

## التحليل الفيتوكيميائي والفعالية الأليوباتية (التضاد الحيوي) لمستخلصات حبوب الكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd)

منيرة قادري<sup>1,2\*</sup>، نسرين صالح<sup>3</sup> وعدالة شنة<sup>2,1</sup>

(1) كلية علوم الحياة والطبيعة، جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي، الجزائر؛ (2) مختبر البيولوجيا، البيئة والصحة، كلية علوم الطبيعة والحياة، الوادي، الجزائر؛ (3) مختبر الموارد الحيوية الصحراوية، الحفظ والتنميين، كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر.  
\* البريد الإلكتروني للباحث المراسل: mounira-kadri@univ-eloued.dz

### الملخص

قادري، منيرة، نسرين صالح وعدالة شنة. 2023. التحليل الفيتوكيميائي والفعالية الأليوباتية (التضاد الحيوي) لمستخلصات حبوب الكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd). مجلة وقاية النبات العربية، 41(3): 246-257. <https://doi.org/10.22268/AJPP-41.3.246257>

هدفت هذه الدراسة إلى تحديد التركيب الفيتوكيميائي لمستخلصات حبوب الكينوا البيضاء (*Chenopodium quinoa*)، وإظهار تأثيرها الأليوباتي (التضاد الحيوي) على إنبات بعض البذور مثل القمح (*Triticum durum*)، السلجم/اللفت الزيتي (*Brassica napus*) والشوندر السكري/بنجر السكر (*Beta vulgaris*). تبين من نتائج الفحص الكيميائي أن حبوب الكينوا تحتوي على الفلافونويدات، القلويدات، التانينات، المركبات المرجعة، المركبات الإستروولية، التربينات الثلاثية كما أنها غنية بالصابونيات. في خطوة ثانية، تم تقدير كل من عديدات الفينول والفلافونويدات في كل من المستخلص المائي والميثانولي، حيث بينت نتائج الفصل الكروماتوغرافي (TLC) وجود مركبات فلافونويدية من نوع فلافونول الممثل بـ Catechني، Quercetin، فلافانول/فلافون والشالكون، وباستخدام الكروماتوغرافيا (الاستشراب) السائلة عالية الأداء (HPLC) تم تحديد Caffeic Acid، Tangeretin، Acacetin، Catechin، Penta hydroxy Flavone، 2,3,4,5,7-Penta hydroxy Flavone. فيما كان تأثير المستخلصات المائية لحبوب الكينوا مثبطاً لإنبات بذور الشوندر السكري/بنجر السكر (*Beta vulgaris*) بنسبة 72%، ومحفزاً لزيادة طول الجذير والسويقة عند بذور القمح والسلجم/اللفت الزيتي.

كلمات مفتاحية: كينوا، *Chenopodium quinoa*، التأثير الأليوباتي، HPLC، عديدات الفينول، الفلافونويدات.

### المقدمة

(García-Parra et al., 2020)، وكل هذه المتغيرات تشكل تهديداً للأمن الغذائي.

أعلنت الأمم المتحدة سنة 2013 السنة الدولية للكينوا (Nowak et al., 2016) وتمت الإشارة فيه إلى الكينوا كمرشح جيد لتوفير الأمن الغذائي في مواجهة هذه التغيرات (Miranda et al., 2010). بناءً عليه زاد عدد البلدان التي تزرع الكينوا على نحو سريع من 8 دول في عام 1980 إلى 40 في عام 2010 وإلى أكثر من 100 دولة في عام 2021 (Pathan & Siddiqui, 2022). أظهرت الكينوا تنوعاً وراثياً واسعاً يسمح لها بالتكيف مع أكثر الظروف البيئية قسوة كالجفاف، الملوحة العالية والصقيع (Miranda et al., 2010)، وإملاكها لتركيبية غذائية غنية بالدهون، الألياف، الفيتامينات والمعادن (Navruz-Vari & Sanlier, 2016). كما أنها تحتوي على بروتين عالي الجودة والذي يحتوي على جميع الأحماض الأمينية بما في ذلك الليسين، الميثيونين والثريونين النادرة في الحبوب والبقوليات (Choukr-Allah et al., 2016)؛

لقد أصبحت صحة الإنسان والأمن الغذائي ذات أهمية متزايدة، فالיום يعاني حوالي 1 من كل 8 أفراد من نقص التغذية المزمن، بينما وصلت أمراض داء السكري، السمنة واضطرابات التمثيل الغذائي إلى مستويات عالية. وعلاوة على ذلك ارتفع متوسط عمر سكان العالم من 26.6 في عام 2000 إلى 31.1 في عام 2050، مما سيؤدي على الأرجح إلى انتشار متزايد للاضطرابات المرتبطة بالعمر وهشاشة العظام، وفي الوقت نفسه فإنه من المتوقع أن يزداد الطلب على الغذاء بنسبة 70-100% بحلول عام 2050 (Godfray et al., 2010).

وتبرز مشكلة أكبر تتمثل في زيادة درجات الحرارة وفقاً للتنبؤات المناخية، كما أن الملوحة آخذة في الإزدياد بمعدل حوالي 10% سنوياً، مع تناقص تدريجي في نسب هطول الأمطار مما سيؤدي إلى الجفاف

المادة النباتية مع 500 مل من الماء المقطر أو الميثانول لمدة 24 ساعة متكررة لمدة 3 أيام (Azwanida, 2015)؛ أما الاستخلاص عن طريق الغليان، فتمّ باستعمال جهاز التكتيف لمدة 1 ساعة. بعد الترشيح جُمعت الرشاحة وبخرت باستعمال جهاز التبخير الدوراني. حفظ المستخلص عند حرارة 4°س (Zhang & Gongke, 2010).

### الحصر الكيميائي الأولي لمواد الأيض الثانوي

تمّ الكشف عن بعض مواد الأيض الثانوي والمتمثلة في: الصابونيات، الفلويديات، الفلافونويدات، التربينات الثلاثية، الاسترولات المشبعة، التانينات، الزيوت الأساسية والسكريات المرجعة وفقاً لما نشر سابقاً (Trease & Evans, 1989؛ Harborne, 1998).

### التقدير الكمي لعديدات الفينول

لتقدير عديدات الفينول الكليّة استخدم Folin-Ciocalteu حسب Singleton *et al.* (1999) حيث اعتمد على إرجاع مكونات كاشف Folin-Ciocalteu بواسطة المركبات الفينولية لتكوين الكيتون المتميز باللون الأزرق. وضع في أنبوب اختبار 125 ميكروليتر من المستخلص النباتي (1 مغ/مل) وأضيف 500 ميكروليتر من الماء المقطر مع 125 ميكروليتر من كاشف Folin-Ciocalteu. بعد مرور مدة 3 دقائق، تمّت إضافة 1250 ميكروليتر من كربونات الصوديوم (7.5%) مع 1000 ميكروليتر من الماء المقطر مع الرّج، ووضع المزيج في الظلام لمدة 90 دقيقة. بعدها تمّ قياس امتصاصية المحلول المحضّر بواسطة جهاز المطياف الضوئي عند طول موجة 760 نانومتر. استخدم حمض الجاليك (Gallic acid) بتركيز مختلفة لتحضير المنحنى القياسي، وتمّ التعبير عن النتائج بعدد الميكروغرامات المكافئة لحمض الغاليك لكل ملليغرام من وزن المستخلص (Singleton *et al.*, 1999؛ Slinkard & Singleton, 1977).

### التقدير الكمي للفلافونويدات

اتبعت طريقة Turkoglu *et al.* (2007)، وذلك بأخذ 250 ميكروليتر من المستخلص المذاب في الميثانول (1 مغ من المستخلص النباتي في 1 مل من الميثانول)، وأضيف لها 2250 ميكروليتر من الميثانول مع 100 ميكروليتر من خلات الصوديوم و 100 ميكروليتر من كلوريد الألومنيوم بتركيز 2%. رُجّت الأنابيب وحُصّنت لمدة 40 دقيقة، ثمّ تمّ قياس الامتصاصية عند طول موجة 415 نانومتر. استعمل الكرسيتين (Quercetin) لتحضير المنحنى القياسي، وتمّ التعبير عن النتائج بالميكروغرام المكافئة للكرسيتين (Quercetin) لكل ملليغرام من المستخلص الخام (Turkoglu *et al.*, 2007).

بالإضافة إلى هذه التركيبة الغذائية الغنية، فقد بيّنت الدراسات بأنّ هذه الحبوب تقلّل من مخاطر الإصابة ببعض الأمراض (Pereira *et al.*, 2019)، كما أنّها غنيّة بالمركبات النشطة حيوياً مثل مضادات الأكسدة كالبوليفينول والفلافونويد والتي تضفي على هذه الحبوب خصائص صحية مختلفة (Srujana *et al.*, 2019).

تنتمي الكينوا (*Chenopodium quinoa wild*) إلى العائلة الرامرامية (Chenopodiaceae)، جنس *Chenopodium*، موطنها الأصلي منطقة الأنديز في أمريكا الجنوبية، وبذورها ليست حبة حقيقية (محصول حبوب كاذب) بل ثمرة (Valencia-Chamorro, 2003).

الكينوا هي نبات عشبي (Herbaceous plant)، حولي، ثنائي الفلقة، رباعي الصبغيات (Viktória *et al.*, 2020)، يبلغ طوله 0.5-2 م مع عناقيد كبيرة، يتمّ إنتاجها في نهاية الساق (Ritva & Lesli, 2011). الساق منتصب ويحمل أوراقاً مختلفة ملونة بسبب وجود مادة البيتا سيانين (betacyanine)، مع نظام جذري متطور ومتشعب للغاية يصل إلى 1.5 م تحت سطح التربة مما يجعل النبات متكيفاً مع الجفاف (Bhargava *et al.*, 2006).

الثمرة عبارة عن قرحة بيضاء مفلطحة ومصفرة، قطرها من 1.5 إلى 2.5 مم، والجنين حلقي، يرجع لون الحبوب إلى مزيج القشرة والسويداء، وهناك تباين كبير في الصفات الكمية للأشكال البرية والمزروعة (Bhargava & Shilpi, 2001).

إنّ الهدف من خلال هذه الدراسة هو تقييم نبات الكينوا الذي يعدّ مصدراً غذائياً مهماً، وكذلك مصدراً علاجياً لاحتوائه على مواد الأيض الثانوي والتي تمّ الكشف عنها في هذا البحث من خلال الحصر الكيميائي الأولي، ومن خلال الفصل الكروماتوغرافي لمستخلصات حبوب الكينوا، بالإضافة إلى تسليط الضوء على التأثير الأليوباتي للمستخلصات على إنبات بعض البذور.

### مواد البحث وطرائقه

#### المادة النباتية

نُفذ البحث خلال الفترة ما بين 2021-2022. تمّ الحصول على الكينوا البيضاء من مزرعة في منطقة أم الطيور بولاية المغير في الجنوب الشرقي من الجزائر، شمال شرق الصحراء الجزائرية، والتي تمّ التأكد من نوعيتها من قبل المعهد التقني لتنمية الزراعة الصحراوية (ITDAS).

#### تحضير المستخلصات

تمّ تحضير مستخلص مائي وميثانولي (80%)، وذلك بنقع 50 مغ من

## الفصل الكروماتوغرافي (الاستشراب) باستخدام كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC)

### تحضير المستخلصات

تم تحضير المستخلصات (صلب/سائل، سائل/سائل) باستخدام مذيبات مختلفة القطبية، وذلك بوضع 30 غ من المادة النباتية (حبوب نبات الكينوا البيضاء المطحونة) في 300 مل من الإيثانول (70%) في جهاز السوكسليت (Soxhlet). ثم التبخير باستعمال جهاز التبخير الدوراني، وعمال المستخلص بالماء المقطر المغلي ليلة كاملة، رُشَّح بعدها ليتم الحصول على مستخلص مائي، وباستخدام قمع الفصل تم الحصول على المستخلص الكلوروفورمي، خلاص الأيثيل و ن-بوتانول (Hamidi et al., 2014).

### عملية الفصل بواسطة كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC)

تم إجراء الفصل الكروماتوغرافي على جميع المستخلصات (الإيثانولي، ن-بوتانولي وخلاص الأيثيل) باستخدام ألواح هلام السيليكا (20x20 سم)، واستخدام المذيب خلاص الأيثيل/الميثانول/الماء المقطر (100/25/10) وخلاص الأيثيل/الماء المقطر/حمض الخل (1/1/8)، أما المركبات القياسية فتمثلت في: الكرسيتين، حمض الجالليك، الكاتشين، حمض التانيك.

تمت الملاحظة العينية بالاستعانة بمصباح الأشعة فوق البنفسجية UV (365 و 254 نانومتر)، وباستخدام كاشف الأمونياك وكلوريد الألمنيوم، وحساب ثابت الاحتجاز (Rf) وفق العلاقة التالية:

$$Rf = (a / b)$$

حيث a = المسافة التي يقطعها المركب من نقطة البداية، b = المسافة التي يقطعها الطور المتحرك (Gloria et al., 2021).

### عملية الفصل بواسطة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)

لتحديد بعض المركبات الفينولية الموجودة في نبات الكينوا، استخدم جهاز الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)، أجريت عملية الفصل في مركز البحث العلمي والتقني للتحاليل الفيزيوكيميائية (CRAPC) في بومرداس، الجزائر. تم تحضير المستخلصات إنطلاقاً من نقع 10 مغ من المادة النباتية في 100 مل من الإيثانول (70%). استخدم جهاز كروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء من نوع YL9100Young lin المزود بمضخة ولاقط للأشعة فوق البنفسجية ومسحّن، وله المواصفات التالية: عمود الفصل 5 ميكرومتر بطول 250 ملم وقطر 4.6 ملم، الطور المتحرك يشمل الطور A حمض الخليك 1%، الطور B ميثانول (Methanol). تم الحقن بحجم 20 ميكروليتر، وسرعة 1 مل/د عند حرارة 30°س، وتمت القراءة عند طول موجة 254 نانومتر.

## التأثير الأليلوباتي

بغرض دراسة الفعالية الأليلوباتية للمستخلصات المائية لنباتات الكينوا البيضاء على إنبات بذور النباتات المختارة: القمح، السلجم/اللفت الزيتي والشوندر السكري/بنجر السكر. عوملت البذور المعقمة والمنبتة في أطباق بتري بـ 5 مل من المستخلص النباتي بتركيز 2.5، 5 و 10% (Salhi, 2012).

### المعايير المدروسة لاختبار التأثير الأليلوباتي

النسبة المئوية للإنبات: حسبت وفق المعادلة (Dhima et al., 2006):

$$TG\% = \frac{Ng \times 100}{Nt}$$

حيث TG = نسبة الإنبات، Ng = عدد البذور المنتشة، Nt = عدد البذور الكلية.

سرعة الإنبات: تم حسابها وفق معادلة هارينغتون (حسن وآخرون، 2015)، والتي تعطي فكرة عن قوة البذور، حيث تم حساب معامل السرعة (Velocity coefficient Vc) وفق التالي:

$$VC = \frac{N1 + N2 + \dots + Nn}{N1T1 + N2T2 + \dots + NnTn} \times 100$$

كما تم حساب متوسط زمن الإنبات (Average germination time AGT) والذي يمثل مقلوب السرعة، على الشكل التالي:

$$AGT = \frac{N1T1 + N2T2 + \dots + NnTn}{N1 + N2 + \dots + Nn} \times 100$$

حيث N1 = يمثل عدد البذور المنتشة خلال الزمن T1، T1 = رقم اليوم، N2 = عدد البذور المنتشة خلال الفترة من T1 إلى T2، AGT = متوسط زمن الإنبات (يوم).

قياس معدل أطوال كل من الجذير والسويقة: بعد مرور 10 أيام على الإنبات، تم قياس أطوال كل من الجذير والسويقة لكل بادرة في الطبق الواحد في كل معاملة ولكل مكرر، وذلك باستخدام ورقة ميليمترية، وحسب متوسط الأطوال لكل طبق للحصول على معدل الأطوال لكل من الجذير والسويقة.

النسبة المئوية للتنشيط (I%): يقيس هذا المعيار قدرة المركبات الموجودة في المستخلصات على تنشيط انتاش البذور، وكذا تأثيرها على طول الجذير والسويقة، بواسطة المعادلة التالية:

$$I\% = \frac{Mt - Me}{Mt} \times 100$$

حيث I% = النسبة المئوية لتنشيط، Mt = متوسط الشاهد، أي

متوسط النسبة المئوية للإنبات أو متوسط طول الجذير أو متوسط طول

كشفت النتائج عن احتواء حبوب الكينوا البيضاء على الفلويديات، التانينات، التربينات الثلاثية، الإستيرولات، المركبات المرجعة الفلافونويدات، وغناها بالصابونيات، لكنها تفتقر إلى الزيوت الأساسية، وتتوافق هذه النتائج مع ما نشره Gomez-Caravaca *et al.* (2011) والتي أظهرت غنى الكينوا بالفلافونويدات السكرية، وكذلك Hirose *et al.* (2010)، كما اتفقت مع العديد من الأبحاث حول غنى الكينوا بالصابونيات (Vega-Galvez *et al.*, 2010؛ Graf *et al.*, 2016). من جهة ثانية كشف Graf *et al.* (2016) عن وجود الفيتوستيرويدات في حبوب الكينوا.

#### التقدير الكمي لعديدات الفينول والفلافونويدات

أمكن باستخدام طريقة Singleton *et al.* (1999) التقدير الكمي لعديدات الفينول باستعمال Folin-Ciocalteu، وانطلاقاً من المعادلة الخطية للمنحنى القياسي لحمض الغاليك المحضر في الماء المقطر، الذي يعبر عن المحتوى الكمي لعديدات الفينول للمستخلصات المختلفة، بالميكروغرام المكافئ لحمض الغاليك لكل مليغرام من المستخلص النباتي (شكل A-1). كما تمّ التقدير الكمي للفلافونويدات باستعمال كلوريد الألمنيوم  $AlCl_3$ ، واستعمال المعادلة الخطية للمنحنى القياسي للكركستين المذاب في ميثانول، حيث تمّ التعبير عن النتائج بالميكروغرام مكافئ للكركستين في كل مليغرام من المستخلص (شكل B-1).

السويقة للنبور الشاهد،  $Me =$  متوسط المستخلص، أي متوسط النسبة المئوية للإنبات أو متوسط طول الجذير أو متوسط طول السويقة للنبور المعاملة بالمستخلصات لكل طبق بتري معالج بالمستخلص (Khan *et al.*, 2020).

#### التحليل الإحصائي

حسبت المتوسطات بـ (SD) باستخدام برنامج (Excel)، وحلّلت البيانات المتحصّلة عليها إحصائياً طبقاً لطريقة تحليل التباين (ANOVA) باستخدام البرنامج الإحصائي Minitab (2016) وقرنت المتوسطات الحسابية باستخدام اختبار فيشر (LSD) عند مستوى احتمال 5%.

#### النتائج

##### الحصر الكيميائي الأوّلي

بغية الكشف عن بعض مواد الأيض الثانوي، تمّ تحضير مستخلص مائي بالنقع، ومستخلص ميثانولي (80%) بالنقع والغليان، وكذا مستخلص حمضي بالنقع للكشف عن الفلويديات، وآخر إيثيلي للكشف عن التربينات الثلاثية والاستيرولات (جدول 1).

جدول 1. نتائج الكشف الكيميائي الأوّلي لمستخلصات حبوب الكينوا (*Chenopodium quinoa*)

Table 1. Screening of phytochemicals in seed extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa*).

الاستخلاص عن طريق النقع Extraction by soaking			الاستخلاص عن طريق الغليان (مستخلص ميثانولي 80%) Extraction by boiling (Methanol Extracts 80%)		مواد الأيض الثانوي Secondary metabolite
مستخلص مائي Aqueous extracts	مستخلص ميثانولي 80% Methanol extracts 80%	مستخلص حمضي Acid extracts	مستخلص مائي Aqueous extracts	مستخلص ميثانولي 80% Methanol extracts 80%	
ND	+++	-	+++	-	القلويدات Kاشف ماير Mayer
ND	+++	-	-	-	Alkaloids Kاشف وانر Wagner R
ND	+++	+++	++	+++	Kاشف دراجندروف Dragendroff R
ND	ND	+	+++	++	Saponins الصابونيات
ND	ND	+++	+++	+++	Flavonoids الفلافونويدات
ND	ND	+	+	+	Tanins التانينات
ND	ND	+++	+++	++	Reductase compounds المركبات المرجعة
+++	ND	ND	ND	ND	التربينات الثلاثية والاستيرولات المشبعة Terpens and sterols
ND	ND	ND	ND	-	Essential oil الزيوت الأساسية

(+) = وجود المادة الفعالة، (+++) = غنية بالمادة الفعالة، (++) = نسبة متوسطة للمادة الفعالة، (-) = عدم وجود المادة الفعالة، (ND) = عدم اجراء الاختبار  
(+) = presence of the active substance, (+++) = rich in substance, (++) = medium ratio, (-) = lack of active substance, (ND) = not taking the test

**جدول 2.** التقدير الكمي لكلٍ من عديدات الفينول والفلافونويدات لمستخلصات حبوب الكينوا.

**Table 2.** Quantitative determination of polyphenols and flavonoids in quinoa extracts.

المستخلص الميثانولي Methanol extract	المستخلص المائي Aqueous extract	المستخلصات Extracts
476.56±7.37 a	135.15±7.32 b	كمية عديدات الفينول (ميكروغرام مكافئ حمض الجاليك/مغ مستخلص) Polyphenols content (µg GA E/mg extract)
34.45±12.74 a	23.67±4.54 a	كمية الفلافونويدات (ميكروغرام مكافئ الكرسيتين /مغ مستخلص) Flavonoids content (µg Qu E/mg extract)

القيم التي تتبعها الحروف نفسها في الصف ذاته لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

Values followed by the same letters in the same row are not significantly different at P=0.05.

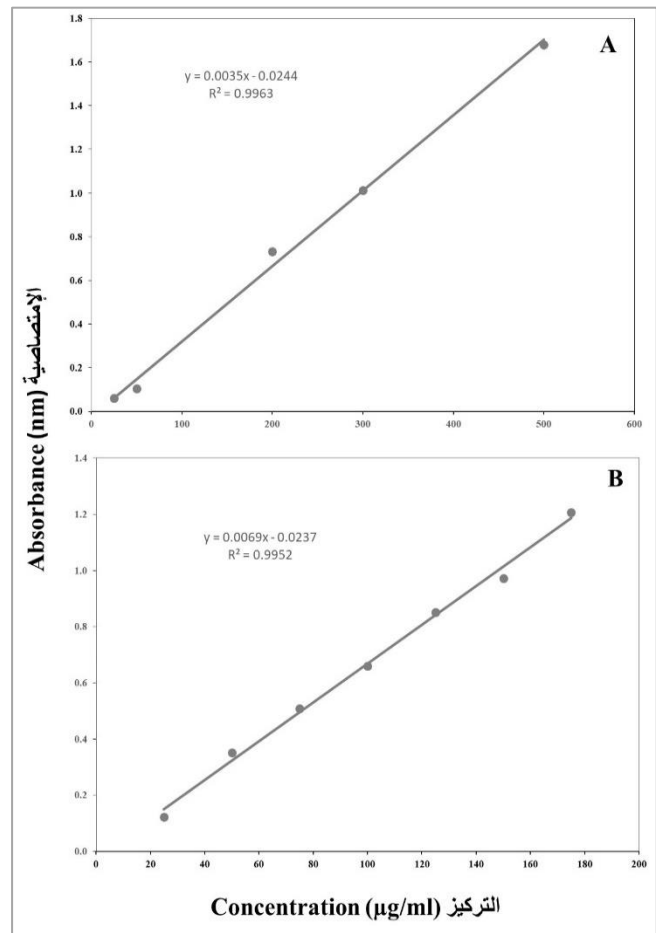
### الفصل الكروماتوغرافي

دلّت نتائج الفصل الكروماتوغرافي باستعمال كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة (TLC) على أن حبوب الكينوا تحتوي على فلافونويدات من نوع فلافون، فلافانون، فلافانول، الشالكون، اعتماداً على الألوان الظاهرة (Harborne, 1975)، أما بالاعتماد على معامل الاحتجاز فتبين وجود Quercetin و Catechin (الجدولين 3 و 4، شكل 2)، في حين أشار Hussain *et al.* (2021) إلى احتواء الكينوا على إيزوفلافون.

من خلال النتائج المتحصل عليها من التحليل النوعي للمستخلص الميثانولي لحبوب نبات الكينوا البيضاء بواسطة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) وجد بأن حبوب نبات الكينوا البيضاء تحتوي على المواد التالية: تانجرتين، أكاستين، كاتشين، حمض الكافيك، بيتا هيدروكسي فلافون (شكل 3). ويتوافق هذا مع ما ذكره Gomez-Caravaca *et al.* (2011)، والذين أكدوا على احتواء الكينوا على الفلافونويدات السكرية من نوع Flavonol glycoside مثل Quercetin و Kaempferol. وتجدر الإشارة بأن إشارة عددٍ من الباحثين لوجود مركبات أخرى منها ما له خصائص علاجية (Repo-Carrasco- Valencia *et al.*, 2010).

### التأثير الأليوباثي

احتلت ظاهرة الافراز المثبط مكانة بارزة كطريقة بديلة للمكافحة الكيميائية على الرغم من كون العمل عليها مازال متواضعاً حتى الآن من الناحية العملية. يشير مصطلح الأليوباثي إلى عملية تحرير مركبات كيميائية سامة أو غير سامة من النباتات إلى البيئة المحيطة به بحيث تؤثر في نمو وتطور مجتمع النباتات المجاورة، وسعيًا منا لمعرفة تأثير نبات الكينوا على النباتات المجاورة تمت معالجة بذور كلٍ من القمح والسلمج/اللفت



**شكل 1.** منحنى قياسي يوضح العلاقة بين تركيز حمض الجاليك وإمتصاص الضوء عند موجة 760 نانومتر (A)، والكرستين والإمتصاصية عند طول موجة 415 نانومتر (B).

**Figure 1.** Standard curve showing relationship between gallic acid and light absorbance at 760 nm wavelength (A), and quercetin and light absorbance at 415 nm wavelength (B).

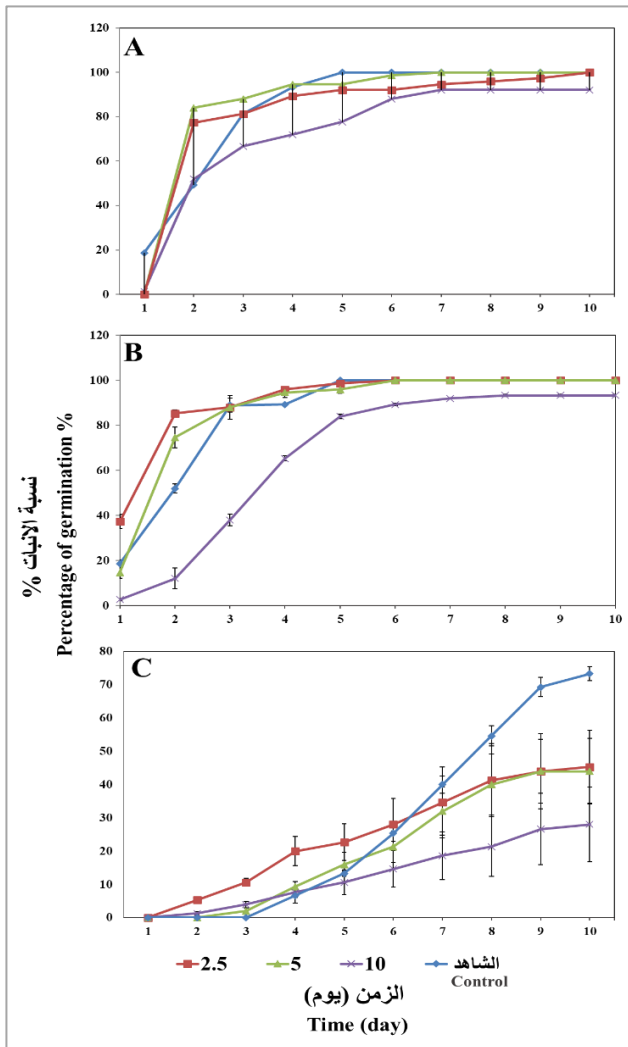
دلّت النتائج على وجود فرق معنوي في كمية عديدات الفينول بين المستخلص المائي والمستخلص الميثانولي لحبوب الكينوا البيضاء، وكانت أعلى في المستخلص الميثانولي عنه في المستخلص المائي (جدول 2). أوضحت دراسات سابقة وجود تباين في محتوى عديدات الفينول في أصناف الكينوا المختلفة (Ahmed & Kadri, 2022؛ Miranda *et al.*, 2010؛ Alvarez-Jubete *et al.*, 2010؛ Kadri *et al.*, 2021؛ Valencia *et al.*, 2010).

بالنسبة لمحتوى الفلافونويدات، لم يكن هناك فرق معنوي بين المستخلص المائي والميثانولي لحبوب الكينوا (جدول 2)، وتباينت هذه النتيجة مع دراسات سابقة لاختلاف الأصناف المختبرة (Repo-Carrasco- Miranda *et al.*, 2014؛ Kadri *et al.*, 2021؛ Valencia *et al.*, 2010).

الكينوا تحفيزياً لنمو كلٍّ من الجذير والسويقة في القمح والسلمج/اللفت الزيتي (جدول 5، شكل 4).

## المناقشة

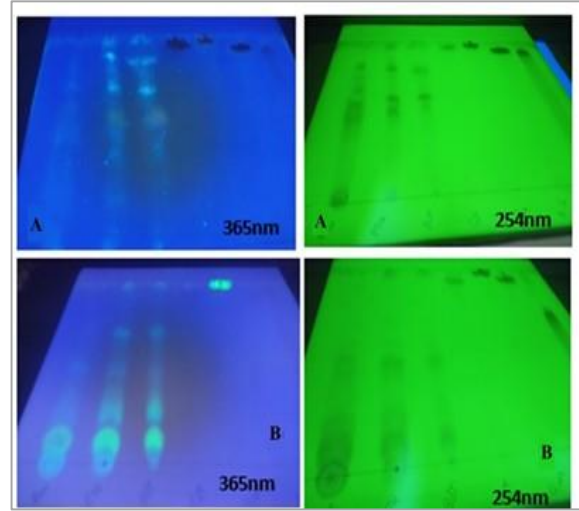
يفسر الاختلاف في كمية عديدات الفينول والفلافونويدات ونتائج الكروماتوغرافيا من مستخلص إلى آخر حسب طبيعة المركبات الفينولية في كل مستخلص، فسلوكها يختلف مع اختلاف بنيتها الكيميائية وطبيعة الوسط الموجودة فيه (حمضي - قاعدي أو متعادل) (Hayouni *et al.*, 2007)، وجد Dhanani *et al.* (2017) أن كمية الفينولات تختلف حسب المذيب المستعمل وحسب درجة الحرارة المستعملة، وتوصلوا إلى أن كمية الفينولات تختلف أيضاً حسب نوع وصف النبات حتى لو استعمل المذيب نفسه، ويعود هذا إلى الطبيعة الكيميائية لكلٍّ من المذيب والمذاب.



شكل 4. حركية الإنبات للبذور المعاملة بالمستخلص المائي لحبوب الكينوا.

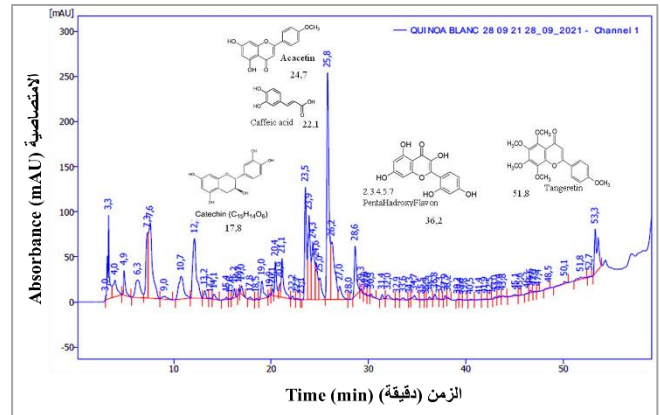
Figure 4. Germination kinetics of seeds treated with aqueous extract of quinoa.

الزيتي ونبات الشوندر السكري/بنجر السكر، بالمستخلص المائي لحبوب الكينوا وبتراكيز مختلفة.



شكل 2. نتائج الفصل الكروماتوغرافي بواسطة TLC قبل وبعد المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة 254 نانومتر و 365 نانومتر وبعد الرش بالأمونياك (نظام المذيب 1) (A)، و بكلوريد الألمنيوم (نظام المذيب 2) (B).

Figure 2. The results of chromatographic separation by TLC before and after UV treatment at wavelength of 254 nm and 365 nm and after spraying with ammonia (solvent system 1) (A), and aluminum chloride (solvent system 2) (B).



شكل 3. كروماتوغرام HPLC لعديدات الفينول لحبوب نبات الكينوا عند طول الموجة 254 نانومتر.

Figure 3. HPLC Chromatogram of polyphenols of quinoa wild at 254 nm wavelength.

بينت النتائج وجود فروقات عالية المعنوية، وأبدت الشوندر السكري/بنجر السكر حساسية عالية تجاه المستخلص المائي لحبوب الكينوا بنسبة تثبيط بحدود 55-75%، بينما كانت نسبة التثبيط ضعيفة لكلٍّ من القمح والسلمج/اللفت الزيتي وبلغت 7-8%، على التوالي، عند استخدام التركيز 10%، في حين كان تأثير المستخلص المائي لحبوب

مثل درجة الحرارة، الماء، الأوكسجين؛ وعوامل داخلية مثل حيوية الجنين ونضجه، احتواء البذرة على بعض المثبطات مثل حامض الأبسيسيك، المواد الفينولية، اليوريا وغيرها من مثبطات الإنبات. قد يكون لهذه المواد نفسها تأثير على نبات آخر، وهذا ما يعرف بالتضاد الكيميائي (Allelochemical) أو التضاد الحيوي (Allelopathy)، والذي يعرف بأنه التأثيرات الضارة أو النافعة بين النباتات الراقية وأيضاً الكائنات الدقيقة بسبب قدرتها على إفراز مواد كيميائية (ملوك، 1994).

أكدت هذه الدراسة أن للمستخلصات المائية لحبوب الكينوا تأثيراً على إنبات بذور الأنواع النباتية المختبرة (القمح، السلجم/اللفت الزيتي الشوندر السكري/بنجر السكر)، كما كان للمستخلصات تأثيراً على نمو كل من السويقة والجذير إما بشكل تثبيطي أو تحفيزي حسب نوع البذور، وتركيز المستخلص.

أما تفسير التفاوت بين النتائج المتحصل عليها في دراستنا مع نتائج الدراسات الأخرى فهو راجع إلى عدة عوامل نذكر منها: المنطقة الجغرافية، ونقص هذه العوامل المناخية والتربائية (الحرارة، الجفاف ملوحة التربة،...) (قادري، 2020؛ Kadri et al., 2022)، فعلى سبيل المثال يؤدي ارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف إلى وضع النبات في حالة إجهاد حيث تعمل المركبات الثانوية، ومن بينها المركبات الفينولية، بدور حماية النبات من مختلف الإجهادات ضد الجفاف وبالتالي يزيد تركيزها في النبات (محمد وعمر، 1993)، كذلك يتعلق الأمر بمرحلة نمو النبات (مرحلة النمو الخضري أو الزهري أو الثمري)، بالإضافة إلى الأنماط الوراثية وما قد يتعرض له النبات من طفرات وراثية، فضلاً عن طريقة الاستخلاص المستعملة ومدتها، طريقة القياس الكمي، وكذلك تركيب الكواشف اللونية المستعملة لتقدير عديدات الفينول ودرجة نقاوتها، وطبيعة الأجهزة المستعملة للدراسة (Falleh et al., 2008).

فسيولوجياً، تبدأ عملية الإنبات انطلاقاً من امتصاص البذرة للماء مروراً بهضم المغذيات فيروز الجذير. يتحكم بهذه العملية ظروف خارجية

**جدول 3.** الفصل الكروماتوغرافي بواسطة TLC قبل وبعد المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية UV وبعد الرش بالأمونياك (نظام المذيب خلات الإيثيل/الميثانول/الماء المقطر).

**Table 3.** TLC Chromatographic separation before and after UV treatment and after spraying with ammonia (ethyl acetate/methanol/distilled water solvent system).

ثابت الإحتجاز	بعد الرش بالأمونياك	المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية عند موجة 365 نانومتر	عدد البقع	نظام المذيب الأول
Frontal report (FR)	After spraying with ammonia	Treatment with UV light at 365 nm	Number of spots	Solvent system 1
0.34/0.40/0.53/0.58/0.71	أزرق / أصفر / أصفر مخضر / أصفر / أزرق نيلي	أزرق / أصفر / أزرق / أصفر / أزرق نيلي	5	المستخلص المائي Aqueous extracts
	Blue/yellow/greenish yellow/yellow/indigo blue	Blue/yellow/blue/yellow/indigo blue		
0.37/0.46/0.55/0.62/0.68/0.72/0.87	أزرق نيلي / أزرق نيلي / أصفر مخضر / أزرق / بنفسجي نيلي / أزرق نيلي	أزرق نيلي / أزرق نيلي / أصفر مخضر / أزرق / أزرق نيلي / أزرق نيلي	7	المستخلص الإيثانولي Ethanolic Extracts
	Indigo blue/indigo blue/greenish yellow/blue/indigo violet/blue/indigo blue	Indigo blue/indigo blue/greenish yellow/blue/indigo blue/blue/indigo blue		
0.41/0.46/0.53/0.61/0.63/0.68 /0.88	أزرق نيلي / أزرق نيلي / أصفر مخضر / أزرق / بنفسجي نيلي / أزرق نيلي	أزرق نيلي / أزرق نيلي / أصفر مخضر / أزرق / أزرق نيلي / أزرق نيلي	7	المستخلص ن- بوتانول n-Butanol extracts
	Indigo blue/indigo blue/greenish yellow/blue/indigo violet/blue/indigo blue	Indigo blue/indigo blue/greenish yellow/blue/indigo blue/blue/indigo blue		
0.87	Brown بني	Dark blue أزرق غامق	1	الكاتيشين Caticin
0.91	Dark brown بني داكن	Yellow أصفر	1	الكرستين Quercitin
0.83	Blackish brown بني مسود	Purple بنفسجي	1	حمض الجالبيك Galic acid
0.79	Light brown بني فاتح	Light blue أزرق فاتح	1	حمض التانيك Tannic acid

**جدول 4.** الفصل الكروماتوغرافي بواسطة TLC قبل وبعد المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية UV وبعد الرش بـكلوريد الألمنيوم (نظام المذيب خلات الإيثيل/الماء المقطر/حمض الخل)

**Table 4.** TLC chromatographic separation before and after UV treatment and after spraying with aluminum chloride (ethyl acetate/distilled water/acetic acid solvent system)

ثابت الإحتجاز Frontal report (RF)	بعد الرش بالأمونياك After spraying ammonia	المعالجة بالأشعة فوق البنفسجية عند موجة 365 نانومتر Treatment with UV light at 365 nm	عدد البقع number of spots	نظام المذيب الثاني Solvent system 2
0.075/0.15/0.32 /0.83/0.95	أخضر مصفر/أزرق نيلى/أزرق نيلى/أزرق/بنفسجي نيلى Yellowish green/indigo- blue/indigo blue/blue/ indigo violet	أخضر مصفر/أزرق نيلى/أزرق نيلى/بنفسجي نيلى Yellowish green/indigo blue/indigo blue/indigo violet/indigo violet	5	المستخلص المائي Aqueous extracts
0.05/0.13/0.28/ 0.34/0.93	أخضر مصفر/أزرق نيلى/ بنفسجي نيلى/أزرق نيلى Yellowish green/ blue/indigo blue/indigo violet/indigo blue	أخضر مصفر/أزرق نيلى/أزرق بنفسجي نيلى/بنفسجي نيلى Yellowish green/indigo blue/indigo blue/indigo violet/indigo violet	5	المستخلص الإيثانولي Ethanol Extracts
0.06/0.13/0.30/ 0.38/0.95	أخضر مصفر/أزرق نيلى/أزرق نيلى/بنفسجي نيلى/بنفسجي نيلى Yellowish green/indigo blue/indigo blue/indigo violet/indigo violet	أخضر مصفر/أزرق نيلى/أزرق نيلى/بنفسجي نيلى/بنفسجي نيلى Yellowish green/indigo blue/indigo blue/indigo violet/indigo violet	5	المستخلص ن- بوتانولي N-Boutabol Extracts
0.87	Indigo violet بنفسجي نيلى	Indigo blue أزرق نيلى	1	الكاتيشين Catechin
0.93	Light brown بني فاتح	Yellowish green أخضر مصفر	1	الكرستين Quercitin
0.88	Brown بني	Indigo violet بنفسجي نيلى	1	حمض الجاليك Galic Acid
0.86	Indigo brown أزرق نيلى	Brown بني	1	حمض التانيك Tannic Acid

إلى اختلاف المواد الأليوباتية وتراكيزها في المستخلص، وكذا حساسية النبات المستقبل لها. وكلما زاد التركيز زادت نسبة تثبيط الإنبات (Reigosa *et al.*, 1999).

وفقاً للمراجع المختلفة فإن آلية عمل المواد المثبطة للإنبات يمكن حصرها في عدة نقاط أهمها: (1) تؤثر المواد الأليوباتية على الأنزيمات المختلفة، والتي من بينها الأنزيمات التي تعمل على تكوين هرمون الأكسين فتؤدي إلى عرقلة تكوينه أو تكوينه بنسبة ضعيفة (جمعة وآخرون، 2011)؛ (2) تعمل المواد الأليوباتية على تغيير نفاذية الغشاء للمواد المعدنية (غزوان، 2011)؛ (3) خفض كمية الأصباغ النباتية (كلوروفيل أ، ب)، والكربوهيدرات، كما أثبتت الدراسة حدوث تراكم لبعض العناصر المعدنية مثل N، Zn، Mn ونقص في كمية K، P، Na (الجبوري والزهيرى، 2009)؛ (4) عرقلة امتصاص البذور للماء في مرحلة الإنبات الأولى، وانخفاض امتصاص المغذيات (Akemo *et al.*, 2000)؛ (5) تأثير المواد الأليوباتية على النشاط التنفسي للبذور وتغيير مستويات الأكسجين فيها (Regnault-Roger *et al.*, 2008).

إن تثبيط عملية الإنبات يعود إلى احتواء المستخلصات على مواد مثبطة، ومن بينها المواد الفينولية (أحماض فينولية، فلاونويدات، تانينات، كومارينات) (Jawalkar *et al.*, 2021)، ومن الأحماض الفينولية التي لها تطبيق أليوباتي معروف: أحماض السيناميك، أحماض بنزويك، الكيومارينات، أحماض الفانيليك وفيروليك (Einhelling & Leather, 1988)، وأكد فهيد (2020) على أنها مواد ذات سمية حيوية. تسهم التربينات المنتجة من طرف النبات بشكل كبير في تثبيط إنبات البذور، وكذلك في الدفاع عن النبات، ومن التربينات الأكثر فعالية:  $\alpha$ -pinene، Camphore cineol (Macías *et al.*, 2002)، وفي بحث آخر، وجد أن السيسكوتربينات المستخلصة من أوراق *Magnolia grandiflora* أدت إلى تثبيط إنبات بذور القمح (Abdelgaleil & Hashinaga, 2007). ومن المواد الأليوباتية أيضاً القلويدات، فحسب دراسة أجراها Wink *et al.* (1998) تم عزل عدة قلويدات ذات تأثير سام ومثبط لنمو البادرات. وجد من خلال الدراسة أن هناك تمة اختلاف في تأثير المستخلص المائي على الأنواع النباتية المختبرة، ويعود ذلك



مرجعة، الاستيرولات والتربينات وفلافونويدات والتي تم الكشف عن أنواع منها في هذا البحث. ومن جهة أخرى، فإن هذه المواد التي أكسبت الكينوا تأثيراً أليوباتياً يمكن استغلالها كحلٍ بديل للمبيدات العشبية للحد من نمو نباتات غير مرغوب بها، أو كبديلٍ للأسمدة الكيميائية لزيادة إنبات ونمو نباتات أخرى.

يمكننا أن نستنتج مما سبق بأن الكينوا تعدّ مرشحاً جيداً لتوفير الأمن الغذائي في ظل التغيرات المناخية المستقبلية، لأنها الأكثر تكيّفاً مع الطبيعة وذات تركيبة غذائية غنية بالبروتينات، السكريات، والمعادن، كما أنها تمتلك تركيبة وقائية وعلاجية من الأمراض لاحتواءها على مختلف مواد الأيض الثانوي من صابونيات، قلويدات، تانينات، مركبات

جدول 5. تأثير المستخلص المائي لحبوب الكينوا على إنبات بذور القمح والسلجم/اللفت الزيتي والشوندر السكري/بنجر السكر.

Table 5. Effect of quinoa aqueous extract on seed germination of Wheat, rapeseed and beetroot.

طول السويقة (سم) peduncle length (cm)			طول الجذير (سم) Root length (cm)			نسبة الإنبات (%) Germination taux (%)			التركيز (%) Concentration (%)			
الشوندر Suger beet	السلجم Rapeseed	القمح Wheat	الشوندر Suger beet	السلجم Rapeseed	القمح Wheat	الشوندر Suger beet	السلجم Rapeseed	القمح Wheat	الشوندر Suger beet	السلجم Rapeseed	القمح Wheat	
1.70± 0.10 a	7.50± 0.10 a	9.23± 0.20 a	1.23± 0.05 a	2.10± 0.10 a	5.23± 0.25 a	7.15± 0.45 a	2.40± 0.24 a	2.45± 0.47 a	73.33± 8.33 a	100.0± 0.00 a	100.0± 0.0 a	0
3.42± 0.39 b	16.06± 0.11 b	20.22± 0.19 b	3.63± 0.11 b	7.30± 0.20 a	12.00± 1.0 b	5.57± 0.23 a	1.93± 0.22 a	2.59± 0.21 a	45.33± 43.88 a	100.00± 0.00 a	100.00± 0.00 b	2.50
0.13± 0.05 c	14.03± 0.05 c	17.14± 0.18 c	0.46± 0.05 c	7.27± 0.06 va	9.13± 0.11 b	4.23± 3.68 a	2.29± 0.59 a	2.40± 0.21 a	45.33± 39.46 a	100.00± 0.00 a	100.00± 0.00 c	5
0.03± 0.05 c	7.26± 0.05 nd	13.36± 0.15 d	0.53± 0.05 c	7.03± 0.05 b	7.85± 0.79 c	2.78± 3.24 a	3.32± 0.83 a	3.05± 0.18 a	28.00± 45.08 a	93.33± 2.31 b	92.00± 0.00 d	10
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.24	0.064	0.091	0.54	0.000	0.01	قيمة P
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.54	0.000	0.000	تداخل المستخلص Interaction of extrates
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.273	0.000	0.000	0.153	0.000	0.000	تداخل التركيز Interaction of concentration
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.157	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	تداخل المستخلص* التركيز Interaction of extracts* concentration

القيم التي تتبعها الحروف نفسها في الصف نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

Values followed by the same letters in the same row are not significantly different at P=0.05

## Abstract

Kadri, M., N. Salhi and A. Chana. 2023. Phytochemical Analysis and Allelopathic Effects of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grain Extract. Arab Journal of Plant Protection, 41(3): 246-257. <https://doi.org/10.22268/AJPP-41.3.246257>

This study aimed to determine the phytochemical composition of *Chenopodium quinoa* extracts and to show their allelopathic effects on the seed germination of some plants such as wheat (*Triticum durum* L.), rapeseed (*Brassica napus* L.) and sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). The results of the chemical screening revealed that quinoa grains contain flavonoids, alkaloids, tannins, reducing compounds, sterols and triterpenes, and they are rich in saponins. polyphenols and flavonoids were determined in both aqueous and methanolic extracts. The results of TLC chromatography showed the presence of flavonoids represented by flavonol and flavanols catechin, quercetin, flavanone or flavone and chalcone. HPLC analysis identified and determined content of catechin, acacetin, tangeretin, caffeic acid and 2,3,4,5,7 Penta hydroxy flavone in methanolic extracts. Nevertheless, aqueous extracts of *Chenopodium quinoa* Willd. inhibited germination of sugarbeet seeds by 72%, and stimulated root length and peduncle growth in wheat and rapeseed seeds.

**Keywords:** *Chenopodium quinoa*, allelopathy, HPLC, polyphenol, flavonoid.

**Affiliation of authors:** M. Kadri<sup>1,2\*</sup>, N. Salhi<sup>3</sup> and A. Chana<sup>1,2</sup>. (1) Faculty of Biology and Natural Sciences, University of Echahid, H.L. Eloued, Algeria; (2) Biology, Environment and Health Laboratory, Faculty of Biology and Natural Sciences, El-oued, Algeria; (3) Desert Biological Resources, Conservation and Evaluation Laboratory, Faculty of Biology and Natural Sciences, University of Kasdi Merbah Ouaragla, Algeria. \*Email address of corresponding author: mounira-kadri@univ-eloued.dz

- الجبوري، محمود شاکر رشيد وانعام فؤاد حسين الزهيري. 2009. الأثر الأليوباتي لنبات الشيلم *Secale cereale* L. والخردل البري *Brassicai nigra* L. في تثبيط نمو بكتيريا الرايزوبيوم و تكوين العقد لنبات الباقلاء *Vicia faba* L. مجلة ديالي للعلوم الزراعية، 1(2):1-5.
- [Al-Gebori, M.S.R. and I.F.H. Al-Zuhairi. 2009. Allelopathic effect of *Secale cereale* L. and *Brassicai nigra* L. in inhibiting *Rhizobium* growth and knot formation of *Vicia faba* L. *Diyala Journal of Agricultural Sciences*, 1(2):1-5. (In Arabic)]
- جمعة، نجم عبد الله ابراهيم ونغم سعدون. 2011. تأثير المستخلصات المائية والكحولية لنبات اليوكالبتوس في انبات ونمو وحاصل نبات الحنطة *Triticum aestivum* L. مجلة ديالي للعلوم الزراعية، 2(2):761-776.
- [Jumaa, N.A.I. and N. Saadoun. 2011. Effect of water and alcoholic extracts of *Eucalyptus* plant on seed germination and grain yield of wheat *Triticum aestivum* L. *Dyali Journal of Agricultural Sciences*, 3(2):761-776. (In Arabic)]
- حسن، علاء الدين، ميرنا عشي ولميس ابراهيم. 2015. تأثير بعض المعاملات في تحسين نسبة إنبات بذور الصنوبر الكناري *Pinus canariensis* sweet ek sprengel. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، 73(2):203-216.
- [Hassan, A., M. Ashi and L. Ibrahim. 2015. Effect of some treatments in improving the germination rate of *Pinus canariensis* sweet ek sprengel seeds. *Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Biological Sciences Series*, 73(2):203-216. (In Arabic)]
- غزوان، قاسم حسن. 2011. التأثير الأليوباتي للمستخلص المائي لبذور الحنطة *Trigonella foenum* (Fenugreek graecum) في النمو الخضري والحاصل لصنفين من الحنطة. مجلة تكريت للعلوم الصرفة، 16(2):114-122.
- [Ghazwan, Q.H. 2011. Allelopathic effect of aqueous extract of *Trigonella foenum* (Fenugreek graecum) seed on vegetative growth and yield of two wheat cultivars. *Tikrit Journal of Pure Sciences*, 16(2):114-122. (In Arabic)]
- فهد، خالد عبد الرزاق. 2020. تأثير المستخلصات المائية لبعض النباتات في حياتية الحلم ذي البقعتين *Tetranychus urticae* على نبات البامياء. مجلة وقاية النبات العربية، 38(3):252-257.
- [Fahid, K.A.R. 2020. Effect of aqueous extracts of some plants on the life of the two-spot mite *Tetranychus urticae* on the okra plant. *Arab Plant Protection Journal*, 38(3):252-257. (In Arabic)]
- قادري، منيرة. 2020. دراسة بيئية كيميائية وبيولوجية لنباتين صحراوييتين نبات السدر *Zizyphus lotus* L.، نبات اللامد *Cymbopogon schoenanthus* L. رسالة دكتوراه، كلية العلوم البيولوجية، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر. 271 صفحة.
- [Kadri, M. 2020. Environmental, chemical and biological study of two desert plants, *Zizyphus lotus* L. and *Cymbopogon schoenanthus* L. Ph.D. Thesis, Faculty of
- Biological Sciences, Kasdi Merbah University, Ouargla, Algeria. 271 pages. (In Arabic)]*
- محمد، السيد هيكل وعبد الله عبد الرزاق عمر. 1993. النباتات الطبية والعطرية: كيميائها، إنتاجها وفوائدها. الطبعة الثانية. منشأة المعارف بالاسكندرية. 115 صفحة.
- [Mouhamed, E.H. and A.A.R. Omar. 1993. Medicinal and aromatic plants: their chemistry, production and benefits. The second edition. Knowledge facility in Alexandria. 115 pages. (In Arabic)]
- ملوك، محمد خزان يحيى خزان. 1994. التأثيرات الأليوباتية لنبات الرطريط النامي بالمنطقة الغربية للمملكة العربية السعودية على بعض المحاصيل والنباتات الصحراوية. رسالة دكتوراه، كلية التربية، الرئاسة العامة لتعليم البنات كلية التربية للبنات، جدة، المملكة العربية السعودية. 323 صفحة.
- [Moulok, M.K.Y.K. 1994. Allelopathic effects of ratite plant growing in the western region of the Kingdom of Saudi Arabia on some desert crops and plants. Ph.D. Thesis, College of Education, Public Presidency for Girls' Education, College of Education for Girls, Jeddah, Saudi Arabia. 323 pages. (In Arabic)]
- Abdelgaleil, S. and F. Hashinaga. 2007. Allelopathic potential of two sesquiterpene lactones from *Magnolia grandiflora* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(11):737-742.
- <https://doi.org/10.1016/j.bse.2007.06.009>
- Ahmed, M.M. and M. Kadri. 2022. Estimation of total phenols and flavonoids in extracts of *Chenopodium quinoa* International Journal of Academic Multidisciplinary Research (IJAMR), 6(2):45-49.
- Akemo, M.C., E.R. Emilie and M.A. Bennett. 2000. Weed suppression in spring-sown rye (*Secale cereale*)– pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Seed Technology*, 14(3):545-549.
- Alvarez-Jubete, L., H. Wijngaard, E.K. Arendt and E. Gallagher. 2010. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa, buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chemistry*, 119(2):770-778.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>
- Azwanida, N.N. 2015. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principles, strength and limitations. *Medicinal and Aromatic Plants*, 4:3.
- <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000196>
- Bhargava, A. and S. Shilpi. 2001. Quinoa: botany, production and uses. CABI, UK and Boston, MA, 247 pp.
- Bhargava, A., S. Sudhir and O. Deepak. 2006. *Chenopodium quinoa*-An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*. 23(1):73-87.
- <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.04.002>
- Choukr-Allah, R., N.K. Rao, A. Hirich, M. Shahid, A. Alshankiti, K. Toderich, S. Gill and K.U.R. Butt. 2016. Quinoa for marginal environments: toward future food and nutritional security in MENA and Central Asia Regions. *Frontiers in Plant Science*, 7:346. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2016.00346>

- Asian Journal of Natural and Applied Sciences, 3(3):53–63.
- Harborne, J.B.** 1975. The flavonoids: Advances in Research. Chapman and Hall, London, 744 pp.
- Harborne, J.B.** 1998. Phytochemical Methods. A Guide to Modern Techniques of Plants Analysis. Springer Science, Netherlands, 302 pp.
- Hayouni, E., M. Abedrabba, M. Bouix and M. Hamdi.** 2007. The effect of solvents and extraction method on the phenolic compounds contents and biological activities in vitro of Tunisian *Quercus coccifera* L. and *Juniperus phoenicea* L. fruit extract. Food Chemistry, 105(3):1126–1134.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.010>
- Hirose, Y., T. Fujita, T. Ishii and N. Ueno.** 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. Food Chemistry, 119(4):1300–1306.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.008>
- Hussain, M.I., M. Farooq, Q.A. Syed, A. Ishaq, A.A. Al-Ghamdi and A.A. Hatamleh.** 2021. Botany, nutritional value, phytochemical composition and biological activities of quinoa. Plants, 10(11):2258.  
<https://doi.org/10.3390/plants10112258>
- Jawalkar, N.B., S.P. Zambare and M.I. Al Ghannoum.** 2021. The potency of six medicinal plant extracts against the stored grain insect pest *Sitophilus granarius* L. Arab Journal of Plant Protection, 39(4):323–328.  
<https://doi.org/10.22268/AJPP-039.4.323328>
- Kadri, M., F. Ramdane, R. Bouzid and H. Attali.** 2021. Preliminary phytochemical screening, quantification of phenolic compounds, of plant extract from *Chenopodium quinoa*. Algerian Journal of Biosciences, 2(1):42–45.  
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5055712>
- Kadri, M., S. Goubi and N. Salhi.** 2022. GC/MS analysis and in vitro antioxidant and antibacterial activity of essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso of Algeria. International Journal of Bioscience, 20(3):99–109.  
<http://dx.doi.org/10.12692/ijb/20.3.99-109>
- Khan, S.R., S.M. Rasheed, A. Basit and S.S. Shah.** 2020. Allelopathic effects of plant parts of two invasive weeds on seed germination and seedling growth of open pollinated maize varieties. Pakistan Journal of Weed Science Research, 26(1):85–92.  
<https://doi.org/10.28941/pjwsr.v26i1.814>
- Macías, F.A., A. Torres, J.L.G. Galindo, R.M. Varelaa, J. A. Álvarez and J.M.G. Molinillo.** 2002. Bioactive terpenoids from sunflower leaves cv. Peredovick. Phytochemistry, 61(6):687–692.  
[http://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00370-9](http://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00370-9)
- Miranda, M., A. Vega-Gálvez, J. López, G. Parada, M. Sanders, M. Aranda, E. Uribea and K. Di Scalade.** 2010. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). Industrial Crops and Products, 32(3):258–263.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.019>
- Miranda, M., A. Vega-Gálvez, E. Martínez, J. López, M.J. Rodríguez, K. Henríquez and F. Fuente.** 2012. Genetic diversity and comparison of physicochemical
- Dhanani, T., S. Sonal, N.A. Gajbhiye and K. Satyanshu.** 2017. Effect of extraction methods on yield, phytochemical constituents and antioxidant activity of *Withania somnifera*. Arabian Journal of Chemistry, 10:1193–1199.  
<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.02.015>
- Dhima, K.V., I.B. Vasilakoglou, I.G. Eleftherohorinos and A.S. Lithourgidis.** 2006. Allelopathic potential of winter cereal cover crop mulches on grass weed suppression and sugarbeet development. Crop Science, 46(4):1682–1691.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci2005.09-0311>
- Einhellig, F.A. and R.G. Leather.** 1988. Potential for exploiting allelopathy to enhance crop production. Journal of Chemical Ecology, 14(10):1829–1844.  
<http://doi.org/10.1007/Bf01013480>
- Falleh, H., R. Ksouri, K. Chaieb, N. Karray-Bouraoui, N. Trabelsi, M. Boulaaba and C. Abdelly.** 2008. Phenolic composition of *Cynaracardunculus* L. organs, and their biological activities. Comptes Rendus Biologies, 331(5):372–379.  
<http://doi.org/10.1016/J.Crvi.2008.02.008>
- García-Parra, M.A., D.F. Roa-Acosta, R. Stechauner-Rohringer, F. García-Molano, B. Didier and N. Plazas-Leguizamón.** 2020. Effect of temperature on the growth and development of quinoa plants (*Chenopodium quinoa* Willd.): A review on a global scale. Sylwan, 164(5):411–423.
- Gloria, D., M. Plaza and M.L. Marina.** 2021. High-performance thin-layer chromatography and direct analysis in real time-high resolution mass spectrometry of non-extractable polyphenols from tropical fruit peels. Food Research International, 147:110455.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110455>
- Godfray, H.C.J., J.R. Beddington, I.R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S.M. Thomas and C. Toulmin.** 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science, 327:812–818.  
<https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Gomez-Caravaca, A.M., A. Segura-Carretero, A. Fernandez-Gutierrez and M.F. Caboni.** 2011. Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) by a liquid chromatography-diode array detection-electrospray ionization-time-of-flight mass spectrometry methodology. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(20):10815–10825.  
<https://doi.org/10.1021/jf202224j>
- Graf, B.L., L.E. Rojo, J. Delatorre-Herrera, A. Poulev, C. Calfio and I. Raskin.** 2016. Phytoecdysteroids and flavonoid glycosides among Chilean and commercial sources of *Chenopodium quinoa*: variation and correlation to physico-chemical characteristics. The Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(2):633–643. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7134>
- Hamidi, N., A.H. Lazouni, A. Moussaoui, L. Ziane, M. Djellouli and A. Belabbesse.** 2014. Ethnopharmacology, antibacterial and antioxidant activities, phytochemical screening of bioactive extracts from the aerial parts of *Fagonia longispina*.

- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M. Lamuela-Raventos.** 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299:152–178  
[http://dx.doi.org/10.1016/s0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0076-6879(99)99017-1)
- Slinkard, K. and V.L. Singleton.** 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28:49–55.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49>
- Srujana, N.S., M., B. A. Kumari, W.J. Suneetha and P. Prathyusha.** 2019. Processing technologies and health benefits of quinoa. *The Pharma Innovation Journal*, 8(5):155–160
- Trease, G.E. and W.C. Evans.** 1989. *Pharmacognosy*, 11th edition. Bailliere Tindall, London, 45–50.
- Turkoglu, A., M.E. Duru, N. Mercan, I. Kivrak and K. Gezer.** 2007. Antioxidant and antimicrobial activities of *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill. *Food Chemistry*, 101(1):267–273.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.025>
- Valencia-Chamorro, S.A.** 2003. Quinoa. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition), Academic Press: 4895–4902.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00995-0>
- Vega-Gálvez, A. M. Miranda, J. Vergara, E. Uribe, L. Puente and E.A. Martínez.** 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90:2541–2547.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.4158>
- Viktória, A., P.M. Silva, D.C. Massuela, M.W. Khan, A. Hamar, F. Khajehei, S. Graeff-Hönniger and C. Piatti.** 2020. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): an overview of the potentials of the “golden grain” and socio-economic and environmental aspects of its cultivation and marketization. *Foods*, 9(2):216.  
<https://doi.org/10.3390/foods9020216>
- Wink, M., S. Thorsten and B. Latz-Brüning.** 1998. Modes of action of allelochemical alkaloids: interaction with neuroreceptors, DNA, and other molecular targets. *Journal of Chemical Ecology*, 24(11):1881–1937.  
<http://doi.org/10.1023/A:1022315802264>
- Zhang, Z. and L. Gongke.** 2010. A review of advances and new developments in the analysis of biological volatile organic compounds. *Microchemical Journal*, 95(2):127–139.  
<https://doi.org/10.1016/j.microc.2009.12.017>
- and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile, *Food Science and Technology*, 32(4):1–9.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000114>
- Miranda, M., J. Delatorre-Herrera, A. Vega-Gálvez, E. Jorquera, I. Quispe-Fuentes and E.A. Martínez.** 2014. Antimicrobial potential and phytochemical content of six diverse sources of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Agricultural Sciences*, 5(11):1015–1024.  
<http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.511110>
- Navruz-Vari, S. and N. Sanlier.** 2016. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* wild.). *Journal of Cereal Science*, 69:371–376.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.004>
- Nowak, V., D. Juan and U.C. Ruth.** 2016. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Chemistry*, 193:47–54.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>
- Pathan, S. and R.A. Siddiqui.** 2022. Nutritional composition and bioactive components in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) greens: a review. *Nutrients*, 14(3):558.  
<https://doi.org/10.3390/nu14030558>
- Pereira, E., E.Z. Christian, B. Lillian, G.B Ursula, C. Vasco and C.F.R.F. Isabel.** 2019. Chemical and nutritional characterization of *Chenopodium quinoa* wild (quinoa) grains: A good alternative to nutritious food. *Food Chemistry*, 280:110–114.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.068>
- Regnault-Roger, C., B.J.R. Philogene and C. Vincent.** 2008. *Biopesticides of vegetable origin*. 2nd edition, Lavoisier, Paris, 550 pp.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., J.K. Hellström, J.M. Pihlavac and P.H. Mattila.** 2010. Flavonoids and other phenolic compounds in andean indigenous grains: quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1):128–133.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Ritva, A.R and A.S. Lesli.** 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as a source of dietary fiber and other functional components. *Food Science and Technology*, 31(1):225–230.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100035>
- Salhi, N.** 2012. *Allelochemicals from some medicinal and aromatic plants and their potential use as bioherbicides*. Ph.D. thesis, University Badji-Mokhtar, Annaba, 241 pp.

Received: August 14, 2022; Accepted: November 8, 2022

تاريخ الاستلام: 2022/8/14؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2022/11/8