الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

رقم الترتيب: .....

رقم التسلسلي: .....

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم الطبيعة والحياة

شعبة علوم بيولوجية

تخصص: التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

الموضوع

المساهمة في دراسة فيتوكيميائية وبيولوجية لبذور الدرع *Pennisetum glaucum* (L.)

من إعداد الطالبتين:

- حاصي كوثر
- لمحنط مريم

نوقشت يوم: 2025/05/27 أمام اللجنة المكونة من:

د. حكيمي يوسف	أ. محاضر (أ)	جامعة الشهيد حمه لخضر- بالوادي	رئيسا
د. فاطمة علية	أ. محاضر (ب)	جامعة الشهيد حمه لخضر- بالوادي	مؤطرا
د. شنة عدالة	أ. محاضر (أ)	جامعة الشهيد حمه لخضر- بالوادي	مناقشا

الموسم الجامعي: 2025/2024

بسم الله الرحمن الرحيم

إهداء

إلى من كلل العرق جبينه ومن علمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار

إلى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي أبدا

من بذل الغالي والنفيس واستمديت منه قوتي واعتزازي بذاتي

... والدي العزيز...

إلى من جعلت الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد بدعائها

إلى الإنسانة العظمة التي لطالما تمنيت أن تقر عينها لرؤيتي في يوم كهذا

... أمي العزيزة ...

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي، إلى من شددت عضدي بهم فكانوا لي ينابيع أرتوي منها

إلى خيرة أيامي وصفوتها إلى قرة عيني

... إلى إخواني وأخواتي الغاليين ...

لكل من كان عنونا وسندا في هذا الطريق للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين

لأصحاب الشدائد والأزمات إلى من أفاض بنصائحه ومشاعره المخلصة

... إليكم عائلتي ...

أهديكم هذا الإنجاز وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته

ها أنا اليوم أكملت وأتممت أول ثمرته بفضله سبحانه وتعالى

الحمد لله على ما وهبني وأن يجعلني مباركا وأن يعينني أينما كنت

من قال أنا لها نالها فأنا لها وإن أبت رغما عنها أتيت بها

فالحمد لله شكرا وحبا وأمتنانا على البذل والختام

وأخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين

"كوثر"

اهداء

من قال أنا لها نالها فأنا لها و إن أبت رغما عنها أتيت بها

من جد وجد ومن زرع حصد ومن سار على الدرب وصل

بعد مسيرة دامت سنوات حملت طيلتها الكثير من الصعوبات

والمشقة فقد كنت لنفسي رفيقة التعب، التي ثابرت، وصبرت، وسهرت

وجاوزت التعب بقلب مؤمن

يا من اختارت الطريق الأصعب ولم تتراجع التي آمنت بالحلم ولم تنكسر

واختارت دروب المعرفة بثقة ولو في العتمة ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجي

اقطف ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر، فاللهم لك الحمد قبل أن ترضى وإذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا

لأنك وفقتني على إتمام هذا العمل وتحقيق حلمي.

اهدي تخرجي إلى من رباني وكافح من أجلي، إلى من احمل اسمه بكل افتخار ذلك الجبل الذي احتميت به

من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل إلى من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والعرفة

ستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد داعمي الأول في مسيرتي وقوتي وسندي بعد الله

... إلى فخري واعتزازي والدي ...

إلى من جعل الجنة تحت أقدامها واحتضنني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلى قدوتي الأولى

ومعنى الحب والتفاني إلى بسمة الحياة وسر الوجود القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات

سر قوتي ونجاحي ومصباح دربي الذي وهج حياتي

... أمي الغالية ...

أنتم الجدار الذي استندت عليه، والسند الذي لا يميل محبتكم كانت زادي وابتسامتكم وقودي، أنتم لقلبي وطن

... اخوتي واخواتي ...

إلى من كانت نورا في طريقي إلى من قدمت من وقتها وجهدها دون كلل أو ملل

... شكرا لك من القلب أستاذتي الفاضلة...

للأخت التي لم تنجبها أمي صديقتي مريم بالطيب

وإلى رفيقتي في مشواري كوثر حاصي

وإلى كل أصدقاء وزملاء الدرب، كنتم الرفقة التي خففت وطأة الأيام

والضحكة التي زاحمت التعب والسند الذي لا ينسى بين دفاترنا وذكرياتنا

سكنتم أجمل لحظات العمر فشكرا لقلوبكم البيضاء وللصداقة التي جمعتنا ووجودكم الثمين

والأثر الذي لا يمحوه الزمن

إلى كل من كان له في طريقي بصمة ولو صغيرة فصدق الأثر يبقى حيا في الذاكرة لا ينسى

اللهم اجعل هذا العلم شاهدا لي لا علي وزدني به نورا وسدادا

واغرسني حيث تكون المعرفة

رحمة والعلم نفعا، والنية الخالصة لوجهك الكريم.

وآخر دعواهم ان الحمد لله ربي العالمين.

"مريم"

شكر وتقدير

الحمد لله حمدا يليق بسلطانه العظيم وبوجه الكريم حمدا كثيرا اللهم لك الحمد حتى ترضى ولك الحمد إذا رضيت والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وخاتمي النبيين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

في هذا المقام لا يسعنا إلا أن نتقدم بخالص الشكر وعظيم الامتنان ألى أستاذتنا المشرفة الدكتورة فاطمة علية لما قدمته لنا من توجيهات علمية دقيقة، وملاحظات بناءة كانت أساس انجاز هذا العمل البحثي فلها منا كل التقدير والاحترام.

كما نخص بالشكر والتقدير أعضاء اللجنة العلمية الموقرين، لما بذلوه من وقت وجهد في تقييم هذا البحث، وشرفونا بقبول مناقشة هذا العمل، وعلى ما يقدمونه من عطاء دائم في سبيل دعم البحث العلمي وتطويره.

ولا يفوتنا أن نتقدم بجزيل العرفان والتقدير إلى جميع الأساتذة الذين كان لهم الفضل والأثر الإيجابي في التكوين المعرفي والمنهجي لنا خلال مسارنا الجامعي.

نرفع أسمى عبارات الشكر والامتنان للعائلة الكريمة، التي كانت دوما السند والداعم ولولا تشجيعهم ودعواتهم لما بلغنا هذه المرحلة.

كما نتوجه بخالص الشكر إلى الزملاء والزميلات، وإلى كل من ساعدنا من قريب أو من بعيد في الجانب النظري أو الميداني أو حتى دعما معنويا، خلال فترة انجاز هذه المذكرة في تخصص التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات.

لكل من كان له بصمة بسيطة في هذا العمل، جزيل الشكر لكم من القلب وجزاكم الله عنا كل خير الجزاء.

الـمـلخص

الملخص:

في سياق الجهود الرامية إلى تثمين الاستفادة من الموارد النباتية المحلية، قمنا بهذه الدراسة التي تهدف إلى تقييم المحتوى الغذائي والفيتوكيميائي والنشاطية البيولوجية لبذور نبات الدرع (*Pennisetum glaucum* L.) المزروع في منطقة ميه عطية (بلدية الرقيبة بالوادي)، حيث تم جمع البذور الناضجة خلال المرحلة الثمرية وتحضيرها وفقا للمعايير النظامية المعتمدة. من الناحية الغذائية، أظهرت نتائج التحليل الكمي أن محتوى المادة المعدنية الكلية بلغ 17.539 g/ 100 g، كما تم تقدير تركيز العناصر المعدنية الأساسية (Mg, Ca وFe) باستخدام تقنية الامتصاص الذري الحراري، حيث سجلت النتائج احتواء البذور على 39 mg/kg من Ca، 131.4 mg/kg من Mg، و6.670 mg/kg من Fe. أما بالنسبة للمركبات العضوية، فقد تبين أن البذور تحتوي على نسبة عالية من الكربوهيدرات بلغت 71.275 g/ 100 g، في حين احتوت على كمية معتدلة نسبيا من البروتينات والتي بلغت 11.8 g/ 100 g وكمية منخفضة نسبيا من الدهون قدرت بـ 5.150 g/ 100 g. من الناحية الفيتوكيميائية، تم تحضير مستخلصين مختلفين: المائي والميثانولي، حيث أظهر المستخلص الميثانولي محتوى أعلى من عديدات الفينول والفلافونويدات، بقيم بلغت 7.809±0.383 mg E GA/ g Ex و2.974±0.399 mg E Q/ g Ex على التوالي، وذلك بالاعتماد إلى الطرق اللونية باستخدام كاشف Folin-Ciocalteu ومركب $AlCl_3$ بالترتيب. كما تم تقييم النشاطية البيولوجية للمستخلصين من خلال ثلاثة اختبارات مضادة للأكسدة شملت تثبيط الجذر الحر $DPPH^{\bullet}$، حماية مركب β-carotene، وتثبيط انحلال كريات الدم الحمراء، حيث تميز المستخلص الميثانولي بفعالية أعلى في تثبيط الجذر الحر $DPPH^{\bullet}$ بقيمة $IC_{50} = 0.430 \pm 0.0015$ mg/mL، وكذلك في تثبيط انحلال كريات الدم الحمراء بنسبة 66.985±0.0284 % ، بينما أظهر المستخلص المائي نشاطا أفضل في حماية مركب β-carotene من التبيض بنسبة 51.935±0.833 %. وعلى الرغم من أن هذه الفعالية كانت أقل من مضادات الأكسدة المرجعية، إلا أن النتائج تؤكد أن بذور الدرع تمثل مصدرا واعدا للمركبات النشطة بيولوجيا، مما يعزز من جدوى زراعتها كغذاء مستدام ذو قيمة غذائية ودوائية محتملة.

الكلمات المفتاحية: نبات الدرع *Pennisetum glaucum* L.، القيمة الغذائية، المحتوى الفيتوكيميائي، الخصائص البيولوجية.

Abstract

In the context of efforts to valorize the use of local plant resources, we conducted this study to evaluate the nutritional content, phytochemical composition, and biological activity of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) seeds cultivated in the Mih Athia region (El-Ragouba, El-Oued). Mature seeds were collected during the fruiting stage and prepared according to standardized protocols. Nutritionally, quantitative analysis revealed a total mineral content of 17.539 g/100 g. The concentrations of essential mineral elements (Mg, Ca, and Fe) were determined using flame atomic absorption spectroscopy, with results indicating 39 mg/kg of Ca, 131.4 mg/kg of Mg, and 6.670 mg/kg of Fe. Regarding organic compounds, the seeds exhibited a high carbohydrate content of 71.275 g/100 g, while containing a relatively low fat content of 5.150 g/100 g. Phytochemically, two different extracts were prepared: aqueous and methanolic. The methanolic extract demonstrated higher levels of total polyphenols and flavonoids compounds, with values of 7.809 ± 0.383 mg GAE/g extract and 2.974 ± 0.399 mg QE/g extract, respectively, as determined by colorimetric methods using the Folin-Ciocalteu reagent and $AlCl_3$ assay. The biological activity of the extracts was assessed through three antioxidant tests: $DPPH^{\bullet}$ radical scavenging, β-carotene bleaching inhibition, and inhibition of erythrocyte hemolysis. The methanolic extract exhibited superior efficacy in $DPPH^{\bullet}$ inhibition (IC_{50} = 0.430 ± 0.0015 mg/mL) and erythrocyte hemolysis inhibition (66.985 ± 0.0284%), while the aqueous extract showed better activity in protecting β-carotene from bleaching (51.935 ± 0.833%). Although this activity was lower than that of reference antioxidants, the results confirm that pearl millet seeds represent a promising source of bioactive compounds, supporting their cultivation as a sustainable food with potential nutritional and pharmaceutical value.

Keywords: Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.), nutritional composition, phytochemicals, bioactive properties.

الـــفهرس

الفهرس

الملخص

الفهرس

فهرس الوثائق

فهرس الاشكال

فهرس الجداول

قائمة الإختصارات

المقدمة

الفصل الأول: دراسة بيبليوغرافي لنبات الدرع (*Pennisetum glaucum* L)

1. تعريف نبات الدرع (L.) *Pennisetum glaucum*: 5
2. الأصل والانتشار الجغرافي للدرع: 5
3. تسمية والتصنيف العلمي لنبات الدرع: 6
4. الوصف الفسيولوجي والمرفولوجي للنبات: 6
5. التركيب الكيمائي للحبوب نبات الدرع: 7
   5. 1. من الناحية العضوية: 7
   5. 2. من الناحية المعدنية: 8
6. فوائد حبوب نبات الدرع للإنسان: 8
   6. 1. تحسين صحة الجهاز الهضمي: 8
   6. 2. تنظيم مستوى السكر في الدم: 8
   6. 3. دعم صحة القلب: 9
   6. 4. المساهمة في فقدان الوزن: 9
   6. 5. تعزيز صحة العظام: 9
7. الدراسات السابقة للنبات الدرع: 9
   7. 1. النشاط المضاد للميكروبات والمضاد للالتهابات: 9
   7. 2. التأثير المضاد لداء السكري: 10
   7. 3. النشاط المضاد للأكسدة: 10

الفصل الثاني: المواد المستعملة والطرق المتبعة

1. تحضير المادة النباتية: 12
2. تقدير المحتوى الكمي للمادة المعدنية الكلية: 13

الفهرس

3. تقدير المحتوى الكمي لبعض العناصر المعدنية "Ca، Mg وFe" : 13
4. التقدير الكمي للمادة العضوية (الكربوهيدرات؛ الدهون والبروتين):..... 13
1.4. تقدير الكربوهيدرات الكلية:..... 13
2.4. تقدير الدهون الكلية:..... 14
3.4. تقدير البروتينات الكلية:..... 14
5. تحضير مستخلصي النبات المائي والميثانولي: 15
6. تقدير نسبة المردود:..... 15
7. التقديرات الكمية للمركبات الفينولية في المستخلصين:..... 15
1.7. تقدير المحتوى الكمي لعديدات الفينول الكلية:..... 15
2.7. التقدير المحتوى الكمي للفلافونويدات: 16
8. تقدير الفاعلية المضادة للأكسدة: 17
1.8. اختبار الجذر الحر DPPH•: 17
2.8. اختبار انحلال كريات الدم الحمراء Hemolysis: 17
3.8. اختبار β-carotene:..... 18
9. الدراسة الإحصائية:..... 18

الفصل الثالث: النتائج والمناقشة

1. تقدير المحتوى المعدني والمحتوى العضوي في العينة النباتية:..... 20
1.1. تقدير المحتوى الكمي لرماد وبعض العناصر المعدنية: 20
2.1. تقدير المحتوى الكمي للكربوهيدرات، البروتينات والدهون: 21
2.المردود:..... 22
3. تقدير المحتوى الكمي لعديدات الفينول والفلافونويدات: 23
4. تقدير الفاعلية المضادة للأكسدة:..... 24
1.4. اختبار الجذر الحر DPPH•:..... 24
2.4. اختبار انحلال كريات الدم الحمراء: 26
3.4. اختبار β-carotene:..... 27
الخاتمة:..... 29
قائمة المراجع: 33

فهرس الوثائق:

الرقم	عنوان الوثيقة	الصفحة
01	صورة لنبات نبات الدرع "الدرع"	5
02	أجزاء نبات الدرع	7
03	مخطط يوضح خطوات تحضير العينات النباتية	10

فهرس الأشكال:

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
01	المنحنى القياسي لحمض الغاليك	14
02	منحنى قياسي لحمض الكرسيتين	15
03	التقدير الكمي لعديدات الفينول الكلية والفلافونويدات	22
04	قيم الـ IC_{50} المثبطة لنسبة % 50 من جذر الـ$DPPH^{\bullet}$	24
05	قيم نسب التثبيط الكلي لانحلال كريات الدم الحمراء	25
06	قيم النشاط المضاد للأكسدة النسبي	26

فهرس الجداول

فهرس الجداول:

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
01	التصنيف النباتي لـ *P. glaucum* (L)	6
02	المحتوى الكمي للرماد وبعض العناصر المعدنية في بذور نبات الدرع	19
03	المحتوى الكمي للعناصر الغذائية العضوية في بذور نبات الدرع	20
04	النسب المئوية لمردود مستخلصي بذور نبات الدرع المدروسة	21

قائمة الاختصارات:

FAO: Food and Agriculture Organization

GI: Glycemic Index

NIN: Natioal Institute of Nutrition

الـمـقـدمـة

الـمـقـدمـــة:

يشكل النظام الغذائي الجزائري جزءا أساسيا من الهوية الثقافية والتقاليد المحلية، ويعتمد بشكل كبير على الحبوب كمصدر رئيسي للطاقة، لاسيما القمح والشعير، حيث تعد هذه المحاصيل عناصر أساسية في الأمن الغذائي الوطني. غير أن تفاقم التغيرات المناخية، وتراجع خصـــوبة التربة، ونقص الموارد المائية، خلق تحديات حقيقية أمام اســـتدامة إنتاج الحبوب التقليدية، مما دفع نحو البحث عن بدائل زراعية قادرة على التأقلم مع الظروف البيئية القاسية (FAO, 2018; Padulosi et *al*., 2013).

في هذا السياق، يبرز نبات الدرع (*Pennisetum glaucum* L.) كأحد أهم المحاصيل المزروعة في المناطق الجافة وشـــبه الجافة والمقاومة للجفاف والحرارة، حيث ينتمي هذا النبات إلى الفصـــيلة النجيلية (Poaceae)، وهو ذو دورة حياة قصيرة وقدرة عالية على النمو في الترب الفقيرة، ما يجعله خيارا زراعيا واعدا في ظل التغيرات المناخية المتسارعة (Lata et *al*., 2013).

تُستخدم بذور الدرع على نطاق واسع في العديد من الدول الإفريقية والآسيوية، حيث تُعد مصدرا مهما للكربوهيدرات، البروتينات، الألياف، والمعادن، إضـــافة إلى غناها بالمركبات الفيتوكيميائية الثانوية مثل: الفينولات، الفلافونويدات والتانينات، وهي مركبات معروفة بقدراتها الحيوية كمضـــادات أكســـدة، ومضادات التهابات وميكروبات (Mburu et *al*., 2012; Devi et *al*., 2014).

في الجزائر، وعلى الرغم من توفر الدرع في بعض المناطق الصـحراوية وشـبه الصـحراوية مثل: تمنراســت، إليزي، وأدرار، حيث يُســتخدم في إعداد أطعمة تقليدية مثل: "تاقولا"، "آريش" و"عصــيدة الدرع"، إلا أن زراعته تبقى محدودة، ولم يحظ بعد بالاهتمام البحثي الكافي من حيث التقييم الفيتوكيميائي. إذ لا تزال الدراسات العلمية المحلية المتعلقة بقيمته الغذائية وخصـائصـه البيولوجية نادرة أو شبه منعدمة، الأمر الذي يُبرز فجوة معرفية يجب تداركها.

ومن هذا المنطلق، تهدف هذه الدراســة إلى المســاهمة في تثمين حبوب *P. glaucum* L. من خلال تقييم محتواها الغذائي، والفيتوكيميائي، ودراسة بعض خصـائصـها البيولوجية. ولتحقيق ذلك، تم انجاز هذا العمل الذي تم تقسيمه من الناحية المنهجية إلى ثلاثة فصول أساسية:

- **الفصل الأول:** خُصص لدراسة نبات *P. glaucum* L. من حيث وصفه الفيزيولوجي والمرفولوجي، موطنه، تصنيفه العلمي، واستعمالاته التقليدية.
- **الفصل الثاني:** تناول الجوانب التجريبية، بما في ذلك التقدير الكمي للمحتوى العضـوي والمعدني، الاســتخلاص وتقدير المركبات الفينولية الكلية والفلافونويدات، وتقييم بعض الخصــائص البيولوجية مثل: النشاط المضاد للأكسدة والنشاط المضاد للتحلل الدموي.
- **الفصـــل الثالث:** خُصـــص لتحليل النتائج المتحصـــل عليها، وتفســـيرها علميا، ومقارنتها بنتائج دراسات سابقة.

ويُختتم هذا العمل بخلاصـــة عامة تُبرز الأهمية الغذائية والفيتوكيميائية لبذور *P. glaucum* L.، كما تتوج الدراســـة بجملة من التوصـــيات التي تهدف إلى دعم البحث العلمي في مجال تثمين المحاصـــيل الزراعية وتوسـيع اسـتخدامها في الصـناعات الغذائية والصـيدلانية، بما يُعزز من الأمن الغذائي والتنوع الزراعي في الجزائر.

و وفقا لهذه المعطيات تتمحور إشـكالية الدراسـة حول التسـاؤل التالي : ماهو المحتوى الفيتوكيميائي لبذور نبات الدرع ؟ وهل تظهر مستخلصاتها نشاطا بيولوجيا ملحوظا خصوصا من حيث الفعالية المضادة لاكسدة ؟ والى أي مدى يمكن تثمين هذه الخصائص في المجال الغذائي والصحي ؟

الفصل الأول

دراسة بيبليوغرافي لنبات الدرع

***Pennisetum glaucum* (L.)**

1. تعريف الدرع (الدخن اللؤلؤي) *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br

الدرع نبات استوائي يزرع على نطاق واسع في المناطق القاحلة والشبه قاحلة (Naino Jika et *al*., 2017). يتميز بقدرته العالية على تحمل الجفاف ودرجات الحرارة المرتفعة (FAO, 2013). تُعد حبوبه أو بذوره من أهم محاصيل الغذاء في العالم؛ فهي تُصنف كسادس محصول بعد: الأرز، القمح، الذرة، الشعير والذرة الرفيعة (Adegbola et *al*., 2023)، حيث تكتسب شعبية كبيرة عند شعوب الغرب لأنها خالية من الغلوتين (لمغربي وآخرون، 2025)، وتحتوي على نسبة عالية من البروتينات، الألياف والفيتامينات، إلى جانب مجموعة من العناصر المعدنية كالكالسيوم، المغنسيوم والحديد (Dias-Martins et *al*., 2018) ومضادات الأكسدة (لمغربي وآخرون، 2025).

الوثيقة (01): صورة لمحصول لنبات نبات الدرع (السيسي، 2022).

2. الأصل والانتشار الجغرافي للدرع

تُشير المصادر التاريخية إلى أن الأصل الجغرافي لنبات الدرع يعود لشرق أفريقيا، حيث يُعتقد أنه نوع هجين، تم زراعته قبل حوالي 5000 سنة في غرب أوغندا وبعض مرتفعات أثيوبيا. ومن ثمّ تم نقله للهند قبل حوالي 3000 سنة وباقي أنحاء العالم ((Rahal-Bouziane, H. (2016). أما في الجزائر فقد ابتدأت زراعته أثناء الفترة الاستعمارية (Grando et Gomez Macpherson, 2005).

حاليا يتم زراعة نبات الدرع على نطاق واسع من العالم، فيُزرع في أفريقيا - خاصة في النيجر، نيجريا، أثيوبيا، سنيغال، الجزائر، تونس، ليبيا، السودان، ساحل العاج، تشاد، مالي، أوغندا والمغرب -؛ وفي جنوب شرق آسيا - في شبه الجزيرة الهندية والصين -. كما زُرع في بعض المناطق من أوروبا – في إسبانيا وروسيا – وأمريكا اللاتينية وأستراليا (Bibi et *al*.,2021).

3. تسمية والتصنيف العلمي لنبات الدرع

يُعرف نبات الدرع بعدة أسماء شائعة تختلف باختلاف الشعوب؛ ففي دول المغرب العربي يُعرف في الجزائر باسم الدرع أو البشنة أو الدخن؛ وفي تونس يُعرف باسم الدرع؛ بينما في ليبيا يُعرف بالقصب؛ أما في المغرب بإيلان (Seghiri, 2022).

كما عرف عدة تسميات علمية وذلك نتيجة اختلاف أسس نظم التصنيف إلى غاية صدور نظام APG3 الذي يعتبر آخر تحديث في تصنيفه، وعليه يمكن تحديد التصنيف العلمي للنبات كما هو موضح في الجدول الآتي:

الجدول 01: التصنيف النباتي لـ *P. glaucum* (L)

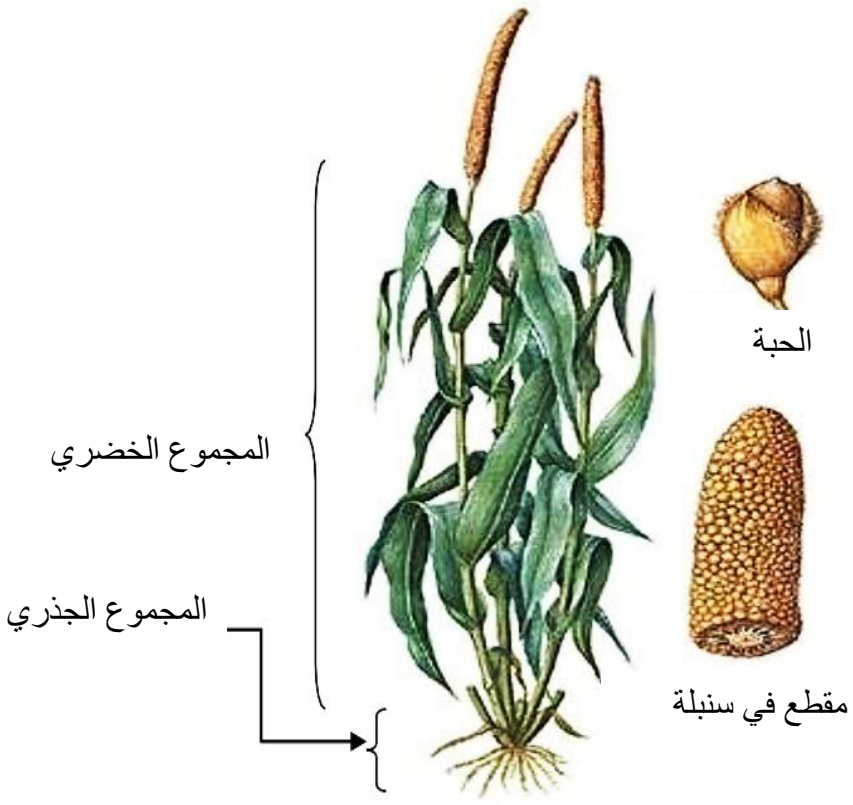
Kingdom	Plantae
Clade	Angiosperms
Class	Monocotyledons
Order	Poales
Family	Poaceae
Tribe	Paniceae
Genus	Pennisetum
Species	*Pennisetum glaucum* (L.)

(APG3, 2009)

4. الوصف الفسيولوجي والمرفولوجي للنبات

الدرع نبات عشبي حولي، ثنائي الصيغة الصبغية (2 n = 14) (Bhatiya et *al*., 2025)، دورة حياته تتراوح من 48 إلى 180 يوما (لمغربي وآخرون، 2025)، ينتمي لفئة نباتات C4، ثنائي الجنس (Yadav et Rai, 2013)، خلطي التأبير، عالي الإنتاجية (لمغربي وآخرون، 2025).

مرفولوجيا، يتميز مجموعه الخضري بظاهرة الاشطاء، التي ينتج عنها سيقان منتصبة؛ صلبة القوام؛ إسطوانية الشكل؛ متعددة العقدة والسلاميات؛ يتراوح ارتفاعها من 0.5 إلى 4 أمتار، تحمل أوراق غمدية؛ شريطية النصل يتراوح طوله من 30 إلى 100 سم، وعرضه من 3 إلى 8 سم؛ متعاقبة التوضع؛ مزغبة، مسننة الحواف. أزهاره تتجمع في سنابل قمية كاذبة؛ مزغبة العنق؛ مخروطية أو شبه إسطوانية مسحوبة الأطراف يتراوح قطرها من 3 إلى 5 سم وطولها من 15 إلى 45 سم. أما ثماره فهي برة؛ صغيرة الحجم طولها حوالي 3 – 4 مم وعرضها يتراوح من 2 إلى 2.5 مم، لونها يتدرج ما بين الرمادي المبيض والأزرق الفاتح اللامع. أما المجموع الجذري فهو ليفي يصل طوله لما يفوق 3 أمتار (Seghiri, 2022؛ حمود وفردي، 2023؛ لمغربي وآخرون، 2025).



الوثيقة 02: أجزاء نبات الدرع (FAO, 2020)

5. التركيب الكيمائي للحبوب نبات الدرع

5. 1. من الناحية العضوية

حسب Seitz وLang (2023) تُعد حبوب (بذور) نبات الدرع من الحبوب الكاملة الغنية بالعناصر الغذائية؛ فتتميز بمحتوى عال من السكريات والألياف (NIN, 2003)، على الرغم من ذلك فقد أشارت دراسة Shukla & Srivastava (2011) إلى أن للدخن اللؤلؤي مؤشرا لنسبة السكر في الدم يبلغ حوالي GI ≈ 54 مما يجعله خيارا مناسبا لمرضى السكري.

أما بالنسبة للأحماض الأمنية والبروتينات فهي تتميز بمحتوى عال من الحمض الأمني Lys وMet على وجه الخصوص (Amadou et *al*., 2013). وفي المقابل خالية تماما من الغلوتين (Dias-Martins et *al*., 2018)

في حين يُعد محتواها الدهني معتبر مقارنة بباقي الحبوب الأخرى، فتمثل الأحماض الدهنية غير المشبعة حوالي 75 % من إجمالي الدهون، أما الأحماض الدهنية المشبعة فتمثل حوالي 24 % (Ramulu et Rao, 2003).

عمومًا، تعتبر حبوب الدرع أقل محتو من الفيتامينات مقارنة بالذرة، باستثناء محتوى الفيتامين A والفيتامين B1 (الثيامين) (Andrews et *al*., 1993).

من جهة أخرى، تحتوي حبوب الدرع على بعض المركبات المضادة للأكسدة كالفينولات وعديدات الفينول، حمض الفيتيك وحمض الأوكساليك (Léder, 2004).

5. 2. من الناحية المعدنية

حبوب الدرع غنية جدا ببعض المعادن مقارنة بالذرة، فتحتوي على سبيل المثال بما يفوق الثلاث أضعاف من الفوسفور والحديد، والخمس أضعاف من الكالسيوم. في حين لُوحظ احتواؤها على كميات أقل من الباريوم، الكروم، الكوبالت، النحاس، الرصاص، المنغنيز، الموليبدينوم، النيكل، الفضة، السترونتيوم، التنتالوم، الفاناديوم، الزنك، واليود (Rooney et McDonough, 1987).

6. فوائد حبوب نبات الدرع للإنسان

نظرا لما تحتويه حبوب نبات الدرع من مركبات عضوية وعناصر معدنية، فهي تعتبر مصدرا هاما ومفيدا لصحة الانسان؛ فمن هذه الفوائد نجد:

6. 1. تحسين صحة الجهاز الهضمي

يشير Medicover Hospitals (2024) إلى أن حبوب الدرع تُعزز من صحة الجهاز الهضمي بفضل محتواه العالي من الألياف، مما يساعد في تحسين عملية الهضم والوقاية من الإمساك.

6. 2. تنظيم مستوى السكر في الدم

حسب Jacob وفريقه (2024) يُعتبر الدرع خيارا جيدا لمرضى السكري، حيث يساعد في تنظيم وضبط مستويات السكر في الدم. وذلك لاحتوائه على الألياف التي تعمل كمواد مبطئة لعملية امتصاص الجلوكوز.

6. 3. دعم صحة القلب

وفقا لما ورد عند Medicover Hospitals (2024) تساهم حبوب الدرع في حماية القلب من خلال تقليل مخاطر الإصابة بأمراض المتعلق به.

6. 4. المساهمة في فقدان الوزن

يُؤكد Medicover Hospitals (2024) أن حبوب الدرع يمكن أن تعمل على التخسيس، وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من الألياف والبروتين؛ التي تساعد في الشعور بالشبع لفترة أطول.

6. 5. تعزيز صحة العظام

يذكر Jacob وفريقه (2024) أن حبوب الدهن تعمل على تعزيز صحة العظام بفضل محتواها العالي من الكالسيوم.

7. الدراسات السابقة للنبات الدرع

شهدت الأبحاث حول حبوب الدرع تطورات كبيرة في السنوات الأخيرة، حيث أثبتت الدراسات أن هذا النبات يحتوي على مجموعات متنوعة من المركبات التي تتمتع بنشاط بيولوجي قد يكون ذا أهمية علاجية. ففي العقود الماضية أثارت المركبات النشطة المستخلصة من حبوب الدرع، سواء المعزولة منها أو الموجودة في المستخلصات الخام، اهتماما واسعا في مجال الصناعات الدوائية. تسلط هذه المراجعة الضوء على الخصائص المضادة للميكروبات والمضادة للالتهابات. بالإضافة إلى الفوائد المحتملة في مقاومة السكري. إلى جانب الفاعلية المضادة للأكسدة، والتي يدعمها البحث العلمي وتفسرها الدراسات الحديثة.

7. 1. النشاط المضاد للميكروبات والمضاد للالتهابات

أظهرت عدة دراسات أن حبوب الدرع تحتوي على محتوى معتبر من المركبات الأيضية الثانوية ذات الأهمية البيولوجية؛ خاصة المركبات الفينولية والفلافونويدات منها، حيث أوضح Rajasekaran وزملاؤه (2004) أن مستخلص هذا النبات قادر على التخفيف من الالتهابات الناتجة عن الإجهاد التأكسدي لدى الفئران المصابة بداء السكري. في حين أشار Banerjee et *al.* (2012) أن مستخلصاته الفينولية والفلافونويدية لها قدرة على تثبيط نمو طيف متنوع من الميكروبات الممرضة كـ: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Serratia marcescens*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Bacillus cereus* و *Yersinia enterocolitica*.

7. 2. التأثير المضاد لداء السكري

في سنة 2002 أجرى Kumari وSumathi دراسة على بعض أصناف الدرع، حيث توصلا إلى أن المركبات النشطة بيولوجيا فيها تساهم في خفض مستويات السكر في الدم؛ وذلك من خلال تثبيط إنزيمي α- أميلاز وα - جلوكوزيداز؛ وهما الأنزيمان المسؤولان على هدم النشويات ورفع سكر الدم. وفي إطار متصل، قام كل من Choi وفريقه (2005) وPark وزملاؤه (2008) بفحص المركبات الحيوية لنبات الدرع، فتوصلوا إلى أن لها القدرة على خفض المؤشر السكر في الدم لدى المستهلكين.

أما Anitha وآخرون (2017) فقد أشاروا إلى أن تناول حبوب الدرع يمكن أن يُساهم في التخفيف من الارتفاع الحاد لسكر الدم عقب الوجبات، بالإضافة إلى تعزيز حساسية الإنسولين. وفي دراسة أجراها Sreerama وMalleshi (2009) على حيوانات التجارب، تبين أن إدراج الدرع في النظام الغذائي للفئران أدى إلى انخفاض ملحوظ في مستويات السكر في الدم. وفيما يتعلق بآليات تحسين فعالية الدرع، كشفت دراسة Jain وآخرون (2010) أن الاستخلاص بالمذيبات العضوية يمكن أن يزيد من الخصائص المضادة للسكري لدى مركبات بذور الدرع.

7. 3. النشاط المضاد للأكسدة

أوضـــح Viswanath وفريقـه (2009) أن حبوب نبـات الـدرع تتميز بوفرة في الفينولات والفلافونويدات، مما يعزز قدرتها على التقاط الجذور الحرة وحماية الجســم من الأضـــرار الناتجة عن الإجهاد التأكســدي. وفي دراســة أخرى قام بها كل من Chandrasekara وShahidi ســنة (2011)، والتي توصلا من خلالها إلى أن لعديدات الفينول المستخلصة من الدرع النشاط المضاد للأكسدة جد معتبر. كما بينت نتائجهما الدور المهم لهذه المركبات في وقاية الأغشية الخلوية من عمليات الأكسدة.

الفصل الثاني

المواد المستعملة والطرق المتبعة

1. تحضير المادة النباتية

تم تحضير المادة النباتية وفقا للخطوات التالية:

1- القطف

النبات	مرحلة النمو	تاريخ الزرع والقطف	منطقة النمو
الدرع - الدرع	المرحلة البذرية	25 أوت 2024 5 نوفمبر2024	ميه عطية بلدية الرقيبة

2- التجفيف

- **الغسل** ← بماء الحنفية وذلك للتخلص من الشوائب والعوالق
- **التجزئة** ← بواسطة اليدين بصفة سهلة وسريعة
- **النشر** ← على قطع من القماش بعيدا عن اشعة الشمس الرطوبة والغبار عند درجة حرارة الغرفة

3- السحق

بواسطة مدق هاون

4- الحفظ

في علبة زجاجية محكمة الغلق بعيدا عن الرطوبة

الوثيقة (03): مخطط يوضح خطوات تحضير العينات النباتية

2. تقدير المحتوى الكمي للمادة المعدنية الكلية (الرماد)

تم تقدير المحتوى الكمي الكلي للمادة المعدنية في العينة النباتية المدروسة باتباع الخطوات التجريبية الواردة عند (الطاهرية، 2023)؛ مع بعض التعديلات، وذلك كالآتي:

⇦ في بوتقة نظيفة وجافة، تم وزن 1 g من مســـحوق المادة النباتية الجافة، ثم أخذت لفرن الحرق لمدة 6 h عند درجة حرارة 550° C.

⇦ بعد انقضـــى المدة الكاملة للحرق، أُخرجت البوتقة لتبرد، ثم وزنت وذلك لتحديد وزن الرماد؛ وفقا للعلاقة التالية:

$$\text{المحتوى الكلي للرماد (\%)} = (\text{وزن الرماد} \div \text{وزن العينة الأولية}) \times 100$$

3. تقدير المحتوى الكمي لبعض العناصر المعدنية "Ca، Mg وFe"

تم تقدير المحتوى الكمي لكل من Ca، Mg وFe بالاعتماد على طريقة Barros (1989)، وذلك التالي:

❖ **أولا: تحضير العينة،** تم تحضير عينة الدراسة من خلال مزج 0.5 g من الرماد مع5 mL من [Aqua Regia [3:1 = HCl (37 %)- HNO_3 (70 %)، ثم عرض المزيج لدرجة حرارة 95° C لمدة 2 h في جهاز Reflux. بعد تبريد المحلول، تم ترشيحه، ثم تخفيف المستخلص الناتج بـــ 50 mL من HCl (3.5 M).

❖ **ثانيا: قياس شدة الامتصاصية لكل عنصر؛** وذلك بواسطة جهاز FAAS، حيث يتم ضبط طول موجة الامتصاص ونوع اللهب بما يناسب كل عنصر (λ_{Fe} = 248.3 nm, λ_{Ca} = 422.7 nm, λ_{Mg} = 285.2 nm) (Mg: Stoichiometric air–acetylene flame ،Fe, Ca: Air–acetyleneflame)؛ على التوالي.

❖ **ثالثا: الحساب،** تم حساب المحتوى الكمي لكل عنصر وفقا للعلاقة الآتية:

$$\text{المحتوى الكمي للعنصر} \left(\frac{\text{mg}}{\text{Kg}}\right) = \left(\frac{\text{التركيز المقاس} \times \text{معامل التخفيف}}{\text{كتلة الرماد}}\right)$$

4. التقدير الكمي للمادة العضوية (الكربوهيدرات؛ الدهون والبروتين)

1.4. تقدير الكربوهيدرات الكلية

تم التقدير الكمي للمحتوى الكلي للكربوهيدرات بالاعتماد على طريقة الفينول – حمض الكبريتيك الموصوفة عند (Doran & De Souza, 2021)؛ وذلك كالآتي:

◆ نمزج 0.5 g من العينة النباتية الجافة مع 5 mL إيثانول (80 %)، ثم نأخذ المزيج لجهاز الطرد المركزي (3000 rpm) لمدة 10 min، بعدها يُجمع الطافي.

◆ في أنبوب اختبار نمزج 150 µL من الطافي مع 150 µL من محلول الفينول (5 %)، ثم 750 µL من حمض الكبريتيك المركز.

◆ بعد الرج الجيد يحضن المزيج في حمام مائي عند درجة حرارة 90° C لمدة 5 min.

◆ وبعد التبريد تُقرأ الامتصـــاصـــية عند طول موجة λ = 492 nm بواســـطة جهاز Spectrophotometer.

★ **ملاحظة:** يتم تحديد المحتوى الكمي للكربوهيدرات الكلية من خلال المنحنى القياسي للغلوكوز. أما نسبتها المئوية فتحسب بتطبيق العلاقة التالية:

$$\text{الكربوهيدرات الكلية (\%)} = (\text{الكمية المقاسة (g)} \div \text{وزن العينة الأولية (g)}) \times 100$$

2.4. تقدير الدهون الكلية

تم تقدير المحتوى الكلي للدهون في العينة النباتية المدروسة بالاعتماد على طريقة Sulfo-Phospho-Vanillin (SPV) المذكورة عند Tran وفريقه (2019) وذلك وفقا للخطوات التالية:

- **أولا استخلاص الدهون:** يتم استخلاص الدهون من العينة النباتية باستخدام مزيج من الكلوروفورم-ميثانول (V/V) 2:1، وذلك من خلال نقع 0.5 g من العينة الجافة مع 2 mL من المزيج السابق لمدة 20 mn، بعد يتم ترشيح وتجفيف المستخلص.
- **ثانيا: تحضير كاشف الفانيلين – حمض الفوسفوريك:** وذلك بمزج ¼ mL من فانيلين (0.6 %) مع ¾ من حمض الفسفوريك (17 %).
- **ثالثا: الخطوات التجريبية:** إذابة المستخلص المحضر سابقا في 1 mL من الكلوروفورم و1 mL من حمض الكبريتيك المركز، ويحضن في حمام مائي مسخن عند 90° C لمدة 20 min. بعد تبريد المزيج في درجة حرارة المختبر، يضاف 5 mL من كاشف الفانيلين-حمض الفوسفوريك، ويحضن مجددا في الحمام المائي عند 37° C لمدة 15 min. ثم تقاس الامتصاصية عند طول موجة $\lambda = 540$ nm باستخدام جهاز المطيافية الضوئية.

★ **ملاحظة:** يتم تحديد المحتوى الكمي للدهون الكلية من خلال المنحنى القياسي لزيت الصوجا. أما نسبتها المئوية فتحسب بتطبيق العلاقة التالية:

$$\text{المحتوى الكلي للدهون}(\%) = (\text{الكمية المقاسة} / \text{وزن العينة الأولية}) \times 100$$

3.4. تقدير البروتينات الكلية

تم تحديد المحتوى الكلي للبروتينات باستخدام طريقة مايكرو-كيلدال الموصوفة عند Jamal وفريقه (2020) كما يلي:

- **أولا الهضم:** وُضع 1 g من العينة النباتية المجففة في قارورة مايكرو-كيلدال، ثم أضيف عليها 30 mL من حمض الكبريتيك المركز (97 %) و0.4 g من كبريتات النحاس، و3.5 g من كبريتات البوتاسيوم. بعدها يُحرق الخليط في فرن "Fume cupboard slowly" لمدة 3 h عند 400° C حتى تأخذ اللون الأزرق اللامع، ومن ثمة يُبرد ثم يُذاب بـ 100 mL من الماء المقطر.
- **ثانيا التقطير:** يتم بمزج 10 mL من المحلول المهضوم سابقا مع 10 mL من NaOH (40 %)، ثم يُأخذ المزيج لجهاز التقطير بهدف تجمع الامونيا بعد إضافة 10 mL من حمض البوريك وثلاث قطرات من محلول ميثيل أحمر/بروموكريزول أخضر (1:5 V/V) في وعاء الاستقبال للجهاز.
- **ثالثا المعايرة:** تتم هذه الخطوة للمحلول المتحصل عليه من عملية التقطير، وذلك باستخدام HCl (0.1 M)، حيث يُسجل حجم المعايرة لحساب النسبة المئوية للنيتروجين وفقا للمعادلة التالية:

$$\text{النيتروجين}(\%) = [(\text{حجم HCL} \times \text{معامل التخفيف} \times 14.007) / (\text{وزن العينة الأولية} \times 10)] \times 100$$

ومنه يتم تحديد النسبة المئوية للبروتينات الكلية حسب العلاقة الآتية:

$$\text{البروتين الكلي } (\%) = \text{النيتروجين} \times CF$$

حيث: CF: عامل التحويل (عادة = 6.25 في الأغذية).

5. تحضير مستخلصي النبات المائي والميثانولي

تم نقع عينتين من مسحوق المادة النباتية المجففة (20 g لكل منهما) في 100 mL من مذيبين مختلفة: الأول ميثانول والثاني ماء مقطر. بعد الرج الجيد للمحاليل تُركت في الظلام عند درجة حرارة المختبر لمدة 24 h، مع تكرار العملية ثلاث مرات. بعد ذلك، تم ترشيح المحاليل، ثم نُقل الراشح الناتج من كل عينة إلى جهاز التبخير الدوراني (Rotavapeur) تحت ظروف حرارية محكمة: 55° C للميثانول و100° C للماء المقطر (الحلفي والموسوي، 2011). في الأخير تم حفظ المستخلصين الخام النهائيين في أوعية محكمة الإغلاق، مع الحرص على تجنب تعريضهما للرطوبة أو الإضاءة المباشرة.

6. تقدير نسبة المردود

تم حساب مردود المستخلصين المتحصل عليها استنادا للعلاقة الرياضية الواردة عند Guettaf وزملاؤه (2016)؛ والتي تطبق كالتالي:

$$\text{المردود } (\%) = (\text{وزن المستخلص الناتج} \div \text{وزن المادة النباتية الأولية}) \times 100$$

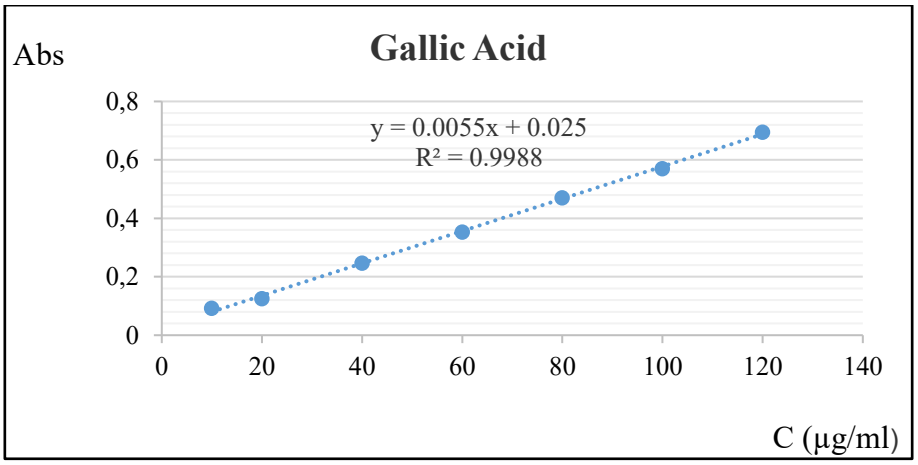
7. التقديرات الكمية للمركبات الفينولية في المستخلصين

1.7. تقدير المحتوى الكمي لعديدات الفينول الكلية

تم التقدير الكمي للمحتوى الكلي لعديدات الفينول وفقا لطريقة Singleton et Rossi (1965) التي تعتمد على التحليل الطيفي لمعقدات الأكسدة-الاختزال الناتجة عن تفاعل مركبات الفينول مع كاشف Folin – Ciocalteau.

وحسب Chouikh et Rebiai (2020) يتم هذا التفاعل من خلال مزج 0.2 mL من كل تركيز من تراكيز مستخلصي النبات مع 1 mL من محلول Folin – Ciocalteau (10 %) و0.8 mL من محلول Na_2CO_3 (7.5 %)، بعد الرج الجيد تحضن العينات لمدة 30 min في الظلام عند درجة حرارة المختبر، ثم تقاس امتصاصيتها الضوئية عند طول موجة $\lambda = 760$ nm بواسطة جهاز Spectrophotometer.

يمثل المنحنى القياسي لحمض الغاليك انطلاقا من سلسلة تراكيز مختلفة (10-120 µg/ml) (الشكل 01)، ويتم التعبير عن القيمة الكمية لعديدات الفينول بالمليغرام المكافئ لحمض الغاليك لكل غرام من المستخلص النباتي

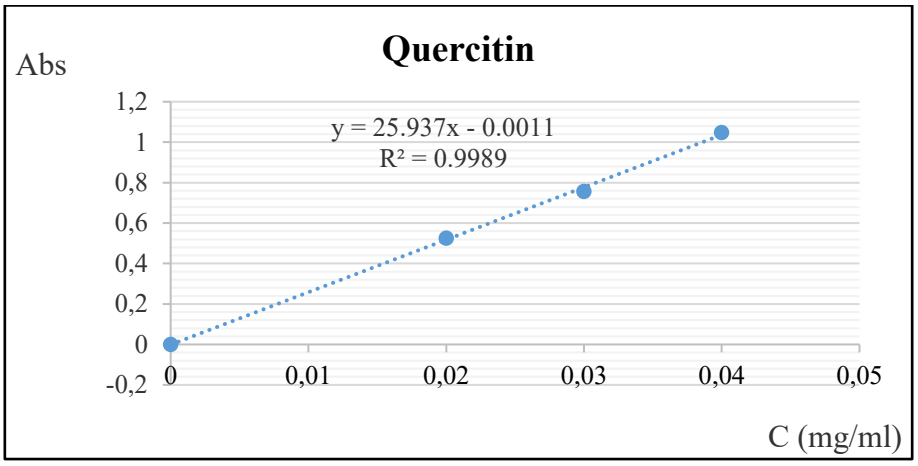


الشكل (01): المنحنى القياسي لحمض الغاليك

2.7. التقدير المحتوى الكمي للفلافونويدات

تم التقدير المحتوى الكمي للفلافونويدات الكلية بالاعتماد على التفاعل اللوني الناتج بين مركب $AlCl_3$ وهذه المركبات. وحسب Chouikh وفريقه (2018) فإن هذا التفاعل يتم من خلال مزج 750 µL من كل تركيز من التراكيز المختلفة للمستخلصين الخام مع 750 µL من محلول (2 %) $AlCl_3$. وبعد الرج الجيد للمزيج يترك لمدة 1 h في الظلام عند درجة حرارة المختبر، ثم قيست الامتصاصية الضوئية عند طول موجة λ = 420 nm بواسطة جهاز Spectrophotometer.

يعبر عن كمية الفلافونويدات الكلية بعدد المليغرامات المكافئ للكرستين لكل غرام من المستخلص النباتي، حيث يحدد المنحنى القياسي للكرسيتين (الشكل 02) انطلاقا من سلسلة تراكيز مختلفة بدلالة الامتصاصية الضوئية



الشكل (02): المنحنى القياسي لحمض الكرسيتين

8. تقدير النشاطية البيولوجية (المضادة للأكسدة)

1.8. اختبار الجذر الحر $DPPH^{\cdot}$

تم تقدير قدرة مستخلصي النبات على تثبيط جذر الحر $DPPH^{\cdot}$ باتباع الطريقة الموصوفة عند Alia وآخرون (2021)، حيث تم مزج 750 µL من تراكيز مختلفة للمستخلصين مذابة في الميثانول مع750 µL من محلول DPPH 0.1 mM. بعد الرج الجيد حُضنت العينات في الظلام لمدة 30 min عند درجة حرارة المختبر. ثم تم قياس الامتصاص الضوئي عند الطول الموجي $\lambda = 517$ nm باستخدام جهاز مطياف ضوئي (Spectrophotometer).

تم استخدم حمض الأسكوربيك كمركب مرجعي للمقارنة، وتم حساب نسبة التثبيط (%) وفقا للمعادلة الوارد عند Chaouche وفريقه 2013؛ وذلك كالآتي:

$$I\,(\%) = ((Ac - As) \div Ac) \times 100$$

حيث:

I (%): نسبة التثبيط.

Ac: شدة الامتصاصية الضوئية لمحلول DPPH في غياب المستخلص النباتي.

As: شدة الامتصاصية الضوئية لمحلول DPPH في وجود المستخلص النباتي.

يُعبر المعامل IC_{50} عن التركيز اللازم لتثبيط 50 % من جذور الحرة لـ $DPPH^{\cdot}$، ويتم حسابه من خلال المعادلة الخطية لمنحنيات تغير نسبة التثبيط (%) بدلالة التركيز (Chouikh et *al*., 2015).

2.8. اختبار انحلال كريات الدم الحمراء Hemolysis

تم تقييم نشاط المستخلصين المدروسين المثبط لانحلال كريات الدم الحمراء من خلال الطريقة المذكورة عند Al Faruq وفريقه (2014).

باختصار تم مزج 1 mL من معلق كريات الدم الحمراء المخففة (10 %) مع 1 mL من كل مستخلص (0.5 mg/mL) و1 mL من محلول الفوسفات المنظم (pH = 7.4). بعد الرج اللطيف؛ حضنت المحاليل في حمام مائي عند درجة حرارة 56° C لمدة 30 min، ثم عرضت مباشرة لماء بارد. بعد ذلك أخذت لجهاز الطرد المركزي المضبوط على 1000 rpm لمدة دقيقة واحدة. في الأخير تم قياس الامتصاصية الضوئية للطافي عند طول الموجة $\lambda = 556$ nm باستخدام جهاز القياس الامتصاص الطيفي الضوئي. علما أنه العملية كررت 3 مرات لكل مستخلص. للمقارنة تم الاعتماد على حمض الساليسيليك (0.1 %) كمرجع قياسي؛ الذي تم معاملته بنفس معاملة مستخلصي النبات، وقدرت نسبة التثبيط الكلي لانحلال كريات الدم الحمراء بالعلاقة التالية:

$$I\,(\%) = ((Ac - As) \div Ac) \times 100$$

حيث:

I (%): نسبة التثبيط

Ac: شدة الامتصاصية الضوئية للمحلول في غياب المستخلص النباتي.

As: شدة الامتصاصية الضوئية للمحلول في وجود المستخلص النباتي.

3.8. اختبار β-carotene

تم إجراء اختبار البيتا-كاروتين / حمض اللينوليك وفقا للطريقة الموضـــحة عند Merouane وفريقه (2014)، حيث تم ذلك كما يلي:

❋ **أولا تحضير مادة التفاعل:** وذلك بإذابة 2 mg من β-carotene في 1 mL من الكلوروفورم، ثم أضـــيف لهذا المحلول إلى 2 mg من حمض اللينوليك و200 mg من Tween 80. بعدها تم تبخير الكلوروفورم عند 40° C، أضـيف 100 mL من الماء المقطر المشـبع بالأكسـجين مع تحريك قوي لتكوين مستحلب.

❋ **ثانيا:** من هذا المستحلب نمزج 2.5 mL مع 350 µL من المستخلص تركيزه 0.5 mg/mL. بعدها تحضـــن العينات في الظلام لمدة 48 h. علما أنه تم تكرار نفس الإجراء على مركب BHT ومعامل التحكم السلبي. في الأخير قيست الامتصاصية الضوئية للمحاليل عند طول الموجة λ= 490mn، وحسب النشاط المضاد للأكسدة النسبي (AAR) باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{AAR}\ (\%) = \left(\frac{\text{As}}{\text{ABHT}}\right) \times 100$$

حيث:

As: تمثل الامتصاصية الضوئية للمحلول في وجود المستخلص النباتي.

ABHT: تمثل الامتصاصية الضوئية للمحلول في وجود مركب BHT.

8. الدراسة الإحصائية

تمت الدراســـة الإحصـــائية بالاعتماد على برنامج Excel (2016)، وتمت معالجة النتائج الأولية للتجارب من خلال تحضـير ثلاث عينات لمعظم الاختبارات الحيوية، وعُبرت البيانات على شكل متوسط ± الخطأ المعياري للمتوسط (SEM).

الفـصل الـثـالث

النتائج والمناقشة

1. تقدير المحتوى المعدني والمحتوى العضوي في العينة النباتية

1.1. تقدير المحتوى الكمي لرماد وبعض العناصر المعدنية

يوضح الجدول (02) المحتوى الكمي للرماد والمحتوى الكمي لبعض العناصر المعدنية المدروسة في بذور نبات الدرع.

الجدول (02): المحتوى الكمي للرماد وبعض العناصر المعدنية في بذور نبات الدرع

المادة المعدنية	الرماد الكلي (g/100 g)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Fe (mg/kg)
المحتوى الكمي	17.539	39	131.4	6.67

أظهرت النتائج أن نسبة الرماد في بذور نبات الدرع بلغت 17.539 g/ 100g، وهي قيمة مرتفعة نسبيا، تعكس وفرة العناصر المعدنية فيها. أما بالنسبة للعناصر المعدنية فقد سجل أعلى تركيز عند عنصر Mg بمتوسط 131.4 mg/kg، يليه Ca بـ 39 mg/kg، بينما سجل Fe أدنى تركيز بـ 6.67 mg/kg.

يعد الرماد الكلي مؤشرا على كمية العناصر المعدنية الكلية في العينة، قد يعود ارتفاعه في هذه الدراسة إلى استخدام الحبوب كاملة غير مقشرة، حيث تتركز المعادن خاصة في الطبقات الخارجية، فقد أشار Sharma وفريقه (2015) إلى أن نزع القشرة يمكن أن يؤدي إلى فقدان أكثر من 60 % من محتواها المعدني. كما يؤكد Martins (2019) أن الدرع يحتوي على كميات معتبرة من المعادن كـ Fe, Zn, Mg وهذا قد يفسر ما سجلناه.

ومن باب المقارنة ببعض الدراسات السابقة، نجد تباينا واضحا في نسب الرماد؛ إذ سجل Adebiyi وزملاؤه (2017) نسب تتراوح بين 1.20 g/100 g - 2.45 في بعض أصناف الدرع، وهي أقل بكثير من نتائجنا، وعليه قد يعزى الاختلاف الملاحظ إلى تباين العوامل الوراثية، الظروف الزراعة، ونوعية التربة بين النباتات المدروسة. في حين توصل Suma and Urooj (2012) في دراستهما إلى أن محتوى Ca تراوح بين 34 mg/kg- 42، وMg بين 120 mg/kg – 140، وFe بين 5 mg/kg – 8، وهي قيم مقارب جدا لقيمنا المسجلة، وهذا ما قد يعزز دقة النتائج المتحصل عليها.

ووفقا لما ورد عند Martins, A. M. D. (2019). يمكن تثمين المحتوى الكمي للعناصر المعدنية المدروسة في بذور الدرع، حيث إن المحتوى المرتفع من Mg يعكس قدرة هذه البذور على تثبيت هذا العنصر الضروري في الجسم، والذي يلعب دورا محوريا في تنشيط الإنزيمات، وتنظيم ضغط الدم، وتثبيت جزيئة ATP داخل الخلايا. أما Ca وعلى الرغم من أن تركزه يعتبر متوسطا، إلا أنه يساهم بفعالية في دعم

بنية العظام وتنظيم النشاط العصبي العضلي. أما Fe، فإن تركيزه المرتفع نسبيا يدعم دور البذور في مكافحة فقر الدم.

وفي هذا السياق، أكد Adigbola وآخرون (2023) على أن الدرع يعد من المحاصيل الملائمة للبيئات الجافة وشبه الجافة، ويمتاز بتركيب معدني متوازن يجعله مرشحا قويا في استراتيجيات الأمن الغذائي. كما بينت الدراسة أن التركيب المعدني العالي يمكن من استخدامه في إنتاج مكملات غذائية موجهة للفئات التي تعاني من نقص في المغذيات الدقيقة.

2.1. تقدير المحتوى الكمي للكربوهيدرات، البروتينات والدهون

يوضح الجدول (03) المحتوى الكمي للعناصر الغذائية العضوية المدروسة في بذور نبات الدرع.

الجدول (03): المحتوى الكمي للعناصر الغذائية العضوية في بذور نبات الدرع

المادة العضوية	الكربوهيدرات الكلية (g/100 g)	البروتينات الكلية (g/100 g)	الدهون الكلية (g/100 g)
المحتوى الكمي	71.275	11.8	5.15

من خلال النتائج الموضحة في الجدول أعلاه نلاحظ أن بذور نبات الدرع تحتوي على نسبة عالية من الكربوهيدرات والتي بلغت 71.275 g/ 100 g. في حين تحتوي على كمية معتدلة من البروتينات والدهون، اللذان قدرا في هذه الدراسة بـ 11.8 g/ 100 g و5.15 g/ 100 g على التوالي.

تشير هذه القيم إلى أن بذور الدرع تعد مصدرا غذائيا غنيا بالعناصر الكبرى، حيث قد يساهم هذا التركيب في تعزيز دور بذور الدرع كمصدر للطاقة نتيجة محتواها العال من الكربوهيدات، خاصة في المناطق التي تفتقر إلى محاصيل عالية الإنتاجية من السعرات الحرارية. وقد دعمت هذا الرأي دراسة Adigbola وفريقه (2023)، حيث صنفت بذور الدرع من بين المحاصيل الاستراتيجية الهامة بفضل محتواها العالي من الكربوهيدرات المعقدة.

أما النسبة المعتدلة من البروتينات فقد تعبر عن جودة هذه البذور من الناحية الغذائية، وحسب El Siddig وفريقه (2016) قد تعزى هذه الملاحظة بشكل أساسي إلى كفاءة النبات في تثبيت النيتروجين في التربة. ومن طرح آخر فقد أكدت دراسة المخن (2023) أن بذور نبات الدرع تتميز بمستويات بروتينية معتدلة إلى مرتفعة تجعلها مناسبة للتغذية الصحية.

ومن جهة أخرى تعتبر كمية الدهون الكلية المسجلة معتبرة مقارنة بأنواع أخرى من الحبوب. ورغم أنها تمثل نسبة أقل من الكربوهيدرات والبروتينات، إلا أن أهميتها الغذائية قد تكمن في دورها في تعزيز امتصاص الفيتامينات الذائبة في الدهون.

وحسب ما ورد عند FAO (2012) تجدر الإشارة إلى أن استخدام الحبوب الكاملة دون تعرضها لأي معالجات صناعية أو حرارية يعد عاملا إضافيا في الحفاظ على التركيب الغذائي الأصلي، لا سيما من حيث البروتينات والدهون. عموما وانطلاقا من هذه المعطيات، يمكن تصنيف بذور *P. glaucum* ضمن المحاصيل الغذائية المتكاملة ذات القيمة الطاقوية والبنائية، ويدعم استخدامها في البرامج الغذائية والصحية.

عند مقارنة هذه النتائج بما ورد في دراسات سابقة، فإنها تقع ضمن النطاقات التي أوردتها FAO (1995) و(2002) Obilana & Manyasa، حيث تراوحت فيها الكربوهيدرات بين 69 g/ 100g – 75، البروتينات بين 10 – 13 g/ 100 g، والدهون بين 3.5 g/ 100 g – 5.5. وعليه قد يشير هذا التوافق إلى صحة ودقة القيم المتحصل عليها في هذه الدراسة.

2. المردود

يوضح الجدول (04) النسب المئوية لمردود المستخلص المائي والمستخلص الميثانولي لبذور نبات الدرع المدروسة.

الجدول (04): النسب المئوية لمردود مستخلصي بذور نبات الدرع المدروسة

المستخلص	المردود (%)
المستخلص المائي	2.25
المستخلص الميثانولي	2

من خلال النتائج الموضحة في الجدول أعلاه نلاحظ وجود اختلاف طفيف في نسب مردود مستخلصي بذور نبات الدرع المدروسة؛ حيث تفوق المستخلص المائي بنسبة قدرت بـ 2.25 % بينما كانت في المستخلص الميثانولي 2 % فقط.

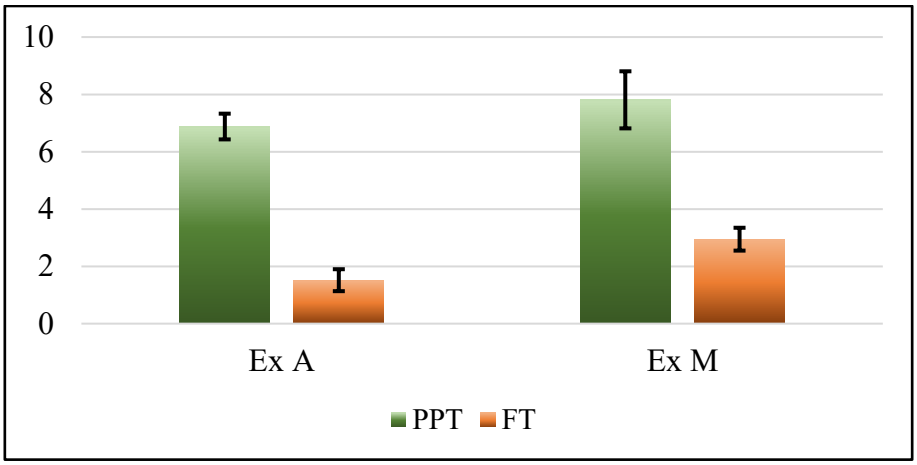
وعليه يمكن ترجيح هذا الاختلاف إلى قطبية المذيبين، حيث يعد الماء أعلى قطبية من الميثانول، لذا فهو قادر على استخلاص غالبية المركبات القابلة للذوبان فيه؛ بما في ذلك السكريات، الأحماض العضوية، المركبات الفينولية وعديدات الفينول وبعض المركبات الأخرى. أما الميثانول فهو يستهدف بدرجة كبيرة المركبات الفينولية والفلافونيويدية القطبية فقط (Sasidhran et *al*., 2011). منه من المنطقي ملاحظة مثل هذه الفروقات في كمية الكتلة المستخلصة، لكن ليس بالضرورة ملاحظتها في كفاءتها البيولوجية.

تتطابق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسة Yusuf ومعاونوه (2021) التي أظهرت أن المستخلص المائي لبذور *P. glaucum* L. أعطت مردودا بلغ 2.4 %، بينما كان في المستخلص الميثانولي (1.8 %). كما تطابقت مع ما سجلته دراسة Adegbaju وفريقه (2020)، حيث وضحت أن مردود استخلاص المركبات

النشطة بيولوجيا من بذور نبات الدرع كان أعلى عند استخدام الماء مقارنة بالمذيبات العضوية، وهذا ما يمكن أن يعزز من موثوقية نتائجنا.

3. تقدير المحتوى الكمي لعديدات الفينول والفلافونويدات

يوضح الشكل (03) النتائج المتحصل عليها في التقدير الكمي لعديدات الفينول الكلية والفلافونويدات.



الشكل (03): التقدير الكمي لعديدات الفينول الكلية والفلافونويدات

ExA: المستخلص المائي؛ ExM: المستخلص الميثانولي؛ PPT: عديدات الفينول الكلية (mg E GA/g Ex)؛ FT: الفلافونويدات الكلية (mg E Q/g Ex)؛ القيم عبارة عن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري (n = 3).

من خلال النتائج التجريبية المحصل عليها تبين أن محتوى الكمي لعديدات الفينول الكلية كان أعلى في المستخلص الميثانولي (7.809 ± 0.383 mg EAG/g Ex) مقارنة بالمستخلص المائي (6.878 ± 0.449 mg EAG/g Ex)، كما سجل تفوق واضح للمستخلص الميثانولي كذلك في محتوى الفلافونويدات الكلية الذي بلغ 2.947 ± 0.399 mg EQ/g Ex مقابل 1.516 ± 0.996 mg EQ/g Ex في المستخلص المائي.

يعود هذا التفاوت في النتائج إلى طبيعة المذيبين المستخدمين، حيث يتميز الميثانول بقطبية تمكنه من إذابة المركبات الفينول والفلافونويدات ذات البنية العطرية والمجموعات الوظيفية المتعددة بشكل أكثر فاعلية مقارنة بالماء، الذي يُعد مذيبا قطبيا قويا لكنه أقل كفاءة في استخراج المركبات ذات القطبية المتوسطة (Dai et Mumper, 2010)، وقد دعمت دراسات عديدة هذه الملاحظة، حيث أوضحت Vuong وآخرون (2011) أن استخدام الميثانول يزيد من مردودية استخلاص الفينولات والفلافونويدات في المستخلصات النباتية مقارنة بالماء، وهو ما أشار إليه أيضا Pereira وزملاؤه (2009) في دراستهم. كما فسرت أبحاث أخرى أن بعض الفينولات والفلافونويدات تكون مرتبطة تساهميا أو بروابط هيدروجينية مع مكونات الجدار الخلوي، مما يتطلب مذيبات كحولية لفك هذه الروابط (Siddiqui et *al.*, 2021)، وبالتالي فإن تفوق المستخلص

الميثانولي في تركيز هذه المركبات قد يعزى إلى قدرته على اختراق الخلايا النباتية وتحليل الروابط المرتبطة بالمركبات النشطة، مما يجعل منه خيارا مثاليا لاستخلاص المواد الفعالة من بذور نبات الدرع.

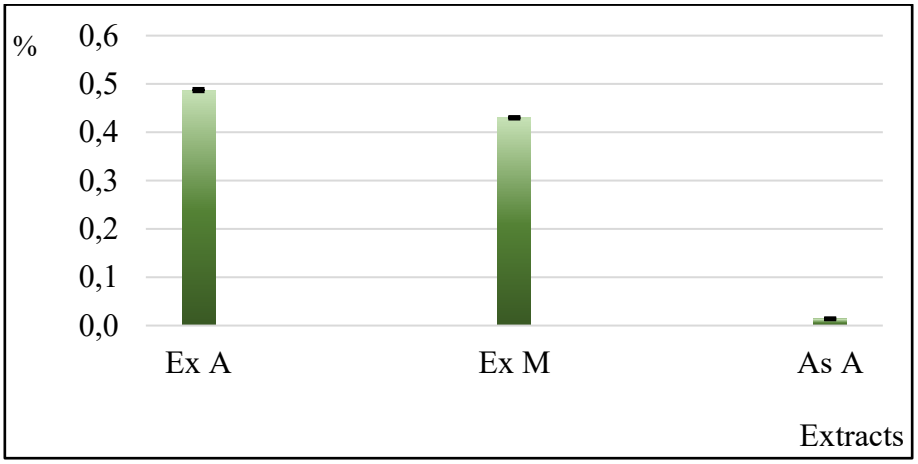
تتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه دراسة Mburu وفريقه (2012)، التي أشارت إلى أن المستخلصات المائية لبذور الدرع تحتوي على تركيزات مماثلة من عديدات الفينول الكلية، حيث تراوحت بين 7.5 – 6.5 mg GAE/g. في حين لم تتفق مع ما توصلت إليه دراسة Rani وآخرون (2018) التي أشارت إلى أن المستخلص المائي لبذور نبات الدرع سجل محتوى كمي لعديدات الفينول أقل مما سُجل في المذيبات العضوية الأخرى.

أما فيما يخص الفلافونويدات، فإن تفوق المستخلص الميثانولي يتوافق مع ما أوردته دراسة Chandrasekara and Shahidi (2011) التي بينت أن الفلافونويدات تُستخلص بكفاءة أعلى باستخدام مذيبات عضوية مثل الميثانول، نظرا لبنيتها الأقل قطبية مقارنة بالفينولات. كما أوردت دراسة Siddiqui ومساعدوه (2021) نتائج مماثلة عند تقييم المستخلصات الكحولية لبذور الدرع، حيث تم تسجيل تركيزات عالية من الفلافونويدات.

4. تقدير الفاعلية البيولوجية (المضادة للأكسدة)

1.4. اختبار الجذر الحر $DPPH^{\bullet}$

تشير النتائج الموضحة في الشكل (04) إلى قيم الـ IC_{50} المثبطة لنسبة 50 % من جذر الـ$DPPH^{\bullet}$ لكلا المستخلصين (المائي – الميثانولي) وحمض الاسكوربيك.



الشكل (04): قيم الـ IC_{50} المثبطة لنسبة 50 % من جذر الـ$DPPH^{\bullet}$

ExA: المستخلص المائي؛ ExM: المستخلص الميثانولي؛ As A: حمض الأسكوربيك؛ القيم عبارة عن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري (n = 3).

من خلال النتائج المتحصل عليها أبدى كلا المستخلصين نشاطا مضادا للأكسدة معتبرا، لكن المستخلص الميثانولي (IC_{50} = 0.430±0.0015 mg/mL) أظهر قدرة تثبيط أعلى مقارنة بالمستخلص المائي(IC_{50} = 0.487 ±0.002 mg/mL). ومع ذلك، فإن فعاليتهما تبقى أقل بكثير من الفعالية المرجعية لحمض الأسكوربيك (IC_{50} = 0.014±001 mg/mL).

تشير هذه النتائج إلى أن المستخلص الميثانولي أكثر فعالية في تثبيط الجذور الحرة مقارنة بالمستخلص المائي، ويعزى ذلك إلى غناه بالمركبات الفينولية والفلافونويدية ذات القدرة العالية على التفاعل مع الجذور الحرة، كما تدعمه القيم السابقة لعديدات الفينول والفلافونويدات الكلية.

تتوافق هذه النتائج نسبيا مع ما جاء في دراسة Sharma وآخرون (2010)، حيث وجدوا أن المستخلص الميثانولي لبذور نبات الدرع أعطى أفضل فاعلية في اختبار DPPH وذلك بقيمة بلغت IC_{50} = 0.360 mg/mL. كما دعمت دراسة Rao وفريقه (2011) هذه النتيجة، إذ توصلوا إلى أن المستخلص الميثانولي لبذور نبات *P. glaucum* أبدى نشاطا مضادا للأكسدة ملحوظا.

من جهة أخرى، أكدت دراسة حديثة لـ Nithiyanantham وزملاؤه (2019) أن المستخلصات الميثانولية لبذور الدرع تحتوي على تركيزات عالية من الفينولات والفلافونويدات، مما يعزز من قدرتها على تثبيط الجذور الحرة DPPH•، وهو ما يتناسب أيضا مع النتائج التي توصلنا إليها.

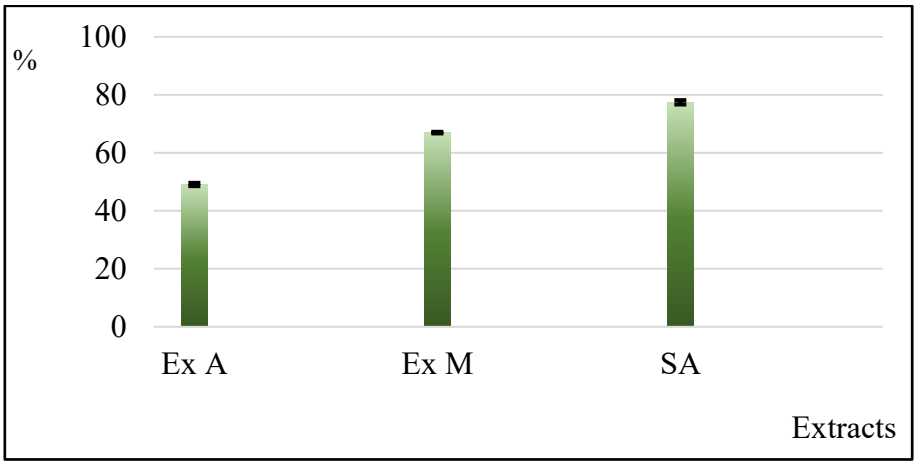
ومن جهة ثانية قد تعزى أوجه التشابه والاختلاف إلى الخصائص الكيميائية للمركبات الفعالة في بذور الدرع. فالمركبات الفينولية والفلافونويدية - والتي تمثل الجزيئات الرئيسية المسؤولة عن النشاط المضاد للأكسدة في النباتات - غالبا ما تكون ذات قطبية متوسطة، مما يجعلها أكثر قابلية للذوبان في مذيبات عضوية مثل الميثانول. وقد بين Saleh ومساعدوه (2013) أن مستخلص الميثانولي لبذور الدرع يحتوى على مركبات فعالة تمتلك قدرة معتبرة على التبرع بالإلكترونات، ما يسمح لها بتثبيط الجذور الحرة DPPH•.

في المقابل، رغم أن المستخلص المائي قادر على استخلاص بعض المركبات القطبية كالتانينات والسكريات المختزلة، إلا أن هذه المركبات غالبا ما تكون أقل فعالية في هذا النوع من التفاعل، أو تعمل عبر آليات أخرى غير التفاعل المباشر مع الجذور الحرة.

كما أن الفروق الطفيفة بين نتائج هذه الدراسة والدراسات الأخرى قد تعود إلى عوامل متعددة، مثل الاختلاف في الظروف الزراعية (نوع التربة، درجة الحرارة، معدلات الرطوبة)، والتي تؤثر على إنتاج المركبات الثانوية المسؤولة عن النشاط المضاد للأكسدة، وكذلك إلى الفروقات في طريقة الاستخلاص (نسبة المادة النباتية للمذيب، درجة الحرارة، مدة النقع).

2.4. اختبار انحلال كريات الدم الحمراء:

يعرض الشكل (05) النسبة المئوية للتثبيط الكلي لانحلال كريات الدم الحمراء بواسطة المستخلصين (الميثانولي والمائي) وحمض الأسيتيل ساليسيليك كمركب مرجعي.



الشكل (05): قيم نسب التثبيط الكلي لانحلال كريات الدم الحمراء

ExA: المستخلص المائي؛ ExM: المستخلص الميثانولي؛ S A: حمض الساليساليك؛ القيم عبارة عن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري (n = 3).

فمن خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ وجود اختلاف واضح بين كفاءة المستخلصين وحمض الساليساليك الذي أبدى أحسن قدرة تثبيطية لحماية كريات الدم بنسبة قدر بـ% 0.750 ± 77.430، يليه المستخلص الميثانولي بنسبة قدر بـ % 66.985±0.284، ثم المستخلص المائي الذي أبدى أقل نسبة تثبيط والتي قدر بـ% 49.092±0.567.

تعكس هذه القيم فعالية ملحوظة للمستخلص الميثانولي في تثبيت غشاء كريات الدم الحمراء، مما يشير إلى امتلاكه خصائص مضادة لانحلال الخلايا، وهي سمة ترتبط غالبا بمحتواه العالي من المركبات الفينولية، خاصة الفلافونويدات والتانينات المعروفة بتأثيرها المثبط للأكسدة والالتهاب (Rice-Evans et *al*.,1997).

تتوافق هذه النتائج مع ما ورد في دراسة Kaur وفريقه (2011)، التي أظهرت فعالية قدرت بـ% 62.1 في المستخلص الميثانولي لبذور الدرع. كما سجل دراسة Verma وزملاؤه (2015) تأثيرا مماثلا في المستخلص الميثانولي لبذور نبات *P. glaucum*، حيث أرجع هذا النشاط إلى احتوائه على نسب معتبرة من مركبات الفينولات، التي تمتلك قدرة مثبتة على تثبيت الأغشية الخلوية والحد من تسرب محتوى الخلية.

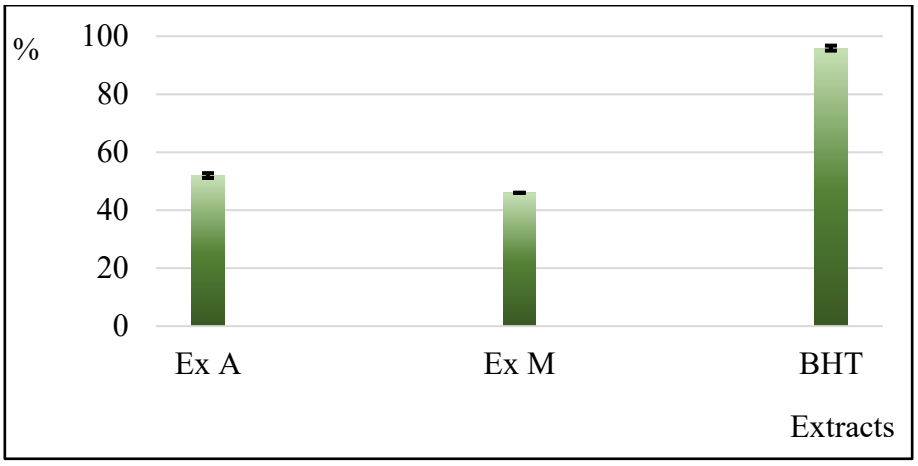
من جهة أخرى، دعمت دراسة Rao وآخرون (2010) هذه المعطيات من خلال إظهار فعالية مستخلصات بذور نبات الدرع في التقليل من الانحلال عبر آلية تثبيت الغشاء الخلوي، وهو ما يفسر جزئيا

قدرة المستخلصات النباتية على لعب دور وقائي ضد الأضرار الالتهابية. وأكدت Chandrasekara and Shahidi (2011) أن المستخلصات الفينولية من الحبوب الكاملة، بما فيها الدرع، تتدخل في استقرار الأغشية نتيجة نشاطها المضاد للأكسدة، مما يقلل من الضرر التأكسدي والتمزق الخلوي.

أما الاختلاف الملاحظ في الفعالية بين المستخلص الميثانولي والمائي فيعزى إلى اختلاف قدرة المذيبين على استخلاص المركبات النشطة، إذ يعرف الميثانول بكفاءته العالية في استخلاص المركبات القادرة على تثبيت أغشية كريات الدم من خلال منع تأكسد الدهون الفسفورية الغشائية والتقليل من نفاذيتها (Rice-Evans et *al*., 1997).

3.4. اختبار β-carotene :

يوضح الشكل (06) النسب المئوية لتثبيط أكسدة β-carotene بواسطة االمستخلصين المائي والميثانولي.



الشكل (06): قيم النشاط المضاد للأكسدة النسبي

ExA: المستخلص المائي؛ ExM: المستخلص الميثانولي؛ القيم عبارة عن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري (n = 3).

من خلال النتائج الموضحة في الشكل (06) نلاحظ تفوق للمضاد المرجعي BHT، مقارنة بالمستخلصين المدروسين، حيث سجل فعالية بنسبة (95.888±0.855 %)، في حين أظهر المستخلص المائي فعالية بنسبة (51.935±0.833 %)، متفوقا نسبيا على المستخلص الميثانولي الذي سجل 0.013 ± 45.981 %).

يعتمد اختبار تبييض β-carotene على متابعة فقدان اللون البرتقالي لمركب β-carotene الناتج عن أكسدة حمض اللينولييك، حيث تتولد جذور البيروكسيل ($LOO^{\bullet}$) التي تؤكسد المركب وتؤدي إلى تلاشي لونه. وعند وجود مضادات أكسدة فعالة، فإنها تتفاعل مع هذه الجذور أولا وتمنع أكسدته (Koleva et *al*., 2002).

تظهر هذه النتائج تماشيا مع ما أفادت به دراسة Falcinelli وفريقه (2019)، التي أبرزت أن بذور الدرع تحتوي على تركيزات معتبرة من المركبات الفعالة المضادة للأكسدة. كما أظهرت دراسة

Muthukumar وزملاؤه (2025) أن مستخلصات بذور الدرع تمتلك فعالية بيولوجية في مضادة للأكسدة من خلال تثبيط التفاعلات المسببة لتلف الدهون.

الـــخـاتـمـة

الخاتمة

يهدف هذا العمل إلى دراسة بعض الخصائص البيولوجية، الفيتوكيميائية والقيمة الغذائية لبذور نبات الدرع (*P. glaucum* L.)، وذلك في إطار الجهود الرامية إلى استكشاف وتثمين الموارد النباتية المحلية المهملة؛ التي قد تمثل مصادر واعدة للمركبات الفعالة بيولوجيا ذات التطبيقات الصحية والغذائية.

تم الحصول على عينات بذور الدرع محل الدراسة من محصول زُرع خلال الموسم الخريفي لسنة 2024 في منطقة أميه عطية التابعة لبلدية الرقيبة، ولاية الوادي (الجزائر)، وهي منطقة ذات مناخ شبه جاف. ويُعد نبات الدرع من المحاصيل المعروفة بقدرتها العالية على التأقلم مع الظروف المناخية القاسية والتربة منخفضة الخصوبة، فهذه الخصائص تجعل من الدرع محصولا زراعيا ذا أهمية استراتيجية محتملة في تحسين الأمن الغذائي في المناطق الهشة بيئيا.

اشتملت هذه الدراسة على محورين أساسيين: المحور الغذائي والمحور الفيتوكيميائي. فمن الناحية الغذائية، أُجري تحليل لبذور الدرع شمل تحديد نسب المكونات الغذائية الأساسية (الكربوهيدرات، البروتينات، والدهون الكلية)، باستخدام طرق تحليلية معيارية معتمدة. كما تم قياس محتوى الرماد وتقدير تراكيز بعض العناصر المعدنية المهمة والمتمثلة في: الكالسيوم (Ca)، الحديد (Fe)، والمغنيسيوم (Mg)، حيث تم اختيارها بالتحديد نظراً لأهميتها البيولوجية ودورها في تعزيز القيمة الغذائية للنباتات.

أظهرت النتائج أن بذور هذا النبات تحتوي على نسبة مرتفعة من الكربوهيدرات بلغت 71.275 g/100 g، بالإضافة إلى نسبة معتبرة من البروتينات قدرت بـ 11.8 g/ 100 g، بينما لوحظ انخفاض في نسبة الدهون الكلية والتي لم تتجاوز 5.15 g/ 100 g. عموما تعكس هذه النتائج قيم غذائية متوازنة نسبيا. أما فيما يتعلق بالمحتوى الكلي للرماد والعناصر المعدنية المختارة، قد أسفرت النتائج عن وجود تراكيز متفاوتة لها، فبلغت كمية المحتوى المعدني الكلي 17.539 g/ 100 g، في حين سجل عنصر Mg أعلى تركيز بلغ 131.4 mg/ kg، يليه Ca بتركيز 39 mg/kg، بينما سجل Fe أدنى تركيز والنقدر بـ 6.67 mg/kg.

إن النتائج المتحصل عليها في التقدير الكمي للعناصر الغذائية والمعدنية في هذه الدراسة تدعم إمكانية استخدام بذور الدرع في تصنيع أغذية وظيفية موجهة لتحسين صحة الجهاز الهضمي والوقاية من الأمراض المزمنة، وتعزز استخدامها كمصدر غذائي متكامل.

أما من الجانب الفيتوكيميائي، تم استخلاص المركبات الفعالة من العينة الخام باستخدام مذيبين مختلفين (الماء والميثانول)، وذلك بهدف مقارنة فعاليتهما في استخلاص المركبات النشطة حيويا، وقد أظهرت النتائج وجود اختلافات طفيفة في كفاءة الاستخلاص بين المذيبين. كما تم تقدير المحتوى الكلي من المركبات الفينولية باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu، حيث بلغت قيمة المركبات الفينولية الكلية في المستخلص الميثانولي 7.809 ± 0.383 mg EAG/g Ex، بينما كانت 6.878 ± 0.449 mg EAG/g Ex في المستخلص المائي. كما تم تقدير محتوى الفلافونويدات الكلي باستخدام طريقة $AlCl_3$، وأظهرت النتائج

تفوق المستخلص الميثانولي أيضا بأعلى محتوى كلي، حيث بلغت قيمته 2.947 ± 0.399 mg EQ/g Ex مقابل 1.516 ± 0.996 mg EQ/g Ex في المستخلص المائي. ويُعزى هذا التباين بشكل عام إلى طبيعة المركبات الفينولية المحبة للوسط العضوي. كما تم تقييم الفعالية البيولوجية من خلال ثلاثة اختبارات مضادة للمضادة للأكسدة وهي: اختبار تثبيط الجذور الحرة DPPH، الذي كشفت نتائجه عن نشاط مضاد للأكسدة ملحوظ، لا سيما في المستخلص الميثانولي، حيث سجل نسب تثبيط عالية مقارنة بالمستخلص المائي. واختبار انحلال كريات الدم الحمراء (Hemolysis)، الذي أسفرت نتائجه عن وجود فروق واضحة بين كفاءة المستخلصين مقارنة بالمركب المرجعي حمض الساليسيليك، والذي سجل أعلى نسبة تثبيط بلغت 0.750±77.430 % يليه المستخلص الميثانولي بنسبة 0.284±66.985 %، في حين أبدى المستخلص المائي أقل فعالية بنسبة تثبيط بلغت 0.567±49.092 %. وفي ذات السياق، تم استخدام اختبار β-carotene لتقدير النسب المئوية لتثبيط أكسدة مركب β-carotene بواسطة المستخلصين المدروسين، بالمقارنة مع مضاد الأكسدة المرجعي BHT، حيث أظهر النتائج تفوق المركب المرجعي BHT بأعلى فعالية تثبيطية قدرت بـــ 0.885±95.888 %، في حين سجل المستخلص المائي فعالية متوسطة بنسبة 0.833±51.935 % متفوقا على المستخلص الميثانولي الذي بلغ 0.013±45.981 %. ومن خلال النتائج المتحصل عليها لوحظ وجود ارتباط إيجابي واضح بين تركيز المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة خصوصا عند اختبار الجذر الحر DPPH• واختبار Hemolysis. وبالمقارنة مع دراسات سابقة، فإن نتائج هذه الدراسة اتفقت مع نتائج دراسات عديدة أكدت على القيمة الغذائية والفيتوكيميائية لهذه البذور.

عموما، إن مجموع هذه النتائج يدعم الإمكانات الكبيرة لبذور الدرع كمورد طبيعي واعد في ميادين التغذية والصحة، خاصة في ظل التوجه العالمي نحو الأغذية الوظيفية والمكملات الطبيعية منخفضة التكلفة. كما أن خصائصه الزراعية (التحمل للجفاف، انخفاض احتياجاته المائية، ملاءمته للبيئات الهامشية) تجعل منه محصولا استراتيجيا يمكن دمجه ضمن برامج الأمن الغذائي المستدام، خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي تتسم بندرة الموارد.

وفي الختام ما يبقى بوسعنا إلى التلميح إلى جملة من التوصيات التي يمكن أن تزيد من قيمة هذه البذور وتوسيع نطاق البحث والتطبيق:

1. إجراء تحاليل هيكلية متقدمة للمركبات الفعالة في بذور نبات الدرع باستعمال تقنيات طيفية متطورة (HPLC, LC-MS, NMR) قصد تحديد الهوية الكيميائية الدقيقة لها.
2. توسيع الدراسات البيولوجية لتشمل اختبارات على نشاطات أخرى (مثل النشاط المضاد للبكتيريا، المضاد للالتهاب، والمضاد للتكاثر السرطاني).
3. إجراء تجارب سريرية لتقييم فعالية وسلامة استخدام مستخلصات الدرع كمكمل غذائي لدى الحيوان ولما لا حتى لدى الإنسان.

4. دمج مســـحوق أو مســـتخلص بذور نبات الدرع في منتجات غذائية وظيفية مثل الخبز، المشـــروبات الصحية، أو المكملات الغذائية النباتية.

5. تشجيع الزراعة المحلية لنبات الدرع في المناطق الجافة مع تقديم الدعم للفلاحين والمزارعين.

قائمة المراجع

المراجع العربية

حمودي، ه. الله وفردي، ل. (2023): دراسة التنوع البروتيني لبعض أنماط النجيليات الثانوية: الدرع *Pennisetum sp.* والذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* المنزرعة في الجزائر. مذكرة تخرج للحصول على شهادة الماستر، جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1، ص: 4-11.

السيسي ط.، (2022): الدرع أنواعه وقيمته الغذائية كأعلاف للدواجن. وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي- قطاع الإرشاد الزراعي. https://www.arc.sci.eg

الطاهرية، ع. (2023): مساهمة في دراسة الخصائص الفيتوكيميائية والفزيولوجية التكيفية بين نباتي الكنجدان *Cistanche violacea* (Desf.) Beck والهالوك *Haloxylon articulatum* Bosc و*Limoniastrum guyonianum* Dur. مذكرة ماستر، جامعة الشّريف محمود بن لمّام، الجزائر.

لمغربي، م.، جبالي، ج.، صويلح، ر.، وناجمي، ب. (2025): تنوع وأهمية الدرع في الجنوب الجزائري. مجلة بشائر العلوم، 13، 1-8.

المخن، (2023): دراسة التنوع البروتيني لبعض أنماط التجبنات الثانوية: المدخن *Pennisetum sp.* والذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* المشترعة في الجزائر، رسالة ماجستير. جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1، قسم علم الأحياء والبيئة النباتية.

المراجع الأجنبية

Adebiyi, J. A., Obadina, A. O., Adebo, O. A., & Kayitesi, E. (2017). Fermented and malted millet products: Review of processing, microbial and functional properties. Food Reviews International, 33(6), 627–643.

Adigbola, R. Q., Ottodino, G., Okparavero, N. F., Jimoh, O. A., & Akinlabi, A. F. (2023). Fact about Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* (L.)): A Review. IRE Journals, 6(11), 605–608.

Adegbola, R. Q., Otitodun, G. O., Okparavero, N. F., & Jimoh, O. (2023). Fact about Pearl Millet (Pennisetum glaucum (L.)): A Review. Iconic Research and Engineering Journals, 6(11), 605–615.

Al Faruq, A., Ibrahim, M., Mahmood, A., Chowdhury, M. M. U., Rashid, R. B., Kuddus, M. R., & Rashid, M. A. (2014). Pharmacological and phytochemical screenings of ethanol extract of *Leea macrophylla* Roxb. Innovations in Pharmaceuticals and Pharmacotherapy, 2(1), 321–327.

Alia, F., Chouikh, A., Djahra, A. B., Bousbia Brahim, A., Nani, S., & Tliba, A. (2021). Comparative study of some physicochemical and biological properties of effect host species

variation on the relationship Saharan parasitic plant *Cistanche violaceae* (Desf.) Beck. Notulae Scientia Biologicae, 13(4), 11054.

Amadou, I., Gounga, M. E., & Le, G. W. (2013). Millets: Nutritional composition, some health benefits, and processing—A review. Emirates Journal of Food and Agriculture, 25(7), 501–508.

Anitha, M., Jeevarathinam, G., & Geetha, K. (2017). Millets and their role in diabetes management: A review. International Journal of Food and Nutritional Sciences, 6(3), 60–67

Barros, J. S. (1989). Determination of antimony, arsenic, bismuth, cadmium, cobalt and silver in complex sulphide minerals by flame atomic absorption spectrometry. Analyst, 114(3), 369-373.

Bhatiya, B. D., Polara, A. M., Kandoriya, D. V., Savaliya, J. J., Moghariya, A. A., & Mungala, H. B. G. M. P. EXPLOITATION OF HETEROSIS FOR GRAIN YIELD AND YIELD COMPONENTS IN PEARL MILLET (*Pennisetum glaucum* L. R. BR.) USING DIVERSE MALE STERILE LINES.

Bibi, R., Mokrane, H., Khaladi, K., & Amoura, H. (2021). Improvement of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR) prolamin extractability: Chromatographic separation, characterization and functional properties. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 11(2), e3674-e3674.

Banerjee, S., Sanjay, K. R., Chethan, S., & Malleshi, N. G. (2012). Finger millet (*Eleusine coracana*) polyphenols: Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. African Journal of Food Science, 6(13), 362–374.

Chandrasekara, A., & Shahidi, F. (2011). Antioxidant phenolics of millet control lipid peroxidation in biological and food systems. Journal of Functional Foods, 3(3), 144–158.

Chandrasekara, A., & Shahidi, F. (2011). Determination of antioxidant activity in free and hydrolyzed fractions of mil grains and characterization of their phenolic profiles by HPLC-DAD-ESI-MSn. Journal of Functional Foods, 3, 144–158

Choi, Y., Osada, Y., Ito, Y., Nagasawa, T., Choi, M. R., & Nishizawa, N. (2005). Effects of dietary protein of Korean foxtail millet on plasma adiponectin, HDL cholesterol, and insulin levels in genetically type 2 diabetic mice. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 69(1), 31–37.

Chouikh, A. (2020). Phytochemical profile, antioxidant, analgesic and hypolipidaemic effects of *Ephedra alata* Decne. female cones extract. Farmacia, 68(6).

Chouikh, A., Alia, F., Neffar, S., Rebiaï, A., Adjal, E. H., & Chefrour, A. (2018). Evaluation of phenolic contents (quantitative and qualitative) and antioxidant activities in different physiological phases of *Genista saharae Coss*. & Dur. growing in the Sahara of Algeria. Analele Universității din Oradea, Fascicula Biologie, 25(2), 115–121

Chouikh A., et Rebiai A., (2020): The influence of extraction method on thecomposition et analgesic activity of *Calligonum comosum* phenolic extracts. Ovidius University Annals of Chemistry, 31 (1): 33-37.

Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, 15(10), 7313–7352.

Dias-Martins, A. M., Pessanha, K. L. F., Pacheco, M. T., Rodrigues, J. A. S., & Carvalho, C. W. P. (2018). Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in the food industry. Food Research International, 109, 175-186.

Doran, L., & De Souza, A. P. (2021). Total Soluble Sugar Quantification from Ethanolic Plant Extracts. Protocols.io. https://doi.org/10.17504/protocols.io.b2nsqdee

Devi, P. B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N. G., & Priyadarisini, V. B. (2014). Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: A review. Journal of Food Science and Technology, 51(6), 1021–1040.

El Siddig, M. A., Osman, M. G., & Abdalla, A. H. (2016). Evaluation of pearl millet genotypes under rainfed conditions in Sudan. Journal of Agricultural Science, 8(9), 1–9.

Falcinelli, B., Sileoni, V., Marconi, O., Perretti, G., & Fantozzi, P. (2019). Pearl millet: A source of dietary fibers and antioxidant compounds. European Food Research and Technology, 245(5), 1021–1028.

FAO. (2018). The future of food and agriculture: Alternative pathways to 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (1995). Sorghum and millets in human nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No. 27. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2012). Whole grain cereals: The nutritional and health benefits. FAO Regional Office for Europe and Central Asia Policy Studies on Rural Transition No. 2012-4.

FAO. (2013). Millet production and consumption in developing countries.

Grando, S., Gomez Macpherson, H., 2005. Food Barley: importance uses and loal knowledge. Proceeding of the international workshops on food barley improvement. Icarda, hammamet, Tunisia. 156p.

Jain, S., Bhatia, G., Barik, R., Kumar, P., Jain, A., & Dixit, V. K. (2010). Antidiabetic activity of *Paspalum scrobiculatum* Linn. in alloxan induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology, 127*, 325–328.

Jacob, J., Krishnan, V., Antony, C., Bhavyasri, M., Aruna, C., Mishra, K., Nepolean, T., Satyavathi, C. T., & Visarada, K. B. R. S. (2024). The nutrition and therapeutic potential of millets: An updated narrative review. Frontiers in Nutrition, 11, 1346869.

Jamal, S., Jamil, D. M., & Khidhir, Z. K. (2020). Protein determination in some animal products from sulaymaniyah markets using kjeldahl procedure. Journal of Food and Dairy Sciences, 11(12), 343-346.

Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2011). Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. International Journal of Food Science and Technology, 36(7), 703–725.

Koleva, I. I., Van Beek, T. A., Linssen, J. P. H., de Groot, A., & Evstatieva, L. N. (2002). Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. Phytochemical Analysis, 13(1), 8–17.

Kumari, P. L., & Sumathi, S. (2002). Effect of consumption of finger millet on hyperglycemia in non-insulin dependent diabetes mellitus (NIDDM) subjects. Plant Foods for Human Nutrition, 57, 205–213.

Lata, C., Gupta, S., & Prasad, M. (2013). Pennisetum glaucum: A climate-resilient nutritionally rich grain crop. In M. Tuteja & S. Gill (Eds.), Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. pp. 357–381

Martins, A. M. D. (2019). Efeitos de diferentes processamentos sobre a qualidade nutricional e funcional de grãos de milheto (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) [Tese de doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro]. Repositório Institucional da UFRRJ. https://rima.ufrrj.br/jspui/handle/20.500.14407/9298

Merouane, A., Noui, A., Medjahed, H., Nedjari Benhadi Ali, K., & Saadi, A. (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 8(4), 1865–1870.

Muthukumar, M., Rajendran, V., & Bupesh, G. (2025). Evaluation of antioxidant and enzyme inhibitory activities of Pennisetum glaucum. Food Science and Human Wellness, 14(1), 1–9.

Mburu, M. W., Kamau, J. W., & Murugi, S. N. (2012). Phytochemical composition and antioxidant activity of selected Kenyan millet varieties. African Journal of Food Science, 6(17), 456–461.

Naino Jika, A. K., Dussert, Y., Raimond, C., Garine, E., Luxereau, A., Takvorian, N., & Robert, T. (2017). Unexpected pattern of pearl millet genetic diversity among ethno-linguistic groups in the Lake Chad Basin. Heredity, 118(5), 491-502.

NIN. (2003). *Nutritive value of Indian foods* (Gopalan & Deosthale, Eds.). NIN, Hyderabad.

Nithiyanantham, S., Sahar, R., & Kalaiselvi, P. (2019). Evaluation of antioxidant activity in pearl millet (Pennisetum glaucum) using DPPH assay. International Journal of Food Properties, 22(1), 720–730

Obilana, A. B., & Manyasa, E. (2002). Millets. In P. S. Belton & J. R. N. Taylor (Eds.), Pseudocereals and less common cereals, Springer. pp. 177–217.

Park, K. O., Ito, Y., Nagasawa, T., Choi, M. R., & Nishizawa, N. (2008). Effects of dietary Korean proso-millet protein on plasma adiponectin, HDL cholesterol, insulin levels, and gene expression in obese type 2 diabetic mice. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 72(11), 2918–2925.

Pereira, A. P., Ferreira, I. C., Marcelino, F., Valentão, P., Andrade, P. B., Seabra, R., & Estevinho, L. (2009). Phenolic compounds and antimicrobial activity of olive (*Olea europaea* L.) leaves. Molecules, 14(8), 3247–3256.

Padulosi, S., Thompson, J., & Rudebjer, P. (2013). Fighting Poverty, Hunger and Malnutrition with Neglected and Underutilized Species (NUS): Needs, Challenges and the Way Forward. Rome, Italy: Bioversity International. ISBN: 978-92-9043-941-7.

R Rahal-Bouziane, H. (2016). Quelques cultures stratégiques pour l'Algérie face aux changements climatiques: l'orge (Hordeum vulgare L.) et le mil [Pennisetum glaucum (L.) R. Br]. Algerian Journal of Arid Environment, 6(1), 15–31. [ISSN 2170-1318]

Rajasekaran, N. S., Nithya, M., Rose, C., & Chandra, T. S. (2004). The effect of finger millet feeding on the early responses during the process of wound healing in diabetic rats. Biochemica et Biophysica Acta, 1689, 90–201.

Rao, C. V., et al. (2010). Protective effects of plant extracts on cell membrane stability and inflammation. Journal of Ethnopharmacology, 128(2), 541–546.

Rao, P. U. (2011). Nutrients and antioxidant activity of sorghum, pearl millet and finger millet flours. International Journal of Food Science & Technology, 46(3), 619–625.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Science, 2(4), 152–159.

Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Yoga Latha, L. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 8(1), 1–10

Seitz, L. M., & Lang, J. E. (2023). Advances in millet research: Nutritional and agronomic benefits. Journal of Agricultural Science, 15(2), 78-94.

Seitz, A., & Lang, A. (2023, May 7). What is millet? Nutrition, benefits, and more. Healthline. https://www.healthline.com/nutrition/what-is-millet

Seghiri, A. A. (2022). Etude phytochimique d'une céréale secondaire: le mil (*Pennisetum glaucum* L). Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master, Université Frères Mentouri Constantine, pp : 1-8.

Sharma, A., Kumar, V., & Kumar, A. (2010). Antioxidant activity of methanolic extract of pearl millet. Journal of Pharmacy Research, 3(6), 1358–1360.

Sharma, S., Saxena, D. C., & Riar, C. S. (2015). Analysing physicochemical and functional characteristics of chemically modified pearl millet starches. LWT - Food Science and Technology, 61(1), 329–337.

Shobana, Y., Sreerama, N., & Malleshi, N. (2009). Hypoglycemic, hypocholesterolemic, nephroprotective and anti-cataractogenic activity of *Eleusine coracana* in diabetic rats. Journal of Medicinal Food*, 12*(3), 541–548.

Shukla, K., & Srivastava, S. (2011). Evaluation of pearl millet cultivars for glycemic index. Journal of Food Science and Technology, 48(4), 529–534.

Siddiqui, M. W., Momin, C. M., Acharya, P., Kabir, J., & Debnath, S. (2021). Plant Extracts as Natural Antioxidants in Food Products: New Trends. Journal of Food Quality, 2021, 1–11.

Saleh, A. S. M., Zhang, Q., Chen, J., & Shen, Q. (2013). Millet grains: Nutritional quality, processing, and potential health benefits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(3), 281–295.

Tran, T. M., Dai, T. X. T., Tran, D. B., Nguyen, Q. C. T., & Nguyen, D. H. Y. (2019). A simple spectrophotometric method for quantifying total lipids in plants and animals. CTU Journal of Innovation and Sustainable Development, 11(2), 106-110.

Taylor, J. R. N., & Emmambux, M. N. (2008). Gluten-free foods and beverages from millets. In E. Gallagher (Ed.), Gluten-free cereal products and beverages (pp. 119–148). Academic Press.

Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., & Rao, C. V. (2015). *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of different extracts of Centella asiatica. Food and Chemical Toxicology, 47(3), 602–607.

Vuong, Q. V., Hirun, S., Roach, P. D., Bowyer, M. C., Phillips, P. A., & Scarlett, C. J. (2011). Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts. Journal of Herbal Medicine, 1(3-4), 74–85.

Viswanath, V., Urooj, A., & Malleshi, N. G. (2009). Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of finger millet polyphenols (*Eleusine coracana*). Food Chemistry, 11, 340–346.

Yadav, O. P., & Rai, K. N. (2013). Genetic improvement of pearl millet in India. Agricultural Research, 2, 275-292.