A Comparison of Some Organic Solvents with Different Polarities for The Extraction of Nicotine from Tobacco Dust

Rana Idrees[*]
Dr. Rimaz Nasser[**]
Dr. Lina Alwary[***]

(Received 13 / 4 / 2026. Accepted 28 / 6 / 2026)

□ ABSTRACT □

Tobacco is one of the most important non-food crops in agriculture worldwide, where tobacco manufacturing processes generate large quantities of tobacco dust, which is rich in the compound nicotine, that can be extracted and utilized in various applications. In this study, three organic solvents of different polarities were used to extract nicotine from tobacco dust: ethanol (polar), ethyl acetate (medium polarity), and n-hexane (non-polar). The extraction process was carried out using a Soxhlet apparatus, and nicotine concentrations in the extracts were measured using high-performance liquid chromatography (HPLC) with a diode array detector (DAD SPD-M 20A). The results showed significant variation in nicotine concentrations among the extracts, with a concentration of 13.90 mg/g in the ethanol extract, 10.15 mg/g in the ethyl acetate extract, and 3.65 mg/g in the n-hexane extract. This variation is attributed to the polar nature of the nicotine molecule, which makes it more soluble in polar solvents in accordance with the "like dissolves like" principle. Based on the results, ethanol was found to be the most suitable solvent for extracting nicotine from tobacco dust due to its high efficiency, low toxicity, and acceptable cost.

Keywords: Tobacco dust, nicotine, extraction, Soxhlet, HPLC.

Copyright **:**Latakia University Journal (Formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **Master's student, Higher Institute for Environmental Research, Latakia University(Formerly Tishreen), Latakia, Syria. rana.idrees@latakia-univ.edu.sy ,**
[**] **Assistant Professor, Higher Institute for Environmental Research, Latakia University (Formerly Tishreen) , Latakia, Syria. rimaz.nasser@latakia-univ.edu.sy**
[***] **Assistant Professor, Higher Institute for Environmental Research, Latakia University (Formerly Tishreen) , Latakia, Syria. Lina.alwary@latakia-univ.edu.sy**

المقارنة بين بعض المذيبات العضوية مختلفة القطبية في استخلاص النيكوتين من غبار التبغ

رنا ادريس [*]

د. رماز ناصر [**]

د. لينا الوعري [***]

(تاريخ الإيداع13 / 4 / 2026. قبل للنشر في 28 / 6/ 2026)

□ ملخّص □

يُعد التبغ أحد أهم المحاصيل غير الغذائية في الزراعة على مستوى العالم، حيث تنتج عمليات تصنيع التبغ كميات كبيرة من غبار التبغ، وهو غني بمركب النيكوتين الذي يمكن استخلاصه واستخدامه في تطبيقات مختلفة. استخدم في هذه الدراسة ثلاثة مذيبات عضوية مختلفة القطبية لاستخلاص النيكوتين من غبار التبغ وهي الإيثانول (قطبي)، خلات الإيثيل (متوسط القطبية)، n–الهكسان (غير قطبي) أُجريت عملية الاستخلاص باستخدام جهاز سوكسوليه، قيست تراكيز النيكوتين في المستخلصات باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) مع كاشف الأشعة فوق البنفسجية (DAD SPD- M 20A). أظهرت النتائج تبايناً كبيراً في تراكيز النيكوتين في المستخلصات، حيث كان تركيزه في مستخلص الإيثانول 13.90mg/g، وتركيزه في مستخلص خلات الإيثيل 10.15mg/g، وفي مستخلص n–الهكسان 3.65mg/g. يعزى هذا الاختلاف إلى الطبيعة القطبية لجزيء النيكوتين، مما يجعله أكثر قابلية للذوبان في المذيبات القطبية وفقاً لقاعدة "الشبيه يذيب الشبيه". بناءً على النتائج، تبين ان الإيثانول هو المذيب الأفضل لاستخلاص النيكوتين من غبار التبغ نظراً لكفاءته العالية، وسميته المنخفضة، وتكلفته المقبولة.

الكلمات المفتاحية: غبار التبغ، النيكوتين، استخلاص، Soxhlet، HPLC.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)– سوريا، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

[*] **طالبة ماجستير، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.**
rana.idrees@latakia-univ.edu.sy

[**] **مدرس، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة اللاذقية(تشرين سابقاً)، اللاذقية، سوريا.**
rimaz.nasser@latakia-univ.edu.sy

[***] **مدرس، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة اللاذقية، اللاذقية(تشرين سابقاً)، سوريا.**
Lina.alwary@latakia-univ.edu.sy

مقدمة:

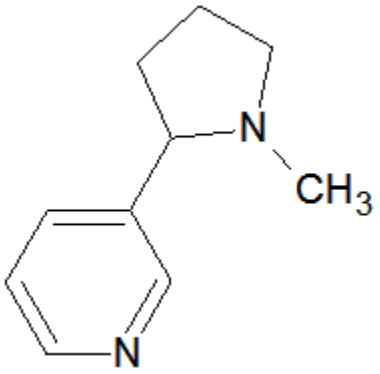
التبغ هو من النباتات العشبية الحولية ينتمي إلى الجنس *Nicotiana* وهو من الفصيلة الباذنجانية ويتمتع بأهمية اقتصادية كبيرة، كما يصنف من أكثر المحاصيل زراعةً على مستوى العالم بسبب قدرته على التأقلم مع الظروف المناخية والأنواع المختلفة من الترب [1]. تحتل الصين المرتبة الأولى عالمياً في إنتاج واستهلاك التبغ حيث يقدر إنتاجها بين 4 إلى 5 ملايين طن سنوياً [2]. بينما على الصعيد المحلي السوري تحتل زراعة التبغ المرتبة الثالثة من حيث المساحة المزروعة بعد القطن والشوندر السكري. تنتشر زراعته عبر سورية في اللاذقية وطرطوس وإدلب والغاب، ومن الأصناف المزروعة في سورية البلدي (شك البنت)، بصما، برلي، فرجينيا إضافةً إلى التتباك [3].

يمر انتاج هذه الأصناف عبر سلسلة متتابعة من المراحل المهمة، تبدأ بالزراعة ثم التجفيف والتخزين وتنتهي بمرحلة التصنيع وذلك لتحويل أوراقه إلى سجائر [4]. يرافق مرحلة التصنيع مخرجات ثانوية على شكل نفايات صلبة بكميات كبيرة تتجمع أثناء المعالجة وتتألف في غالبيتها من مخلفات التفتيت (خردة)، والعروق الوسطى (ضلع أوسط) والجزيئات الدقيقة (غبار) [5].

يُعد غبار التبغ منتجاً ثانوياً ناتجاً عن عمليات تصنيع التبغ ومعالجته ويتكون من جزيئات دقيقة للغاية لا تستخدم عادةً في صناعة التبغ [6]. أظهر التحليل الكيميائي لعينة من هذا الغبار مأخوذة من أحد المصانع أنه غني بالعناصر المغذية الأساسية للنبات كالنتروجين والفوسفور والبوتاسيوم إلا أنه يحتوي في الوقت نفسه على تركيز مرتفع من النيكوتين [7]. بينما يشير المحتوى الوافر من النتروجين إلى إمكانية توظيفه كمصدر سمادي [8]. ولكن وجود النيكوتين يحمل تأثيراً سلبياً على الكائنات الحية الدقيقة في التربة وايضاً على خصوبة التربة مما يقلل من إنتاجية المحاصيل وهذا يستدعي معالجة مسبقة لإزالة سمية النيكوتين قبل أي استخدام زراعي محتمل [9,10].

النيكوتين (Nicotine) مركب عضوي قاعدي (شبه قلوي) ثنائي الحلقة، يتكون من حلقة بيريدين مرتبطة بحلقة البيروليدين صيغته الجزيئية $C_{10}H_{14}N_2$ كما هو موضح في (الشكل 1). وكتلته المولية 162.23 g/mol. يظهر في شكله النقي على هيئة سائل زيتي عديم اللون مائل إلى الأصفر الباهت، مع نقطة غليان 247^{o} C [11,12]. يشكل النيكوتين مايقارب 95% من مجموع القلويدات في نبات التبغ [13]. وتتراوح نسبته في الأوراق بين 0.3% حتى 5% وقد تصل إلى 7% في بعض الأصناف [14]. وهو سهل الذوبان في الماء والمذيبات العضوية [15]. يُستخدم النيكوتين الحر كمبيد حشري فعال نظراً لسميته العالية للحشرات، ويتميز بقابلية تحلله الحيوي مقارنةً ببعض المبيدات الاصطناعية طويلة الأمد [16]. كما يدخل النيكوتين في المجال الطبي كمادة أولية في تصنيع أدوية لعلاج بعض الأمراض العصبية كالزهايمر، وفي المجال الصناعي حيث تؤدي أكسدته إلى إنتاج حمض النيكوتينيك (فيتامين B_3) [17].

يبرز دور النيكوتين كمادة مهمة في عدة مجالات ولتمكين هذه الاستخدامات لابد من استخلاصه، ونظراً لخصائصه الذوبانية، تُمثل تقنية الاستخلاص بالمذيبات العضوية حلاً مناسباً لاسترداده. وتعرف هذه التقنية بأنها عملية فصل تستهدف عزل مركب أو عدة مركبات من مزيج معقد باستخدام مذيب عضوي [12]. لكي تكون هذه العملية فعالة، لا بد من اختيار مذيب مثالي يتمتع بمواصفات محددة، أبرزها: الانتقائية العالية تجاه النيكوتين، الذوبانية الممتازة، التكلفة المقبولة، والسلامة من حيث السمية والتأثير البيئي [18].



الشكل(1) الصيغة الكيميائية للنيكوتين [19].

تمت دراسة عدة طرائق لاستخلاص النيكوتين من غبار التبغ ومن بين هذه الطرائق طريقة الاستخلاص باستخدام السوكسوليه Soxhlet وهي تقنية استخلاص شاملة بالنقع المستمر تستخدم على نطاق واسع في التحاليل المخبرية للمواد المستقرة حرارياً، تعتمد هذه الطريقة على استخلاص المركبات من المواد الصلبة باستخدام مذيب نقي، ويعمل بشكل مستمر دون الحاجة لإضافة مذيب جديد، مبدأ عملها يسخن المذيب في الحوجلة فيتحول إلى بخار، يصعد عبر أنبوب التصاعد إلى المكثف، فيتكثف ويتساقط على العينة الصلبة داخل حجرة الاستخلاص. عندما يمتلئ السائل في الحجرة، يتم سحبه تلقائياً بحسب قوانين بيرنولي للسوائل عبر أنبوب السيفون ليعود إلى الحوجلة. تتكرر هذه الدورة حتى يكتمل الاستخلاص. تتميز هذه الطريقة بمزايا عديدة، اولاً كفاءة استخلاص عالية نتيجة تعرض العينة للمذيب بشكل مستمر، ثانياً تضمن هذه الطريقة تأثير حراري على العينة مما يساعد على تحسين قابلية ذوبان المركبات، ثالثاً سهولة التشغيل وتكلفتها المنخفضة [20,21]. ومع ذلك هذه التقنية لا تتناسب مع استخلاص المركبات الحساسة للحرارة لأنه قد يؤدي إلى تحلل أو تغيير في التركيب الكيميائي لهذه المركبات. [22]

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في الاستفادة من غبار التبغ وهو المنتج الثانوي في صناعة التبغ من خلال استخلاص النيكوتين الذي يعد مادة فعالة ذات قيمة في العديد من المجالات.

يهدف هذا البحث إلى:

- استخلاص النيكوتين باستخدام مذيبات مختلفة القطبية
- تحديد المذيب الأمثل لاستخلاص النيكوتين من غبار التبغ باستخدام جهاز Soxhlet

طرائق البحث ومواده:

المواد والأدوات المستخدمة:

المواد المستخدمة:

محلول عياري للنيكوتين بنقاوة 99.2% إنتاج شركة Analytical Standard solutions الفرنسية.

إيثانول تجاري (95%).

الميثانول Honeywell بنقاوة 99.9%

اسيتونتريل Alpha chemika بنقاوة 99.9%

حمض الخل Merck بنقاوة 99.8%.

خلات الصوديوم (Ytmedia) بنقاوة 99%.

خلات الإيتيل SCP Science نقاوة 95%.

نظامي الهكسان Chem- LabNV بنقاوة 95%.

ماء مقطر.

زجاجيات (بيشر– أسطوانة مدرجة– بوالين معايرة بأحجام مختلفة).

الأجهزة المستخدمة:

- جهاز Soxhlet المؤلف من سخان مينتل متعدد درجات التسخين وحوجلة سعة 250ml، ومستودع سعة 100ml، ومبرد.
- جهاز المبخر الدوار صناعة Heidolph، سرعة الدوران (30-270rpm) مجال درجة الحرارة ($20\text{-}180^{o}C$) حدود الضغط (10-1000mbar) موجود في المعهد العالي لبحوث البيئة– جامعة اللاذقية.
- جهاز الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء (HPLC) إنتاج شركة Shimadzu اليابانية مزود بكاشف الأشعة فوق البنفسجية (DAD SPD- M 20A) موصل بمعالج نموذج (CBM-20A) موجود في المعهد العالي لبحوث البيئة– جامعة اللاذقية.

العمل المخبري

- **جمع العينات وتحضيرها:**

جُمعت عينات غبار التبغ من خطوط الإنتاج بالمؤسسة العامة للتبغ في محافظة اللاذقية، في عام 2024. خضعت العينات المُجمَّعة أولاً لعملية تجفيف في درجة الحرارة 105 °C لمدة 5 ساعات للتخلص من الرطوبة الزائدة. ثم نُخِّلت باستخدام مناخل قياسية من نوع ستانلس–ستيل بقطر يبلغ 1mm لضمان تجانس الحبيبات وإزالة الشوائب. أخيراً، حُفظت العينات المُجهَّزة في أكياس من مادة النايلون، مُحكمة الإغلاق، وذلك بعيداً عن الضوء والرطوبة، وفي درجة حرارة الثلاجة (4 °C) إلى حين الاستخلاص [23].

- **الاستخلاص بالمذيبات:**

استخلاص النيكوتين باستخدام جهاز السوكسوليه

وزنت كمية 5g من غبار التبغ، ثم وضعت في خرطوشة Soxhlet، أُضيف لها 250ml من المذيبات (الإيثانول– خلات الايتيل و n–الهكسان) في حوجلة جهاز Soxhlet استمرت عملية الاستخلاص باستخدام الجهاز لمدة ساعتين. بعد اكتمال الاستخلاص، بُخر المذيب باستخدام المبخر الدوار تحت الظروف التالية:

الإيثانول على درجة حرارة $35^{o}C$ وضغط 78 mbar

خلات الايتيل على درجة حرارة $35^{o}C$ وضغط 200 mbar

n–الهكسان على درجة حرارة $35^{o}C$ وضغط 250 mbar

استمر التبخير حتى الحصول على 2ml من المستخلص بعدها بُخرت 2ml الباقية تحت تيار هادئ من غاز الأزوت حتى الحصول على مستخلص مركز شبه جاف. ثم أُعيد إذابة المستخلص المركز في الميثانول بحجم مقداره 10ml. أخيراً، رُشح المحلول باستخدام مرشحات غشائية بقطر مسام 0.45µm نوع الفلتر Nylon ومدد 50 مرة بالميثانول استعداداً لحقنه في جهاز كروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC).

- **تحديد محتوى النيكوتين في المستخلصات العضوية**

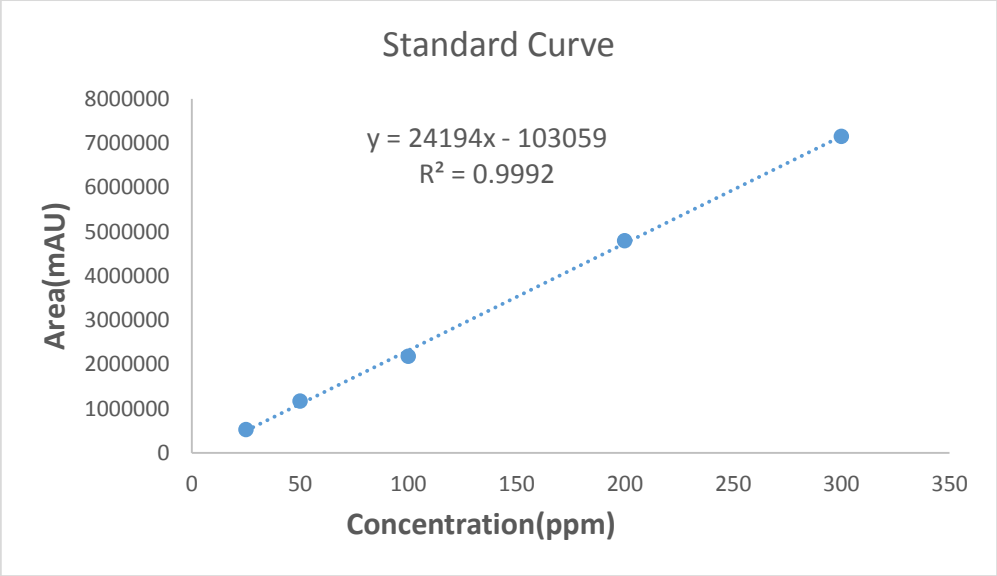
تم تحديد محتوى النيكوتين في المستخلصات العضوية باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء HPLC وفق الشروط التحليلية التالية: [23-24].

الجدول(1) الشروط المتبعة في تحليل النيكوتين على جهاز HPLC

حرارة العمود	37 °C
نوع العمود	Kromasil 100 C18 (25 * 0.46 * 5µm)
التدفق	0.7 ml/min
الكاشف	DAD SPD-M 20A
طول الموجة	260 nm
حجم الحقنة	20 µL
الطور المتحرك	(Buffer Acetate: Methanol: Acetonitrile) (30:50:20V/V)

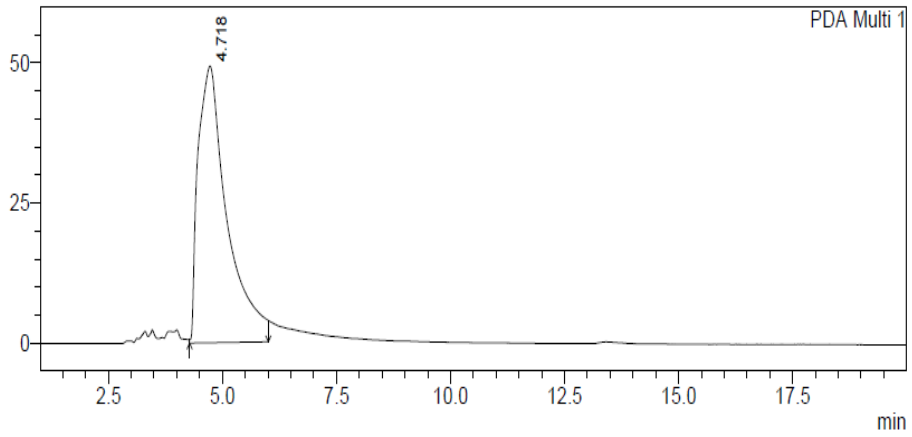
- **تحضير المحاليل العيارية للنيكوتين**

تم تحضير محلول عياري من النيكوتين بتركيز 493 mg/L باستخدام الميتانول كمحل، ومنه حُضر سلسلة من المحاليل العيارية للنيكوتين ذات تراكيز مختلفة (25, 50, 100, 200, 300) mg/L عبر التخفيف التسلسلي باستخدام الميثانول وذلك لرسم المنحني العياري كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2) السلسلة العيارية للنيكوتين

يظهر الشكل (3) قمة النيكوتين في الكروماتوغرام الناتج عن حقن المحلول العياري للنيكوتين بتركيز 100ppm والتي تظهر عند الزمن 4.718min



الشكل (3) كروماتوغرام المحلول العياري للنيكوتين بتركيز 100 ppm

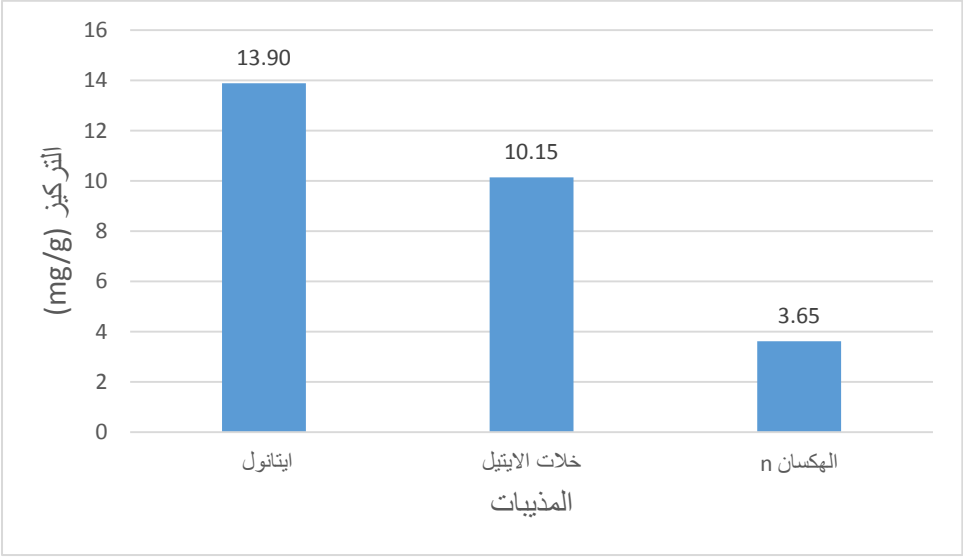
النتائج والمناقشة:

تأثير المذيبات على استخلاص النيكوتين من غبار التبغ

يوضح الجدول (2) والشكل (4) نسب استخلاص النيكوتين من غبار التبغ باستخدام ثلاثة مذيبات عضوية هي: الإيثانول، خلات الإيثيل، و n- الهكسان.

الجدول (2) محتوى النيكوتين المستخلص حسب اختلاف أنواع المذيبات

المذيب	كمية غبار التبغ (g)	محتوى النيكوتين في المستخلص قبل التمديد (ppm)	محتوى النيكوتين في المستخلص بعد التمديد(ppm)	محتوى النيكوتين في غبار التبغ (mg/g)	محتوى النيكوتين%
إيثانول	5g	6953.35	139.06	13.90	1.39%
خلات ايتيل	5g	5078.62	101.57	10.15	1.01%
n- هكسان	5g	1825.54	36.51	3.65	0.36%



الشكل (4) رسم بياني لمحتوى النيكوتين المستخلص

أظهرت النتائج وجود اختلاف كبير في المقارنة بين المذيبات المستخدمة في الاستخلاص حيث ان الإيثانول حقق أعلى محتوى استخلاص بلغ 13.90mg/g يليه خلات الايتيل بتركيز 10.15mg/g بينما كان n–الهكسان الأقل فعالية في الاستخلاص حيث بلغ التركيز 3.65mg/g

يعزى هذا الاختلاف إلى الطبيعة القطبية لكل من النيكوتين والإيثانول. فعند مزجهما، تؤدي الخاصية القطبية المشتركة بين الجزيئين إلى حدوث تجاذب بينهما حيث ينجذب الهيدروجين الموجب جزئياً الموجود في المجموعة الهيدروكسيلية (OH) في الإيثانول إلى الزوج الوحيد من الإلكترونات على نيتروجين البيروليدين في النيكوتين، مشكلاً رابطة هيدروجينية وهذا ما يفسر قابلية ذوبان النيكوتين في الإيثانول وفقاً لقاعدة الشبيه يذيب الشبيه [25].

أما خلات الإيثيل (متوسط القطبية)، تحتوي على مجموعة الكربونيل حيث تنجذب ذرة الكربون الموجبة من مجموعة الكربونيل الموجودة في خلات الايتيل إلى الزوج الالكتروني الحر لذرة النتروجين في حلقة البيروليدين في النيكوتين عبر قوى ثنائية القطب، حيث ان قوى ثنائية القطب اضعف من الرابطة الهيدروجينية لذلك أتى خلات الايتيل في المرتبة الثانية من حيث معدل الاستخلاص بينما لم يتمكن n–الهكسان (المذيب غير القطبي) من إذابة النيكوتين بشكل فعال نظراً لعدم تجانسه قطبياً معه.

وتجدر الإشارة إلى أن معدل استخلاص النيكوتين في خلات الإيثيل كان أعلى من استخلاصه في n–الهكسان بحوالي ثلاثة أضعاف، مما يؤكد أن المذيبات غير القطبية غير مناسبة لاستخلاص المركبات القطبية مثل النيكوتين، وأن استخدامها لهذا الغرض يعتبر غير مجدٍ علمياً واقتصادياً [26].

وبناءً على ذلك تم اختيار الإيثانول كأفضل مذيب لاستخلاص النيكوتين نظراً لكفاءته العالية في الاستخلاص بالإضافة إلى كونه أقل سمية وأكثر أماناً وتوافراً، وانخفاض تكلفته مقارنةً بالمذيبات العضوية الأخرى.

وبالمقارنة مع الدراسات المرجعية السابقة، أظهرت النتائج تقارباً واضحاً في تراكيز النيكوتين. فقد سجلت الدراسة المرجعية التي تمت في اليمن قيم للنيكوتين بين (7.29 – 18.74mg/g) بمتوسط 12.75mg/g في بعض العينات، وبين (11.34- 17.52mg/g) بمتوسط 14.40mg/g في عينات أخرى. هذه القيم تقع ضمن المجال نفسه الذي تم الحصول عليه في هذه الدراسة [27].

تظهر المقارنة مع دراسة مرجعية سابقة تطابقاً واضحاً في تراكيز النيكوتين، حيث تراوحت في الدراسة المرجعية التي قام فيها الباحثين Shekhar وآخرون بين (13.4 – 22.2mg/g)، بينما سجلت الدراسة الحالية تركيزاً بلغ 13.90mg/g، يؤكد هذا التوافق مع دراستنا [24].

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1. أثبتت تقنية السوكسوليه قدرتها العالية في استخلاص النيكوتين من غبار التبغ، حيث سمحت الطبيعة المستمرة والمتكررة لعملية الاستخلاص (التقطير والدوران المستمر للمذيب) بالحصول على أقصى كمية ممكنة من النيكوتين من العينة الصلبة.

2. أظهر الإيثانول أعلى نسبة استخلاص للنيكوتين، مما يجعله المذيب الأكثر فعالية لهذا الغرض، ويعود ذلك لقدرته العالية على تكوين روابط هيدروجينية مع جزيئات النيكوتين القطبية.

3. استخدام المذيبات غير القطبية مثل n- الهكسان لاستخلاص النيكوتين يعتبر غير مجدٍ اقتصادياً وعلمياً نظراً لانخفاض قدرتها على الاستخلاص بشكل كبير.

التوصيات:

1. يوصى باستخدام الإيثانول لاستخلاص النيكوتين من غبار التبغ، وذلك للأسباب التالية:
   - قدرته العالية في الاستخلاص.
   - سميته المنخفضة مقارنة بالمذيبات العضوية الأخرى.
   - توفره وسهولة الحصول عليه.
   - انخفاض تكلفته الاقتصادية.
   - كونه أكثر أماناً في الاستخدام والتعامل.
2. اقتراح اختبار مذيبات قطبية أخرى مثل الميثانول أو الأسيتون ومقارنتها بالإيثانول.
3. دراسة تأثير الحموضة في عمليات الاستخلاص.
4. اقتراح دراسة مقارنة بين تقنية السوكسوليه وتقنيات استخلاص أخرى حديثة (الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية أو الميكروويف) لنفس العينات لتحديد أفضل تقنية من حيث القدرة على الاستخلاص، الوقت والتكلفة.

References:

[1] J.Sikora, Bridge, "Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture," (131). CABI Pub, 2002.

[2] M. Banožić, I. Banjari, M. Jakovljević, D. Šubarić, S. Tomas, J. Babić, S. Jokić, "Optimization of ultrasound-assisted extraction of some bioactive compounds from tobacco waste," *Molecules,* 24(8), PP. 1611, 2019.

[3] N. Allof and M.K. Ali, "Evaluation Of Infestation Degree Of Root- Kont Nematode On Two Tobacco Varieties (Burley and flue- cured) and Surveying Of *Meloidogne* Species in the Syrian coast," *Tishreen Univ. J. Stud. Sci. Res.,* 35, 2013. (in Arabic)

[4] R. Mohammad, "The effect of frequentative irrigation at one suitable level of metallic fertilization on quantity and quality characteristics of Virginia tobacco," *Tishreen Univ. J. Stud. Sci. Res.,* 37(1), 2015. (in Arabic)

[5] F. Briški, N. Horgas, M. Vuković, Z. Gomzi, "Aerobic composting of tobacco industry solid waste—simulation of the process," *Clean Technol. Environ. Policy*,5 pp. 295–301, 2003. https://doi.org/10.1007/s10098-003-0218-7

[6] J. Zeng, K. Chen, J.P. Xie, G. Xu, J. Li, G.H. Rao, F. Yang, W.H. Gao, "Study on tobacco stem and tobacco dust making reconstituted tobacco paper-base," *Advanced Materials Research.,* 550, pp. 3316–3322, 2012.

[7] M. Civilini, C. Domenis, N. Sebastianutto, DE Bertoldi M, "Nicotine decontamination of tobacco agro-industrial waste and its degradation by micro-organisms," *Waste management & research,* 15(4), pp. 349–358, 1997.

[8] R.L. Mikkelsen, "Using Tobacco By-Products as a Nitrogen Source for Container-Grown Houseplants," *Journal of Plant Nutrition,* 26(8), pp. 1697–1708, 2003.

[9] P. Mumba, R. Phiri, "Environmental impact assessment of tobacco waste disposal," *Int. J. Environmental Research,* 2(3), pp. 225–230, 2008.

[10] P. Zhou, Q. Luo, Y. Bai, J. Zhang, M. Jia, X. Zhu, N. Wang, "Tobacco cultivation leads to the accumulation of alkaloids in the soil and causes potential risks," *J. Microchemical,* 208(112431), pp. 1-10, 2025.
[11] S.A. Al-Tamrah, "spectrophotometric determination of nicotine," **Analytica chimica acta,** 379(1-2), pp. 75–80, 1999.
[12] S. Yosef, F. Aliya, "Study of the biological activity of tobacco leaf extracts," Alwadi, Algeria. 2019. (in Arabic).
[13] J. Shen, X. Shao, "Determination of tobacco alkaloids by gas chromatography–mass spectrometry using cloud point extraction as a preconcentration step," *Analytica Chimica Acta,* 561(1-2), pp. 83–87, 2006. https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.01.002
[14] Z. Tassew, B. S. Chandravanshi, "Levels of nicotine in Ethiopian tobacco leaves," *Springer Plus,* 4(1), pp. 649, 2015.
[15] M. Taufik, R. Wanto, S.R. Cibro, D. Ardilla, M. Razali, D.M. Tarigan, "Studi Pendahuluan Maserasi Coupling Elektosintesis Dalam Mengekstraksi Nikotin Yang Terkandung Dalam Puntung Rokok Dan Analisa Menggunakan Spektroskopi Uv-Vis," *Prosiding Seminar Nasional Kimia,* pp.182–190, 2017.
[16] P.R. Whitehorn, S. O'Connor, F.L. Wackers, D. Goulson, "Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production," *Science,* 336(6079), pp. 351–352, 2012.
[17] Th. Saleh, "Isolate and purify the diagnosis and complex study of nicotine and its impact and water extracts of the tobacco plant to some species of bacterial pathogenicity," *J. Anbar pure Sci.,* 3(3), pp. 1941-1991, 2009. (in Arabic)
[18] Q. W. Zhang, L. G. Lin, W. C. Ye, "Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review," *Chinese medicine,* 13(1), pp. 20, 2018.
[19] I. Qayyum, M. Fazal-ur-Rehman, M.S. Ibrahim, "Extraction of nicotine (3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl) pyridine) from tobacco leaves separated from Gold Live Classic BrandTM cigarettes by solvent extraction approach and characterization via IR analysis," *Biosciences Biotechnology Research Asia,* 15(4), pp. 799-804, 2018.
[20] M. L. De Castro, F. Priego-Capote, "Soxhlet extraction: Past and present panacea," *Journal of chromatography A,* 1217(16), pp. 2383-2389, 2010.
[21] L. Wang, C. L. Weller, "Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants," *Trends in Food Science & Technology,* 17(6), pp. 300-312, 2006.
[22] H. B. Das, K. Majumdar, B. K. Datta, D. Ray, "Ethnobotanical uses of some plants by Tripuri and Reang tribes of Tripura," *J. Nat Prod Rad,* 8(2), pp. 172-180, 2009.
[23] J. Sukweenadhi, C. Tranku, D. Ayu, S. C. Kang, "Optimizing Nicotine Extraction and Analysis Method from Tobacco Agrowaste Extract," *In BIO Web of Conferences,* 104(00022). EDP Sciences, 2024.
[24] R. Shekhar, "Estimation of Nicotine in Tobacco Extract Using C8 Column in High Performance Liquid Chromatography," *International Journal of Human and Health Sciences (IJHHS),* 7(2), pp. 166-170, 2023.
[25] T. L. Brown, H. E. LeMay, B. E. Bursten, C. J. Murphy, P. M. Woodward, "Chemistry: The central science (12th ed.)," *Prentice Hall,* pp. 1-1064, 2012.
[26] J. Puripattanavong, C. Songkram, L. Lomlim, T. Amnuaikit, "Development of concentrated emulsion containing Nicotiana tabacum extract for use as pesticide," *Journal of Applied Pharmaceutical Science,* *3*(11), 016-021, 2013.
[27] A. T. A. Alsarahe, B. N. M. Sanad, "Determination of nicotine in domestic and imported cigarettes in Aden (Yemen) markets," *Electronic Journal of University of Aden for Basic and Applied Sciences,* 2(3), pp. 131-138, 2021.