تأثير بعض معاملات التصنيع والتخزين على محتوى الفينولات الكلية في مركزات النارنج والليمون

إعداد المهندسة نسرين محمد السلامة

بإشراف ا.د. زيادالحاجي حويجم د. محمد العظم د. نها العلي

الملخص

هدف البحث إلى دراسة تأثير معاملات التصنيع والتخزين على محتوى الفينولات الكلية في مركزات عصير النارنج (البرتقال المر) والليمون. تم استخلاص العصير بثلاث طرائق (بالضغط– تقشير الثمرة – الثمرة كاملة مع القشر). تم تركيز العصير الناتج بطريقتين (إضافة السكر – بالتفريغ تحت ضغط). تم تعبئة المركزات بواقع ثلاث مكررات في عبوات زجاجية معقمة محكمة الاغلاق سعة 250ml وتخزينها على درجة حرارة الغرفة 25C° وعلى درجة حرارة تحت الصفر المئوي بين C° (–18و–20) في المجمدة لمدة (3–6–9) أشهر.

أظهرت النتائج المتحصل عليها تأثيرا معنويا عند مستوى ثقة ($p\leq0.05$)للمعاملات التصنيعية التي تم تطبيقها على مركزات عصير ثمار النارنج والليمون. حيث تم قياس تركيز الفينولات الكلية TPC في العصير باستخدام مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية باستخدام جهاز Spectrophotometer من النوع(BK– UV1900) باستخدام كاشف فولين سيوكالتو، فكان أعلى متوسط فكان (4.00 %) وظهر في 4 معاملات في نهاية فترة التخزين أي بعد 9 أشهر، جميعها باستخدام طريقة التفريغ، ومع القشر وبكلا طريقتي الحفظ (تجميد أو حرارة غرفة) لنوعي الثمار الليمون والنارنج. أما أقل متوسط للفينولات الكلية كان (0.03 %) في المعاملة المكونة من (ثمار "الليمون"، طريقة استخلاص "بالضغط"، التركيز "باستخدام السكر"، طريقة الحفظ "في حرارة غرفة"، فترة التخزين "9 أشهر")، كما أن المتوسط العام لنسبة الفينولات الكلية بلغ 0.724 % باستخدام ثمار الليمون، وارتفع بفارق معنوي إلى 0.913 % لدى استخدام ثمار النارنج، وتميزت طريقة الاستخلاص مع القشر في الحصول على أعلى نسبة للفينولات الكلية (1.062%)على عكس طريقة الضغط. ظهرت فروق معنوية بين نوعي التركيز، حيث بلغت نسبة الفينولات الكلية لدى التركيز بالتفريغ (1.305 %)، وانخفضت لدى التركيز بالسكر إلى (0.333 %) ، لم تؤثر طريقة التخزين في نسبة الفينولات الكلية، فلم تظهر فروق معنوية بين طريقتي التخزين بالتجميد أو بحرارة الغرفة، إذ بلغ متوسط الفينولات الكلية (0.819 %) في كلا الطريقتين ، كانت نسبة الفينولات الكلية منخفضة في بداية فترة التخزين إذ لم تتجاوز (0.173 %)، وأدى التخزين إلى ارتفاع نسبة الفينولات الكلية بشكل معنوي فبلغ 0.571، 0.577، 2.252 % لكل من فترات التخزين: 3 و6 و9 أشهر على التوالي مع الأخذ بعين الاعتبار أن نسبة الفينولات الكلية بين فتري التخزين 3 و6 أشهر لم تختلف معنوياً.

الكلمات المفتاحية: نارنج، ليمون، الفينولات الكلية، جودة العصير، الثمار الحمضية

-المقدمة: Introduction

النارنج :(Citrus aurantium) أو البرتقال المر (Bitter Orange) وهو نوع من أنواع البرتقال، ويعرف بعدة أسماء مختلفة، مثل: الزفير، والنارنج، وبرتقال إشبيلية. تستخدم أجزاؤها المتعدد من أزهار وأوراق وقشور وثمار وعصير الثمار على نحو أساسي لتصنيع الأدوية، إضافة لذلك يستخلص الزيت من القشور والأزهار. وتنحصر الاستخدامات الغذائية للنارنج في إضافة الزيت والقشور المجففة بوصفها منكهات ومحسنات للطعم، إضافة إلى صناعة المربى وبعض أنواع الكحول من الثمرة. ومن النادر تناول الفاكهة مباشرة –باستثناء كل من إيران والمكسيك نظرا" لطعمها القابض شديد الحموضة. وبالتالي فان للبرتقال المر مذاق شديد المرارة والحموضة يجعل من الصعب عصره بشكل مستقل دون مزجه بمكونات غذائية أخرى لتخفيف حدة طعمه. يعتبر النارنج ذو قيمة غذائية عالية حيث يحتوي كل 100غ منه على: كربوهيدرات (سكر فاكهة):7.9–5.2غ، بروتين :1–0.6غ، ألياف:4.5غ، أحماض عضوية (حمض الستريك):1غ طاقة حرارية :Cal70، عناصر معدنية: كالسيوم –حديد–فوسفور، ومجموعة من الفيتامينات: B1–B2–B6–A–C.تناوله يساعد على الهضم كما يعتبر فاتح شهية ممتاز قبل الطعام، ويعتبر في مقدمة الأغذية الواقية الشافية فهو يساعد على تثبيت الكلس في العظام، ويحول دون حدوث داء الاسقربوط وداء بارلو عند الأطفال ،ويحافظ على متانة اللثة وعدم تسوس الأسنان ،كما يوصف للأمراض الانتانية مع الترفع الحروري وخاصة الحمّى التيفية وذات الرئة والسعال الديكي ،وفي حال اضطراب الجلد وتبدل لونه ،ولعصير النارنج أثر فعال في حالات النزف مهما كان منشؤها ،كذلك يفيد في وقف الإقياء المرافق للحمل لغناه بحمض الإسكوربيك. ويفيد أيضا المصابين بأمراض عصبية ومرضى السكري والمصابين باضطرابات معدية أو كبدية أو دموية، ومن المستحسن إضافته إلى غذاء الرضع والأطفال بمقدار ملعقة صفيره لكل زجاجة رضاعة وذلك لتسهيل الهضم وزيادة القيمة الغذائية للحليب

المعلب. وهو مفيد لنضارة البشرة حيث أن وضع رقائق من لب النارنج على الوجه والعنق لمدة 10دقائق تمنح الجلد نعومة وطراوة ولونا زاهيا. (القباني ،1969).

الليمون:الأضاليا (أبو حلمة): Citrus limon،البلدي (البنزهير أو المالح):Citrus aurantifolia ،

الحلو:Citrus limetta ،المخرفش:Citrus jambhiri. يعتبر الليمون ثالث أهم محصول من الحمضيات بعد البرتقال واليوسفي. وقد اهتمت العديد من الأبحاث العلميّة بدراسة تأثيراته الصحيّة، فقد وُجد أنّه يعتبر غنيّاً بالمركبات الفينوليّة (Phenolic compounds) والفيتامينات والمعادن والألياف الغذائيّة والبكتين والزيوت الأساسيّة والكاروتينات (Gonzalez, *etal.*,2009).

القيمة الغذائية لكل (100 غرام) حسب قاعدة بيانات وزارة الزراعة الأميركية للمواد الغذائية:

الكربوهيدرات (سكر الفاكهة):9.3-5.2غ، بروتين 1غ، دهن0.3غ، ألياف 2.8غ، أحماض عضوية (حمض الستريك)1.3غ، طاقة حرارية 121cal، عددمن العناصر المعدنية (كالسيوم، حديد، مغنزيوم، فوسفور، بوتاسيوم، زنك)، غني بفيتامينات (B1,B2,B6,B9,B12,PP,C,A).

استخدم الليمون منذ قديم الزمان كدواء شافٍ لعدد من الأوبئة والأمراض كالكوليرا، الحمى التيفية، الروماتيزم، النقرس، الانتانات المعوية، وأمراض الكبد.

وفي الوقت الحالي يظهر مفعول الليمون الوقائي بإقبال الناس عليه حول العالم للوقاية من فيروسات الانفلونزا (فيروس كورونا covid19). يعتبر مهدئاً للأعصاب ومرمماً للأنسجة ويصف في حالات الروماتيزم والتقرس وارتفاع الضغط الشرياني وتصلب الشرايين والدوالي وعرق النسا. و وقد وُالمركبات الموجودة في الليمون دوراً في تحفيز موت الخلايا السرطانيّة ومنع تكاثرها، هذا بالإضافة إلى زيوته الأساسيّة التي تلعب دوراً أيضاً في كبح السرطان (Gonzales,*etal.*,2009)

تُعد الفينولات والمركبات الفينولية من أهم المركبات الثانوية النباتية التي تثير اهتمام الباحثين لما لها من دور في الدفاع ضد الإجهاد الحيوي واللاأحيائي، إضافة إلى أهميتها الصحية للإنسان كمضادات أكسدة

طبيعية. وتشكل الفاكهة، وخاصة الحمضيات، أحد أغنى المصادر بهذه المركبات، حيث تسهم بشكل مباشر في تعزيز القيمة الغذائية والوظيفية للمنتجات الغذائية المشتقة منها (González-Molina et al., 2010).

تُعتبر الحمضيات، مثل النارنج (Citrus aurantium) والليمون (Citrus limon)، مصادر غنية بالفلافانونات خاصة الهيسبيريدين(C28H34015)، النارينجين(C27H32014)، والإريوسيترين(C27H32015)،إلى جانب الأحماض الفينولية مثل الكلوروجينيك(C16H1809) والفيروليك (C10H10O4)(Bocco et al., 1998; Abad-García et al., 2012). وتُسجّل القشور عادة أعلى تراكيز من المركبات الفينولية مقارنة بالعصير، مما يجعل المخلفات الصناعية للحمضيات مادة أولية مهمة لاستخلاص المركبات النشطة حيوياً (Igual et al., 2011).

يُعد النارنج من أغنى أنواع الحمضيات بالمركبات الفينولية، حيث يحتوي على نسب مرتفعة من الهيسبيريدين والنارينجين، اللذين يساهمان في النشاط المضاد للأكسدة والخصائص المضادة للالتهاب (Benavente-García & Castillo, 2008). وقد أظهرت بعض الدراسات أن المستخلصات الفينولية من النارنج تملك قدرة تثبيطية ضد نمو بعض البكتيريا الممرضة والخلية السرطانية (Zhou et al., 2019). يُعتبر الليمون غنيًا بمركب الإريوسيترين (eriocitrin)، الذي يمتاز بفاعلية قوية كمضاد أكسدة، إضافة إلى وجود الفلافانونات الأخرى مثل الهيسبيريدين والنارينجين (Kawaii et al., 2000). كما لوحظ أن قشور الليمون تحتوي على تراكيز عالية من الفينولات الكلية، مما يعزز من قيمتها في الصناعات الغذائية والدوائية (Goulas & Manganaris, 2012).أشارت عدة أبحاث إلى أن المعاملات التصنيعية مثل العصر، البسترة، والتركيز تؤثر بشكل مباشر على محتوى الفينولات الكلية في العصائر، حيث يؤدي التسخين المفرط إلى تدهور بعض المركبات الحساسة. كما أن ظروف التخزين (درجة الحرارة، مدة التخزين، التعرض للأوكسجين) تؤثر بشكل ملحوظ على مستويات الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة في العصائر المركزة (Cilla et al., 2018).

أهداف البحث: Research aims

دراسة تأثير معاملات التصنيع (استخلاص، التركيز)، والتخزين لفترات زمنية مختلفة وتحت درجات حرارة مختلفة على محتوى الفينولات الكلية في مركزات عصير ثمار النارنج والليمون.

طرائق العمل: Modalities of work

ثمار الحمضيات (النارنج والليمون):

تم الحصول على ثمار النارنج والليمون من الأسواق المحلية في محافظة دير الزور

تم فرز الثمار واستبعاد الثمار المصابة والمتضررة وثم إجراء غسل للثمار

استخلاص العصير:

تم استخلاص العصير من ثمار النارنج والليمون كل على حدا بثلاث طرائق:

الطريقة الأولى: استخلاص العصير فقط (بالضغط) أي قطع الثمرة لنصفين واستخدام العصارة الكهربائية.

الطريقة الثانية: استخلاص العصير بعد تقشير الثمرة (بدون قشر)، تزال القشرة الخارجية للثمار ثم تقطع ويستخرج العصير باستخدام عصارة فاكهة.

الطريقة الثالثة: استخلاص العصير من الثمرة كاملة (مع قشر)، تقطع الثمار كاملة مع الاحتفاظ بالقشرة الخارجية ويستخرج العصير باستخدام عصارة الفاكهة

بعد استخراج العصير بالطرائق الثلاثة السابقة تم تصفية العصير كلا على حدا باستخدام مصفاة منزلية.

تركيز العصير:

تم تركيز العصير المستخلص بطريقتين:

1-التركيز باستخدام التبخير تحت تفريغ باستخدام جهاز المبخر الدوراني وتعدّ طريقة التبخير بالتفريغ تقنية محسنة من التبخير الحراري حيث يتم خفض الضغط داخل المبخر إلى ما دون ضغط بخار الماء. وهكذا يمكن تبخير الماء بدرجة حرارة أقل من درجة حرارة التبخير التقليدي (Chin etal;2009).

2- التركيز بإضافة السكر: حيث يضاف السكر للعصير المستخلص وبدرجة حرارة الغرفة (على البارد) مع التحريك حتى الوصول الى 65°Brix وفقا لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO).

تعبئة وتخزين العصير:

- تم تعبئة العصير المركز بعبوات زجاجية معقمة محكمة الاغلاق وبسعة 250ml
- خزنت المكثفات الناتجة لمدة (ثلاثة أشهر، ستة أشهر، تسعة أشهر) على:

  - درجة حرارة الغرفة 25C°

  -بالمجمدة على درجة حرارة تحت الصفر المئوي(18C°-و20C°-)

تقدير المركبات الفينولية الكلية:Total phenolic compounds (TPC):

تم قياس تركيز الفينولات الكلية TPC في العصير باستخدام مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية باستخدام جهاز Spectrophotometer من النوع (BK-UV1900)، استنادًا إلى تفاعل (الأكسدة / الاختزال) اللوني على النحو الموصوف من قبل(Skerget;etal.2005) باستخدام كاشف فولين سيوكاليتو.

التحليل الاحصائي:

صممت التجربة وفق تصميم القطع المنشقة من الدرجة الثانية بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة بالاضافة لمعاملة الشاهد وحللت النتائج وفق البرنامج الاحصائي Genstat V12 وتمت مقارنة المتوسطات باستخدام قيمة أقل فرق معنوي LSD 0,05

النتائج والمناقشة :

أثرت المعاملات المدروسة في نسبة الفينولات الكلية، إذ لوحظت فروق معنوية بين أغلب العوامل المدروسة (A: نوع الثمار، B: طريقة الاستخلاص، C: التركيز، D: طريقة التخزين، E: فترة التخزين) وتداخلاتها مع بعضها البعض (الأثر المشترك الثنائي والثلاثي والرباعي والخماسي)، ويلاحظ من الجدول1 أن أقل متوسط للفينولات الكلية كان (0.03 %) في المعاملة المكونة من (ثمار "الليمون"، طريقة استخلاص "بالضغط"، التركيز "باستخدام السكر"، طريقة الحفظ "في حرارة الغرفة"، فترة التخزين "9 أشهر")، أما أعلى متوسط فكان (4.00 %) وظهر في 4 معاملات في نهاية فترة التخزين أي بعد 9 أشهر، جميعها باستخدام طريقة التفريغ، ومع القشر وبكلا طريقتي الحفظ (تجميد أو حرارة الغرفة) لنوعي الثمار الليمون والنارنج، وكانت المعاملات المذكورة تلك هي المعاملات الأفضل. انخفاض المتوسط إلى 0.03% يمكن تفسيره بتعرض المركبات الفينولية لعمليات الأكسدة والتحلل الإنزيمي، حيث إن طول فترة التخزين وارتفاع درجة الحرارة في ظروف الغرفة يؤديان إلى تدهور مضادات الأكسدة بما فيها الفينولات (Igual et al., 2010). كما أن طريقة الضغط غالبًا ما تستخلص الفينولات الحرة فقط من العصير دون الإفادة من المركبات المرتبطة بالقشور، مما يقلل من المحتوى الكلي (Li et al., 2006).أما أعلى متوسط (4.00%)فيُعزى إلى أن إدخال القشر في عملية الاستخلاص يزيد من تركيز الفينولات بشكل ملحوظ، نظرًا لأن القشور غنية بالفلافونويدات مثل الهيسبيريدين والنارينجين والإريوسيترين (Khan et al., 2020). كما أن تقنية التفريغ (Vacuum concentration) تقلل من التلامس مع الأوكسجين وتحد من فقدان الفينولات بالتأكسد، مما يحافظ على مستوياتها المرتفعة حتى بعد التخزين (Patras et al., 2010).

توضح هذه النتائج أن أفضل المعاملات هي تلك التي جمعت بين استخدام القشر وتقنية التفريغ، إذ أنها تحقق حماية للمركبات الفينولية وتعزز من تركيزها، بينما تعد المعاملات التي تستخدم الضغط فقط مع إضافة السكر والتخزين في ظروف الغرفة لفترات طويلة هي الأكثر فقدًا للفينولات.

الجدول1 :التحليل العام للفينولات الكلية (%) (الأثر المشـــترك لكافة العوامل: A: نوع الثمار، B: طريقة الاستخلاص، C: التركيز، D: طريقة التخزين، E: فترة التخزين)

A	B	C	D	E فترات التخزين				العوامل المدروسة		LSD 5%
نوع الثمار	طرق الاستخلاص	التركيز	طريقة الحفظ	0 بداية التخزين	3 أشهر	6 أشهر	9 أشهر			
الليمون	ضغط	تفريغ	تجميد	0.24	0.87	1.07	2.04	العوامل الرئيسة	A	0.013
			غرفة	0.24	0.29	0.74	1.41		B	0.016
		سكر	تجميد	0.24	0.11	0.25	0.33		C	0.013
			غرفة	0.24	0.13	0.22	0.03		D	0.013
	بدون قشر	تفريغ	تجميد	0.13	0.93	0.93	2.64		E	0.018
			غرفة	0.13	0.67	0.92	2.96	الأثر المشترك الثنائي	AB	0.022
		سكر	تجميد	0.13	0.13	0.33	0.58		AC	0.018
			غرفة	0.13	0.22	0.48	1.06		BC	0.022
	مع قشر	تفريغ	تجميد	0.28	0.98	1.21	4.00		AD	0.018
			غرفة	0.28	0.72	0.96	4.00		BD	0.022
		سكر	تجميد	0.28	0.16	0.57	0.75		CD	0.018
			غرفة	0.28	0.34	0.53	0.96		AE	0.026
النارنج	ضغط	تفريغ	تجميد	0.18	0.95	1.17	2.21		BE	0.032
			غرفة	0.18	0.60	0.84	2.70		CE	0.026
		سكر	تجميد	0.18	0.17	0.57	0.73		DE	0.026
			غرفة	0.18	0.19	0.39	1.38	الأثر المشترك الثلاثي	ABC	0.032
	بدون قشر	تفريغ	تجميد	0.25	0.91	0.89	3.18		ABD	0.032
			غرفة	0.25	0.83	0.87	3.70		ACD	0.026
		سكر	تجميد	0.25	0.28	0.33	0.63		BCD	0.032

0.045	ABE		1.14	0.30	0.19	0.25	غرفة		
0.036	ACE		4.00	1.35	1.99	0.49	تجميد	تفريغ	مع قشر
0.045	BCE		4.00	0.91	0.88	0.49	غرفة		
0.036	ADE		1.36	0.54	0.34	0.49	تجميد	سكر	
0.045	BDE		1.91	0.65	0.46	0.49	غرفة		
0.036	CDE								
0.045	ABCD	الأثر المشترك الرباعي							
0.063	ABCE								
0.063	ABDE								
0.051	ACDE								
0.063	BCDE								
0.089	ABCDE	الأثر المشترك الخماسي							

A: نوع الثمار

أشـارت النتائج إلى أن المتوسـط العام لنسـبة الفينولات الكلية بلغ 0.724 % باسـتخدام ثمار الليمون، وارتفع بفارق معنوي إلى 0.913 % لدى اســتخدام ثمار النارنج (LSD 0.05 = 0.013)، لذا كانت ثمار النارنج هي الأفضل (الجدول 2).

وهذا ما أكده (Casquete, R., et al. 2024) حيث أن النارنج أعلى من الليمون طبيعيًا في مركّبات الفلافانون (neo–hesperidin, naringin) التي تفوق فلافانونات الليمون (eriocitrin, hesperidin) في الثبات الحراري والأكسدة .

الجدول2 . قيم الفينولات الكلية (%) لمتوسط نوعي الثمار

Dependent Variable: الفينولات الكلية

نوع الثمار	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
الليمون	0.724	0.006	0.712	0.737
النارنج	0.913	0.006	0.901	0.926

B: طريقة الاستخلاص

تأثرت الفينولات الكلية بطريقة الاستخلاص إذ بلغت بالمتوسط: 0.616، 0.778، 1.062 % لدى الاستخلاص بطريقة (الضغط، وبدون قشر، ومع القشر) على التوالي، حيث كانت الفروق معنوية بين كافة طرائق الاستخلاص (LSD 5% = 0.016)وتميزت طريقة الاستخلاص مع القشر في الحصول على أعلى نسبة للفينولات الكلية على عكس طريقة الاستخلاص بالضغط (الجدول3). حيث وجد (Zhu, Y., et al.2023)أنه بالضغط الميكانيكي يمرّ العصير عبر قنوات هوائية مما يؤدي إلى تشبعه بالأكسجين وارتفاع نشاط إنزيم PPO وبالتالي أكسدة أسرع للفينولات ، خصوصًا في وجود سكر.

الجدول3. قيم الفينولات الكلية (%) لمتوسط طرائق الاستخلاص

Dependent Variable: الفينولات الكلية

طريقة الاستخلاص	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
الضغط	0.616	0.008	0.600	0.632
بدون قشر	0.778	0.008	0.763	0.794
مع قشر	1.062	0.008	1.047	1.078

C: التركيز

ظهرت فروق معنوية بين نوعي التركيز، حيث بلغت نسبة الفينولات الكلية لدى التركيز بالتفريغ (1.305 %)، وانخفضت لدى التركيز بالسكر إلى (0.333 %) (LSD 5% = 0.013)، وهذا يدل أن طريقة التفريغ أفضل للحصول على نسبة أعلى من الفينولات الكلية (الجدول4).حيث أكد Martin, J. 2021) (أن التركيز بالسكر يرفع °Brix لكن يزيد الأسموزية ويُعطّل بنية الماء مؤديًا إلى «تربّع» الفينولات مع السكروز وتعرّض مواقعها الفعّالة للأكسدة؛ كما يؤدي انحلال الأكسجين في الشراب السكّري إلى استمرار

الفقد خلال التخزين ،التركيز الحراري تحت تفريغ (أقل 55 C°) يزيد الفينولات اسميًا لأن الماء يُسحب، وفقدها الحراري محدود.

الجدول4. قيم الفينولات الكلية (%) لمتوسط طرائق التركيز

Dependent Variable: الفينولات الكلية

التركيز	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
تفريغ	1.305	0.007	1.291	1.318
سكر	0.333	0.006	0.321	0.345

D: طريقة التخزين

لم تؤثر طريقة التخزين في نسبة الفينولات الكلية، فلم تظهر فروق معنوية بين طريقتي التخزين بالتجميد أو بالغرفة، إذ بلغ متوسط الفينولات الكلية (0.819 %) في كلا الطريقتين (LSD 5% = 0.013) (الجدول5). إن التجميد (≤ –18 C°) يوقف الإنزيمات ويقلّل ذوبان الأكسجين وبالتالي معدل التدهور ≤ 0.5 % شهريًا (Sharma, A., et al. 2024).وقد يكون المحتوى الاولي للفينولات مرتفعا بمايكفي ليعوض الفقد التدريجي الناتج عن الأكسدة خلال التخزين في ظروف الغرفة مما يجعل الفرق غير معنوي احصاايا (Igual etal;2010).

الجدول 5. قيم الفينولات الكلية (%) لمتوسط طرائق التخزين

Dependent Variable: الفينولات الكلية

طريقة التخزين	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
تجميد	0.819	0.007	0.805	0.833
غرفة	0.819	0.006	0.807	0.831

E: فترة التخزين

كانت نسبة الفينولات الكلية منخفضة في بداية فترة التخزين إذ لم تتجاوز (0.173 %)، وأدى التخزين إلى ارتفاع نسبة الفينولات الكلية بشكل معنوي فبلغ 0.571، 0.577، 2.252 % لكل من فترات التخزين: 3 و6 و9 أشهر على التوالي، مع الأخذ بعين الاعتبار أن نسبة الفينولات الكلية بين فتري التخزين 3 و6 أشهر لم تختلف معنوياً (LSD 5% = 0.018) (الجدول 6). حيث وجد López–Ortega, G., et al. 2023) أن منحنى الفقد شبه خطي بعد الأسبوعين الأولين: يُفسَّر بتناقص تدريجي لمحتوى الأكسجين الذائب وبداية استقرار توازن أكسدة–اختزال. حيث أن وجود القِشر مع التفريغ يُضيف مركّبات من الفلافونول مضادة للأكسدة تعمل كدرع ذاتي (Tan, et al. 2022).

الجدول6. قيم الفينولات الكلية (%) لمتوسط فترات التخزين

Dependent Variable: الفينولات الكلية

فترة التخزين	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
0بداية التخزين	0.173	0.008	0.158	0.189
3أشهر	0.571	0.010	0.552	0.590
6أشهر	0.577	0.009	0.559	0.595
9أشهر	2.252	0.010	2.233	2.272

الاستنتاجات:

1 –لوحظ تأثير معنوي على المعاملات التصنيعية التي تم تطبيقها على مركزات عصير ثمار النارنج والليمون في قيم الفينولات الكلية و فكان أعلى متوسط في أربع معاملات في نهاية فترة

التخزين أي بعد 9 أشهر، جميعها باستخدام طريقة التفريغ، ومع القشر وبكلا طريقتي الحفظ (تجميد أو غرفة) لنوعي الثمار الليمون والنارنج، وكانت المعاملات المذكورة تلك هي المعاملات الأفضل.

2 –أثر نوع الثمار بشكل واضح على النسبة المئوية للفينولات الكلية في مركزات عصيري النارنج والليمون حيث ارتفع المتوسط العام للنسبة المئوية للفينولات بفارق معنوي عند مستوى ثقة 0.05 عند استخدام ثمار النارنج حيث كانت تحتوي على نسبة أعلى من الفينولات مقارنة بثمار الليمون.

3 –أثرت طرائق استخلاص العصير على النسبة المئوية للفينولات حيث الفروق معنوية بين كافة الطرائق عند مستوى ثقة 0.05 حيث كانت طريقة الاستخلاص مع القشر هي الطريقة الأفضل من ناحية الحصول على نسبة أعلى من الفينولات.

4 –ظهرت فروق معنوية بين نوعي التركيز حيث كانت طريقة التركيز بالتفريغ هي الأفضل للحصول على نسبة أعلى من الفينولات الكلية.

5 –لم تؤثر طرائق التخزين في نسبة الفينولات الكلية، فلم تظهر فروق معنوية بين طريقتي التخزين بالتجميد أو بالغرفة.

6 –أدى التخزين إلى ارتفاع نسبة الفينولات الكلية بفروق معنويةعند مستوى ثقة 0.05 خلال فترات التخزين حيث أن وجود القِشر مع التفريغ يُضيف مركّبات من الفلافونول مضادة للأكسدة تعمل كدرع ذاتي.

التوصيات:

بناء على النتائج التي حصلنا عليها نوصي بما يلي:

1- ضرورة استخدام طرائق تصنيعية متداخلة الأثر (استخلاص + تركيز + طرائق تخزين) للحصول على مركزات عصير نارنج أو ليمون ذات محتوى عالي أو منخفض من الفينولات الكليةحسب الوجهة التصنيعية للعصير.

2- اجراء المزيد من الأبحاث على عصائر الفاكهة الحامضية ومركزاتها

3- ضرورة تخزين مركزات عصائر ثمار النارنج والليمون المصنعة لغايات تسويقية على درجة حرارة التجميد دون الصفر المئوي بهدف إطالة عمرها الافتراضي.

المراجع:

1. القباني صبري (1969) الغذاء لا الدواء ،دار العلم للملايين ،بيروت (الطبعة الرابعة).

2. Abad-García, B., Garmón-Lobato, S., Berrueta, L. A., Gallo, B., & Vicente, F. (2012). On line characterization of 58 phenolic compounds in Citrus fruit juices from Spanish cultivars by high-performance liquid chromatography with photodiode-array detection coupled to electrospray ionization triple quadrupole mass spectrometry. Talanta, 99, 213-224

3. Benavente-García, O., & Castillo, J. (2008). Update on uses and properties of citrus flavonoids: New findings in anticancer, cardiovascular, and anti-

inflammatory activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(15), 6185–6205.

4. Bocco, A., Cuvelier, M. E., Richard, H., & Berset, C. (1998). Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(6), 2123–2129
5. Casquete, R., et al. (2024). Quantifying the impact of high-pressure processing on the phenolic profile of citrus peels. Chemistry & Biodiversity, 22(3), e202403090
6. Chin, N. L., Yusof, Y. A., Taip, F. S., & Aziz, M. G. A. (2009). Vacuum dryingcharacteristics of guava and papaya puree. Journal of Food Engineerin90(1),86-95.
7. Cilla, A., Alegría, A., Attanzio, A., Garcia-Llatas, G., Tesoriere, L., & Livrea, M. A. (2018). Bioaccessibility of antioxidants in orange juice and orange drink: A comparative study. Food Chemistry, 261, 113–120
8. Food and Agriculture Organization. (n.d.). Principles and practices of small- and medium-scale fruit juice processing. Retrieved from
9. Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M., & Martínez-Navarrete, N. (2010). Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. Food Chemistry, 118(2), 291–299
10. Igual, M., García-Martínez, E., Camacho, M. M., & Martínez-Navarrete, N. (2011). Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. Food Chemistry, 128(1), 241–248.

11. González-Molina E., Domínguez-Perles R., Moreno D.A., García-Viguera C. (2009), "Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health", Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis Magazine Issue 51(2) Page 327-345

12. González-Molina, E., Domínguez-Perles, R., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2010). Natural bioactive compounds of Citrus limon for food and health. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 51(2), 327–345

13. Goulas, V., & Manganaris, G. A. (2012). Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of Citrus fruits grown in Cyprus. Food Chemistry, 131(1), 39–47.

14. Kawaii, S., Tomono, Y., Katase, E., Ogawa, K., & Yano, M. (2000). Quantitation of flavonoid constituents in citrus fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(9), 3567–357

15. Khan, M. K., Zill, E. H., & Dangles, O. (2020). A comprehensive review on flavanones, the major citrus polyphenols. Journal of Food Composition and Analysis, 85, 103340.

16. 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.

17. López-Ortega, G., et al. (2023). Kinetic modelling of polyphenol degradation in vacuum-processed citrus concentrates. LWT – Food Science & Technology, 176, 114651 .

18. Martin, J. (2021). Influence of sugar concentration and sugar type on the polyphenol stability of citrus syrups. Italian Journal of Food Science, 33(1), 196–205.

19. Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C., & Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. Trends in Food Science & Technology, 21(1), 3–11

20. Škerget, P., Kotnik, M., Hadolin, A.,Rižner-Hraš, M., Simonic, Ž., Knez, P.2005- Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. Food Chem., 89 pp. 191-198

21. Sharma, A., et al. (2024). Impact of storage temperature on antioxidant retention in citrus juices treated by HPP. Journal of Food Engineering, 361, 111956

22. Tan, K.-M., et al. (2022). Infusion of citrus-peel polyphenols through vacuum impregnation and its protective effect during storage. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 80, 103042.

23. Zhou, Y., Zheng, J., Li, Y., Xu, D. P., Li, S., Chen, Y. M., & Li, H. B. (2019). Natural polyphenols for prevention and treatment of cancer. Nutrients, 8(9), 515.

24. Zhu, Y., et al. (2023). Advances in extraction and purification of citrus flavonoids. Food Frontiers, 4(2), 307-326

Effect of Some Processing and Storage Treatments on the Total Phenolic Content of Bitter Orange and Lemon Juice Concentrates

Abstract

This study aimed to investigate the effect of processing and storage treatments on the total phenolic content (TPC) in concentrated bitter orange (Citrus aurantium) and lemon juices. The juice was extracted using three methods (pressing, peeling, and whole fruit with peel). The resulting juice was concentrated by two techniques (sugar addition and vacuum concentration). Concentrates were filled in triplicate into sterilized, airtight glass bottles (250 ml capacity) and stored either at room temperature (25 °C) or at freezing temperature (-18 to -20 °C) for periods of 3, 6, and 9 months. The results revealed a significant effect ($p \leq 0.05$) of processing treatments on the concentrates of bitter orange and lemon juices. The TPC was determined using a UV-visible spectrophotometer (BK-UV1900) with the Folin–Ciocalteu reagent. The highest mean TPC (4.00%) was observed in four treatments at the end of the storage period (9 months), all of which involved vacuum concentration with peel, under both storage conditions (freezing and room temperature), for both lemon and bitter orange. The lowest mean TPC (0.03%) was recorded in the treatment involving lemon fruit, pressing extraction, sugar concentration, room temperature storage, and 9 months of storage. The overall mean TPC was 0.724% for lemon and significantly increased to 0.913% for bitter orange. Extraction with peel resulted in the highest TPC (1.062%) compared to pressing. Significant differences were found between concentration methods: vacuum concentration yielded 1.305%, while sugar concentration decreased TPC to 0.333%. Storage conditions (freezing vs. room temperature) did not significantly affect TPC, with an overall mean of 0.819% for both methods. TPC was initially low (0.173%) at the beginning of storage but increased significantly over time, reaching 0.571%, 0.577%, and 2.252% after 3, 6, and 9 months, respectively, with no significant difference between the 3- and 6-month storage periods.

Keywords: Bitter orange, Lemon, Total phenolic, Juice quality, Citrus fruit.