دراسة تأثير التجفيف بالإرذاذ في بعض خواص عصير البرتقال الطازج بإضافة المالتوديكسترين

ريم أحمد خليل[1*] و محمد العظم[1] و وسيم عبد الواحد[2]

[1] قسم تقانات الهندسة الغائية، كلية الهندسة التقنية، جامعة حلب، سورية.

[2] قسم الصيدلانيات في كلية الصيدلة، جامعة حلب، سورية.

(*للمراسلة: ريم خليل، البريد الإلكتروني: reem.khalil.1996.@gmail.com ، هاتف: 0930553162)

تاريخ الاستلام: 11/ 6/ 2025 تاريخ القبول: 8/ 10/ 2025

الملخّص

استُخدمت في هذا البحث ثمار البرتقال (*Citrus sinensis*) التي جُمعت من الأسواق المحلية لمدينة حلب. عصرت الثمار بشكل يدوي وأخذ العصير بعدها وأضيف المالتوديكسترين للعصير ثم جفف الناتج بطريقة التجفيف بالإرذاذ التي تعتبر التقنية الأكثر استخداماً في الصناعات الغذائية لإنتاج مساحيق عصير الفاكهة. دُرست بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعصير البرتقال الطازج وعصير البرتقال المضاف له المالتوديكسترين بنسبة 4:1 على التوالي والعصير المسترد من المسحوق المجفف وهي (السكريات المرجعة، والحموضة الكلية، وحمض الأسكوربيك (فيتامينC)، والمادة الصلبة الذائبة (Brix)، والرطوبة في العصير، قيم اللزوجة، العكارة، بالإضافة لقيم اللون L* ,a*, b*) كان العائد من تجفيف عصير البرتقال الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين هو 18.64% وتبين وجود فروق معنوية بين العينات المدروسة من حيث الخصائص الفيزيائية والكيميائية، فالرطوبة والحموضة للعصير الطازج قبل إضافة المالتوديكسترين كانت أعلى قيمةً مقارنةً بغيرها من العينات، بينما إضافة المالتوديكسترين زادت من قيم لزوجة وBrix العصير، أما أثر التجفيف كان واضحاً وملموساً على جميع المعايير المقاسة، فكانت الزيادة ملحوظة على قيم العكارة واللون بشكل خاص. في المقابل، شهدت نسبة السكريات المرجعة، وحموضة العصير، وكمية فيتامين C انخفاضاً حتى بلغت 1.201%، 3.525%، و15.47 mg/100g على التوالي.

الكلمات المفتاحية: عصير البرتقال، المالتوديكسترين، تجفيف بالإرذاذ، مسحوق، عملية التجفيف، فيتامينC.

المقدمة:

يُعد عصير البرتقال أحد العصائر الرئيسية المستهلكة في جميع أنحاء العالم، نظراً لنكهته ولونه المميز، فضلاً عن كونه مصدراً غنياً بفيتامينC والمركبات النشطة بيولوجياً (Cesar et al., 2010). كما أن عصير البرتقال من المنتجات الغذائية سريعة التلف نظراً لارتفاع محتواه المائي، مما يستلزم حفظه في درجات حرارة منخفضة لضمان سلامته وجودته. ولتحقيق استمرارية توفره، تم اقتراح العديد من تقنيات المعالجة والحفظ (Hsu et al., 2003)، مثل: التجفيف بأشعة الشمس المباشرة، والتجفيف بالهواء الساخن، والتجفيف باستخدام الميكروويف، والتجفيف بالتجميد، والتجفيف بالإرذاذ، وغيرها من الأساليب. إلا أن لكل من هذه الطرق بعض العيوب؛ فمثلاً، التجفيف بالهواء الساخن يتطلب وقتاً طويلاً، بينما يُعد التجفيف بالتجميد من الطرق المكلفة نسبياً (Wang & Zhou, 2012). ومن هنا، برز التجفيف بالإرذاذ كخيار مناسب، إذ يتميز العصير المجفف بهذه الطريقة بانخفاض النشاط المائي، مما يجعله ملائماً للنقل والتخزين في درجة حرارة الغرفة (Kha et al., 2010). ومع ذلك، تواجه هذه التقنية تحدياً رئيسياً يتمثل في

مشكلة الالتصاق (Tonon et al., 2008)، حيث إن وجود السكريات البسيطة والأحماض ذات الوزن الجزيئي المنخفض في عصير البرتقال يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الانتقال الزجاجي (Tg)، مما يجعل المسحوق الناتج شديد الامتصاص للرطوبة، ويؤدي إلى تكوّن جسيمات ناعمة تتحول إلى الحالة الزجاجية، مع انخفاض في اللزوجة السطحية، وبالتالي إنتاج مسحوق لزج (Muzaffar et al., 2015). وللتغلب على هذه المشكلة، يتم استخدام مواد حاملة ذات وزن جزيئي مرتفع، مثل: المالتوديكسترين، أو الصمغ العربي، أو النشاء، أو الجيلاتين، كمضافات إلى المادة الغذائية أثناء عملية التجفيف (Saénz et al., 2009). إذ تسهم هذه المواد في رفع درجة حرارة التزجج وتقليل الالتصاق، مما ينعكس إيجاباً على كفاءة عملية التجفيف (Lee et al., 2013). ويُعد المالتوديكسترين من أكثر المواد الحاملة استخداماً، نظراً لتوفره الواسع، وانخفاض تكلفته، وذوبانه العالي في الماء، بالإضافة إلى لزوجته المنخفضة ونكهته المقبولة (Carolina et al., 2007). ولهذا، يُستخدم على نطاق واسع كمادة حاملة (Ferrari et al., 2012). كما أن إضافته تُحسن من معدل التجفيف، وتقلل من امتصاص الرطوبة، وتحدّ من مشكلة الالتصاق أثناء التجفيف بالإرذاذ، من خلال إعاقة عملية تبلور السكر (Adhikari et al., 2003).

وانطلاقاً من القيمة التغذوية العالية لعصير البرتقال تم اللجوء إلى تجفيفه لزيادة مدة صلاحيته عن طريق تقليل نسبة النشاط الكيميائي والميكروبي، مما يضمن تخزيناً طويلاً وآمناً. وذلك عن طريق التجفيف بالإرذاذ والذي يعتبر طريقة مناسبة تُمكن من إنتاج مساحيق ذات جودة عالية يسهل دمجها في المنتجات الغذائية. ويؤثر التجفيف بالإرذاذ على عدة خواص فيزيائية وكيميائية للعصائر والذي بدوره يساعد في الحصول على مساحيق ذات خصائص حسية وتغذوية محسّنة. وعليه تم استخدام مادة عالية الوزن الجزيئي وهي المالتوديكسترين قبل التجفيف لمنع التصاق المنتج على جدران اسطوانة الجهاز وزيادة كفاءة التجفيف فهو يُعتبر محايد في اللون والطعم ورخيص نسبياً، مما يجعله أكثر وسائل التجفيف التجارية شيوعاً، وبناءً على ما تم ذكره **هدف البحث** هو استخدام تقنية التجفيف بالإرذاذ للحصول على مسحوق من عصير البرتقال الطازج.

مواد البحث وطرائقه:

أُجري هذا البحث في مخبر التحليل الآلي للأغذية بكلية الهندسة التقنية بجامعة حلب ومخابر الصيدلة الصناعية كلية الصيدلة في جامعة حلب خلال الفترة الواقعة بين بداية شهر شباط عام 2024 ونهاية شهر تشرين الثاني 2024.

1. المواد:

استعمل في هذا البحث البرتقال (*Citrus sinensis Valencia*) المتوفر في الأسواق المحلية لمدينة حلب وتم عصره بشكل يدوي للحصول على عصير البرتقال المطلوب.

2. طرائق العمل:

أولاً: تحضير عينات العصير:

- أُستبعدت الثمار ذات الإصابات الحشرية والميكانيكية وأُخذت الثمار السليمة ثم غُسلت بالماء النظيف وعُصرت الثمار بواسطة عصارة يدوية، تم بعد ذلك تعبئة العصير في عبوات نظيفة وجافة، وأُجريت الاختبارات اللازمة لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعصير الطازج.

- تم مزج المالتوديكسترين مع عصير البرتقال بنسبة 4:1 على التوالي وترشيح المزيج باستخدام قماش ترشيح، ثم تم إدخال المزيج إلى جهاز التجفيف بالإرذاذ بعد ضبط درجة حرارة الهواء الداخل للمجفف قدرها 120°C وسرعة تدفق الهواء 5rpm وضغط الهواء 8bar وبعد الحصول على المسحوق الناتج، أُجريت الاختبارات اللازمة لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعصير الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين والعصير الناتج عن ترطيب المسحوق بعد تجفيفه بمعدل ثلاث مكررات لكل اختبار.

ثانياً: دراسة بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لعصير البرتقال الطازج وعصير البرتقال بعد إضافة الماتوديكسترين والعصير الناتج عن إعادة ترطيب المسحوق المجفف:

قِيسَت بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية للعصير الطازج والعصير بعد إضافة المالتوديكسترين والمسحوق بعد إعادة ترطيبه وهي (نسبة السكريات المرجعة، ونسبة الحموضة، وكمية حمض الأسكوربيك (فيتامينC)، ونسبة المادة الصلبة الذائبة، ونسبة رطوبة العصير، وقيم اللزوجة، والعكارة، واللون).

الشكل (1): جهاز التجفيف بالإرذاذ إنتاج شركة Shanghai Pilotech Instrument &equipment الصينية.

الشكل (2): عصير برتقال طازج مع مالتوديكسترين

الشكل (3): عصير البرتقال الطازج مع المالتوديكسترين بعد تجفيفه ضمن المجفف بالإرذاذ

الشكل (4): عصير البرتقال الطازج مع المالتوديكسترين بعد تجفيفه ضمن المجفف بالإرذاذ وإعادة حلّه بالماء

طرائق التحليل:

- **تقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة (Brix):** قُيِسَت نسبة المواد الصلبة الذائبة في العينات بواسطة جهاز الرفراكتوميتر الإلكتروني، عند درجة حرارة (20±2 م°)، وفق ((Al-Farsi, 2024
- **تقدير نسبة الرطوبة:** قُدِّرت نسبة الرطوبة بطريقة التجفيف وفق (Vera Zambrano et al., 2019)
- **تقدير السكريات المُرْجِعة:** قُدّرت نسبة السكريات المُرجِعة بطريقة باستخدام طريقة Lana and Eynon وذلك بالمعايرة بمحلول فهلنغ (AOAC, 2000).
- **تقدير نسبة الحموضة الكلية:** قُدِّرت نسبة الحموضة الكلية وفق (Al-Farsi, 2024) بطريقة المعايرة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تركيزه 0.1N، وفق المعادلة التالية:
- نسبة الحموضة كحمض ليمون= 0.1 X الحجم المستهلك NaOH X 64 (ثابت حمض الليمون) / وزن العينة X 10
- **تقدير كمية فيتامين C:** قُدر فيتامين C بصبغة 2.6–Diclorophenol indophenol وفق (AOAC, 2000) حيث حضر محلول الصبغة بتركيز 0.08gr /100ml ماء مقطر وحسب تركيز فيتامين C وفق المعادلة التالية
- كمية الفيتامين 100gr/mgr = قوة الصبغة X حجم الصبغة المستهلك X معامل التمديد X 100 /وزن العينة
- **تقدير اللزوجة:** قُدّرت اللزوجة باستخدام جهاز قياس اللزوجة بروكفيلد سبندل R2 وتم التعبير عن النتيجة بواحدة سنتي بويز cp.
- **تقدير العكارة:** قُدّرت العكارة باستخدام جهاز قياس العكارة TB1 Turbidimeter velp scentfica وتم التعبير عن النتيجة بواحدة NTU.
- **قياس اللون:** تم تقديره باستخدام جهاز Lovibond PFX 195 الذي يحدد قيم اللون (L*، a*، b*) حيث تشير قيمة L* إلى درجة السطوع بينما تعني a* قياس اللون الأحمر (قيم إيجابية) والأخضر (قيم سالبة)؛ و b* يقيس الألوان الصفراء (قيمة إيجابية) أو الزرقاء (قيم سالبة) وفق الطريقة التي ذكرها (Farnworth et al., n.d).

3. التحليل الإحصائي:

نُفِّذت التجارب وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بمعدل ثلاث مكررات وتمت مقارنة المتوسطات باستخدام قيمة أقل فرق معنوي L.S.D عن مستوى ثقة 1%، حيث حُلّلت النتائج باستخدام اختبار One Way Anova.

النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج التحليل الكيميائي لعصير البرتقال أن إضافة المالتوديكسترين لم تُحدث فروقاً معنوية في نسبة السكريات المرجعة، الحموضة، أو محتوى فيتامين C، مقارنة بالعصير الطازج، كما أوضح الجدول (1) حيث كانت الفروق بين القيم أقل من قيمة الانحراف المعياري (L.S.D). ويُعزى ذلك إلى أن المالتوديكسترين لا يُعد من السكريات المرجعة، وبالتالي لا يؤثر مباشرة على تركيزها، كما أشار (Arilla et al., 2023)،في المقابل، سجل العصير المُعاد حله بعد التجفيف بالإرذاذ انخفاضاً معنوياً في نسبة السكريات المرجعة، مما يُعزى إلى تأثير الحرارة أثناء التجفيف، والتي تؤدي إلى تحلل جزئي لهذه السكريات، وهو ما يتفق مع ما

ذكره (Qadri et al., 2023) (Islam et al., 2016)، حيث أكدا أن درجات الحرارة المرتفعة تُسهم في تقليل السكريات المرجعة، رغم أن قصر زمن التعرض للحرارة قد يحد من هذا التأثير.

الجدول (1): محتوى السكريات المرجعة (%) والحموضة الكلية (%) و فيتامين C في عصير البرتقال المصنع بالإرذاذ

الاختبارات	العصير			L.S.D
	عصير طازج	عصير طازج مع مالتوديكسترين	العصير المُعاد حلّه بعد التجفيف	
نسبة السكريات المرجعة (%)	4.027[a]	4.229[a]	1.201[b]	1.594
نسبة الحموضة (%)	5.833[a]	5.09[a]	3.525[b]	1.244
Vc (mg/100g)	25.03[a]	25.6[a]	15.47[b]	6.331

المتوسطات المشتركة بحرف على الأقل ضمن الصف الواحد ليس لديها فروق معنوية وفق اختبار L.S.D عند مستوى 1%.

وفيما يتعلق بالحموضة، لم تُظهر النتائج فروقاً معنوية بين العصير الطازج والعصير المضاف إليه المالتوديكسترين، مما يدل على أن المالتوديكسترين لا يؤثر على قيمة pH بشكل مباشر، رغم إمكانية تأثيره على الإحساس بالحموضة، كما أوضح (Arilla et al., 2023) ومع ذلك، سجل العصير المُجفف انخفاضاً معنوياً في الحموضة، ويُعزى ذلك إلى فقدان بعض الأحماض العضوية أو حدوث تغيرات كيميائية ناتجة عن التعرض للحرارة أثناء التجفيف، وهو ما يتماشى مع ما ذكره (Pui & Saleena, 2022)، اللذان أكدا أن قيمة pH لعصير البرتقال ترتفع بعد التجفيف بالإرذاذ نتيجة لتغير التركيب الكيميائي. أما بالنسبة لمحتوى فيتامين C، فقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين العصير الطازج والعصير المضاف إليه المالتوديكسترين، مما يشير إلى عدم وجود تفاعل كيميائي بينهما، كما أكد (Sidlagatta et al., 2020) . ومع ذلك، يُحتمل أن يُسهم المالتوديكسترين في تعزيز استقرار الفيتامين من خلال تحسين الظروف الكيميائية والفيزيائية داخل الوسط الغذائي كما أشار (Phan et al., 2021).

في المقابل، سجل العصير المُعاد حله بعد التجفيف انخفاضاً معنوياً في محتوى فيتامين C، ويُعزى ذلك إلى حساسية هذا الفيتامين للحرارة والأوكسجين، كونه من الفيتامينات الذوابة في الماء، مما يجعله عرضة للتحلل والأكسدة أثناء عملية التجفيف، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه (Baldelli et al., 2024).

ومن الجدول (2) تتم ملاحظة وجود فروق معنوية في قيمة المواد الصلبة الذوابة حيث تفوق العصير المُعاد حلّه بعد التجفيف على العصير الطازج والعصير الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين،حيث أكد(Watson et al., 2017) أن التجفيف بالإرذاذ يؤدي إلى زيادة قيمة المواد الصلبة الذوابة بسبب إزالة الماء من العصير حيث يعتبر المالتوديكسترين عديد سكر يزيد من قيمة Brix العصير وهذا ما أشار(Arilla et al., 2023) و (Pui & Saleena, 2022) أن إضافة المالتوديكسترين تزيد من قيمة المواد الصلبة الذوابة ولهذا تمت ملاحظة الفرق بين العصير الطازج والعصير الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين له. وفيما يتعلق باللون، لوحظت فروق معنوية في قيمة السطوع (L*)، حيث كان العصير المُجفف أقل سطوعاً، مما يُشير إلى لون أفتح ظاهرياً. ويُعزى ذلك إلى فقدان بعض الصبغات الكاروتينية نتيجة التعرض للحرارة أثناء التجفيف، وهو ما يتفق مع ما ذكره (Baldelli et al., 2024) الذي أوضح أن التجفيف يقلل من تركيز الصبغات، مما يُضعف انعكاس الضوء. أما العصير المضاف إليه المالتوديكسترين فقد أظهر ارتفاعاً في قيمة السطوع مقارنة بالعصير الطازج، نتيجة زيادة العكارة وانخفاض الشفافية، كما أشار (Arilla et al., 2023).

أما بالنسبة لقيمة الاحمرار (a*)، فقد لوحظت فروق معنوية بين العصير الطازج والعينتين الأخريين. ورغم أن التغير الناتج عن إضافة المالتوديكسترين كان طفيفاً، إلا أن بعض الدراسات مثل (Pui & Saleena, 2022) (Arilla et al., 2023) أشارت إلى

أن وجود جزيئات المالتوديكسترين يُسبب تشتت الضوء وارتباط بعض الصبغات، مما يُقلل من وضوح الاحمرار. ومع ذلك، أظهرت هذه الدراسة أن الاحمرار ازداد بعد التجفيف، وهو ما يتفق مع (Baldelli et al., 2024).

الجدول (2): نسبة المواد الصلبة الذوابة (Brix) وقيم اللون في عصير البرتقال المصنع بالإرذاذ

الاختبارات		العصير			L.S.D
		عصير طازج	عصير طازج مع مالتوديكسترين	العصير المُعاد حلّه بعد التجفيف	
Brix		10.73^{c}	27.13^{b}	28.53^{a}	0.5742
اللون	L*	8.11^{c}	13.82^{b}	18.48^{a}	0.7769
	a*	2.717^{b}	3.23^{a}	3.257^{a}	0.243
	b*	10.41^{c}	16.38^{b}	20.17^{a}	1.0213

المتوسطات المشتركة بحرف على الأقل ضمن الصف الواحد ليس لديها فروق معنوية وفق اختبار L.S.D عند مستوى 1%.

وفيما يخص الاصفرار (b*)، فقد سجل العصير المُجفف أعلى قيمة، بينما كانت القيمة الأدنى للعصير الطازج. وقد أشار (Pui & Saleena, 2022) إلى انخفاض الاصفرار عند إضافة المالتوديكسترين، بينما أكد (Baldelli et al., 2024) أن التجفيف بالإرذاذ يُسهم في خفض هذه القيمة. إلا أن نتائج هذه الدراسة تخالف ذلك، مما يدل على أن تأثير التجفيف على اللون الأصفر يعتمد بشكل كبير على ظروف المعالجة وتركيز المادة الحاملة (المالتوديكسترين).

الجدول (3) قيم العكارة (NTU) واللزوجة (cp) والرطوبة (%) عصير البرتقال المصنع بالإرذاذ.

الاختبارات	العصير			L.S.D
	عصير طازج	عصير طازج مع مالتوديكسترين	العصير المُعاد حلّه بعد التجفيف	
العكارة (NTU)	442.2^{b}	430.3^{c}	713.3^{a}	8.112
اللزوجة (cp)	21.5^{b}	34.73^{a}	12.33^{c}	0.9906
الرطوبة (%)	88.3^{a}	70.47^{c}	71.05^{b}	0.2514

المتوسطات المشتركة بحرف على الأقل ضمن الصف الواحد ليس لديها فروق معنوية وفق اختبار L.S.D عند مستوى 1%.

وعند دراسة العكارة لوحظ وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات كما تبين في الجدول (3) حيث تفوق العصير الطازج على العصير الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين له، وهذا يعزى لوجود بقايا من اللب أو البكتينات وغيرها أما المالتوديكسترين هو عديد سكر عند إضافته إلى عصير البرتقال، تذوب جزيئاته في الماء بشكل كامل فلا تؤثر على عكارة وهذا ما يتوافق مع (Khoshdouni Farahani et al.; 2024). أما التجفيف بالإرذاذ لعصير البرتقال ساعد في زيادة العكارة بسبب تكسير الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر بفعل الحرارة بالإضافة إلى التغيرات في تركيب البكتين والبروتينات ودور المالتوديكسترين في تثبيت الجزيئات الصغيرة ومنع ترسيبها هذه التغيرات تزيد من تشتت الضوء، مما يجعل المحلول أكثر عكارةً عند إعادة حلّه وهذا ما يتوافق مع(Grabowski et al., 2008) .

وعند دراسة لزوجة الأنواع الثلاثة من العصير لوحظ وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات حيث تفوق العصير الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين وكانت القيمة الأقل للعصير المُعاد حلّه بعد التجفيف حيث أن الوزن الجزيئي المرتفع للمالتوديكسترين سبب في ازدياد لزوجة العصير عند إضافته تشكيل شبكة غروانية تزيد من مقاومة السائل للتدفق وهذا ما يتوافق مع (Khoshdouni Farahani et al., 2024).

أما التجفيف بالإرذاذ يؤدي إلى انخفاض اللزوجة بسبب تكسير الجزيئات الكبيرة (مثل البكتين) إلى جزيئات أصغر هذا ما يقلل من مقاومة السائل للتدفق، مما يجعل المحلول أقل لزوجة عند إعادة حلّه وهذا ما توافق مع (Grabowski et al., 2008). أما لدى تقييم رطوبة العصير تم إيجاد فروق معنوية بين الأنواع المدروسة وكانت الرطوبة الأعلى للعصير الطازج قبل إضافة المالتوديكسترين أما أقل نسبة فكانت للعصير الطازج بعد إضافة المالتوديكسترين وهذا ما أوضحه الجدول (3) ، فالتجفيف بالإرذاذ لعصير البرتقال يؤدي إلى انخفاض كبير في قيمة الرطوبة بسبب إزالة الماء من العصير عن طريق التبخير وعند إعادة حلّه تضاف كمية الماء التي تعيد brix العصير إلى قيمة مقاربة لها ما قبل التجفيف وعليه تكون قيم الرطوبة قريبة بين العصير الطازج مع المالتوديكسترين والعصير المُعاد حلّه وهذا ما يتوافق مع (Pino et al., 2018). أما انخفاض الرطوبة بعد إضافة المالتوديكسترين يُعزى إلى أن دور المالتوديكسترين في تحسين عملية التجفيف وتقليل الرطوبة النهائية ليتكوّن مسحوق جاف يحتوي على نسبة رطوبة منخفضة وهذا ما ذكره (Sidlagatta et al., 2020) أن المالتوديكسترين بنسبة 25% يساعد في خفض رطوبة عصير البرتقال الحلو بنسبة 40-50%.

الاستنتاجات:

- لم تُظهر إضافة المالتوديكسترين أي تغيّر في التركيب الكيميائي الأساسي للعصير، ويُعزى ذلك إلى الطبيعة الكيميائية المحايدة للمالتوديكسترين، بينما لوحظت بعض التغيّرات الفيزيائية الطفيفة نتيجة التفاعل مع مكونات العصير.
- أدى التجفيف بالإرذاذ إلى انخفاض ملحوظ في محتوى فيتامين C، كما حدثت تغيّرات في نسبة السكريات المرجعة وارتفعت الحموضة الكلية للعصير بعد عملية التجفيف.
- أثبتت التقنية فعاليتها في إنتاج مسحوق عصير برتقال بجودة عالية وساهمت في تحسين خصائص الحفظ والاستقرار لفترات أطول وعززت من قابلية المنتج للتخزين والنقل دون فقدان كبير في القيمة الغذائية أو الحسية.

التوصيات:

- يجب ضبط معايير عملية التجفيف بالإرذاذ مثل درجة حرارة وسرعة الهواء الساخن في الجهاز لتحسين جودة المنتج النهائي.
- دراسة مواد حاملة إضافية بجانب المالتوديكسترين للحفاظ قدر الإمكان على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعصير.
- اختبار هذه التقنيات على عصائر أخرى وإدخالها ضمن الصناعات الغذائية.

المراجع:

Al-Farsi, M. (2024). The Quality Characteristics of Different Fruit Juice Brands Consumed in Oman. *Food Science and Nutrition*, *10*(5), 1–8. https://doi.org/10.24966/FSN-1076/100201

Arilla, E., Martínez-Monzó, J., Chiş, M. S., Fărcaş, A. C., Socaci, S. A., Codoñer-Franch, P., García-Segovia, P., & Igual, M. (2023). Sensory Evaluation, Physico-Chemical Properties, and Aromatic Profile of Pasteurised Orange Juice with Resistant Maltodextrin. *Foods*, *12*(21). https://doi.org/10.3390/foods12214025

Baldelli, A., Pico, J., Woo, M. W., Castellarin, S., & Pratap-Singh, A. (2024). Spray dried powder of common fruit juices: Enhancement of main properties. *Powder Technology*, *441*. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.119560

Cesar, T. B., Aptekmann, N. P., Araujo, M. P., Vinagre, C. C., & Maranhão, R. C. (2010). Orange juice decreases low-density lipoprotein cholesterol in hypercholesterolemic subjects and improves lipid transfer to high-density lipoprotein in normal and hypercholesterolemic subjects. *Nutrition Research*, *30*(10), 689–694. https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.09.006

Farnworth, E. R., Lagaceâ, M., Couture, R., Yaylayan, V., & Stewart, B. (n.d.). *Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice*. www.elsevier.com/locate/foodres

Grabowski, J. A., Truong, V. D., & Daubert, C. R. (2008). Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder. *LWT*, *41*(2), 206–216. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.02.019

Islam, M. Z., Kitamura, Y., Yamano, Y., & Kitamura, M. (2016). Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. *Journal of Food Engineering*, *169*, 131–140. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.024

Khoshdouni Farahani, Z., Ebrahimzadeh Mousavi, M., & Ibrahim, S. A. (2024). Improving physicochemical, rheometry and sensory attributes of fortified beverages using jujube alcoholic/aqueous extract loaded Gellan-Protein macrocarriers. *Heliyon*, *10*(2). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24518

Phan, A. D. T., Adiamo, O., Akter, S., Netzel, M. E., Cozzolino, D., & Sultanbawa, Y. (2021). Effects of drying methods and maltodextrin on vitamin C and quality of Terminalia ferdinandiana fruit powder, an emerging Australian functional food ingredient. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(12), 5132–5141. https://doi.org/10.1002/jsfa.11159

Pino, J. A., Aragüez-Fortes, Y., & Bringas-Lantigua, M. (2018). Optimization of spray-drying process for concentrated orange juice. *Acta Alimentaria*, *47*(4), 417–424. https://doi.org/10.1556/066.2018.47.4.4

Pui, L. P., & Saleena, L. A. K. (2022). Effects of spray-drying parameters on physicochemical properties of powdered fruits. *Foods and Raw Materials*, *10*(2), 235–251. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-533

Qadri, T., Naik, H. R., Hussain, S. Z., Bhat, T. A., Naseer, B., Zargar, I., & Beigh, M. A. (2023). Impact of spray drying conditions on the reconstitution, efficiency and flow properties of spray dried apple powder-optimization, sensorial and rheological assessment. *Heliyon*, *9*(8). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18527

Sidlagatta, V., Chilukuri, S. V. V., Devana, B. R., Dasi, S. D., & Rangaswamy, L. (2020). Effect of Maltodextrin Concentration and Inlet Air Temperature on Properties of Spray Dried Powder from Reverse Osmosis Concentrated Sweet Orange Juice. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *63*, 1–14. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020190538

Vera Zambrano, M., Dutta, B., Mercer, D. G., MacLean, H. L., & Touchie, M. F. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in

developing countries: A review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 88, pp. 484–496). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006

Watson, M. A., Lea, J. M., & Bett-Garber, K. L. (2017). Spray drying of pomegranate juice using maltodextrin/cyclodextrin blends as the wall material. *Food Science and Nutrition*, *5*(3), 820–826. https://doi.org/10.1002/fsn3.467

A study of the effect of spray drying on some properties of fresh orange juice with the addition of Maltodextrin

Reem Ahmad Khalil[1*], Mouhamd Al-Azem[1] and Waseem Abdulwahed[2]

[1] Department of Food Engineering, Faculty of Technical Engineering, Aleppo University, Syria.
[2] Department of Pharmaceutics, Faculty of Pharmacy, Aleppo University, Syria.

(*Corresponding author: Reem Khalil, Email: reem.khalil.1996.@gmail.com , mob.: 0930553162)

Received: 11/ 6/ 2025 **Accepted:** 8/ 10/ 2025

Abstract

In this study, sweet orange fruits (Citrus sinensis) were sourced from local markets in Aleppo city. The fruits were manually juiced, and the extracted juice was subsequently mixed with maltodextrin. The resulting mixture was then subjected to spray drying—a technique widely employed in the food industry for producing fruit juice powders. The investigation focused on evaluating selected physicochemical properties of three juice samples: fresh orange juice, orange juice supplemented with maltodextrin at a ratio of 4:1, and reconstituted juice obtained from the dried powder. The parameters assessed included: reducing sugars, total acidity, ascorbic acid (vitamin C), soluble solids content (°Brix), moisture content, viscosity, turbidity, and color attributes (L*, a*, b*). The yield of spray-dried orange juice supplemented with maltodextrin was 18.64%. Statistically significant differences were observed among the studied samples in terms of their physicochemical characteristics. Moisture and acidity levels were highest in the fresh juice prior to maltodextrin addition. Conversely, the incorporation of maltodextrin led to an increase in both viscosity and °Brix values. Spray drying had a pronounced impact on all measured parameters, particularly resulting in elevated turbidity and color intensity. On the other hand, reductions were noted in reducing sugars, acidity, and vitamin C content following drying, with final values of 1.201%, 3.525%, and 15.47 mg/100g, respectively.

Keywords: Orange Juice, Maltodextrin, Spray drying, Powder, Drying process, Vitamin C.