

دراسة مقارنة ما بين الاستخلاص بطريقة سوكسليه والتقطير ببخار الماء لاستخلاص المركبات الطيارة من
أوراق النارج *Citrus x aurantium* L. المستزرع في دمشق

**A comparative study of Soxhlet extraction and hydrodistillation for the
extraction of volatile compounds from leaves of *Citrus x aurantium* L. planted
in Damascus**

لوليا شريف الحواط* ولؤي محمد العلان

Loulia Sharif Al Hawat* and Loai Mohammad Alallan

قسم العقاقير، كلية الصيدلة، جامعة دمشق، سورية

Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Damascus University, Syria

المخلص Abstract:

خلفية البحث وهدفه: تعرف أوراق النارج باحتوائها على الزيت الطيار، والذي يختلف تركيبه تبعاً لعدة عوامل منها بلد المنشأ، المناخ، وطريقة الاستخلاص. لم تحظ مكونات الزيت الطيار المستحصل من أوراق النارج بالكثير من الاهتمام في الأدبيات. لذلك اتجهت هذه الدراسة إلى مقارنة طريقتين لاستخلاص المركبات الطيارة من أوراق النارج (التقطير ببخار الماء والاستخلاص بجهاز سوكسليه).

مواد البحث وطرائقه: جمعت الأوراق من عدة مناطق في مدينة دمشق وتمت المقارنة بين طريقتي استخلاص المركبات الطيارة من خلال تحديد التركيب الكيميائي باستخدام جهاز الاستشراب الغازي الموصول بمحوري مطياف الكتلة (GC-MS). **النتائج:** نتج عن التقطير ببخار الماء زيت طيار بلون أصفر باهت وبمردود يقارب 0.5% حُدد فيه 27 مركباً، أما بالاستخلاص بجهاز سوكسليه فقد تم الحصول على خلاصة ذات لون أخضر غامق وبمردود يقارب 40% وحُدد فيها 33 مركباً. لوحظ بأن المركب الأكثر وفرة في كلا الطريقتين هو مركب خلات الليناليل بنسبة 49.79% في عينة الزيت الطيار، وبنسبة 56.01% في عينة الخلاصة. كما حققت المركبات أحادية التربين نسبة التوافر الأعلى في كلا الطريقتين بنسبة 97.16% في عينة الزيت الطيار، وبنسبة 59.77% في عينة الخلاصة.

الاستنتاجات: نستنتج إمكانية استخلاص مركب خلات الليناليل بكلا الطريقتين (التقطير ببخار الماء والاستخلاص بجهاز سوكسليه)، أما للحصول على المركبات الطيارة بمنعزل عن غيرها من المركبات فطريقة التقطير ببخار الماء هي الأفضل.

Background: *Citrus x aurantium* L. leaves are known to contain volatile oil, the composition of which varies depending on several factors, including the country of origin, climate, and extraction method. The components of the volatile oil extracted from bitter orange leaves have not received much attention in the literature. Therefore, this study aimed to compare two methods for extracting volatile compounds from bitter orange leaves (hydrodistillation and extraction with a Soxhlet extractor).

Materials and methods: Leaves were collected from several areas in the city of Damascus, and a comparison was made between the two methods for extracting volatile compounds by determining the chemical composition using a gas chromatograph connected to a mass spectrometer (GC-MS).

Results: Hydrodistillation resulted in a volatile oil with a pale yellow color, with a yield of approximately 0.5%, in which 27 compounds were identified. As for extraction with a Soxhlet

extractor, an extract of a dark green color was obtained, with a yield of approximately 40%, in which 33 compounds were identified. It was noted that the most abundant compound in both methods was linalyl acetate, at a percentage of 49.79% in the volatile oil sample, and at a percentage of 56.01% in the extract sample. The monoterpene compounds also achieved the highest availability percentage in both methods, at 97.16% in the volatile oil sample, and at 59.77% in the extract sample.

Conclusions: We conclude that it is possible to extract the linalyl acetate compound using both methods (hydrodistillation and extraction with a Soxhlet extractor), but to obtain volatile compounds isolated from other compounds, the method of hydrodistillation is the best.

الكلمات المفتاح Key words:

أوراق، نارنج، *Citrus x aurantium*، زيت طيار، خلات الليناليل، GC-MS، سوكسليه، تقطير ببخار الماء
Leaves, bitter orange, *Citrus x aurantium*, volatile oil, linalyl acetate, GC-MS, Soxhlet, hydrodistillation

المقدمة Introduction

تُعدّ النباتات الطبية مصدراً كبيراً للعديد من المركبات المستخدمة في الصناعات الدوائية والغذائية. يُعزى استخدام النباتات الطبية إلى محتواها من المركبات الفعالة حيويًا [1]. استخدمت نباتات الفصيلة السذابية Rutaceae غالباً في العلاجات الطبية بسبب محتواها العالي من المكونات الفعالة، وخاصة الزيوت الطيارة [2]. يعدّ النارنج نباتاً واعداً إلى حد كبير في مجال البحث لخصائصه الطبية العديدة [3].

يختلف التركيب الكيميائي للزيت الطيار المستحصل من الحمضيات تبعاً لاختلاف الأنواع، بلد المنشأ، المناخ، موسم الحصاد، مرحلة النضج، طرائق الاستخلاص والتحليل [3]. وقد دُرِس التركيب الكيميائي للزيت الطيار في أجزاء مختلفة من النارنج خلال فترات مختلفة. ركزت العديد من الدراسات على الزيت الطيار المستحصل من قشور النارنج وأشارت إلى أن ليمونين limonene هو المكون الرئيسي. في المقابل، أجريت دراسات أخرى على الزيت الطيار المستحصل من أزهار النارنج وأشارت إلى أن ليناالول linalool وولات لينااليل linalyl acetate هما المكونان الرئيسيان [3]. أظهرت الدراسات القليلة التي أجريت على أوراق النارنج أن ليناالول linalool هو المكون الرئيسي في الزيت الطيار. ومع ذلك، فإن مكونات الزيت الطيار المستحصل من الأوراق لم تحظ بالكثير من الاهتمام في الأدبيات [3].

الزيوت الطيارة عبارة عن أمزجة من مركبات طيارة ذات وزن جزيئي منخفض، يتم استخلاصها من أجزاء النباتات العطرية [1]. تُعدّ التربينويدات ومركبات الفينيل بروبان المكونات الرئيسية المسؤولة عن الرائحة المميزة والفعاليات الحيوية للزيوت الطيارة. تتميز الزيوت الطيارة بطبيعتها الكارهة للماء. تُستخدم العديد من الطرائق لاستخلاص الزيوت الطيارة، والتي تتضمن: الاستخلاص بالسوائل فوق الحرجة، التقطير ببخار الماء، الجرف ببخار الماء، الاستخلاص بجهاز سوكسليه، والاستخلاص بالمذيبات، بالإضافة إلى طرائق أخرى [1]. قد يختلف تركيب الزيوت الطيارة اعتماداً على طرائق الاستخلاص المطبقة. كما أنّ شروط الاستخلاص المطبقة يمكنها التأثير بشكل كبير على سير عملية الاستخلاص وكفاءتها. لذلك، من الضروري استخدام طريقة الاستخلاص المناسبة [1].

قارنت الدراسة المصرية [4] بين ثلاث طرائق مختلفة للاستخلاص وهي التقطير ببخار الماء، الجرف ببخار الماء، والتقطير ببخار الماء بمساعدة الأمواج المكروية لمقارنة التركيب الكيميائي بين عينات الزيت الطيار الناتجة من أوراق النارنج. تم تحليل عينات الزيوت الطيارة من خلال جهاز الاستشراب الغازي الموصول بكاشف التأين باللهب GC-FID وجهاز الاستشراب الغازي الموصول بمحوري مطياف الكتلة GC-MS. تم الكشف عن 35 مركباً طياراً وقياسها كميًا. مثّلت المركبات أحادية التربين Monoterpenes الفئة الأكثر وفرة في الزيوت الطيارة الثلاثة تليها المركبات أحادية ونصف التربين Sesquiterpenes.

فيه عندما تكون تكلفة الاستخلاص ذات أهمية. يتضمن التقطير ببخار الماء ثلاث عمليات فيزيائية كيميائية رئيسية: الانتشار المائي hydrodiffusion، التحلل المائي hydrolysis، والتحلل الحراري heat decomposition [1].

على ضوء ما ذكر أعلاه، فإن اختيار طريقة الاستخلاص أمر بالغ الأهمية بالنسبة للمركبات الطيارة التي سيتم استخلاصها وللحصول على المردود المرغوب فيه. لذلك تهدف هذه الدراسة إلى المقارنة ما بين طريقتي استخلاص المركبات الطيارة (التقطير ببخار الماء والاستخلاص باستخدام جهاز سوكسليه) من خلال تحديد التركيب الكيميائي لكل من عینتي الطريقتين باستخدام GC-MS.

المواد والطرائق Materials and Methods

تم إنجاز هذا البحث في مختبرات قسم العقاقير في كلية الصيدلة، جامعة دمشق، وفي مختبرات هيئة الطاقة الذرية.

- المواد الكيميائية:

ماء مقطر، أسيتون (Panreac, Spain)، نظامي الهكسان (Merck KGaA Darmstadt, Germany)، سلفات

الصوديوم اللامائية (AvonChem, United Kingdom).

- الأجهزة والأدوات المستخدمة:

ميزان حساس، مطحنة، مبخّر دوّار، جهاز تقطير نمط Clevenger، جهاز سوكسليه Soxhlet extractor، جهاز الاستشراب الغازي Agilent 7890A الموصول بمحري مطياف الكتلة GC-MS.

- جني وتحضير الأوراق:

تم جني الأوراق في شهر كانون الأول من عام 2023 ميلادي لتحقيق الفائدة المثلى من الأوراق الناتجة أثناء جني ثمار النارج [7]، من خمس مناطق (منطقة الميدان، منطقة البرامكة، ساحة الحريقة، شارع زياد بن أبي سفيان، شارع فائز منصور) في مدينة دمشق. تم تصنيف النبات في كلية الزراعة، جامعة دمشق. تم فصل الأوراق إلى قسمين: تم استخدام القسم الأول طازجاً بطريقة التقطير ببخار الماء بجهاز نمط Clevenger، أما القسم الثاني فقد تم تجفيفه في الظل لمدة 7 أيام للحفاظ على سلامة الأوراق من التلف ريثما يتم استخدامها في تحضير الخلاصة باستخدام جهاز سوكسليه.

حيث قدمت الطرائق الثلاث المتبعة في الدراسة [4] أنماطاً مختلفة من توزيع المركبات الطيارة وقد تبين الاختلاف في مكونات الزيت الطيار المستحصل بالجرف ببخار الماء عن مكونات العينات الأخرى. وقد أكدت الدراسة على أهمية الزيت الطيار لأوراق النارج باعتباره مصدراً قيماً للمركبات الطيارة لاسيما خلات اللينالول linalool acetate، خلات ألفا ترينيل α -terpinyl acetate، لينالول linalool، وأوكاليتول eucalyptol. وأظهرت الزيوت الطيارة الثلاثة فعاليات مضادة للأكسدة، وخافضة لسكر الدم، بالإضافة لدورها في حماية الأعصاب من خلال تثبيط الإنزيمات في الزجاج *in vitro*. وتعزى فعاليتها الحيوية إلى وجود أحاديّات الترپين المؤكسجة بنسبة أعلى من بقية المركبات في الزيوت الطيارة الثلاثة.

حالياً، توجد قلة في الأدبيات حول اختيار طريقة استخلاص الزيت الطيار والمركبات الطيارة من أوراق النارج. هذه الدراسة تسلط الضوء على طريقتين لاستخلاص المركبات الطيارة من أوراق النارج. تشمل طرائق الاستخلاص المطبقة في هذه الدراسة كلاً من الاستخلاص باستخدام جهاز سوكسليه والتقطير ببخار الماء باستخدام جهاز نمط Clevenger.

تعتبر طريقة الاستخلاص باستخدام جهاز سوكسليه إحدى الطرائق الفعالة في استخلاص الزيوت الطيارة [5]. هذه الطريقة بسيطة ومنخفضة التكلفة ولا تحتاج إلى ترشيح بعد الاستخلاص [6]. إحدى المزايا الرئيسية لهذه الطريقة هي إمكانية استخلاص المركبات ذات الانحلالية القليلة إلى المتوسطة. لابد من الاختيار الصحيح للمذيبات المستخدمة في هذه الطريقة وذلك للحصول على عائدٍ مرضٍ بالإضافة لتجنب فقدان المركبات الطيارة [1]. كما أن نوع المذيب المستخدم في هذه الطريقة يعتمد على قطبية المركبات المراد الحصول عليها. إن عملية الاستخلاص طويلة عادةً، مما يؤدي إلى تدمير بعض المركبات غير الثابتة بالحرارة thermolabile [1,6].

يعدّ التقطير ببخار الماء طريقة تقليدية أخرى، حيث يستخدم الماء لاستخلاص المركبات الفعالة حيويًا ويكون معظمها من الزيوت الطيارة. يتم إجراء هذه الطريقة باستخدام جهاز نمط Clevenger، حيث تُسخّن العينة المائية لتبخير المكونات الطيارة وينتج عن ذلك طبقتان (ماءية وزيتية)، ومن ثم تُفصل الطبقة الزيتية [1]. من وجهة نظر اقتصادية، فإن هذه الطريقة لا تتطلب استخدام مذيبات عضوية، مما يجعلها خياراً مرغوباً

- عملية استحصال الزيت الطيار:

(1) التقطير ببخار الماء باستخدام جهاز نمط Clevenger:

تمت تجزئة الأوراق الطازجة إلى عدة أجزاء ومن ثم تم وزن 40 غ من العينة النباتية ثم وضعت في جهاز التقطير وأضيف لها 500 مل ماء مقطر. استمرت عملية التقطير لمدة 3 ساعات. تم جمع الزيت الطيار وتجميفه باستخدام سلفات الصوديوم اللامائية، وحفظه بدرجة حرارة 4 مئوية لحين إجراء التحليل [3].

(2) باستخدام جهاز سوكلية Soxhlet:

تم وزن 15 غ من مسحوق الأوراق المجففة ثم وضعت في جهاز سوكلية كما تمت إضافة 500 مل من سائل الاستخلاص (أسيون: نظامي الهكسان) بنسبة (1:1)، واستمرت عملية الاستخلاص لمدة 4 ساعات، بمتوسط درجة حرارة 50 مئوية تقريباً، تم جمع الخلاصة ومن ثم تكتيفها باستخدام جهاز المبخر الدوار بدرجة حرارة تتراوح ما بين 30-40 مئوية [1].

- حساب المردود:

تم حساب المردود بالاعتماد على المعادلة التالية [1]:

$$\text{المردود} \% = \left(\frac{\text{حجم العينة الناتجة (مل)}}{\text{وزن الأوراق (غ)}} \right) \times 100$$

- التحليل باستخدام GC-MS [1]:

بدايةً تم تمديد العينتين باستخدام نظامي الهكسان وذلك بنسبة (1:10) (نظامي الهكسان: عينة)، ومن ثم تم حقن 1 µL من عينة الزيت الطيار المستحصل بطريقة التقطير ببخار الماء، و 2 µL من عينة الخلاصة المحضرة باستخدام جهاز سوكلية، بعد تعذر تحديد الأطياف الناتجة عن حقن 1 µL من عينة الخلاصة.

استُخدم GC-MS، حيث الحقن أوتوماتيكي ونمط الحقن Split less بدرجة حرارة 250 درجة مئوية للمحقن. استغرقت عملية التحليل 51.25 دقيقة. وقد تم تطبيق برنامج حراري مناسب، بدأت درجة حرارة الفرن من 40 درجة مئوية لمدة 3 دقائق، ثم رفعت درجة الحرارة بمعدل 4 درجات مئوية في الدقيقة حتى 150 درجة مئوية لمدة دقيقة، ثم رفعت درجة الحرارة بمعدل 8 درجات مئوية في الدقيقة حتى 260 درجة مئوية واستمرت عند هذه الدرجة لمدة 6 دقائق. وذلك باستخدام غاز الهليوم بمعدل تدفق 1.5 مل في الدقيقة. حيث العمود من نوع DB-5MS، طول 30 m، قطر 0.25 mm، وسماكة الغيلم 0.25 µm. استُخدم كاشف مطياف الكتلة ودرجة حرارة مصدر الأيونات 290 درجة مئوية مع قدرة تأين 70 eV. وتم اعتماد مكتبة NIST MS 2.3 لتحديد الأطياف.

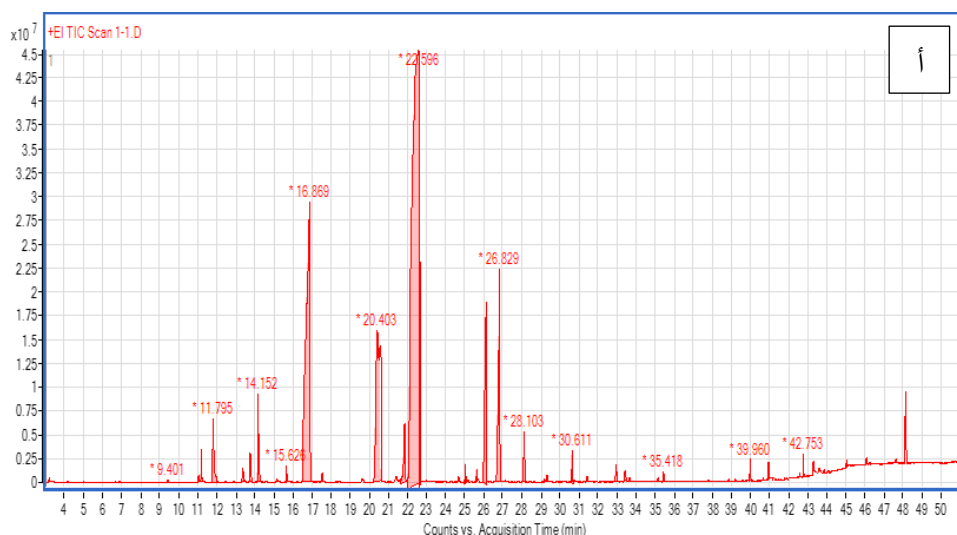
النتائج Results

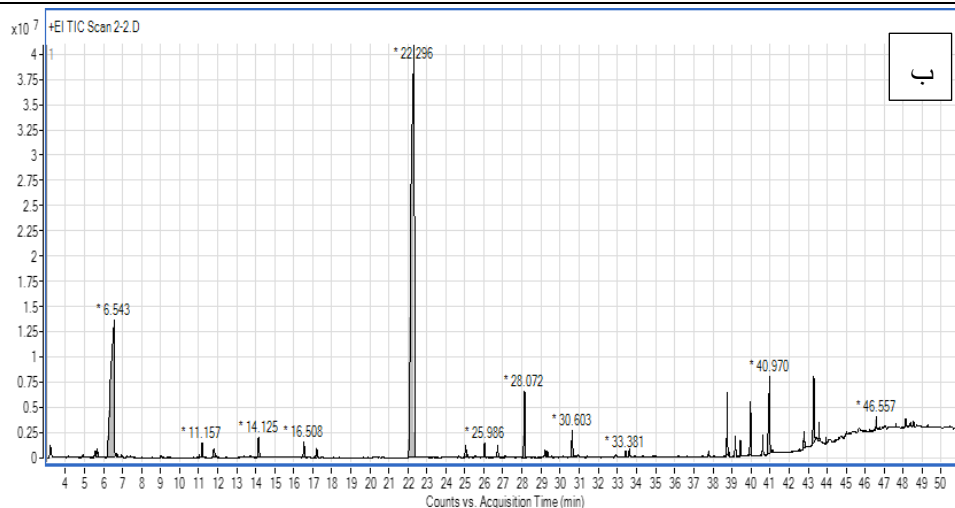
نتائج المردود:

نتج بالتقطير ببخار الماء بواسطة جهاز نمط Clevenger زيت طيار بلون أصفر باهت وبمردود يُقارب 0.5%، أما بالاستخلاص بجهاز سوكلية فقد تم الحصول على خلاصة ذات لون أخضر غامق وبمردود يُقارب 40%.

نتائج التحليل باستخدام GC-MS:

تم التعرف إلى 27 مركباً في عينة الزيت الطيار المستحصل بطريقة التقطير ببخار الماء والتي شكلت 99.99% من تركيبه، بينما تم التعرف إلى 33 مركباً في عينة الخلاصة المحضرة باستخدام جهاز سوكلية والتي شكلت 100% من تركيبه، (جدول 1، جدول 2) (شكل 1).





الشكل (1): كروماتوغرام لتحليل عيني الزيت الطيار (أ) والخلصة (ب)

الجدول (1): مركبات الزيت الطيار الناتج عن التقطير ببخار الماء بواسطة جهاز نمط Clevenger

Peak	Compound	Retention Time	Area Sum%	Classification
1	trans-β-Ocimene	9.401	0.04	Monoterpenes
2	Sabinen	11.013	0.08	Monoterpenes
3	β-Pinene	11.157	0.5	Monoterpenes
4	β-Myrcene	11.795	1.21	Monoterpenes
5	D-Limonene	13.338	0.25	Monoterpenes
6	trans-β-Ocimene	13.715	0.46	Monoterpenes
7	β-Ocimene	14.152	1.51	Monoterpenes
8	Linalool oxide	15.14	0.06	Oxolanes
9	α-Terpinolene	15.626	0.26	Monoterpenes
10	Linalool	16.869	18.04	Monoterpenes
11	Neo-alloocimene	17.507	0.15	Monoterpenes
12	α-Terpineol	20.403	10.02	Monoterpenes
13	cis-Geraniol	21.84	1.6	Monoterpenes
14	Linalyl acetate	22.596	49.79	Monoterpenes
15	Geraniol	22.634	2.72	Monoterpenes
16	γ-Elemene	25.032	0.27	Sesquiterpenes
17	α-Terpinyl acetate	25.594	0.13	Monoterpenes
18	cis-Geranyl acetate	26.1	4.1	Monoterpenes
19	Geranyl acetate	26.829	6.3	Monoterpenes
20	Caryophyllene	28.103	0.72	Sesquiterpenes
21	Bicyclogermacrene	30.611	0.53	Sesquiterpenoids
22	Nerolidol	32.918	0.21	Sesquiterpenes
23	Germacrene D-4-ol	33.389	0.15	Sesquiterpenoid
24	α-Cadinol	35.418	0.13	Sesquiterpenoid
25	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione	39.96	0.22	Oxaspiro compound
26	n-Hexadecanoic acid	40.902	0.24	Fatty Acids

27	Phytol	42.753	0.3	Diterpene
Compound group (%)				
Monoterpenes			97.16	
Sesquiterpenes			2.01	
Other			0.82	
Total			99.99	

الجدول (2): مركبات الخلاصة الناتجة عن الاستخلاص بطريقة سوكسلية

Peak	Compound	Retention Time	Area Sum%	Classification
1	Toluene	4.138	0.05	Aromatic Hydrocarbon
2	Mesityl oxide	4.879	0.08	Hexanones
3	2-Pentanone, 4-hydroxy-	5.666	0.47	Pentanones
4	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	6.543	21.48	Pentanones
5	2-Hexenal	6.699	0.11	Aldehydes
6	3-Hexen-1-ol, (Z)-	6.901	0.07	Hexanols
7	2-Heptanol, acetate	9.014	0.08	1-Methylhexyl acetate
8	α -Pinene	9.413	0.04	Monoterpenes
9	β -Phellandrene	11.016	0.1	Monoterpenes
10	β -Pinene	11.157	0.52	Monoterpenes
11	β -Myrcene	11.784	0.54	Monoterpenes
12	trans- β -Ocimene	13.715	0.12	Monoterpenes
13	cis- β -Ocimene	14.125	0.86	Monoterpenes
14	Linalool	16.508	0.67	Monoterpenes
15	Triethyl phosphate	17.177	0.52	Organophosphates
16	Linalyl acetate	22.296	56.01	Monoterpenes
17	γ -Elemene	24.99	0.4	Sesquiterpenes
18	cis-Geranyl acetate	25.986	0.51	Monoterpenes
19	Geranyl acetate	26.67	0.4	Monoterpenes
20	Caryophyllene	28.072	2.82	Sesquiterpenes
21	(E)- β -Farnesene	29.186	0.24	Sesquiterpenes
22	Humulene	29.284	0.21	Sesquiterpenes
23	Bicyclogermacrene	30.603	1.09	Sesquiterpenoids
24	Germacrene D-4-ol	33.381	0.23	Sesquiterpenoid
25	Tetradecanoic acid	37.748	0.16	Fatty Acids
26	Neophytadiene	38.732	1.59	Diterpene
27	cis-Phytol	39.427	0.44	Diterpene
28	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione	39.975	1.54	Oxaspiro compound
29	n-Hexadecanoic acid	40.97	3.92	Fatty Acids
30	Phytol	42.76	0.68	Diterpene
31	Linoleic acid	43.3	3	Fatty Acids
32	Oleic Acid	43.57	0.58	Fatty Acids

قائمة الاختصارات List of abbreviations

جهاز الاستشراب الغازي الموصول بكاشف التأين باللهب:

.GC-FID

جهاز الاستشراب الغازي الموصول بمتحري مطياف الكتلة:

.GC-MS

Ethics الموافقة الأخلاقية والموافقة على المشاركة**approval and consent to participate**

غير قابل للتطبيق.

Conflict of interests تضارب المصالح

يقر المؤلفون بعدم وجود مصالح متضاربة.

Funding التمويل

هذا البحث ممول من قبل جامعة دمشق وفق رقم الممول

.501100020595

Authors' contributions مساهمات المؤلفين

لوليا الحواط: الكتابة - المسودة الأصلية، المنهجية، تنسيق

البيانات. لؤي العلان: الكتابة - المراجعة والتحرير، الإشراف،

الموارد، المنهجية.

References المراجع

1. Fagbemi KO, Aina DA, Olajuyigbe OO. Soxhlet Extraction versus Hydrodistillation Using the Clevenger Apparatus: A Comparative Study on the Extraction of a Volatile Compound from *Tamarindus indica* Seeds. The Scientific World Journal. 2021;5961586. <https://doi.org/10.1155/2021/5961586>.
2. Odeh F, Rahmo A, Alnori AS, Chaty ME. THE CYTOTOXIC EFFECT OF ESSENTIAL OILS *CITRUS AURANTIUM* PEELS ON HUMAN COLORECTAL CARCINOMA CELL LINE (LIM1863). Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. 2012;1:6.
3. Oulebsir C, Mefti-Korteby H, Djazouli ZE, Zebib B, Merah O. Essential Oil of *Citrus aurantium* L. Leaves: Composition,

مضادة للالتهاب، مضادة للجراثيم، ومضادة للأكسدة [22]. كما أن مركب β -Farnesene (E) بالإضافة إلى فعاليته المضادة للأكسدة والمضادة للجراثيم والفطريات له فعالية مضادة للسرطان ودور في حماية الأعصاب [23]. بينما يمتلك مركب Humulene فعاليات مضادة للالتهاب، مضادة للجراثيم والطفيليات، مثبطة للنمو الخلوي، مضادة للحساسية، فعالية محاكية للقلب (مضادة لاستقبال الألم) ودور في حماية السبيل الهضمي [24].

يعود الاختلاف بالتركيب الكيميائي ونسب توافر المركبات المشتركة ما بين الطريقتين إلى اختلاف طريقة الاستخلاص المتبعة وشروط الاستخلاص [1,3].

اتفقت هذه الدراسة من حيث المركبات الثلاثة الأكثر وفرة في الزيت الطيار المستحصل بالتقطير ببخار الماء بواسطة جهاز نمط Clevenger مع نتائج الدراسة المصرية [4] فيما يتعلق بالزيت الطيار المستحصل بطريقتي التقطير ببخار الماء والتقطير ببخار الماء بمساعدة الأمواج المكروية ومع نتائج دراسات [3,13,15] والتي تم إجراؤها في اليونان، المغرب، والجزائر. تؤكد هذه النتائج انتماء الزيت الطيار الخاص بأوراق النارج المستزرع في دمشق إلى النمط الكيميائي لينالول/خلات الليناليل، ويُذكر بأنه النمط الأكثر انتشاراً [3]. يتأثر تركيب الزيت الطيار بعدة عوامل منها ظروف النمو، المناخ، نوع التربة، الارتفاع altitude، الأساليب الزراعية، مرحلة النمو، الجزء النباتي، ووقت الحصاد [25].

الاستنتاجات Conclusions

يمكن أن نستنتج بأن الزيت الطيار لأوراق النارج يمثل مصدراً هاماً للمركبات العطرية الطيارة لاسيما مركب خلالات الليناليل. لوحظ اتفاق طريقتي الاستخلاص من حيث المركب الطيار الأكثر وفرة بينما تفرقت كل منهما بتركيب مميز من المركبات الطيارة مع وجود بعض التشابه. كانت أحاديات التربين هي المركبات الرئيسية التي تم تحديدها بكل من الطريقتين. وبالتالي، نستنتج إمكانية استخلاص مركب خلالات الليناليل بكلا الطريقتين (التقطير ببخار الماء والاستخلاص بجهاز سوكسليه)، أما للحصول على المركبات الطيارة بمنعزل عن غيرها من المركبات فطريقة التقطير ببخار الماء هي الأفضل.

- Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activities of the Tunisian *Citrus aurantium* essential oils. Czech Journal of Food Sciences. 2019;37:2. <https://doi.org/10.17221/202/2017-CJFS>.
11. Pratama MD, Premjet S, Choopayak C, Premjet D. Chemical composition and antioxidant activities of essential oil from Somsa (*Citrus aurantium* L.) in Phitsanulok province, Thailand. Asia-Pacific Journal of Science and Technology. 2019;24:1.
 12. Khalid KA, Ahmed AMA, El-Gohary AE. Effect of growing seasons on the leaf essential oil composition of *Citrus* species that are cultivated in Egypt. Journal of Essential Oil Research. 2020;32:4. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1749947>.
 13. Eirini S, Paschalina C, Loannis T, Kortessa DT. Effect of Drought and Salinity on Volatile Organic Compounds and Other Secondary Metabolites of *Citrus aurantium* Leaves. Natural product communications. 2017;12:2.
 14. Okla MK, Alamri SA, Salem MZ, Ali HM, Behiry SI, Nasser RA, Alaraidh IA, Al-Ghtani SM, Soufan W. Yield, Phytochemical Constituents, and Antibacterial Activity of Essential Oils from the Leaves/Twigs, Branches, Branch Wood, and Branch Bark of Sour Orange (*Citrus aurantium* L.). Processes. 2019;7:6. <https://doi.org/10.3390/pr7060363>.
 15. El Kharraf S, Faleiro ML, Abdellah F, El-Guendouz S, El Hadrami EM, Miguel MG. Simultaneous Hydrodistillation-Steam Distillation of *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula angustifolia* and *Citrus aurantium* from Morocco, Major Terpenes: Impact on Biological Activities. Molecules. 2021;26:18. <https://doi.org/10.3390/molecules26185452>.
 16. AL Ani KA, Minnat TR, Jalyl OK. Phytochemical Analysis and Inhibitory Effect of *Citrus aurantium* L. (Bitter Orange) Leaves on some Bacterial Isolates *in vitro*. Diyala J Pure Sci. 2017;13.
 17. Hashimoto M, Takahashi K, Unno T, Ohta T. Linalyl acetate exerts analgesic effects by inhibiting nociceptive TRPA1 in mice. Antioxidant Activity, Elastase and Collagenase Inhibition. Agronomy. 2022;12:6. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061466>.
 4. Elhawary EA, Nilofar N, Zengin G, Eldahshan OA. Variation of the essential oil components of *Citrus aurantium* leaves upon using different distillation techniques and evaluation of their antioxidant, antidiabetic, and neuroprotective effect against Alzheimer's disease. BMC Complement Med Ther. 2024;24:73. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04380-x>.
 5. Mohammed HH, Laftah WA, Noel Ibrahim A, Che Yunus MA. Extraction of essential oil from *Zingiber officinale* and statistical optimization of process parameters. RSC advances. 2022;12:8. <https://doi.org/10.1039/d1ra06711g>.
 6. Phong WN, Gibberd MR, Payne AD, Dykes GA, Coorey R. Methods used for extraction of plant volatiles have potential to preserve truffle aroma: A review. Comprehensive reviews in food science and food safety. 2022;21:2. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12927>.
 7. Wang GH, Huang CT, Huang HJ, Tang CH, Chung YC. Biological Activities of *Citrus aurantium* Leaf Extract by Optimized Ultrasound-Assisted Extraction. Molecules. 2023;28:21. <https://doi.org/10.3390/molecules28217251>.
 8. Nidhi P, Rolta R, Kumar V, Dev K, Sourirajan A. Synergistic potential of *Citrus aurantium* L. essential oil with antibiotics against *Candida albicans*. Journal of ethnopharmacology. 2020;262. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113135>.
 9. Mejri H, Khetatfa T, Aidi Wannes W, Smaoui A, Saidani Tounsi M. Histochemistry, chemical composition and antioxidant activity of *Citrus aurantium* L. essential oil during leaf development. Journal of Essential Oil Research. 2022;34:4. <https://doi.org/10.1080/10412905.2022.2067255>.
 10. Ben Bnina E, Hajlaoui H, Chaieb I, Daami-Remadi M, Ben Said M, Ben Jannet H.

- Biomedical research. 2024;45:3. <https://doi.org/10.2220/biomedres.45.125>.
18. Rafique F, Mushtaq MN, Ahmed H, Younis W. Evaluation and estimation of diuretic activity of the linalyl acetate in the rats. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*. 2024;83. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.277354>.
19. Jugreet BSh, Mahmoodally MF. Pharmacological properties of essential oil constituents and their mechanisms of action. In: Swamy MK, editor. *Plant-derived Bioactives Chemistry and Mode of Action*. Springer; 2020. p. 387-415.
20. Sadgrove NJ, Padilla-González GF, Leuner O, Melnikovova I, Fernandez-Cusimamani E. Pharmacology of Natural Volatiles and Essential Oils in Food, Therapy, and Disease Prophylaxis. *Front Pharmacol*. 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.740302>.
21. An Q, Ren JN, Li X, Fan G, Qu SS, Song Y, Li Y, Pan SY. Recent updates on bioactive properties of linalool. *Food & function*. 2021;12:21. <https://doi.org/10.1039/d1fo02120f>.
22. Adem Endris Y, Abdu KY, Abate SG. Investigation of bioactive phytochemical compounds of the Ethiopian medicinal plant using GC-MS and FTIR. *Heliyon*. 2024;10:15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34687>.
23. Russo EB, Marcu J. Cannabis Pharmacology: The Usual Suspects and a Few Promising Leads. *Advances in pharmacology*. 2017;80. <https://doi.org/10.1016/bs.apha.2017.03.004>.
24. Dalavaye N, Nicholas M, Pillai M, Erridge S, Sodergren MH. The Clinical Translation of α -humulene - A Scoping Review. *Planta medica*. 2024;90:9. <https://doi.org/10.1055/a-2307-8183>.
25. Moghaddam M, Mehdizadeh L. Chemistry of essential oils and factors influencing their constituents. In: Grumezescu AM, Holban AM, editors. *Soft Chemistry and Food Fermentation*. Elsevier; 2017. p. 379–419. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811412-4.00013-8>.