المعاملات أي تأثير معنوي على المؤشر اللوني L^* . أما بالنسبة للمؤشر اللوني b^* والمرتبطة بدرجة الاصفرار، والذي ينتج عن تفاعلات ميلارد وصبغة الكاروتينات، فقد أظهرت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (39-2) انخفاض مؤشر الاصفرار ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون وقشور ثمار الكريفون والبرتقال وملح كلوريد الصوديوم وحمض الخل والستريك مقارنةً بالشاهد، حيث تراوحت قيمته ضمن العينات المدروسة والمعاملة بالمواد الأنفة الذكر بين 23.01-25.55، ربما يعود السبب في ذلك لطبيعة هذه المواد وتأثيرها على نتائج تفاعلات ميلارد، بينما بلغت قيمته ضمن العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الليمون 26.23، 26.98 و 26.97

وذلك عند استخدام التركيز 1،0.5 و1.5% على الترتيب، وكانت قيمته ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم 26.07، 25.91 و25.84 وذلك عند التركيز 1،0.5 و1.5% على الترتيب، حصلت العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الكريغون بتركيز 1% على أدنى قيمة للمؤشر المدروس، حيث كانت 23.03، كما وأظهرت النتائج عدم وجود أي تأثير معنوي لزيادة التركيز المستخدم على قيم المؤشر المدروس. إما فيما يتعلق بالمؤشر اللوني a^* ، فيعد انخفاضه صفة مرغوبة في صناعة الشيبس. يبين الجدول (3-39) نتائج عملية نقع رقائق البطاطا بالمواد المستخدمة في هذه الدراسة، حيث لوحظ انخفاض في قيمة المؤشر اللوني a^* وبشكل معنوي، كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم بالتركيز 1 و1.5% على بقية العينات المدروسة بقيم بلغت 1.49 و1.48 على الترتيب، وسجلت أعلى قيمة للمؤشر المدروس 5.21 وذلك ضمن العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار البرتقال بتركيز 1.5%. أدى زيادة تركيز المستخلصات النباتية المستخدمة في نقع عينات شيبس البطاطا لزيادة قيمة المؤشر اللوني a^* وبشكل معنوي ضمن العينات المعاملة بالمستخلصات النباتية باستثناء العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون والتي بلغت فيها قيمة المؤشر اللوني a^* 3.02، 2.94 و2.49 عند التركيز 0.5، 1 و1.5% على الترتيب. بينت دراسة [Morales et al., 2014] أن مستخلص الشاي الأخضر خفض قيمة المؤشر اللوني a^* بنسبة 8%، وأدت عملية الغمر بمستخلص الزعتر لرفع قيمته بمعدل 29%. أما بالنسبة للعينات المعاملة بالأملاح المعدنية والحموض العضوية، فقد أدى زيادة تركيزها إلى انخفاض قيمة a^* وتفوق العينات المعاملة بالتركيز 1.5% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5 و1%. يظهر الجدول (4-39) نتائج تغير اللون الكلي ΔE ، حيث لوحظ تفوق كافة العينات المدروسة على عينة الشاهد، وبالتالي يمكن اعتبار أن المعاملات المطبقة قد حسنت من جودة رقائق البطاطا بالمقارنة مع الشاهد. بلغت أدنى قيمة لمعامل تغير اللون ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون وقشور ثمار الكريغون بتركيز 1% بنسبة بلغت 12.87 و12.96 على الترتيب، وكانت أعلى قيمة له ضمن العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الليمون وبتركيز 1% بقيمة بلغت 16.55، لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي في درجة تغير اللون وذلك ضمن العينات المعاملة بحمض الخل والستريك وملح كلوريد الصوديوم، بينما أثرت في بقية عينات الدراسة وبنسب مختلفة. أشار [Michalak et al., 2019] إلى وجود ارتباط نسبي بين الاسمرار ومحتوى مادة الأكريلاميد في أنظمة القلي النموذجية، التي تكون عندها المكونات وظروف المعالجة الحرارية مضبوطة بشكل تام. لذلك يعد مؤشر الاسمرار

من القرائن اللونية المهمة عند القلي، ووفقاً لما ذكره [Verma and Yadav, 2022] يمكن أن يكون BI مؤشراً فعالاً في الوجبات الخفيفة ذات اللون الداكن لتجنب استهلاك الأكريلاميد في هذه الأغذية. لأنه اكتشف وجود علاقة قوية بين معامل الاسمرار وقيمة محتوى الأكريلاميد في العينات التي درسها. تظهر نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول (5-39) تفوق كافة العينات المدروسة وبشكل معنوي بمؤشر الاسمرار على عينة الشاهد، كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة بحمض الستريك وملح كلوريد الصوديوم وملح كلوريد الكالسيوم ومستخلص أوراق الزيتون بتركيز 1.5% على بقية العينات المدروسة بقيم بلغت 38.16، 38.18، 38.19، و38.8 على الترتيب. كما وأبدت العينات المعاملة بمستخلصات ثمار بعض أصناف الحمضيات نتائج جيدة بالمقارنة مع الشاهد، حيث بلغت قيمة مؤشر الاسمرار في العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الكريفون وقشور ثمار البرتقال عند التركيز 1% 40.34 و42.56 على الترتيب. أثر التركيز المستخدم وبشكل معنوي في المؤشر المدروس، حيث تفوقت أغلب العينات المعاملة بالتركيز 1 و1.5 % على بقية العينات المدروسة باستثناء مستخلص قشور الليمون. كما وتوافقت نتائجنا توافقت نتائج مع [Zhang, 2017] والذي بين أن نفع رقائق البطاطا في محلول من حمض الستريك يحسن من مؤشرات اللون، كما وبين [Krishnan et al., 2010] أن نفع البطاطا الحلوة بالحموض العضوية قد حسن من المؤشرات اللونية، بينما بين [El-Sayed et al., 2023] أن نفع رقائق البطاطا لمدة نصف ساعة على درجة حرارة 37م في محلول من مسحوق الشاي الأخضر المحضر بتركيز 0.05% قد خفضت قيمة المؤشر اللوني [b*] بمقدار 21% بالمقارنة مع الشاهد، كما وارتفعت قيمة المؤشر اللوني a* بنسبة تراوحت حوالي 120%، بينما كانت قيمة ΔE 46.33 وكانت في الشاهد 31.6.

الجدول (39) نتائج تغييرات مؤشرات اللون لعينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

الجدول (39-1) نتائج تغييرات درجة السطوع *L العينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر			
المعاملة المطبقة	تركيز 0.5%	تركيز 1%	تركيز 1.5%
الشاهد	72.65±1.45 ^h		
مستخلص أوراق الزيتون	73.05±1.11 ^{gh}	74.92±1.09 ^{fg}	74.82±1.14 ^{fg}
مستخلص قشور ثمار الكريفون	74.75±1.45 ^{fg}	75.25±1.65 ^{ef}	75.36±1.66 ^{ef}
مستخلص قشور ثمار الليمون	75.97±1.17 ^{ef}	76.98±1.02 ^{de}	76.91±1.31 ^{def}
مستخلص قشور ثمار البرتقال	73.25±1.25 ^{gh}	74.95±1.45 ^{fg}	74.84±1.34 ^{fg}
ملح كلوريد الصوديوم	78.9±1.32 ^{abc}	79.41±1.41 ^{abc}	80.66±1.36 ^{ab}
ملح كلوريد الكالسيوم	78.5±1.21 ^{bcd}	78.74±1.03 ^{abcd}	78.99±1.02 ^{acb}
حمض الخل	77.65±0.98 ^{cde}	76.58±1.14 ^{def}	76.99±1.39 ^{de}

80.12±1.43 ^{ab}	79.75±1.08 ^{ab}	78.23±1.05 ^{bcd}	حمض الستريك
--------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------

الجدول (39-2) نتائج تغييرات درجة الاصفرار *b لعينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

26.97±1.05 ^a			الشاهد
23.44±0.82 ^{gh}	23.01±0.74 ^h	24.33±0.79 ^{fg}	مستخلص أوراق الزيتون
23.46±1.02 ^{gh}	23.03±0.85 ^h	24.36±0.89 ^{fg}	مستخلص قشور ثمار الكريغون
26.97±0.83 ^a	26.98±0.79 ^a	26.32±1.01 ^{abc}	مستخلص قشور ثمار الليمون
24.18±0.68 ^{fgh}	24.05±0.91 ^{fgh}	25.55±0.69 ^{bcd}	مستخلص قشور ثمار البرتقال
25.37±1.1 ^{cdef}	25.14±0.92 ^{cdef}	25.12±0.94 ^{cdef}	ملح كلوريد الصوديوم
25.84±0.91 ^{abcd}	25.91±1.12 ^{abcde}	26.07±0.96 ^{abcd}	ملح كلوريد الكالسيوم
25.07±1.14 ^{def}	24.94±1.04 ^{def}	24.77±1.15 ^{ef}	حمض الخل
25.01±0.71 ^{def}	24.99±1.02 ^{de}	24.88±0.85 ^{def}	حمض الستريك

الجدول (39-3) نتائج تغييرات مؤشر الاحمرار *a لعينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

5.93±0.48 ^k			الشاهد
2.49±0.1 ^c	2.94±0.13 ^d	3.02±0.1 ^d	مستخلص أوراق الزيتون
4.95±0.11 ⁱ	4.61±0.14 ^g	3.09±0.12 ^d	مستخلص قشور ثمار الكريغون
4.86±0.1 ^{hi}	4.83±0.13 ^{hi}	3.11±0.11 ^d	مستخلص قشور ثمار الليمون
5.21±0.13 ^j	4.71±0.14 ^h	4.46±0.17 ^g	مستخلص قشور ثمار البرتقال
2.46±0.1 ^c	2.93±0.13 ^d	3.01±0.1 ^d	ملح كلوريد الصوديوم
1.48±0.1 ^a	1.49±0.13 ^a	2.14±0.13 ^b	ملح كلوريد الكالسيوم
3.66±0.1 ^e	4.03±0.13 ^f	4.21±0.11 ^f	حمض الخل
2.96±0.1 ^d	3.54±0.13 ^e	4.01±0.11 ^f	حمض الستريك

الجدول (39-4) نتائج تغييرات اللون الكلي ΔE لعينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

17.42±1.02 ^f			الشاهد
13.32±0.41 ^{abc}	12.87±0.46 ^a	14.5±0.78 ^c	مستخلص أوراق الزيتون
13.41±0.44 ^{abc}	12.96±0.52 ^a	14.17±0.55 ^{bc}	مستخلص قشور ثمار الكريغون
15.85±0.41 ^d	16.55±0.79 ^e	15.83±0.64 ^d	مستخلص قشور ثمار الليمون
14.25±0.66 ^{bc}	14.02±0.41 ^{bc}	15.91±0.49 ^d	مستخلص قشور ثمار البرتقال
13.91±0.57 ^{bc}	13.52±0.39 ^{ab}	13.47±0.40 ^{ab}	ملح كلوريد الصوديوم
13.84±0.52 ^b	14.25±0.61 ^{bc}	14.38±0.68 ^c	ملح كلوريد الكالسيوم
14.51±0.48 ^d	14.03±0.71 ^{bc}	14.24±0.62 ^{bc}	حمض الخل
14.47±0.51 ^c	14.45±0.37 ^c	14.31±0.39 ^c	حمض الستريك

الجدول (39-5) نتائج تغييرات مؤشر الاسمرار BI لعينات لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

51.44±0.89 ^h			الشاهد
38.8±0.53 ^a	39.92±0.38 ^b	42.65±0.85 ^e	مستخلص أوراق الزيتون
41.49±0.85 ^c	40.34±0.68 ^b	41.62±0.89 ^c	مستخلص قشور ثمار الكريغون
45.03±0.64 ^f	46.86±0.37 ^g	44.57±0.58 ^f	مستخلص قشور ثمار الليمون

43.29±0.73 ^e	42.56±0.42 ^{de}	46.57±0.67 ^f	مستخلص قشور ثمار البرتقال
38.16±0.85 ^a	39.65±0.68 ^b	40.30±0.49 ^b	ملح كلوريد الصوديوم
38.19±0.66 ^a	40.30±0.56 ^b	40.42±0.72 ^b	ملح كلوريد الكالسيوم
42.96±0.45 ^e	41.62±0.68 ^{cd}	41.63±0.78 ^{cd}	حمض الخل
38.13±0.75 ^a	40.07±0.88 ^b	41.26±0.74 ^b	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها

2-1-1-3- نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر الجدول (40) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية. بين [Salvador et al., 2009] وجود علاقة إيجابية بين الخاصية المقرمشة والقوة مطبقة للكسر. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود تباين في قدرة تأثير المواد المستخدمة في الغمر على قوة الكسر، ربما يعود سبب الاختلاف لطبيعة المواد المستخدمة ودرجة تأثيرها في هيكل الخلايا وتشكل القشرة. ولكن وبشكل العام لم يكن لهذه المواد أي تأثير سلبي، حيث أبدت العينات المنقوعة بملح كلوريد الكالسيوم وبكافة التراكيز المستخدمة زيادة طردية لقوة الكسر مع زيادة التركيز في كافة العينات المدروسة بحصولها على أعلى القيم، حيث بلغت 314.09، 321.54 و 328.61 غ وذلك عند التركيز 0.5، 1 و 1.5% على الترتيب، توافقت هذه النتيجة مع [Zheng and Moreira, 2020]، ربما يفسر ذلك بتأثير شوارد الكالسيوم في نسيج خلايا رقائق البطاطا، إذ فسر [Mauro et al., 2016] قدرة شوارد الكالسيوم على زيادة صلابة شرائح التفاح بدخولها في تركيب الخلايا والأغشية. إما بالنسبة للعينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم وحمض الستريك بتركيز 0.5% فقد لوحظ تقاربها مع قيمة الشاهد حيث بلغت 302.56 و 301.89 غ، وإما المعاملة بالتركيزين 1 و 1.5% فقد لوحظ ارتفاعها بالمقارنة مع الشاهد. أدى الغمر بالمستخلصات النباتية إلى خفض قيمة قوة الكسر وبشكل طردي مع زيادة التركيز المستخدم بالمقارنة مع بقية العينات المدروسة، فبلغت قيمة قوة الكسر عند التركيز 0.5% 293.69، 294.09، 289.69 و 291.23 غ وذلك لكل من العينات المنقوعة بمستخلص أوراق زيتون وقشور الكريغون والليمون والبرتقال بالترتيب، توافقت نتائجنا مع [Granda et al., 2004].

الجدول (40) قوة الكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

تركيز 1.5%	تركيز 1%	تركيز 0.5%	قوة الكسر (غ)
			الشاهد
			300.81±5.41 ^f
274.29±5.11 ^j	282.01±4.09 ^{hi}	293.69±3.92 ^g	مستخلص أوراق الزيتون
282.21±2.39 ^{hi}	288.99±4.18 ^g	294.09±3.85 ^g	مستخلص قشور ثمار الكريغون
274.29±5.11 ^j	282.01±4.09 ^{hi}	289.69±4.42 ^g	مستخلص قشور ثمار الليمون

278.23±4.81 ^{ij}	284.49±3.24 ^h	291.23±2.99 ^g	مستخلص قشور ثمار البرتقال
319.49±4.11 ^{bc}	310.84±3.51 ^{de}	302.56±4.21 ^d	ملح كلوريد الصوديوم
328.61±3.95 ^a	321.54±5.52 ^b	314.09±5.11 ^{cd}	ملح كلوريد الكالسيوم
301.43±3.27 ^f	300.11±3.95 ^f	298.65±2.39 ^f	حمض الخل
314.36±5.01 ^{cd}	307.56±5.41 ^e	301.89±5.41 ^f	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-1-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر الجدول (41) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر، بينت بعض الدراسات أن معامل الانكماش الحجمي قد يؤثر فيه كمية الزيت الممتص، لكن يبقى العامل الأهم المحتوى المائي وآلية التداخل بينهما [Tran et al., 2007]، ويبقى نوع وصنف المادة الغذائية المستخدمة في القلي وطريقة القلي ودرجة حرارته وزمنه ونوع المعاملات المطبقة على المادة الغذائية قبل وأثناء القلي عوامل متداخلة تؤثر بشكل سلبي أو إيجابي في معامل الانكماش الحجمي [Garayo and Moreira, 2002]. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق العينات المعاملة بالحموض العضوية على بقية العينات المدروسة بقيم بلغت 19.82، 19.79% على الترتيب، ربما يفسر ذلك بقدرة هذه المركبات على التأثير في تركيب الخلايا مما يسمح بحدوث انكماش قليل. لم يلحظ وجود أي فروق معنوية بين الشاهد والعينات المعاملة بمستخلصات قشور ثمار الليمون والبرتقال والكريفون وأوراق الزيتون. أدى الغمر بأملاح كلوريد الصوديوم والكالسيوم لرفع قيمة معامل الانكماش وذلك بسبب قدرة الشوارد المعدنية على إحداث بلزمة للخلايا وبالتالي صغر حجم الخلايا المتشكلة أثناء القلي، حيث بلغت أعلى قيمة لمعامل الانكماش ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم بتركيز 1.5% حيث وصلت إلى 24.51 و 25.32% على الترتيب. لم يكن للتركيز المستخدم في الدراسة أي تأثير معنوي على قيمة معامل الانكماش ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون ومستخلص قشور ثمار الليمون والبرتقال والكريفون ، بينما أدى استخدام التركيز 1.5% من وحمض الخل والستريك لخفض قيمة معامل الانكماش.

الجدول (41) معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

تركيز 1.5%	تركيز 1%	تركيز 0.5%	معامل الانكماش الحجمي %
22.96±1.46 ^c			الشاهد
22.46±0.69 ^c	22.28±1.46 ^c	22.93±1.19 ^c	مستخلص أوراق الزيتون
22.61±0.69 ^c	22.78±1.51 ^c	22.83±1.23 ^c	مستخلص قشور ثمار الكريفون
21.87±1.09 ^{bc}	22.44±0.91 ^c	22.12±1.42 ^c	مستخلص قشور ثمار الليمون

22.49±1.11 ^c	21.86±1.28 ^{bc}	22.79±1.07 ^c	مستخلص قشور ثمار البرتقال
24.51±1.41 ^{ed}	23.94±1.23 ^{cd}	22.1±1.21 ^c	ملح كلوريد الصوديوم
25.32±1.36 ^{ed}	24.16±1.40 ^d	22.99±1.41 ^c	ملح كلوريد الكالسيوم
19.82±1.28 ^a	20.09±1.39 ^a	21.02±1.19 ^{ab}	حمض الخل
19.79±1.16 ^a	20.36±1.41 ^a	20.99±1.25 ^a	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-1-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر الجدول رقم (42) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر، حيث لوحظ ارتفاع محتوى الأكريلاميد في عينة الشاهد. أثرت عملية نقع رقائق البطاطا بالمستخلصات النباتية والأملاح المعدنية والحموض العضوية بشكل معنوي في خفض كمية الأكريلاميد ضمن العينات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد، يمكن أن يعزى ذلك لقدرة المركبات الفينولية الموجودة في جل الاسبارجين غير متاح للتفاعل مع السكريات [Friedman and Zhang and Zhang, 2008؛ Levin, 2008]، وذلك عن طريق منع مجموعات الكربونيل الناتجة عن أكسدة الدهون من تحفيز تفاعل الاسبارجين مع السكريات المرجعة [Mekawi et al., 2019]، أو ربما نتيجةً لاحتواء المستخلصات النباتية على مركبات أخرى كالحموض الأمينية، والتي تساهم في خفض كمية الأكريلاميد، وذلك عن طريق منافسة الاسبارجين في التفاعل مع السكريات المرجعة، كذلك قد تمنع نواتج تفاعل ميلارد من تشكيل مادة الأكريلاميد [Jin et al., 2013]. ويفسر قدرة الأملاح المعدنية على خفض كمية الأكريلاميد بقدرة الكاتيونات المعدنية في تثبيط حدوث التفاعل المسبب لتشكل مادة الأكريلاميد [Wen et al., 2016]، أما بالنسبة للحموض العضوية فهي تلعب دوراً هاماً في تعديل الاس الهيدروجيني، مما يؤثر على الحمض الأميني الاسبارجين من خلال التحكم بمجموعة ألفا أمينو الخاصة بالحمض الأميني الاسبارجين ومنعها من الاشتراك مع مجموعة الكربونيل في تشكل الأكريلاميد [Morales et al., 2008]. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوقاً معنوياً للعينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم بالتركيز 1 و 1.5% على بقية العينات المدروسة بكمية الأكريلاميد المقدر والتي بلغت حوالي 179.19 و 175.12 ميكروغرام/كغ على الترتيب. ويفسر تفوق العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم على العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم بقدرة كاتيونات الكالسيوم ثنائية التكافؤ بالمقارنة مع الصوديوم إحادية التكافؤ في قدرتها على تثبيط تفاعل تشكل مادة الأكريلاميد من خلال ارتباطها مع الحموض الأمينية أو منتجات تفاعل ميلارد وخاصة حمض الأكريليك الذي يعد البادئة الهامة في تكون مادة الأكريلاميد

[Pedreschi *et al.*, 2011؛ Mestdag, *et al.*, 2008]. كما ولوحظ انخفاض كمية الأكريلاميد المقدرة ضمن العينات المعاملة بقشور الكريفون وأوراق الزيتون بالمقارنة مع العينات المعاملة بقشور الليمون والبرتقال، حيث بلغت كمية الأكريلاميد المقدرة ضمن العينات المعاملة بمستخلص قشور الكريفون 197.19 و 202.72، 255.63 ميكروغرام/كغ وذلك عند استخدام التركيز 0.5، و1.5% على الترتيب وبلغت ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون عند نفس التراكيز حوالي 199.74 و 204.95، 256.48 ميكروغرام/كغ، بين [Babu *et al.*, 2017] في دراستهم وجود تباين في قدرة الحموض الفينولية في خفض كمية الأكريلاميد في رقائق البطاطا، وتراوح قدرته الحموض الفينولية في خفض بين 29-90% وذلك وفقاً لنوع الحمض الفينولي المستخدم. أما بالنسبة لبقية العينات المدروسة فقد كانت النتائج متقاربة من بعضها، حيث بلغت أعلى قيمة لكمية الأكريلاميد المقدر ضمن العينات المعاملة بحمض الخل بتركيز 0.5% حيث بلغت حوالي 590.15 ميكروغرام/كغ. توافقت نتائجنا مع [Cirit *et al.*, 2023؛ Ledbetter *et al.*, 2021؛ Haddarah *et al.*, 2021]. يظهر الجدول أدناه تفوق العينات المعاملة بالتركيز 1 و1.5% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5%، كما لم يلحظ وجود أي فروق معنوية بين التركيزين 1 و1.5% وذلك ضمن العينات المعاملة بالمستخلصات النباتية والأملاح المعدنية. أما بالنسبة للعينات المعاملة بالحموض العضوية فكلما زاد التركيز المعاملة به العينات انخفضت كمية الأكريلاميد المتشكل.

الجدول (42) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

متوسط محتوى العينة من الأكريلاميد [ميكروغرام/كغ]			المعاملة المطبقة
تركيز 1.5%	تركيز 1%	تركيز 0.5%	
895.32±9.3 ⁿ			الشاهد
199.74±6.98 ^b	204.95±8.47 ^b	256.48±6.95 ^c	مستخلص أوراق الزيتون
197.19±8.36 ^b	202.72±9.58 ^b	255.63±10.12 ^c	مستخلص قشور ثمار الكريفون
331.57±12.69 ^e	343.28±7.25 ^e	385.23±9.54 ^f	مستخلص قشور ثمار الليمون
391.56±9.28 ^{hf}	401.89±8.42 ^h	471.38±10.58 ^j	مستخلص قشور ثمار البرتقال
305.21±10.98 ^d	301.11±9.37 ^d	430.13±11.57 ⁱ	ملح كلوريد الصوديوم
175.12±7.23 ^a	179.19±4.18 ^a	200.21±6.12 ^b	ملح كلوريد الكالسيوم
338.55±7.47 ^e	461.19±8.31 ^j	590.15±8.41 ^m	حمض الخل
304.15±9.77 ^d	401.17±7.58 ^h	485.21±7.07 ^l	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف صغيرة مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها

2-1-1-6- التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر الجدول (43) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر، حيث أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بالنسبة لمؤشر اللون المبينة في الجدول (43-1) تقوفاً معنوياً لكافة العينات المدروسة على عينة الشاهد، كما وأظهرت العينات المنقوعة بملح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم وبكافة التراكيز المطبقة تقوفاً معنوياً على كافة العينات المدروسة بالنسبة للمؤشر الأنف الذكر، حيث حصلت العينات المعاملة بكل من ملح كلوريد الصوديوم والكالسيوم بتركيز 1.5% على قيمة بلغت 8.9 لكلا المعاملتين. لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي ضمن العينات المعاملة بالأملح المعدنية، بينما لوحظ وجود تأثير معنوي للتركيز المستخدم في العينات المعاملة بالمستخلصات النباتية وحمض الستريك. أما فيما يتعلق بمؤشر النكهة فقد أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (43-2) تباين الاختلافات بين العينات المدروسة، حيث بينت النتائج تفوق كل العينات المدروسة على كل من عينة الشاهد والعينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم. بلغت أعلى قيمة للمؤشر المدروس ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم بتركيز 1.5% حيث كانت حوالي 9، وبلغت ادنى قيمة ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم بتركيز 1.5% 8.1، حيث لوحظ وجود طعم خفيف غير مرغوب بالنسبة للمتذوقين، بينما تفوقت العينات المعاملة بالتركيز 0.5% على العينات المعاملة بالتركيز 1.5% في أغلب العينات باستثناء العينات المعاملة بحمض الخل وملح كلوريد الصوديوم فلم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي على المؤشر المدروس. أدى استخدام التركيز 1.5% لخفض قبولية النكهة لدى المحكمين بالنسبة للعينات المعاملة بحمض الستريك بالمقارنة مع التركيزين 0.5 و1%. بالنسبة لمؤشر القرمشة فقد لوحظ من النتائج المبينة في الجدول (43-3) عدم وجود أي فروق معنوية بين كافة العينات المدروسة، حيث بلغت أعلى قيمه له 9 ضمن كل من عينة الشاهد والعينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم [بكافة التراكيز] والعينات المعاملة بمستخلص قشور البرتقال بتركيز 1.5، وتراوح قيمته في بقية العينات المدروسة بين 8.8 و8.9، حيث لم يكن لاستخدام مواد الغمر أي تأثير معنوي على المؤشر الأنف الذكر، أظهرت النتائج بالنسبة للقبول العام الجدول (43-4) تقوفاً معنوياً وقبولاً عاماً لكافة العينات المدروسة بالمقارنة من الشاهد. بلغت أعلى قيمة للقبول العام ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم وذلك عند كل التركيز المدروسة بقيمة بلغت حوالي 8.9، كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة بمحلول كلوريد الكالسيوم بالتركيز 1 و1.5% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5% بقيم بلغت 8.7، 8.7 و8.5 على الترتيب، أما بالنسبة للعينات المعاملة بحمض الستريك فأظهرت نتائج التحليل الإحصائي

تفوق العينات المعاملة بالتركيز 1% على العينات المعاملة بالتركيزين 0.5 و 1% بقيم بلغت 8.5، 8.7 و 8.5 على الترتيب وذلك من حيث القبول العام. توافقت هذه النتائج من [Dewayani *et al.*, 2020].

الجدول (43) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

الجدول (1-43) نتائج اللون لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر			
المعاملة المطبقة	تركيز 0.5%	تركيز 1%	تركيز 1.5%
الشاهد	7.4±0.3 ^f		
مستخلص أوراق الزيتون	8.2±0.2 ^c	8.5±0.1 ^b	8.5±0.1 ^b
مستخلص قشور ثمار الكريفون	7.9±0.1 ^{de}	8.1±0.2 ^{cd}	8.2±0.1 ^c
مستخلص قشور ثمار الليمون	8.2±0.2 ^c	8.5±0.1 ^b	8.5±0.1 ^b
مستخلص قشور ثمار البرتقال	7.7±0.1 ^e	8.1±0.3 ^b	8.1±0.2 ^b
ملح كلوريد الصوديوم	8.9±0.1 ^a	8.9±0.1 ^a	8.9±0.1 ^a
ملح كلوريد الكالسيوم	8.9±0.1 ^a	8.8±0.1 ^a	8.9±0.1 ^a
حمض الخل	7.8±0.1 ^e	7.8±0.3 ^e	7.9±0.2 ^{de}
حمض الستريك	7.9±0.1 ^e	8.2±0.3 ^c	8.2±0.2 ^c

الجدول (2-43) نتائج النكهة لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

الجدول (2-43) نتائج النكهة لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر			الشاهد
8.4±0.1 ^{ef}			
مستخلص أوراق الزيتون	8.7±0.1 ^{bcd}	8.3±0.1 ^{fj}	8.3±0.2 ^{fj}
مستخلص قشور ثمار الكريفون	8.7±0.1 ^{bcd}	8.3±0.1 ^{fj}	8.3±0.2 ^{fj}
مستخلص قشور ثمار الليمون	8.8±0.2 ^{abc}	8.6±0.2 ^{cde}	8.5±0.1 ^{def}
مستخلص قشور ثمار البرتقال	8.8±0.2 ^{abc}	8.4±0.1 ^{ef}	8.3±0.2 ^{fj}
ملح كلوريد الصوديوم	8.9±0.2 ^a	8.9±0.1 ^a	9±0.0 ^a
ملح كلوريد الكالسيوم	8.5±0.2 ^{def}	8.4±0.1 ^e	8.1±0.2 ^j
حمض الخل	8.8±0.2 ^{abc}	8.9±0.1 ^{cd}	8.9±0.2 ^{cd}
حمض الستريك	8.9±0.2 ^a	8.9±0.1 ^{ab}	8.5±0.2 ^{de}

الجدول (3-43) نتائج القرمشة لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

الجدول (3-43) نتائج القرمشة لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر			الشاهد
9±0.1 ^a			
مستخلص أوراق الزيتون	8.8±0.2 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a
مستخلص قشور ثمار الكريفون	8.9±0.3 ^a	8.9±0.2 ^a	8.8±0.1 ^a
مستخلص قشور ثمار الليمون	8.8±0.2 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a
مستخلص قشور ثمار البرتقال	8.9±0.2 ^a	8.8±0.3 ^a	9±0.0 ^a
ملح كلوريد الصوديوم	8.8±0.2 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a
ملح كلوريد الكالسيوم	9±0.0 ^a	9±0.0 ^a	9±0.0 ^a
حمض الخل	8.8±0.2 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a
حمض الستريك	8.8±0.2 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a

الجدول (4-43) نتائج القبول العام لرقائق البطاطا المقلية بعد الغمر

الشاهد			8.3±0.2 ^e
مستخلص أوراق الزيتون	8.7±0.2 ^b	8.6±0.2 ^{bc}	8.6±0.2 ^{bc}
مستخلص قشور ثمار الكريفون	8.5±0.2 ^{cd}	8.4±0.2 ^{de}	8.4±0.2 ^{de}
مستخلص قشور ثمار الليمون	8.6±0.2 ^{bc}	8.7±0.2 ^b	8.6±0.2 ^{bc}
مستخلص قشور ثمار البرتقال	8.5±0.2 ^{cd}	8.4±0.2 ^d	8.5±0.2 ^{dc}
ملح كلوريد الصوديوم	8.9±0.2 ^a	8.9±0.1 ^a	8.9±0.1 ^a
ملح كلوريد الكالسيوم	8.5±0.1 ^{ab}	8.7±0.2 ^b	8.7±0.1 ^b
حمض الخل	8.5±0.2 ^{cd}	8.5±0.1 ^{cd}	8.6±0.2 ^b
حمض الستريك	8.5±0.2 ^{cd}	8.7±0.1 ^b	8.5±0.2 ^{cd}

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-2- تأثير مواد التغطية:

2-1-2-1- نتائج المحتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (44) نتائج المحتوى المائي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث كانت النتائج متقاربة مع المواصفة القياسية السورية رقم [889] تاريخ [2016]، باستثناء العينات المغلفة بصمغ الكزانثان والغوار وكربوكسي ميتيل السللوز، ويعود سبب تباين المحتوى المائي ضمن العينات المغلفة إلى قوة التصاق الغلاف الغذائي برقائق البطاطا وخصائص كل غلاف وفقاً للمادة المصنوع منها، بحيث يمنع فقدان الرطوبة من العينات المدروسة [Garmakhany et al., 2008]، كما ويفسر ارتفاع المحتوى المائي في العينات المغلفة بكربوكسي ميتيل السللوز إلى صعوبة تبخر الماء أثناء القلي، بالإضافة إلى خصائص الأغلفة السيللوزية الغروانية اتجاه المحافظة على رطوبة العينة [Wibowo et al., 2018]. لم يكن لاستخدام مستخلص قشور ثمار الكريفون أي تأثير معنوي على الرطوبة. يظهر الجدول (45) كمية الزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث توافقت النتائج المتحصل عليها مع المواصفة القياسية السورية رقم [889] تاريخ [2016]. بلغت كمية الزيت الممتص في عینتي الشاهد x1 و x2 32.21 و 27.01% على الترتيب، مما يدل على أهمية مستخلص قشور ثمار الكريفون في خفض كمية الزيت الممتص. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق كافة العينات المدروسة على عينة الشاهد، كما ولوحظ تميز عينات رقائق البطاطا المقلية والمغلفة بصمغ الكزانثان على بقية عينات الدراسة، حيث وصلت نسبة الزيت الممتص ضمن عينات رقائق البطاطا المغلفة بصمغ الكزانثان بدون مستخلص قشور ثمار الكريفون إلى 10.76% وكانت ضمن العينات المضاف لها مستخلص قشور ثمار الكريفون حوالي 9.89%، يمكن أن يعزى سبب التميز هذا إلى خصائص صمغ الكزانثان الحرارية وقدرته على تشكل غلاف غذائي متماسك

على سطح المنتج الغذائي [Naghavi et al., 2018a]، وكانت أعلى قيمة للزيت الممتص في نهاية فترة القلي للعينات المغلفة ضمن العينات المعاملة بياض البيض المجفف حيث بلغت نسبتها 22.61% ضمن العينات المعاملة بياض البيض المجفف لوحده وكانت 20.01% ضمن العينات المضاف لها مستخلص قشور ثمار الكريفون ربما يعود ذلك لضعف وقلة مرونة الأغلفة المشكلة من المواد البروتينية وصعوبة التصاقها بالسطح الخارجي للرقائق، يفسر سبب اختلاف كمية الزيت الممتص ضمن العينات المدروسة إلى تراكيز المواد المستخدمة في صناعة الأغلفة الغذائية، وطبيعة كل مادة [Garmakhany et al., 2008]. لم يكن لاستخدام مستخلص قشور ثمار الكريفون أي تأثير معنوي في خفض كمية الزيت الممتص باستثناء الشاهد والعينات المعاملة بياض البيض المجفف. كانت النتائج المتحصل عليها متوافقة مع [Bouaziz et al., 2016] وكانت أفضل من [Angor, 2013; Alimi et al., 2015; Aminlari et al., 2005] واختلفت مع [Mousa, 2018].

الجدول (44) نتائج محتوى الماء لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

الرطوبة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	0.05±1.89 ^a	1.93±0.09 ^a	2.15±0.08 ^c	2.04±0.07 ^b	2.15±0.08 ^c	1.89±0.07 ^a	1.92±0.05 ^a	1.91±0.08 ^a
X2	0.07±1.88 ^a	1.94±0.011 ^a	2.14±0.07 ^c	2.03±0.07 ^b	2.13±0.07 ^c	1.87±0.08 ^a	1.93±0.05 ^a	1.93±0.06 ^a

الجدول (45) نتائج محتوى الزيت لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

الزيت الممتص	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	1.8 ⁱ ±32.21	15.33±1.1 ^e	10.76±0.9 ^{ab}	12.2±1.5 ^{bc}	13.35±1.4 ^{bcd}	15.98±1.4 ^{de}	13.46±1.3 ^{cde}	22.61±1.5 ^g
X2	27.01±1.1 ^h	14.03±1.8 ^{de}	9.89±1.4 ^a	11.4±1.5 ^{ba}	11.96±0.92 ^{bc}	13.08±1.8 ^{bcd}	11.77±1.2 ^{bac}	20.01±1.1 ^f

- X1 العينات المعاملة بمواد التغطية X2 العينات المعاملة بمواد التغطية مضافاً لـ مستخلص قشور ثمار الكريفون

2-2-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (46) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، فالنسبة للمؤشر اللوني [L*] لوحظ من الجدول (46) عدم وجود أي فروقات معنوية عند بين كافة العينات باستثناء العينات المعاملة بالبكتين وبياض البيض المجفف، والتي بلغت فيهما قيمة المؤشر الأنف الذكر 75.38 و 76.05 على الترتيب بالنسبة للعينات الغير معاملة بمستخلص قشور ثمار الكريفون إما العينات المعاملة بمستخلص قشور الكريفون فكانت حوالي 77.98 و 78.08 على الترتيب. ويفسر سبب الاختلاف بتأثير نوع ودرجة تماسك الغلاف الغذائي المُشكل

على سطح المنتج الغذائي [Bouaziz et al., 2016]. أدى إضافة مستخلص قشور الكريفون للأغلفة الغذائية المحضرة لرفع قيمة مؤشر الإضاءة في كافة عينات الدراسة، حيث يشير ارتفاع قيم المؤشر $[L^*]$ إلى اللون الأفتح [Garayo and Moreira, 2002]. أما بالنسبة لمؤشر درجة الاصفرار $[b^*]$ فقد أدى استخدام مواد التغطية لرفع قيمته وبشكل معنوي في أغلب العينات المدروسة بالمقارنة مع عينة الشاهد. كما وأظهرت النتائج في الجدول (2-46) عدم وجود فروق معنوية بين كافة العينات باستثناء العينات المعاملة بالبكتين فقد تفوقت عليها العينات المعاملة ببياض البيض المجفف والتي بلغت فيها قيمة مؤشر الاصفرار حوالي 28.98. أدى إضافة مستخلص قشور الكريفون لخفض قيمة مؤشر الاصفرار وبشكل معنوي ضمن عينة الشاهد فقط حيث كانت قيمته 26.97 وأصبحت 23.03، أما باقي العينات فقد انخفضت فيه قيمة المؤشر الآنف الذكر لكن الانخفاض كان ظاهرياً. فيما يتعلق بمؤشر الاحمرار الجدول (3-46) فقد أظهرت النتائج بالنسبة للعينات الغير معاملة بمستخلص قشور ثمار الكريفون وجود تباين في قدرة الأغلفة الغذائية بالتأثير بمؤشر الاحمرار، حيث تفوقت العينات المعاملة بنشاء الذرة المعدل والبكتين وكربوكسي ميثيل السيللوز على بقية العينات المدروسة بقيم بلغت 5.19، 5.23 و 5.36 على الترتيب، بينما أدى استخدام صمغ الكزانثان وبياض البيض والصمغ العربي لرفع قيمة المؤشر الآنف الذكر حيث كان ضمن هذه العينات حوالي 6.96، 6.88 و 6.66 على الترتيب، وفي نفس السياق لم يكن لاستخدام صمغ الغوار أي تأثير معنوي على مؤشر الاحمرار. أدى استخدام مستخلص قشور الكريفون لخفض قيمة مؤشر الاحمرار وبشكل معنوي في كافة العينات المدروسة، فكانت ادنى قيمة له ضمن العينات المعاملة بنشاء الذرة المعدل حيث بلغ 4.23. يمكن أن يفسر ارتفاع قيمة كل من المؤشر $[a^*]$ و $[b^*]$ في أغلب العينات المدروسة بسبب التفاعل الحاصل بين المجموعات الأمينية والسكريات [Bouaziz et al., 2016]، ويفسر سبب الارتفاع في العينات المعاملة ببياض البيض المجفف لارتفاع كمية الحموض الأمينية والبيتيدات مما يؤدي لزيادة تشكل المركبات المسؤولة عن ازدياد قيم المؤشرين $[a^*]$ و $[b^*]$ نتيجة التفاعل الحاصل بين السكريات المرجعة والحموض الأمينية [Bal et al., 2011]. يظهر الجدول (4-46) نتائج تغير اللون ΔE للعينات المدروسة، حيث أدى استخدام مواد التغطية لرفع قيمة ΔE في أغلب العينات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد، وكانت أعلى قيمة لـ ΔE ضمن العينات المعاملة بصمغ الغوار وبياض البيض المجفف حيث كانت حوالي 19.03 و 18.92 على الترتيب، بينما أدى استخدام البكتين لخفض قيمة ΔE والتي بلغت قيمتها ضمنه حوالي 17.43.

أثر وبشكل معنوي استخدام مستخلص قشور ثمار الكريغون مع مواد التغطية في أغلب العينات المدروسة في خفض قيمة ΔE ، باستثناء العينات المعاملة ببياض البيض المجفف حيث كان الانخفاض ظاهرياً. إما بالنسبة لمؤشر الاسمرار، فقد لوحظ من الجدول (5-46) ارتفاع قيمته في كافة العينات الغير معاملة بمستخلص قشور ثمار الكريغون بالمقارنة مع الشاهد باستثناء العينات المعاملة بالبكتين والتي بلغت فيها قيمة مؤشر الاسمرار حوالي 49.78، توافقت نتائجنا مع [Bouaziz et al., 2016]، كما ولوحظ أن استخدام مستخلص الكريغون مع مواد التغطية قد خفض قيمة معامل الاسمرار وتوافقت هذه النتيجة مع [Kurek et al., 2021].

الجدول (46) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا بعد التغطية

الجدول (1-46) نتائج مؤشر السطوع L^* لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	72.65±1.4 ^{de}	74.33±1.5 ^d	74.25±1.05 ^d	74.58±1.4 ^d	72.16±1.3 ^e	72.08±1.4 ^e	75.38±1.6 ^{cd}	76.05±1.7 ^{bc}
X2	75.25±1.6 ^{cd}	76.92±1.3 ^{bac}	76.93±1.21 ^{bac}	76.9±1.4 ^{bca}	74.81±1.6 ^d	74.91±1.1 ^d	77.98±1.2 ^{ab}	78.08±1.1 ^a

الجدول (2-46) نتائج مؤشر الاصفرار b^* لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	26.97±1.1 ^d	28.56±1.1 ^{ab}	28.25±1.09 ^{abc}	28.78±1.1 ^{ab}	27.9±1.1 ^{ab}	28.26±1.1 ^{ab}	27.63±0.9 ^{bdc}	28.98±1.2 ^a
X2	23.03±0.8 ^e	28.06±1.1 ^{abdc}	28.11±1.02 ^{acb}	28.88±0.9 ^{ab}	27.7±0.9 ^{bc}	28.17±1.1 ^{abc}	27.33±1.1 ^{cd}	28.42±0.8 ^{abc}

الجدول (3-46) نتائج مؤشر الاحمرار a^* لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	5.93±0.48 ^c	6.66±0.33 ^d	6.96±0.29 ^d	6.03±0.12 ^c	5.36±0.21 ^b	5.19±0.19 ^b	5.23±0.35 ^b	6.88±0.33 ^d
X2	4.61±0.1 ^a	5.16±0.2 ^b	5.72±0.31 ^{bc}	5.13±0.22 ^b	4.31±0.11 ^a	4.23±0.22 ^a	4.29±0.18 ^a	5.72±0.4 ^{bc}

الجدول (4-46) نتائج تغير اللون ΔE لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	17.42±1.02 ^c	18.81±0.8 ^e	18.59±0.71 ^e	19.03±0.7 ^f	18.5±.76 ^{de}	18.83±0.8 ^e	17.43±0.9 ^c	18.92±0.8 ^e
X2	12.96±0.5 ^a	17.45±0.8 ^c	17.56±0.76 ^{cd}	17.87±0.8 ^{cd}	17.4±0.77 ^c	17.56±0.9 ^{cd}	16.21±0.7 ^b	18.05±0.8 ^{cd}

الجدول (5-46) نتائج تغير مؤشر الاسمرار BI لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	51.43±0.89 ^d	54.06±1.1 ^e	53.72±0.99 ^e	54.06±1.1 ^e	53.2±1.03 ^e	53.81±1.1 ^e	49.78±0.9 ^c	53.01±1.2 ^e
X2	40.34±0.68 ^a	51.11±0.98 ^d	51.96±0.88 ^d	51.96±0.95 ^d	51.32±1.1 ^d	51.45±0.92 ^d	47.91±0.88 ^b	52.65±0.97 ^{de}

2-1-2-3- نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (47) نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث أظهرت النتائج ارتفاع قيمة القوة المطبقة للكسر للعينات بسبب الأغلفة المشكلة عليها بالمقارنة مع الشاهد، وكانت أعلى قيمة ضمن

العينات المغلفة بالبكتين وصمغ الكزانثان حيث بلغت حوالي 333.21 و 329.29 غ على الترتيب، وكانت العينات المعاملة ببياض البيض المجفف مقاربه في قيمتها للشاهد، يفسر هذا الاختلاف بطبيعة المواد المشكلة للغلاف حيث تزيد من الصلابة لكن القيمة لم تؤثر بشكل سلبي في خاصية القرمشة. أدى إضافة مستخلص قشور الكريفون للأغلفة الغذائية لخفض قيمة وتحسين خاصية القرمشة. توافقت نتائجنا مع [Bouaziz et al., 2016].

الجدول (47) نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينات	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانثان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	300.81±5.4 ^b	318.18±5.7 ^{cd}	329.29±6.1 ^e	322.4±4.9 ^d	313.01±6.4 ^c	312.51±5.9 ^c	333.21±4.1 ^f	302.27±5.7 ^b
X2	288.99±4.2 ^a	313.1±5.5 ^c	317.21±5.8 ^{cd}	315.57±5.7 ^c	312.11±5.3 ^c	311.71±4.9 ^c	325.38±5.7 ^d	297.43±5.1 ^b

X1 العينات المعاملة بمواد التغطية X2 العينات المعاملة بمواد التغطية مضافاً لعل مستخلص قشور ثمار الكريفون تمثل القيم في الجدول المتوسط

2-1-2-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي:

يظهر الجدول (48) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث أظهرت نتائج التحليل الاحصائي تباين في قدرة الأغلفة الغذائية في التأثير بمعامل الانكماش فبلغت إحدى قيمة له ضمن العينات المغلفة بالبكتين فكانت 20.03 و 20.01 للعينات المغلفة بالبكتين لوحده والعينات المضاف لها مستخلص قشور الكريفون على الترتيب. وفي نفس السياق فقد بلغت أعلى قيمة للمؤشر الأنف الذكر ضمن العينات المغلفة بصمغ الكزانثان حيث وصلت إلى 23.92 و 24.13% للعينات المغلفة بصمغ الكزانثان لوحده والعينات المضاف لها مستخلص قشور الكريفون على الترتيب. ربما يفسر سبب ارتفاع قيمة معامل الانكماش الحجمي في العينات المغلفة بصمغ الكزانثان هو تأثير خواص وتركيب الأغلفة الغذائية في الحد من كمية الزيت الممتص من خلال التأثير في تركيب السطح الخارجي للرقائق خلال دقائق عملية القلي. لم يكن للمستخلص المضاف للأغلفة أي تأثير معنوي على مؤشر معامل الانكماش. أظهرت بعض الدراسات أن معامل الانكماش الحجمي قد يؤثر فيه كمية الزيت الممتص، لكن يبقى العامل الأهم المحتوى المائي وآلية التداخل بينهما [Tran et al., 2007]، ويبقى نوع وصنف المادة الغذائية وطريقة القلي ودرجة حرارته وزمنه ونوع المعاملات المطبقة قبل وأثناء القلي عوامل متداخلة تؤثر بشكل سلبي أو إيجابي في معامل الانكماش الحجمي [Garayo and Moreira, 2002].

الجدول (48) نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينات	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانثان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
---------	--------	--------------	---------------	------------	------------------------	-------------------	---------	-------------------

22.83±1.6 ^b	20.03±1.6 ^a	21.63±1.6 ^{ab}	20.11±1.4 ^a	21.71±1.6 ^{ab}	23.92±1.4 ^c	21.53±1.3 ^{ab}	22.96±1.4 ^{bc}	X1
21.73±1.4 ^b	20.01±1.5 ^a	21.4±1.4 ^{ab}	20.63±1.5 ^{ab}	21.89±1.4 ^b	24.13±1.6 ^c	21.73±1.5 ^b	22.78±1.5 ^{bc}	X2

2-1-2-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (49) كمية الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث بينت نتائج التحليل الإحصائي قدرة المواد المستخدمة في تغليف رقائق البطاطا على خفض كمية الأكريلاميد المتشكل ضمنها لكن بشكل طفيف، ويفسر هذا الانخفاض بأن الأغلفة الغذائية عند درجة حرارة تفوق 60م قد تشكل طبقة عازلة على سطح المنتج الغذائي، تعمل هذه الطبقة على صعوبة تبخر الماء وبالتالي تمنع تغلغل الزيت على سطح المادة الغذائية وداخلها وبالتالي تحد من التفاعلات المؤدية لتشكل الأكريلاميد، وجد العديد من الباحثين أن منتجات البطاطا المغلفة بأغلفة صالحة للأكل تمتاز بنشاط مائي مرتفع [Vega-Castro et al., 2022]، كما وبين [Gómez-Narváez et al., 2019] أن الأغلفة الصالحة للأكل تحد من تشكل المركبات الناتجة عن تفاعل ميلارد.

الجدول (49) نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

العينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	895.3±9.3 ^j	851.8±4.13 ⁱ	855.9±5.2 ⁱ	856.7±8.1 ⁱ	823.01±3.4 ^h	892.9±6.1 ^j	746.8±5.1 ^g	891.8±6.9 ^j
X2	202.7±9.5 ^a	691.0±6.13 ^f	692.2±7.0 ^f	594.6±5.9 ^c	601.5±6.9 ^d	690.7±4.9 ^f	471.4±6.7 ^b	652.7±6.4 ^e

X1 العينات المعاملة بمواد التغطية X2 العينات المعاملة بمواد التغطية مضافاً لهل مستخلص قشور ثمار الكرفون تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. -تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

بلغت كمية الأكريلاميد في العينات المغلفة بالبكتين 746.8 ميكروغرام/كغ تقاربت نتائجنا مع [Vega-Castro et al., 2024; Jung et al., 2003; et al., 2022; Zhu, et al., 2024]. أدى إضافة مستخلص قشور الكرفون للعينات المدروسة لخفضه في كافة العينات، تقاربت نتائجنا مع [Esmaeili et al., Trujillo-Agudelo et al., 2020]، بين [Zokaei et al., 2020] أن استخدام المستخلصات المائية لنبات الزعتر والكراث الإيراني بتركيز من 1-7% مع المواد الغراونية لتشكيل أغلفة على منتجات البطاطا المقلية خفض الأكريلاميد بنسبة أقل من لو تم استخدامها لوحدها وأوصى بعدم دمجها مع بعضها. ربما يعود السبب في ذلك لآلية تأثير المركبات الفينولية.

2-1-2-6- التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية:

يوضح الجدول (50) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية، فبالنسبة لمؤشر اللون. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (1-50) تفضيل المحكمين للعينة المغلفة بالبكتين على بقية

العينات بقية بلغت حوالي 7.9، أما بالنسبة لبقية العينات فلم يكن هناك أي فروق معنوية بينها وبين عينة الشاهد باستثناء العينة المغلفة ببياض البيض المجفف والتي بلغت فيها درجة تقييم اللون حوالي 7.1، أدى إضافة مستخلص قشور الكريغون لمواد التغطية لتحسين مؤشر اللون في كافة العينات وكانت أعلى قيمة له ضمن العينة المغلفة بالبكتين والتي بلغت فيها قيمة المؤشر الأنف الذكر حوالي 8.4. إما بالنسبة للنكهة فيظهر الجدول (2-50) نتائج تقييم النكهة، حيث لوحظ تفوق عينة الشاهد على بقية العينات ، كما وكانت القيم متقاربة من بعضها باستثناء العينات المغلفة ببياض البيض المجفف والتي بلغت فيها حوالي 7.5. لم يكن لإضافة مستخلص قشور ثمار الكريغون للعينات أي تأثير معنوي على نكهتها وكان ارتفاع القيم ظاهرياً، إما فيما يتعلق بالقرمشة فقد لوحظ من الجدول (3-50) تفوق عينة الشاهد على بقية العينات المدروسة، وامتلكت العينات المغلفة ببياض البيض المجفف أدنى قيمة بالنسبة للمؤشر الأنف الذكر حيث بلغت حوالي 8.1. بالنسبة للقبول العام، أما بالنسبة لنتائج القبول العام المبينة في الجدول (4-50) فقد كانت العينات متباينة فيما بينها ومتقاربة وبنسب مختلفة، مما يظهر ملائمة أغلب المعاملات في الحفاظ على خصائص جودة رقائق البطاطا، كما وأظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق بعض العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الكريغون ، تقاربت نتائجنا مع [Bouaziz *et al.*, 2016].

الجدول (50) نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

الجدول (1-50) نتائج التقييم الحسي اللون لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية								
عينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	7.4±0.3 ^e	7.4±0.2 ^e	7.5±0.2 ^{de}	7.4±0.2 ^e	7.5±0.2 ^{de}	7.4±0.2 ^e	7.9±0.2 ^{bc}	7.1±0.2 ^f
X2	8.1±0.2 ^b	7.7±0.2 ^{cd}	7.9±0.2 ^{bc}	7.9±0.2 ^{bc}	7.9±0.2 ^{bc}	7.8±0.2 ^c	8.4±0.2 ^a	7.4±0.2 ^e

الجدول (2-50) نتائج التقييم الحسي النكهة لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

عينة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	8.4±0.1 ^a	8.1±0.1 ^b	8.1±0.2 ^b	8.0±0.1 ^{bc}	7.8±0.2 ^d	7.9±0.1 ^b	7.9±0.1 ^{cd}	7.5±0.1 ^e
X2	8.3±0.1 ^a	7.9±0.1 ^{cd}	8.1±0.1 ^b	7.9±0.1 ^{cd}	7.9±0.1 ^{cd}	8.0±0.1 ^{bc}	7.8±0.1 ^d	7.6±0.1 ^e

الجدول (3-50) نتائج التقييم الحسي القرمشة لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

عينة	الشاهد	صمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض
X1	9±0.1 ^a	8.6±0.2 ^c	8.7±0.1 ^{bc}	8.6±0.1 ^c	8.7±0.1 ^{bc}	8.7±0.1 ^{bc}	8.7±0.1 ^{bc}	8.1±0.2 ^d
X2	8.9±0.2 ^{ab}	8.7±0.1 ^{bc}	8.6±0.1 ^c	8.7±0.2 ^{bc}	8.6±0.1 ^c	8.7±0.2 ^{bc}	8.6±0.2 ^c	8.1±0.2 ^d

الجدول (4-50) نتائج التقييم الحسي القبول العام لرقائق البطاطا المقلية بعد التغطية

عينة	الشاهد	صمغ العربي	الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة	البكتين	بياض البيض
X1	8.3±0.2 ^{ab}	8±0.2 ^e	8.1±0.1 ^{cd}	8±0.1 ^d	8±0.1 ^d	8±0.1 ^d	8.2±0.1 ^{bc}	7.6±0.2 ^e
X2	8.4±0.1 ^a	8.1±0.1 ^{cd}	8.2±0.1 ^{bc}	8.2±0.1 ^{bc}	8.2±0.2 ^{bc}	8.2±0.2 ^{bc}	8.3±0.2 ^{ba}	7.7±0.2 ^e

2-2- المعاملات الفيزيائية:

2-2-1- تأثير التجفيف بطرائقه المختلفة:

2-2-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يوضح الجدول [1-51] نتائج محتوى الماء لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق. بلغ محتوى الماء 1.87، 1.90، 1.89، 1.96% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10 % باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 1.71، 1.75، 1.81، 1.89% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30 % على الترتيب، وتفاوتت العينة المحضرة بالتجفيف تحت التفريغ حتى معدل فقد 30% (1.71) معنوياً مقارنةً مع العينات المقلية دون معاملة مسبقة. وتوافقت هذه النتائج مع ما أشار إليه من قبل [Cruz et al., 2018] في دراسته حول تأثير زمن كل من التجفيف الأولي والقلي في محتوى الماء لرقائق البطاطا. أما محتوى الزيت الممتص فيظهر الجدول [2-51] انخفاض محتوى الزيت لرقائق البطاطا مع زيادة زمن التجفيف، ويمكن تفسير ذلك بالتغيرات في المسام بسبب التجفيف التي أتاحت التبادل الحراري دون الاحتفاظ بالزيت داخل المسام، درست مجموعة واسعة من العوامل التي تؤثر على تقليل محتوى الدهون، وبينت أن امتصاص الزيت يبدأ عندما تتبخر الرطوبة من المادة الغذائية أثناء القلي، ولكن مع وجود الزيت الملتصق بسطح القشرة، يتغلغل الزيت في البنية المجهرية أثناء التبريد. لذلك يؤدي خفض محتوى الماء عن طريق التجفيف المسبق إلى انخفاض كبير في محتوى الدهون في المنتج النهائي [Liu et al., 2020b]. وبلغت قيم محتوى الزيت في رقائق البطاطا 30.93، 31.05، 32.17، 32.16% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 27.41، 27.04، 29.36، 30.23% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وجميعها أدنى مما كانت في العينات المقلية دون معاملة مسبقة وهي 32.21%، لتتوافق مع ما وجده [Van Loon et al., 2007] بالنسبة لنتائج الزيت الممتص في أصابع البطاطا فأدى خفض محتوى الماء بنسبة 20% قبل القلي إلى خفض امتصاص الزيت بنسبة 10-15%، وفسر ذلك بأنه عند التجفيف تتشكل طبقة سميكة من الخلايا الجافة تعيق امتصاص الزيت أثناء القلي اللاحقة وتزداد سماكة هذه الطبقة بزيادة مدة التجفيف، وربما يعود سبب حصول العينات المجففة بالميكرويف لأدنى قيمة بالنسبة للزيت الممتص نتيجةً لحدوث تبلور لحبيبات النشاء، والتي قد تشكل مع الحموض الدهنية معقدات دهنية نشوية تمنع دخول الزيت لداخل المادة [Long et al., 2020].

الجدول (51) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
10 %	1.89±0.05 ^d	1.87±0.03 ^d	1.90±0.04 ^{de}	1.89±0.05 ^{df}	1.96±0.05 ^e
20 %		1.83±0.05 ^{dc}	1.86±0.06 ^{cd}	1.87±0.04 ^{cd}	1.94±0.06 ^{de}
30 %		1.71±0.06 ^a	1.75±0.05 ^{ab}	1.81±0.06 ^{bc}	1.89±0.04 ^d

الجدول (2-51) نتائج محتوى الزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
10 %	32.21±1.84 ^d	30.93±1.31 ^{bc}	31.05± 1.43 ^{bcd}	32.17±1.61 ^d	32.16±1.23 ^d
20 %		29.57±1.43 ^b	30.12±1.52 ^{bc}	31.24±1.13 ^{bcd}	31.98±1.42 ^{cd}
30 %		27.41±1.12 ^a	27.04±1.22 ^a	29.36±1.14 ^b	30.23±1.21 ^{bc}

م. م: معدل فقد الماء. - تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يبين الجدول (1-52) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق، وتشير إلى انخفاض درجة السطوع L^* مع زيادة شدة المعاملة بالتجفيف المسبق من حيث الحرارة والزمن، إذ بلغت درجة السطوع L^* 71.92، 69.98، 69.99، 68.94 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10 % باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 70.73، 67.89، 67.87، 67.02 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفاوتت عينة القلي التقليدي بدون معاملة مسبقة بأعلى درجة سطوع وهي 72.65، وتوافقت نتائجنا مع ما وجدته [Pedreschi et al., 2007] ويعود ذلك للاستمرار غير الأنزيمي الذي يحدث عند التجفيف ويستمر أثناء القلي فتصبح بعض أجزاء سطح الشريحة أكثر قتامة، مع التركيز على تأثير الصنف المستخدم في المؤشرات اللونية عند القلي وطريقة تجهيزه وربما يفسر انخفاض مؤشر الإضاءة نتيجة لانخفاض المحتوى المائي مما يؤدي لتقليل انعكاس الضوء على سطح رقائق البطاطا، ويظهر في الجدول (2-52) ارتفاع درجة الاصفرار b^* بزيادة شدة المعاملة من حيث الحرارة والزمن، وكانت 27.96، 28.41، 29.40، 29.90 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 28.91، 29.04، 30.11، 30.84 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفاوتت العينة المحضرة بالتجفيف المسبق بالهواء العادي حتى معدل فقد 30 % على العينات الأخرى بصورة معنوية. توافقت نتائج الاصفرار مع ما وجدته [Tajner-Czopek et al.]

al., 2008] والذي أشار إلى أن تقليل زمن التجفيف يؤدي إلى منتجات ذات مؤشر b^* أقل ويؤثر حجم القطعة ودرجة الحرارة المستخدمة بشكل رئيسي في الدرجة اللونية. يبين الجدول [3-54] ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار a^* لرقائق البطاطا المقلية بزيادة درجة الحرارة، ربما يعود السبب في ذلك لجلتة النشا الذي يؤدي لزيادة تفاعل ميلارد نتيجة النهايات المختزلة والنااتجة عن جلتة النشاء، وصلت إلى 6.37، 6.31، 6.99، 6.98 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفوقت المعاملة بالتجفيف المسبق تحت التفريغ حتى معدل فقد 10% معنوياً على العينات الأخرى بأدنى قيمة a^* ، ويلاحظ من النتائج أن زيادة زمن المعاملة أدت إلى زيادة درجة الاحمرار. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة لرقائق البطاطا المقلية مع ارتفاع معدل التجفيف، فكانت 18.6، 19.88، 20.57، 21.67 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 20.13، 21.45، 22.54، 23.56 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفوقت عينة القلي التقليدي والمجففة تحت التفريغ لمعدل 10% بأدنى قيمة لتغير اللون، توافقت النتائج مع دراسة [Pedreschi et al., 2007] التي وجد فيها ارتفاع درجة التغير اللون بزيادة زمن وشدة المعاملة الحرارية بسبب الاسمرار السطحي كما ذكر سابقاً، وكان ذلك أكثر وضوحاً بالنسبة لمؤشر الاسمرار. بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI 53.20، 57.03، 59.26، 61.52 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 57.88، 61.16، 64.7، 67.28 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفوقت عينة القلي التقليدي على المعاملات الأخرى بمؤشر الاسمرار، وتوافقت النتائج مع دراسة [Capar and Yalcin, 2017] التي وجد فيها انخفاض قيمة L^* مع ارتفاع قيمة a^* بسبب تفاعلات اللون.

الجدول (52) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة التجفيف المسبق

الجدول (1-52) نتائج مؤشر السطوع L^* بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة التجفيف المسبق					
م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10	72.65±1.45 ^a	71.92±0.92 ^{ab}	69.98±1.08 ^{bc}	69.99±0.96 ^{bc}	68.94±1.12 ^{cd}
% 20		70.86±1.18 ^b	68.95±0.91 ^{cd}	68.94±1.05 ^{cd}	67.87±1.03 ^d
% 30		70.73±0.97 ^b	67.89±0.96 ^d	67.87±1.19 ^d	67.02±0.99 ^d

الجدول (2-52) نتائج مؤشر الاحمرار a^* بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة التجفيف المسبق

	5.93±0.48 ^b	5.06±0.46 ^a	5.86±0.37 ^b	5.83±0.49 ^b	6.03±0.33 ^b
		6.14±0.37 ^b	6.24±0.38 ^b	6.93±0.38 ^c	6.96±0.45 ^c
% 10					
% 20					

6.98±0.42 ^c	6.99±0.37 ^c	6.31±0.26 ^b	6.37±0.33 ^b		% 30
------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	--	------

الجدول (3-52) نتائج مؤشر الاصفرار b^* بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة التجفيف المسبق

29.90±0.79 ^{ab}	29.40±0.75 ^{bc}	28.41±0.83 ^{cd}	27.96±0.61 ^{de}	26.97±1.05 ^e	% 10
30.12±0.85 ^a	29.96±0.64 ^{ab}	28.98±0.71 ^{bcd}	28.62±0.74 ^{cbd}		% 20
30.84±0.86 ^a	30.11±0.73 ^a	29.04±0.33 ^{bc}	28.91±0.86 ^{bcd}		% 30

الجدول (4-52) نتائج مؤشر تغير اللون الكلي ΔE بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة التجفيف المسبق

21.67±0.92 ^d	20.57±0.97 ^{cd}	19.88±0.84 ^c	18.6±0.89 ^b	17.42±1.02 ^a	% 10
22.52±0.94 ^{hi}	21.96±0.85 ^{eh}	20.88±0.99 ^{cde}	19.77±0.91 ^c		% 20
23.56±0.88 ⁱ	22.54±0.91 ^{hi}	21.45±0.78 ^{deh}	20.13±0.86 ^c		% 30

الجدول (5-52) نتائج مؤشر الاسمرار BI بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة التجفيف المسبق

61.52±0.88 ^f	59.26±0.83 ^e	57.03±0.89 ^{cd}	53.20±0.73 ^b	51.44± 0.89 ^a	% 10
64.62±0.79 ^h	63.08±0.84 ^g	59.40±0.82 ^e	56.84±0.83 ^c		% 20
67.28±0.85 ⁱ	64.7±0.81 ^h	61.16±0.76 ^f	57.88±0.79 ^d		% 30

م. م: معدل فقد الماء. - تعبر النتائج عن المتوسط $\pm$ الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-1-3- نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يبين الجدول (53) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق وهي 294.32، 296.27، 299.45 غ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، انخفضت قوة الكسر لرقائق البطاطا بعد القلي عند التجفيف لنسبة فقد حوالي 10% وهذا يرتبط بالتغيرات في الخصائص الهيكلية والمسامية، ووصلت إلى 331.65، 350.15، 341.33، 356.67 غ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، بينما كانت 300.81 غ في عينة القلي التقليدي بدون معالجة مسبقة، وقد توافق ذلك مع ما وجدته [Su et al., 2018] ولكن ربما يكون القوام الأدنى مرغوباً بدرجة أكبر من الناحية الحسية، وفي دراسته [Van Loon et al., 2007] وجد انخفاض قيمة الهشاشة إلى أدنى درجة في تحليل القوام عند التجفيف حتى فقدان الوزن بنسبة 20% بالمقارنة مع عينة الشاهد. بينما لاحظ [Cruz et al., 2018] أن وقت التجفيف يؤثر بشكل كبير على خصائص رقائق البطاطا الفيزيائية والكيميائية ويلعب دوراً هاماً في تقييم خواصها الحسية وربما زيادة وقت التجفيف لارتفاع الصلابة.

الجدول (53) نتائج قوة الكسر بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10	300.81±5.41 ^a	294.32±6.40 ^a	296.27±5.39 ^a	296.29±6.34 ^a	299.45±5.42 ^a
% 20		308.46±6.37 ^b	344.26±5.94 ^{de}	314.28±4.40 ^b	350.32±5.85 ^{ef}
% 30		331.65±5.43 ^c	350.15±6.96 ^e	341.33±6.38 ^d	356.67±5.73 ^f

2-2-1-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يظهر الجدول (54) قيم معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق وهي 21.31، 23.46، 24.47، 26.98% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 22.45، 24.12، 25.18، 27.96% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفاوتت معاملة التجفيف بالتفريغ حتى معدل فقد 10% على العينات الأخرى بأدنى قيمة لمعامل الانكماش، وتشير النتائج إلى ارتفاع معامل الانكماش عند استخدام التجفيف المسبق وقد توافق ذلك مع ما وجدته [Su et al., 2018] وفُسر ذلك بانتهيار جدار الخلية عند التجفيف المسبق.

الجدول (54) نتائج معامل الانكماش الحجمي بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10	22.96±1.46 ^{bca}	21.31±2.32 ^a	23.46±2.33 ^{abcd}	24.47±2.29 ^{bcd}	25.98±1.24 ^{de}
% 20		21.62±1.31 ^{ab}	23.89±2.40 ^{abcd}	24.86±2.34 ^{bcd}	26.07±2.13 ^{de}
% 30		22.45±2.20 ^{ab}	24.12±1.42 ^{bcd}	25.18±1.38 ^{cde}	26.96±2.37 ^e

م. م: معدل فقد الماء. تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-1-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يبين الجدول (55) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق، ارتفع محتوى الأكريلاميد بالمقارنة مع القلي التقليدي، وكانت في العينات المختبرة 978.50، 1037.77، 1039.65، 1066.06 ميكروغرام/كغ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، بمعدل ارتفاع 9.29، 15.91، 16.12، 19.07% على الترتيب، ووصلت إلى 1070.89، 1114.49، 1119.26، 1163.56 ميكروغرام/كغ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفاوتت العينات غير المعاملة معنوياً بأدنى محتوى أكريلاميد في العينات المدروسة. توافقت النتائج مع [Pedreschi et al., 2007]، ومع ما ذكره [Liu et al., 2021].

الجدول (55) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10		978.50±7.88 ^b	1037.77±9.96 ^d	1039.65±6.69 ^d	1066.06±7.99 ^e
م. ع %		9.29	15.91	16.12	19.07
% 20	895.32±9.3 ^a	1016.73±7.36 ^c	1075.82±9.58 ^f	1075.12±5.77 ^f	1112.44±5.67 ^g
م. ع %	-	13.56	20.16	20.08	24.25

1163.56±5.95 ⁱ	1119.26±6.79 ^h	1114.49±7.76 ^g	1070.89±9.47 ^e		30 %
29.96	24.01	24.48	19.61		م. ع %

---م: معدل فقد الماء م. ع: معدل الارتفاع في محتوى الأكريلاميد. تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-1-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يوضح الجدول (56) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف. بلغت نتائج اللون 7.6، 7.3، 7.3، 7.2 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 7.4، 7.2، 7.1، 6.9 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30 % على الترتيب، تفوقت عينة الشاهد بأعلى درجة لتقييم اللون هي والعينات المجففة حتى فقد رطوبة 10%. فيما كانت نتائج النكهة 8.5، 8.2، 8.2، 8.1 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10 % باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 8.6، 7.9، 7.9، 8.0 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب. وصلت نتائج القرمشة حسيًا إلى 8.8، 8.8، 8.8، 8.9 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 8.4، 8.0، 7.4، 7.3 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، بينما كانت 9.0 في عينة القلي التقليدي بدون معالجة مسبقة وتفوقت بأعلى درجة للقرمشة. كانت نتائج القبول العام 8.3، 8.1، 8.1، 8.1 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 8.1، 7.7، 7.5، 7.4 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، بينما تفوقت عينة القلي التقليدي بدون معالجة مسبقة بأعلى درجات القبول العام، وتوافقت نتائج التقييم الحسي مع ما وجدته [Tajner-Czopek et al., 2008] وفسر ذلك بأن درجات الحرارة والزمن اللازم لإزالة الماء من المادة الخام التي تحتوي على السكريات في التجفيف التقليدي تؤدي إلى حدوث أضرار جسيمة للنكهة واللون وكذلك يؤدي استخدام بعض طرائق التجفيف بشكل غير صحيح إلى منتجات نهائية ذات جودة رديئة بينما تحتاج بعض طرائق التجفيف التي تعطي منتجات ذات جودة عالية إلى تكاليف طاقة مرتفعة.

الجدول (56) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

الجدول (56-1) نتائج التقييم الحسي للون بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق					
م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
10 %	7.4±0.3 ^{ab}	7.6±0.2 ^a	7.3±0.1 ^{bca}	7.3±0.2 ^{bc}	7.2±0.2 ^{bce}
20 %		7.5±0.2 ^{ab}	7.2±0.2 ^{bcd}	7.2±0.2 ^{bcd}	7.0±0.1 ^{de}

6.9±0.02 ^e	7.1±0.2 ^{ce}	7.2±0.1 ^{bcd}	7.4±0.1 ^{ab}		30 %
-----------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------	--	------

الجدول (2-56) نتائج التقييم الحسي للنكهة بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

8.1±0.2 ^{bc}	8.2±0.1 ^b	8.2±0.1 ^b	8.5±0.2 ^a	8.4±0.1 ^a	10 %
7.9±0.2 ^c	8.0±0.2 ^{bc}	8.0±0.2 ^{bc}	8.5±0.1 ^a		20 %
8.0±0.2 ^{bc}	7.9±0.1 ^c	7.9±0.2 ^c	8.6±0.2 ^a		30 %

الجدول (3-56) نتائج التقييم الحسي للرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

8.9±0.2 ^a	8.8±0.1 ^a	8.8±0.2 ^a	8.8±0.1 ^a	9.0±0.02 ^a	10 %
8.1±0.3 ^{bc}	8.1±0.3 ^{bc}	8.3±0.2 ^{bc}	8.7±0.1 ^a		20 %
7.3±0.3 ^d	7.4±0.3 ^d	8.0±0.2 ^c	8.4±0.2 ^b		30 %

الجدول (4-56) نتائج التقييم الحسي للقبول العام بعد القلي لرقائق البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

8.1±0.2 ^a	8.1±0.2 ^a	8.1±0.2 ^a	8.3±0.2 ^a	8.3±0.2 ^a	10 %
7.7±0.2 ^{bc}	7.8±0.2 ^b	7.8±0.2 ^b	8.2±0.2 ^a		20 %
7.4±0.2 ^d	7.5±0.2 ^{cd}	7.7±0.2 ^{bc}	8.1±0.2 ^a		30 %

م. م: معدل فقد الماء تعبر النتائج عن المتوسط $\pm$ الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-2- السلق بالموجات فوق الصوتية:

2-2-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يوضح الجدول (1-57) نتائج محتوى الماء لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية. بلغ محتوى الماء 1.68، 1.78، 1.89، 1.88% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، بينما كانت 1.77، 1.84، 1.93، 1.92% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 10 دقيقة على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 1.79، 1.85، 1.96، 1.98% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع ما أشير إليه في دراسات سابقة حيث يمكن تفسير ارتفاع محتوى الماء في رقائق البطاطا بزيادة زمن التعرض للأمواج مما يؤدي إلى انخفاض معامل التوصيل الحراري [Jozwiak et al., 2021؛ Li et al., 2017] ولا بد من الإشارة إلى أن هذه الفروق عند استخدام الدرجة 55 مع الموجات فوق الصوتية كانت معنوية بالمقارنة مع العينات المقلية مع السلق فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقة. يعد محتوى الماء والزيت معياراً مهماً لجودة المنتجات المقلية نظراً لتأثيرها على قبول المنتج النهائي وبنية المجهزة، أما محتوى الزيت الممتص فيظهر الجدول (2-57) انخفاض محتوى الزيت لرقائق البطاطا مع زيادة زمن المعاملة بالأمواج فوق الصوتية، يمكن تفسير ذلك بالتغيرات البنائية الناتجة عن المعاملة بالموجات فوق الصوتية والحرارة، حيث تؤدي عملية

السلق لتنشيط أنزيم البكتينستراز والذي يهدم الجدر الخلوية للخلايا السطحية للبطاطا، وبالتالي يخفض مسامية الخلايا مما يمنع امتصاص الزيت [Tuta et al, 2010;]. كما ولوحظ تفوق درجتي الحرارة 65 و 55 °م على 75 و 85 °م. بلغت قيم محتوى الزيت في رقائق البطاطا 28.04، 28.05، 30.16، 30.18% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة حرارة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، بينما كانت 24.96، 25.11، 27.25، 27.27% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 10 دقيقة على درجة حرارة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 22.10، 22.37، 24.91، 24.93% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على درجة حرارة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، وجميعها أدنى مما كانت في العينات المقلية مع السلق فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقة، لتتوافق مع [Paunović et al., 2021] و [Sani et al., 2018] الذي وجد أن زيادة زمن المعالجة المسبقة بالموجات الصوتية أدى إلى خفض امتصاص الزيت في المنتجات المقلية، ويفسر ذلك بالتغيرات في البنية المجهرية وآلية استبدال الماء لامتصاص الزيت.

الجدول (57) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (57) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	1.89±0.05 ^c	1.94±0.05 ^e	1.68±0.07 ^a	1.78±0.05 ^b	1.89±0.05 ^{cde}	1.88±0.06 ^{cde}
10 د			1.77±0.06 ^b	1.84±0.06 ^{bc}	1.93±0.04 ^{de}	1.92±0.05 ^{de}
15 د			1.79±0.06 ^b	1.85±0.05 ^{bcd}	1.96±0.04 ^e	1.98±0.06 ^e

الجدول (57-2) نتائج محتوى الزيت بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	32.21±1.84 ^e	32.06±1.33 ^{de}	28.04±0.91 ^c	28.05±0.89 ^c	30.16±1.19 ^d	30.18±1.69 ^d
10 د			24.96±0.97 ^b	25.11±1.93 ^b	27.25±1.88 ^c	27.27±1.35 ^c
15 د			22.10±1.13 ^a	22.37±1.24 ^a	24.91±1.82 ^b	24.93±1.46 ^b

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يبين الجدول (58) نتائج المؤشرات اللونية لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية، وتشير إلى ارتفاع درجة السطوع L* مع زيادة شدة المعاملة بالموجات فوق الصوتية من حيث الحرارة والزمن، إذ بلغت درجة السطوع L* 74.76، 74.78، 73.79، 73.75 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 75.11، 75.84، 73.86، 73.82 عند استخدام الموجات

فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت المعاملة بالسلق مع الموجات فوق الصوتية عند درجتي حرارة 55 و 65 °م مقارنةً بالعينات المقلية دون معاملة مسبقاً ، بينما لم يلاحظ أي فروق معنوية فيما بينها وبين العينات المعاملة بالسلق فقط على درجة حرارة 85. كانت المعاملة بالسلق مع الموجات فوق الصوتية عند 75 و 85 °م قريبة من الشاهد دون فروق معنوي، وتوافقت هذه النتائج مع ما ذكره [Zhang et al., 2021] الذي وجد انخفاض غير معنوي في زيادة زمن المعالجة بالموجات فوق الصوتية، وربما تعود الزيادة غير المعنوية التي ظهرت في دراستنا الحالية إلى استخدام الحرارة مع الموجات فوق الصوتية. يظهر في الجدول (2-58) أيضاً انخفاض درجة الاصفرار b^* بزيادة شدة المعاملة ولكن بشكل غير معنوي، وكانت 27.74، 27.85، 27.83، 27.80 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 26.81، 26.93، 27.70، 27.74 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت عينة الشاهد بأعلى قيمة لمؤشر الاصفرار. توافقت نتائج الاصفرار مع ما وجدته [Qiu et al., 2018]. تبين النتائج في الجدول (3-58) انخفاض قيمة مؤشر الاحمرار a^* لرقائق البطاطا المقلية بزيادة شدة المعاملة فكانت 4.12، 4.21، 4.23، 4.26 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 3.01، 3.11، 3.22، 3.2 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت المعاملة بالسلق مع الموجات فوق الصوتية عند 55م بأدنى قيمة a^* ، مقارنةً بالعينات المقلية مع السلق فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقاً. ويلاحظ من النتائج أن زيادة زمن المعاملة أدت إلى خفض درجة الاحمرار بشكل عام. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة أثناء عملية القلي مع ارتفاع درجة حرارة القلي وانخفضت مع زيادة زمن المعاملة ، إذ بلغت قيمة ΔE 17.50، 17.61، 17.59، 17.64 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 16.66، 16.84، 17.59، 17.63 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، بينما كانت 16.96، 17.42 في عينة القلي التقليدي بدون معالجة مسبقاً والمعاملة بالسلق فقط بدون موجات فوق صوتية على الترتيب وتفاوتت المعاملة بالسلق مع الموجات فوق الصوتية عند 55 °م لمدة 15 دقيقة مقارنةً بالعينات المقلية مع السلق فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقاً بأدنى قيمة لتغير اللون، وفي دراسة أجراها [Bai et al., 2022] وجد انخفاض في قيمة تغير اللون عند زيادة زمن المعاملة بالموجات فوق الصوتية وهذا يلاحظ عند

المقارنة ما بين المعاملات. بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI 49.36، 49.66، 49.63، 49.69 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 46.83، 47.39، 49.07، 49.19 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتوقفت المعاملة بالسلك مع الموجات فوق الصوتية عند 55 °م مقارنةً بالعينات المقلية مع السلك فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقاً. بأدنى قيمة مؤشر الاسمرار، ولكن أدى زيادة زمن المعاملة إلى خفض قيمة BI للمنتج النهائي باستثناء العينات المعاملة عند درجة حرارة 75 و 85 وهذا يتوافق مع ما وجدته [Amaral et al., 2015].

الجدول (58) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (1-58) نتائج مؤشر السطوع L* بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
الزمن	التقليدي 175 °م	السلك فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	72.65±1.45 ^b	73.74±1.11 ^{ab}	74.76±0.99 ^a	74.78±1.41 ^a	73.79±1.06 ^{ab}	73.75±1.27 ^{ab}
10د			74.95±1.17 ^a	75.09±0.87 ^a	74.64±1.29 ^a	74.60±1.31 ^a
15 د			75.11±1.22 ^a	74.84±1.39 ^a	73.86±1.03 ^{ab}	73.82±1.15 ^{ab}

الجدول (2-58) نتائج مؤشر الاصفرار b* بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	26.97±1.05 ^a	27.02±0.65 ^b	27.74±0.89 ^b	27.85±0.88 ^b	27.83±1.01 ^b	27.80±0.91 ^b
5 د	26.97±1.05 ^a	27.02±0.65 ^b	27.74±0.89 ^b	27.85±0.88 ^b	27.83±1.01 ^b	27.80±0.91 ^b
10د			27.1±1.04 ^b	27.61±0.93 ^b	27.67±0.81 ^b	27.69±0.84 ^b
15 د			26.81±0.96 ^b	26.93±1.17 ^b	27.70±0.89 ^b	27.74±0.79 ^b

الجدول (3-58) نتائج مؤشر الاحمرار a* بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	5.93±0.48 ^c	4.23±0.51 ^b	4.12±0.57 ^b	4.21±0.38 ^b	4.23±0.72 ^b	4.26±0.65 ^b
5 د	5.93±0.48 ^c	4.23±0.51 ^b	4.12±0.57 ^b	4.21±0.38 ^b	4.23±0.72 ^b	4.26±0.65 ^b
10د			3.07±0.49 ^a	3.18±0.65 ^a	3.20±0.68 ^a	3.24±0.72 ^a
15 د			3.01±0.66 ^a	3.11±0.48 ^a	3.22±0.71 ^a	3.20±0.59 ^a

الجدول (4-58) نتائج مؤشر تغير اللون الكلي ΔE بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	17.42±1.02 ^a	16.96±0.89 ^a	17.50±1.09 ^a	17.61±1.05 ^a	17.59±0.98 ^a	17.64±1.08 ^a
5 د	17.42±1.02 ^a	16.96±0.89 ^a	17.50±1.09 ^a	17.61±1.05 ^a	17.59±0.98 ^a	17.64±1.08 ^a
10د			16.75±0.98 ^a	17.23±0.89 ^a	17.20±0.84 ^a	17.24±0.92 ^a
15 د			16.66±1.11 ^a	16.84±0.96 ^a	17.59±0.82 ^a	17.63±0.99 ^a

الجدول (5-58) نتائج مؤشر الاسمرار BI بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	51.44±0.89 ^d	49.98±0.77 ^c	46.82±0.84 ^a	47.86±0.82 ^b	47.87±0.84 ^b	49.63±0.91 ^c	49.69±0.98 ^c
5 د	51.44±0.89 ^d	49.98±0.77 ^c	46.82±0.84 ^a	47.86±0.82 ^b	47.87±0.84 ^b	49.63±0.91 ^c	49.69±0.98 ^c
10د			46.82±0.84 ^a	47.86±0.82 ^b	47.87±0.84 ^b	49.63±0.91 ^c	49.69±0.98 ^c
15 د			46.83±0.98 ^a	47.39±0.97 ^{ab}	49.07±0.79 ^c	49.17±0.94 ^c	49.69±0.98 ^c

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

2-2-2-3- نتائج القوة المطبقة للكسر لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يعد مؤشر قوة الكسر من المؤشرات الأساسية لتقييم الصلابة والقرمشة بسبب ارتباطه مع السمات الحسية للوجبات الخفيفة. يبين الجدول (59) نتائج قوة الكسر لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية وهي 284.36، 266.23، 243.45، 241.15 غ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 236.16، 221.47، 213.56، 211.92 غ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على درجة 55، 65، 75، 85 °م، وتفق الشاهد دون معالجة مسبقة على العينات الأخرى بأعلى قيمة لقوة الكسر ووجد مثل هذا الانخفاض في دراسة أجراها [Zhang et al., 2021] الذي فسّر ذلك بالتغيرات التي تحدثها الموجات في بنية الخلايا النباتية للبطاطا ويزداد هذا التأثير بزيادة زمن المعاملة.

الجدول (59) نتائج قوة الكسر بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	75 °م
5 د	300.81±5.41 ^a	248.37±6.95 ^d	284.36±7.42 ^b	266.23±6.49 ^c	243.45±7.43 ^d	241.15±5.93 ^d
10 د			267.52±6.11 ^c	249.75±5.92 ^d	229.11±6.52 ^f	225.21±7.12 ^f
15 د			236.16±7.79 ^e	221.47±8.11 ^f	213.56±7.12 ^g	211.92±6.39 ^g

-تعبّر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-2-4- نتائج معامل الانكماش الحجمي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يظهر الجدول (60) قيم معامل الانكماش الحجمي بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية وهي 21.46، 20.62، 20.34، 20.30 % عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 19.72، 18.58، 18.94، 18.86 % عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، بينما كانت 22.96، 21.85 % في عينة القلي التقليدي والمعاملة بالسلق فقط على الترتيب وتفاوتت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 75 °م معنوياً على العينات الأخرى بأدنى قيمة لمعامل الانكماش، وتشير النتائج إلى انخفاض معامل الانكماش عند استخدام الموجات فوق الصوتية وقد توافق ذلك مع ما وجدته [Roshani et al., 2021].

الجدول (60) نتائج معامل الانكماش الحجمي بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	22.96±1.46 ^c	21.85±1.93 ^{bc}	21.46±1.46 ^{bc}	20.62±2.23 ^{abc}	20.34±1.29 ^{abc}	20.30±1.38 ^{abc}
10 د			20.58±2.34 ^{abc}	19.79±2.25 ^{ab}	19.13±2.26 ^{ab}	19.11±1.96 ^{ab}
15 د			19.72±1.29 ^{ab}	18.58±2.41 ^a	18.94±1.42 ^a	18.86±2.15 ^a

* تعبّر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-2-5- نتائج محتوى الأكريلاميد لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يبين الجدول (61) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية، انخفض محتوى الأكريلاميد بالمقارنة مع القلي التقليدي والمعاملة بالسلق فقط على الترتيب التي بلغت 895.32، 389.47 ميكرو غرام/كغ، وكانت في العينات المختبرة 310.22، 313.89، 322.13، 321.01 ميكروغرام/كغ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م بمعدل انخفاض 66.52، 66.11، 65.19، 65.21% على الترتيب، ووصلت إلى 303.86، 306.73، 314.34، 312.59 ميكروغرام/كغ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة بمعدل انخفاض 67.23، 66.91، 66.07، 66.08% على الترتيب، وتفوقت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55 °م معنوياً بأدنى محتوى أكريلاميد في العينات المدروسة. وهذا يتوافق مع ما ذكره [Antunes-Rohling et al., 2018].

الجدول (61) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	التقليدي	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
د 5	895.32±9.3 ^d		310.22±9.82 ^{ab}	313.89±6.77 ^{ab}	322.13±7.96 ^b	321.01±8.54 ^b
% r. r			66.52	66.11	65.19	65.21
د 10		389.47±8.95 ^c	308.16±7.51 ^{ab}	309.15±8.82 ^{ab}	315.50±6.85 ^b	313.43±7.91 ^b
% r. r			66.75	66.64	65.93	65.96
د 15			303.86±8.12 ^a	306.73±7.69 ^{ab}	314.34±7.89 ^b	312.59±8.13 ^a
% r. r			67.23	66.91	66.07	66.08

* % r. r : معدل الانخفاض بالاكريلاميد (reduction rate). -تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات-. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية.

2-2-2-6- نتائج التقييم الحسي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يوضح الجدول (62) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية. بلغت نتائج اللون 7.9، 7.9، 7.9، 7.9 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 8.9، 8.7، 8.1، 8.1 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفوقت العينة المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55 °م معنوياً بأعلى درجة لتقييم اللون. كانت نتائج النكهة 8.5، 8.5، 8.4، 8.5 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 8.9، 8.9، 8.6، 8.6 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفوقت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55، 65 °م معنوياً على جميع المعاملات الأخرى بأعلى درجة للنكهة. وصلت نتائج القرمشة حسيّاً إلى 8.9، 8.9، 8.8، 8.9 عند

استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 7.9، 7.8، 6.7، 6.8 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، بينما كانت 9.0، 8.9 في كل من عينة القلي التقليدي والمعاملة بالسلق فقط على الترتيب. كانت نتائج القبول العام 8.4، 8.4، 8.4، 8.5 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 8.7، 8.5، 7.8، 7.8 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، بينما كانت 8.3، 8.4 في عينة القلي التقليدي والمعاملة بالسلق فقط على الترتيب وتوقفت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55 °م معنوياً على جميع المعاملات، وتوافقت نتائج التقييم الحسي مع نتائج محتوى الزيت حيث تميل النتائج للقبول الأعلى عند محتوى الزيت الأدنى وهذا يتوافق مع ما وجدته الباحثين في دراسات سابقة وفسر ذلك بأن النكهة ومكوناتها المسؤولة عن القبول الحسي للمنتجات المقلية تكون أعلى عند محتوى زيت معين يختلف هذا المحتوى باختلاف الصنف الخام [Xu et al., 2021؛ Zhang et al., 2021].

الجدول (62) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (62-1) نتائج التقييم الحسي للون بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	7.4±0.3 ^e	7.9±0.3 ^d	7.9±0.2 ^d	7.9±0.1 ^d	7.9±0.3 ^d	7.9±0.2 ^d
10د			8.4±0.2 ^{bc}	8.2±0.2 ^{cd}	8.1±0.1 ^{cd}	8.1±0.2 ^{cd}
15 د			8.9±0.1 ^a	8.7±0.2 ^{ab}	8.1±0.2 ^{cd}	8.1±0.2 ^{cd}

الجدول (62-2) نتائج التقييم الحسي للنكهة بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	8.4±0.1 ^b	8.5±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b	8.5±0.1 ^b	8.4±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b
5 د	8.4±0.1 ^b	8.5±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b	8.5±0.1 ^b	8.4±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b
10د			8.6±0.2 ^b	8.6±0.1 ^b	8.6±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b
15 د			8.9±0.1 ^a	8.9±0.1 ^a	8.6±0.2 ^b	8.6±0.1 ^b

الجدول (62-3) نتائج التقييم الحسي القرمشه بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	9.0±0.0 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a	8.8±0.2	8.9±0.1 ^a
5 د	9.0±0.0 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a	8.9±0.3 ^a	8.8±0.2	8.9±0.1 ^a
10د			8.5±0.3 ^b	8.3±0.3 ^b	7.9±0.3 ^c	8.1±0.2 ^c
15 د			7.9±0.2 ^d	7.8±0.2 ^d	6.7±0.2 ^e	6.8±0.3 ^e

الجدول (62-4) نتائج التقييم الحسي للقبول العام بعد القلي لرقائق البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	8.3±0.2 ^b	8.4±0.3 ^a	8.4±0.3 ^{ab}	8.4±0.2 ^{ab}	8.4±0.3 ^{ab}	8.5±0.2 ^{ab}
5 د	8.3±0.2 ^b	8.4±0.3 ^a	8.4±0.3 ^{ab}	8.4±0.2 ^{ab}	8.4±0.3 ^{ab}	8.5±0.2 ^{ab}
10د			8.5±0.3 ^{ab}	8.4±0.2 ^{ab}	8.2±0.2 ^b	8.2±0.2 ^b
15 د			8.7±0.2 ^a	8.5±0.2 ^{ab}	7.8±0.2 ^c	7.8±0.3 ^c

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات-بتشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

المبحث الثالث - أصابع البطاطا صنف *Sponta*:

الباب الأول: تأثير طرائق القلي في خصائص جودة أصابع البطاطا صنف *Sponta*:

1-1- القلي العميق التقليدي:

1-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي:

يوضح الجدول (63) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي. بلغ محتوى الماء في أصابع البطاطا 33.49، 31.52، 30.57% بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وكان المحتوى الأدنى عند الدرجة 185 °م. ويلاحظ من الجدول (63) انخفاض قيم محتوى الماء بصورة معنوية لأصابع البطاطا المقلية مع تغير درجة حرارة القلي وزمنه، ويفسر ذلك بآلية انتقال الحرارة والكتلة (امتصاص الزيت وفقدان الماء) [Millin et al., 2016]. ويتناقص تأثير الزمن عند درجات الحرارة المنخفضة، ويعد انخفاض نسبة الماء وامتصاص الزيت ظاهرتين مهمتين مترامنتين أثناء القلي، حيث تؤدي عملية القلي إلى تبخر الماء وتجلتن النشاء وامتصاص الزيت، ومع ذلك فإن فقدان الماء بكمية أكبر لا يتوافق بالضرورة مع امتصاص أعلى من الزيت [Xu et al., 2021؛ Yang et al., 2020]، وتوافق ذلك مع ما أشار إليه [Millin et al., 2016] باعتماد محتوى الماء في أصابع البطاطا بعد القلي النهائي على الصنف وخاصة محتوى السكريات، وبلغت نسبة الماء في دراسته 37.9، 27.9، 32.8% عند القلي على درجة حرارة 170، 180، 190 °م على الترتيب، ويحدد نضج أصابع البطاطا بوصولها إلى درجة اللون الأصفر الذهبي. وبالنسبة إلى محتوى الزيت الممتص فيظهر الجدول (63) ارتفاع محتوى الزيت لأصابع البطاطا بصورة معنوية مع زيادة زمن القلي عند درجات الحرارة الأدنى بسبب تبخر الماء من خلال القشرة الجافة واستبداله بالزيت، حيث بلغت قيم محتوى الزيت في أصابع البطاطا 27.74، 26.11، 25.36% بالقلي العميق عند درجات حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتقاربت تلك النتائج مع دراسات سابقة [Al-Asmar et al., 2018؛ Millin et al., 2016]. إن إطالة زمن القلي لتعزيز الخصائص الحسية لأصابع البطاطا تسبب امتصاص كمية أكبر من الزيت، ويرتبط ذلك أيضاً بالجزء المأخوذ من الدرنات للقلي، فالأجزاء الداخلية تمتص كمية من الزيت أكبر من الخارجية، بينما أشار [Wang et al., 2019] إلى ازدياد امتصاص الزيت خلال فترة القلي في بنية النشاء تدريجياً، ويتمتع الزيت

بحركة أعلى من الماء عند احتجازه في بنية النشاء، مما أدى إلى حدوث تحول في النقطة الزمنية للفساد وتأخر تدهور الزيت، ويمكن تفسير هذا التغير من خلال التوازن الديناميكي للزيت والماء.

الجدول (63) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
30.57 ± 0.14 ^c	31.52 ± 0.15 ^b	33.49 ± 0.14 ^a	محتوى الماء %
25.36 ± 0.24 ^a	26.11 ± 0.51 ^b	27.74 ± 0.33 ^c	محتوى الزيت الممتص %

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي:

يبين الجدول (64) نتائج تغير المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي المختلفة، ويلاحظ انخفاض درجة السطوع L^* لأصابع البطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه بصورة معنوية، إذ بلغت درجة السطوع L^* في أصابع البطاطا 67.16، 66.37، 65.71 بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتفاوتت العينات المقلية عند الدرجة 165 و 175 °م بأعلى قيمة لمؤشر السطوع، ويتوافق ذلك مع الدراسات المرجعية [Kirmaci et al., 2014؛ Mba et al., 2018]، وقد أشار [Mesías et al., 2019] إلى أن الحصول على لون ذهبي متجانس لأصابع البطاطا يترافق مع درجة L^* تبلغ 63.89 وسطياً. تعد الآلية الرئيسية الكامنة وراء اللون في البطاطا المقلية هي مدى حدوث تفاعل ميلارد، وتعتمد هذه الآلية على زمن القلي ودرجة الحرارة، وازدياد تركيز مكونات المادة الجافة في أصابع البطاطا، مما قد يؤثر على قيم a و b أثناء القلي ويسبب ظاهرة الحواف الداكنة غير المرغوبة من قبل المستهلكين عموماً [Bingol et al., 2014]. يمكن اعتبار السكريات المرجعة هي السبب الرئيسي للتلون البني في المنتجات المقلية وفقاً لما أشير إليه من قبل [Liu et al., 2021] في دراسة أجريت على التغيرات اللونية التي تطرأ على منتجات البطاطا المقلية، والانخفاض في قيمة L^* يعود إلى أن الماء السطحي لأصابع البطاطا المقلية يخفف من انعكاس الضوء، مما يجعلها تبدو أكثر قتامة. يؤثر تطبيق معاملات خاصة على أصابع البطاطا قبل القلي في اختلافات درجة السطوع خلال عملية القلي، إما سلبياً أو إيجابياً باختلاف الصنف المدروس. يظهر الجدول (64) أن درجة الاصفرار b^* لأصابع البطاطا المقلية ازدادت بصورة معنوية بعد الدرجة 175 °م، وبلغت قيمة b^* في أصابع البطاطا 29.14، 30.62، 31.51 بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وبذلك تفوقت العينات

المقلية عند 185 °م بقيم أعلى لمؤشر الاصفرار، وفسر زيادة الاصفرار بارتفاع الحرارة بأن وجود الماء في أصابع البطاطا يمكن أن يمنع التفاعل بين المجموعات الأمينية والسكريات، بينما عند ارتفاع الحرارة ينخفض المحتوى المائي مما يعطي لون السطح الذهبي الذي يظهر أثناء القلي والمرتبط بدرجةتي الاصفرار والسطوع [Johnson *et al.*, 2019؛ Mousa, 2018]. تتوافق عينات أصابع البطاطا المقلية ذات المظهر الأفضل مع اللون الأصفر الذهبي المتجانس الذي يرتبط بارتفاع قيم b^* و L^* ، وفي دراسة أجراها [Abong *et al.*, 2023] حول خصائص الجودة في أصابع البطاطا المقلية التجارية التي صنفتها وفقاً للقيمة ودرجة الإقبال تراوحت قيمة b^* بين 19.70-38.35، وكانت العينات التي بلغت فيها قيمة b^* وسطياً 24-38 ذات قبول أعلى، وعادةً ما يكون اللون هو العامل المحدد عند اختيار نقطة انتهاء القلي لأصابع البطاطا في الأسواق التجارية. بينت النتائج في الجدول (64) حدوث زيادة في قيمة مؤشر الاحمرار a^* لأصابع البطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، فكانت درجة الاحمرار a^* في أصابع البطاطا 5.02، 5.31، 5.92 بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، حيث تفوقت العينات المقلية عند الدرجة 165 و 175 °م بأدنى قيمة لمؤشر الاحمرار. وقد بلغت قيمة الاحمرار 7.81 في دراسات أخرى [Hornet *et al.*, 2021؛ Adedeji and Ngadi, 2017]. بلغت قيمة ΔE في عينات أصابع البطاطا 9.97، 11.47، 12.73 بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتفوقت العينات المقلية عند 165 و 175 °م معنوياً بأدنى قيمة لتغير اللون الكلي، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج سابقة [Adedeji and Ngadi, 2017؛ Aydinkaptan and Mazi, 2017] حيث أشاروا إلى وجود فرق معنوي في تغير اللون ΔE بين العينات المقلية، وتزداد قيمة هذا التغير خلال الزمن عند درجات حرارة القلي الأعلى. بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI في عينات أصابع البطاطا 60.89، 65.95، 69.91 عند القلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتفوقت العينات المقلية عند 165 و 175 °م معنوياً بأدنى قيمة لمؤشر الاسمرار، وفقاً لما ذكره [and Yadav, 2022] Verma يمكن أن يكون BI مؤشراً فعالاً في الوجبات الخفيفة ذات اللون الداكن لتجنب استهلاك الأكريلاميد في هذه الأغذية لأنه اكتشف وجود علاقة قوية بين معامل الاسمرار وقيمة محتوى الأكريلاميد في العينات المدروسة، ولذلك فقد أوصى ألا تزيد درجة حرارة القلي عن 175 °م، وتخزين البطاطا الخام بدرجة حرارة 8-10 °م للحد من تشكل السكريات المرجعة التي ترفع معامل الاسمرار.

الجدول (64) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
65.71±0.61 ^b	66.37±0.49 ^a	67.16±0.59 ^a	درجة السطوع L*
5.92±0.22 ^b	5.31±0.11 ^a	5.02±0.31 ^a	درجة الاحمرار a*
31.51±0.62 ^a	30.62±0.42 ^b	29.14±0.49 ^c	مؤشر الاصفرار b*
12.73±0.58 ^c	11.47±0.31 ^b	9.97±0.51 ^a	تغير اللون الكلي ΔE
69.91±0.53 ^c	65.95±0.34 ^b	60.89±0.48 ^a	مؤشر الاسمرار BI

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي:

يظهر في الجدول (65) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي، وقد بلغت نتائج تقدير القوة المطبقة للاختراق في عينات أصابع البطاطا 196.80، 192.72، 190.68 غ بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتوقفت العينات المقلية عند 165 °م و175 °م معنوياً بأدنى قيمة للقوة المطبقة للاختراق. وتقاربت هذه النتائج مع ما وجدته [Li et al., 2019] التي تراوحت فيها القوة المطبقة للاختراق بين 114.21 و231.47 غ باختلاف الصنف. أشار [Millin et al., 2016] إلى وجود ارتباط معنوي بين قوى القص ومحتوى الماء، وأكد أن قص أصابع البطاطا يعتمد بشكل كبير على درجة حرارة القلي وزمنه. وتصبح البطاطا المقلية أكثر صلابة مع ارتفاع درجة حرارة القلي إلى حد معين، وتعد هذه البيانات مهمة من الناحية التصنيعية لتحقيق خصائص مختلفة للمنتج المرغوب فيه عن طريق تعديل ظروف القلي من حيث الحرارة والزمن ونوع الزيت المستخدم لتناسب مع قوام المنتج النهائي ومحتوى الزيت فيه. يؤثر القوام على إطلاق مكونات النكهة الطيارة أثناء المضغ. كما ويرتبط بالمادة الجافة ارتباطاً وثيقاً، فأصناف البطاطا الجافة والحبيبية في الحالة الطازجة تصبح هشّة بعد القلي، في حين أن الأصناف الشمعية تصبح رطبة ولزجة بعد القلي [et al., 2014 Gupta]، وقد يفسر ذلك أيضاً التغيرات التي تحدث في القوام عند زيادة درجة حرارة القلي أو زمنه أو تغير وسيط القلي. تشير نتائج محتوى المادة الجافة في البطاطا الطازجة في الجدول (65) إلى 21.54%، ووفق الدراسة التي أجراها [Leong et al., 2022] وضح أن أصابع البطاطا المقلية المنتجة من أصناف البطاطا ذات محتوى المادة الجافة أكبر من 20% تتطلب قوة قص أعلى لاختراق القشرة الخارجية بعد القلي مقارنة بتلك المنتجة من أصناف البطاطا ذات محتوى المادة الجافة المتوسط ما بين 19-20%، ويعد محتوى السكريات غير النشوية في أنسجة البطاطا من الخصائص الحيوية الكيميائية والفيزيائية التي تحدد الخصائص التركيبية للبطاطا

المقلية الناتجة، ومن المحتمل أن تؤثر خصائص طهي النشاء على خصائص القوام لأصابع البطاطا المقلية، إما من ناحية القشرة الخارجية أو من حيث البنية الداخلية للأصابع [Allan et al., 2021].

الجدول (65) نتائج القوة المطبقة للاختراق (القوام) لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
196.8±2.09 ^b	192.72±2.11 ^a	190.68±2.02 ^a	القوة المطبقة [غ]

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي:

يبين الجدول (66) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي، وقد بلغت نسبة الأكريلاميد في أصابع البطاطا 812.93، 902.64، 1253.22 ميكروغرام/كغ عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. تشير النتائج في الجدول (66) إلى حدوث انخفاض معنوي في قيمة الأكريلاميد عند 185 °م على الترتيب. تبلغ معدل الانخفاض في محتوى الأكريلاميد ما بين 31.13، 27.97 % عند القلي على درجة حرارة منخفضة وبلغ معدل الانخفاض في محتوى الأكريلاميد عند استخدام درجات أعلى عند 185 °م، وتوفقت الدرجة 165 °م على الترتيب، بالمقارنة مع محتوى الأكريلاميد عند استخدام درجات أعلى عند 185 °م، وتوفقت الدرجة 165 °م بأدنى قيمة لمحتوى الأكريلاميد. أشار [Liyanage et al., 2020] إلى تشكل مادة الأكريلاميد بكفاءة عند درجات حرارة القلي أعلى من 160 °م، وتؤدي درجات حرارة الزيت المرتفعة نسبياً [180-190 °م] إلى تشكل كميات كبيرة من الأكريلاميد. أما عند القلي بدرجة حرارة قريبة من 160 °م انخفض تشكل الأكريلاميد في البطاطا المقلية بنسبة 64-90% بحسب الصنف.

الجدول (66) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
1253.22±5.11 ^c	902.64±5.43 ^b	812.93±5.56 ^a	محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-5- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي للأصابع:

يشير الجدول (67) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي لأصابع البطاطا، وقد وصلت نتائج رقم الحموضة إلى 1.21، 1.96، 2.34 مغ KOH/غ زيت بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. توافقت النتائج مع ما أشارت إليه الدراسات المرجعية [Sohu et al., 2020؛ Maszewska et al., 2018؛ Aniołowska and Kita, 2015]. بلغت قرينة البيروكسيد 8.46، 8.91،

10.34 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت، عند القلي العميق على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، لتتفوق العينات المحضرة عند 165 °م بصورة معنوية من حيث أدنى قيمة لكل من FFA وقرينة البيروكسيد، وتوافقت نتائج قرينة البيروكسيد مع التي وجدها [Kuek et al., 2020]. تبين الدراسات أن قيمة البيروكسيد لزيت عباد الشمس تزداد تدريجياً مع زيادة عدد دورات القلي وزمنه، وقد تصل إلى قيم غير مقبولة عند استمرار القلي، مما يؤدي إلى تحلل الهيدروبيروكسيدات وتشكل مركبات الكربونيل كجزء من نواتج الأكسدة الثانوية التي يمكن أن تتفاعل مع الأسباراجين لتكوين مادة الأكريلاميد السامة حتى بحال عدم وجود السكريات المختزلة [Kuek et al., 2020]. تعد قيمة الأنيسيدين أكثر موثوقية من قرينة البيروكسيد، وهذا يعود إلى أن منتجات الأكسدة الثانوية التي يمكن التعبير عنها من خلال قرينة الانيسيدين وهي الألدهيدات أكثر استقراراً من الهيدروبيروكسيدات الناتجة عن الأكسدة الأولية، وبلغت قيمتها 58.36، 59.79، 61.37 عند القلي العميق على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتوقفت العينات المحضرة عند 165 °م بصورة معنوية من حيث أدنى قيمة لقرينة الأنيسيدين وتوافقت النتائج مع ما وجد في دراسة [Petersen et al., 2013؛ Enríquez-Fernández et al., 2011] حول ارتفاع رقم الأنيسيدين أثناء القلي. بلغت نسبة [PUFA/SFA] التي يطلق عليها مؤشر البولين، 4.46، 4.32، 4.08 عند القلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتوقفت العينات المقلية عند 165 °م بصورة معنوية بأعلى قيمة لنسبة PUFA/SFA، ويتفق ذلك مع الدراسات المرجعية [Romano et al., 2021؛ Sohu, 2020]. ويعبر الرقم اليودي عن درجة إشباع الزيت، التي تزداد بزيادة زمن عملية القلي وشدتها، فبلغت قيمته 109.96، 107.21، 106.04 وكانت قريبة من النتائج التي وجدت في دراسة [Chebet et al., 2016]. ازدادت درجة تغير اللون أثناء القلي وكانت 11.74، 12.02، 12.71 وارتفعت قيمة قرينة الانكسار إلى 1.474، 1.475، 1.477 ووجد في دراسة [Godswill et al., 2018] ارتفاع قرينة الانكسار أثناء القلي وأشار إلى ضرورة استبعاد زيت القلي بعد استخدامه أكثر من مرة.

الجدول (67) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي لأصابع البطاطا

حرارة القلي °م			المؤشر المدروس
185	175	165	
2.34±0.2 ^c	1.96±0.2 ^b	1.21±0.1 ^a	رقم الحموضة (مغ KOH/غ)
10.34±0.3 ^c	8.91±0.2 ^b	8.46±0.3 ^a	قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت)
61.37±1.29 ^c	59.79±1.2 ^b	58.36±0.9 ^a	رقم الانيسيدين

4.08±0.09 ^c	4.32±0.01 ^b	4.46±0.13 ^a	PUFA/SFA
106.04±2.11 ^b	107.21±1.19 ^b	109.96±1.21 ^a	الرقم اليودي
12.71±0.6 ^b	12.02±0.2 ^a	11.74±0.5 ^a	تغير اللون ΔE
1.477±0.001 ^b	1.475±0.001 ^a	1.474±0.001 ^a	قرينة الانكسار
89.82±1.81 ^c	87.85±1.23 ^b	85.83±1.55 ^a	اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)
0.925±0.001 ^b	0.923±0.001 ^a	0.922±0.001 ^a	الكثافة (g.cm ⁻³)

1-1-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي:

يوضح الجدول (89) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي 64، 67، 58 ساعة بالقلي العميق عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وذلك بالاعتماد على محتوى المركبات القطبية الكلي TPC، مع مراعاة تعويض الزيت بنسبة الفقد في نهاية كل يوم عمل، كما أشار إليه [Kita et al., 2005]. وربما يعود هذا التفاوت في عدد ساعات القلي الإجمالي إلى تأثير الزمن المستغرق لنضج كل دفعة قلي في معدل تشكل المركبات القطبية، حيث يعد التأثير المشترك لدرجة الحرارة ووجود الأوكسجين وخروج الماء من المنتجات المقلية هو السبب الأساسي في تشكل المركبات القطبية، ولذلك تعد عملية القلي متداخلة ومعقدة إذ لا يمكن فصل هذه العوامل عن بعضها [Márquez-Ruiz, 2009]. يعد تحديد TPC في زيوت القلي المقياس الأكثر موثوقية لمدى التحلل التأكسدي لأن المركبات القطبية غير متطابقة وتمثل التفاعلات الرئيسية التي تحدث أثناء القلي، ويزداد TPC خلال فترة القلي بمعدلات ترتبط بنوع الزيت المستخدم في القلي، وقد أشار [Tarmizi et al., 2019] إلى إمكانية ارتباط تغيير تركيب الحموض الدهنية بارتفاع محتوى TPC، وأكد أن المستويات الكبيرة من الحموض الدهنية أحادية عدم الإشباع والحموض الدهنية المشبعة [SFA و MUFA] في الزيت توفر شكلاً من أشكال التأثير المثبط بدرجات مختلفة لتوليد TPC مقارنة بتلك الزيوت التي تحتوي على الحموض الدهنية متعددة عدم الإشباع وقد حددت المواصفة السورية 2003/2745 نسبة المركبات القطبية 25% للتخلص من زيت القلي [المواصفة السورية 2003، 2745]. بينما وجد [Kaya, Askın and 2020] أن المعدل الأكبر لتشكل الحموض الدهنية الحرة FFA في عينات زيت عباد الشمس مرتفع الأوليك مقارنة بعينات زيت عباد الشمس العادية بعد 72 ساعة من القلي، مما يشير إلى تأثير نوع الزيت في سرعة تشكل FFA. وكانت قيم FFA أعلى في الزيوت المستخدمة في قلي المنتجات مقارنة مع قيم FFA في الزيوت التي تم تسخينها بدون منتج [Abd Razak et al., 2021]، وهذا يعد مؤشر لعدم صلاحية الزيوت لفترات طويلة.

الجدول (68) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
58±0.01 ^c	67±0.5 ^a	64±0.01 ^b	عدد ساعات القلي [ساعة]

- تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لمكررين تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-1-7- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي:

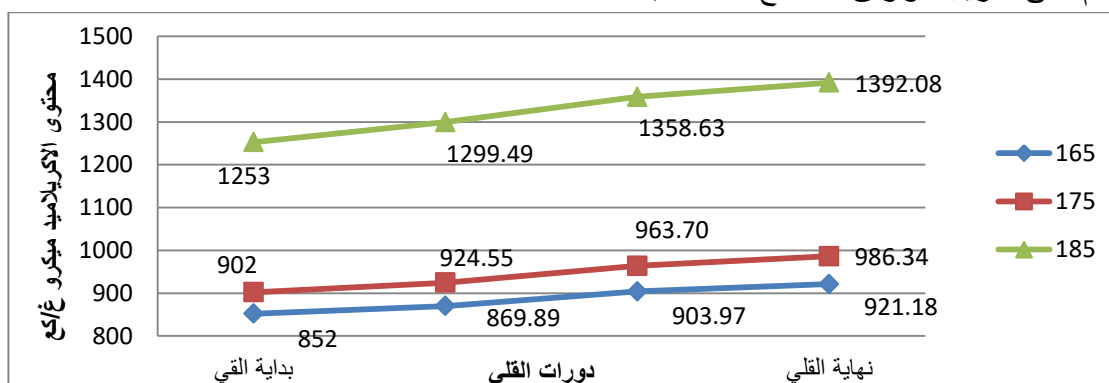
يوضح الجدول (69) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي. تشير نتائج التقييم الحسي إلى تفوق العينات المقلية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية بالمقارنة مع العينات المقلية عند الدرجة 185 °م، وذلك عند كل المؤشرات المدروسة بقيم بلغت 8.4، 7.8، 7.6 و 7.9 لكل من القوام، النكهة، اللون والقبول العام على الترتيب، كما تفوقت أيضاً على العينات المقلية عند 165 °م بالقوام والقبول العام. توافقت نتائج التقييم الحسي لعينات أصابع البطاطا المقلية عند الدرجة 175 °م مع النتائج التي أشار إليها [Li et al., 2022]، والذي وجد أن الحصول على أفضل درجات التقييم الحسي عند القلي بدرجة حرارة 170 °م. يجب أن يؤخذ بالحسبان أن الانطباع الحسي للعينة لا يعتمد فقط على وجود وكمية مركبات النكهة المتطايرة النشطة، ولكن أيضاً على الحدود الدنيا لهذه المركبات، وكذلك على الفعل التآزري لمركبات النكهة [Petersen et al., 2013]. أما بالنسبة لعينات أصابع البطاطا المقلية عند الدرجة 165 °م، فقد انخفضت درجة القبول العام إلى 7.6، وكانت درجة التقييم الحسي للون 7.4، وبلغت 7.7 للنكهة، و7.6 للقوام، وفي دراسة أجراها [Xu et al., 2021] لوحظ وجود اختلافات في شدة الرائحة الزيتية، وكذلك زيادة كبيرة في الرائحة المعدنية بزيادة الزمن الكلي للقلي في أصابع البطاطا المقلية بغض النظر عن نوع زيت القلي، بينما في عينات أصابع البطاطا المقلية عند الدرجة 185 °م كانت درجة القبول العام 7.4، وبلغت درجة تفضيل اللون 7.1، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 7.3 والقوام 7.8، ووفقاً لما ذكره [Meinhart et al., 2020]، فإن الاختلافات الملحوظة في اختبارات التقييم الحسي خلال 24 ساعة من القلي ترتبط بتفاعلات أكسدة الدهون.

الجدول (69) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي

185	175	165	حرارة القلي °م
7.1±0.2 ^b	7.6±0.1 ^a	7.4±0.2 ^a	اللون
7.3±0.3 ^b	7.8±0.2 ^a	7.7±0.3 ^a	النكهة
7.8±0.3 ^b	8.4±0.4 ^a	7.6±0.2 ^b	القوام
7.4±0.2 ^b	7.9±0.2 ^a	7.6±0.2 ^b	القبول العام

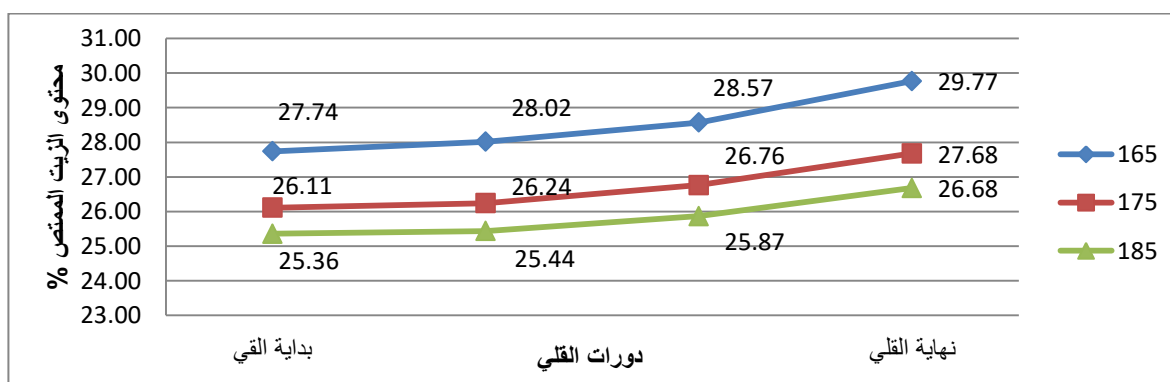
1-1-8- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة التقليدي:

يظهر المخطط رقم (7) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد في أصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي، حيث لوحظ ارتفاع كمية الأكريلاميد مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة وبشكل معنوي، بلغت قيمته عند بداية عملية 852.93، 902.64، 1253.22 ميكرو غرام/كغ الترتيب، ووصلت في نهاية عملية القلي 921.18، 986.34 و 1392.08 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م° على الترتيب. وتوافق ذلك مع [Lim et al., 2014].



المخطط رقم (7) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد لأصابع البطاطا بطريقة القلي التقليدي

يظهر المخطط رقم (8) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص ضمن أصابع البطاطا بالقلي التقليدي، حيث لوحظ ارتفاع معنوي في كمية الزيت الممتص مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة، بلغت قيمته عند بداية عملية 25.36، 26.11، 27.74 %، ووصلت في نهاية عملية القلي 25.87، 26.68، 29.77 %، و 26.68% عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م° على الترتيب توافق ذلك مع [Debnath et al, 2012] وفسر ذلك بارتفاع محتوى نواتج تحلل الزيت مما أدى إلى زيادة لزوجته وبالتالي زيادة محتوى الزيت.



المخطط رقم (8) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص في أصابع البطاطا بطريقة القلي التقليدي

1-2-1 - القلي تحت التفريغ:

1-2-1-1 - نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقتي القلي تحت التفريغ:

يوضح الجدول (70) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقتي القلي تحت التفريغ، تنتقل الحرارة من الزيت الساخن إلى سطح العينة أثناء القلي مما يؤدي إلى تبخر رطوبة السطح ويجعله جافاً، ولكن بسبب جفاف سطح العينة يحدث انتشار الماء من اللب الداخلي إلى السطح، بينما تنتقل الحرارة إلى اللب وتتسبب في تبخر الماء، وبالنتيجة تتشكل قشرة خارجية نتيجة جفاف السطح قبل اللب وتتميز هذه القشرة باحتوائها على المسام بسبب تبخر الماء منها، ويمكن استخدام ظاهرة انتقال الحرارة والكتلة في توزيع تكوين المسام من السطح إلى نواة القطعة كدالة لزمن القلي [Alam and Takhar, 2016]. يلاحظ من الجدول (70) انخفاض قيم محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، بلغ محتوى الماء في أصابع البطاطا 32.41، 31.48، 30.24% عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب وكانت 31.52% لعينة القلي العادي، وتوفقت الدرجة 135 °م معنوياً بمحتوى الماء. وتوافق ذلك مع ما أشار إليه [Devseren et al., 2021]. في دراسته التي تراوحت نتائج محتوى الماء فيها بين 16.28 و 43.5% عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 120-150 °م. وبالنسبة إلى محتوى الزيت الممتص، فيظهر الجدول (70) انخفاض محتوى الزيت في أصابع البطاطا مع زيادة درجة حرارة القلي، بلغت قيم محتوى الزيت في أصابع البطاطا 24.82، 23.27، 22.76% عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب بينما بلغت 26.11% لعينة الشاهد، وفُسر ذلك [Ravli et al., 2013] بأنه ربما يعود إلى انخفاض لزوجة الزيت عند ارتفاع درجات الحرارة، مما يقلل محتوى الزيت الداخلي ويرفع محتوى الزيت السطحي الذي يسهل إزالته خلال فترة ما بعد القلي مقارنةً بالمنتجات المقلية في درجة حرارة أقل. تشير الدراسة الحالية أن محتوى الزيت النهائي للأصابع المقلية تحت التفريغ أقل من الموجود في أصابع البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية. تحدث ظاهرة امتصاص الزيت في القلي تحت التفريغ بشكل رئيسي عند إخراج المنتج من المقلاة أثناء مرحلة التبريد، ويمكن أن يزيد أو يقل امتصاص الزيت في المنتج اعتماداً على كمية الزيت السطحي والماء الحر الموجود في المنتج، فكلما كان معدل فقد الماء أسرع زاد التصاق الزيت على سطح المنتج ومن ثم زاد امتصاص الزيت، وبالمقابل يلعب زمن استعادة الضغط دوراً مهماً في تقليل امتصاص الزيت [Moreira et al., 2009].

الجدول (70) محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
30.24±0.11 ^a	31.48±0.14 ^b	32.41±0.15 ^d	31.52±0.15 ^b	محتوى الماء %
22.76±0.29 ^a	23.27±0.16 ^b	24.82±0.33 ^c	26.11±0.51 ^d	محتوى الزيت الممتص %

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يبين الجدول (71) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. انخفضت درجة السطوع L^* لأصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، إذ بلغت درجة السطوع L^* في أصابع البطاطا 71.47، 70.32، 69.80 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، أي تفوقت الدرجة 115 °م معنوياً بأعلى قيمة L^* وأشار [Moyano et al., 2002] إلى أن تطور اللون في أصابع البطاطا هو ظاهرة سطحية وهذا يؤدي إلى تفاوت اللون بين السطح واللب لأن درجة حرارة السطح أكبر من درجة الحرارة المركزية تبعاً لسماكة القطع. أشار [Moreira and Da Silva, 2009] في الدراسة التي أجراها إلى أن رقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ حصلت على قيم L^* أعلى بكثير من القيم المقابلة لرقائق البطاطا المقلية بالقلي التقليدي، وأدت زيادة درجة حرارة القلي إلى انخفاض قيمة L^* في الدراسة نفسها، أثر زمن القلي في تغيرات لون الرقائق المقلية تحت التفريغ، إذ ذكر [Wanakamol and Poonlarp, 2018] أن زمن القلي تحت التفريغ الأطول أدى إلى ظهور لون أغمق. كما ولوحظ من الجدول (71) أن درجة الاصفرار b^* لأصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ ازدادت بزيادة درجة حرارة القلي، حيث بلغت قيمة b^* في أصابع البطاطا 29.57، 29.83، 30.71 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتفوقت الدرجة 135 °م بأعلى قيمة b^* وهذا يتوافق مع ما أشار إليه [Mousa, 2018، Johnson et al., 2019] حول زيادة الاصفرار بارتفاع حرارة القلي، وذكر [Tajner-Czopek et al., 2008] أن التجفيف المسبق لأصابع البطاطا بطريقة التفريغ أدى إلى الحصول على قيم أعلى لـ b^* بعد القلي، وفي دراسة أجراها [Troncoso et al., 2009] أظهرت كل من شرائح ورقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ لون أصفر ذهبي وتلون بني أقل مقارنة بالرقائق المقلية بطريقة الضغط الجوي العادي. تبين النتائج في الجدول (71) ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار a^* لأصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ من صنف سبونتا مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، فكانت درجة الاحمرار a^* في

أصابع البطاطا 4.91، 5.07، 5.34 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وبذلك تفوقت الدرجة 115 °م بأدنى قيمة a^* . أشارت الدراسات إلى أن ارتفاع قيمة الاحمرار خلال القلي يتعلق بتفاعل ميلارد كما ويرتبط بارتفاع محتوى الأكريلاميد، وكلاهما يعبر عن لون غير مرغوب من الناحية الصحية والحسية [Hariadi et al., 2018]. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة أثناء عملية القلي تحت التفريغ مع ارتفاع درجة حرارة القلي، إذ بلغت قيمة ΔE في عينات أصابع البطاطا 8.94، 9.38، 10.31 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب وتفاوتت الدرجة 115 °م بأدنى قيمة ΔE ، وتوافقت هذه النتائج مع ما وجدته [Su et al., 2016] الذي فسر التغير الكلي للون ΔE بسبب تبخر الماء وتطور اللون البني غير الإنزيمي الذي يحدث بسبب تفاعلات ميلارد والكرملة وهذه التفاعلات تحدث بسهولة أكبر عند معدلات الحرارة الأعلى، ونتيجة لذلك تزداد قيمة تغير اللون خلال الزمن عند درجات حرارة القلي الأعلى. بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI في عينات أصابع البطاطا 57.11، 59.08، 62.04 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب حيث تفوقت الدرجة 115 °م بأدنى قيمة BI بين المعاملات. أكد [Calder et al., 2011] أن حساب مؤشر BI لتحديد الاختلافات في اللون البني بين المعاملات يعد مؤشراً مفيداً لتقييم شدة الاسمرار في عينات البطاطا لأنه يأخذ في الاعتبار قيم L^* و a^* و b^* . تتوافق نتائج BI في دراستنا مع نتائج القيمة L^* وغالباً ما تأخذ المعاملات ذات درجة السطوع الأدنى قيمة أعلى لمؤشر الاسمرار. أوصت الدراسات بضبط قيمة BI في البطاطا المقلية عند حدودها الدنيا نظراً لارتباطها بطريقة القلي، من حيث درجة حرارة القلي وزمنه، ودرجة حرارة تخزين البطاطا الخام ومحتوى السكريات المرجعة فيها، ويعد ارتفاع قيمة BI أحد مؤشرات ارتفاع الأكريلاميد [Verma and Yadav, 2022؛ Michalak et al., 2019].

الجدول (71) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
69.80±0.40 ^c	70.32±0.21 ^b	71.47±0.32 ^a	66.37±0.49 ^d	درجة السطوع L^*
5.34±0.12 ^c	5.07±0.08 ^a	4.91±0.09 ^a	5.31±0.11 ^c	درجة الاحمرار a^*
30.71±0.45 ^a	29.83±0.33 ^b	29.57±0.34 ^b	30.62±0.42 ^a	مؤشر الاصفرار b^*
10.31±0.32 ^c	9.38±0.30 ^b	8.94±0.29 ^a	11.47±0.31 ^d	تغير اللون الكلي ΔE
62.04±0.44 ^c	59.08±0.32 ^b	57.11±0.33 ^a	65.95±0.34 ^d	مؤشر الاسمرار BI

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يبين الجدول (72) نتائج قوة القص المطبقة على أصابع البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ، يعد مؤشر قوة القص ضمن اختبار الاختراق من المؤشرات الهامة لتقييم الصلابة، وكذلك يرتبط اختبار القطع مع السمات الحسية للوجبات الخفيفة بمعاملات ارتباط مرتفعة [Sadeghi et al., 2021]. بلغت نتائج قوة القص 183.21، 172.94، 161.18 غ عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتشير إلى تأثير درجة الحرارة بصورة معنوية. ولوحظ مثل هذا الانخفاض في النتائج التي وجدها [Torres et al., 2017] عند القلي تحت تفريغ. بينما أشار [Li et al., 2019, 529] إلى أن القوة المطبقة للاختراق في أصابع البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية تتراوح بين 114.21 و 231.47 غ باختلاف الصنف، ولتفسير انخفاض قوة القص يُعريف القوام وفقاً لما ذكره [Miranda and Aguilera, 2006] بأنه مجموعة من الخصائص الفيزيائية تنشأ من العناصر الهيكلية للغذاء ترتبط بالنشوه والتفكك تحت تأثير قوة معينة، ويتم الشعور بها عن طريق حواس الرؤية واللمس، فيمكن قياس القوام من خلال مؤشرات الكتلة والزمن والمسافة وكذلك يمكن وصف القوام في الدراسات الحديثة بدراسة صوت تكسر العينة. يؤدي القلي تحت التفريغ إلى حدوث انهيار للأنسجة الهيكلية للمنتجات المقلية مما يؤدي إلى زيادة الانكماش وتشكل المسام على سطح المنتج، وكذلك يمكن أن يعزز القلي تحت التفريغ تشكل انتفاخات داخل بنية البطاطا، وبالنسبة يؤثر في الخصائص الفيزيائية المذكورة سابقاً بما يقلل قوة القص المطبقة للاختراق في المنتجات المقلية تحت التفريغ [Troncoso et al., 2009]. تزداد كل تلك التأثيرات عند زيادة درجة حرارة القلي أو زمنه، ووجدت دراسة [Pan et al, 2015] انخفاض صلابة العينات المقلية تحت التفريغ بالمقارنة مع العينات المقلية بالطريقة التقليدية لفترة ثابتة بسبب احتفاظ العينات المقلية تحت التفريغ على محتوى مائي أعلى خلال عملية القلي عند الزمن نفسه. وهنا لابد من الإشارة أن النوعية الأعلى لقوام منتجات البطاطا المقلية تعود إلى التقييم الحسي وهذا ما لا يمكن قياسه بالأجهزة من جهة، بالإضافة إلى تداخل مؤشر النكهة مع نوعية القوام الأعلى، ويمكن اعتماد المقارنة بين هذه المؤشرات لتحديد المعاملة الأفضل وذلك من دوافع دراستنا.

الجدول (72) نتائج قوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				
135	125	115	التقليدي 175	
161.18±2.11 ^d	172.94±2.12 ^c	183.21±2.10 ^b	192.72±2.11 ^a	قوة القص [غ]

1-2-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يبين الجدول (73) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ. كانت نسبة الأكريلاميد في أصابع البطاطا 213.36، 224.63، 279.71 ميكرو غرام/كغ عند القلي تحت التفريغ على درجات الحرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتشير النتائج إلى حدوث انخفاض في قيمة الأكريلاميد بمعدل 76.36، 75.11، 69.01% عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب مقارنة مع القلي التقليدي عند 175 °م التي بلغت 902.64 ميكرو غرام/كغ، وتوقفت الدرجة 115، 125 °م بأدنى محتوى من الأكريلاميد. وضح [Guo et al., 2021]. أن القلي تحت التفريغ يخفض محتوى الأكريلاميد في أصابع البطاطا بنسبة قد تصل إلى 98% بالمقارنة مع القلي التقليدي وذلك وفقاً للصنف وشروط عملية القلي، ويعود ذلك إلى المجال الحراري الأمثل لتشكل الأكريلاميد عند 160-180 °م، بينما تحدث عملية القلي تحت التفريغ عند درجات حرارة تصل إلى 140 °م، ويمثل الحفاظ على الخصائص الحسية للمنتجات المقلية تحت التفريغ تحدياً من ناحية قبول المستهلكين يمكن تجاوزه بالنظر إلى أثر التفريغ في تحسين جودة المنتجات وسلامتها الصحية لكن وفقاً لنتائج التقييم الحسي لم تكن هناك فروقاً كبيرة بين أصابع البطاطا المقلية بالطريقة التقليدية والمقلية بدرجة 125 °م تحت التفريغ. فسر [Sumnu and Sahin, 2009] دور القلي تحت التفريغ أنه يسمح بتقليل محتوى الأكريلاميد في رقائق البطاطا لارتباطه بدرجة الحرارة، فكلما ارتفعت درجة حرارة القلي زاد تشكل مادة الأكريلاميد في البطاطا المقلية، وذكر [Yang et al., 2016]. أنه يجب ضبط درجة حرارة القلي وزمنه لتجنب ارتفاع مستويات مادة الأكريلاميد، وتختلف مستويات مادة الأكريلاميد تبعاً لدرجة الحرارة والصنف المستخدم، إذ تزداد طردياً مع ارتفاع درجة حرارة القلي بمعدلات متفاوتة لأصناف البطاطا المختلفة. كذلك بينت الدراسات وجود اختلافات واضحة في مستويات الأكريلاميد اعتماداً على زمن التسخين، ونوع وسط القلي المستخدم، ويمكن تفسير هذه الاختلافات باحتواء بعض أنواع زيت القلي بشكل طبيعي على نسب عالية من الحموض الدهنية المتعددة عدم الإشباع التي تسهل توليد هيدروبيروكسيدات الحموض الدهنية خلال زمن القلي، والتي تساهم بالإضافة إلى نواتج الأكسدة الأولية والثانوية الأخرى للدهون في تحويل الأسباراجين إلى مادة الأكريلاميد عند تطبيق الحرارة الكافية [Liyanage et al., 2020؛ Thurer and Granvogl, 2016].

الجدول (73) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
135	125	115	التقليدي 175	
279.71±5.56 ^c	224.63±5.76 ^a	213.36±5.92 ^b	902.64±5.43 ^d	محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]
69.01	75.11	76.36	–	معدل انخفاض الأكريلاميد %

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-5- المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا:

يشير الجدول (74) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا. عادة ما يتم اختبار قرينة الحموضة لتحديد التدهور الحاصل في زيت القلي، ووفق الجدول (74) فقد وصلت نتائج قرينة الحموضة إلى 1.82، 1.87، 1.94 مغ KOH/غ زيت عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب وكانت 1.96 مغ KOH/غ زيت في العينة المحضرة بالقلي التقليدي، وتفوقت العينات المقلية عند الدرجة 115 °م بأدنى قيمة لقرينة الحموضة. وفي دراسة أجراها [Basuny and Al Oatibi, 2016] وجد أن إنتاج الحموض الدهنية الحرة كان أفضل مؤشر على تدهور الزيوت أثناء القلي، وأشار [Segura et al., 2019] إلى انخفاض محتوى الحموض الدهنية الحرة الناتجة عن التحلل المائي والأكسدة في الزيت عند القلي تحت التفريغ، بينما وجد زيادة في محتوى البوليمرات الناتجة عن التدهور الحراري والأكسدة الثانوية خلال القلي. وبلغت قرينة البيروكسيد 7.72، 8.13، 8.56 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب وكانت 8.91 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت في عينة القلي التقليدي، أي أن الدرجة 115 °م تفوقت بصورة معنوية بأدنى قيمة لقرينة البيروكسيد. وجدت دراسة [Parzhanova et al., 2021] في دراسته حول الثبات التأكسدي لزيت عباد الشمس أثناء المعالجة الحرارية أن قرينة البيروكسيد تزداد بزيادة زمن القلي، وهذا يتوافق مع المؤشرات التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية، وأظهرت النتائج التي ذكرها [Albertos et al., 2016] أن القلي تحت التفريغ أدى إلى استقرار الدهون من ناحية الأكسدة، وربما يعود ذلك إلى انخفاض محتوى الأكسجين في مقلاة التفريغ، وانخفاض درجات الحرارة المطبقة، مما أدى إلى انخفاض معدلات الأكسدة في الزيوت وتشكل البيروكسيدات بنسبة منخفضة في القلي تحت التفريغ مقارنةً بالقلي العميق التقليدي. بلغت قيمة الأنيسيدين 53.73، 54.40، 56.92 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وتفوقت العينات المحضرة عند 115 °م بصورة

معنوية من حيث أدنى قيمة لقرينة الأنيسيدين بينما كانت 34.86 عند القلي التقليدي، بلغت نسبة [PUFA/SFA] التي يطلق عليها مؤشر البوليين، 4.54، 4.32، 4.13 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، بينما كانت 4.32 في عينة القلي التقليدي، وقد أشار [Tarmizi et al., 2013] إلى أن عملية التفريغ تقلل من التغيرات في تركيب الحموض الدهنية وتسبب حمايتها من التحلل التأكسدي بالمقارنة مع القلي العميق التقليدي، مما يفسر تفوق العينات المقلية تحت التفريغ عند الدرجة 115 °م بصورة معنوية على جميع المعاملات الأخرى وعينة القلي التقليدي، على الرغم من وجود انخفاض في قيمة مؤشر البوليين خلال القلي بارتفاع درجة الحرارة. بلغت قيمة الرقم اليودي 108.65، 108.04، 107.32 عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، وكانت 117.21 في عينة القلي دون وجود فروق معنوية. ازدادت درجة تغير اللون أثناء القلي وكانت 11.56، 11.59، 12.12 وارتفعت قيمة قرينة الانكسار إلى 1.474، 1.475، 1.476. وترافق ذلك مع زيادة اللزوجة عند 25 °م إلى 87.72، 87.74، 87.89 mPa.s ووجد في دراسة [Maskan and Bagcı, 2003] ارتفاع اللزوجة عينات زيت عباد الشمس.

الجدول (74) المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا

حرارة القلي °م				المؤشرات الكيميائية
135	125	115	التقليدي 175	
1.94 ^c ±0.2	1.87 ^b ±0.1	1.82 ^a ±0.2	1.96 ^c ±0.2	رقم الحموضة (مغ/ KOH غ)
8.56 ^c ±0.2	8.13 ^b ±0.3	7.72 ^a ±0.2	8.91 ^c ±0.2	قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت)
53.73±0.7 ^a	54.40±0.8 ^b	56.92±0.9 ^c	59.79±1.2 ^d	رقم الأنيسيدين
4.13 ^c ±0.11	4.32 ^b ±0.12	4.54 ^a ±0.12	4.32±0.01 ^c	PUFA/SFA
107.32 ^a ±1.41	108.04 ^a ±2.40	108.65 ^a ±2.38	107.21 ^a ±1.19	الرقم اليودي
12.12±0.6 ^b	11.59±0.3 ^a	11.56±0.5 ^a	12.02±0.2 ^b	تغير اللون ΔE
1.476±0.001 ^b	1.475±0.001 ^{ab}	1.474±0.001 ^a	1.476±0.001 ^b	قرينة الانكسار
87.89±1.54 ^a	87.74±1.53 ^a	87.72±1.71 ^a	87.85±1.23 ^a	اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)
0.923±0.001 ^b	0.921±0.001 ^a	0.920±0.001 ^a	0.923±0.001 ^b	الكثافة (g.cm ⁻³)

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

حدد عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) اعتماداً على محتوى المركبات القطبية الكلي TPC 74، 70، 64 ساعة عند القلي تحت التفريغ على درجة حرارة 115، 125، 135 °م على الترتيب، مع مراعاة تعويض

الزيت بنسبة الفقد في نهاية كل يوم عمل، بينما كانت 67 ساعة في عينة القلي التقليدي، وحددت المواصفة السورية 2003/2745 نسبة المركبات القطبية 25% للتخلص من زيت القلي [المواصفة السورية 2745، 2003، 2]. ويوضح الجدول (75) عدد ساعات القلي الإجمالي [القلي والتسخين] في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا، حيث تفوقت الدرجة 115 °م بصورة معنوية على جميع المعاملات الأخرى. وصل عدد ساعات القلي تحت التفريغ بالنسبة لزيت عباد الشمس في دراسات سابقة إلى 56 ساعة على الدرجة 130 °م [Segura et al., 2019؛ Crosa et al., 2014؛ Kita et al., 2005]، وربما تعود الاختلافات الملحوظة في محتوى المركبات القطبية إلى نوع وسيط القلي أو المنتجات المقلية ونسبة المادة المقلية للزيت المستخدم، ولكن بصورة عامة فإن القلي تحت التفريغ يزيد من عدد ساعات القلي الإجمالي [Aladedunye and Przybylski, 2009؛ Kusucharid et al., 2009]. أكدت الدراسات الحديثة على أن سلامة زيت القلي تعتمد على محتوى TPC التي تتواجد على شكل أوليجومير ثلاثي الجليسريد، ومونومير ثلاثي جليسريد مؤكسد، وثنائي جليسريد، والحموض الدهنية الحرة [Al Faruq et al., 2022] وهذا ما دفع لاختيار TPC كمؤشر لتحديد عدد ساعات القلي.

الجدول (75) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) في نهاية عملية القلي تحت التفريغ لأصابع البطاطا

حرارة القلي °م				
135	125	115	التقليدي 175	
64 ^d ±0.8	70 ^b ±0.7	74 ^a ±0.3	67 ^c ±0.5	عدد ساعات القلي [ساعة]

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لمكررين- تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-2-6- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ:

يوضح الجدول (76) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ، والتي تشير إلى تفوق العينات المقلية عند الدرجة 125 °م معنوياً مقارنةً مع العينات المقلية عند درجتَي الحرارة 115، 135 °م، وذلك بالنسبة لجميع المؤشرات الحسية المدروسة. بلغت درجة القبول العام 8.1 وكانت درجة قبول اللون 8.2، وبلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 7.9 وكانت درجة تقييم القوام 8.3 لعينات أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ عند الدرجة 125 °م، بينما كانت درجات التقييم الحسي للقبول العام 8.3، واللون 7.6، والنكهة 8.5، والقوام 8.8، بالنسبة للعينة المقلية بالطريقة التقليدية عند الدرجة 175 °م. فسر [Garayo and Moreira, 2002] التغيرات في الخصائص الحسية من خلال الدور الذي يلعبه تدهم الأنسجة أثناء القلي في تعزيز تكامل النكهات

وإدراكها، ولذلك يمكن اعتبار القلي تحت التفريغ خياراً قابلاً للتطبيق لتحسين أو تعزيز الخصائص الحسية للأغذية المقلية تحت التفريغ لكونها تعتمد بشكل كبير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمنتج. أما بالنسبة لعينات أصابع البطاطا المقلية عند الدرجة 115 °م، انخفضت درجة القبول العام إلى 7.5، وكانت درجة التقييم الحسي اللون 8.2، و7.4 للنكهة، و6.9 للقوام، بينما عند الدرجة 135 °م كانت درجة القبول العام 7.7، وبلغت درجة رغبة اللون 7.8، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 7.5 والقوام 7.9. وجدت دراسة [Basuny and Al Oatibi, 2016] في دراسته على رقائق البطاطا أن المظهر واللون والقبول العام في رقائق البطاطا المحضرة بالقلي العميق التقليدي كانت أعلى مقارنة مع القلي تحت التفريغ، وهذا يتوافق مع نتائج التقييم الحسي لعينة القلي التقليدي. فسرت دراسات التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية الاختلافات في الانطباع الحسي للعينة بوجود وكمية مركبات النكهة المتطابقة النشطة ضمن الحدود اللازمة لإدراك النكهة، وكذلك على فعل التآزر أو قوة الطعم لبعض المركبات عند تحليلها في خليط، وكذلك أكدت حدوث زيادة كبيرة في الرائحة المعدنية بزيادة زمن القلي الكلي لأصابع البطاطا، وتصبح أكثر شدة في الزيوت التي تحتوي على نسبة أعلى من الحموض الدهنية متعددة عدم الإشباع، ونوهت أن العينات المقلية على درجة حرارة 170 °م كانت ذات تقييم حسي أعلى [Li et al., 2022؛ Xu et al., 2021؛ Meinhart et al., 2020؛ Petersen et al., 2013].

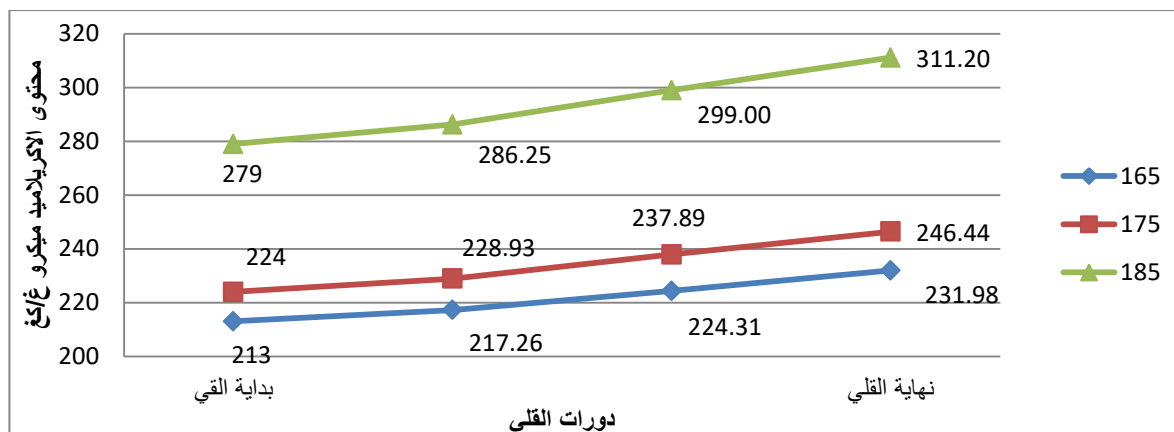
الجدول (76) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت التفريغ

مؤشرات التقييم الحسي	م° حرارة القلي			
	التقليدي 175	115	125	135
اللون	7.6 ^b ±0.3	8.2±0.2 ^a	8.2±0.1 ^a	7.8±0.2 ^b
النكهة	8.5 ^a ±0.2	7.4±0.1 ^c	7.9±0.2 ^b	7.5±0.1 ^c
القوام	8.8 ^a ±0.4	6.9±0.3 ^d	8.3±0.3 ^b	7.9±0.2 ^c
القبول العام	8.3 ^a ±0.3	7.5±0.2 ^b	8.1±0.2 ^a	7.7±0.2 ^b

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

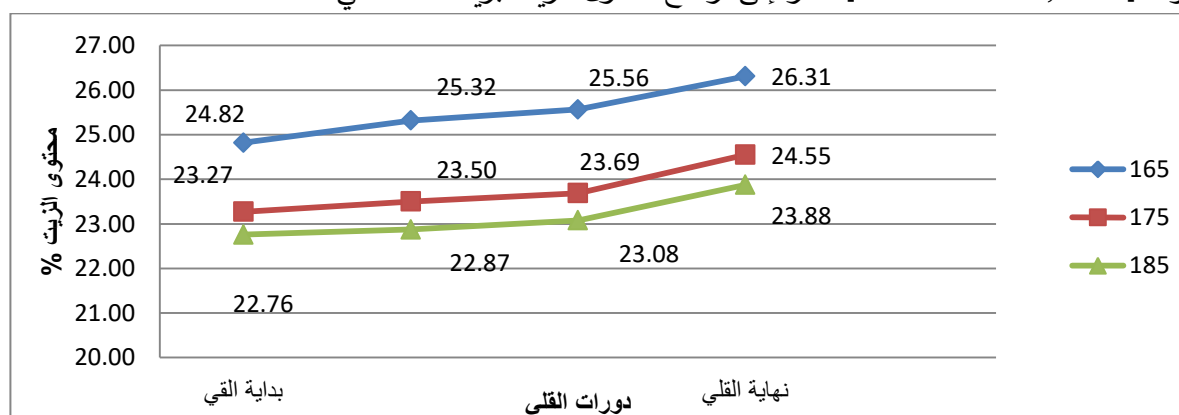
1-2-7- تأثير دورات القلي في كمية الأكريلاميد والزيت الممتص ضمن رقائق البطاطا بطريقة القلي تحت التفريغ:

يظهر المخطط رقم (9) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد في أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ، حيث لوحظ ارتفاع كمية الأكريلاميد مع زيادة عدد ساعات القلي، بلغت قيمته عند بداية عملية 213.36، 224.63، 279.71 ميكرو غرام/كغ، ووصلت في نهاية القلي 238.51، 246.44 و311.2 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 115، 125 و135 م° على الترتيب. وهذا يتوافق مع [Liyanage et al., 2020].



المخطط رقم (9) تأثير عدد دورات القلي في تشكّل الأكريلاميد في أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ

كما ويظهر المخطط رقم (10) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص ضمن أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ، حيث لوحظ ارتفاع كمية الزيت الممتص مع زيادة عدد ساعات القلي في كافة العينات المدروسة لكن بشكل ظاهري، بلغت قيمته عند بداية عملية 22.76، 23.27، 24.82 %، ووصلت في نهاية عملية القلي 26.31، 24.55، 23.88% عند القلي على درجات حرارة 115، 125 و 135م على الترتيب. وفي دراسة أجراها [Troncoso et al., 2009] أشار إلى ارتفاع محتوى الزيت بزيادة مدة القلي.



المخطط رقم (10) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص ضمن أصابع البطاطا المقلية تحت التفريغ

1-3-3- القلي تحت الضغط:

1-3-3-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (77) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية تحت الضغط، حيث يتسبب ارتفاع ضغط وسط القلي في حدوث ارتفاع محتوى الماء، بلغ محتوى العينات المائي 31.11، 32.63، 33.27 % عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، توافقت نتائج المحتوى المائي مع ما

ذكره كلاً من [Bengtson, 2006; Pawar et al., 2011] حول انخفاض محتوى الماء في المنتجات المقلية تحت الضغط بارتفاع الحرارة والحصول على منتجات ذات قوام عصيري غني بالنكهة والمغذيات الطبيعية، ويلاحظ من الجدول (77) انخفاض قيم محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه. انخفض محتوى الزيت لأصابع البطاطا مع زيادة درجة حرارة القلي تحت الضغط، فيظهر الجدول (77) قيم محتوى الزيت في أصابع البطاطا والتي كانت 35.86، 32.02، 30.96% عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، ولكنها كانت أعلى من عينة الشاهد. فسّر [Ravli et al., 2013] ذلك بأنه قد يعود إلى انخفاض لزوجة الزيت عند درجات الحرارة المرتفعة، مما يقلل محتوى الزيت الداخلي ويرفع محتوى الزيت السطحي الذي يسهل إزالته خلال فترة ما بعد القلي مقارنةً بالمنتجات المقلية في درجة حرارة أقل. أشار [Liberty et al., 2019] إلى أن الجمع بين السلق والمعالجة تحت الضغط العالي يزيد بشكل طفيف من امتصاص الزيت أثناء القلي، أما [Gertz, 2014] فقد وجد أنه لا يحدث امتصاص الزيت أثناء عملية القلي بسبب ارتفاع الضغط الداخلي أكبر من ضغط الزيت، وربما يساعد القلي تحت الضغط على تجاوز الضغط الداخلي، مما أدى إلى ارتفاع محتوى الزيت مقارنةً مع عينة الشاهد. يستنتج من دراسة القوى الدافعة لامتصاص الزيت وفقدان الماء أن عملية القلي تجري على طبقة حدودية تفصل القشرة عن اللب، ومن الضروري فهم آلية عملية القلي لتحديد العوامل المتعلقة بكمية الزيت في المنتجات المقلية.

الجدول (77) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
31.11±0.65 ^a	32.63±0.61 ^b	33.37±0.38 ^c	31.52±0.15 ^a	محتوى الماء %
30.96±1.07 ^b	32.02±0.97 ^c	35.86±1.05 ^d	26.11±0.51 ^a	محتوى الزيت الممتص %

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

1-3-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (78) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط، وتعد درجة السطوع L^* معلمة مهمة في صناعة القلي. انخفضت قيمة L^* لأصابع البطاطا المقلية تحت الضغط مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، إذ بلغت درجة السطوع L^* في أصابع البطاطا 62.53، 64.38، 67.89 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. يعمل القلي على تعديل خصائص الطعام

عن طريق تعزيز فقدان الماء وتفاعلات الأكسدة الحرارية التي تسبب انخفاض قيمة السطوع للمنتجات المقلية تحت الضغط وتغيير لون المنتج إلى اللون البني [Pawar et al., 2011]، وتشير الدراسات إلى ارتباط تطور اللون في أصابع البطاطا مع سماكة العينة والضغط المطبق في وسط القلي فكلما انخفض الضغط أثناء القلي كانت المنتجات المقلية ذات درجة سطوع أعلى، وبالتالي يسبب القلي عند ضغوط أعلى من الضغط الجوي العادي انخفاض درجة L^* وهذا قد يسبب انخفاض درجة الجودة لأصابع البطاطا [Da Silva and Moreira, 2008؛ Moyano et al., 2002]. يشير الجدول (78) إلى ارتفاع درجة الاصفرار b^* لأصابع البطاطا المقلية تحت الضغط مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، وبلغت قيمة b^* في أصابع البطاطا 29.52، 29.47، 30.64 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. يتوافق ارتفاع نتائج الاصفرار مع ارتفاع درجة حرارة القلي وزمنه كما أشار إليه عدد من الباحثين [Johnson et al., 2019؛ Mousa, 2018؛ Tajner-Czopek et al., 2008]، وذكرت الدراسات ارتفاع قيم الاصفرار لمنتجات البطاطا عند تطبيق التفريغ مما يمكن اعتباره مؤشراً لارتفاع الاسمرار عند تطبيق الضغط المرتفع، بالمقارنة مع القلي بالظروف العادية. تبين النتائج في الجدول [78] ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار a^* لأصابع البطاطا المقلية تحت الضغط مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، فكانت درجة الاحمرار a^* في أصابع البطاطا 5.73، 6.04، 6.69 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. يرتبط ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار بارتفاع محتوى الأكريلاميد فضلاً عن أثره في التقييم الحسي، وربما تعود التغيرات في درجة الاحمرار بالمقارنة مع عينة الشاهد المحضرة بالقلي التقليدي إلى دور الضغط المرتفع في تفاعل ميلارد [Kobayashi et al., 2019؛ 2018، Javier Moreno et al., 2003؛ Hariadi et al.]. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة أثناء القلي تحت الضغط مع ارتفاع درجة حرارة القلي، إذ بلغت قيمة ΔE في عينات أصابع البطاطا 11.14، 13.34، 15.20 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع ما وجدته [Su et al., 2016؛ Troncoso et al., 2009] بأن تغير اللون الكلي ΔE يحدث بسهولة أكبر عند درجات الضغط المرتفع، وربما يكون تأثير الضغط مشابهاً عند القلي بدرجة ضغط أكبر من الضغط الجوي العادي وكذلك يؤدي ارتفاع الحرارة إلى زيادة تغير اللون الكلي. كانت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI في أصابع البطاطا 65.13، 69.22، 73.97 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على

الترتيب، بينما كانت 65.95 في عينة الشاهد. توافقت نتائج BI مع نتائج السطوع L^* إذ تأخذ المعاملات ذات درجة السطوع الأدنى قيمة أعلى لمؤشر الاسمرار. ترتبط قيمة الاسمرار BI بطريقة القلي من حيث درجة حرارة القلي وزمنه، أكدت الدراسات على أهمية ضبط قيمة BI في البطاطا المقلية لارتباطه بارتفاع محتوى الأكريلاميد [Calder *et al.*, 2011؛ Michalak *et al.*, 2019؛ Verma and Yadav, 2022].

الجدول (78) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
62.53±0.91 ^d	64.38±0.96 ^c	67.89±1.01 ^a	66.37±0.49 ^b	درجة السطوع L^*
6.69±0.25 ^d	6.04±0.21 ^c	5.73±0.22 ^b	5.31±0.11 ^a	درجة الاحمرار a^*
30.64±0.74 ^a	29.47±0.61 ^b	29.52±0.79 ^b	30.62±0.42 ^a	مؤشر الاصفرار b^*
15.20±0.53 ^c	13.34±0.52 ^b	11.14±0.55 ^a	11.38±0.31 ^a	تغير اللون الكلي ΔE
73.97±0.67 ^c	69.22±0.65 ^b	65.13±0.68 ^a	65.62±0.34 ^a	مؤشر الاسمرار BI

- تعبر النتائج عن المتوسط $\pm$ الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

1-3-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (79) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط التي بلغت 177.43، 181.51، 187.62 غ عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت 192.72 غ في عينة الشاهد. تشير النتائج إلى انخفاض قوة الاختراق بزيادة زمن القلي، وربما يعود هذا الانخفاض إلى تأثير الحرارة والضغط في إنزيم بكتين ميتيل استراز PME الذي يلعب دوراً هاماً في تحديد قوام منتجات البطاطا أثناء التصنيع والتخزين [Zhang *et al.*, 2023؛ Moens *et al.*, 2021؛ Ross *et al.*, 2010]. تعود التغيرات في قوام وتماسك الخضار والفاكهة أثناء التصنيع والتخزين إلى التغيرات الأنزيمية وغير الأنزيمية في بنية البكتين، والتي تؤدي لتفكك بوليميرات البكتين منخفض الميثوكسي مما يؤدي إلى فقدان الصلابة في المنتجات المصنعة، وفقاً لما شرحه [Houska *et al.*, 2022] في دراسة حول المنتجات النباتية المصنعة تحت الضغط العالي. يُعبر مصطلح قالب المنتجات الغذائية عن التركيب الكيميائي للأغذية ومكوناته والروابط الجزيئية بينها والبنية الهيكلية لمجموع هذه المكونات، ليتوافق مع مصطلح القوام الذي يعبر عن جملة من الخصائص الفيزيائية التي تقاس بمؤشرات الكتلة والزمن والمسافة، ويمكن أن يؤدي القلي تحت الضغط المرتفع إلى حدوث خلخلة في بنية المنتجات المقلية مما يؤثر في القوة المطبقة للاختراق [Ayustaningwarno *et al.*, 2018؛ Pan *et al.*, 2015؛ Troncoso *et al.*, 2009].

الجدول (79) نتائج قوة الاحتراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
187.62±3.91 ^b	181.51±4.98 ^c	177.43±3.68 ^d	192.72±2.11 ^a	قوة الاحتراق [غ]

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة تكرارات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يبين الجدول (80) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط، وبلغت

921.19، 994.67، 1277.52 ميكرو غرام/كغ عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185

°م على الترتيب، وتشير النتائج إلى حدوث ارتفاع في قيمة الأكريلاميد عند الدرجة 175 و 185 °م.

الجدول (80) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
1277.52±8.98 ^d	994.67±7.02 ^c	921.19±6.85 ^b	902.64±5.43 ^a	محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]

1-3-5- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت الضغط للأصابع:

يشير الجدول (81) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت الضغط

لأصابع البطاطا. كانت نتائج رقم الحموضة 1.99، 2.17، 2.39 مغ KOH/غ زيت عند القلي تحت الضغط

على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وكانت 1.96 مغ KOH/غ زيت في عينة الشاهد

المحضرة بالقلي التقليدي. وبلغت قرينة البيروكسيد 8.86، 9.29، 9.66 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت عند

القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. وجد [Pawar et al., 2011] ارتفاعاً

معنوياً في نسبة الحموض الدهنية الحرة لزيت عباد الشمس عند القلي تحت الضغط، وقد يعود ذلك إلى خروج

الماء من المنتج المقلي إلى وسط القلي مما يعزز عملية التحلل المائي للدهون. يحفز تسخين الزيوت تفاعلات

الأكسدة والتحلل المائي ويستمر ذلك حتى فساد الزيت وتفكك البيروكسيد إلى مركبات الكربونيل والجذور الحرة

التي تسبب التسممات وتؤثر على تطور الخلايا السرطانية، ويزداد هذا التأثير بزيادة زمن [Parzhanova et al.,

2021؛ Mariana et al., 2020]. بلغت قيمة الأنيسيدين 68.34، 66.58، 62.26 عند القلي تحت الضغط على

درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت 59.79 عند القلي التقليدي وتوقت بصورة معنوية

من حيث أدنى قيمة لقرينة الأنيسيدين. يخضع تركيب الحموض الدهنية الزيتية مع استمرار عملية القلي لمدة

طويلة إلى مجموعة تحولات بسبب عمليات التبلور والبلمرة والتفاعلات الحرارية المذكورة، مما يؤدي إلى تغير

[PUFA/SFA]. كانت نتائج نسبة PUFA/SFA الموضحة في الجدول (82) لأصابع البطاطا 4.08، 3.93، 3.84 عند القلي تحت الضغط على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وقد أشار [Wang et al., 2013؛ McArdle et al., 2010] إلى انخفاض النسبة [PUFA/SFA] في الدهون عند تطبيق الضغط العالي، وأثرت الحرارة بصورة غير معنوية مع تطور زمن القلي. بلغت قيمة الرقم اليودي 91.12، 96.89، 101.47، 91.12، 96.89، 101.47، 13.96، 16.42، 18.89 وارتفعت قيمة قرينة الانكسار إلى 1.476، 1.477، 1.478، وكذلك وجد مثل هذا الارتفاع لقرينة الانكسار في دراسة [Godswill et al., 2018]. وترافق ذلك مع زيادة اللزوجة عند 25 °م إلى 88.83، 89.66، 89.92 mPa.s والكثافة الظاهرية إلى 0.925، 0.926، 0.928 g.cm⁻³.

الجدول (81) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي تحت الضغط لأصابع البطاطا

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
2.39±0.3 ^d	2.17±0.2 ^c	1.99±0.2 ^b	1.96±0.2 ^a	رقم الحموضة (مغ /KOH غ)
9.66±0.3 ^c	9.29±0.3 ^b	8.86±0.2 ^a	8.91±0.2 ^a	قرينة البيروكسيد (ميلي مكافئ أوكسجين /كغ زيت)
62.26±1.63 ^b	66.58±1.4 ^c	68.34±1.52 ^d	59.79±1.2 ^a	رقم الانيسيدين
3.84±0.11 ^c	3.93±0.09 ^c	4.08±0.12 ^b	4.32±0.01 ^a	PUFA/SFA
91.12±2.11 ^d	96.89±1.40 ^c	101.47±2.08 ^b	107.21±1.19 ^a	الرقم اليودي
18.89±0.9 ^d	16.42±1.7 ^c	13.96±0.8 ^b	12.02±0.2 ^a	تغير اللون ΔE
1.478±0.001 ^b	1.477±0.001 ^{ab}	1.476±0.001 ^a	1.475±0.001 ^a	قرينة الانكسار
89.92±1.54 ^b	89.66±1.32 ^b	88.83±1.04 ^{ab}	87.85±1.23 ^a	اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)
0.928±0.001 ^c	0.926±0.001 ^b	0.925±0.001 ^b	0.923±0.001 ^a	الكثافة (g.cm ⁻³)

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يحدث ارتفاع محتوى المركبات القطبية الكلي TPC في زيت القلي بسبب تحلل الجلسريدات، ولذلك استخدم TPC لتقييم العمر الافتراضي لزيت القلي، وبلغ عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط 54، 50، 46 ساعة على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، اعتماداً على محتوى TPC، مع مراعاة تعويض الزيت بنسبة الفقد وبشكل مستمر، بينما كانت 67 ساعة في عينة الشاهد. وأشار [Dejmek and Erdogdu, 2010] إلى أن استخدام الضغط يؤدي إلى تزايد قيم معامل انتقال الحرارة أثناء قلي قطع البطاطا مع تناقص الماء حتى جفاف السطح بالكامل ثم ينخفض حتى نهاية القلي، وهذا

قد يترافق بتغيرات القوام واللون وتكوين المواد المسرطنة خاصة الأكريلاميد، والذي يترافق أيضا مع ازدياد تشكل المركبات القطبية، مما يفسر انخفاض عدد ساعات القلي الكلي بالمقارنة مع عينة الشاهد. أكدت الدراسات أن سلامة زيت القلي تعتمد على محتوى TPC، ويكون تفاعل البلمرة أبطأ عند قلي أغذية تعتمد على البروتين مقارنة بالأغذية التي تحتوي على الكربوهيدرات، ويسرع ارتفاع درجة الحرارة خلال عملية القلي من تفاعلات الأكسدة الحرارية والبلمرة بينما يقلل قدرة مضادات الأكسدة في الوقت نفسه [Li *et al.*, 2015؛ Khor *et al.*, 2020].

الجدول (82) عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين) في نهاية عملية القلي تحت الضغط لأصابع البطاطا

حرارة القلي °م				المؤشر المدروس
185	175	165	التقليدي 175	
46±0.5 ^d	50±0.2 ^c	54±0.3 ^b	67±0.5 ^a	عدد ساعات القلي [ساعة]

-تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لمكررين. تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-7- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط:

يوضح الجدول (83) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط التي تشير إلى تفوق العينات المقلية عند الدرجة 175 °م بصورة معنوية على العينات الأخرى، لجميع المؤشرات الحسية. بلغت درجة القبول العام لعينات أصابع البطاطا المقلية تحت الضغط 6.8 عند الدرجة 175 °م، وكانت درجة قبول اللون 7.2، وبلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 6.6 وكانت درجة القوام 6.7، تتحكم عناصر المظهر والنكهة لمنتجات القلي في جودة الطعام، ويمكن تحسين السمات الحسية عند القلي تحت الضغط المنخفض مقارنة مع القلي التقليدي، إذ ترتبط الجودة الشاملة بالإدراك الحسي للون والنكهة والقوام للأطعمة أثناء عملية المضغ مما يؤثر على قبول المستهلك للمنتجات المقلية [Troncoso *et al.*, 2009]. انخفضت درجة القبول العام إلى 6.4، وكانت درجة التقييم الحسي للون 6.6، و6.4 للنكهة، و6.3 للقوام، بالنسبة لعينات أصابع البطاطا المقلية عند الدرجة 185 °م، بينما في عينات أصابع البطاطا المقلية عند الدرجة 165 °م، كانت درجة القبول العام عند أدنى قيمة لها وبلغت 6.2، وبلغت درجة رغبة اللون 6.3، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 6.1 والقوام 6.1. لا يمكن أن تعزى تغيرات سمات الجودة فقط إلى عملية فقدان الماء وامتصاص الزيت أثناء القلي، فقد وضح [Henry, 2019] أن تطور السمات الحسية لمنتجات البطاطا يحدث نتيجة للتغيرات الهيكلية والتفاعلات الكيميائية وفقدان الرطوبة وامتصاص الزيت أثناء تصنيع البطاطا المقلية، وأشار [Abong *et al.*, 2023] إلى

اختلاف درجات التقييم الحسي باختلاف الصنف وفقاً لمحتوى المادة الجافة ولاسيما نسبة السكريات المرجعة، بينما أكد [Bough et al., 2019] في دراسة حول تقييم النكهة لبعض أصناف البطاطا، أن الخصائص الحسية المرتبطة بالقوام والجودة تتأثر بكل من الطابع الوراثي وطرائق الطهي.

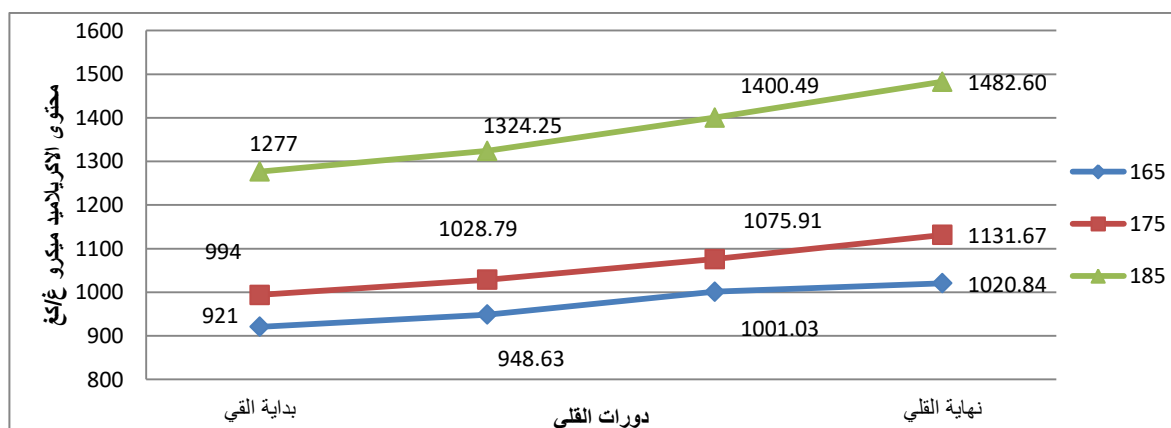
الجدول (83) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي تحت الضغط

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
6.6±0.2 ^c	7.2±0.1 ^b	6.3±0.3 ^c	7.6±0.1 ^a	اللون
6.4±0.3 ^b	6.6±0.2 ^b	6.1±0.3 ^c	7.8±0.2 ^a	النكهة
6.3±0.2 ^{cb}	6.7±0.1 ^b	6.1±0.1 ^c	8.4±0.4 ^a	القوام
6.4±0.3 ^c	6.8±0.1 ^b	6.2±0.2 ^c	7.9±0.2 ^a	القبول العام

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-3-8- تأثير دورات القلي بكمية الأكريلاميد والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية تحت الضغط:

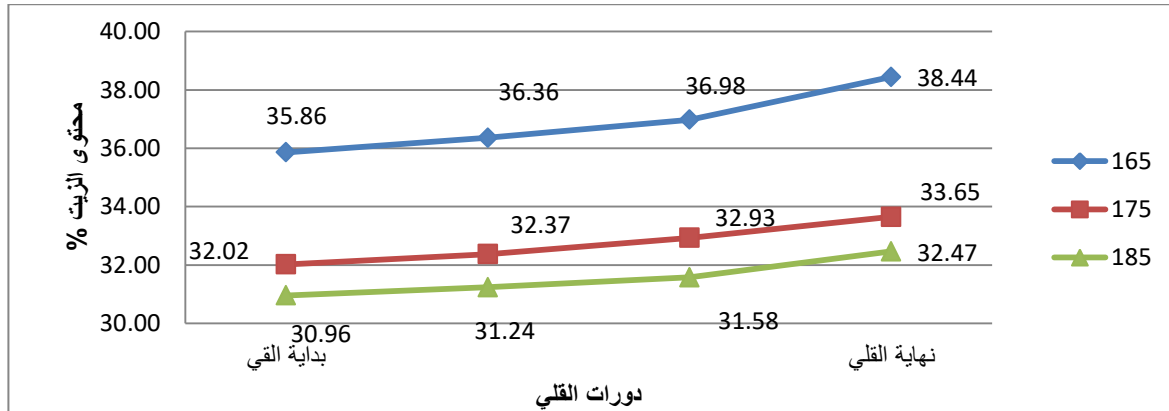
يوضح المخطط رقم (11) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد في أصابع البطاطا المقلية تحت الضغط، حيث لوحظ ارتفاع كمية الأكريلاميد مع زيادة عدد ساعات القلي، بلغت قيمته عند بداية عملية القلي 921.19، 994.67، 1277.52 ميكرو غرام/كغ الترتيب، ووصلت في نهاية عملية القلي 1020.84، 1131.67 و 1482.6 ميكرو غرام/كغ عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م°.



مخطط (11) تأثير عدد دورات القلي في تشكل الأكريلاميد في أصابع البطاطا المقلية تحت الضغط

يبين المخطط رقم (12) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص ضمن أصابع البطاطا المقلية تحت الضغط، حيث لوحظ ارتفاع كمية الزيت الممتص مع زيادة عدد ساعات القلي، وصلت قيمته في نهاية عملية

القلي 38.44، 33.65 و 32.47% عند القلي على درجات حرارة 165، 175 و 185 م°. وأشار في دراسات سابقة إلى ارتفاع محتوى الزيت الممتص بزيادة شدة القلي من حيث الحرارة والزمن [Innawong et al., 2006].



مخطط (12) تأثير عدد دورات القلي في كمية الزيت الممتص في أصابع البطاطا المقلية تحت الضغط

1-4-4- القلي بالهواء لأصابع البطاطا:

1-4-4-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يوضح الجدول (84) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن، حيث لوحظ انخفاض محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية بالهواء باختلاف درجة حرارة القلي، وتوصل [Andrés et al., 2012]؛ [Teruel et al., 2015] إلى استنتاجات مشابهة، ربما يعود ذلك إلى انخفاض معدل نقل الحرارة عند القلي بالهواء. بلغ محتوى الماء في أصابع البطاطا 33.43، 31.87، 30.73% عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 م° على الترتيب، وأشار [Andrés et al., 2012] في دراسته إلى أن عملية القلي بالهواء تسمح بإنتاج منتجات مقلية ذات محتوى دهون أقل ومستويات رطوبة مماثلة لتلك التي يتم الحصول عليها عن طريق القلي التقليدي. بينما يلاحظ من الجدول (84) نفسه، انخفاض محتوى الزيت الممتص لرقائق البطاطا مع زيادة حرارة القلي وزمنه، حيث بلغ محتوى الزيت في أصابع البطاطا 1.94، 1.52، 1.46% عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 م° على الترتيب، وتقاربت النتائج مع التي وجدها [Haddarah et al., 2021]. تحتوي منتجات البطاطا المحضرة بالقلي بالهواء نسبة دهون أقل بنسبة ما بين 70-80% مقارنة بالقلي العميق التقليدي. وإذ تمكن قلي المنتجات الغذائية باستخدام بضع غرامات من زيت القلي لكل كيلوغرام من قطع البطاطا

مقارنة مع كمية الزيت المطلوبة في القلي العميق التقليدي فهي تؤمن أكسدة دهون أقل وجودة غذائية أفضل

[Santos et al., 2017; Zaghi et al., 2019].

الجدول (84) نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	175 تقليدي	حرارة القلي °م
30.73±0.38 ^a	31.87±0.19 ^b	33.43±0.43 ^c	31.52 ±0.15 ^b	محتوى الماء %
1.46±0.26 ^a	1.52±0.33 ^a	1.94±0.21 ^b	26.11 ±0.51 ^c	محتوى الزيت الممتص %

تعبّر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

تظهر نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي بالهواء في الجدول (86). يتغير لون سطح أصابع البطاطا ويقل سطوعه مع بدء تشكل القشرة، ويشير هذا التغير خاصة في درجة السطوع L^* إلى تباين تشكيل وسماكة القشرة في أجزاء مختلفة من سطح المنتج. انخفضت قيمة L^* لأصابع البطاطا المقلية بالهواء مع زيادة درجة حرارة القلي وزمنه، إذ بلغت درجة السطوع L^* في رقائق البطاطا 72.89، 74.03، 76.51 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، وأشارت دراسات [Giovanelli et al., 2017؛ Teruel et al., 2015] إلى نتائج مشابهة. أوضح [Cao et al., 2020] أن استخدام تقنية القلي بالهواء أدى إلى خفض معدل التناقص في قيمة L^* أثناء القلي، من خلال إبطاء تفاعل اللون البني غير الإنزيمي. فإذا كانت درجة حرارة الوسط الخارجي [هواء أو زيت] نفسها، إلا أن الخصائص الحرارية للزيت تساعد على النقل الحراري بالحمل الحراري من الوسط الخارجي إلى سطح البطاطا، وتسرع عملية القلي، وفقا لما ذكره [Sansano et al., 2015]. أظهر الجدول (86) ارتفاع درجة الاصفرار b^* لرقائق لبطاطا المقلية مع زيادة درجة حرارة القلي بالهواء، فبلغت درجة الاصفرار b^* في رقائق البطاطا 27.04، 30.12، 30.51 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب. أشار كل من [Sansano et al., 2015؛ Teruel et al., 2015] إلى ارتفاع قيمة المؤشر b^* بزيادة درجة حرارة القلي بالهواء. إلا أن [Teruel et al., 2015] أشار إلى توافق التطور السريع للون مع المعدلات الأعلى لارتفاع درجة الحرارة، كذلك يصبح تطور اللون أسرع عندما ترتفع نسبة السكريات المرجعة في عينات البطاطا المقلية، وهذا يترافق مع انخفاض قيم b^* أثناء القلي. وبالتالي، فإن عملية القلي بالهواء يمكن أن تحقق اللون المميز للبطاطا المقلية، ولكنها تتطلب زمن أطول بشكل ملحوظ [Santos et

[Sansano et al., 2015؛ al., 2017]. وبالنسبة لمؤشر الاحمرار a^* ، فقد ازدادت قيمة a^* بزيادة درجة حرارة القلي وزمنه، إذ بلغت 4.10، 4.97، 5.01 لأصابع البطاطا المقلية بالهواء عند درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، ووفقاً لما ذكره [Heredia et al., 2014]، فإن القلي بالهواء يخفض قيم a^* التي ترتبط بمحتوى الأكريلاميد في أصابع البطاطا. بلغت قيمة تغير اللون ΔE لأصابع البطاطا 16.42، 19.54، 19.94 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة الشاهد 11.47. ومن المعروف أن تغيرات اللون في أصابع البطاطا أثناء القلي تعد تفاعلات حركية من الدرجة الأولى، لذا تكون ظاهرة تغير اللون أكثر وضوحاً في درجات الحرارة الأعلى [Moyano et al., 2002؛ Krokida et al., 2001]، وأشار [Dong et al., 2022] إلى ارتفاع قيمة ΔE في أصابع البطاطا المقلية بالهواء بزيادة درجة حرارة القلي وزمنه. كان مؤشر الاسمرار BI في عينات رقائق البطاطا 46.59، 55.89، 56.91 عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت 65.95 لعينة الشاهد. يعد القلي والقلي بالهواء طريقتين للطهي بالحرارة، لذلك من المرجح أن تحدث تفاعلات اللون البني وتعزز الخصائص الحسية المحمصة، وعلى الرغم من ذلك فإن طريقة القلي بالهواء كانت أكثر تمايزاً من حيث الاسمرار [Ciccone et al., 2020].

الجدول (85) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي بالهواء °م
72.89±1.86 ^b	74.03±0.98 ^b	76.51±1.12 ^a	66.37±0.49 ^d	درجة السطوع L*
5.01±0.14 ^b	4.97±0.19 ^b	4.10±0.11 ^a	5.31±0.11 ^c	مؤشر الاحمرار a*
30.51±0.39 ^a	30.12±0.41 ^a	27.04±0.36 ^b	30.62±0.42 ^a	درجة الاصفرار b*
20.94±0.72 ^d	19.54±0.65 ^c	16.42±0.66 ^b	11.47±0.31 ^a	تغير اللون الكلي ΔE
56.91±0.76 ^c	55.89±0.67 ^b	46.59±0.68 ^a	65.95±0.34 ^d	مؤشر الاسمرار BI

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يظهر الجدول (86) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن. بلغت نتائج القوام في عينات أصابع البطاطا 177.65، 159.99، 155.42 غ عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بينما كانت لعينة الشاهد 192.72 غ، بلغت القوة المطبقة للقص التي وجدها [Amaral et al., 2017] 132.56 غ في عينة أصابع البطاطا المقلية بدون معاملة مسبقة. وفسر [Yang et al., 2016]، انخفاض

القوة المطبقة للقص والصلابة في العينات المقلية بالمقارنة مع البطاطا الطازجة بسبب جلتنة النشاء أثناء القلي، بسبب تحسن الخصائص المسامية بطريقة متدرجة [Gouyo et al., 2021؛ Van Koerten et al., 2015].

الجدول (86) نتائج القوام (القوة المطبقة للاختراق) لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	175 التقليدي	حرارة القلي °م
155.42± 6.01 ^c	159.99±4.57 ^c	177.65±4.96 ^b	192.72±2.11 ^a	القوة المطبقة [غ]

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-4- نتائج الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يبين الجدول (87) نتائج الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن. انخفضت نسبة الأكريلاميد في أصابع البطاطا فكانت 290.51، 299.42، 328.23 ميكروغرام/كغ عند القلي بالهواء على درجة حرارة 165، 175، 185 °م على الترتيب، بالمقارنة مع عينة الشاهد المقلية بالقلي التقليدي عند الدرجة 175 °م، وبلغ معدل الانخفاض في محتوى الأكريلاميد 66.48، 67.85، 63.66% على الترتيب. وتوافقت النتائج مع ما أشارت إليه دراسات سابقة، فوجد [Basuny and Al Oatibi, 2016] القلي بالهواء يخفض الأكريلاميد بنسبة 73.10%، ووجد [Sansano et al., 2015]، انخفاض بنسبة 77%، بينما [Haddarah et al., 2021] حيث انخفضت نسبة الأكريلاميد عند استخدام القلي بالهواء بالمقارنة مع عينة الشاهد بنسبة 88%.

الجدول (87) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	175 التقليدي	حرارة القلي بالهواء °م
328.23±6.84 ^b	299.42±9.66 ^a	290.51±7.98 ^a	902.64±5.43 ^c	محتوى الأكريلاميد [μغ/كغ]

تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

1-4-5- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن:

يوضح الجدول (88) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن، وأظهرت النتائج تفوق عينة الشاهد بصورة معنوية، يتبعها العينات المقلية بالهواء عند الدرجة 175 °م، لجميع المؤشرات الحسية المدروسة، وأشار [Heredia et al., 2014] أن محتوى الزيت المنخفض يمكن أن يخفض المؤشرات الحسية للمنتجات المقلية بالهواء. بلغت درجة القبول العام لعينات أصابع البطاطا المقلية بالهواء 7.1 عند الدرجة 175 °م، وكانت درجة رغبة اللون 8.9، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 5.7 وكان القوام 6.7، وفسرت الدراسات أن أهم التفاعلات الكيميائية التي تشارك في تطوير النكهة المقلية هما أكسدة الدهون وتفاعل ميلارد، وبذلك يمكن

لمحتوى الزيت أن يغير العديد من الخصائص الحسية للمنتج النهائي [Dehghannya and Ngadi, 2021]. أما بالنسبة لعينات أصابع البطاطا المقلية بالهواء عند الدرجة 165 °م، فقد انخفضت درجة القبول العام إلى 6.6، وكانت درجة التقييم الحسي اللون 7.9، بينما بلغت 5.3 للنكهة، و6.6 للقوام، وربما يعود انخفاض القبول العام إلى ضعف تطور النكهة بسبب عدم استخدام كمية كافية من الزيت. وأشار [Teruel *et al.*, 2015] إلى ارتباط المؤشرات الحسية في البطاطا المقلية بالهواء مع احتواء خلاياها على كمية أكبر من النشاء المتهلم. بينما في عينات أصابع البطاطا المقلية بالهواء عند الدرجة 185 °م، كانت درجة القبول العام عند أدنى قيمة لها وبلغت 6.4، وبلغت درجة رغبة اللون 7.3، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 5.6 والقوام 6.3 وأشار [2011 Andres *et al.*, أن تحليل تطور محتوى الماء والزيت تحت ظروف القلي المختلفة يسمح بمقارنة تركيز أهم مكونين من الناحية الحسية. اعتبر [Gouyo *et al.*, 2021] أن أصابع البطاطا المقلية بالهواء كانت أقل قرمشة من خلال التقييم الحسي، فحصلت على أدنى المؤشرات الحسية لكونها أقل هشاشة؛ إذ يرتبط ذلك بالنكهة المشابهة للبطاطا المسلوقة وكلما كانت الأصابع أكثر قرمشة، انخفضت نكهة البطاطا المسلوقة فيها، وربما يعود الانخفاض في القبول العام إلى غياب الزيت الذي يزود المنتج بقشرة سطحية جافة وهشة ويحسن النكهة.

الجدول (88) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بالهواء الساخن

185	175	165	التقليدي 175	حرارة القلي °م
7.3±0.2 ^d	8.9±0.2 ^a	7.9±0.2 ^b	7.6±0.1 ^c	اللون
5.6±0.3 ^b	5.7±0.2 ^b	5.3±0.3 ^b	7.8±0.2 ^a	النكهة
6.3±0.4 ^b	6.7±0.3 ^b	6.6±0.3 ^b	8.4±0.4 ^a	القوام
6.4±0.3 ^c	7.1±0.3 ^b	6.6±0.3 ^c	7.9±0.2 ^a	القبول العام

الباب الثاني: تأثير المعاملات المسبقة في خصائص جودة أصابع البطاطا صنف *Sponta*

2-1-1- المعاملات الكيميائية

2-1-1-1- تأثير مواد الغمر

2-1-1-1-1- نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر:

يبين الجدول (89) نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر، حيث بلغت كمية الزيت الممتص ضمن عينة الشاهد حوالي 26.11% تقاربت نتائجنا مع [Al-Asmar *et al.*, 2018]. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود تباين في قدرة محاليل الغمر في خفض كمية الزيت الممتص ضمن أصابع البطاطا، فلم يكن

لاستخدام مستخلص أوراق الزيتون وحمض الخل أي تأثير معنوي على كمية الزيت الممتص، وكانت النتائج متقاربة مع الشاهد. يظهر الجدول أدناه تفوق العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم وكلوريد الصوديوم وبكافة التراكيز المدروسة على بقية العينات بمحتوى الزيت الممتص والذي بلغ حوالي 17.91 و 19.71% على الترتيب عند استخدام التركيز 1.5%. توافقت نتائجنا مع [Bunger et al., 2003] واختلفت مع [Dewayani et al., 2020]. إما بالنسبة للعينات المعاملة بمستخلصات قشور ثمار الحمضيات فقد لوحظ انخفاض قيمة الزيت الممتص بالمقارنة مع الشاهد، حيث بلغت كمية الزيت الممتص في كل من العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار الكريغون والليمون والبرتقال عند التركيز 0.5%، 24.16 و 25.36 و 25.17% على الترتيب. لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي في خفض كمية الزيت الممتص ضمن العينات الآنف الذكر باستثناء العينات المعاملة بمستخلص الكريغون حيث تفوقت العينات المعاملة بالتركيزين 1 و 1.5% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5%. توافقت نتائجنا مع [Haddarah et al., 2021] واختلفت مع [Choulitoudi et al., 2020].

الجدول (89) نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

المعاملة المطبقة	محتوى الزيت حسب التركيز المستخدم		
	تركيز 0.5%	تركيز 1%	تركيز 1.5%
الشاهد	26.11 ± 0.51^h		
مستخلص أوراق الزيتون	26.02 ± 1.69^{gh}	25.91 ± 0.85^{gh}	25.85 ± 0.81^{fh}
مستخلص قشور ثمار الكريغون	24.16 ± 0.84^{fgh}	22.31 ± 0.91^{de}	22.01 ± 0.75^d
مستخلص قشور ثمار الليمون	25.36 ± 0.87^{hg}	25.06 ± 1.27^{hg}	24.95 ± 0.94^{fgh}
مستخلص قشور ثمار البرتقال	25.17 ± 0.79^{fgh}	24.69 ± 0.91^{fgh}	24.67 ± 0.88^{fgh}
ملح كلوريد الصوديوم	22.14 ± 0.82^d	20.25 ± 0.95^{bcd}	19.71 ± 1.64^{abcd}
ملح كلوريد الكالسيوم	21.45 ± 1.68^{cd}	18.94 ± 0.99^{ab}	17.91 ± 1.73^a
حمض الخل	26.54 ± 0.89^h	25.98 ± 1.11^{fg}	26.01 ± 1.74^{gh}
حمض الستريك	24.07 ± 1.69^{efg}	22.19 ± 0.91^d	21.77 ± 0.71^d

2-1-1-2- المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر:

يبين الجدول (90) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر، بالنسبة للمؤشر اللوني L^* ، يظهر الجدول (90-1) نتائج المؤشر اللوني L^* ، حيث لوحظ تفوق أغلب العينات المدروسة وبشكل معنوي على عينة الشاهد، ولوحظ وجود تباين في قدرة المواد المستخدمة في عملية الغمر على تحسين قيمة المؤشر L^* ، حيث بلغت أعلى قيمة للمؤشر الأنف الذكر في كل من العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم وحمض الستريك بتركيز

1.5% بقيمة بلغت 75.54 و75.51 على الترتيب. وفي نفس السياق كانت ادنى قيمة للمؤشر المدروس ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون وحمض الخل بتركيز 0.5% بقيمة 66.15 و66.55 على الترتيب. أثر التركيز المستخدم وبشكل معنوي في رفع قيمة مؤشر الإضاءة وبشكل طردي مع زيادة التركيز وكان التركيز 1.5% أفضل تركيز مستخدم بالنسبة للمؤشر الأنف الذكر، تقاربت نتائجنا مع نتائج كل من [Negoiță et al., 2014; Morales et al., 2019; Mesias et al., 2022]. أما بالنسبة للمؤشر اللوني a^* ، فقد أظهرت النتائج في الجدول (2-90) عدم وجود فروق معنوية بين كافة العينات المدروسة والشاهد باستثناء العينات المعاملة بمستخلص قشور الليمون وبتتركيز 1.5% حيث بلغت قيمة المؤشر الأنف الذكر حوالي 32.12، وبلغت إدنى قيمة لمؤشر الاصفرار ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم بتركيز 1.5% حيث بلغت حوالي 29.99، يمكن القول بأن المواد المستخدمة بالغمر لما يكن لها أي تأثير سلبي على درجة الاصفرار، ربما يعود السبب في ذلك لطبيعة هذه المواد وتأثيرها على نتائج تفاعلات ميلارد. تقاربت نتائجنا مع [Negoiță et al., 2022]. إما فيما يتعلق بالمؤشر اللوني a^* ، فيعد انخفاضه صفة مرغوبة المنتجات المقلية. يلاحظ من الجدول (3-90) أن عملية غمر أصابع البطاطا بالمستخلصات النباتية والأملاح المعدنية والحموض العضوية أدت لتحسين قيمة المؤشر اللوني a^* وذلك عن طريق خفضه بالمقارنة مع الشاهد، توافقت هذه النتائج مع [Negoiță ; Zhang et al., 2007]، أظهرت النتائج تفوق العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم وبتتركيز 1.5% على بقية عينات الدراسة وذلك بحصولها على أقل قيمة لمؤشر الاحمرار، حيث بلغ حوالي 2.88، أدى زيادة تركيز مستخلصات أوراق الزيتون وقشور الكريفون والليمون والأملاح المعدنية المستخدمة في نقع عينات أصابع البطاطا لخفض قيمة المؤشر اللوني a^* ضمن العينات الأنفة الذكر، لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي على قيمة مؤشر الاحمرار في العينات المعاملة بمستخلص قشور ثمار البرتقال، أما بالنسبة للحموض العضوية، فقد لوحظ تفوق العينات المعاملة بها بتركيز 1 و1.5% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5%. بالنسبة لتغير اللون الكلي ΔE ، لوحظ من الجدول (4-90) تفوق بعض العينات المدروسة على عينة الشاهد، أما بقية العينات فقد تقاربت قيمتها مع قيمة الشاهد، وبالتالي يمكن اعتبار أن المعاملات المطبقة قد حسنت من جودة أصابع البطاطا. بلغت أدنى قيمة لمعامل تغير اللون ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم ومستخلص قشور ثمار الكريفون بتركيز 0.5 و1.5% بنسبة تقريبا 8.37 و8.96 على الترتيب، لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي في درجة تغير

اللون وذلك ضمن العينات المعاملة بمستخلص أوراق الزيتون وقشور الكريغون، بينما أثرت في بقية عينات الدراسة حيث تفوقت العينات المعاملة بالتركيز 0.5 على العينات المعاملة بالتركيز 1 و 1.5%. أشار [Michalak et al., 2019] إلى وجود ارتباط نسبي بين الاسمرار ومحتوى مادة الأكريلاميد في أنظمة القلي النموذجية، التي تكون عندها المكونات وظروف المعالجة الحرارية مضبوطة بشكل تام. لذلك يعد مؤشر الاسمرار من القرائن اللونية المهمة عند القلي. تظهر نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول (5-90) تفوق كافة العينات المدروسة وبشكل معنوي بمؤشر الاسمرار على عينة الشاهد، بلغت ادنى قيمة لمؤشر الاسمرار ضمن العينات المعاملة بحمض الستريك بتركيز 1.5% بقيمة بلغت 50.09 أثر التركيز المستخدم وبشكل معنوي في المؤشر المدروس، حيث تفوقت أغلب العينات المعاملة بالتركيز 1 و 1.5% على بقية العينات المدروسة باستثناء العينات المعاملة بمستخلص قشور البرتقال. توافقت نتائجنا مع [Zhang, 2017].

الجدول (90) نتائج تغييرات مؤشرات اللون لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

الجدول (90-1) نتائج تغييرات درجة السطوع *الأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر			
المعاملة المطبقة	تركيز 0.5%	تركيز 1%	تركيز 1.5%
الشاهد	66.37±0.49 ^f		
مستخلص أوراق الزيتون	66.15±1.15 ^f	69.02±1.7 ^e	69.82±0.89 ^e
مستخلص قشور ثمار الكريغون	67.01±1.39 ^f	70.41±0.98 ^{de}	70.66±0.89 ^{de}
مستخلص قشور ثمار الليمون	69.76±1.22 ^e	72.38±1.27 ^{cd}	73.01±1.01 ^{bc}
مستخلص قشور ثمار البرتقال	70.25±1.34 ^{de}	71.95±1.53 ^{cd}	71.84±1.36 ^{cd}
ملح كلوريد الصوديوم	71.39±0.96 ^{cd}	73.43±0.89 ^{bc}	75.54±1.42 ^a
ملح كلوريد الكالسيوم	71.5±1.63 ^{cd}	73.24±1.34 ^{bc}	74.48±1.39 ^{ab}
حمض الخل	66.55±1.58 ^f	70.18±1.31 ^{de}	71.86±0.96 ^c
حمض الستريك	71.43±1.34 ^{cd}	73.45±1.17 ^{bc}	75.51±1.32 ^a

الجدول (90-2) نتائج تغييرات درجة الاصفرار *b لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

30.62±0.42 ^{bc}			الشاهد
31.71±0.69 ^b	31.54±0.58 ^b	31.65±0.65 ^b	مستخلص أوراق الزيتون
31.11±0.6 ^c	31.05±0.92 ^c	30.13±0.95 ^c	مستخلص قشور ثمار الكريغون
32.12±0.82 ^a	31.71±0.63 ^{ba}	31.56±0.39 ^{ba}	مستخلص قشور ثمار الليمون
30.14±0.85 ^{bc}	30.52±0.67 ^b	30.46±1.02 ^{cb}	مستخلص قشور ثمار البرتقال
30.69±0.83 ^{cb}	30.31±0.59 ^{cb}	30.25±0.95 ^{cb}	ملح كلوريد الصوديوم
29.99±0.74 ^c	30.24±0.76 ^{cb}	31.03±0.73 ^{cb}	ملح كلوريد الكالسيوم
30.01±0.58 ^{cb}	30.71±0.74 ^{cb}	30.87±0.57 ^{cb}	حمض الخل
29.99±0.94 ^c	30.99±0.77 ^{cb}	30.78±0.68 ^{cb}	حمض الستريك

الجدول (3-90) نتائج تغييرات مؤشر الاحمرار * لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

الشاهد			5.31±0.11 ^h
مستخلص أوراق الزيتون	5.12±0.18 ^e	4.55±0.15 ^d	4.09±0.11 ^c
مستخلص قشور ثمار الكريغون	3.95±0.15 ^c	4.51±0.13 ^d	4.99±0.2 ^e
مستخلص قشور ثمار الليمون	5.01±0.21 ^e	4.6±0.19 ^d	4.16±0.06 ^c
مستخلص قشور ثمار البرتقال	5.16±0.16 ^{ef}	5.29±0.17 ^f	5.41±0.25 ^f
ملح كلوريد الصوديوم	5.11±0.19 ^e	4.53±0.25 ^d	3.96±0.14 ^c
ملح كلوريد الكالسيوم	3.94±0.21 ^c	3.19±0.19 ^b	2.88±0.18 ^a
حمض الخل	5.25±0.14 ^{ef}	5.13±0.19 ^e	4.86±0.18 ^e
حمض الستريك	4.01±0.18 ^c	3.24±0.26 ^b	3.16±0.16 ^b

الجدول (4-90) نتائج تغييرات تغير اللون الكلي ΔE لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

الشاهد			11.47±0.31 ^e
مستخلص أوراق الزيتون	10.48±0.72 ^d	10.55±0.61 ^d	10.53±0.66 ^d
مستخلص قشور ثمار الكريغون	9.14±0.74 ^b	9.31±0.72 ^{bc}	8.96±0.69 ^{ab}
مستخلص قشور ثمار الليمون	9.94±0.71 ^c	11.25±0.75 ^e	11.59±0.78 ^e
مستخلص قشور ثمار البرتقال	10.42±0.74 ^d	11.66±0.74 ^e	11.98±0.74 ^e
ملح كلوريد الصوديوم	9.96±0.72 ^c	10.03±0.79 ^{cd}	11.39±0.73 ^e
ملح كلوريد الكالسيوم	8.37±0.77 ^a	8.90±0.77 ^{ab}	10.32±0.73 ^d
حمض الخل	9.98±0.79 ^c	9.53±0.76 ^{bc}	9.33±0.78 ^{bc}
حمض الستريك	9.36±0.78 ^{bc}	10.49±0.77 ^d	10.64±0.72 ^d

الجدول (5-90) نتائج تغييرات مؤشر الاسمرار BI لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

الشاهد			65.95±0.34 ^j
مستخلص أوراق الزيتون	63.71±0.95 ⁱ	61.89±0.81 ^g	60.90±0.74 ^{fg}
مستخلص قشور ثمار الكريغون	60.87±0.93 ^f	58.97±0.88 ^e	58.26±0.77 ^e
مستخلص قشور ثمار الليمون	61.63±0.92 ^{fg}	62.43±0.94 ^h	63.55±0.92 ⁱ
مستخلص قشور ثمار البرتقال	61.32±0.91 ^{fg}	60.70±0.93 ^{fg}	60.58±0.94 ^f
ملح كلوريد الصوديوم	55.56±0.92 ^d	53.56±0.95 ^c	52.23±0.93 ^b
ملح كلوريد الكالسيوم	55.03±0.94 ^d	53.25±0.91 ^{bc}	53.09±0.85 ^{bc}
حمض الخل	63.82±0.93 ^h	59.11±0.89 ^e	60.83±0.91 ^{fg}
حمض الستريك	55.90±0.95 ^d	53.70±0.93 ^c	50.09±0.85 ^a

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-1-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر في الجدول (91) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر. أظهرت النتائج وجود

تباين في قدرة تأثير المواد المستخدمة في الغمر على القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا، ربما يعود سبب

الاختلاف لطبيعة المواد المستخدمة ودرجة تأثيرها في هيكل الخلايا وتشكل القشرة الخارجية. أبدت العينات المنقوعة بمستخلص أوراق الزيتون وملح كلوريد الكالسيوم وحمض الخل وبكافة التراكيز المستخدمة ارتفاعاً لقيمة المؤشر المدروس مع زيادة التركيز بالمقارنة مع عينة الشاهد ولكن النتائج بقيت ضمن الحدود المقبولة وتوافقت مع [Li et al., 2019]، فوصلت ضمن العينات المعاملة بكل من مستخلص أوراق الزيتون وملح كلوريد الكالسيوم وحمض الستريك بتركيز 1.5% 206.28، 227.11 و 216.31 غ. توافقت هذه النتيجة مع [Negoiță et al., 2016, Mauro et al., 2016, Kampuse et al., 2022]، أما بالنسبة للعينات المنقوعة ببقية المواد فقد لوحظ انخفاض قيمة القوة المطبقة للاختراق بزيادة التركيز المستخدم، حيث بلغت أدنى قيمة للمؤشر الأنف الذكر ضمن العينات المعاملة بحمض الخل بتركيز 1.5% 170.13 غ، توافقت نتائجنا مع [Granda et al., 2004].

الجدول (91) نتائج القوة المطبقة للاختراق (القوام) لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

تركيز 1.5%	تركيز 1%	تركيز 0.5%	قوة الكسر (غ)
192.72±2.11 ^g			الشاهد
206.28±4.11 ^e	201.01±3.01 ^f	195.95±3.32 ^g	مستخلص أوراق الزيتون
180.21±2.79 ^{jk}	183.36±2.18 ⁱ	189.19±2.59 ^h	مستخلص قشور ثمار الكريغون
179.21±2.71 ^k	182.01±2.69 ^j	188.69±2.41 ^h	مستخلص قشور ثمار الليمون
178.99±2.18 ^k	183.81±3.11 ⁱ	188.99±2.91 ^h	مستخلص قشور ثمار البرتقال
195.01±2.92 ^g	193.01±3.98 ^g	192.79±2.88 ^g	ملح كلوريد الصوديوم
227.11±2.93 ^a	221.57±2.52 ^b	205.19±2.71 ^e	ملح كلوريد الكالسيوم
170.13±2.27 ^l	179.21±2.85 ^k	188.63±3.89 ^h	حمض الخل
216.31±3.99 ^c	211.14±2.92 ^d	201.11±3.97 ^f	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-1-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر الجدول (92) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر. أظهرت النتائج وجود تأثير للمواد المستخدمة في الغمر في خفض كمية الأكريلاميد المتشكل ضمن أصابع البطاطا، حيث لوحظ تفوق العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم ومستخلص أوراق الزيتون وقشور ثمار الكريغون على بقية العينات المدروسة بكمية الأكريلاميد المشكلة ضمن أصابع البطاطا والتي كانت حوالي 397.75، 500.14 و 505.09 ميكروغرام/كغ على الترتيب وذلك عند التركيز 1.5%. بلغت أعلى قيمة لكمية الأكريلاميد ضمن العينات المعاملة بحمض الخل بتركيز 0.5% حيث كانت 808.63 ميكروغرام/كغ. توافقت نتائجنا مع [Negoiță et al., 2022].

[Kampuse et al., 2016; Zhang et al., 2007]. أثر التركيز المستخدم بشكل معنوي في خفض قيمة كمية الأكريلاميد وذلك بشكل طردي مع زيادته في كافة العينات المدروسة، اختلفت هذه النتيجة مع [Zhang et al., 2007] الذي لاحظ أن كمية الأكريلاميد اختلفت باختلاف التركيز المستخدم من مستخلص نبات الخيزران، حيث استخدام 6 تراكيز مختلفة من المستخلص ولاحظ أن التركيز 0.1% كان التركيز الأمثل لخفض الأكريلاميد.

الجدول (92) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

متوسط محتوى العينة من الأكريلاميد (ميكروغرام/كغ)			المعاملة المطبقة
تركيز 0.5%	تركيز 1%	تركيز 1.5%	
902.64±5.43			الشاهد
500.14±6.98 ^b	566.03±5.87 ^b	670.44±7.35 ^c	مستخلص أوراق الزيتون
505.09±7.96 ^b	570.12±7.08 ^b	674.13±9.02 ^c	مستخلص قشور ثمار الكريفون
601.56±7.89 ^e	756.74±9.25 ^e	745.13±6.54 ^f	مستخلص قشور ثمار الليمون
761.71±8.39 ^{hf}	796.49±6.42 ^h	811.28±7.08 ^{lj}	مستخلص قشور ثمار البرتقال
604.29±6.78 ^d	642.23±8.37 ^d	730.03±10.57 ⁱ	ملح كلوريد الصوديوم
379.75±7.53 ^a	406.99±7.08 ^a	501.71±8.94 ^b	ملح كلوريد الكالسيوم
696.54±6.17 ^e	766.19±8.31 ^j	808.63±9.41 ^m	حمض الخل
555.05±6.17 ^d	659.36±5.23 ^h	723.81±8.11 ^l	حمض الستريك

-تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير القيم التي تحمل أحرف صغيرة مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها.

2-1-1-5- التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر:

يظهر الجدول (93) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر، حيث أظهرت النتائج بالنسبة لمؤشر اللون المبينة في الجدول (93-1) تفوقاً معنوياً لكافة العينات المدروسة على عينة الشاهد، كما وأظهرت العينات المنقوعة بملح كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم ومستخلص أوراق الزيتون وقشور الكريفون بتركيز 1.5% تفوقاً معنوياً على كافة العينات المدروسة بالنسبة للمؤشر الأنف الذكر بقيم بلغت 8.8، 8.9، 8.7 و8.7 على الترتيب، أدت زيادة تركيز مواد الغمر إلى تحسين مؤشر اللون في أغلب العينات المدروسة باستثناء العينات المعاملة بحمض الخل ومستخلص قشور البرتقال فلم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي على مؤشر اللون. أما فيما يتعلق بمؤشر النكهة فقد تباينت الاختلافات بين العينات المدروسة، حيث أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (93-2) تفوق أغلب العينات المدروسة على عينة الشاهد باستثناء العينات المعاملة بحمض الستريك والخل وكلوريد الكالسيوم بتركيز 1.5% فقد تفوقت عينة الشاهد. بلغت أعلى قيمة للمؤشر الأنف الذكر ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم، وبلغت أدنى قيمة ضمن العينات المعاملة بحمض الستريك

بتركيز 1.5% و7.1، حيث لوحظ وجود طعم حامضي غير مرغوب في أصابع البطاطا، وتقاربت نتائجنا مع نتائج [Kita et al., 2004] الذين بينوا أن استخدام كل من هيدروكسيد الصوديوم وحمض الخل بتركيز 1% في نقع منتجات البطاطا المقلية قبل القلي لمدة 20 دقيقة قد أعطى طعم مالح وحامض غير مرغوب. لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي على مؤشر النكهة في العينات المعاملة بالمستخلصات النباتية وملح كلوريد الصوديوم، بينما لوحظ التأثير المعنوي لتركيز ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم وحمض الخل وحمض السيتريك، حيث تبين أن استخدام التركيز 0.5% من المواد الآفنة الذكر أعطى نكهة مرغوبة وجيدة، بينما أدى استخدام التركيز 1.5% لظهور نكهات غير مرغوبة بالنسبة للمتذوقين. يظهر الجدول (3-93) نتائج مؤشر القوام، حيث بلغت قيمته في عينة الشاهد حوالي 8.4 حيث لم يلحظ وجود أي فروق معنوية بينه وبين العينات المعاملة بالمستخلصات النباتية وتوافقت نتائجنا مع [Zhang et al., 2007] الذي وضح إنه لم يكن لمستخلص نبات الخيزران أي تأثير معنوي على الصفات الحسية لأصابع ورقائق البطاطا، بينما أظهرت النتائج تفوق العينات المعاملة بالأملاح المعدنية والحموض العضوية على بقية العينات المدروسة، حيث بلغت أعلى قيمة له 9 ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم [تركيز 1.5%]، توافقت هذه النتائج من [Dewayani et al., 2020] الذي بين أن الغمر بملح كلوريد الكالسيوم حسن من الصفات الحسية لرقائق البطاطا. لم يكن للتركيز المستخدم أي تأثير معنوي ضمن العينات المدروسة على قيمة مؤشر القوام. أظهرت النتائج بالنسبة للقبول العام والمبينة في الجدول (4-93) تفوقاً معنوياً وقبولاً عاماً لكافة العينات المدروسة بالمقارنة من عينة الشاهد. بلغت أعلى قيمة للقبول العام ضمن العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم وذلك عند التركيز 1 و1.5% بقيمة بلغت حوالي 8.9، تباين تأثير التراكيز المستخدمة في مؤشر القبول العام حيث لوحظ تفوق كل من العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم ومستخلص أوراق الزيتون بتركيز 1 و1.5% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5%. بينما تفوقت العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم بالتركيز 1% على العينات المعاملة بالتركيز 0.5 و1.5%.

الجدول (93) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

الجدول (93-1) نتائج التقييم الحسي اللون لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

المعاملة المطبقة	تركيز 0.5%	تركيز 1%	تركيز 1.5%
الشاهد	7.6±0.1 ^g		
مستخلص أوراق الزيتون	7.9±0.3 ^f	8.4±0.2 ^{cd}	8.8±0.2 ^{ab}
مستخلص قشور ثمار الكريغون	7.9±0.3 ^f	8.3±0.3 ^{cde}	8.7±0.2 ^{ab}

8.5±0.2 ^{bcd}	8.5±0.2 ^{bcd}	8.1±0.2 ^{ef}	مستخلص قشور ثمار الليمون
8.5±0.2 ^b	8.6±0.2 ^{abd}	8.5±0.3 ^{bcd}	مستخلص قشور ثمار البرتقال
8.9±0.1 ^a	8.9±0.3 ^a	8.3±0.2 ^{cde}	ملح كلوريد الصوديوم
8.9±0.1 ^a	8.8±0.1 ^{ab}	8.3±0.2 ^{de}	ملح كلوريد الكالسيوم
8.1±0.2 ^{ef}	8.1±0.2 ^{ef}	7.9±0.2 ^f	حمض الخل
8.3±0.2 ^{de}	8.3±0.2 ^{de}	7.9±0.2 ^f	حمض الستريك

الجدول (93-2) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

7.8±0.2 ^{cd}			الشاهد
8.2±0.2 ^b	8.4±0.2 ^b	8.3±0.3 ^b	مستخلص أوراق الزيتون
8.4±0.2 ^b	8.3±0.3 ^b	8.4±0.3 ^b	مستخلص قشور ثمار الكريغون
8.2±0.4 ^b	8.3±0.2 ^b	8.4±0.4 ^b	مستخلص قشور ثمار الليمون
8.3±0.2 ^{bj}	8.4±0.3 ^b	8.3±0.2 ^b	مستخلص قشور ثمار البرتقال
8.8±0.0 ^a	8.9±0.1 ^a	8.8±0.3 ^a	ملح كلوريد الصوديوم
7.4±0.4 ^{ef}	8.1±0.4 ^{bc}	8.2±0.3 ^b	ملح كلوريد الكالسيوم
7.3±0.2 ^{ef}	7.7±0.3 ^{de}	8.4±0.2 ^b	حمض الخل
7.1±0.2 ^f	7.6±0.2 ^{de}	8.3±0.2 ^b	حمض الستريك

الجدول (93-3) نتائج التقييم الحسي القوام لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

8.4±0.4 ^{cd}			الشاهد
8.5±0.3 ^{bcd}	8.4±0.2 ^{cd}	8.5±0.1 ^{bc}	مستخلص أوراق الزيتون
8.4±0.2 ^{cd}	8.4±0.3 ^{cd}	8.4±0.3 ^{cd}	مستخلص قشور ثمار الكريغون
8.4±0.3 ^{cd}	8.3±0.2 ^d	8.5±0.2 ^{bcd}	مستخلص قشور ثمار الليمون
8.4±0.2 ^{cd}	8.3±0.3 ^d	8.4±0.3 ^{cd}	مستخلص قشور ثمار البرتقال
8.9±0.3 ^{ab}	8.8±0.3 ^{abc}	8.8±0.2 ^{abc}	ملح كلوريد الصوديوم
9±0.0 ^a	8.9±0.0 ^{ab}	8.8±0.0 ^{abc}	ملح كلوريد الكالسيوم
8.9±0.3 ^{ab}	8.8±0.3 ^{abc}	8.5±0.2 ^{bd}	حمض الخل
8.9±0.3 ^{ab}	8.9±0.3 ^{ab}	8.4±0.2 ^c	حمض الستريك

الجدول (93-4) نتائج التقييم الحسي القبول العام لأصابع البطاطا المقلية بعد الغمر

7.9±0.2 ^f			الشاهد
8.5±0.2 ^{bc}	8.4±0.2 ^{bc}	8.2±0.2 ^{de}	مستخلص أوراق الزيتون
8.5±0.2 ^{bc}	8.3±0.2 ^{cde}	8.2±0.2 ^{de}	مستخلص قشور ثمار الكريغون
8.4±0.2 ^{bcd}	8.4±0.2 ^{bcd}	8.3±0.2 ^{cde}	مستخلص قشور ثمار الليمون
8.4±0.2 ^{bcd}	8.4±0.2 ^{bcd}	8.4±0.2 ^{bcd}	مستخلص قشور ثمار البرتقال
8.9±0.2 ^a	8.9±0.1 ^a	8.6±0.1 ^b	ملح كلوريد الصوديوم
8.4±0.2 ^{bcd}	8.6±0.1 ^b	8.4±0.1 ^{bcd}	ملح كلوريد الكالسيوم
8.1±0.2 ^{ef}	8.1±0.2 ^{ef}	8.3±0.2 ^{cde}	حمض الخل
8.1±0.2 ^{ef}	8.3±0.2 ^{cde}	8.2±0.2 ^{de}	حمض الستريك

تمثل القيم في الجدول المتوسط الحسابي ± الانحراف المعياري [لثلاثة مكررات - تشير القيم التي تحمل أحرف مختلفة ضمن نفس الجدول إلى وجود فروقات معنوية فيما بينها .

2-1-2- تأثير مواد التغطية:

2-1-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (95) نتائج محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث كانت النتائج مقاربة مع [Romani et al., 2008] والذي بين أن محتوى الماء النهائية لأصابع البطاطا المنتجة على نطاق تجاري تتراوح بين 32-45%، بلغت أدنى قيمة للرطوبة في عينة الشاهد ثم في العينات المغلفة ببروتين بياض البيض بقيمة وصلت إلى 32.93%، وكانت القيم مقاربة ضمن العينات المغلفة بصمغ الغوار وصمغ الكزانتان حيث بلغت 34.22 و 34.18% على الترتيب، وكانت أعلى قيمة للرطوبة ضمن العينات المغلفة بكربوكسي ميثيل السيللوز حيث وصلت قيمة المحتوى المائي ضمنها إلى 35.92%، توافقت نتائجنا مع [Sarmadizadeh et al., 2011؛ Jia et al., 2017]. يعود سبب تباين المحتوى المائي ضمن العينات المغلفة إلى قوة التصاق الغلاف الغذائي بأصابع البطاطا وخصائص كل غلاف، بحيث يمنع فقدان الرطوبة من العينات [Garmakhany et al., 2008]، أدى استخدام مستخلص قشور الكريفون في الأغلفة الغذائية لرفع قيمة الرطوبة ولكن بشكل ظاهري.

الجدول (94) نتائج محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

الرطوبة	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	31.52 ^a ±0.15	33.12 ^b ±0.31	34.18 ^c ±0.31	34.22 ^c ±0.33	35.92 ^e ±0.35	34.85 ^d ±0.28	34.87 ^d ±0.32	32.93 ^b ±0.32
X2	31.51 ^a ±0.17	33.34 ^b ±0.24	34.31 ^c ±0.29	34.43 ^c ±0.37	36.08 ^e ±0.29	34.94 ^d ±0.33	34.98 ^d ±0.34	32.98 ^b ±0.36

X1 - العينات المعاملة بمواد التغطية X2 العينات المعاملة بمواد التغطية مضافاً لـ مستخلص قشور ثمار الكريفون. -تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

يظهر الجدول (95) نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية، يؤثر بكمية الزيت الممتص مجموعة من العوامل كطريقة القلي ودرجة حرارته ووقت القلي، ونسبة البطاطا إلى الزيت ومسام الأنسجة الخارجية [Liu, et al, 2021b]. بلغت كمية الزيت الممتص في عيني الشاهد x1 و x2 26.11 و 22.31% على الترتيب، مما يدل على أهمية استخدام مستخلص قشور ثمار الكريفون في خفض كمية الزيت الممتص. أظهرت نتائج التحليل الإحصائي تفوق كافة العينات المدروسة على عينة الشاهد، كما ولوحظ تميز عينات رقائق البطاطا المقلية والمغلقة بصمغ الكزانتان على بقية عينات الدراسة، حيث وصلت نسبة الزيت الممتص ضمن عينات أصابع البطاطا المغلفة بصمغ الكزانتان دون مستخلص قشور ثمار الكريفون إلى 11.86% وكانت ضمن

العينات المضاف لها مستخلص قشور ثمار الكريفون حوالي 9.89%، يمكن أن يعزى سبب التميز هذا إلى خصائص صمغ الكزانثان الحرارية وقدرته على تشكيل غلاف غذائي متماسك على سطح المنتج الغذائي [Naghavi et al., 2018]، وكانت أعلى قيمة للزيت الممتص في نهاية فترة القلي للعينات المغلفة ضمن العينات المعاملة بياض البيض المجفف حيث بلغت نسبتها 16.91% ضمن العينات المعاملة بياض البيض المجفف لوحده وكانت 14.31% ضمن العينات المضاف لها مستخلص قشور ثمار الكريفون ربما يعود ذلك لضعف وقلة مرونة الأغلفة المشكلة من المواد البروتينية وصعوبة التصاقها بالسطح الخارجي للأصابع، أدى استخدام مستخلص قشور ثمار الكريفون في الأغلفة الغذائية لخفض كمية الزيت الممتص في العينات المدروسة وبشكل معنوي، توافقت نتائجنا مع [Daraei Garmakhany et al., 2014; Valiahdi et al., 2019] وكانت أفضل مع نتائج [Jia et al., 2017]. بين [Li et al., 2023] أن استخدام إيجينات الصوديوم كمادة تغطية بنسبة 1% لخفض كمية الزيت الممتص في أصابع البطاطا بنسبة حوالي 52% ويعزى ذلك لمنع تبخر الماء نتيجةً لبلورة حبيبات النشاء، كما ولاحظ [Ying et al., 2022] أن استخدام مركب الكيتوزان بنسبة 1% إلى خفض كمية الزيت الممتص في أصابع البطاطا بنسبة 43% وذلك عن طريق تقليل كمية الرطوبة من خلال هيكل بنية النشاء.

الجدول (95) نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

كمية الزيت الممتص	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانثان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	26.11±0.51 ^h	13.12±0.69 ^d	11.86±0.68 ^{bc}	12.32±0.65 ^c	13.18±0.59 ^d	15.88±0.66 ^f	13.46±0.77 ^d	16.91±0.62 ^g
X2	22.31±0.41 ^g	11.13±0.72 ^b	9.89±0.66 ^a	12.24±0.68 ^c	12.41±0.62 ^b	13.18±0.67 ^d	12.07±0.78 ^{bc}	16.31±0.74 ^g

-تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-1-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (96) نتائج المؤشرات اللونية لعينات أصابع البطاطا المقلية، ينتج لون البطاطا المقلية نتيجةً لتفاعلات ميلارد والذي يعتمد على محتوى سطح البطاطا من السكريات المرجعة والحموض الامينية والنشاط المائي ودرجة الحموضة، ودرجة حرارة القلي والزمن [Li et al., 2020]، كما بين [Serpen and Gökmen, 2009] أن المؤشر اللوني a^* يعد أهم مؤشر في منتجات البطاطا المقلية ويجب ألا يزيد عن 20 ليبقى اللون مائل للأصفر الذهبي، كما بين أن فترات القلي الطويلة قد تزيد من تفاعلات الاسمرار الغير إنزيمي. فالنسبة للمؤشر اللوني (L^*)، لوحظ من الجدول [1-96] تفوق كافة العينات المدروسة على عينة الشاهد باستثناء العينات

المعاملة بصمغ الكزانتان والبكتين والتي كانت تمتلك قيم مقارنة لقيمة عينة الشاهد. بلغت أعلى قيمة للمؤشر الأنف الذكر ضمن العينات المعاملة ببياض البيض المجفف حيث كانت 71.02. تقاربت نتائجنا مع [Valiahdi et al., 2019؛ Sarmadizadeh et al., 2011]. أدى إضافة مستخلص قشور ثمار الكريفون للأغلفة الغذائية المحضرة لرفع قيمة مؤشر الإضاءة وبشكل معنوي في كافة عينات الدراسة. أما بالنسبة لمؤشر درجة الاصفرار b^* فيبين الجدول [2-96] أن استخدام مواد التغطية أدى لرفع قيمته وبشكل معنوي في أغلب العينات المدروسة، كما لم يكن لإضافة مستخلص قشور الكريفون أي تأثير معنوي على قيمة المؤشر الأنف الذكر، فيما يتعلق بمؤشر الاحمرار فقد أظهرت النتائج الموضحة في الجدول [3-96] وجود تباين في قدرة الأغلفة الغذائية بالتأثير بمؤشر الاحمرار، حيث أدى استخدام صمغ الكزانتان والصمغ العربي وبياض البيض لرفع قيمة المؤشر الأنف الذكر حيث كان قيمته ضمن هذه العينات حوالي 7.42، 7.17 و 8.08 على الترتيب، وفي نفس السياق أدى استخدام مستخلص قشور ثمار الكريفون لخفض قيمة مؤشر الاحمرار وبشكل معنوي في كافة العينات المدروسة. أدى استخدام مواد التغطية لرفع قيمة ΔE في أغلب العينات المدروسة بالمقارنة مع عينة الشاهد الجدول [4-96]، وكانت أعلى قيمة لـ ΔE ضمن العينات المعاملة ببياض البيض المجفف حيث كانت حوالي 16.02، استخدام مستخلص قشور ثمار الكريفون مع مواد التغطية في أغلب العينات المدروسة في خفض قيمة ΔE ، باستثناء العينات المعاملة ببياض البيض المجفف. إما بالنسبة لمؤشر الاسمرار، فقد لوحظ من النتائج المبينة في الجدول [5-96] ارتفاع قيمته في كافة العينات المدروسة وبلغت أعلى قيمة له ضمن العينات المعاملة ببياض البيض المجفف حيث كانت حوالي 71.11، كما ولوحظ تأثير إضافة مستخلص قشور ثمار الكريفون للأغلفة الغذائية من خلال خفضه لقيمة مؤشر الاسمرار وبالتالي تحسين الصفات الحسية لأصابع البطاطا توافقت نتائجنا مع [Valiahdi et al., 2019؛ Sarmadizadeh et al., 2011]. الجدول (96) المؤشرات اللونية لأصابع

البطاطا المقلية بعد التغطية

الجدول (96-1) نتائج مؤشر السطوع L^* بعد القلي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل	نشاء الذرة	البكتين	بياض البيض
X1	68.65±1.42 ^d	66.25±1.13 ^d	68.38±1.41 ^d	69.12±1.11 ^e	67.52±1.01 ^e	65.38±0.96 ^{cd}	71.02±1.28 ^{bc}
X2	71.41±0.98 ^{de}	69.88±1.73 ^{ba}	71.99±0.97 ^{bc}	71.81±1.52 ^d	70.91±1.09 ^d	69.71±1.33 ^{ab}	73.18±1.37 ^a

الجدول (96-2) نتائج مؤشر الاصفرار b^* بعد القلي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

33.29±1.12 ^a	33.03±0.85 ^{bdc}	32.66±0.91 ^a _b	32.16±1.11 ^{ab}	32.59±1.11 ^{ab}	33.01±0.99 ^{ab} _c	32.81±0.89 ^{ab}	30.62±0.42 ^{bc}	X1
34.02±1.03 ^{abc}	33.31±0.82 ^{cd}	32.98±0.91 ^a _{bc}	32.68±0.84 ^{bc}	32.98±1.15 ^{ab}	33.61±0.92 ^{ac} _b	33.21±0.62 ^{abdc}	31.05±0.92 ^c	X2

الجدول (3-96) نتائج مؤشر الاحمرار a* بعد القلي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

8.08±0.29 ^d	5.19±0.25 ^b	5.34±0.23 ^b	5.29±0.11 ^b	5.13±0.25 ^c	7.42±0.17 ^d	7.16±0.34 ^d	5.31±0.11 ^h	X1
6.69±0.31 ^{bc}	4.56±0.23 ^a	4.43±0.32 ^a	4.61±0.21 ^a	4.53±0.17 ^b	6.34±0.18 ^{bc}	6.21±0.23 ^b	4.51±0.13 ^d	X2

الجدول (4-96) نتائج مؤشر تغير اللون بعد القلي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

16.02±0.66 ^e	13.43±0.65 ^c	14.79±0.63 ^e	14.67±0.57 ^{de}	14.49±0.66 ^f	12.11±0.51 ^e	14.73±0.64 ^e	11.47±0.31 ^{de}	X1
15.65±0.58 ^{cd}	10.62±0.54 ^b	11.86±0.53 ^c _d	11.64±0.59 ^c	11.35±0.56 ^{cd}	9.86±0.59 ^{cd}	11.15±0.53 ^c	9.31±0.32 ^b	X2

الجدول (5-96) نتائج مؤشر معامل الاسمرار بعد القلي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

71.11±1.09 ^e	66.18±1.01 ^c	70.53±1.11 ^e	70.62±1.03 ^e	70.19±1.11 ^e	66.82±0.89 ^e	69.52±1.06 ^e	65.95±0.34 ⁱ	X1
68.05±1.18 ^d	61.61±0.91 ^b	66.45±0.96 ^d	68.32±1.09 ^d	67.96±0.93 ^d	64.16±0.97 ^d	65.31±0.93 ^d	58.97±0.58 ^e	X2

تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-1-2-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية: يظهر الجدول (97) نتائج القوة

المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث أظهرت نتائج التحليل الاحصائي ارتفاع قيمة القوة المطبقة للاختراق لكافة العينات المدروسة بسبب الأغلفة المشكلة عليها بالمقارنة مع عينة الشاهد والتي بلغت قيمة المؤشر الأنف الذكر حوالي 192.72 غ، وكانت أعلى قيمة ضمن العينات المغلفة بالبكتين وصمغ الكزانتان حيث بلغت حوالي 229.67، 225.85 على الترتيب، وكانت العينات المعاملة ببياض البيض المجفف مقاربه في قيمتها للشاهد، يفسر هذا الاختلاف بطبيعة المواد المشكلة للغلاف حيث تزيد من الصلابة وبالتالي تزيد من القوة المطبقة للاختراق. لم يكن لإضافة مستخلص قشور الكريفون للأغلفة الغذائية أي تأثير على المؤشر مدروس.

الجدول (97) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

القوة المطبقة للكسر	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	192.72±2.11	216.32±2.92 ^g	225.85±2.61 ^g	224.74±3.15 ^g	206.54±2.69 ^g	208.64±2.83 ^g	229.67±2.91 ^g	194.03±2.93 ^g
X2	183.36±2.18 ⁱ	215.89±3.12 ^g	224.25±3.11 ^g	225.18±3.18 ^g	204.19±2.88 ^g	209.43±2.96 ^g	230.28±3.15 ^g	193.74±2.79 ^g

X1 العينات المعاملة بمواد التغطية X2 العينات المعاملة بمواد التغطية مضافاً لعل مستخلص قشور ثمار الكريفون.

2-1-2-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية:

يظهر الجدول (98) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية، حيث بينت النتائج قدرة المواد المستخدمة في تغليف رقائق البطاطا على خفض كمية الأكريلاميد المتشكل ضمنها، ويفسر هذا الانخفاض بأن الأغلفة الغذائية عند درجة حرارة تفوق 60م قد تشكل طبقة عازلة على سطح المنتج الغذائي، تعمل هذه الطبقة

على صعوبة تبخر الماء وبالتالي تمتع تغلغل الزيت على سطح المادة الغذائية وداخلها وبالتالي تحد من التفاعلات المؤدية لتشكل الأكريلاميد تمنع تبخر الماء وبالتالي اختراق الزيت لداخل بنية الخلايا مما يعيق تشكل الأكريلاميد، حيث وجد العديد من الباحثين أن منتجات البطاطا المغلفة بأغلفة صالحة للأكل تمتاز بنشاط مائي مرتفع [Vega-Castro et al., 2022]. كانت أدنى قيمة لكمية الأكريلاميد المتشكل ضمن العينات المعاملة بالبكتين حيث بلغت حوالي 789.18 ميكروغرام/كغ. تقاربت نتائجنا مع [Vega-Castro et al., 2022; Zhu et al., 2024]. أدى إضافة مستخلص قشور ثمار الكريفون للعينات المدروسة لخفض كمية الأكريلاميد، لكن لوحظ تفوق عينة الشاهد [المعاملة بمستخلص قشور ثمار الكريفون فقط] على العينات المعاملة بالأغلفة الغذائية والمضاف لها مستخلص قشور ثمار الكريفون، ربما يعود السبب في ذلك لطبيعة المركبات الفينولية وآلية تأثيرها وتفاعلها مع المواد المستخدمة في تشكيل الأغلفة الغذائية.

الجدول (98) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

كمية الأكريلاميد	الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كربوكسي ميثيل السيللوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
X1	902.6±5.4 ^j	873.69±6.9 ^h	870.01±7.11 ^h	878.93±7.01 ^h	887.83±6.73 ⁱ	869.35±6.93 ^h	789.18±6.97 ^f	893.96±7.09 ⁱ
X2	470.12±7.1 ^a	654.63±5.93 ^d	666.36±4.96 ^c	619.35±6.88 ^c	709.87±6.11 ^f	649.86±5.79 ^e	585.21±7.2 ^b	742.55±6.23 ^g

-تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-1-2-5- التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية:

يوضح الجدول (99) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية، فالنسبة لمؤشر اللون والذي يؤثر فيه تفاعل ميلارد الذي يعتمد على التركيز المستخدم من المواد المغلفة لرقائق البطاطا [Wibowo et al., 2018]، أظهرت النتائج المبينة في الجدول [1-99] تفضيل المحكمين لعينة الشاهد والعينات المغلفة وصمغ الكزانتان وكربوكسي ميثيل السيللوز والبكتين بقيم وصلت إلى 7.6، 7.6، 7.5 و 7.6 على الترتيب، وكانت أدنى قيمة للعينة المغلفة ببياض البيض المجفف، أدى إضافة مستخلص قشور ثمار الكريفون لمواد التغطية لتحسين مؤشر اللون في كافة العينات المدروسة وكانت أعلى قيمة له ضمن عينة الشاهد بقيمة بلغت 8.3. إما بالنسبة للنكهة فيظهر الجدول [2-99] تفوق كل من عينة الشاهد والعينة المغلفة لنشاء الذرة المعدل والعينة المغلفة بصمغ الكزانتان على بقية العينات المدروسة وذلك وفقاً لأذواق المحكمين بنسب بلغت 7.8، 7.9 و 7.9 على الترتيب. كما وأدى إضافة مستخلص قشور ثمار الكريفون للعينات لتحسين نكهتها، إما فيما يتعلق بالقوام فقد

لوحظ من الجدول [3-99] تفوق كل من عينة الشاهد والعينات المعاملة بـ كركوبوكسي ميتيل السيلولوز ونشاء الذرة المعدل بقيم بلغت 8.4، 8.3 و 8.3 على الترتيب، وامتلكت العينات المغلفة ببياض البيض المجفف أدنى قيمة بالنسبة للمؤشر الآنف الذكر حيث بلغت حوالي 7.9. أما بالنسبة للقبول العام فقد بين الجدول [4-99] أن العينات متباينة فيما بينها ومتقاربة وبنسب مختلفة، مما يظهر ملائمة أغلب المعاملات في الحفاظ على خصائص جودة رقائق البطاطا، حيث لوحظ تفوق كل من عينة الشاهد والعينات المعاملة بصمغ الكزانتان وكركوبوكسي ميتيل السيلولوز والبكتين على العينات الأخرى بقيم بلغت 7.9، 7.8، 7.8 و 7.8 على الترتيب، كما وأظهرت النتائج تفوق العينات المعاملة بمستخلص قشور الكريفون على بقية العينات وكانت أعلى قيمة ضمن عينة الشاهد، تقاربت نتائجنا مع [Hua et al., 2015; Wibowo et al., 2018 ;Valiahdi et al., 2019]

الجدول (99) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

الجدول (1-99) نتائج التقييم الحسي للون لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

الشاهد	الصمغ العربي	صمغ الكزانتان	صمغ الغوار	كركوبوكسي ميتيل السيلولوز	نشاء الذرة المعدل	البكتين	بياض البيض المجفف
7.6±0.1 ^{cb}	7.2±0.2 ^d	7.6±0.2 ^{cb}	7.2±0.2 ^d	7.5±0.2 ^c	7.2±0.2 ^d	7.6±0.2 ^{cb}	6.5±0.2 ^s
8.3±0.3 ^a	7.6±0.2 ^s	8.1±0.2 ^a	7.5±0.2 ^c	7.8±0.2 ^b	7.6±0.2 ^{cb}	8.2±0.2 ^a	6.9±0.2 ^s

الجدول (2-99) نتائج التقييم الحسي للنكهة بعد القلي لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

7.8±0.2 ^{cd}	7.6±0.2 ^{cd}	7.9±0.2 ^b	7.6±0.2 ^{cd}	7.6±0.2 ^{cd}	7.9±0.2 ^b	7.6±0.2 ^{cd}	7.4±0.2 ^d
8.3±0.1 ^a	7.8±0.1 ^{cb}	8.3±0.1 ^a	7.9±0.1 ^b	7.8±0.1 ^{cb}	8.2±0.1 ^a	7.9±0.2 ^b	7.8±0.1 ^{bc}

الجدول (3-99) نتائج التقييم الحسي للرقائق لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

8.4±0.4 ^a	8.1±0.1 ^b	8.1±0.1 ^b	8.1±0.1 ^b	8.3±0.1 ^a	8.3±0.1 ^a	8.1±0.1 ^b	7.9±0.1 ^c
8.4±0.1 ^b	8.1±0.1 ^b	8.1±0.1 ^b	8.1±0.1 ^b	8.3±0.1 ^a	8.3±0.1 ^a	8.1±0.1 ^b	7.9±0.1 ^c

الجدول (4-99) نتائج التقييم الحسي للقبول العام لأصابع البطاطا المقلية بعد التغطية

7.9±0.2 ^{cd}	7.6±0.2 ^e	7.9±0.2 ^{cd}	7.6±0.1 ^e	7.8±0.2 ^d	7.8±0.2 ^d	7.8±0.2 ^d	7.2±0.2 ^f
8.3±0.1 ^a	7.8±0.1 ^d	8.2±0.1 ^{ab}	7.8±0.1	8±0.2 ^{bc}	8.1±0.2 ^b	8.1±0.2 ^b	7.5±0.2 ^e

X1 - العينات المعاملة بمواد التغطية X2 العينات المعاملة بمواد التغطية مضافاً لـه مستخلص قشور ثمار الكريفون.

2-2- المعاملات الفيزيائية:

2-2-1- تأثير التجفيف بطرائقه المختلفة:

2-2-1-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق: يوضح الجدول (1-)

(100) نتائج محتوى الماء لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق، حيث بلغ محتوى الماء 30.94، 31.09، 31.07، 32.73% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التقريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، بينما كانت عينة الشاهد حوالي 31.52%. ووصلت إلى 29.81، 30.12، 30.10، 31.03% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفاوتت عينة التجفيف تحت

التفريغ حتى معدل فقد 30% معنوياً مقارنةً على كافة العينات المقلية. وتوافقت هذه النتائج مع ما أشير إليه في دراسة [Garmakhany et al., 2010] حول تأثير التجفيف الجزئي على امتصاص الزيت وخصائص الجودة لأصابع البطاطا المقلية، ويبين الجدول (2-100) انخفاض محتوى الزيت لأصابع البطاطا مع زيادة زمن التجفيف، ويمكن تفسير ذلك بالتغيرات في المسام بسبب التجفيف التي أتاحت التبادل الحراري دون الاحتفاظ بالزيت داخل المسام، وبلغت قيم محتوى الزيت في رقائق البطاطا 24.82، 25.74، 25.82، 26.15% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 24.01، 24.63، 24.69، 25.46% عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وجميعها أدنى مما كانت في العينات المقلية دون معاملة مسبقة وهي 26.11%، لتتوافق مع ما أشير إليه في دراسة [Van Loon et al., 2007؛ Moreira, 2013] بالنسبة لآلية امتصاص الزيت في منتجات البطاطا المقلية فأدى خفض محتوى الماء بنسبة 20% إلى خفض امتصاص الزيت 15-10%.

الجدول (100) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
10 %	31.52±0.15 ^e	31.03±0.18 ^d	31.09±0.19 ^d	31.07±0.16 ^d	32.73±0.17 ^f
20 %		30.12±0.15 ^b	30.74±0.14 ^c	30.71±0.14 ^c	31.68±0.15 ^e
30 %		29.81±0.16 ^a	30.12±0.15 ^b	30.10±0.15 ^b	31.03±0.19 ^d

الجدول (2-100) نتائج محتوى الزيت بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

10 %	26.11±0.51 ^f	23.82±0.42 ^{bc}	24.74±0.39 ^{de}	24.82±0.47 ^{de}	25.15±0.54 ^e
20 %		23.71±0.39 ^b	24.23±0.46 ^{cd}	24.14±0.53 ^{bcd}	24.86±0.47 ^{de}
30 %		23.01±0.49 ^a	23.63±0.46 ^b	23.69±0.48 ^b	24.46±0.41 ^{cd}

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة تكرارات. - تشير الأحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-1-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يبين الجدول (1-101) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق، وتشير إلى ارتفاع درجة السطوع L* مع زيادة شدة المعاملة بالتجفيف المسبق، إذ بلغت درجة السطوع L* 66.82، 67.34، 66.71 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 68.25، 69.59، 69.61، 70.83 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وكانت عينة القلي التقليدي بدون معاملة مسبقة أعلى درجة سطوع، وتوافقت

نتائجنا مع دراسة [Garmakhany et al., 2010] التي ارتفع فيها مؤشر L^* بزيادة زمن التجفيف المسبق لأصابع البطاطا المقلية وربما يفسر ذلك بانخفاض امتصاص الزيت مما يخفف من عمليات النقل والتوصيل الحراري وبالتالي يقل معدل تشكل اللون الداكن الناتج عن زيت القلي، مع الأخذ بالاعتبار الصنف المستخدم وأبعاده. ويظهر في الجدول [2-103] ارتفاع درجة الاصفرار b^* بزيادة شدة المعاملة من حيث الحرارة والزمن، حيث تفوقت العينة المحضرة بالتجفيف بالهواء الساخن حتى معدل فقد 30% على العينات الأخرى بأعلى قيمة لمؤشر الاصفرار. وجد في دراسة [Tajner-Czopek et al., 2008] والذي أشار إلى أن تقليل زمن التجفيف يؤدي إلى منتجات ذات مؤشر b^* أقل ويختلف هذا التأثير باختلاف حجم القطعة ودرجة الحرارة المطبقة وهذا يتوافق مع نتائج مؤشر الاصفرار في دراستنا. يبين الجدول [3-103] ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار a^* لرقائق البطاطا المقلية بزيادة درجة الحرارة فأدى زيادة زمن التجفيف لزيادة قيمة مؤشر الاحمرار وتوافقت نتائجنا مع [Cruz et al., 2018] وتفوقت المعاملة بالتجفيف المسبق تحت التفريغ لمدة 10 دقائق ظاهرياً على العينات الأخرى بأدنى قيمة a^* ، وأدت زيادة زمن المعاملة المطبقة إلى زيادة درجة الاحمرار وهذا مرتبط بتفاعلات الاسمرار والكرملة. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة لرقائق البطاطا المقلية مع ارتفاع درجة حرارة القلي، فكانت 10.64، 11.21، 11.24، 11.67 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 10.29، 11.12، 11.14، 11.60 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفوقت المعاملة بالتجفيف المسبق تحت التفريغ معنوياً على العينات الأخرى بأدنى قيمة لتغير اللون، يفسر انخفاض نتائج تغير اللون بالتغيرات التي طرأت على المؤشرات اللونية الأخرى بسبب عملية التجفيف المسبق، وكان هذا التأثير أكثر وضوحاً بالنسبة لمؤشر الاسمرار المحسوب، وبلغت قيمته 63.48، 65.23، 65.32، 66.7 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 61.57، 64.37، 64.47، 66.85 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتفوقت المعاملة بالتجفيف المسبق تحت التفريغ معنوياً على العينات الأخرى بأدنى قيمة لمؤشر الاسمرار، وربما يفسر ذلك بسبب تفاعلات اللون البني التي تحدث أثناء عملية قلي منتجات البطاطا المجففة مسبقاً وتؤدي إلى ارتفاع قيمة BI للمنتج النهائي [Capar

[and Yalcin, 2017] وتوافقت نتائج مع ما وجد [Pedreschi et al., 2007].

الجدول (101) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10	66.37±0.49 ^e	67.34±1.42 ^{cde}	66.82±1.68 ^{de}	66.71±1.25 ^{de}	66.51±0.72 ^{de}
% 20		68.87±0.93 ^b	68.09±0.75 ^{bcd}	68.10±0.72 ^{bcd}	67.14±1.28 ^{cde}
% 30		70.83±1.19 ^a	69.61±0.97 ^{ab}	69.59±0.78 ^{ab}	68.25±0.89 ^{ab}

الجدول (2-101) نتائج مؤشر الاحمرار a* بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

% 10	5.31±0.11 ^{ab}	5.14±0.16 ^a	5.28±0.17 ^{ab}	5.26±0.17 ^{ab}	5.42±0.21 ^b
% 20		5.26±0.17 ^{ab}	5.48±0.18 ^b	5.45±0.18 ^b	5.85±0.15 ^c
% 30		5.49±0.19 ^b	5.82±0.16 ^c	5.84±0.19 ^c	6.16±0.18 ^d

الجدول (3-101) نتائج مؤشر الاصفرار b* بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

% 10	30.62±0.42 ^{ab}	30.21±0.44 ^a	30.58±0.53 ^{abc}	30.57±0.49 ^{ab}	30.93±0.46 ^{bcd}
% 20		30.54±0.39 ^{ab}	30.96±0.51 ^{bcd}	30.95±0.43 ^{bcd}	31.06±0.48 ^{bcd}
% 30		30.93±0.54 ^{bcd}	31.37±0.43 ^{cd}	31.38±0.53 ^{cd}	31.62±0.49 ^d

الجدول (4-102) نتائج مؤشر تغير اللون الكلي ΔE بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

% 10	11.47±0.31 ^d	10.64±0.71 ^{abc}	11.21±0.63 ^{cd}	11.24±0.71 ^{cd}	11.67±0.52 ^d
% 20		10.36±0.58 ^{ab}	11.06±0.65 ^{bcd}	11.03±0.55 ^{cbd}	11.72±0.72 ^d
% 30		10.29±0.54 ^{ab}	11.12±0.59 ^{cd}	11.14±0.58 ^{cd}	11.6±0.66 ^d

الجدول (5-102) نتائج مؤشر الاسمرار BI بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

% 10	65.95±0.34 ^f	63.48±0.73 ^c	65.23±0.69 ^e	65.32±0.75 ^{ef}	66.72±0.55 ^g
% 20		62.61±0.59 ^b	64.84±0.68 ^{de}	64.77±0.62 ^{de}	66.75±0.76 ^g
% 30		61.57±0.58 ^a	64.37±0.64 ^d	64.47±0.61 ^d	66.85±0.72 ^g

- م. م: معدل فقد الماء. - تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول

2-2-1-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يبين الجدول (102) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق وهي 190.62، 189.34، 191.27، 189.36 غ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 211.89، 222.30، 231.36، 241.12 غ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب. تباين تأثير عملية التجفيف في القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا، حيث لم يكن للتجفيف لمعدل فقد 10% أي تأثير معنوي على المؤشر المدروس، حيث كان الانخفاض ظاهري وجد مثل هذا الانخفاض في هشاشة العينات عند التجفيف بالمقارنة مع عينة

الشاهد في دراسة سابقة [Van Loon *et al.*, 2007]. بينما ارتفعت قوة الاختراق لأصابع البطاطا بعد القلي بزيادة شدة التجفيف، وتوقفت هي والعينات المجففة لفقد رطوبة 10% بأفضل قيمة لقوة الاختراق

الجدول (102) نتائج قوة الاختراق بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10	192.72±2.11 ^a	190.62±3.43 ^{ab}	189.34±2.38 ^a	191.27±3.37 ^{ab}	189.36±3.23 ^a
% 20		196.74±5.37 ^{bc}	199.57±5.40 ^c	199.42±5.41 ^c	200.05±5.35 ^c
% 30		211.89±5.40 ^d	222.30±5.39 ^e	231.36±5.28 ^f	241.12±5.42 ^g

* م. م: معدل فقد الماء. - تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة تكرارات. تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-1-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يبين الجدول (103) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق، ارتفع محتوى الأكريلاميد بالمقارنة مع القلي التقليدي، حيث كانت 910.03، 915.94، 917.56، 919.37 ميكروغرام/كغ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 919.57، 923.84، 921.78، 928.30 ميكروغرام/كغ عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، بمعدل ارتفاع 1.88، 2.35، 2.12، 2.84% على الترتيب، وتوقفت العينات غير المعاملة مسبقاً بصورة معنوية بأدنى محتوى أكريلاميد. وفي دراسة [Liu *et al.*, 2021؛ Vinci *et al.*, 2012] أظهرت النتائج ارتباط محتوى الأكريلاميد مع مؤشر اللون الاحمر وشدة الاسمرار.

الجدول (103) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالتجفيف المسبق

م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
% 10	902.64±5.43 ^a	910.03±5.66 ^b	915.94±7.16 ^{bc}	917.56±6.07 ^{bc}	919.37±6.82 ^c
م. ع %	-	0.82	1.47	1.65	1.85
% 20	902.64±5.43 ^a	915.84±4.86 ^{bc}	918.90±5.56 ^c	919.63±7.59 ^c	920.85±4.72 ^{cd}
م. ع %	-	1.46	1.80	1.88	2.02
% 30	902.64±5.43 ^a	919.57±6.96 ^c	923.84±5.76 ^{cd}	921.78±6.05 ^{cd}	928.30±7.92 ^d
م. ع %	-	1.88	2.35	2.12	2.84

* م. م: معدل فقد الماء. م. ع: معدل الارتفاع في محتوى الأكريلاميد. تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة تكرارات. تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-1-5- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق:

يوضح الجدول (104) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق. بلغت نتائج اللون 7.9، 7.5، 7.5، 7.5 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة

تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 7.9، 7.6، 7.6، 7.4 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، وتوقفت المعاملة بالتجفيف المسبق تحت التفريغ لمدة على العينات الأخرى بأعلى درجة لتقييم اللون. وكانت نتائج النكهة 7.8، 7.8، 7.8، 7.6 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 7.7، 7.5، 7.5، 7.5 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب وتوقفت كل من عينات القلي التقليدي والعينات المجففة مسبقاً تحت التفريغ معنوياً بأعلى درجة للنكهة. وصلت نتائج القوام حسيّاً إلى 8.4، 8.3، 8.4، 8.3 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 8.0، 7.9، 7.8، 7.5 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب. كانت نتائج القبول العام 8، 7.9، 7.9، 7.8 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 10% باستخدام التفريغ، المكرويف، الأشعة تحت الحمراء، الهواء الساخن على الترتيب، ووصلت إلى 7.9، 7.8، 7.7، 7.5 عند التجفيف المسبق حتى معدل فقد 30% على الترتيب، ولم تظهر فروق معنوية من حيث القبول العام باستثناء العينات المعاملة بالهواء حتى معدل فقد 30%، كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة تحت التفريغ لمعدل فقد 10% على بقية العينات بأعلى قيمة لدرجة القبول العام. وتوافقت نتائجنا مع [Cruz et al., 2018] الذي بين أن التجفيف المسبق لأصابع البطاطا قد حسن من جودتها. ربما تفسر التغيرات في نتائج التقييم الحسي بأن التجفيف تؤدي إلى تخفيض درجات النكهة واللون. واختلفت نتائجنا مع [Gupta, 2000].

الجدول (104) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

الجدول (1-104) نتائج التقييم الحسي للون بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق					
م. م	التقليدي 175	تفريغ	مكرويف	تحت حمراء	هواء
10 %	7.6±0.1 ^{bc}	7.9±0.1 ^a	7.5±0.2 ^c	7.5±0.1 ^c	7.5±0.2 ^c
20 %		7.8±0.2 ^{ab}	7.6±0.1 ^{bc}	7.5±0.2 ^c	7.5±0.2 ^c
30 %		7.9±0.1 ^a	7.6±0.2 ^{bc}	7.6±0.2 ^{bc}	7.4±0.1 ^c

الجدول (2-104) نتائج التقييم الحسي للنكهة بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

10 %	7.8±0.2 ^a	7.8±0.2 ^a	7.8±0.1 ^a	7.8±0.2 ^a	7.6±0.2 ^{ab}
20 %		7.7±0.1 ^{ab}	7.6±0.2 ^{ab}	7.6±0.2 ^{ab}	7.6±0.2 ^{ab}
30 %		7.7±0.2 ^{ab}	7.5±0.1 ^b	7.5±0.1 ^b	7.5±0.2 ^b

الجدول (3-104) نتائج التقييم الحسي للقوام بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

10 %	8.4±0.4 ^a	8.4±0.1 ^a	8.3±0.2 ^{ab}	8.4±0.1 ^a	8.3±0.1 ^{ab}
------	----------------------	----------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------

8.1±0.2 ^{bcd}	8.1±0.2 ^{bcd}	8.1±0.1 ^{bcd}	8.2±0.1 ^{abc}		% 20
7.5±0.2 ^f	7.8±0.2 ^e	7.9±0.2 ^{de}	8.0±0.2 ^{cd}		% 30

الجدول (4-104) نتائج التقييم الحسي للقبول العام بعد القلي لأصابع البطاطا المعاملة بالتجفيف المسبق

7.8±0.2 ^{ab}	7.9±0.1 ^{ab}	7.9±0.2 ^{ab}	8±0.1 ^a	7.9±0.2 ^{ab}	% 10
7.7±0.2 ^{bc}	7.8±0.2 ^{ab}	7.8±0.1 ^{ab}	7.9±0.2 ^{ab}		% 20
7.5±0.1 ^c	7.7±0.2 ^{bc}	7.8±0.2 ^{ab}	7.9±0.2 ^{ab}		% 30

* م. م: معدل فقد الماء. - تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-2- السلق بالموجات فوق الصوتية:

2-2-2-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية: يوضح الجدول

(1-105) نتائج محتوى الماء لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية. بلغ محتوى الماء 31.14، 31.43، 31.53، 31.69% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 31.72، 31.96، 31.95، 32.53% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتوافقت هذه النتائج مع ما أشير إليه في دراسات سابقة حيث يمكن تفسير أن تؤدي زيادة زمن التعرض إلى انخفاض معامل التوصيل الحراري مما يساهم في رفع رطوبة منتجات البطاطا المقلية [Li et al., 2022؛ Garmakhany et al., 2010]، حيث لوحظ تفوق العينات المسلوقة عند الدرجة 55 مع الأمواج فوق الصوتية على بقية العينات المدروسة. أما محتوى الزيت الممتص فيظهر الجدول (2-105) انخفاض محتوى الزيت لأصابع البطاطا مع زيادة زمن المعاملة بالأمواج فوق الصوتية، يمكن تفسير ذلك بالتغيرات البنائية الناتجة عن المعاملة بالموجات فوق الصوتية والحرارة، ونشاط أنزيم البكتينستراز الذي يخفض مسامية الخلايا مما يمنع امتصاص الزيت [Pedreschi and Moyano, 2005; Tuta, et al, 2010]. كما ولوحظ تفوق درجتي الحرارة 65 و 55 °م على 75 و 85 °م. بلغت قيم محتوى الزيت في أصابع البطاطا 24.11، 24.04، 25.09، 25.19% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 22.31، 22.52، 23.98، 23.99% عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وجميعها أدنى مما كانت في العينات المقلية مع السلق فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقة وهي 26.11، 26.29% على الترتيب، لتتوافق مع [Sani et al., 2018] و [Moreira, 2013] الذي وجد أن زيادة زمن المعالجة المسبقة بالموجات فوق الصوتية أدى إلى خفض امتصاص الزيت.

الجدول (105) نتائج محتوى الماء والزيت بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (1-105) نتائج محتوى الماء بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	31.52±0.15 ^{bc}	32.91±0.15 ^g	31.14±0.17 ^a	31.43±0.15 ^b	31.53±0.15 ^{bc}	31.69±0.17 ^{bc}
10 د			31.54±0.16 ^{bc}	31.67±0.16 ^{bc}	31.68±0.13 ^{bc}	31.97±0.15 ^e
15 د			31.72±0.16 ^c	31.96±0.15 ^e	31.95±0.14 ^e	32.53±0.13 ^f

الجدول (2-105) نتائج محتوى الزيت بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	26.11±0.51 ^g	26.29±0.63 ^g	24.11±0.61 ^{de}	24.04±0.62 ^{de}	25.09±0.59 ^f	25.19±0.46 ^f
5 د	26.11±0.51 ^g	26.29±0.63 ^g	24.11±0.61 ^{de}	24.04±0.62 ^{de}	25.09±0.59 ^f	25.19±0.46 ^f
10 د			23.05±0.63 ^{bc}	23.64±0.53 ^{cd}	24.72±0.64 ^{ef}	24.76±0.53 ^{ef}
15 د			22.31±0.43 ^a	22.52±0.54 ^{ab}	23.98±0.52 ^d	23.99±0.62 ^d

- تعبر النتائج عن المتوسط $\pm$ الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الحروف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

2-2-2-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يبين الجدول (1-106) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية، وتشير إلى ارتفاع درجة السطوع L^* مع زيادة شدة المعاملة بالموجات فوق الصوتية من حيث الحرارة والزمن ثم انخفاضها، إذ بلغت درجة السطوع L^* 68.1، 68.12، 68.13، 68.17 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 67.45، 67.18، 67.2، 67.25 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت المعاملة بالسلق مع الموجات فوق الصوتية عند درجتي حرارة 55، 65، 75، 85 °م عند 5 و 10 دقيقة مقارنةً بالعينات المقلية دون معاملة مسبقة والعينات المعاملة بالسلق فقط على درجة حرارة 85، وكانت المعاملة بالسلق مع الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة ولكافة الدرجات المدروسة قريبة من الشاهد المسلوق فقط دون وجود أي فروق معنوي، واختلفت هذه النتائج مع ما ذكره [Zhang et al., 2021] الذي وجد انخفاض غير معنوي في درجة السطوع بزيادة زمن المعالجة بالموجات فوق الصوتية، يظهر في الجدول (2-106) أيضاً انخفاض درجة الاصفرار b^* بزيادة شدة المعاملة، وكانت 29.72، 29.83، 29.81، 29.85 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 27.84، 27.97، 27.71، 27.63 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت عينة الشاهد الغير مسلوق على بقية العينات المدروسة بأعلى قيمة لمؤشر الاصفرار، توافقت نتائج الاصفرار مع ما وجدته [Qiu et al., 2018]. تبين النتائج في الجدول (3-106) انخفاض قيمة مؤشر الاحمرار a^* لأصابع البطاطا المقلية بزيادة شدة المعاملة فكانت 4.03، 4.12، 4.14، 4.09 عند

استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 2.92، 3.02، 3.13، 3.04 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت المعاملة بالسلك مع الموجات فوق الصوتية عند بأدنى قيمة a^* ، مقارنةً بالعينات المقلية مع السلك فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقة. ويلاحظ من النتائج أن زيادة زمن المعاملة أدت إلى خفض درجة الاحمرار بشكل عام. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة أثناء عملية القلي مع ارتفاع درجة حرارة القلي وانخفضت مع زيادة زمن المعاملة، إذ بلغت قيمة ΔE 16.63، 16.73، 16.81، 16.85 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 13.27، 13.53، 14.00، 14.06 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وفي دراسة أجراها [Bai et al., 2022] وجد انخفاض في قيمة تغير اللون عند زيادة زمن المعاملة بالموجات فوق الصوتية وهذا يلاحظ عند المقارنة ما بين المعاملات. بلغت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI 60.08، 60.43، 60.40، 60.49 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 54.96، 55.67، 57.04، 57.14 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتفاوتت المعاملة بالسلك مع الموجات فوق الصوتية عند 55 °م مقارنةً بالعينات المقلية مع السلك فقط والعينات المقلية دون معاملة مسبقة بأدنى قيمة مؤشر الاسمرار، وبالتالي أدى زيادة زمن المعاملة إلى خفض قيمة BI للمنتج النهائي وهذا يتوافق مع [Amaral et al., 2015؛ Capar and Yalcin, 2017].

الجدول (106) نتائج المؤشرات اللونية بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (1-106) نتائج مؤشر السطوع L^* بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
الزمن	التقليدي 175 °م	السلك فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	66.37±0.49 ^c	67.08±0.53 ^b	68.1±0.52 ^a	68.12±0.51 ^a	68.13±0.46 ^a	68.17±0.46 ^a
10 د			68.29±0.47 ^a	68.43±0.47 ^a	68.98±0.48 ^a	68.97±0.48 ^a
15 د			67.45±0.42 ^b	67.18±0.49 ^b	67.2±0.53 ^b	67.25±0.53 ^b

الجدول (2-106) نتائج مؤشر الاصفرار b^* بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	30.62±0.42 ^a	29.66±0.65 ^b	29.72±0.39 ^b	29.83±0.58 ^b	29.81±0.45 ^b	29.85±0.59 ^b
5 د	30.62±0.42 ^a	29.66±0.65 ^b	29.72±0.39 ^b	29.83±0.58 ^b	29.81±0.45 ^b	29.85±0.59 ^b
10 د			28.2±0.64 ^c	28.64±0.53 ^c	28.68±0.51 ^c	28.66±0.48 ^c
15 د			27.84±0.66 ^d	27.97±0.63 ^d	27.71±0.39 ^d	27.63±0.53 ^d

الجدول (3-106) نتائج مؤشر الاحمرار a^* بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	5.31±0.11 ^c	4.14±0.42 ^a	4.03±0.39 ^b	4.12±0.29 ^b	4.14±0.42 ^b	4.09±0.33 ^b
5 د	5.31±0.11 ^c	4.14±0.42 ^a	4.03±0.39 ^b	4.12±0.29 ^b	4.14±0.42 ^b	4.09±0.33 ^b

3.10±0.39 ^a	3.11±0.48 ^a	3.09±0.35 ^a	2.98±0.29 ^a			10 د
3.04±0.41 ^a	3.13±0.37 ^a	3.02±0.38 ^a	2.92±0.36 ^a			15 د

الجدول (4-106) نتائج مؤشر تغير اللون الكلي ΔE بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

16.85±0.55 ^f	16.81±0.48 ^f	16.73±0.55 ^f	16.63±0.49 ^f			5 د
15.19±0.48 ^e	15.14±0.44 ^e	14.47±0.49 ^d	14.15±0.48 ^d	16.19±0.55 ^e	11.47±0.31 ^a	10 د
14.06±0.53 ^{cd}	14.00±0.56 ^{cd}	13.53±0.56 ^{bc}	13.27±0.51 ^b			15 د

الجدول (5-106) نتائج مؤشر الاسمرار BI بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

60.49±0.58 ^e	60.40±0.51 ^e	60.43±0.57 ^e	60.08±0.53 ^e			5 د
57.98±0.52 ^d	57.95±0.54 ^d	56.04±0.52 ^c	55.02±0.51 ^{ab}	61.50±0.58 ^e	65.95±0.34 ^f	10 د
57.14±0.56 ^d	57.04±0.58 ^d	55.67±0.57 ^{bc}	54.96±0.55 ^a			15 د

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

2-2-2-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يعد مؤشر قوة الاختراق من المؤشرات الأساسية لتقييم القوام في منتجات البطاطا، وهو يرتبط مع مؤشرات الرطوبة والتقييم الحسي. يبين بلغت نتائج قوة الاختراق الموضحة في الجدول (107) لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية 158.34، 153.56، 148.72، 147.88 غ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، بينما كانت 192.72، 177.84 غ في عينة القلي التقليدي بدون معالجة مسبقة والمعاملة بالسلق فقط على الترتيب وتفاوتت على العينات الأخرى بأعلى قيمة لقوة الاختراق ويفسر الانخفاض بالقوة المطبقة للاختراق بالتغيرات التي تحدثها الموجات فوق الصوتية في بنية الخلايا النباتية للبطاطا.

الجدول (107) نتائج القوة المطبقة للاختراق بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د			184.42±5.22 ^b	176.31±3.91 ^c	173.53±4.78 ^{cd}	172.13±5.18 ^{cd}
10 د	192.72±2.11 ^a	177.84±3.71 ^c	167.63±4.52 ^d	159.82±5.13 ^e	150.32±5.21 ^f	148.92±4.91 ^f
15 د			158.34±3.50 ^e	153.56±4.62 ^{if}	148.72±4.83 ^f	147.88±5.13 ^f

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. - تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن العمود.

2-2-2-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يبين الجدول (108) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية، انخفض محتوى الأكريلاميد بالمقارنة مع القلي التقليدي والمعاملة بالسلق فقط بدون موجات فوق صوتية، وكانت في العينات المختبرة 393.24، 398.78، 405.36، 406.68 ميكروغرام/كغ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م بمعدل انخفاض 56.57، 56.58، 56.90، 57.50 %

على الترتيب، ووصلت إلى 384.62، 387.56، 393.34، 392.85 ميكروغرام/كغ عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة بمعدل انخفاض 58.47، 58.14، 57.50، 56.08% على الترتيب، وتوقفت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55 و 65 °م وهذا يتوافق مع [Vinci et al., 2012].

الجدول (108) نتائج محتوى الأكريلاميد بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	902.64±5.43 ^f		393.34±6.91 ^{bc}	398.78±6.37 ^{cd}	405.36±6.45 ^d	406.68±5.98 ^d
% r. r			56.50	56.90	56.58	56.57
10 د		493.±7.3 ^e	391.54±5.82 ^{bc}	393.17±6.16 ^{bc}	398.28±7.26 ^c	396.74±6.82 ^c
% r. r			57.41	57.52	56.95	56.96
15 د		45.33	384.62±6.73 ^a	387.56±5.75 ^{ab}	393.34±6.55 ^{bc}	392.85±7.22 ^{bc}
% r. r			58.47	58.14	56.07	56.08

* r. r %: معدل الانخفاض (reduction rate). -تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. -تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن الجدول.

2-2-2-5- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية:

يوضح الجدول (109) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية. بلغت نتائج اللون 7.8، 7.8، 7.8، 7.7 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 8.8، 8.6، 8.0، 8 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 على الترتيب، وتوقفت العينة المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55 °م معنوياً بأعلى درجة لتقييم اللون. كانت نتائج النكهة 8.4، 8.4، 8.3، 8.4 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 8.8، 8.8، 8.5، 8.5 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب، وتوقفت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55، 65 °م معنوياً على جميع المعاملات الأخرى بأعلى درجة للنكهة. وصلت نتائج القوام حسيّاً إلى 8.9، 8.8، 8.7، 8.8 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م على الترتيب، ووصلت إلى 7.8، 7.7، 6.6، 6.7 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 15 دقيقة على الترتيب. كانت نتائج القبول العام 8.3، 8.3، 8.3، 8.4 عند استخدام الموجات فوق الصوتية لمدة 5 دقائق على درجة 55، 65، 75، 85 °م، وتوقفت المعاملة بالموجات الصوتية لمدة 15 دقيقة على الدرجة 55 °م معنوياً على جميع المعاملات بأعلى درجات القبول العام، وتوافقت نتائج التقييم الحسي مع ما وجدته الباحثين في دراسات سابقة عن اختلاف القبول

الحسي باختلاف الصنف الخام ونوع المنتج النهائي، وربما يعود ذلك إلى أن النكهة تكون أعلى عند محتوى زيت

معين [Zhang et al., 2021؛ Xu et al., 2021].

الجدول (109) نتائج التقييم الحسي بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (1-109) نتائج التقييم الحسي للون بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
الزمن	التقليدي 175 °م	السلق فقط 85 °م	55 °م	65 °م	75 °م	85 °م
5 د	7.6±0.1 ^e	7.7±0.2 ^{de}	7.8±0.1 ^{cde}	7.8±0.1 ^{cde}	7.8±0.3 ^{cde}	7.7±0.2 ^{de}
10 د			8.3±0.2 ^b	8.1±0.2 ^b	8.0±0.1 ^{bcd}	8.1±0.2 ^b
15 د			8.8±0.1 ^a	8.6±0.2 ^a	8.0±0.2 ^{bcd}	8.0±0.2 ^{bcd}

الجدول (2-109) نتائج التقييم الحسي للنكهة بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (3-109) نتائج التقييم الحسي للقوام بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
5 د	7.8±0.2 ^c	7.9±0.2 ^c	8.4±0.2 ^b	8.4±0.2 ^b	8.3±0.1 ^b	8.4±0.2 ^b
10 د			8.5±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b	8.4±0.2 ^b
15 د			8.8±0.2 ^a	8.8±0.1 ^a	8.5±0.2 ^b	8.5±0.2 ^b

الجدول (4-109) نتائج التقييم الحسي للقبول العام بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية

الجدول (4-109) نتائج التقييم الحسي للقبول العام بعد القلي لأصابع البطاطا المعالجة بالموجات فوق الصوتية						
5 د	8.4±0.4 ^{bc}	8.5±0.1 ^{ab}	8.9±0.3 ^a	8.8±0.3 ^{ab}	8.7±0.2 ^{abc}	8.8±0.1 ^{ab}
10 د			8.4±0.3 ^{bcd}	8.2±0.3 ^d	7.8±0.3 ^{de}	7.7±0.2 ^e
15 د			7.8±0.2 ^{de}	7.7±0.2 ^e	6.6±0.2 ^f	6.7±0.2 ^f

-تعبير النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات-تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

الباب الثالث - تأثير عملية تجديد زيت القلي في خصائص أصابع البطاطا وزيت عباد الشمس:

3-1- نتائج محتوى الماء والزيت لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد:

يؤدي إعادة استخدام زيت القلي نفسه إلى زيادة معدل انتقال الحرارة وبالتالي يساهم في خفض محتوى الماء والزيت في العينات، ويوضح الجدول (110) نتائج محتوى الماء لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد والتي بلغت 31.37، 31.09، 29.71% عند القلي على الدرجة 175 °م مع التجديد بنسبة 75، 50، 25% من الفقد على الترتيب، وكانت 31.43% لعينة الشاهد المحضرة بالقلي على درجة حرارة 175 °م مع التجديد بنسبة 100% من الفقد، انخفضت نتائج محتوى الزيت لأصابع البطاطا بانخفاض نسبة التجديد فكانت 25.97، 25.52، 25.10% عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25% من الفقد على الترتيب، وكانت أدنى من عينة الشاهد التي بلغ محتوى الزيت فيها 26.01%، وأظهرت النسبة 25% أدنى محتوى من الماء والزيت ولكن لم تظهر فروق معنوية. أفاد [Gertz,2004] أنه في الزيت الطازج لا يتم نقل الحرارة بشكل كافٍ إلى البطاطا المقلية ولذلك تتخفض درجة الجلتنه وامتصاص الزيت عند القلي بزيت طازج، أما في حالة إعادة استخدام

الزيت تزداد نسبة المركبات القطبية مما يقلل التوتر السطحي ويرفع معدلات النقل الحراري وينخفض محتوى الماء في البطاطا بسبب التبخر وتنخفض فترة اختراق الزيت للبطاطا مما يخفض محتوى الزيت فيها، وربما تؤثر عملية التجديد في لزوجة الزيت وخصائصه الفيزيائية حيث انعكس ذلك بصورة فروق غير معنوية.

الجدول (110) نتائج محتوى الماء والزيت الممتص لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

نسبة التجديد % من الفقد	التقليدي 100	75	50	25
محتوى الماء %	31.43±0.14 ^c	31.33±0.16 ^c	31.09±0.15 ^b	29.71±0.14 ^a
محتوى الزيت الممتص %	26.01±0.49 ^a	25.97±0.41 ^a	25.52±0.42 ^{ab}	25.10±0.42 ^b

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد

3-2- نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد:

يوضح الجدول (111) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد، ويفضل المستهلكون منتجات البطاطس المقلية ذات السطوع L^* العالي و a^* المنخفض و b^* العالي. انخفضت قيمة L^* لأصابع البطاطا المقلية مع انخفاض نسبة التجديد، إذ بلغت درجة السطوع L^* في أصابع البطاطا 66.09، 65.61، 65.13 عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، بينما بلغت 66.17 في عينة الشاهد والتي تفوقت على المعاملات الأخرى باستثناء النسبة 75 % لم تظهر فروق معنوية. توافق انخفاض مؤشر السطوع مع ما أشار إليه [Lazarick, 2012] بأن إضافة الزيت المؤكسد بنسبة 1% أدى إلى مضاعفة معدل تعقيم اللون عند قلي المنتجات الغذائية بسبب تحفيز معدل تكوين الصبغة في العينات، مع مراعاة اختلاف نوع المنتجات المقلية حيث يختلف تكون الصبغة اللونية بحسب محتوى الكربوهيدرات والبروتين في المنتج وقد لا تظهر هذه التأثيرات عند تسخين الزيت بمفرده. تبين النتائج في الجدول (111) ارتفاع درجة الاصفرار b^* لأصابع البطاطا المقلية مع انخفاض نسبة التجديد وبلغت قيمة b^* في أصابع البطاطا 31.06، 31.79، 32.02 عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، وكانت عينة الشاهد 30.40 أي تفوقت النسبة 25% على العينات الأخرى بصورة معنوية باستثناء النسبة 50% بصورة غير معنوية. وجد [Innawong et al., 2019] أن عملية التجديد تخفف المركبات الكيميائية الموجودة في زيت القلي ويمكن ملاحظة تأثير كبير في تحسين لون الزيت عند المستويات العالية من تجديد الزيت الطازج حيث ارتفعت قيمة b^* بنسبة 8.15 % عند تجديد الزيت بنسبة 20% وارتفعت إلى 12.04 % عند تجديد الزيت بنسبة 30 %. تظهر النتائج

في الجدول (111) ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار a^* لأصابع البطاطا المقلية مع انخفاض نسبة التجديد، فكانت درجة الاحمرار a^* في أصابع البطاطا 5.63، 5.96، 6.12 عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، وقد وصلت قيمة الاحمرار إلى 5.39 في عينة الشاهد التي تفوقت على العينات الأخرى معنوياً بأدنى درجة احمرار باستثناء النسبة 75 % بصورة غير معنوية. وفي دراسة أجراها [Bansal et al., 2010] وجد ارتفاع قيمة مؤشر الاحمرار المترافق مع اللون الداكن وفسر التغير اللوني كنتيجة مشتركة للأكسدة والبلعمة والتغيرات الكيميائية الأخرى، فربما يحدث اسمرار الزيوت بسبب وجود الحموض الدهنية المؤكسدة والأجزاء المتفحمة من المنتجات المقلية. ارتفعت قيمة تغير اللون الكلي ΔE المحسوبة مع انخفاض نسبة التجديد إذ بلغت قيمة ΔE في عينات أصابع البطاطا 12.08، 12.99، 13.47 عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، بينما كانت 11.55 في عينة الشاهد التي تفوقت على العينات الأخرى معنوياً بأدنى قيمة لمؤشر تغير اللون، ويرتبط تفسير هذا الارتفاع بالاختلافات التي طرأت على مؤشرات السطوع والاصفرار والاحمرار وفي دراسته حول القلي العميق المتكرر لأصابع البطاطا أكد [Meng, 2019] أن التغيرات اللونية تصبح ملحوظة ظاهرياً مع زيادة عدد دورات القلي بدون تجديد وقد يختلف ذلك بحسب نوع الزيت المستخدم. كانت قيمة معامل الاسمرار المحسوبة BI في عينات أصابع البطاطا 66.45، 70.86، 72.38 عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، بينما كانت 66.15 في عينة الشاهد التي تفوقت على العينات الأخرى معنوياً بأدنى قيمة لمؤشر الاسمرار. توافقت نتائج BI مع نتائج تغير اللون حيث أظهرت نسبة التجديد المنخفضة قيماً أعلى لمؤشر الاسمرار. وأكد [Graham-Acquaah et al., 2015] أن لون البطاطا المقلية يصبح أكثر قتامة مع استمرار القلي بسبب تفاعلات اللون البني غير الأنزيمية السطحية، وإن زيادة وقت القلي تزيد من تكوين القشرة وامتصاص الزيت وتعكس قيمة الاسمرار BI ظروف القلي من حيث شدة الحرارة والزمن وتغيرات الأكسدة والتدهور الحاصل في الزيت، وفي الدراسة الحالية تبين أنه يمكن اعتبارها مؤشراً للاستدلال على نسبة التجديد أو تكرار القلي بنفس الزيت.

الجدول (111) نتائج المؤشرات اللونية لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

نسبة التجديد % من الفقد	التقليدي 100	75	50	25
درجة السطوع L^*	66.17±0.47 ^a	66.09±0.50 ^{ab}	65.61±0.52 ^{bc}	65.13±0.52 ^c
درجة الاحمرار a^*	5.39±0.11 ^a	5.63±0.13 ^b	5.96±0.12 ^c	6.12±0.11 ^d

30.02±0.59 ^a	31.79±0.58 ^{bc}	31.06±0.58 ^b	30.40±0.54 ^{ab}	مؤشر الاصفرار b*
13.47±0.49 ^c	12.99±0.48 ^c	12.08±0.51 ^b	11.55±0.48 ^a	تغير اللون الكلي ΔE
72.38±0.50 ^c	70.86±0.53 ^b	66.45±0.55 ^a	66.15±0.51 ^a	مؤشر الاسمرار BI

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-3- نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد: يساهم الزيت الذي تمتصه المنتجات الغذائية المقلية في تشكيل الخصائص المميزة للقوام وخاصة القشرة السطحية في المنتجات الحيوانية والنباتية، ويوضح الجدول (112) نتائج القوة المطبقة للاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد التي بلغت 189.86، 188.24، 186.52 غ عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، بينما كانت 190.52 غ في عينة الشاهد وتوقفت النسبة 25% على العينات الأخرى وعينة الشاهد معنوياً بأدنى قيمة لقوة الاختراق، لكن هذا التفوق يعد مؤشر لانخفاض تقييمها من الناحية الحسية. تشير النتائج إلى انخفاض قوة الاختراق مع انخفاض نسبة التجديد وربما يعود ذلك إلى تأثير عملية التجديد في معامل انتقال الحرارة فقد أشار [Taiwo and Baik, 2007] إلى أن القلي في درجات حرارة أعلى أو لفترة أطول إلى الحصول على منتجات ذات قشرة صلبة، وأثناء قلي البطاطا يتمدد بخار الماء المحصور في المسافات ما بين الخلايا ويصبح شديد السخونة، مما يؤدي إلى تشويه جدران المسام ويؤثر في المسامية الكلية بما ينعكس على مؤشرات القوام بصورة سلبية. فسر بعض الباحثين انخفاض القوام لمنتجات البطاطا بالتغيرات الأنزيمية وغير الأنزيمية التي تحدث أثناء القلي وخاصة ما يتعلق بنشاط إنزيم بكتين ميتيل استراز PME بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل درجة الحرارة والضغط والمعاملات المسبقة وتخزين المادة الخام وغيرها، التي ربما تعمل بصورة مجتمعة أو منفردة لتحقيق القوام النهائي في المنتجات المقلية [Houska et al., 2022؛ Moens et al., 2021].

الجدول (112) نتائج قوة الاختراق لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

25	50	75	التقليدي 100	نسبة التجديد % من الفقد
186.52±2.11 ^a	188.24±2.10 ^{ab}	189.86±2.12 ^{bc}	190.52±2.13 ^c	قوة الاختراق [غ]

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-4- نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد:

يبين الجدول (113) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد، وبلغت 906.02، 926.35، 933.17 ميكرو غرام/كغ عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على

الترتيب، وتشير النتائج إلى حدوث ارتفاع في قيمة الأكريلاميد مع زيادة عدد دورات القلي وتوقفت عينة الشاهد التي بلغت 905.92 ميكرو غرام/كغ معنوياً على جميع المعاملات الأخرى باستثناء النسبة 75% بأدنى قيمة لمحتوى الأكريلاميد. أشار [Kuek et al., 2020] في دراسة أجراها حول مساهمة الدهون في تكوين مادة الأكريلاميد أثناء قلي البطاطا إلى ارتفاع الأكريلاميد مع زيادة عدد دورات القلي بغض النظر عن نوع الزيت المستخدم وهذا يتوافق مع النتائج التي تم العثور على عليها في الدراسة الحالية، وربما يعود ذلك إلى ارتفاع محتوى المنتجات القطبية المتشكلة من خلال تحلل وبلمرة الغليسيريدات الثلاثية والتي يمكن أن تزيد من تكوين الأكريلاميد عن طريق تحسين انتقال الحرارة بين الزيت والغذاء، وفي دراسة أجراها [Vinci et al., 2012] أكد أن درجة الحرارة وزمن القلي يؤثر بشكل متماثل في محتوى البطاطا المقلية من الأكريلاميد، ويعد اللون الداكن مؤشر لذلك وهو مرتبط بطريقة القلي بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل كمية المنتج في المقلاة أو عملية التجديد أو نوع الزيت ربما تؤدي إلى انخفاض درجة حرارة القلي وبالتالي تقليل محتويات الأكريلاميد.

الجدول (113) نتائج محتوى الأكريلاميد لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

نسبة التجديد % من الفقد	التقليدي 100	75	50	25
محتوى الأكريلاميد [ميكرو غرام/كغ]	905.92±5.13 ^a	906.02±5.56 ^a	926.35±4.57 ^b	933.17±5.52 ^c

* تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات [N=3]. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-5- نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي مع التجديد:

يشير الجدول (114) إلى نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي مع التجديد، وتوقفت عينة الشاهد معنوياً بأدنى قيمة لرقم الحموضة وقرينة البيروكسيد على المعاملات الأخرى باستثناء النسبة 75% لم تظهر فروق معنوية. كانت نتائج رقم الحموضة 1.98، 2.03، 2.09 مغ KOH/غ زيت عند القلي وكانت 1.96 مغ KOH/غ زيت في عينة الشاهد المحضرة بالقلي مع التجديد بنسبة الفقد. وبلغت قرينة البيروكسيد 8.85، 9.11، 9.42 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، وكانت 8.91 ميلي مكافئ أوكسجين/كغ زيت في عينة الشاهد. أشار [Petersen et al., 2013] إلى أن عملية تجديد الزيت يمكن أن تسبب انخفاض قيمة البيروكسيد في نهاية عملية القلي على الرغم من ازدياد قيمة البيروكسيد بزيادة زمن القلي مع النظر إلى نوع الزيت المستخدم، ويعزز خروج الماء من المنتج المقلي إلى وسط القلي عملية التحلل المائي للدهون. وجدت دراسة [Elaine et al., 2023]؛ Sohu et al.,

[2020] ارتفاع قيمة الرقم الحمضي عند القلي مع التجديد بزيادة عدد دورات القلي ويختلف معدل الارتفاع باختلاف نوع الزيت المستخدم وزمن القلي النهائي، وربما يعود ذلك إلى اختلاف نسبة الروابط المضاعفة المتفككة ومسؤوليتها عن ارتفاع رقم الحموضة. بلغت نتائج نسبة PUFA/SFA الموضحة في الجدول (114) لأصابع البطاطا 4.30، 3.96، 3.53 عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، وهي أدنى مما كانت في عينة الشاهد 4.32 وتفاوتت معنوياً على المعاملات الأخرى باستثناء النسبة 75% من حيث أعلى قيمة PUFA/SFA. فسر [Wang et al., 2013] تغير تركيب الحموض الدهنية بزيادة زمن القلي بأنها تعود إلى التبلور والبلمرة التي تزداد معدلاتها طردياً مع الزمن وربما يساعد عامل النقل الحراري المرتفع بغياب التجديد على أكسدة الحموض الدهنية متعددة عدم الإشباع وتحولها إلى حموض مشبعة وهذا يتوافق مع النتائج. التي وجدت في دراستنا الحالية. بلغت قيمة الرقم اليودي 105.35، 97.76، 91.14 وكانت 107.21 في عينة القلي التقليدي حيث تفوقت على بقية العينات بأعلى قيمة للرقم اليودي. ازدادت درجة تغير اللون أثناء القلي وكانت 12.98، 15.57، 17.96 وارتفعت قيمة قرينة الانكسار إلى 1.476، 1.476، 1.477، وكذلك وجد مثل هذا الارتفاع لقرينة الانكسار في دراسة [Godswill et al., 2018]. وترافق ذلك مع زيادة اللزوجة عند 25 °م إلى 87.93، 89.92، 91.15 mPa.s والكثافة الظاهرية إلى 0.924، 0.925، 0.927 g.cm⁻³ عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب.

الجدول (114) نتائج المؤشرات الكيميائية لزيت عباد الشمس في نهاية عملية القلي التقليدي مع التجديد

نسبة التجديد % من الفقد	التقليدي 100	75	50	25
رقم الحموضة [مغ/KOH/غ]	1.96±0.02 ^a	1.98±0.02 ^a	2.03±0.02 ^b	2.09±0.03 ^c
قرينة البيروكسيد [ملي مكافئ أوكسجين/كغ زيت]	8.91±0.2 ^a	8.85±0.2 ^a	9.11±0.3 ^{ab}	9.42±0.2 ^b
رقم الانيسيدين	59.79±1.2 ^d	60.31±1.51 ^c	57.98±1.5 ^b	55.15±1.63 ^a
PUFA/SFA	4.32±0.01 ^a	4.30±0.03 ^a	3.96±0.05 ^b	3.53±0.04 ^c
الرقم اليودي	107.21±1.19 ^a	105.35±2.07 ^a	97.76±1.43 ^b	91.14±2.12 ^c
تغير اللون ΔE	12.02±0.2 ^a	12.98±0.8 ^b	15.57±1.9 ^c	17.96±0.8 ^d
قرينة الانكسار	1.475±0.001 ^a	1.476±0.001 ^a	1.476±0.001 ^{ab}	1.477±0.001 ^b
اللزوجة عند 25 °م (mPa.s)	87.85±1.23 ^a	87.93±1.04 ^a	89.92±1.34 ^b	91.15±1.54 ^b
الكثافة (g.cm ⁻³)	0.923±0.001 ^a	0.924±0.001 ^a	0.926±0.001 ^b	0.928±0.001 ^c

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-6- عدد ساعات القلي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد:

يخضع زيت عباد الشمس للتحلل بشكل كبير نتيجة لوفرة الحموض الدهنية المتعددة عدم الإشباع (PUFA) الموجودة فيه خاصة في الظروف التي يتم فيها استخدام درجات حرارة أعلى للطهي مما يسبب ارتفاع محتوى المركبات القطبية الكلي TPC، وبالمقابل ينخفض عدد ساعات القلي الإجمالي (القلي والتسخين)، ويوضح الجدول (116) عدد ساعات القلي الإجمالي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد 66.9، 51.5، 49.7 ساعة عند القلي مع التجديد بنسبة 75، 50، 25 % من الفقد على الترتيب، اعتماداً على محتوى المركبات القطبية الكلي TPC، بينما كانت 67 ساعة في عينة الشاهد التي أجريت مع تعويض الزيت بنسبة الفقد في نهاية كل يوم عمل وتوقت معنوياً على المعاملات الأخرى باستثناء النسبة 75 % بعدد ساعات القلي الإجمالي. توافقت النتائج مع ما ذكر سابقاً [Khor et al., 2020؛ Li et al., 2015]، وربما تفسر التغيرات في TPC بتغير درجة الحرارة خلال عملية التجديد مخبرياً بينما تجرى عملية تسخين أولي لزيت التعويض على النطاق الصناعي مما يدعو لدراسة تأثير التجديد في زمن القلي صناعياً. أشار [Antonic et al., 2023] إلى أن استخدام خليط الزيوت يمكن أن يزيد قابليتها للقلي مع التجديد بسبب الفوائد التي تحققها هذه العملية من النواحي الجودة الحسية والكيميائية وسلامة الأغذية، وأكد الحاجة إلى فهم كل ذلك من أجل اتخاذ قرارات مستنيرة وتحسينات في مختلف المجالات أو التطبيقات ذات الصلة.

الجدول (115) عدد ساعات القلي الإجمالي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

نسبة التجديد % من الفقد	التقليدي 100	75	50	25
عدد ساعات القلي [ساعة]	67.0±0.1 ^a	66.9±0.5 ^a	51.5±0.3 ^b	49.7±0.4 ^c

*. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

3-7- نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي مع التجديد:

يوضح الجدول (116) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد وتشير إلى تفوق عينة الشاهد معنوياً على العينات الأخرى باستثناء النسبة 75% لم تظهر فروق معنوية، لجميع المؤشرات الحسية المدروسة (اللون والنكهة والقوام والقبول العام). بلغت درجة القبول العام لعينات أصابع البطاطا المقلية 7.8 عند التجديد بالنسبة 75%، وكانت درجة قبول اللون 7.5 وبلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 7.6 وكانت درجة القوام 8.3، بينما كانت درجات التقييم الحسي للقبول العام 7.9 واللون 7.6 والنكهة 7.7 والقوام 8.4

بالنسبة لعينة الشاهد المقلية عند التجديد بنسبة الفقد. أكدت النتائج التي وجدها [Petersen *et al.*, 2013] انخفاض مؤشرات التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بالزيت بعد فترة من التسخين ومقارنتها مع الزيت الطازج، وفسر ذلك بتأثير عملية القلي في مركبات النكهة والرائحة من حيث التركيز والنوعية مع الأخذ بالاعتبار لنوع الزيت المستخدم في القلي وظاهرة التآزر والتضاد لبعض المكونات التي تعد جميعها مسؤولة عن الطابع الحسي للمنتج النهائي، وكان زيت عباد الشمس من أفضل الزيوت المستخدمة في إنتاج أصابع البطاطا المقلية. انخفضت درجة القبول العام إلى 7.4 وكانت درجة التقييم الحسي اللون 7.2 و 7.1 للنكهة و 7.8 للقوام بالنسبة لعينات أصابع البطاطا المقلية عند النسبة 50%، بينما في عينات أصابع البطاطا المقلية عند النسبة 25% كانت درجة القبول العام عند أدنى قيمة لها وبلغت 6.9، وبلغت درجة رغبة اللون 6.8، بينما بلغت درجة التقييم الحسي للنكهة 6.6 والقوام 7.4. يؤثر على قبول المستهلك للمنتجات المقلية وهذا ما يدفع إلى إيجاد طرائق لتحسين السمات الحسية للون والنكهة والقوام عند القلي ولا ترتبط تغيرات الجودة فقط بفقدان الماء وامتصاص الزيت بل يحدث ذلك نتيجة لتحويلات البنية والتفاعلات الكيميائية أثناء القلي وكذلك فإن مكونات البطاطا الخام لها أثر كبير في هذه التحويلات مما يسبب اختلاف درجات التقييم الحسي باختلاف الصنف وطرائق الطبخ [Abong et al., 2023؛ Henry, 2019؛ Bough *et al.*, 2019؛ Troncoso *et al.*, 2009].

الجدول (116) نتائج التقييم الحسي لأصابع البطاطا المقلية بطريقة القلي التقليدي مع التجديد

نسبة التجديد % من الفقد	100 التقليدي	75	50	25
اللون	7.6±0.2 ^a	7.5±0.2 ^{ab}	7.2±0.1 ^b	6.8±0.3 ^c
النكهة	7.7±0.2 ^a	7.6±0.1 ^a	7.1±0.2 ^b	6.6±0.2 ^c
القوام	8.4±0.3 ^a	8.3±0.3 ^a	7.8±0.1 ^b	7.4±0.1 ^c
القبول العام	7.9±0.2 ^a	7.8±0.2 ^a	7.4±0.2 ^b	6.9±0.2 ^c

- تعبر النتائج عن المتوسط ± الانحراف المعياري لثلاثة مكررات. تشير الاحرف المختلفة الى وجود فروق معنوية ضمن السطر الواحد.

الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات:

5-1-الاستنتاجات

- أن درجة الحرارة التي أعطت خصائص الجودة الأفضل لكل من منتجات البطاطا المقلية (الرقائق والأصابع) في عملية القلي، من حيث المحتوى المنخفض من الزيت الممتص والرطوبة، كانت 175 و185م لكل من طريقة القلي التقليدي والضغط والهواء الساخن، و135م عند القلي بطريقة التفريغ.
- امتلكت العينات المقلية (رقائق وأصابع) بطريقة القلي التقليدي والضغط وتحت التفريغ والهواء الساخن على درجات حرارة 165، 165، 115 و165 م على الترتيب أدنى قيمة بالنسبة لكمية الأكريلاميد المتشكل.
- أظهرت العينات المقلية ضمن درجات حرارة 175، 175، 125 و175 بطريقة القلي التقليدي، الضغط، تحت التفريغ والهواء الساخن على الترتيب تفوقاً معنوياً على بقية العينات المدرسة بالقبول العام، كما وتفوقت العينات المقلية بالطريقة التقليدية عند الدرجة 175 م على بقية الطرائق بقيمة بلغت 8.4 للرقائق و7.9 للأصابع. كما وتفوقت العينات المحضرة عند الدرجة 165 °م بطريقة القلي التقليدي والضغط والعينات المحضرة عند الدرجة 115م بطريقة القلي تحت التفريغ بصورة معنوية من خلال المحافظة على أهم المؤشرات الكيميائية للزيت.
- تميزت درجات الحرارة 175، 165 و115 °م عند القلي التقليدي، تحت الضغط وتحت التفريغ بعدد ساعات القلي الإجمالي بالمقارنة مع باقي درجات الحرارة المدروسة، حيث وصلت إلى 68، 55 و76 ساعة بالنسبة لرقائق البطاطا و67، 54 و74 ساعة بالنسبة للأصابع عند القلي على درجات الحرارة الأنفة الذكر وعلى الترتيب.
- تفوقت العينات المعاملة بملح كلوريد الكالسيوم ومستخلص قشور ثمار الكريفون بمحتواها المنخفض من مادة الأكريلاميد بالمقارنة مع باقي العينات، كما ولوحظ تفوق العينات المعاملة بالتركيز 1 و1.5% من مواد الغمر على العينات المعاملة بالتركيز 0.5%. وبالتالي يمكن اعتبار التركيز 1% التركيز الأمثل اقتصادياً وصحياً. أدى استخدام محاليل الغمر لتحسين المؤشرات الحسية للعينات (رقائق وأصابع) وحصلت العينات المعاملة بملح كلوريد الصوديوم (بكافة التراكيز المدروسة) على أعلى قيمة للقبول العام، كما وخفضت مواد التغطية كل من الزيت الممتص والأكريلاميد المتشكل في أصابع ورقائق البطاطا بالمقارنة مع الشاهد، كما وأثر إضافة مستخلص قشور ثمار الكريفون للأغلفة الغذائية بشكل إيجابي في تحسين الخواص الحسية للمنتجات المقلية.

-أدى استخدام الحرارة مع الموجات فوق الصوتية في عملية السلق إلى تحسين مؤشر الاسمرار للعينات المقلية، كما ولوحظ انخفاض محتوى الأكريلاميد بزيادة زمن المعاملة.

- تفوقت عينات رقائق وأصابع البطاطا المجففة بطريقة التفريغ على بقية العينات المدروسة بمحتواها المنخفض من الماء والزيت الممتص، بينما لم يكن لعملية التجفيف أي تأثير على مؤشر القبول العام في أصابع البطاطا.

- تفوقت العينات المقلية بنسبة تجديد للزيت 100% على بقية العينات المدروسة من حيث بعض المؤشرات اللونية والقوة المطبقة للاختراق، بينما لم يلحظ وجود أي فروق معنوية بين العينات المقلية بنسبة تجديد للزيت 100 و 75% بالمقارنة مع العينات الأخرى من حيث كمية الأكريلاميد والاختبارات الحسية وبعض مؤشرات زيت عباد الشمس وعدد ساعات القلي.

5-2-التوصيات:

- توجيه أنظار الصناعيين إلى طريقة القلي بالهواء الساخن للعمل على تنفيذها وذلك لجدواها الاقتصادية في الحد من استيراد الزيوت، وذلك بإجراء بعض التعديلات على خطوط الإنتاج لأفران الهواء الساخن كإضافة رذاذ زيت بدلاً من استرجار كميات كبيرة من الزيت للتشغيل بالطريقة التقليدية.

- دراسة إمكانية تحسين الخصائص الحسية لأصابع ورقائق البطاطا المقلية تحت التفريغ وبيان مدى إمكانية تطبيقها صناعياً، ودراسة قابلية دمج طريقتي القلي بالضغط والهواء الساخن على منتجات البطاطا المقلية بحيث تحقق وفورات أكبر في الزيوت المستهلكة والزمن المستغرق في القلي.

- دراسة تأثير طرائق القلي المطبقة والمعاملات المسبقة غير الحرارية على بقية أصناف البطاطا المزروعة محلياً لبيان نتائجها والمؤشرات الأمثل لتطبيقها، توجيه أنظار الصناعيين إلى تطبيق المعاملات الأنفة الذكر قبل عملية القلي، نظراً لما تحمله من فوائد في خفض كمية الأكريلاميد والزيت الممتص وتحسين بعض الصفات الحسية وذلك لجعلها منتجات منافسة في السوق الخارجية وخاصة رقائق البطاطا (الشييس).

- اعتماد نسبة التجديد 75% من الزيت المفقود أثناء عملية القلي، لما أظهرته من نتائج إيجابية سواءً على خصائص جودة أصابع البطاطا وزيت عباد الشمس، وحث الفعاليات الصناعية على تطبيقها، وإجراء دراسات علمية نوعية وكمية بخصوص المركبات الفينولية المحتواة ضمن المستخلصات النباتية منفردة لتحديد المركبات ذات الأثر الأعلى في جودة منتجات البطاطا المقلية.

الفصل السادس: المراجع

1- المراجع العربية:

- السيد، سيد. [2009]. تكنولوجيا انتاج خضر المواسم الباردة في الاراضي الصحراوية. المكتبة المصرية، اسكندرية ص30-234.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. [2023]. منشورات مديرية الإحصاء والتخطيط في وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سوريا.
- المواصفة القياسية السورية [2014]. الزيوت النباتية المعدة للطعام، رقم 3770، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، وزارة الصناعة، دمشق، سوريا.
- المواصفة القياسية السورية [2003]. نقطة التخلص من زيوت القلي المستعملة، رقم 2745، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، وزارة الصناعة، دمشق، سوريا.
- المواصفة القياسية السورية [2016]. منتجات البطاطا (الشيبيس)، رقم 889، هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية، وزارة الصناعة، دمشق، سوريا.
- حسامو، لمياء. [2010]. تحديد مستوى الأكريلاميد في الفلافل والبطاطا القلية والبطاطا المحضرة صناعياً [الشيبيس] وإيجاد الحلول المناسبة لتخفيضه. رسالة ماجستير. قسم علوم الأغذية. كلية الهندسة الزراعية. جامعة دمشق. قاعدة بيانات مديرية البحث العلمي. http://damascusuniversity.edu.sy/srd.
- عبد الحميد، احمد. [2017]. انتاج محصول البطاطا. منشورات جامعة دمنهور مصر ص 81.

2- المراجع الأجنبية:

- Abd Rahman, N. A., Abdul Razak, S. Z., Lokmanalhakim, L. A., Taip, F. S., & Mustapa Kamal, S. M. [2016]. Response surface optimization for hot air-frying technique and its effects on the quality of sweet potato snack. Journal of Food Process Engineering, 40[4], e12507, 1-8. doi.org /10.1111/jfpe.12507.
- Abd Razak, R. A., Ahmad Tarmizi, A. H., Kuntom, A., Sanny, M., & Ismail, I. S. [2021]. Intermittent frying effect on French fries in palm olein, sunflower, soybean and canola oils on quality indices, 3-monochloropropane-1,2-diol esters [3-MCPDE], glycidyl esters [GE] and acrylamide contents. Food Control, 124, 107887.
- AbdEl-Hady, E.A., ALoweis, R.A. and Shedeed, N.A. [2018] A Study on the Effect of Per-Drying Technique on Fried Potato Chips Quality. Journal of Agricultural and Veterinary Sciences Qassim University, 11, 225-241.
- Abong, G., Ogolla, J., Michael, O., Jackson, K., & Paul, K. [2023]. Effect of frying temperature and slice thickness on sensory attributes and acrylamide content in potato crisps of selected Kenyan varieties. East African Journal of Science, Technology and Innovation, 4. doi.org /10.37425/eajsti.v4i
- Abong, O., Okoth, W., Jasper, K., Imungi, K. and Kabira, N. [2011] Effect of Slice Thickness and Frying Temperature on Color, Texture and Sensory Properties of Crisps Made from Four Kenyan Potato Cultivars. American Journal of Food Technology, 6, 753-762. https://doi.org/ 10.3923/ajft.2011.753.762.
- Abriana, A., Sutanto, S., & Pertiwi, N. [2019]. Differences Physico-Chemical Characteristic of Repeatedly Frying Oil Used for Banana and Chicken. Int. J. Adv. Sci. Eng. 9[4], 1402-1408.
- Abtahi, M. S., Hosseini, H., Fadavi, A., Mirzaei, H., & Rahbari, M. [2016]. The optimization of the deep-fat frying process of coated zucchini pieces by response surface methodology. Journal of culinary science & technology, 14[2], 176-189. https://doi.org/10.1080/15428052.2015.1111181

Adedeji, A. A., & Ngadi, M. [2017]. Impact of freezing method, frying and storage on fat absorption kinetics and structural changes of parfried potato. *Journal Engineering*, 218, 24-32.

Adhikari, P., Zhu, X. M., Gautam, A., Shin, J. A., Hu, J. N., Lee, J. H., & Lee, K. T. [2010]. Scaled-up production of zero-trans margarine fat using pine nut oil and palm stearin. *Food Chemistry*, 119[4], 1332-1338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.009>.

Ağcam, E. [2022]. Modeling of the changes in some physical and chemical quality attributes of potato chips during frying process. *Applied Food Research*, 2[1], 100064. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100064>.

Agencia Andaluza de la Energía. [2017]. La Biomasa En Andalucía. *Andalucía*: Seville, Spain,

Ahmad Tarmizi, A. H., Ismail, R., & Kuntom, A. [2016]. Effect of Frying on the Palm Oil Quality Attributes - A Review. *Journal of Oil Palm Research*, 28[2], 145-153.

Ajo, R. Y. [2017]. Research Article Application of Hydrocolloids as Coating Films to Reduce Oil Absorption in Fried Potato Chip-Based Pellets.

Akinpelu, O. R., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Henshaw, F., Sanni, S. A., Bodunde, G., & Munoz, L. [2014]. Optimization of processing conditions for vacuum frying of high quality fried plantain chips using response surface methodology [RSM]. *Food Science and Biotechnology*, 23, 1121-1128. <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-014-0153-x>.

Al Faruq, A., Khatun, M. H. A., Azam, S. M. R., Sarker, M. S. H., Mahomud, M. S., & Jin, X. [2022]. Recent advances in frying processes for plant-based foods. *Food Chemistry Advances*, 1, 100086. doi.org/10.1016/j.focha.2022.100086.

Al Jumayi, H., & Darwish, A. M. [2021]. Frying Time and Temperature Conditions' Influences on Physicochemical, Texture, and Sensorial Quality Parameters of Barley-Soybean Chips. *Journal of Food Quality*, 2021[1], 5748495. <https://doi.org/10.1155/2021/5748495>.

Alaladunye, A. F., & Przybylski, R. [2009]. Protecting oil during frying: A comparative study. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111, 893-901. doi.org/10.1002/ejlt.200900020.

Alaladunye, F. A. [2015]. Curbing thermo-oxidative degradation of frying oils: Current knowledge and challenges. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117[11], 1867-1881.

Alam, T., & Takhar, P. S. [2016]. Microstructural Characterization of Fried Potato Disks Using X-Ray Micro Computed Tomography. *Journal of Food Science*, 81[3], E651-E664. doi.org/10.1111/1750-3841.13219.

Al-Asmar, A., Naviglio, D., Giosafatto, C. V. L., & Mariniello, L. [2018]. Hydrocolloid-Based Coatings are Effective at Reducing Acrylamide and Oil Content of French Fries. *Coatings*, 8[4].

Albertos, I., Martin-Diana, A. B., Jaime, I., Diez, A. M., & Rico, D. [2016]. Protective role of vacuum vs. atmospheric frying on PUFA balance and lipid oxidation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 336-342. doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.006.

Albertos, I., Rico, D., & Martin-Diana, A. B. [2019]. Improving the texture of healthy apple snacks by combining processing and technology [high pressure and vacuum frying]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44[3], e14352. doi.org/10.1111/jfpp.14352.

Alexandersen, K. A., Ghazani, S. M., & Marangoni, A. G. [2005]. Margarine processing plants and equipment. *Bailey's industrial oil and fat products*, 1-64. <https://doi.org/10.1002/047167849X>.

Ali, M. R., Parmar, A., Niedbała, G., Wojciechowski, T., Abou El-Yazied, A., El-Gawad, H. G. A., & El-Mogy, M. M. [2021]. Improved shelf-life and consumer acceptance of fresh-cut and fried potato strips by an edible coating of garden cress seed mucilage. *Foods*, 10[7], 1536.

Alimi, B. A., Shittu, T. A., & Sanni, L. O. [2015]. Effect of some hydrocolloids on coating performance of egg base coated fried yam chips. *International Food Research Journal*, 22[3], pp.

Allan, M. C., Marinos, N., Johanningsmeier, S. D., Sato, A., & Truong, V. D. [2021]. Relationships between isolated sweetpotato starch properties and textural attributes of sweetpotato French fries. *Journal of Food Science*, 86[5], 1819-1834. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15725>.

Almrhag, O. M. & Abookleesh, F., L. [2016]. Evaluation of Oxidative Stability of Vegetable Oils during Deep Frying. *The Arab Journal of Sciences & Research Publishing*, 2[2], 90-97.

Alyousef, H. A., Wang, H., Al-Hajj, N. Q. M., & Koko, M. Y. [2016]. Determination of acrylamide levels in selected commercial and traditional foods in Syria. *Tropical Journal of pharmaceutical research*, 15[6], 1275-1281.

Amaral, R. D. A., Achaerandio, I., Benedetti, B. C., & Pujola, M. [2017]. The influence of edible coatings, blanching and ultrasound treatments on quality attributes and shelf-life of vacuum packaged potato strips. *LWT - Food Science and Technology*, 85, 449-455. doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.062.

- Amaral, R. D. A., Benedetti, B. C., Pujola, M., Achaerandio, I., & Bachelli, M. L. B. (2015). Effect of ultrasound on quality of fresh-cut potatoes during refrigerated storage. *Food Engineering Reviews*, 7, 176-184. <https://doi.org/10.1007/s12393-014-9091-x>.
- Aminlari, M., Ramezani, R., & Khalili, M. H. [2005]. Production of protein-coated low-fat potato chips. *Food science and technology international*, 11[3], 177-181.
- Amira, P. O., Babalola, O. O., & Oyediran, A. M. [2014]. Physicochemical properties of palm kernel oil. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 6[5], 205-207.
- Andrés, A., Arguelles, A., Castello, M. L., & Heredia, A. [2012]. Mass Transfer and Volume Changes in French Fries During Air Frying. *Food and Bioprocess Technology*, 6[8], 1917-1924. doi.org/10.1007/s11947-012-0861-2.
- Andres-Bello, A., Garcia-Segovia, P., & Martinez-Monzo, J. [2011]. Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High-Quality Dried Products. *Food Engineering Reviews*, 3[2], 63-78..
- Angor, M. M., Ajo, R., Al-Rousan, W., & Al-Abdullah, B. [2013]. Effect Of Starchy Coating Films On The Reduction Of Fat Uptake In Deep-Fat Fried Potato Pellet Chips. *Italian Journal Of Food Science*, 25[1].
- Angor, M.M. [2013]. Application of whey protein and whey protein isolate as edible coating films on potato pellets chips to reduce oil uptake during deep frying. *Contemporing Engineering Science*, 7[34], 1839-1851.
- Angor, M.M. [2016]. Reducing fat content of fried potato pellet chips using carboxymethyl cellulose and soy protein isolate solutions as coating films. *Journal of Agricultural Science*, 8[3], 168.
- Aniolowska, M., & Kita, A. [2015]. The effect of frying on glycidyl esters content in palm oil. *Food Chemistry*, 203, 95-103.
- Aniolowska, M., & Kita, A. [2015]. The effect of type of oil and degree of degradation on glycidyl esters content during the frying of French fries. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92[11-12], 1621-1631. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2715-3>.
- Antunes-Rohling, A., Ciudad-Hidalgo, S., Mir-Bel, J., Raso, J., Cebrián, G., & Álvarez, I. (2018). Ultrasound as a pretreatment to reduce acrylamide formation in fried potatoes. *Innovative food science & emerging technologies*, 49, 158-169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.08.010>.
- AOAC, [2005]. Official methods of analysis, 18th ed. Association of Officiating Analytical Chemists. Washington DC.
- AOCS. [2003]. Official methods and recommended practices, 5th ed. Part 1. *American Oil Chemists' Society*. AOCS Press, Champaign, IL. USA.
- Apostolakis, A., Grigorakis, S., & Makris, D. P. [2014]. Optimisation and comparative kinetics study of polyphenol extraction from olive leaves [*Olea europaea*] using heated water/glycerol mixtures. *Separation and Purification Technology*, 128, 89-95. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.06.010>.
- Arabi, M., Ostovan, A., Ghaedi, M., & Purkait, M. K. [2016]. Novel strategy for synthesis of magnetic dummy molecularly imprinted nanoparticles based on functionalized silica as an efficient sorbent for the determination of acrylamide in potato chips: optimization by experimental design methodology. *Talanta*, 154, 526-532. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.010>.
- Arisseto, A. P., Silva, W. C., Marcolino, P. F. C., Scaranelo, G. R., Berbari, S. A. G., de Oliveira Miguel, A. M. R., & Vicente, E. [2019]. Influence of potato cultivar, frying oil and sample pre-treatments on the contamination of French fries by 3-monochloropropane-1, 2-diol fatty acid esters. *Food research international*, 124, 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.070>.
- Arslan, M., Xiaobo, Z., Shi, J., Rakha, A., Hu, X., Zareef, M., ... & Basheer, S. [2018]. Oil uptake by potato chips or French fries: A review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120[10], 1800058.
- Askin, B., & Kaya, Y. [2020]. Effect of deep frying process on the quality of the refined oleic/linoleic sunflower seed oil and olive oil. *Journal of Food Science and Technology*, 57[12].
- ASTM D2983-87 [2022] Standard Test Method for Low-Temperature Viscosity of Lubricants Measured by Brookfield Viscometer (Superseded), *ASTM International*, West Conshohocken, PA, www.astm.org
- Ayad, A. F. [2021]. Growth and productivity of some potato [*Solanum tuberosum* L.] varieties grown under local conditions. *The Libyan Journal of Agriculture*, 25[3].
- Ayinkaptan, E., & Mazi, B. [2017]. Monitoring the physicochemical features of sunflower oil and French fries during repeated microwave frying and deep-fat frying. *Grasas y Aceites*, 68, 202.
- Ayustaningwarno, F., Dekker, M., Fogliano, V., & Verkerk, R. [2018]. Effect of Vacuum Frying on Quality Attributes of Fruits. *Food Engineering Reviews*, 10[3], 154-164. doi.org/10.1007/s12393-018-018-0.

- Ayustaningwarno, F., van Ginkel, E., Vitorino, J., Dekker, M., Fogliano, V., & Verkerk, R. [2020]. Nutritional and physicochemical quality of vacuum-fried mango chips is affected by ripening stage, frying temperature, and time. *Frontiers in Nutrition*, 7, 95. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00095>.
- Azmi, M. Z. M., Taip, F. S., Mustapa Kamal, S. M., & Chin, N. L. [2019]. Effects of temperature and time on the physical characteristics of moist cakes baked in air fryer. *Journal of Food Science and Technology*, 56[10], 4616-4624. doi.org/10.1007/s13197-019-03926-z.
- Babu, p. A. S., aafirin, b. V., archana, g., sabina, k., sudharsan, k., sivarajan, m., & sukumar, m. [2017]. Effects of polyphenols from caralluma fimbriata on acrylamide formation and lipid oxidation—an integrated approach of nutritional quality and degradation of fried food. *International journal of food properties*, 20[6], 1378-1390.
- Bachir, N., Haddarah, A., Sepulcre, F., & Pujola, M. [2022]. Formation, mitigation, and detection of acrylamide in foods. *Food Analytical Methods*, 15[6], 1736-1747. doi.org/10.1007/s12161-022-02222-2.
- Bai, J. W., Dai, Y., Wang, Y. C., Cai, J. R., Zhang, L., & Tian, X. Y. [2022]. Potato slices drying: Pretreatment affects the three-dimensional appearance and quality attributes. *Agriculture*, 12(11), 1841. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111841>.
- Bal, L. M., Kar, A., Satya, S., & Naik, S. N. [2011]. Kinetics of colour change of bamboo shoot slices during microwave drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 46[4], 827.
- Ballard, T. S., & Mallikarjunan, P. [2006]. The Effect of Edible Coatings and Pressure Frying Using Nitrogen Gas on the Quality of Breaded Fried Chicken Nuggets. *Journal of Food Science*, 71[3], S259-S264. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15651.x.
- Bansal, G., Zhou, W., Barlow, P. J., Lo, H. L., & Neo, F. L. [2010]. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. *Food chemistry*, 121[2], 338-347. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.034>.
- Basuny, A. M., & Oatibi, H. [2016]. Effect Of A Novel Technology [Air And Vacuum Frying] On Sensory Evaluation And Acrylamide Generation In Fried Potato Chips. *Banat's Journal of Biotechnology*, VII, 101-112. doi.org/10.7904/2068-4738-vii14-101.
- Basuny, A. M., Mostafa, D. M. M., & Shaker, A. M. [2009]. Relationship Between Chemical Composition and Sensory Evaluation of Potato Chips Made from Six Potato Varieties with Emphasis on the Quality of Fried Sunflower Oil. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4, 193-200. ISSN.
- Belkova, B., Hradecky, J., Hurkova, K., Forstova, V., Vaclavik, L., & Hajslova, J. [2018]. Impact of vacuum frying on quality of potato crisps and frying oil. *Food Chemistry*, 241, 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.062>.
- Bengtson, R. J. [2006]. *The effect of novel frying methods on quality of breaded fried foods. Virginia Tech. MSc Thesis*.
- Bhupathiraju, S. N., Tobias, D. K., Malik, V. S., Pan, A., Hruby, A., Manson, J. E., ... & Hu, F. B. [2014]. Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes: results from 3 large US cohorts and an updated meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 100[1], 218-232.
- Bi, J., Chen, Q., Zhou, Y., Liu, X., Wu, X., & Chen, R. [2014]. Optimization of short-and medium-wave infrared drying and quality evaluation of jujube powder. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 2375-2387. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1245-y>.
- Bingol, G., Wang, B., Zhang, A., Pan, Z., & McHugh, T. H. [2014]. Comparison of water and infrared blanching methods for processing performance and final product quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 121, 135-142.
- Birol, E., Meenakshi, J. V., Oparinde, A., Perez, S., & Tomlins, K. [2015]. Developing country consumers acceptance of biofortified foods: a synthesis. *Food Security*, 7[3], 555-568. doi.org/10.1007/s12571-015-0464-7.
- Boroujeni, L. S., & Hojjatoleslami, M. [2018]. Using Thymus carmanicus and Myrtus communis essential oils to enhance the physicochemical properties of potato chips. *Food Science & Nutrition*, 6[4], 1006-1014. doi.org/10.1002/fsn3.597.
- Bouaziz, F., Koubaa, M., Neifar, M., Zouari-Ellouzi, S., Besbes, S., Chaari, F., ... & Ghorbel, R. E. [2016]. Feasibility of using almond gum as coating agent to improve the quality of fried potato chips: evaluation of sensorial properties. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 800-807.
- Bough, R. A., Holm, D. G., & Jayanty, S. S. [2019]. Evaluation of Cooked Flavor for Fifteen Potato Genotypes and the Correlation of Sensory Analysis to Instrumental Methods. *American Journal of Potato Research*, 97[1], 63-77. doi.org/10.1007/s12230-019-09757-0.
- Caetano, P. K., Mariano-nasser, F. A. D. C., Mendonça, V. Z. D., Furlaneto, K. A., Daiuto, E. R., & Vieites, R. L. [2017]. Physicochemical and sensory characteristics of sweet potato chips undergoing different cooking methods. *Food Science and Technology*, 38, 434-440. <https://doi.org/10.1590/1678-5965.20160100>.

Caglar, A., Duman, E., & Özcan, M. M. [2012]. Effects on edibility of reused frying oils in the catering industry. *International Journal of Food Properties*, 15[1], 69-80. <https://doi.org/10.1080/10942911003687272>.

Calder, B. L., Skonberg Di Fau - Davis-Dentici, K., Davis-Dentici K Fau - Hughes, B. H., Hughes Bh Fau - Bolton, J. C., & Bolton, J. C. [2011]. The effectiveness of ozone and acidulant treatments in extending the refrigerated shelf life of fresh-cut potatoes. *Journal of Food Science* 76[1750-3841]Electronic[. doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02371.x.

Cantrell, M. S., & McDougal, O. M. [2021]. Biomedical rationale for acrylamide regulation and methods of detection. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 20[2], 2176-2205. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12696>.

Cao, Y., Wu, G., Zhang, F., Xu, L., Jin, Q., & Huang, J. [2020]. A Comparative Study of Physicochemical and Flavor Characteristics of Chicken Nuggets during Air Frying and Deep Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97[8], 901-913. doi.org/10.1002/aocs.12376.

Capar, T. D., & Yalcin, H. [2017]. Effects of pre-drying on the quality of frying oil and potato slices. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9[3], 255-264. <https://doi.org/10.3920/QAS2015.0691>.

Capuano, e., oliviero, t., açar, ö. Ç., gökmen, v., & fogliano, v. [2010]. Lipid oxidation promotes acrylamide formation in fat-rich model systems. *Food research international*, 43[4], 1021-1026.

Cardoso-Ugarte, G. A., Morlán-Palmas, C. C., & Sosa-Morales, M. E. [2013]. Effect of the addition of basil essential oil on the degradation of palm olein during repeated deep frying of French fries. *Journal of food science*, 78[7], C978-C984. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12166>.

Casquete, R., Castro, s. M., Villalobos, M. C., Serradilla, M. J., Queirós, R. P., Saraiva, J. A., & Teixeira, P. [2014]. High pressure extraction of phenolic compounds from citrus peels. *High pressure research*, 34[4], 447-451.

Castro-Vazquez, l., Alañón, m. E., Rodríguez-robledo, v., Pérez-coello, m. S., Hermosín-Gutierrez, i., Díaz-maroto, m. C., & Drrojo-Jimenez, m. D. M. [2016]. Bioactive flavonoids, antioxidant behaviour, and cytoprotective effects of dried grapefruit peels [citrus paradisi macf.]. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016[1], 8915729.

Chang, C., Wu, G., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. [2020]. Deep-fried flavor: Characteristics, formation mechanisms, and influencing factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60[9], 1496-1514. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1575792>.

Chebet, J., Kinyanjui, T., & Cheplogoi, P. K. [2016]. Impact of frying on iodine value of vegetable oils before and after deep frying in different types of food in Kenya. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 5(5), 193-196..

Choe, E., & Min, D. B. [2007]. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of food science*, 72[5].

Choulitoudi, E., Velliopoulou, A., Tsimogiannis, D., & Oreopoulou, V. [2020]. Effect of active packaging with satureja thymbra extracts on the oxidative stability of fried potato chips. *Food packaging and shelf life*, 23, 100455.

Ciccone, M., Chambers, D., Chambers IV, E., & Talavera, M. [2020]. Determining which cooking method provides the best sensory differentiation of potatoes. *Foods*, 9[4], 451.

Cirit, b., canbay, h. S., gürsoy, o., & yilmaz, y. [2023]. Vacuum impregnation pre-treatment: a novel method for incorporating mono-and divalent cations into potato strips to reduce the acrylamide formation in french fries. *Open chemistry*, 21[1], 20220279.

Commission, E. Bioeconomy. Available online: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/research-area/bioeconomy_en [accessed on 10 December 2020].

Consejería de Agricultura, Ganadería, P. y D.S. Aforo De Producción Del Olivar De Almazara En Andalucía-Campaña 2019–2020; *Junta de Andalucía*: Seville, Spain, 2019.

Costa, R. M., Oliveira, F. A. R., Delaney, O., & Gekas, V. [1999]. Analysis of the heat transfer coefficient during potato frying. *Journal of Food Engineering*, 39[3], 293-299. [doi.org/10.1016/S0260-8774\[98\]00169-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774[98]00169-1)

Crosa, M. J., Skerl, V., Cadenazzi, M., Olazabal, L., Silva, R., & Suburu, G. [2014]. Changes produced in oils during vacuum and traditional frying of potato chips. *Food Chemistry*, 146, 603-607. doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.132.

Cruz, G., Cruz-Tirado, J. P., Delgado, K., Guzman, Y., Castro, F., Rojas, M. L., & Linares, G. [2018]. Impact of pre-drying and frying time on physical properties and sensorial acceptability of fried potato chips. *Journal of food science and technology*, 55, 138-144..

Cutin, B., Lauzon, R., & Emnace, I. [2021]. Optimization of Air Frying Conditions For the Development of Healthy Banana [*Musa acuminata* * *balbisiana* Colla] Chips. *Science and Humanities Journal*, 15, 1-21. DOI:10.47773/shj.1998.151.1.

Da Silva, P. C. (2018). *Structure Modification of Potato Slices to Reduce Oil Absorption in Deep-Fat Fried Chips* (Doctoral dissertation).

Da Silva, P. F., & Moreira, R. G. [2008]. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 41[10], 1758-1767. doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.016.

Damanik, M., Khairani, I., & Harahap, F. [2021, March]. Quality analysis of repeated frying of bulked palm oil on red potato using a deep fryer. In *Journal of Physics: Conference Series* [Vol. 1819, No. 1, p. 012036]. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1819/1/012036.

Damto, T., & Chala, G. [2019]. Effect of blanching and frying time on the sensory quality of fried sweet potato chips. *Food and Nutrition Science-An International Journal*, 3. ISSN: 2367-9018.

Daniali, G., Jinap, S., Sanny, M., & Tan, C. P. [2018]. Effect of amino acids and frequency of reuse frying oils at different temperature on acrylamide formation in palm olein and soy bean oils via modeling system. *Food chemistry*, 245, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.070.

Darai Garmakhany, A., Mirzaei, H. O., Maghsudlo, Y., Kashaninejad, M., & Jafari, S. M. [2014]. Production of low fat french-fries with single and multi-layer hydrocolloid coatings. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1334-1341.

Das, R., Pawar, D. P., & Modi, V. K. [2013]. Quality characteristics of battered and fried chicken: comparison of pressure frying and conventional frying. *Journal of food science and technology*, 50, 284-292. https://doi.org/10.1007/s13197-011-0350-z.

Debnath, S., Rastogi, N. K., Krishna, A. G., & Lokesh, B. R. [2012]. Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: An Indian traditional fried food. *Food and bioprocesses processing*, 90(2), 249-256. https://doi.org/10.1016.

Dehghannya, J., & Abedpour, L. [2017]. Influence of a three stage hybrid ultrasound–osmotic–frying process on production of low-fat fried potato strips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98[4], 1485-1491. https://doi.org/10.1002/jsfa.8617

Dehghannya, J., & Ngadi, M. [2021]. Recent advances in microstructure characterization of fried foods: Different frying techniques and process modeling. *Trends in food science & Technology*, 116, 786-801. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.033.

Deng, G. F., Shen, C., Xu, X. R., Kuang, R. D., Guo, Y. J., Zeng, L. S., ... & Li, H. B. [2012]. Potential of fruit wastes as natural resources of bioactive compounds. *International journal of molecular sciences*, 13[7], 8308-8323.

Deng, L. Z., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Zhao, J. H., Wang, D., Zhang, Q., ... & Xiao, H. W. [2018]. Red pepper [*Capsicum annuum* L.] drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Drying Technology*, 36[8], 893-907. https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1361439.

Deribew, H. A., & Woldegiorgis, A. Z. [2021]. Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia. *Food control*, 123, 107727. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107727.

Devseren, E., Okut, D., Koc, M., Ocak, O., Karatas, H., & Kaymak-Ertekin, F. [2021]. Effect of Vacuum Frying Conditions on Quality of French Fries and Frying Oil. *Acta Chimica Slovenica*, 68, 25-36. doi.org/10.17344/acsi.2020.5886.

Devseren, E., Tomruk, D., Koc, M., & Kaymak-Ertekin, F. [2016]. Effect of Vacuum Frying on Food and Frying Oil Quality. *Akademik Gıda*, 14[1], 43-53. ISSN 1304-7582.

Dewayani, W., Syamsuri, R., & Septianti, E. [2020, october]. Study of making potato chips local kalosi variety with pre-treatment. In *iop conference series: earth and environmental science* [vol. 575, no. 1, p. 012018]. *Iop publishing*.

Diamante, L. M., Shi, S., Hellmann, A., & Busch, J. [2015]. Vacuum frying foods: products, process and optimization. *International Food Research Journal*, 22[1], 15. ISSN 1985-4668.

Djaman, K., Koudahe, K., Koubodana, H. D., Saibou, A., & Essah, S. [2022]. Tillage practices in potato [*Solanum tuberosum* L.] production: a review. *American Journal of Potato Research*, 99[1], 1.

Dong, L., Qiu, C. Y., Wang, R. C., Zhang, Y., Wang, J., & Liu, J. M. [2022]. Effects of Air Frying on French Fries: The Indication Role of Physicochemical Properties on the Formation of Maillard Hazards, and the Changes of Starch Digestibility. *Frontiers in Nutrition* 2296-861X [Print], 1-12. doi.org/10.3389/fnut.2022.889901.

Dourado, C., Pinto, C. A., Cunha, S. C., Casal, S., & Saraiva, J. A. [2020]. A novel strategy of acrylamide mitigation in fried potatoes using asparaginase and high pressure technology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 60, 102310. doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102310.

Dourado, C., Pinto, C., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Delgadillo, I., & Saraiva, J. A. [2019]. Innovative non-thermal technologies affecting potato tuber and fried potato quality. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 274-289. doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.015.

Duarte-Delgado, D., Nustez-Lupez, C.-E., Narvaez-Cuenca, C.-E., Restrepo-Sánchez, L.-P., Melo, S. E., & Sarmiento, F. [2016] Natural variation of sucrose, glucose and fructose contents in Colombian genotypes of *Solanum tuberosum* Group Phureja at harvest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96[12], 4288-4294.

EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain [CONTAM]. [2015]. Scientific opinion on acrylamide in food. *EFSA Journal*, 13[6], 4104. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4104.

Elaine, E., Fong, E. L., Pui, L. P., Goh, K. M., & Nyam, K. L. [2023]. The frying stability comparison of refined palm oil, canola oil, corn oil, groundnut oil, and sunflower oil during intermittent frying of french fries. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17[1], 518-526. https://doi.org/10.1007/s11694-022-01646-1.

Elfesh, F., Tekalign, T., & Solomon, W. [2011]. Processing quality of improved potato [*Solanum tuberosum* L.] cultivars as influenced by growing environment and blanching. *African Journal of Food Science*, 5[6], 324-332.

El-Sayed, A. A., El-Maaty, S. M. A., & Abdelhady, M. M. [2023]. Acrylamide reduction in potato chips as functional food product via application of enzymes, baker's yeast, and green tea powder. *Scientific african*, 20, e01698.

Enríquez-Fernández, B. E., Álvarez de la Cadena y Yañez, L., & Sosa-Morales, M. E. [2011]. Comparison of the stability of palm olein and a palm olein/canola oil blend during deep-fat frying of chicken nuggets and French fries. *International journal of food science & technology*, 46(6), 1231-1237. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02627.x.

Erdogdu, F., & Dejmek, P. [2010]. Determination of heat transfer coefficient during high pressure frying of potatoes. *Journal of Food Engineering*, 96[4], 528-532. doi.org/ 10.1016.

Erikson, U., & Svennevig, N. [2009]. A Review of Harvesting and Post-Harvesting Procedures of Marine Fish in Cage Culture with Specific Reference to Cobia Compared with Atlantic Salmon. In *Proceedings of the Second Int. Symp. on Cage Aquaculture in Asia*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines and Zhejiang University, Hangzhou, China.

Esan, T. A., Sobukola, O. P., Sanni, L. O., Bakare, H. A., & Munoz, L. [2015]. Process optimization by response surface methodology and quality attributes of vacuum fried yellow fleshed sweetpotato [*Ipomoea batatas* L.] chips. *Food and Bioprocess Processing*, 95, 27-37. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.03.008.

Esmaili, F., Mehrabi, M., Babapour, H., Hassani, B., & Abedinia, A. [2024]. Active coating based on carboxymethyl cellulose and flaxseed mucilage, containing burdock extract, for fresh-cut and fried potatoes. *LWT*, 192, 115726.

Espitia, P. J. P., Du, W. X., de Jesús Avena-Bustillos, R., Soares, N. D. F. F., & McHugh, T. H. [2014]. Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties-A review. *Food hydrocolloids*, 35, 287-296.

Esturk, O., Kayacier, A., & Singh, R. K. [2000]. Reduction of oil uptake in deep fried tortilla chips Reducción de la absorción de aceite en la fritura de tiras de maíz. *Food science and technology international*, 6[5], 425-431. https://doi.org/10.1177/108201320000600509.

European commission [2017] commission regulation [eu] 2017/2158 of 20 november 2017 establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food. *Off j eur union* l 304:24-44.

Fan, L. P., Zhang, M., Xiao, G. N., Sun, J. C., & Tao, Q. [2005]. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. *International journal of food science & technology*, 40[9], 911-919. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00985.x.

Fang, M.-C., Chin, P.-S.-Y., Sung, W.-C., & Chen, T.-Y. [2023]. Physicochemical and Volatile Flavor Properties of Fish Skin under Conventional Frying, Air Frying and Vacuum Frying. *Molecules*, 28[11], 1-14. doi.org/10.3390/molecules28114376.

FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations], 2019. Sustainable Potato Production. *Guidelines for Developing Countries*. FAO, Rome, 978-92-5-106409-2.

FAO. [2007]. Proposed draft code of practice for the reduction of acrylamide in food [N06–2006]. *Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Contaminants in Foods*. First Session, Beijing, China, 16–20 April 2007.

FAOSTAT [2021] available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> [accessed on 19 march 2021].

FAOSTAT, [2021]. Food and Agriculture Data]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. retrieved on April 26, 2020.

Farag, R. S., Basuny, A. M. M., Arafat, S. M., & Arafa, S. A. [2009]. Use of some agricultural waste hull ashes for the regeneration of fried sunflower oil. *International Journal of Food Science & Technology*, 44[9], 1850-1856.

Farzaneh & Zamani-Ghalehshahi, A., , P. [2020]. Effect of hydrocolloid coatings [Basil seed gum, xanthan, and methyl cellulose] on the mass transfer kinetics and quality of fried potato strips. *Journal of Food Science*, 86[4], 1215-1227.

FDA. (2021) Acrylamide. <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/acrylamide>

Fernández, A., Muñoz, J. M., Martín-Tornero, E., Martínez, M., & Martín-Vertedor, D. [2022]. Acrylamide mitigation in californian-style olives after thermal and baking treatments. *Journal of food composition and analysis*, 108, 104423.

Flores, M., Meyer, L., Orellana, S., Saravia, C., Galdames, C., & Perez-Camino, M. C. [2018]. Quality of lipid fractions in deep-fried foods from street vendors in Chile. *Journal of Food Quality*, 2018[1], 7878439. <https://doi.org/10.1155/2018/7878439>.

Fradinho, P., Oliveira, A., Domínguez, H., Torres, M. D., Sousa, I., & Raymundo, A. J. I. F. S. [2020]. Improving the nutritional performance of gluten-free pasta with potato peel autohydrolysis extract. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 63, 102374, 1-10. [doi.org /10.1016/j.ifset.2020.102374](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102374).

Friedman, m., & levin, c. E. [2008]. Review of methods for the reduction of dietary content and toxicity of acrylamide. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56[15], 6113-6140.

Gadiraju, T. V., Patel, Y., Gaziano, J. M., & Djoussé, L. [2015]. Fried food consumption and cardiovascular health: a review of current evidence. *Nutrients*, 7[10], 8424-8430. <https://doi.org/10.3390/nu7105404>.

Garayo, J., & Moreira, R. [2002]. Vacuum frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 55[2], 181-191. [doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00062-6).

García-Segovia, P., Urbano-Ramos, A. M., Fisman, S., & Martínez-Monzó, J. [2016]. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried cassava chips [*Manihot esculenta* Crantz]. *LWT-Food Science and Technology*, 69, 515-521. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.014>.

Garmakhany, A. D., Mirzaei, H. O., Maghsoudlou, Y., Kashaninejad, M., & Jafari, S. M. [2010]. Influence of partial drying on oil uptake & quality attributes of french fries. *J Agric Sci Technol*, 4[1], 26. ISSN 1939-1250.

Garmakhany, A. D., Mirzaei, H. O., Nejad, M. K., & Maghsudlo, Y. [2008]. Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. *European journal of lipid science and technology*, 110[11], 1045-1049.

Gertz, C. [2004]. Optimising the baking and frying process using oil-improving agents. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106[11], 736-745. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200401015>.

Gertz, C. [2014]. Fundamentals of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116[6], 669-674. doi.org/10.1002/ejlt.201400015.

Ghaderi, A., Dehghannya, J., & Ghanbarzadeh, B. [2018]. Momentum, heat and mass transfer enhancement during deep-fat frying process of potato strips: Influence of convective oil temperature. *International Journal of Thermal Sciences*, 134, 485-499.

Ghafoor, K., Yüksel, B., Juhaimi, F. A., Özcan, M. M., Uslu, N., Babiker, E. E., & Azmi, I. U. [2020]. Effect of frying on physicochemical and sensory properties of potato chips fried in palm oil supplemented with thyme and rosemary extracts. *Journal of Oleo Science*, 69[10], 1219-1230. <https://doi.org/10.5650/jos.ess20149>.

Ghalebi, M., Hamidi, S., & Nemati, M. [2019]. High-performance liquid chromatography determination of acrylamide after its extraction from potato chips. *Pharmaceutical Sciences*, 25[4], 338-344. <http://doi.org/10.15171/PS.2019.42>.

Giovanelli, G., Torri, L., Sinelli, N., & Buratti, S. [2017]. Comparative study of physico-chemical and sensory characteristics of French fries prepared from frozen potatoes using different cooking systems. *European Food Research and Technology*, 243[9], 1619-1631. doi.org/10.1007/s00217-017-

- Godswill, A. C., Amagwula, I. O., Igwe, V. S., & Gonzaga, A. I. [2018]. Effects of repeated deep frying on refractive index and peroxide value of selected vegetable oils. ISSN: 2488-9849
- Gokmen, V., & Senyuva, H. Z. [2009]. 10 Acrylamide in Heated Foods. *Bioactive compounds*.
- Gökmen, V., & Şenyuva, H. Z. [2009]. A generic method for the determination of acrylamide in thermally processed foods. *Journal of chromatography A*, 1120[1-2], 194-198.
- Gómez-Narváez, F., Perez-Martinez, L., & Contreras-Calderon, J. [2019]. Usefulness of some Maillard reaction indicators for monitoring the heat damage of whey powder under conditions applicable to spray drying. *International Dairy Journal*, 99, 104553.
- González-Mulero, L., Mesías, M., Morales, F. J., Navajas-Porras, B., Rufián-Henares, J. A., & Delgado-Andrade, C. [2022]. Acrylamide bioaccessibility in potato and veggie chips. Impact of in vitro colonic fermentation on the non-bioaccessible fraction. *Food research international*, 112409.
- Gouyo, T., Goujot, D., Bohuon, P., & Courtois, F. [2021]. Multi-compartment model for heat and mass transfer during the frying of frozen pre-fried French fries. *Journal of Food Engineering*, 305, 110587. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110587>.
- Graham-Acquaah, S., Ayernor, G. S., Bediako-Amoa, B., Saalia, F. S., Afoakwa, E. O., & Abbey, L. [2015]. Effect of Blanching and Frying on Textural Profile and Appearance of Yam [*Dioscorea rotundata*] French Fries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39[1], 19-29. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12204>.
- Granda, C., Moreira, R. G., & Tichy, S. E. [2004]. Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying. *Journal of food science*, 69[8], E405-E411. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb09903.x.
- Guo, D., Wan, P., Liu, J., & Chen, D.-W. [2021]. Use of egg yolk phospholipids to boost the generation of the key odorants as well as maintain a lower level of acrylamide for vacuum fried French fries. *Food Control*, 121, 107592. doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107592.
- Gupta, M. K. [2000]. Oil Quality Improvement Through Processing. Introduction to Fat and Oil Technology, 2nd ed., *American Oil chemistry*, Society publication, Peoria, IL, pp.13-48.
- Gupta, P. [2023]. Physico-chemical changes of fried products during oil and vacuum frying. *The Pharma Innovation Journal* doi.org/10.22271/tpi.2023.v12.i7Ss.21673.
- Gupta, V. K., Luthra, S. K., & Singh, B. P. [2014]. Storage behaviour and cooking quality of Indian potato varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 52[8], 4863-4873.
- Habibi, H., & Khosravi-Darani, K. [2017]. Effective variables on production and structure of xanthan gum and its food applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10.
- Haddarah, A., Naim, E., Dankar, I., Sepulcre, F., Pujolà, M., & Chkeir, M. [2021]. The effect of borage, ginger and fennel extracts on acrylamide formation in French fries in deep and electric air frying. *Food Chemistry*, 350, 129060. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129060>.
- Halil, T., Tamer, C. E., Suna, S., & Özkan Karabacak, A. [2020]. Investigations of some quality parameters and mathematical modeling of dried functional chips. *Heat and Mass Transfer*, 56, 1099-1115. <https://doi.org/10.1007/s00231-019-02757-0>.
- Hamann, D., Puton, B. M. S., Colet, R., Steffens, J., Ceni, G. C., Cansian, R. L., & Backes, G. T. [2021]. Active edible films for application in meat products. *Research, Society and Development*, 10[7], e13610716379-e13610716379.
- Hariadi, H., Sunyoto, M., Nurhadi, B., & Karuniawan, A. [2018]. Comparison of phytochemical characteristics pigmen extract [Antosianin] sweet purple potatoes powder [Ipomoea batatas L] and clitoria flower [Clitoria ternatea] as natural dye powder. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7[4], 3420-3429. ISSN 2349-8234.
- Hasan, G. A., Das, A. K., & Satter, M. A. [2022]. Detection of acrylamide traces in some commonly consumed heat-treated carbohydrate-rich foods by GC-MS/MS in Bangladesh. *Heliyon*, 8[10], 1-8. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11092.
- Henry, S. [2019]. Effect of Different Cooking Methods on The Physico-Chemical Composition and Sensory Acceptability of Irish Potato Crisps. KYAMBOGO UNIVERSITY. Thesis.
- Heredia, A., Castello, M. L., Arguelles, A., & Andres, A. [2014]. Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT - Food Science and Technology*, 57[2], 755-760. doi.org/10.1016/j.lwt.2014.02.038.
- Hernández, A., Ruiz-Moyano, S., Galván, A. I., Merchán, A. V., Nevado, F. P., Aranda, E., ... & Martín, A. [2021]. Anti-fungal activity of phenolic sweet orange peel extract for controlling fungi responsible for post-harvest fruit decay. *Fungal biology*, 125[2], 143-152.

- Heshmati, M. K., Khiavi, H. D., Dehghannya, J., & Baghban, H. [2023]. 3D simulation of momentum, heat and mass transfer in potato cubes during intermittent microwave-convective hot air drying. *Heat and Mass Transfer*, 59[2], 239-254. <https://doi.org/10.1007/s00231-022-03256-5>.
- Holownia, K., Erickson, M., Chinnan, M. s., & Eitenmiller, R. [2001]. Tocopherol losses in peanut oil during pressure frying of marinated chicken strips coated with edible films. *Food Research International - FOOD RES INT*, 34, 77-80. [doi.org/10.1016/s0963-9969\(00\)00134-4](https://doi.org/10.1016/s0963-9969(00)00134-4).
- Honerlaw, J. P., Ho, Y. L., Nguyen, X. M. T., Cho, K., Vassy, J. L., Gagnon, D. R., ... & Program, V. M. V. [2020]. Fried food consumption and risk of coronary artery disease: The Million Veteran Program. *Clinical nutrition*, 39[4], 1203-1208. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.05.008>.
- Horneț, G. A., Negoită, M., Mihai, A. L., Adascălului, A. C., & Bălan, D. [2021]. Influence of Potato Variety and Type of Oil Used in Frying Potatoes on Acrylamide Level. *Current Trends in Natural Sciences*, 10[19], 99-104.
- Houhoula, D.P., Oreopoulou, V., and Tzia, C.[2003]. The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cottonseed oil during deep-fat frying, *J. Sci. Food Agric.*
- Houska, M., Silva, F. V., Evelyn, Buckow, R., Terefe, N. S., & Tonello, C. [2022]. High Pressure Processing Applications in Plant Foods. *Foods*, 11[2]. doi.org/10.3390/foods11020223.
- Hua, X., Wang, K., Yang, R., Kang, J., & Yang, H. [2015]. Edible coatings from sunflower head pectin to reduce lipid uptake in fried potato chips. *Food Science and Technology*, 62, 1220-1225.
- Huang, H. [2020]. *Process Optimization: Analysis Of Sugars Movement In Potato Strips Under Different Blanching and Pef Treatment*. Cornell University. MSc Thesis.
- Huang, Y., Li, M., Lu, J., Hu, H., Wang, Y., & Li, C. [2023]. Inhibitory effect of hydrocolloids and ultrasound treatments on acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation in French fries. *Food Hydrocolloids*, 133, 107839. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107839>.
- Innawong, B. (2001). Improving fried product and frying oil quality using nitrogen gas in a pressure frying system.
- Innawong, B., Mallikarjunan, P., Marcy, J., & Cundiff, J. [2006]. Pressure Conditions and Quality of Chicken Nuggets Fried Under Gaseous Nitrogen Atmosphere. *Journal of Food Processing and Preservation*, 30[2], 231-245. doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00061.x.
- Innawong, B., Siasakul, C., & Udomkun, P. [2019]. Application of oil replenishment and mixed adsorbents technology to enhance the shelf life of frying oil used in chicken drumsticks processing. *Science, Engineering and Health Studies*, 119-132.
- Inoue, C., Hagura, Y., Ishikawa, M., & Suzuki, K. [2002]. The dielectric property of soybean oil in deep-fat frying and the effect of frequency. *Journal of food science*, 67[3], 1126-1129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09464.x>.
- Ismail, R. (2005). Palm oil and palm olein frying applications. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 14(4), 414.
- Izadi, S., Ojagh, S. M., Rahmanifarah, K., Shabanpour, B., & Sakhale, B. K. [2015]. Production of low-fat shrimps by using hydrocolloid coatings. *Journal of food science and technology*, 52[9], 6037-6042.
- Jaggan, M., Sun, H., Mu, T., & Blecker, C. [2022]. Ultrasound as a Non-thermal Pretreatment to Enhance Moisture Removal and Improve the Quality of French Fries. *Potato Research*, 65[4], 1029-1049. <https://doi.org/10.1007/s11540-022-09566-9>.
- Jane, M. N., Appolos, O. G., & Debora, O. O. [2019]. Effects of Vegetable Oil reused for frying on the liver of albino rats. *Science Journal of Chemistry*, 7[1], 11. <https://doi.org/10.1111/10.11648/j.sjc.2019070>.
- Javier Moreno, F. J., Molina, E., Olano, A., & Lopez-Fandino, R. [2003]. High-Pressure Effects on Maillard Reaction between Glucose and Lysine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51[2], 394-400. doi.org/10.1021/jf025731s.
- Jayanty, S. S., Diganta, K., & Raven, B. [2019]. Effects of cooking methods on nutritional content in potato tubers. *American Journal of Potato Research*, 96, 183-194. <https://doi.org/10.1007/s12230-018-09704-5>.
- Jia, B., Fan, D., Li, J., Duan, Z., & Fan, L. [2017]. Effect of guar gum with sorbitol coating on the properties and oil absorption of French fries. *International journal of molecular sciences*, 18[12], 2700.
- Jiang, H., Chen, W., Jia, Z., & Tao, F. [2020]. Physiochemical properties of short-term frying oil for chicken wing and its oxidative stability in an oil-in-water emulsion. *Food science & nutrition*, 8[1], 668-674. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1355>

Jin, c., wu, x., & zhang, y. [2013]. Relationship between antioxidants and acrylamide formation: a review. *Food research international*, 51[2], 611-620.

Johnson, A. M., Porter, G., & Camire, M. E. [2019]. Low-Acrylamide French Fry Acceptance: A Pilot Study. *Journal of Food Science*, 84[12], 3717-3725. doi.org/10.1111/1750-3841.14844.

Joshy, C. G., Ratheesh, G., Ninan, G., Ashok Kumar, K., & Ravishankar, C. N. [2020]. Optimizing air-frying process conditions for the development of healthy fish snack using response surface methodology under correlated observations. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 2651-2658. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04301-z>.

Jozwiak, B., Greer, H. F., Dzido, G., Kolanowska, A., Jędrysiak, R., Dziadosz, J., & Boncel, S. [2021]. Effect of ultrasonication time on microstructure, thermal conductivity, and viscosity of ionanofluids with originally ultra-long multi-walled carbon nanotubes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 77, 105681. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105681>.

Ju, H. Y., Zhao, S. H., Mujumdar, A. S., Fang, X. M., Gao, Z. J., Zheng, Z. A., & Xiao, H. W. [2018]. Energy efficient improvements in hot air drying by controlling relative humidity based on Weibull and Bi-Di models. *Food and Bioprocess Processing*, 111, 20-29. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.06.002>.

Jung, M. Y., Choi, D. S., & Ju, J. W. [2003]. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries. *Journal of Food Science*, 68[4], 1287.

Juvvi, P., Selvi, M. K., & Debnath, S. [2020]. Effect of vacuum frying on quality attributes of pear [*Pyrus communis* L] chips and blended oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44[6], e14488. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14488>.

Kalogianni, E. P., Karastogiannidou, C., & Karapantsios, T. D. [2010]. Effect of potato presence on the degradation of extra virgin olive oil during frying. *International Journal of Food Science & Technology*, 45[4], 765-775.

Kammoun, M., Gargouri-Bouزيد, R., & Nouri-Ellouz, O. [2022]. Effect of deep-fat frying on french fries quality of new somatic hybrid potatoes. *Potato Research*, 65[4], 915-932. <https://doi.org/10.1007/s11540-022-09556-x>.

Kampuse, S., Tomsone, L., Krūma, Z., Šabovics, M., & Skrabule, I. [2016]. Effect of lovage phenolics to formation of acrylamide in French fries. *Agronomy Research*, 14[S2], 1315-1327.

Karacabey, E., Özçelik, Ş. G., Turan, M. S., Baltacıoğlu, C., & Küçüköner, E. [2017]. Optimization of Microwave-Assisted Predrying and Deep-Fat-Frying Conditions to Produce Fried Carrot Slices. *Journal of Food Process Engineering*, 40[2], e12381. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12381>.

Karn S, Abraham RA, Ramakrishnan L [2013]. Assessment of trans fatty acid content in widely consumed snacks by gas chromatography in a developing country. *Food Nutr Sci* 4: 1281–1286.

Kaur, A., Singh, N., & Ezekiel, R. [2008]. Quality parameters of potato chips from different potato cultivars: Effect of prior storage and frying temperatures. *International journal of food properties*, 11[4], 791-803. <https://doi.org/10.1080/10942910701622664>.

Kawas, M. L., & Moreira, R. G. [2001]. Effect of degree of starch gelatinization on quality attributes of fried tortilla chips. *Journal of Food Science*, 66[2], 300-306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11336.x>.

Khalaf, H. H. A., Sharoba, A. M., El-Desouky, A. I., El-Bassiony, K. R. A., & Afifi, S. A. M. [2015]. Effect of some pre-treatments on acrylamide concentration in potato chips. *Annals of Agricultural Sciences*, 3, 211-220. <https://doi.org/10.21608/assjm.2015.109812>.

Khor, Y. P., Sim, B. I., Abas, F., Lai, O. M., Wang, Y., Nehdi, I. A., et al. [2020]. Influence of carbohydrate- and protein-based foods on the formation of polar lipid fraction during deep-frying. *Food Control*, 107, 106781. doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106781.

Kim, J. Y., Kim, M.-J., & Lee, J. [2014]. Role of moisture on the lipid oxidation determined by D2O in a linoleic acid model system. *Food Chemistry*, 146, 134-140.

Kim, M. Y., Im, S. J., Kim, J. H., Kim, I. J., Lee, H. Y., Lee, D. S., ... & Moon, S. [2012]. Changes in the phenolic composition of citrus fruits and leaves prepared by gamma irradiation of budsticks. *Life science journal*, 9[3], 1281-1285.

Kiritsakis, K., Kontominas, M. G., Kontogiorgis, C., Hadjipavlou-Litina, D., Moustakas, A., & Kiritsakis, A. [2010]. Composition and antioxidant activity of olive leaf extracts from Greek olive cultivars. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87, 369-376. <https://doi.org/10.1007/s11746>.

Kirmaci, B., Singh, R. K., & Shewfelt, R. L. [2014]. Consumer Acceptability and Quality Evaluation of Potato Strips Baked in a Radiant Wall Oven. *International Journal of Food Properties*, 18[8], 1829-1836.

- Kita, A. [2014]. The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products. *European journal of lipid science and technology*, 116[6], 735-740. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300276>.
- Kita, A., & Lisińska, G. [2005]. The influence of oil type and frying temperatures on the texture and oil content of French fries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(15), 2600-2604.
- Kita, A., Bråthen, E., Knutsen, S. H., & Wicklund, T. [2004]. Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 52[23], 7011-7016.
- Kita, A., Lisińska, G. y., & Powolny, M. g. [2005]. The influence of frying medium degradation on fat uptake and texture of French fries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85[7], 1113-1118. doi.org/10.1002/jsfa.2076.
- Klangmuang, P., & Sothornvit, R. [2018]. Active hydroxypropyl methylcellulose-based composite coating powder to maintain the quality of fresh mango. *LWT*, 91, 541-548.
- Kleiner, A.H. and Hansen, G.L. [2001]. Pizzaen er en bombe. *Tænk + Test* no. 11,2001: 8-11.
- Knize, G.M, and Morgan, N.J. [1999]. Impact of processing on food safety. *Springer New York*, NY p. 67-68. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4853-9>.
- Kobayashi, A., Gomikawa, S., Oguro, A., Maeda, S., Yamazaki, A., Sato, S., et al. [2019]. The Effect of High Hydrostatic Pressure on Acrylamide Generation in Aqueous Reaction Systems Using Asparagine and Glucose. *Food Science and Technology Research*, 25[4], 587-596. [doi.org /10.3136/](https://doi.org/10.3136/).
- Kochhar P., S., & Gertz, C. [2004]. New theoretical and practical aspects of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106[11], 722-727.
- Koh, E., & Surh, J. [2015]. Food types and frying frequency affect the lipid oxidation of deep frying oil for the preparation of school meals in Korea. *Food Chemistry*, 174, 467-472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.087>.
- Kou, Y., Li, Q., Liu, X., Zhang, R., & Yu, X. [2018]. Efficient detection of edible oils adulterated with used frying oils through PE-film-based FTIR spectroscopy combined with DA and PLS. *Journal of oleo science*, 67[9], 1083-1089. <https://doi.org/10.5650/jos.ess18029>.
- Krishnan, J. G., Padmaja, G., Moorthy, S. N., Suja, G., & Sajeev, M. S. [2010]. Effect of pre-soaking treatments on the nutritional profile and browning index of sweet potato and yam flours. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11[2], 387-393. <https://doi.org/10.1016/j.ifset>
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., & Marinou-Kouris, D. [a2001]. Effect of pre-drying on quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 49[4], 347-354. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\[00\]00233-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774[00]00233-8).
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., & Marinou-Kouris, D. [b2001]. Colour changes during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 48[3], 219-225. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\[00\]00161-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774[00]00161-8).
- Kuek, S. L., Ahmad Tarmizi, A. H., Abd Razak, R. A., Jinap, S., Norliza, S., & Sanny, M. [2020]. Contribution of lipid towards acrylamide formation during intermittent frying of French fries. *Food Control*, 118, 107430.
- Kurek, M., & Ščetar, M. [2017]. Edible coatings minimize fat uptake in deep fat fried products: A review. *Food Hydrocolloids*, 71, 225-235.
- Kurek, M., Repajić, M., Marić, M., Ščetar, M., Trojić, P., Levaj, B., & Galić, K. [2021]. The influence of edible coatings and natural antioxidants on fresh-cut potato quality, stability and oil uptake after deep fat frying. *Journal of food science and technology*, 58, 3073-3085.
- Kurek, M., Repajić, M., Ščetar, M., Radošević, L., Pedisić, S., Pelaić, Z., & Levaj, B. [2022]. Physical, Chemical and Sensory Characterization of Deep-Fried Fresh-Cut Potatoes Coated with Hydrocolloid/Herbal Extracts. *Food technology and biotechnology*, 60[4], 520-532.
- Kusucharid, C., Jangchud, A., & Thamakorn, P. [2009]. Changes in Characteristics of Palm Oil During Vacuum and Atmospheric Frying Conditions of Sweet Potato. *Kasetsart Journal - Natural Science*, 43. ISSN 2452-316X.
- Lagha-Benamrouche, S., & Madani, K. [2013]. Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties [citrus sinensis l. And citrus aurantium l.] Cultivated in algeria: peels and leaves. *Industrial crops and products*, 50, 723-730.
- Lazarick, K. [2012]. *Cause of color component formation in oils during frying* [Doctoral dissertation, Lethbridge, Alta.: University of Lethbridge, Dept. of Chemistry and Biochemistry.
- Ledbetter, M., Blidi, S., Ackon, S., Bruno, F., Sturrock, K., Pellegrini, N., & Fiore, A. [2021]. Effect of novel sequential soaking treatments on maillard reaction products in potato and alternative vegetable crisps. *Heliyon*, 7[7].

- Leong, S. Y., Roberts, R., Hu, Z., Bremer, P., Silcock, P., Toepfl, S., et al. [2022]. Texture and in vitro starch digestion kinetics of French fries produced from potatoes [*Solanum tuberosum* L.] pretreated with pulsed electric fields. *Applied Food Research*, 2[2], 100194.
- Li, B. B., Smith, B., & Hossain, M. M. [2006]. Extraction of phenolics from citrus peels: I. Solvent extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48[2], 182-188.
- Li, P., Wu, G., Yang, D., Zhang, H., Qi, X., Jin, Q., et al. [2019]. Applying sensory and instrumental techniques to evaluate the texture of French fries from fast food restaurant. *Journal of Texture Studies*, 51[3], 521-531. doi.org/10.1111/jtxs.12506.
- Li, X., Li, J., Wang, Y., Cao, P., & Liu, Y. [2017]. Effects of frying oils fatty acids profile on the formation of polar lipids components and their retention in French fries over deep-frying process. *Food Chemistry*, 237, 98-105.
- Li, X., Wu, X., Liu, R., Jin, Q., & Wang, X. [2015]. Effect of frying conditions on fatty acid profile and total polar materials via viscosity. *Journal of Food Engineering*, 166, 349-355. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.07.007.
- Li, Y., Bai, X., Zhao, M., Wang, H., Feng, J., Xia, X., & Liu, Q. [2023]. Sodium alginate edible coating to reduce oil absorption of French fries with maintaining overall acceptability: Based on a water replacement mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, 236, 124042.
- Li, Y., Guo, Q., Wang, K., Nverjiang, M., Wu, K., & Wang, X. [2022]. Monitoring the Changes in Heat Transfer and Water Evaporation of French Fries during Frying to Analyze Its Oil Uptake and Quality. *Foods*, 11[21]. https://doi.org/10.3390/foods11213473.
- Liberty, J. T., Dehghannya, J., & Ngadi, M. O. [2019]. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 92, 172-183. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.050.
- Lim, P. K., Jinap, S., Sanny, M., Tan, C. P., & Khatib, A. [2014]. The influence of deep frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato [*Ipomoea batatas* L. Lam] chips. *Journal of Food Science*, 79[1], T115-T121. https://doi.org/10.1111/1750-3841.12250.
- Lin, S., Akoh, C. C., & Reynolds, A. E. [2001]. Recovery of used frying oils with adsorbent combinations: refrying and frequent oil replenishment. *Food Research International*, 34[2-3], 159-166. https://doi.org/10.1016/S0963-9969[00]00147-2.
- Liu, L., Huang, P., Xie, W., Wang, J., Li, Y., & Wang, H. [2021]. Effect of air fryer frying temperature on the quality attributes of sturgeon steak and comparison of its performance with traditional deep fat frying. *Food Science & Nutrition*, 10[2], 342-353.
- Liu, Y., Tian, J., Duan, Z., Li, J., & Fan, L. [2021]. Effect of oil surface activity on oil absorption behavior of potato strips during frying process. *Food Chemistry*, 365, 130427.b.
- Liu, Y., Tian, J., Zhang, T., & Fan, L. [2021]. Effects of frying temperature and pore profile on the oil absorption behavior of fried potato chips. *Food chemistry*, 345, 128832.a.
- Liu, Z., Dick, A., Prakash, S., Bhandari, B., & Zhang, M. [2020]. Texture Modification of 3D Printed Air-Fried Potato Snack by Varying Its Internal Structure with the Potential to Reduce Oil Content. *Food and Bioprocess Technology*, 13[3], 564-576. doi.org/10.1007/s11947-020-02408-x.
- Liyanage, D. W. K., Yevtushenko, D. P., Konschuh, M., Bizimungu, B. t., & Lu, Z.-X. [2020]. Processing strategies to decrease acrylamide formation, reducing sugars and free asparagine content in potato chips from three commercial cultivars. *Food Control*, 119, 107452. doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107452.
- Long, G., Xie, Y., Luo, Z., Qu, L., Zhou, J. L., & Li, W. [2020]. Deterioration mechanism of steam-cured concrete subjected to coupled environmental acid and drying action. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 1, 1-18. https://doi.org/10.1186/s43065-020-00001-2.
- López, O. V., García, M. A., & Zaritzky, N. E. [2008]. Film forming capacity of chemically modified corn starches. *Carbohydrate polymers*, 73[4], 573-581.
- Lopez, S. V., & Moreira, R. G. [2019]. Increased phenolic compounds in potato chips vacuum impregnated with green tea. *Journal of food science*, 84[4], 807-817.
- Lorini, a., aranha, b. C., da fonseca antunes, b., otero, d. M., jacques, a. C., & zambiazzi, r. C. [2021]. Metabolic profile of olive leaves of different cultivars and collection times. *Food chemistry*.
- Lumanlan, J. C., Fernando, W. M. A. D. B., & Jayasena, V. [2020]. Mechanisms of oil uptake during deep frying and applications of predrying and hydrocolloids in reducing fat content of chips. *International Journal of Food Science & Technology*, 55[4], 1661-1670. https://doi.org/ 10.1111/ijfs.14435.

- M'hiri, N., Ioannou, I., Boudhrioua, N. M., & Ghoul, M. [2015]. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel. *Food and bioproducts processing*, 96, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.07.010>.
- Maity, T., Bawa, A. S., & Raju, P. S. [2018]. Effect of preconditioning on physicochemical, microstructural, and sensory quality of vacuum-fried jackfruit chips. *Drying Technology*, 36[1], 63-71. <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1300590>.
- Manzocco, L., Anese, M., & Nicoli, M. C. [2008]. Radiofrequency inactivation of oxidative food enzymes in model systems and apple derivatives. *Food Research International*, 41[10], 1044-1049. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.07.020>.
- Manzoor, S., Masoodi, F. A., & Rashid, R. [2023]. Influence of food type, oil type and frying frequency on the formation of trans-fatty acids during repetitive deep-frying. *Food Control*, 147, 109557. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109557>.
- Manzoor, S., Masoodi, F. A., Rashid, R., & Dar, M. M. [2022]. Effect of apple pomace-based antioxidants on the stability of mustard oil during deep frying of French fries. *LWT*, 163, 113576.
- Mariana, R. R., Susanti, E., Hidayati, L., & Wahab, R. A. [2020]. Analysis of peroxide value, free fatty acid, and water content changes in used cooking oil from street vendors in Malang. *AIP Conference Proceedings*, 2231[1], 040057. doi.org/10.1063/5.0002656.
- Mariotti-Celis, M. S., Cortes, P., Dueik, V., Bouchon, P., & Pedreschi, F. [2017]. Application of Vacuum Frying as a Furan and Acrylamide Mitigation Technology in Potato Chips. *Food and Bioprocess Technology*, 10[11], 2092-2099. doi.org/10.1007/s11947-017-1981-5.
- Mariscal, M. & Bouchon, P. [2008]. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chemistry*, 107, 1561-1569.
- Márquez-Ruiz, G. [2009]. Determination of polar compounds in used frying oils and fats by adsorption chromatography. *AOCS lipid library*.
- Maskan, M., & Bağcı, H. [2003]. Effect of different adsorbents on purification of used sunflower seed oil utilized for frying. *European Food Research and Technology*, 217, 215-218. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0731-2>.
- Maskan, M., & Horuz, E. [2017]. Evaluation of antioxidant properties of Za'atar [*Thymbra spicata*] essential oils as natural antioxidant for stability of palm olein during deep-fat frying process. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 1794-1801.
- Maszevska, M., Florowska, A., Matysiak, K., Marciniak-ukasiak, K., & Dłuzewska, E. [2018]. The study of palm and rapeseed oil stability during frying. *Journal of Applied Botany and Food*.
- Matthäus, B. [2006]. Utilization of high-oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108[3], 200-211. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500249>.
- Mauer, L. J., Bradley, L. [2010]. Moisture and total solids analysis. In *Nielsen's Food Analysis* [pp. 233-260]. Cham: Springer International Publishing.
- Mauro, M. A., Dellarosa, N., Tylewicz, U., Tappi, S., Laghi, L., Rocculi, P., & Dalla Rosa, M. [2016]. Calcium and ascorbic acid affect cellular structure and water mobility in apple tissue during osmotic dehydration in sucrose solutions. *Food chemistry*, 195, 19-28.
- Mba, O. I., Dumont, M.-J. e., & Ngadi, M. [2018]. Characterization of tocopherols, tocotrienols and total carotenoids in deep-fat fried French fries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 69, 78.
- McArdle, R., Marcos, B., Kerry, J. P., & Mullen, A. [2010]. Monitoring the effects of high pressure processing and temperature on selected beef quality attributes. *Meat Science*, 86[3], 629-634. doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.001.
- Meher, J. M., Mishra, B. K., Nayak, H., & Singh, L. [2015]. Effect of pre-drying and frying kinetics of sweet potato [*Ipomoea batatas* L.] chips. *The Bioscan*, 10[2], 521-525.
- Meinhart, A. D., da Silveira, Y. F. F., De Moraes, M. R., Petrarca, M. H., Constant, L. d. S., Ballus, C. A., et al. [2020]. French fries processed with a high content of linolenic acid, low n-6/n-3 ratio and good sensory acceptance after successive frying. *Journal of Food and Nutrition Research*, 59[2], 174-183. ISSN 1336-8672.
- 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.
- Meng, J. [2019]. *Effects of oil types and beta-carotene in repeated deep-fat frying of French fries* [Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign].
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. [2020]. Impact of the consumer cooking practices on acrylamide formation during the preparation of French fries in Spanish

- households. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37[2], 254-266. doi.org/10.1080/ 19440049. 2019.1693637.
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., & Morales, F. J. [2019]. Acrylamide content in French fries prepared in food service establishments. *LWT*, 100, 83-91.
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., González-Mulero, L., & Morales, F. J. [2021]. Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of French fries. Part 2: Color analysis. *Food and Chemical Toxicology*, 154, 112321, 1-10. doi.org /10.1016 /j.fct .2021.
- Mesias, M., Delgado-Andrade, C., Holgado, F., González-Mulero, L., & Morales, F. J. [2021]. Effect of consumer's decisions on acrylamide exposure during the preparation of French fries. part 1: Frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*, 147, 111857.
- Mestdagh, F., De Meulenaer, B., & Van Peteghem, C. [2007]. Influence of oil degradation on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries. *Food Chemistry*, 100[3].
- Mestdagh, F., Maertens, J., Cucu, T., Delporte, K., Van Peteghem, C., & De Meulenaer, B. [2008]. Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through ph reduction and other mechanisms. *Food chemistry*, 107[1], 26-31.
- Michalak, J., Czarnowska-Kujawska, M., & Gujska, E. [2019]. Acrylamide and Thermal-Processing Indexes in Market-Purchased Food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16[23]. doi.org/10.3390/ijerph16234724.
- Millin, T. M., Medina-Meza, I. G., Walters, B. C., Huber, K. C., Rasco, B. A., & Ganjyal, G. M. [2016]. Frying Oil Temperature: Impact on Physical and Structural Properties of French Fries During the Par and Finish Frying Processes. *Food and Bioprocess Technology*, 9[12], 2080-2091.
- Miranda, M. L., & Aguilera, J. M. [2006]. Structure and Texture Properties of Fried Potato Products *Food Reviews International*, 22[2], 173-201. doi.org/10.1080/87559120600574584.
- Mir-Bel, J., Oria, R., & Salvador, M. L. [2012]. Influence of temperature on heat transfer coefficient during moderate vacuum deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*, 113[2], 167-176. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.009.
- Mirzaei, H. O., Salehi, F., Garoumi, H., & Farhadpour, F. [2015]. Role of MC compounds at less of oil absorption of French fries potato. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 2[5], 75-77. https://doi.org/10.15406/jnhfe.2015.02.00075.
- Moens, L. G., De Laet, E., Van Ceunebroeck, J.-C., Van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. G. [2021]. Thermal inactivation of pectin methylesterase from different potato cultivars [*Solanum tuberosum* L.]. *LWT*, 138, 110600. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110600.
- Mohan, C. O., Ninan, G., Zynudheen, A. A., & Ravishankar, C. N. [2017]. Air frying Vs oil frying of farmed tilapia [*Oreochromis mossambicus*] steaks. *Fishtech Rep*, 3[1], 14-15. https://doi.org /10.1007/s11746-016-2943-1.
- Mokhtar, W. M. F. W., & Zi Yu, T. [2022]. Effect of Osmotic Dehydration as a Pre -Treatment on Air Fried Sweet Potato [*Ipomoea batatas*] Chips. *Journal of Agrobiotechnology*, 13[1S], 64-73. doi. org/10.37231/jab.2022.13.1S.311.
- Monteiro, R. L., de Moraes, J. O., Domingos, J. D., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. [2020]. Evolution of the physicochemical properties of oil-free sweet potato chips during microwave vacuum drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 63, 102317
- Morales, F., Capuano, E., & Fogliano, V. [2008]. Mitigation strategies to reduce acrylamide formation in fried potato products. *Annals of the new york academy of sciences*, 1126[1], 89-100.
- Morales, G., Jimenez, M., Garcia, O., Mendoza, M. R., & Beristain, C. I. [2014]. Effect of natural extracts on the formation of acrylamide in fried potatoes. *LWT-food science and technology*, 58[2].
- Moreira, R. G. [2013]. Vacuum frying versus conventional frying—An overview. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 723-734. https://doi.org/10.1002/ejlt.201300272.
- Moreira, R. G., Da Silva, P. F., & Gomes, C. [2009]. The effect of a de-oiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 92[3], 297-304. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.11.012.
- Mousa, R. M. A. [2018]. Simultaneous inhibition of acrylamide and oil uptake in deep fat fried potato strips using gum Arabic-based coating incorporated with antioxidants extracted from spices. *Food Hydrocolloids*, 83, 265-274. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.05.007.
- Mousavi Khaneghah, A., Fakhri, Y., Nematollahi, A., Seilani, F., & Vasseghian, Y. [2022]. The concentration of acrylamide in different food products: a global systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Food Reviews International*, 38[6], 1286-1304. https://doi.org/10.1080/ 87559129.

Moyano, P. C., Rioseco, V. K., & Gonzalez, P. A. [2002]. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated french fries. *Journal of Food Engineering*, 54[3], 249-255. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\[01\]00211-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774[01]00211-4).

Mustaniroh, S. A., Widyantaryas, B. A., & Kamal, M. A. [2021, april]. Quality control analysis for minimize of defect in potato chips production using six sigma dmaic. In iop conference series: earth and environmental science [vol. 733, no. 1, p. 012053]. *Iop publishing*.

Muthaiah, P. M., Govindaswamy, A., Semwal, A. D., & Sharma, G. K. [2019]. HPLC-UV quantitative analysis of acrylamide in snack foods of India. *Defence Life Science Journal*, 4[1], 45-54. <https://10.14429/dlsj.4.12190>.

Muttucumaru, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D. S., & Halford, N. G. [2017]. Acrylamide-forming potential of potatoes grown at different locations, and the ratio of free asparagine to reducing sugars at which free asparagine becomes a limiting factor for acrylamide formation. *Food chemistry*, 220, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.199>.

Naghavi, E.-A., Dehghannya, J., & Ghanbarzadeh, B. [2018a]. 3D computational simulation for the prediction of coupled momentum, heat and mass transfer during deep-fat frying of potato strips coated with different concentrations of alginate. *Journal of Food Engineering*, 235, 64-78.

Nasir, S., Olatunde, G., Adebawale, A., & Aiyelaagbe, I. [2019]. Optimization of deep-fat frying conditions and quality attributes of orange-fleshed sweetpotato crisps by response surface methodology. *Cogent Food & Agriculture*, 5[1], 1658977. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019>.

Nateghi, L., Yousefi, M., Jafarian, Z., & Rezaei, M. [2018]. Changes in palm oil during frying under atmospheric and vacuum condition. *International Journal of Biotechnology*, 15, 337-341.

Nayak, P. K., Dash, U., Rayaguru, K., & Krishnan, K. R. [2015]. Physio-Chemical Changes During Repeated Frying of Cooked Oil: A Review. *Journal of Food Biochemistry*, 40[3], 371-390.

Negoia, M., Mihai, A. L., & Horne, G. A. [2021]. Validation of an analytical method for the determination of acrylamide in potato chips and French fries. The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. *Fascicle VI-Food Technology*, 45[1], 69-85.

Negoia, M., Mihai, A. L., & Horne, G. A. [2022]. Influence of water, nacl and citric acid soaking pre-treatments on acrylamide content in french fries prepared in domestic conditions. *Foods*, 11[9].

Ngobese, N. Z., Workneh, T. S., & Siwela, M. [2017]. Effect of low-temperature long-time and high-temperature short-time blanching and frying treatments on the French fry quality of six Irish potato cultivars. *Journal of food science and technology*, 54, 507-517. <https://doi.org/10.1007/s13197>.

Nizori, A., & Mishra, V. [2018]. The effects of frying time and temperatures on fatty acids profile of blanched potato chips. *Indonesian Food Science & Technology Journal*, 2[1], 17-20. <https://doi.org/10.22437/iftsj.v2i1.7268>.

Noor, M. A. M., Musa, H., & Ghazali, R. [2020]. Uncertainty of iodine value determination in palm olein. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 24[4], 511-518.

O'Connor, C. J., Fisk, K. J., Smith, B. G., & Melton, L. D. [2001]. Fat uptake in French fries as affected by different potato varieties and processing. *Journal of food science*, 66[6], 903-908. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15194.x>.

OEHHA [2020] Acrylamide. *Office of Environmental Health Hazard Assessment*. Available online: <https://oehha.ca.gov/proposition-65/chemicals/acrylamide>

Oginni, O. C., Sobukola, O. P., Henshaw, F. O., Afolabi, W. A. O., & Munoz, L. [2015]. Effect of starch gelatinization and vacuum frying conditions on structure development and associated quality attributes of cassava-gluten based snack. *Food structure*, 3, 12-20.

Oh, I., Lee, J., Lee, H. G., & Lee, S. [2019]. Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties. *Food Research International*, 122, 566-572.

Oladejo, A., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B., Uzoejinwa, B., Onwudeb, D. and Yanga, X. [2018] Application of Pretreatment Methods on Agricultural Products Prior to Frying: A Review. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 98, 456-466. doi.org/10.1002/jsfa.8502.

Oliveira, A. L., Gondim, S., Gómez-García, R., Ribeiro, T., & Pintado, M. [2021]. Olive leaf phenolic extract from two Portuguese cultivars–bioactivities for potential food and cosmetic application. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9[5], 106175.

Oroian, M., Amariei, S., & Gutt, G. [2015]. Acrylamide in Romanian food using HPLC-UV and health risk assessment. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 8[2], 136-141. <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1010240>.

Orthoefer, F. T., & List, G. R. [2006]. phospholipids/Lecithin: A class of nutraceutical lipids. *Nutraceutical Science And Technology*, 5, 509.

Orthoefer, F. T., & List, G. R. [2007]. Evaluation of used frying oil. *Deep frying*, 329-342.

- Padovan, A., Moret, S., Bortolomeazzi, R., Moret, E., Conchione, C., Conte, L. S., et al. [2020]. Formation of Alkylbenzenes and Tocochromanols Degradation in Sunflower Oil and in Fried Potatoes during Deep-Frying and Pan-Frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122[5].
- Pan, G., Ji, H., Liu, S., & He, X. [2015]. Vacuum frying of breaded shrimps. *LWT - Food Science and Technology*, 62[1, Part 2], 734-739. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.007>.
- Pande, G., Akoh, C. C., & Shewfelt, R. L. [2013]. Utilization of enzymatically interesterified cottonseed oil and palm stearin-based structured lipid in the production of trans-free margarine. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2[1], 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2012.08.005>.
- Pandey, A. [2009]. *Design and optimization of a condenser and a centrifuge unit for enhancement of a batch vacuum frying system*. MS thesis. College Station, Texas: Texas A&M University.
- Pandey, A. K., & Chauhan, O. P. [2019]. Process optimization for development of vacuum fried papaya [Carica papaya] chips using response surface methodology. *Agricultural research*, 8, 364-373. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0375-x>.
- Pandey, A. K., Ravi, N., & Chauhan, O. P. [2020]. Quality attributes of vacuum fried fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14[3], 1543-1556. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00403-6>.
- Pandey, A., & Moreira, R. G. [2010]. Batch vacuum frying system analysis for potato chips. *Journal of Food Process Engineering*, 35[6], 863-873.
- Pandey, A., & Singh, G. [2011]. Development and storage study of reduced sugar soy containing compound chocolate. *Journal of food science and technology*, 48, 76-82. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0136-8>.
- Park, J. M., Koh, J. H., & Kim, J. M. [2020]. Determining the reuse of frying oil for fried sweet and sour pork according to type of oil and frying time. *Food Science of Animal Resources*, 40[5], 785. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e54>.
- Parzhanova, A., Dimitrov, D., Ivanova, S., Perifanova, M., & Uzunova, G. [2021]. Study on The Composition and Oxidation Stability of Sunflower Oil-Oleic Type During Heat Treatment. *Annals: Food Science & Technology*, 22[4]. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00403-6>.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. J. [2013]. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and bioprocess technology*, 6, 36-60.
- Patsioura, A., Vauvre, J.-M., Kesteloot, R., Smith, P., Trystram, G., Vitrac, O., et al. [2016]. Chapter 17 - Mechanisms of Oil Uptake in French Fries Advances in Potato Chemistry and Technology [Second Edition] [pp. 503-526]. *San Diego: Academic Press*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800002-1.00017-0>.
- Paunović, D. M., Marković, J. M., Stričević, L. P., Vujasinović, V. B., & Rabrenović, B. B. [2021]. The influence of cutting thickness, shape and moisture content on oil absorption during potato frying. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 66(1). <https://doi.org/10.2298/JAS2101067P>.
- Pawar, D. P., Boomathi, S., Hathwar, S. C., Rai, A. K., & Modi, V. K. [2011]. Effect of conventional and pressure frying on lipids and fatty acid composition of fried chicken and oil. *Journal of Food Science and Technology*, 50[2], 381-386. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0331-2>.
- Pedreschi, F., & Moyano, P. [2005]. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *Journal of Food Engineering*, 70[4], 557-563. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.010>.
- Pedreschi, F., & Zuniga, R. [2009]. Acrylamide and oil reduction in fried potatoes: A review [pp. 82-92]. CSIC 978-4-903313-27-6.
- Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K., & Granby, K. [2007]. Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. *Journal of food Engineering*, 79[3], 786-793. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.001>.
- Pedreschi, f., mariotti, s., granby, k., & risum, j. [2011]. Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching. *LWT-food science and technology*, 44[6], 1473-1476.
- Pedreschi, F., Mery, D., & Marique, T. [2016]b. Quality evaluation and control of potato chips. In Computer vision technology for food quality evaluation [pp. 591-613]. *Academic Press*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802232-0.00022-0>.
- Pedreshi, F.; Mariotti, M.S.; Cortés, P. Singh, J., Kaur, L., [2016] Fried and Dehydrated Potato Products. In Advances in Potato Chemistry and Technology, 2nd ed.; Eds.; *Academic Press, Elsevier Inc.*: new york, ny, usa, 2016; volume 15, pp. 459-474.
- Peers, K.E., and Swoboda, A.T.[1992] Deterioration of sunflower seed oil under simulated frying conditions and during small-scale frying of potato chips, *J. Sci. Food Agric.*, 33, 389.

Pereira, A. M., Petrucci, K. P. D. O. S., Gomes, M. D. P., Goncalves, D. N., Cruz, R. R. P., Ribeiro, F. C. S., & Finger, F. L. [2020]. Quality of potato CV. innovator submitted refrigeration and recondition. *Food Science and Technology*, 41, 34-38.

Pereira, J. C., Sivakanthan, S., & Vasantharuba, S. [2020]. Effect of Star Fruit [Averrhoa carambola L.] By-product on Oxidative Stability of Sesame [Sesamum indicum] Oil under Accelerated Oven Storage and during Frying. *Journal of Oleo Science*, 69[8], 837-849.

Petersen, K. D., Jahreis, G., Busch-Stockfisch, M., & Fritsche, J. [2013]. Chemical and sensory assessment of deep-frying oil alternatives for the processing of French fries. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115[8], 935-945. doi.org/10.1002/ejlt.201200375.

Petropoulos, S. A., Fernandes, A., Polyzos, N., Antoniadis, V., Barros, L., & CFR Ferreira, I. [2020]. The Impact of fertilization regime on the crop performance and chemical composition of potato [Solanum tuberosum L.] cultivated in central Greece. *Agronomy*, 10[4], 474.

Powers, S. J., Mottram, D. S., Curtis, A., & Halford, N. G. [2021]. Progress on reducing acrylamide levels in potato crisps in Europe, 2002 to 2019. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38[5], 782-806. doi.org/10.1080/19440049.2020.1871083.

Primo-Martín, C., Sanz, T., Steringa, D. W., Salvador, A., Fiszman, S. M., & van Vliet, T. [2010]. Performance of cellulose derivatives in deep-fried battered snacks: Oil barrier and crispy properties. *Food Hydrocolloids*, 24[8], 702-708. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.04.013.

Pundir, C. S., Yadav, N., & Chhillar, A. K. [2019]. Occurrence, synthesis, toxicity and detection methods for acrylamide determination in processed foods with special reference to biosensors: A review. *Trends in food science & technology*, 85, 211-225. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.01.003.

Putri, T. R., Adhitasari, A., Paramita, V., Yulianto, M. E., & Ariyanto, H. D. [2023]. Effect of different starch on the characteristics of edible film as functional packaging in fresh meat or meat products: A review. *Materials Today: Proceeding*.

Qiu, L., Zhang, M., Wang, Y., & Bhandari, B. [2018]. Effects of ultrasound pretreatments on the quality of fried sweet potato (Ipomea batatas) chips during microwave-assisted vacuum frying. *Journal of Food Process Engineering*, 41(8), e12879. https://doi.org/10.1111/jfpe.12879.

Quan, X., Zhang, M., Zhang, W., & Adhikari, B. [2014]. Effect of microwave-assisted vacuum frying on the quality of potato chips. *Drying technology*, 32[15], 1812-1819.

Ravli, Y. [2012]. *Improved vacuum frying process for high quality sweet potato chips*. Unpublished Master of Science, Texas A&M University, Office of Graduate Studies of Texas A&M University

Ravli, Y., Da Silva, P., & Moreira, R. G. [2013]. Two-stage frying process for high-quality sweet-potato chips. *Journal of Food Engineering*, 118[1], 31-40. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.

Riadh, M. H., Ahmad, S. A. B., Marhaban, M. H., & Soh, A. C. [2015]. Infrared heating in food drying: An overview. *Drying technology*, 33[3], 322-335. https://doi.org/10.1080/07373937.2014.9.

Rimac-Brnčić, S., Lelas, V., Rade, D., & Šimundić, B. [2004]. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of food engineering*, 64[2], 237-241.

Rois Anwar, N. Z., Kalaimangai a/p, S., & Asmaliza Abd. Ghani, Y. [2019]. Effect of Different Processing Methods on the Physicochemical Properties and Sensory Evaluations of Sweet Potatoes Chips. *Journal of Agrobiotechnology*.10[2], 51-63 Journal. unisza. edu.my/ agrobiotechnology/index .php/agrobiotechnology/article/view/208.

Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., & Dalla Rosa, M. [2008]. Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries. *European Food Research and Technology*, 226, 555-560. https://doi.org/10.1007/s00217-007-0570-7.

Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., & Dalla Rosa, M. [2009]. Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of French fries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22[6], 582-588. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.001.

Romano, A., D'Amelia, V., Gallo, V., Palomba, S., Carputo, D., & Masi, P. [2018]. Relationships between composition, microstructure and cooking performances of six potato varieties. *Food Research International*, 114, 10-19.

Romano, R., Filosa, G., Pizzolongo, F., Durazzo, A., Lucarini, M., Severino, P., et al. [2021]. Oxidative stability of high oleic sunflower oil during deep-frying process of purple potato Purple Majesty. *Heliyon*, 7[3].

Rosell, J. B.[2001b]. Factors affecting the quality of flying oil and fats, Frying –Improving Quality. Wood head publishing, Cambridge, U.K .pp.1-115. https://doi.org/10.1533/9781855736429.2.115.

Roshani, F., Movahhed, S., & Ahmadi Chenarbon, H. (2021). Modelling shrinkage in deep-fried satina potato slices pretreated with ultrasound. *Potato Research*, 64(2), 257-265

- Ross, H. A., Wright, K. M., McDougall, G. J., Roberts, A. G., Chapman, S. N., Morris, W. L., et al. [2010]. Potato tuber pectin structure is influenced by pectin methyl esterase activity and impacts on cooked potato texture. *Journal of Experimental Botany*, 62[1], 371-381. <https://doi.org/10.1093/jxb/>.
- Rothwell, J. A., Medina-Remon, A., Perez-Jimenez, J., Neveu, V., Knaze, V., Slimani, N. [2015]. Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol-Explorer data. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59[1], 160-170. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201400494>.
- Ruiz-Mendez, M. V., & Mancha, M. [2003] Guinda, A., Dobarganes, M. C.,. Chemical and physical properties of a sunflower oil with high levels of oleic and palmitic acids. *European journal of lipid science and technology*, 105(3-4), 130-137. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200390028>.
- Russo, M. V., Avino, P., Centola, A., Notardonato, I., & Cinelli, G. [2014]. Rapid and simple determination of acrylamide in conventional cereal-based foods and potato chips through conversion to 3-[bis [trifluoroethanoyl] amino]-3-oxopropyl trifluoroacetate by gas chromatography coupled with electron capture and ion trap mass spectrometry detectors. *Food chemistry*, 146, 204-211.
- Sadeghi, R., Lin, Y., Price, W. J., Thornton, M. K., & Hui-Mei Lin, A. [2021]. Instrumental indicators of desirable texture attributes of French fries. *LWT*, 142, 110968..
- Salvador, A., Varela, P., Sanz, T., & Fiszman, S. M. [2009]. Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 42[3], 763-767. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.016>.
- Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. [2020]. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07>.
- Sánchez-Gutiérrez, M., Bascón-Villegas, I., Rodríguez, A., Pérez-Rodríguez, F., Fernández-Prior, Á., Rosal, A., & Carrasco, E. [2021]. Valorisation of olea europaea l. Olive leaves through the evaluation of their extracts: Antioxidant and antimicrobial activity. *Foods*, 10[5], 966.
- Sani, S. Y., Mortazavi, S. A., Sheikholeslami, Z., Karimi, M., & Elhamirad, A. H. [2018]. Investigation of oil uptake modeling and moisture content in fried nuggets using different maize starches. *Nutrition & Food Science*, 48(4), 642-653. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2017-0168>.
- Sansano, M., Juan-Borras, M., Escriche, I., Andres, A., & Heredia, A. [2015]. Effect of Pretreatments and Air-Frying, a Novel Technology, on Acrylamide Generation in Fried Potatoes. *Journal of Food Science*, 80[5], T1120-T1128. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12843>.
- Santos, C. S. P., Cunha, S. C., & Casal, S. [2017]. Deep or air frying comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119[6], 1600375, 1-9. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600375>.
- Sarmadizadeh, D., Badii, F., Ehsani, M. R., Maftoonazad, N., & Goodarzi, F. [2011]. Effects of soy-protein isolate coating on the properties of French fries using response surface methodology.
- Savva, S. C., & Kafatos, A. [2016]. Vegetable oils: dietary importance. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00709-1>
- Sawicka, B., Pszczolkowski, P., Kieltyka-Dadasiewicz, A., Barbas, P., Cwintal, M., & Krochmal-Marczak, B. [2021]. The Effect of Effective Microorganisms on the Quality of Potato Chips and French Fries. *Applied Sciences*, 11[4].
- Sayyad, R. [2017]. Effects of deep-fat frying process on the oil quality during French fries preparation. *Journal of Food Science and Technology*, 54[8], 2224-2229. doi.org/10.1007/s13197-017-2657-x.
- Segnini, S., Pedreschi, F., & Dejmek, P. [2004]. Volume measurement method of potato chips. *International journal of food properties*, 7[1], 37-44. <https://doi.org/10.1081/JFP-120022494>.
- Segura, N., Lazaro, J., & Irigaray, B. [2019]. Effect of vacuum thermoxidation on sunflower oil. *Heliyon*, 5[3]. doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01358.
- Senadeera, W., Adiletta, G., Önal, B., Di Matteo, M., & Russo, P. [2020]. Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. *Foods*, 9[1], 101. <https://doi.org/10.3390/foods9010101>.
- Serpen, A., & Gökmen, V. [2009]. Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamideantioxidant capacity and color. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22[6], 589-595.
- Shehata, M. G., Abd El Aziz, N. M., Youssef, M. M., & El-Sohaimy, S. A. [2021]. Optimization conditions of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from orange peels using response surface methodology. *Journal of food processing and preservation*, 45[10], e15870.
- Silveira, A. C., Falagán, N., Aguayo, E., Vilaró, F., & Escalona, V. H. [2017]. Compositional changes on colored and light-yellow-fleshed potatoes subjected to two cooking processes. *CyTA-Journal of Food*, 15[2], 241-248.

- Singh, S, and Genitha, I. [2014]. Extraction of Antioxidants from Fruit Peels and Its Utilization In Paneer. *Journal of Food Processing & Technology* 5.7 [2014]: 1.
- Sir Elkhathim, K. A., Elagib, R. A., & Hassan, A. B. [2018]. Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. *Food science & nutrition*, 6[5], 1214-1219.
- Sir Elkhathim, K. A., Elagib, R. A., & Hassan, A. B. [2018]. Content of phenolic compounds and vitamin C and antioxidant activity in wasted parts of Sudanese citrus fruits. *Food Science & Nutrition*, 6[5], 1214-1219.
- Skinner, M. M., Seale, J. T., Cantrell, M. S., Collins, J. M., Turner, M. W., & McDougal, O. M. [2021]. Instrumentation for routine analysis of acrylamide in French Fries: assessing limitations for adoption. *Foods*, 10[9], 2038. <https://doi.org/10.3390/foods10092038>.
- Sohu, S. [2020]. Nutritional changes in commercial oil blend during repetitive deep fat frying of French fries with sensory characteristic of fried food. *Pakistan Journal of Analytical & Environmental Chemistry*, 21[2], 358-367. <http://doi.org/10.21743/pjaec/2020.12.38>.
- Song, X. J., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. [2007a]. Effect of vacuum-microwave predrying on quality of vacuum-fried potato chips. *Drying Technology*, 25[12], 2021-2026. <https://doi.org/10.1080/07373930701728703>.
- Song, X. J., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. [2007b]. Optimization of vacuum microwave predrying and vacuum frying conditions to produce fried potato chips. *Drying technology*, 25[12], 2027-2034.
- Sordini, B., Veneziani, G., Servili, M., Esposto, S., Selvaggini, R., Lorefice, A., & Taticchi, A. [2019]. A quanti-qualitative study of a phenolic extract as a natural antioxidant in the frying processes. *Food Chemistry*, 279, pp. 426-434.
- Stark, J. C., Love, S. L., & Knowles, N. R. [2020]. Tuber quality *Potato production systems*, 479-497.
- Stier, R.F. [2004]. Frying as a science – An introduction. *Eur J Lipid Sci Technol* 106:715–721.
- Su, Y., Zhang, M., Chitrakar, B., & Zhang, W. [2021]. Reduction of oil uptake with osmotic dehydration and coating pre-treatment in microwave-assisted vacuum fried potato chips. *Food Bioscience*, 39, 100825. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100825>
- Su, Y., Zhang, M., Fang, Z., & Zhang, W. [2017]. Analysis of dehydration kinetics, status of water and oil distribution of microwave-assisted vacuum frying potato chips combined with NMR and confocal laser scanning microscopy. *Food research international*, 101, 188-197. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.067>
- Su, Y., Zhang, M., Zhang, W., Adhikari, B., & Yang, Z. [2016]. Application of novel microwave-assisted vacuum frying to reduce the oil uptake and improve the quality of potato chips. *LWT*, 73, 490-497. doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.047.
- Su, Y., Zhang, M., Zhang, W., Liu, C., & Adhikari, B. [2018]. Ultrasonic microwave-assisted vacuum frying technique as a novel frying method for potato chips at low frying temperature. *Food and Bioproducts Processing*, 108, 95-104. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.02.001>
- Sumnu, S. G., & Sahin, S. [2009]. Advances in deep-fat frying of foods: *CRC press*. ISBN 1420055593.
- Sun, X., Jin, X., Fu, N., & Chen, X. [2020]. Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes. *Food Science & Nutrition*, 8[11], 5767-5775. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1579>.
- Supmoon, N., & Noomhorm, A. [2013]. Influence of combined hot air impingement and infrared drying on drying kinetics and physical properties of potato chips. *Drying Technology*, 31[1], 24-31. [doi/abs/10.1080/07373937.2012.711792](https://doi.org/10.1080/07373937.2012.711792).
- Taha, E., Abouelhawa, S., El-Geddawy, M., Sorour, M., Aladedunye, F., & Matthäus, B. [2014]. Stabilization of refined rapeseed oil during deep-fat frying by selected herbs. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116[6], 771-779.
- Taiwo, K. A., Baik, O. D., & Farinu, A. O. [2007]. Kinetics of heat and mass transfer and color development of pre-treated sweet potatoes during frying. *Transactions of the ASABE*, 50[1], 129-135. <https://doi.org/10.13031/2013.22384>.
- Tajner-Czopek, A., Figiel, A., & Carbonell-Barrachina, A. A. [2008]. Effects of potato strip size and pre-drying method on french fries quality. *European Food Research and Technology*, 227[3], 757-766. doi.org/10.1007/s00217-007-0784-8.
- Taqi, A., Askar, K. A., Nagy, K., Mutihac, L., & Stamatin, L. [2011]. Effect of different concentrations of olive oil and oleic acid on the mechanical properties of albumen [egg white] edible films. *African Journal of Biotechnology*, 10[60], 12963-12972.
- Tarmizi, A. H., Niranjana, K., & Gordon, M. [2013]. Physico-chemical changes occurring in oil when atmospheric frying is combined with post-frying vacuum application. *Food Chemistry*, 136[2], 902-908. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.001>.

Tarmizi, A., Haizam, A., Hishamuddin, E., & Abd Razak, R. A. [2019]. Impartial assessment of oil degradation through partitioning of polar compounds in vegetable oils under simulated frying practice of fast food restaurants. *Food Control*, 96, 445-455.

Tavera-Quiroz, M. J., Urriza, M., Pinotti, A., & Bertola, N. [2012]. Plasticized methylcellulose coating for reducing oil uptake in potato chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92[7], 1346-1353.

Teruel, M. d. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A., & Niranjana, K. [2015]. A Comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying. *Journal of Food Science*, 80[2], E349-E358. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12753>.

Thurer, A., & Granvogl, M. [2016]. Generation of Desired Aroma-Active as Well as Undesired Toxicologically Relevant Compounds during Deep-Frying of Potatoes with Different Edible Vegetable Fats and Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64[47], 9107-9115. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04749>.

Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., et al. [2016]. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264-1270. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.049>.

Tian, J., Chen, J., Ye, X., & Chen, S. [2016]. Health benefits of the potato affected by domestic cooking: A review. *Food Chemistry*, 202, 165-175. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.120>.

Timalsina, P., Prajapati, R., Bhaktaraj, S., Shrestha, R., Shrestha, S., & Mitra, P. [2019]. Sweet potato chips development and optimization of chips processing variables. *Open Agriculture*, 4[1], 118-128. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0011>.

Tiwari, P., Joshi, A., Varghese, E., & Thakur, M. [2018]. Process standardization and storability of calcium fortified potato chips through vacuum impregnation. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 3221-3231. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3254-3>.

Tomruk, D., Devseren, E., Koc, M., Ocak, H., Karatas, H., & Kaymak-Ertekin, F. [2016]. Developing a household vacuum cooking equipment, testing its performance on strawberry jam production and its comparison with atmospheric cooking. *Agronomic Research* [Vol. 14, pp

Torezan, G. A. P., Favareto, P. C., Pallet, D., Menezes, H. D., & Reynes, M. [2004]. Use of a combined process of osmotic dehydration and deep-fat frying to obtain mango chips from the cultivar Tommy Atkins. In *VII International Mango Symposium* 645 [pp. 285-291]. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.645.31>.

Torres, J., Alvis, A., Acevedo Correa, D., Montero, P., & Tirado, D. [2017]. Optimization of vacuum frying conditions of eggplant [*Solanum melongena* L.] slices by response surface methodology. *Interciencia*, 42, 683-691. ISSN 0378-1844.

Tran, T. M., Chen, X. D., & Southern, C. [2007]. Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a 'sweet' pre-treatment technique. *Journal of Food Engineering*, 80[2], 719-726. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.031>.

Troncoso, E., Pedreschi, F., & Zuniga, R. N. [2009]. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *LWT - Food Science and Technology*, 42[1], 187-195. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.05.013>.

Trujillo-Agudelo, S., Osorio, A., Gómez, F., Contreras-Calderón, J., Mesías-García, M., Delgado-Andrade, C., & Vega-Castro, O. [2020]. Evaluation of the application of an edible coating and different frying temperatures on acrylamide and fat content in potato chips. *Journal of Food Process Engineering*, 43[5], e13198.

Tsujiyama, I., Mubassara, S., Aoshima, H., & Hossain, S. J. [2013]. Anti-Histamine Release and Anti-Inflammatory Activities of Aqueous Extracts of Citrus Fruits Peels. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 13, 175-180.

Tsuruta, T., Tanigawa, H., & Sashi, H. [2015]. Study on shrinkage deformation of food in microwave-vacuum drying. *Drying Technology*, 33[15-16], 1830-1836. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1036286>.

Turkmen, n., sari, f., & velioglu, y. S. [2006]. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and folin-ciocalteu methods. *Food chemistry*, 99[4], 835-841.

Tuta, S., & Palazoğlu, T. K. [2017]. Effect of baking and frying methods on quality characteristics of potato chips. <https://doi.org/10.15237/gida.GD16050>.

Tuta, S., Palazoğlu, T. K., & Gökmen, V. [2010]. Effect of microwave pre-thawing of frozen potato strips on acrylamide level and quality of French fries. *Journal of Food Engineering*, 97[2], 261-266. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.10.020>.

- Ujong, A. E., Emelike, N. J. T., Owuno, F., & Okiyi, P. N. [2023]. Effect of frying cycles on the physical, chemical and antioxidant properties of selected plant oils during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry Advances*, 3, 100338. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100338>.
- Ukom, A. N., Ezenwigbo, M. C., & Ugwuona, F. U. [2022]. Grapefruit peel powder as a functional ingredient in cake production: Effect on the physicochemical properties, antioxidant activity and sensory acceptability of cakes during storage. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28, 100517.
- Urbančič, S., Kolar, M. H., Dimitrijević, D., Demšar, L., & Vidrih, R. [2014]. Stabilisation of sunflower oil and reduction of acrylamide formation of potato with rosemary extract during deep-fat frying. *LWT-Food Science and Technology*, 57[2], 671-678.
- Valiahdi, S. A., Asadollahi, S., & Hosseini, E. [2019]. Effect of edible coatings [Xanthan gum and carob gum] on the physicochemical and sensory properties of french fries potatoes. *Malaysian Journal of Applied Sciences*, 4[1], 48-59.
- Van Koerten, K. N., Schutyser, M. A. I., Somsen, D., & Boom, R. M. [2015]. A pore inactivation model for describing oil uptake of French fries during pre-frying. *Journal of food Engineering*, 146, 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.022>.
- Van Loon, W. A., Visser, J. E., Linssen, J. P., Somsen, D. J., Jan Klok, H., & Voragen, A. G. [2007]. Effect of pre-drying and par-frying conditions on the crispness of French fries. *European Food Research and Technology*, 225, 929-935. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0463-1>.
- Vauvre, J.-M., Kesteloot, R., Patsioura, A., & Vitrac, O. [2014]. Microscopic oil uptake mechanisms in fried products*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116[6], 741-755.
- Vega-Castro, O., Ramírez, M., Blandón-Mena, L., Contreras-Calderón, J., Mesías, M., Delgado-Andrade, C., & Granda-Restrepo, D. [2022]. Characterization and application of a coating of starch extracted from avocado [*Persea americana* L. cv. Hass] seeds as an alternative to reduce acrylamide content in French fries. *Food Science and Biotechnology*, 31[12], 1547-1558.
- Verma, V., & Yadav, N. [2022]. Acrylamide content in starch based commercial foods by using high performance liquid chromatography and its association with browning index. *Current Research in Food Science*, 5, 464-470. doi.org/10.1016/j.crfs.2022.01.010.
- Verma, V., & Yadav, N. [2022]. Inhibition of acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation in French fries by additives in model reaction. *Journal of Food Process Engineering*, 45[12], e14178.
- Vinci, R. M., Mestdagh, F., & De Meulenaer, B. [2012]. Acrylamide formation in fried potato products—Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food chemistry*, 133[4], 1138-1154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.001>.
- Wagh, P. S., & Naik, J. B. [2016]. Development of mefenamic acid-loaded polymeric microparticles using solvent evaporation and spray-drying technique. *Drying Technology*, 34[5], 608-617. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1064947>.
- Wanakamol, W., & Poonlarp, P. [2018]. Effects of frying temperature, frying time and cycles on physicochemical properties of vacuum fried pineapple chips and shelf life prediction. *International Food Research Journal*, 25, 2681-2688. ISSN 2231-7546.
- Wang, C., Su, G., Wang, X., & Nie, S. [2019]. Rapid Assessment of Deep-Frying Oil Quality as Well as Water and Fat Contents in French Fries by Low-Field Nuclear Magnetic Resonance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67[8], 2361-2368.
- Wang, Q., Zhao, X., Ren, Y., Fan, E., Chang, H., & Wu, H. [2013]. Effects of high-pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak [*Poephagus grunniens*] body fat. *Meat Science*, 94[4], 489-494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.006>.
- Wang, X., McClements, D. J., Xu, Z., Meng, M., Qiu, C., Long, J., & Chen, L. [2023]. Recent advances in the optimization of the sensory attributes of fried foods: Appearance, flavor, and texture. *Trends in Food Science & Technology*, 138, 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.06.012>.
- Wang, Y., Wu, X., McClements, D. J., Chen, L., Miao, M., & Jin, Z. [2021]. Effect of New Frying Technology on Starchy Food Quality. *Foods*, 10[8]. <https://doi.org/10.3390/foods10081852>.
- Warning, A., Dhall, A., Mitrea, D., & Datta, A. K. [2012]. Porous media-based model for deep-fat vacuum frying potato chips. *Journal of Food Engineering*, 110[3], 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.024>.
- Warsiki, E., Iskandar, A., & Hidayati, M. [2020, March]. Degradation quality of reused palm cooking oil during storage: case study in fried shallot industry. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [Vol. 460, No. 1, p. 012010]. *IOP Publishing*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/460/1/012010>.

Wen, C., Shi, X., Wang, Z., Gao, W., Jiang, L., Xiao, Q., & Deng, F. [2016]. Effects of metal ions on formation of acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural in asparagine–glucose model system. *International Journal of Food Science & Technology*, 51[2], 279-285.

Wexler, L., Perez, A. M., Cubero-Castillo, E., & Vaillant, F. [2016]. Use of response surface methodology to compare vacuum and atmospheric deep-fat frying of papaya chips impregnated with blackberry juice. *CyTA - Journal of Food*, 14[4], 578-586. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1180324>.

Wiberley-Bradford, A. E., Busse, J. S., & Bethke, P. C. [2016]. Temperature-dependent regulation of sugar metabolism in wild-type and low-invertase transgenic chipping potatoes during and after cooling for low-temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 115, 60-71. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.020>.

Wibowo, C., Haryanti, P., Erminawati, & Wicaksono, R. [2019]. Effect of Blanching Method and Soaking Solution on The Properties of Potato Flour Produced from Variety Granola. In IOP conference series: *earth and environmental science* [vol. 255, p. 012021]. *IOP Publishing*.

Wibowo, C., Wicaksono, R., & Erminawati, E. [2018]. Effect of Edible Coating on Quality of Chips from Potato Variety Granola. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8[5], 2099-2105.

Woldegiorgis, A. Z. & Deribew, H. A., [2021]. Acrylamide levels in coffee powder, potato chips and French fries in Addis Ababa city of Ethiopia. *Food Control*, 123, 107727.

Wu, B., Wang, J., Guo, Y., Pan, Z., & Ma, H. [2018]. Effects of infrared blanching and dehydrating pretreatment on oil content of fried potato chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42[3], e13531. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13531>.

Wu, L., Li, L., Ma, Z., & Fan, M. [2022]. Improving potato yield, water productivity and nitrogen use efficiency by managing irrigation based on potato root distribution. *International Journal of Plant Production*, 16[3], 547-555. <https://doi.org/10.1007/s42106-022-00205-4>.

Xu, C., Yagiz, Y., Marshall, S., Li, Z., Simonne, A., Lu, J., & Marshall, M. R. [2015]. Application of muscadine grape [Vitis rotundifolia Michx.] pomace extract to reduce carcinogenic acrylamide. *Food Chemistry*, 182, 200-208.

Xu, L., Chang, J., Mei, X., Zhang, Y., Wu, G., Jin, Q., Wang, X. [2021]. Comparative analysis of aroma compounds in French fries and palm oil at three crucial stages by GC/MS-olfactometry, odor activity values, and aroma recombination. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102[7], 2792-2804.

Xu, L., Wu, G., Ji, X., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. [2021]. Influence of Prolonged Deep-Frying Using Various Oils on Volatile Compounds Formation of French Fries Using GC-MS, GC-O, and Sensory Evaluation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98[6], 657-671.

Xu, L., Wu, G., Ji, X., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. [2021]. Influence of Prolonged Deep-Frying Using Various Oils on Volatile Compounds Formation of French Fries Using GC-MS, GC-O, and Sensory Evaluation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 98[6], 657-671. <https://doi.org/10.1002/aocs.12489>.

Yang, D., Wu, G., Li, P., Qi, X., Zhang, H., Wang, X., & Jin, Q. [2020]. Effect of microwave heating and vacuum oven drying of potato strips on oil uptake during deep-fat frying. *Food Research International*, 137, 109338. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109338>.

Yang, D., Wu, G., Li, P., Qi, X., Zhang, H., Wang, X., Jin, Q. [2020]. The effect of fatty acid composition on the oil absorption behavior and surface morphology of fried potato sticks via LF-NMR, MRI, and SEM. *Food Chemistry*: X, 7, 100095.

Yang, Y., Achaerandio, I., & Pujolà, M. [2016]. Influence of the frying process and potato cultivar on acrylamide formation in French fries. *Food control*, 62, 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.028>.

Yao, Y. [2016]. Enhancement of mass transfer by ultrasound: Application to adsorbent regeneration and food drying/dehydration. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 512-531. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.039>.

Yassin, M. A., Shindia, A., Labib, M., Soud, M., & El-Sayed, A. S. A. [2022]. Thermostable Chitosan-L-Asparaginase conjugate from *Aspergillus fumigatus* is a novel structurally stable composite for abolishing acrylamide formation in French fried potatoes. *LWT*, 162, 113494.

Yi, H., Hwang, K. T., Choi, H., & Lim, H. T. (2015). Physicochemical and organoleptic characteristics of deep-fat fried and microwaved potato chips. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58, 735-740. <https://doi.org/10.1007/s13765-015-0101-3>

Yilmaz, F. M. [2020]. Production of phenolic enriched mushroom powder as affected by impregnation method and air-drying temperature. *LWT*, **122**, 109036. <https://doi.org/10.1016>.

Ying, L., Li, Z., Guo, Q., Kong, B., Liu, Q., & Xia, X. (2022). Inhibitory effect of chitosan coating on oil absorption in French fries based on starch structure and morphology stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, **219**, 1297-1307.

Yu, L., Li, Y., Ding, S., Hang, F., & Fan, L. [2016]. Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. *Food Hydrocolloids* [Part A], **211**- 219. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.10.003>.

Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Guiguer, E. L., & Otoboni, A. M. [2019]. Frying Process: From Conventional to Air Frying Technology. *Food Reviews International*, **35**[8], 763-777

Zamani-Ghalehshahi, A., & Farzaneh, P. [2020]. Effect of hydrocolloid coatings [Basil seed gum, xanthan, and methyl cellulose] on the mass transfer kinetics and quality of fried potato strips. *Journal of Food Science*, **86**[4], 1215-1227.

Zhang, H., Zhang, H., Cheng, L., Wang, L., & Qian, H. [2015]. Influence of deep-frying using various commercial oils on acrylamide formation in French fries. *Food Additives & Contaminants: Part A*, **32**[7], 1083-1088. <https://doi.org/10.1080/19440049.2015.1045559>.

Zhang, J., & Fan, L. [2021]. Effects of preliminary treatment by ultrasonic and convective air drying on the properties and oil absorption of potato chips. *Ultrasonics Sonochemistry*, **74**, 105548.

Zhang, J., Xie, T., & Fan, L. [2021]. Improving the quality and reducing oil absorption of fried potato chips by ultrasound pretreatment. *LWT*, **148**, 111763. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111>.

Zhang, J., Zhang, W., Zhang, Y., Huang, M., & Sun, B. [2021]. Effects of food types, frying frequency, and frying temperature on 3-monochloropropane-1, 2-diol esters and glycidyl esters content in palm oil during frying. *Foods*, **10**[10], 2266. <https://doi.org/10.3390/foods10102266>.

Zhang, k. [2017]. *Evaluating the Effect of Selected Soaking Pretreatments on The Color Quality and Phenolic Content of Purple Potato Chips*. *Master's Thesis, Ohio State University* 144PP.

Zhang, X., Xu, J., Tian, X., Wang, Y., Liao, X., & Zhao, L. [2023]. Mechanisms of persimmon pectin methyl esterase activation by high pressure processing based on chemical experiments and molecular dynamics simulations. *Food Chemistry*, **432**, 137239.

Zhang, X., Zhang, M., & Adhikari, B. [2020]. Recent developments in frying technologies applied to fresh foods. *Trends in Food Science & Technology*, **98**, 68-81. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.007>.

Zhang, Y., & Zhang, Y. [2008]. Effect of natural antioxidants on kinetic behavior of acrylamide formation and elimination in low-moisture asparagine-glucose model system. *Journal of Food Engineering*, **85**[1], 105-115.

Zhang, Y., Chen, J., Zhang, X., Wu, X., & Zhang, Y. [2007]. Addition of antioxidant of bamboo leaves [AOB] effectively reduces acrylamide formation in potato crisps and French fries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **55**[2], 523-528.

Zhang, Z., Wang, J., Zhang, X., Shi, Q., Xin, L., Fu, H., & Wang, Y. [2018]. Effects of radio frequency assisted blanching on polyphenol oxidase, weight loss, texture, color and microstructure of potato. *Food Chemistry*, **248**, 173-182. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0319-1>.

Zhao, X., Wu, S., Gong, G., Li, G., & Zhuang, L. [2017]. TBHQ and peanut skin inhibit accumulation of PAHs and oxygenated PAHs in peanuts during frying. *Food Control*, **75**, 99-107.

Zheng, T., & Moreira, R. G. (2020). Magnesium ion impregnation in potato slices to improve cell integrity and reduce oil absorption in potato chips during frying. *Heliyon*, **6**(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05834>

Zhu, R. G., Sun, S. C., Li, Y. F., Zang, H., Sun, X. Y., Wei, J., & Shang, F. F. [2024]. Comparative Effects of Pectin and Hydrolyzed Pectin Coating as Pre-Frying Treatments on Acrylamide Formation in Potato Chips. *International Journal of Biological Macromolecules*, **269**, 132015.

Zhu, Y., Wang, P., Wang, F., Zhao, M., Hu, X., & Chen, F. [2016]. The kinetics of the inhibition of acrylamide by glycine in potato model systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **96**[2], 548-554.

Zielinska, M., Błaszczak, W., & Devahastin, S. [2015]. Effect of superheated steam prefrying treatment on the quality of potato chips. *International Journal of Food Science & Technology*, **50**[1], 158-168. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12613>.

Zokaei, M., Kamankesh, M., Abedi, A. S., Moosavi, M. H., Mohammadi, A., Rezvani, M., & Khaneghah, a. M. [2020]. Reduction in acrylamide formation in potato crisps: application of extract and hydrocolloid-based coatings. *Journal of Food Protection*, **83**[5], 754-761. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-357>.

Abstract

This study aimed to evaluate the nutritional and health value of fried potato products (chips and French fries) as well as palm olein and sunflower oils by investigate effect of different frying methods (traditional, pressure, vacuum and hot air) and some chemical (soaking and coating) and physical (blanching and drying) pretreatments on former products, in addition to study effect of sunflower oil replenishment rate on some quality characteristics of fried products and frying oil by optimization of frying methods and pretreatments. Results showed that fried samples (chips and French fries) at high temperatures were superior for all used methods in terms of moisture content and oil uptake. It was observed that samples fried at low temperatures were better than all other methods for color indicators, especially color change index, browning index, and acrylamide. Statistical analysis revealed that potato chips and french fries fried at 175°C in traditional method were superior to all applied methods from a sensory perspective, Potato chips and French fries received a total acceptance of 8.3 and 7.9, respectively. As for number of frying hours, vacuum frying method at 115°C distinguished over other methods with the highest number of frying hours with continuous replenishment by loss ratio, reaching 76 hours for palm olein oil and 74 for sunflower oil. Palm olein and sunflower oil had peroxide values of 8.17 and 7.72 mEq/kg at the end of frying. As for the soaking materials used in the study (plant extracts, mineral salts and organic acids), they posed a positive effect on most of studied indicators with 1% as ideal concentration. The oil uptake and acrylamide levels in fried products were able to be reduced by coating materials according to results. A positive effect on the quality of French fries and chips can be achieved by adding grapefruit peel extract at a concentration of 1% to used coats. The use of ultrasonic was demonstrated in blanching samples to enhance sensory properties and quality indicators of fried products. The optimal temperatures for obtaining healthy and high-quality products were 55 and 65 °C. As for drying, samples of potato chips dried by vacuum and microwave with a loss of 10% of their moisture content showed similarity with control sample in terms of sensory properties and acrylamide, while there were no significant differences for French fries' sensory properties in terms of drying method and moisture loss ratio. The increase in drying time resulted in a

decrease in oil uptake, but an increase in acrylamide, as well as a change in color and browning index in all samples. French fries that had a 100% oil replenishment ratio were better than all other methods in terms of color indicators and penetration force. No significant differences were observed between fried samples with 100% and 75% oil replenishment ratio compared to other samples in terms of acrylamide, sensory, sunflower oil indicators (FFA, peroxide, and PUFA/SFA ratio), number of frying hours, and browning index. Fried samples with a 25% replenishment ratio had higher moisture content and oil uptake than other studied samples. The health value of fried products can be greatly improved with the application of physicochemical treatments, which makes the results of this research valuable in scientific and economic areas.

Keywords: Frying Methods, Acrylamide, Oil uptake, Potato Chips, French Fries, Pretreatments, Chemical Properties.

**Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Engineering of Agriculture
Food science Department**



Study Effect of Some Physicochemical Treatments and Frying Methods On The Quality Properties of French Fries and Potato Chips Fried In Sunflower and Palm Oils

A Dissertation Submitted in Fulfilment of the Requirements for
PhD in Agricultural Engineering (Food Science)

**by:
Khaled Mohamad Mohamad**

Co- Supervisor
Dr. Bassam AlOkla
Researcher at National Commission for
Biotechnology

Scientific Supervisor
Prof. Anwar AlHaj Ali
Damascus university- Faculty of
Agriculture- Food science Department

2024