

Article

Hydrolat de sureau : exploration du profil chimique, antioxydant Puissance et antigénotoxicité pour les applications cosmétiques

Sara Gonçalves 1,2,3,* , Francisco Peixoto 4 , Katja Schöss 5 , Nina Kočevár Glavač 5  et Isabel Gaivão 2,3 

- ¹ Centre Clinique Académique de Trás-os-Montes et Alto Douro (CACTMAD), Université de Trás-os-Montes et Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal Centre
- ² des Sciences Animales et d'Études Vétérinaires (CECAV), Département de Génétique et Biotechnologie, École des Sciences de la Vie et de l'Environnement, Université de Trás-os-Montes et Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal ; igaivao@utad.pt Laboratoire
- ³ associé des sciences animales et vétérinaires (AL4AnimalS), Université de Trás-os-Montes et Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal Centro de Química de
- ⁴ Vila Real (CQVR), Département de biologie et d'environnement, Université de Trás-os-Montes et Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal ; fpeixoto@utad.pt Département de biologie
- ⁵ pharmaceutique, Faculté de pharmacie, Université de Ljubljana, Aškerčeva 7, 1000 Ljubljana, Slovénie ; katja.schoss@ffa.uni-lj.si (KS) ; nina.kocevar.glavac@ffa.uni-lj.si (NKG)
- * Correspondance : sgoncalves@utad.pt

Résumé : L'hydrolat de sureau (*Sambucus nigra* L.), dérivé de la distillation domestique à la vapeur, est prometteur en tant qu'ingrédient multifonctionnel pour les soins de la peau et les applications cosmétiques. Cette étude examine la composition chimique et les activités biologiques de l'hydrolat de sureau obtenu par distillation à la vapeur. Malgré l'intérêt croissant pour l'hydrolat de sureau, il y a eu un manque d'études complètes élucidant sa composition chimique et ses constituants bioactifs potentiels. Pour combler cette lacune, nous avons effectué une analyse détaillée de la composition, de l'activité antioxydante et de l'antigénotoxicité de l'hydrolat de sureau. Une évaluation génotoxique et des tests antioxydants (ABTS, DPPH) ont été réalisés pour évaluer ses propriétés biologiques. Nous avons obtenu un hydrolat de sureau avec un transfert notable de composés aromatiques grâce au processus de distillation à la vapeur, soulignant son efficacité et sa durabilité. La caractérisation chimique a identifié des composés essentiels, notamment le phénylacétaldéhyde, le 2-acétyl-pyrrole et un composant majeur non identifié, contribuant collectivement aux propriétés aromatiques et biologiques de l'hydrolat. L'évaluation génotoxique utilisant le test Comet a démontré les effets protecteurs de l'hydrolat contre les dommages à l'ADN induits par le peroxyde d'hydrogène et la streptonigrine.

La protection optimale de l'ADN a été observée à 10 % (p/v), attribuée à l'activité antioxydante des composés identifiés. L'hydrolat a présenté un potentiel antioxydant significatif, démontrant des réponses dépendantes de la concentration et corrélant des concentrations plus élevées avec une activité antioxydante accrue. Ces résultats soulignent les multiples facettes de l'hydrolat de sureau, le positionnant comme un ingrédient naturel prometteur pour les soins de la peau. Cette étude soutient l'hydrolat de sureau en tant que ressource précieuse pour le développement de produits naturels et durables.

Mots clés : hydrolat de sureau ; distillation à la vapeur ; des antioxydants ; produits de beauté ; caractérisation chimique



Référence : Gonçalves, S. ; Peixoto, F. ; Schöss, K. ; Glavac, NK ; Gaivão, I.

Hydrolat de sureau : exploration du profil chimique, du pouvoir antioxydant et de l'antigénotoxicité pour les applications cosmétiques. Appl. Sci. 2024, 14, 6338. <https://doi.org/10.3390/app14146338>

Rédacteurs académiques : Antony C. Calokerinos, Charalampos Proestos, Mustafa Bener et Vassilia J. Sinanoglou

Reçu : 18 juin 2024
Révisé : 13 juillet 2024
Accepté : 19 juillet 2024
Publié : 20 juillet 2024



Copyright : © 2024 par les auteurs.
Licencié MDPI, Bâle, Suisse.
Cet article est un article en libre accès distribué selon les termes et conditions des Creative Commons Licence d'attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

En raison de la sensibilisation accrue à l'environnement, les ingrédients naturels utilisés dans les produits cosmétiques suscitent un intérêt croissant. Pour faire des ingrédients naturels une source passionnante et économiquement durable de composés bioactifs, la sélection et l'optimisation de technologies d'extraction appropriées et respectueuses de l'environnement qui permettent la récupération et la durabilité des analyses cibles sont indispensables.

Le sureau (*Sambucus nigra* L.) est largement reconnu pour ses applications historiques et contemporaines dans la médecine traditionnelle, les arts culinaires et les aliments fonctionnels en raison de sa riche teneur phytochimique [1]. Parmi la diversité des produits dérivés de

Sureau, les hydrolats suscitent de plus en plus d'attention en raison de leurs bienfaits potentiels pour la santé et de leurs propriétés multifonctionnelles [2]. Les hydrolats, également appelés hydrolats, eaux florales ou distillats, sont les coproduits aqueux obtenus lors de l'extraction des huiles essentielles [3]. Ces coproduits ont été appréciés pour leurs profils aromatiques et pour posséder un spectre de composés bioactifs distincts de ceux trouvés dans les huiles essentielles correspondantes [4]. L'hydrolat de sureau, en particulier, est prometteur en tant que ressource précieuse pour diverses applications, notamment les cosmétiques et l'aromathérapie [5,6].

Malgré l'intérêt croissant pour l'hydrolat de sureau, il reste peu d'études approfondies élucidant sa composition chimique et ses constituants bioactifs potentiels.

De telles investigations sont essentielles pour bien comprendre les avantages et les applications potentiels de l'hydrolat. Des études suggèrent que le sureau possède des propriétés antioxydantes et antigénotoxiques significatives, mais des enquêtes détaillées sont nécessaires pour comprendre pleinement ses avantages potentiels et ses applications [7,8]. Pour combler cette lacune, notre étude procède à une analyse approfondie du profil chimique et des activités biologiques de l'hydrolat de sureau obtenu par distillation à la vapeur.

Nous utilisons une gamme de méthodologies, notamment la chromatographie en phase gazeuse et la spectrométrie de masse (GC-MS) pour la caractérisation chimique, les tests d'antioxydants (ABTS, DPPH) et les évaluations génotoxiques utilisant le test Comet pour évaluer ses propriétés biologiques. En élucidant le pouvoir antioxydant et l'antigénotoxicité de l'hydrolat de sureau, nous visons à fournir des informations précieuses sur ses applications potentielles, en particulier dans l'industrie cosmétique. Nos résultats contribuent au contexte plus large de la recherche et du développement de produits naturels, mettant en avant l'hydrolat de sureau comme un ingrédient prometteur, durable et multifonctionnel pour les formulations de soins de la peau. Cette exploration complète vise à mettre en lumière la bioressource polyvalente qu'offre l'hydrolat de sureau, en soulignant son importance en tant qu'atout durable et précieux pour le développement futur de

2. Matériels et méthodes

2.1. Cellules

Des échantillons de sang périphérique ont été prélevés sur une femme volontaire de 35 ans en bonne santé. Elle était non-fumeur, ne consommait pas d'alcool, n'avait aucun problème de santé et n'avait pris aucun médicament depuis six mois avant l'étude. Cette recherche a été menée avec l'approbation du comité d'éthique de l'Université de Trás-os-Montes et Alto Douro (Doc4-CE-UTAD-2023) et conformément à la Déclaration d'Helsinki.

2.2. Produits chimiques

La streptonigrine (CAS 3930-19-6) a été achetée auprès de Santa Cruz Biotechnology Inc. de Santa Cruz, Texas, États-Unis. La Fpg (formamido-pyridine [fapy] -ADN glycosylase) a été achetée auprès de New England BioLabs (Ipswich, MA, USA). L'acétate d'éthyle ACS (Reag. Ph. Eur./USP) et le NaCl ont été achetés auprès de Carlo Erba Reagents (Val-de-Reuil, France). L'eau distillée a été achetée chez MedicalShop (Ponte de Lima, Portugal).

L'appareil de distillation a été acheté auprès d'Agrosprof (Braga, Portugal). Le n-hexane GC-MS (SupraSolv), le phénylacétaldéhyde et tous les autres produits chimiques ont été achetés auprès de Merck (Darmstadt, Allemagne).

2.3. Solution de lyse La

solution de lyse a été préparée en combinant 2,5 M de NaCl, 0,1 M d'EDTA disodique et 0,01 M de base Tris et en ajustant le pH à 10. Initialement, le mélange, à l'exclusion du Triton X-100, a été dissous dans de l'eau distillée juste en dessous. le volume final, avec des quantités précises de chaque composé. Le pH a ensuite été ajusté à 10 en utilisant une solution de NaOH 10 M pendant 1 h à 4 °C. Enfin, 1% de Triton X-100 a été ajouté à la solution de lyse avant utilisation.

2.4. Solution saline tamponnée au phosphate (PBS)

Une solution PBS a été préparée en dissolvant des quantités exactes de 2 mM de KH₂PO₄, 10 mM de Na₂HPO₄, 2,7 mM de KCl et 137 mM de NaCl dans de l'eau distillée, juste en dessous de la valeur finale requise.

volume. Le pH a ensuite été ajusté à 7,4 en utilisant une solution de HCl 1 M. Enfin, l'eau restante a été ajoutée pour obtenir le volume final souhaité de la solution PBS.

2.5. Tampon de réaction enzymatique

pour Fpg Le tampon de réaction enzymatique, comprenant 0,04 M de HEPES, 0,10 M de KCl, 0,0005 M d'EDTA et 0,2 mg/mL de BSA, a été formulé dans H₂O. Le pH de la solution tampon a été ajusté à 8,0 en ajoutant soigneusement une solution de KOH 6 M.

2.6. Solution d'électrophorèse

La solution d'électrophorèse a été préparée en combinant 0,3 M de NaOH et 1 mM EDTA dans un flacon, puis ajout d'eau distillée jusqu'à ce que le pH soit inférieur à 13.

2.7. Préparation

enzymatique Disponible dans le commerce, l'enzyme spécifique à la lésion pour le test Comet, Fpg, provenait de bactéries et stockée à -80 °C en aliquotes après la production initiale par plasmide . Le Fpg décongelé a été dilué conformément aux directives du fournisseur avec un tampon Fpg et maintenu sur de la glace jusqu'à ce qu'il soit ajouté aux gels pendant les expériences, garantissant ainsi la fonctionnalité appropriée de l'enzyme.

2.8. Récolte et préparation du sureau

En août 2022, des baies de sureau ont été achetées chez INOVTERRA (Vila Pouca de Salzedes, Portugal). Les baies de sureau séchées ont été conservées dans un récipient en verre hermétiquement fermé jusqu'à une analyse plus approfondie [9]. Les baies de sureau ont été réduites en poudre à l'aide d'un moulin à café pour chaque expérience.

2.9. Distillation à la vapeur de sureau

Le rapport approprié matière végétale/eau pour la distillation à la vapeur peut varier en fonction de facteurs tels que le type et la quantité de matière végétale utilisée et le résultat souhaité de l'extraction. Cependant, une recommandation standard dans la littérature consiste à utiliser un rapport de 1:3 (1 partie de matière végétale pour 3 parties d'eau) pour extraire les huiles essentielles des matières végétales (Tableau 1). Il convient de noter que le rapport optimal pour la distillation à la vapeur peut également varier en fonction de l'appareil de distillation utilisé. Dans nos expériences, un alambic en cuivre a été utilisé. La procédure est décrite dans le tableau 1 [10].

Tableau 1. Formulation et procédure de distillation à la vapeur de sureau.

Ingrédient	g
Eau distillée	4050
Sureau	1350
Procédure	
1. Des baies de sureau séchées ont été placées dans l'appareil de distillation avec l'eau distillée.	
2. L'appareil a ensuite été connecté à un condenseur refroidi à l'eau et chauffé à l'aide d'un manteau chauffant.	
3. Une fois que l'eau dans le ballon a atteint le point d'ébullition, la vapeur générée a traversé le baies de sureau, extrayant les composants de l'huile essentielle.	
4. La vapeur se condense ensuite sur les parois du condenseur et s'écoule dans un récipient collecteur. pendant 1h.	
5. Le liquide collecté était un mélange d'huile essentielle et d'eau, séparé à l'aide d'un entonnoir.	
6. L'hydrolat a été conservé dans un récipient hermétique et résistant à la lumière et exposé à un la lumière du soleil et le chauffage excessif ont été évités.	

2.10. Calcul du rapport herbes séchées/hydrolat

Dans notre étude, le rapport herbe séchée/hydrolat a été calculé comme le rapport du poids de l'herbe séchée (sureau) au volume d'hydrolat obtenu, exprimé en pourcentage :

$$\text{Rapport herbes séchées/hydrolat (\%)} = \frac{\text{Poids de l'ingrédient (g)}}{\text{Volume d'hydrolat (mL)}} \times 100$$

Cette mesure indique quantitativement la quantité de composants volatils des baies de sureau qui sera transférée avec succès dans l'hydrolat.

2.11. Préparation d'extraits d'hydrolat

L'extraction de l'hydrolat a été réalisée dans des récipients en verre et en triple en utilisant de l'hexane et de l'acétate d'éthyle comme solvants organiques. Le rapport hydrolat/hexane était de 9:1 (v/v), avec 9 ml d'hydrolat et 1 ml de solvant organique, et le rapport hydrolat/ acétate d'éthyle était de 8:2 (v/v), avec 8 mL d'hydrolat et 2 mL de solvant organique. Les mélanges ont été agités pendant une nuit à température ambiante. Ensuite, 0,5 ml de la fraction supérieure (solvant organique) a été prélevé pour l'analyse GC-MS (section 2.12). Après l'analyse, les écarts types relatifs ont été calculés et les résultats ont été moyennés.

2.12. Profil des substances volatiles déterminé par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS)

Les échantillons d'hydrolats non traités et les extraits d'hydrolats ont été analysés à l'aide d'un système Shimadzu GC-MS (GCMS-QP2010 Ultra, São Paulo, Brésil) équipé d'un détecteur MS et d'une colonne capillaire Rxi-5Sil MS (Restek, Pennsylvanie, États-Unis ; 30 m × 0,25 mm, épaisseur du film 0,25 µm). Les températures de l'injecteur et de la source d'ions ont été réglées respectivement à 250 °C et 200 °C. La température de la colonne a été programmée pour augmenter de 40 °C à 220 °C à une vitesse de 3 °C/min, en maintenant les températures initiale et finale pendant 15 min chacune. De l'hélium (99,99 %) a été utilisé comme gaz porteur à un débit de 1 mL/min. Des échantillons d'hydrolat de 0,5 µL et 1,0 µL et des échantillons d'extrait de 1,0 µL ont été injectés à l'aide d'un échantillonneur automatique en mode divisé, avec des rapports de division de 1:5 et 1:10 pour les échantillons d'hydrolat et de 1:5 pour les échantillons d'extrait. La détection MS a été réalisée en mode d'ionisation électronique avec une énergie d'ionisation de 70 eV et la température de la ligne de transfert MS a été réglée à 250 °C. La plage masse/charge (m/z) allait de 40 à 400, avec une fréquence de balayage de 5 Hz.

L'identification des composés était basée sur la comparaison de leurs spectres de masse et des indices de rétention avec ceux des composés synthétiques des bibliothèques spectrales du National Institute of Standards and Technology (NIST11) et des saveurs et parfums des composés naturels et synthétiques (FFNSC2). Le pic de phénylacétaldéhyde a été confirmé à l'aide d'un étalon de référence. Les indices de rétention linéaire ont été déterminés par rapport à une série homologue de n-alcanes (C6-C24). Les concentrations relatives des composants ont été calculées à partir des pics GC sans facteurs de correction.

2.13. Traitement à l'hydrolat de sureau

Pour le test Comet, quatre concentrations de sureau ont été choisies en fonction des résultats précédents : 1 %, 5 %, 10 % et 15 % (p/v) [8]. Deux traitements ont été préparés : un avec H₂O₂ et un autre avec streptonigrin (SN). Deux expériences indépendantes, espacées de 10 jours, ont été réalisées pour chaque condition.

Pour appliquer le traitement H₂O₂, 50 µL de H₂O₂ ont été mélangés dans 0,5 L de PBS. L'expérience impliquait la mise en place de dix pots Coplin : le premier contenait uniquement du PBS, le deuxième au cinquième contenait différentes concentrations de sureau combinées avec du PBS, le sixième contenait la solution traitée au H₂O₂ et les quatre autres contenaient diverses concentrations de sureau combinées avec le PBS. Traitement H₂O₂. Deux diapositives ont été préparées pour chaque condition. Une lame de chaque ensemble a suivi le protocole standard, tandis que la seconde a subi une incubation enzymatique avant de continuer. La figure 1 donne un aperçu schématique de ces étapes, illustrant les étapes séquentielles de la procédure.

contenait différentes concentrations de sureau combinées à du PBS, le sixième contenait le H2O2-solution traitée, et les quatre autres contenaient diverses concentrations de sureau. Solution traitée, et les quatre autres contenaient diverses concentrations de sureau combinées au traitement H2O2. Deux diapositives ont été préparées pour chaque condition. Un combiné avec le traitement H2O2. Deux diapositives ont été préparées pour chaque condition. Une lame dans chaque ensemble a suivi le protocole standard, tandis que la seconde a subi une lame enzymatique dans chaque ensemble a suivi le protocole standard, tandis que la seconde a subi une incubation enzymatique avant de continuer. La figure 1 donne un aperçu schématique de ces étapes, désincubation avant de continuer. La figure 1 fournit un aperçu schématique de ces étapes, décrivant les étapes séquentielles de la procédure.

imaginant les étapes séquentielles de la procédure.

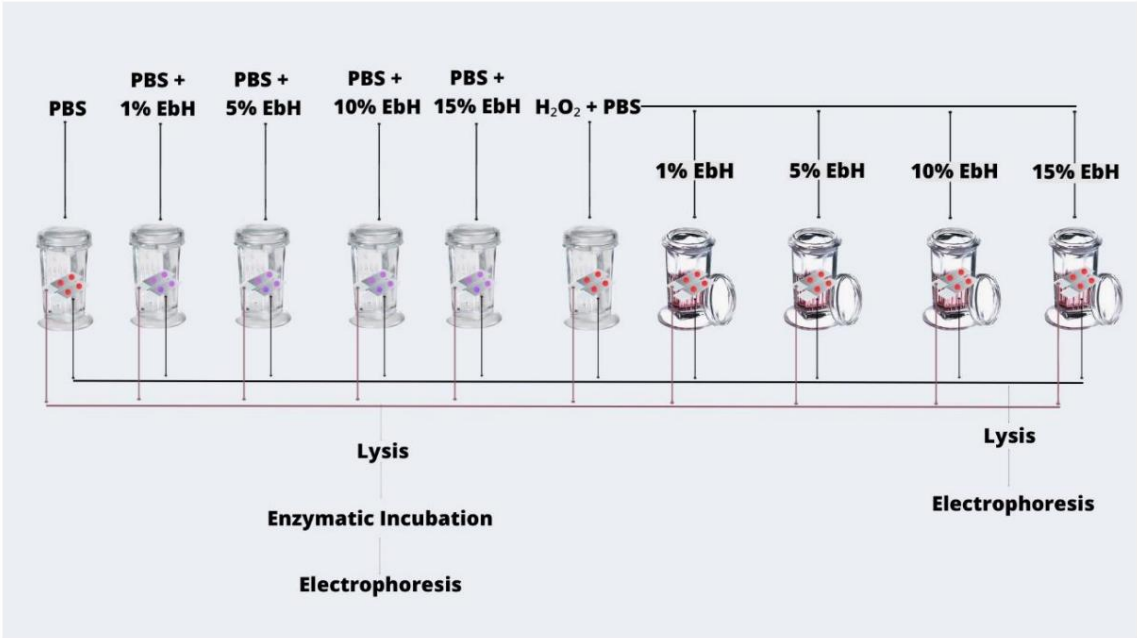


Figure 1: Illustration schématique du processus expérimental.

Le traitement SN impliquait de dissoudre du SN dans du PBS pour atteindre une concentration finale de 20. Le traitement SN impliquait de dissoudre le SN dans du PBS pour atteindre une concentration finale de 20 μ M dans un volume de 5 mL, selon les méthodologies établies [11]. Une méthode à double lame a été utilisée pour chaque condition, en respectant ces paramètres. Une lame dans chaque ensemble suivait le parcours traditionnel, impliquant les étapes du protocole standard de lyse et d'électrophorèse. Simultanément, la lame correspondante a subi une première électrophorèse enzymatique d'incubation. Simultanément, la lame résister. Simultanément, la lame correspondante subit une première étape d'incubation avant de passer aux étapes ultérieures de lyse et d'électrophorèse. L'étape détaillée d'incubation avant de passer aux étapes suivantes de lyse et d'électrophorèse. Le flux de travail détaillé est représenté visuellement dans la figure 2. Le flux de travail est représenté visuellement dans la figure 2.

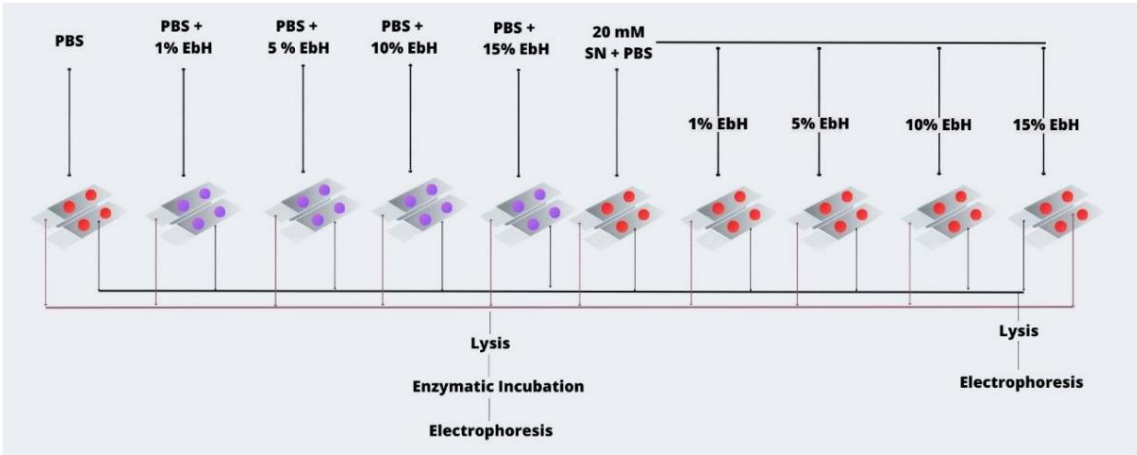


Figure 2: Illustration du processus de traitement SN.
Figure 2: Illustration du processus de traitement SN.

2.14. Évaluation génotoxique

Les effets génotoxiques et antigénotoxiques du sureau ont été évalués in vivo à l'aide de le test Comet sur les cellules mononucléées du sang périphérique humain (PBMC).

2.14.1. Test de comètes dans les PBMC humaines utilisant H2O2

L'expérimentation a suivi la méthodologie décrite dans [11]. Toutes les solutions et des lames pré-enduites contenant 1% d'agarose à point de fusion normal ont été préparées à l'avance. Les échantillons de sang ont été obtenus par piqûre au doigt et 25 μ L de chaque échantillon ont été mélangés

avec 0,8 % d'agarose à bas point de fusion dans du PBS. Par la suite, deux gouttes de 70 µL de ce mélange ont été placées sur des lames pré-enduites, chacune recouverte d'une lamelle pour disperser uniformément la solution. Ce processus a été répété pour chaque concentration examinée. Les lames ont ensuite été réfrigérées à 4 °C pendant 5 minutes pour permettre à l'agarose de se solidifier avant de retirer les lamelles. Ensuite, les lames ont été soumises à divers traitements dans des bocal Coplin à 37 °C pendant 1 h. Après traitement, les lames ont été placées dans une solution de lyse froide et fraîche. Les lames ont été disposées sans espaces dans la chambre d'électrophorèse et immergées dans un tampon froid de dénaturation et d'électrophorèse pendant 20 min. L'électrophorèse a été réalisée dans l'obscurité à 4 °C avec un courant de 300 mA et une tension de 25 V (équivalent à 0,8 V/cm) pendant 20 min. Après électrophorèse, les lames ont été lavées séquentiellement dans du PBS (10 min à 4 °C) et de l'eau distillée (10 min à 4 °C) avant d'être séchées à l'air. Chaque gel a été coloré avec 40 µL de DAPI (4',6-diamidino-2-phénylindole) (1 µg/mL dans dH₂O) et recouvert d'une lamelle pour examen au microscope à fluorescence (Leica DMLS, Massachusetts, USA) à 400 °C. × grossissement. Cinquante cellules par gel ont été observées et l'intensité de la queue de chaque cellule a été notée de 0 (pas de queue) à 4 (presque tout l'ADN dans la queue) [12]. Le score final, exprimé en unités arbitraires allant de 0 à 400, a été calculé à l'aide de la formule de l'indicateur de dommages génétiques (GDI).

Indicateur de dommages génétiques

$$\text{(GDI)} = [(\% \text{ classe nucléotidique } 0) \times 0] + [(\% \text{ classe nucléotidique } 1) \times 1] + [(\% \text{ classe nucléotidique } 2) \times 2] + [(\% \text{ classe nucléotidique } 3) \times 3] + [(\% \text{ classe nucléotidique } 4) \times 4]$$

De plus, une autre lame pour chaque condition a subi une incubation enzymatique. Après lavage avec le tampon B à 4 °C, l'enzyme Fpg diluée (50 µL) a été appliquée sur chaque gel et incubée dans une boîte plus humide à 37 °C pendant 30 min. L'électrophorèse et les étapes suivantes ont été réalisées conformément au protocole. L'utilisation de gel d'agarose pour incorporer les cellules dans le test Comet sert à immobiliser les cellules et à sauvegarder leur intégrité structurale au cours des étapes de test ultérieures. Cette méthodologie est couramment utilisée lors de l'analyse de cellules adhérentes ou en croissance monocouche, facilitant leur manipulation et leur manipulation [13]. Le gel d'agarose fournit une matrice de soutien qui encapsule les cellules, empêchant ainsi leur délogement ou leur perturbation lors des étapes ultérieures du test telles que la lyse cellulaire et l'électrophorèse. L'intégration des cellules dans l'agarose garantit leur répartition uniforme sur les lames de microscope, permettant une analyse uniforme [14].

De plus, la nature poreuse de l'agarose facilite la diffusion de la solution de lyse et d'autres réactifs tout en maintenant l'intégrité cellulaire. Cela élimine efficacement les protéines cellulaires et les contaminants pendant la lyse, améliorant ainsi la visualisation et l'analyse des dommages à l'ADN [13,15]. En revanche, les cellules en suspension nécessitent l'incorporation d'agarose pour l'analyse du test Comet. Les cellules en suspension se disperseraient pendant l'électrophorèse, ce qui entraverait une évaluation précise des niveaux de dommages à l'ADN. L'intégration de ces cellules dans l'agarose les immobilise, garantissant une analyse cohérente et fiable des dommages à l'ADN dans les étapes suivantes du test Comet [16,17].

2.14.2. Test des comètes dans les PBMC humaines utilisant SN

Le protocole est resté cohérent avec les procédures précédentes, mais le traitement a varié. Dans cette expérience, quatre concentrations de sureau ont été dissoutes dans un mélange de SN et de PBS. Une gouttelette de 50 µL de cette solution a été placée sur le gel d'agarose et l'échantillon de sang, puis recouverte d'une lamelle. Par la suite, les lames ont été incubées à 37 °C pendant 1 h avant d'être immergées dans une solution de lyse et en suivant le protocole établi.

2.15. Dosage du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)

La capacité de l'hydrolat à favoriser la dismutation de H₂O₂ a été évaluée en utilisant une modification de la méthode décrite précédemment [18]. Cette méthode est basée sur la conversion de l'acide homovanillique (HVA) en son dimère fluorescent en présence de H₂O₂ et de peroxydase de raifort (HRP). Quatre concentrations différentes ont été utilisées pour évaluer la possible dismutation.

capacité de concentration de l'hydrolat de sureau (1%, 5% et 15% p/v). L'hydrolat de sureau a été incubé dans un tampon phosphate (50 mM, pH 7,4) en présence de 20 mM de H₂O₂, 0,1 mM de HVA et 6,4 mg/mL de HRP. Au bout de 5 minutes, la réaction a été arrêtée avec 0,5 ml de tampon glycine froid (pH 12,0). La fluorescence de la solution a été mesurée à 312 nm pour l'excitation et à 420 nm pour les longueurs d'onde d'émission avec un spectrofluorimètre Varian Eclipse. La génération de peroxyde a été calculée à l'aide d'une courbe standard de H₂O₂, et les niveaux de H₂O₂ ont été exprimés en nmol de dismutation de H₂O₂ /min.

2.16. Activité antioxydante

2.16.1. Activité de piégeage des radicaux ABTS

Le test de suppression des radicaux ABTS a été évalué selon une méthode décrite précédemment [19], avec quelques modifications. Le test de décoloration des cations radicaux ABTS a évalué l'activité de capture des radicaux libres de l'hydrolat de sureau. Pour initier la formation du radical cationique ABTS^{•+}, 7 mM d'ABTS ont été mélangés avec 2,5 mM de persulfate de potassium (1:1 p/p) dans de l'eau et laissés incuber dans l'obscurité à température ambiante pendant 12 à 16 h avant utilisation. La solution ABTS^{•+} résultante a été diluée avec du méthanol jusqu'à atteindre une absorbance de 0,700 à 734 nm. Après avoir ajouté quatre concentrations différentes de l'hydrolat (1 %, 5 % et 15 %, p/v) à la solution ABTS^{•+} diluée, l'absorbance a été mesurée 30 minutes après un mélange minutieux. Chaque test comprenait un blanc de solvant approprié et toutes les mesures ont été effectuées en triple. Le pourcentage d'inhibition de l'absorbance à 734 nm a été calculé à l'aide de la formule :

$$\text{Effet récupérateur ABTS}^{\bullet+} (\%) = \times 100 \frac{(AB - AA)}{(2)_{UN B}}$$

où AB représente l'absorbance du radical ABTS mélangé au méthanol. AA représente l'absorbance du radical ABTS mélangé à l'hydrolat ou au standard de sureau.

La capacité antioxydante équivalente du Trolox (TEAC) a été calculée en préparant une courbe Trolox standard d'une solution standard de Trolox.

2.16.2. Test de suppression des radicaux DPPH

La capacité d'élimination des radicaux libres DPPH des échantillons provenant de l'hydrolat de sureau a été évaluée selon une méthode décrite précédemment [20], avec de légers ajustements, en utilisant le radical DPPH stable, qui présente un pic d'absorption à 515 nm. Une solution du radical DPPH a été préparée en dissolvant 2,4 mg de DPPH dans 100 mL de méthanol. À 3,995 ml de DPPH méthanolique, une solution d'essai (1 %, 5 % et 15 % p/v) a été ajoutée. Le mélange a été vigoureusement agité et laissé à température ambiante dans l'obscurité pendant 30 minutes. L'absorbance du mélange réactionnel a ensuite été mesurée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. De plus, l'absorbance du radical DPPH sans hydrolat (c'est-à-dire le blanc) a été mesurée. Toutes les expériences ont été menées en triple. La capacité à piéger le radical DPPH a été déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{DPPH récupéré} (\%) = \frac{(AB - AA)}{(2)_{UN B}} \times 100$$

où AB représente l'absorbance du blanc à t = 0 min, et AA représente l'absorbance de l'hydrolat à t = 30 min. La capacité antioxydante équivalente du Trolox (TEAC) a été calculée en préparant une courbe Trolox standard d'une solution standard de Trolox.

2.17. Analyse statistique

L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics, version 20 (Chicago, IL, USA). L'évaluation statistique comprenait une analyse de variance (ANOVA), suivie de tests post hoc avec la méthode de Tukey. La signification statistique a été déterminée à des valeurs de p inférieures à 0,05.

3. Résultats

3.1. Distillation à la vapeur de sureau

Dans cette étude, 3 330 ml d'hydrolat ont été obtenus. Le rapport herbe séchée/hydrolat était déterminé à 40,54 %. Cette mesure fournit des informations précieuses sur l'efficacité du processus de distillation à la vapeur, indiquant le degré d'enrichissement d'un hydrolat en matières volatiles composés. Plus la masse de l'herbe séchée est élevée, plus la teneur en substances volatiles est élevée. composés dans l'hydrolat.

Le pH de l'hydrolat obtenu a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (MP511, Benchtop, Apera Instruments, Columbus, OH, USA), et la valeur du pH s'est avérée être de 3,35.

3.2. Caractérisation chimique

L'analyse directe de l'hydrolat, c'est-à-dire l'analyse de l'hydrolat non traité, a révélé le présence de trois composés, le phénylacétaldéhyde, le 2-acétyl-pyrrole et un inconnu composé (tableau 2), représentant 26,7 %, 13,7 % et 59,7 % de la composition totale en fonction de leurs intensités de pointe relatives, respectivement. Le phénylacétaldéhyde était alors quantifié à l'aide d'une courbe d'étalonnage standard. En utilisant un volume d'injection de 1 µL, une concentration de 0,063 ± 0,083 mg/mL a été déterminée pour la division 1:5 et une concentration de 0,068 ± 0,047 mg/mL pour la répartition 1:10. En utilisant un volume d'injection inférieur (0,5 µL), il est préférable la répétabilité a été atteinte, en particulier dans la division 1:5 ; la concentration de phénylacétaldéhyde était de 0,096 ± 0,049 mg/mL.

Tableau 2. Caractérisation chimique.

Échantillons non traités	Zone %	
	26,7%	Phénylacétaldéhyde
	13,7%	2-acétyl-pyrrole
	59,7%	MS : 43 (100) 44 (72) 144 (60)
	Quantification du phénylacétaldéhyde	
	0,5 µL, divisé 1:5	0,096 ± 0,049 mg/ml
	0,5 µL, divisé 1:10	0,160 ± 0,074 mg/ml
	1 µL, divisé 1:5	0,063 ± 0,083 mg/ml
	1 µL, divisé 1:10	0,068 ± 0,047 mg/ml
	Extraits d'hexane	
	Zone %	
	3,1%	n-hexanal
	4,5%	Furfural
	82,6%	Phénylacétaldéhyde
	2,2%	(E)-bêta-damascénone
	Quantification du phénylacétaldéhyde	
	1 µL, divisé 1:5	0,025 ± 0,001 mg/ml
	Extraits d'acétate d'éthyle	
	Quantification du phénylacétaldéhyde	
	1 µL, divisé 1:5	0,069 ± 0,003 mg/ml

Dans les extraits hydrolats à l'acétate d'éthyle, seul le phénylacétaldéhyde a été détecté dans une concentration moyenne de 0,069 ± 0,003 mg/mL, ce qui correspond à la concentration de 0,009 mg/mL dans l'hydrolat. Quatre composés ont été détectés dans les extraits à l'hexane, n-hexanal, furfural, phénylacétaldéhyde et (E)-bêta-damascénone, représentant 3,1%, 4,5 %, 82,6 % et 2,2 % de la composition totale selon leur intensité maximale relative, respectivement . Les quatre composés ont déjà été signalés comme constituants volatils des baies de sureau [21]. La concentration moyenne de phénylacétaldéhyde était de 0,025 ± 0,001 mg/mL,

ce qui correspond à une concentration de 0,003 mg/mL dans l'hydrolat. La répétabilité

3.3. Test des comètes : H2O2-Challenge

Dans cette étude, l'évaluation des dommages à l'ADN dans les PBMC a été réalisée à l'aide de la méthode 3.3. Test des comètes H2O2- Challenge

Test des comètes pour étudier l'impact des concentrations d'hydrolat de sureau et de H₂O₂

Dans cette étude, l'évaluation des dommages à l'ADN dans les PBMC a été réalisée en utilisant des comètes.

Les résultats ont révélé une augmentation notable des dommages à l'ADN dans le groupe « C+ » grâce au test de comète visant à évaluer l'impact des concentrations d'hydrolat de sureau et de H₂O₂.

Ces résultats indiquent que l'exposition à l'hydrolat de sureau ou à H₂O₂ entraîne une augmentation des effets génotoxiques à l'ADN dans les PBMC.

De plus, un défi H₂O₂ . Les groupes potentiels dépendent uniquement de la concentration en H₂O₂, ce qui signifie que les effets génotoxiques sont en fait liés à la concentration en H₂O₂.

De plus, une relation potentielle entre les dommages à l'ADN et la concentration en H₂O₂ a été observée.

Les dommages à l'ADN sont apparus avec les concentrations plus élevées affichant des tendances de traitements par hydrolat et des dommages à l'ADN sont apparus avec des concentrations plus élevées affichant des tendances de dégâts accrues par rapport à des concentrations plus faibles.

De plus, le H₂O₂ a contesté la tendance à une augmentation des dommages par rapport à des concentrations plus faibles.

De plus, le H₂O₂-traitement à l'hydrolat de sureau ont présenté une réduction notable des groupes ayant subi un traitement à l'hydrolat de sureau ont présenté une réduction notable

GDI, les positionnant favorablement par rapport au groupe « C+ ». En analysant les données du GDI, il s'agit d'une réduction du GDI, les positionnant favorablement par rapport au groupe « C+ ».

Analyser le devient évident que le résultat optimal est apparu avec le traitement à 1 %, en présentant les données du GDI, il devient évident que le résultat optimal est apparu avec le traitement à 1 %.

les dommages à l'ADN des plus minimes parmi toutes les concentrations testées.

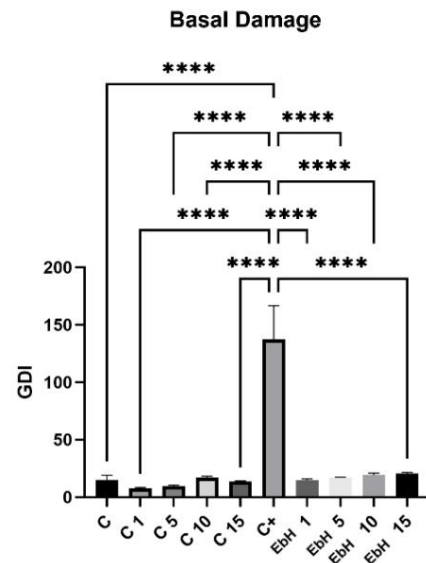


Figure 3. Évaluation de l'indicateur de dommages génétiques (GDI) dans les PBMC humaines. Les valeurs moyennes de Figure 3. Évaluation de l'indicateur de dommages génétiques (GDI) dans les PBMC humaines. Les valeurs moyennes des dommages à l'ADN, quantifiées en unités arbitraires à l'aide du test Comet in vivo, ont été déterminées dans les dommages à l'ADN, quantifiées en unités arbitraires à l'aide du test in vivo Comet, ont été déterminées à la fois dans les groupes non contestés et dans ceux soumis à une provocation par H2O2. La désignation « C » correspond au contrôle les groupes non contestés et ceux contestés par H2O2. La désignation « C » correspond au groupe témoin traité exclusivement avec du PBS. Les désignations 'C1', 'C5', 'C10' et 'C15' correspondent au PBS groupe traité exclusivement avec du PBS. Les désignations « C1 », « C5 », « C10 » et « C15 » correspondent au traitement PBS et à la concentration respective en hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 %, 10:10 % et 15:15 %). traitement et la concentration respective d'hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 %, 10:10 % et 15:15 %). « C+ » signifie le groupe soumis uniquement au traitement H2O2. Les groupes testés se distinguent par des abréviations « C+ » signifie le groupe soumis uniquement au traitement H2O2. Les groupes testés se distinguent par des abréviations désignant l'ingrédient constitutif (EbH : hydrolat de sureau) et le désignant l'ingrédient constitutif (EbH : hydrolat de sureau) et la concentration respective de l'hydrolat des abréviations désignant l'ingrédient constitutif (EbH : hydrolat de sureau) et la concentration respective de l'hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 %, 10:10 % et 15:15 %). Le quadruple astérisque s'affiche concentration d'hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 %, 10:10 % et 15:15 %). Le triple astérisque représente des différences significatives entre le traitement témoin et tous les traitements EbH, mais aussi entre différences significatives entre le traitement témoin et tous les traitements EbH, mais également entre 'C+', 'C+' et tous les témoins sans le traitement SN. Les barres d'erreur représentent les erreurs standard. et tout contrôle sans le traitement SN. Les barres d'erreur représentent les erreurs standard.

Dans la catégorie 'Basal Damage + Oxidative Damage', le groupe 'EbH1' expose le plus de dommages à l'ADN, indiquant ses effets génotoxiques prononcés (Figure 4, Basal Damage + Oxidative Damage). Les groupes traités exclusivement avec H₂O₂ (« C15 ») et H₂O₂ + H₂O₂ (« C16 ») présentent des dommages oxydatifs moyens significativement plus élevés à l'ADN, indiquant ses effets génotoxiques prononcés (Figure 4, Dommages basaux + Dommages oxydatifs).

concentrations moyennes à l'ADN les plus faibles parmi les groupes traités à l'hydrolat de sureau. Semblable aux catégories précédentes, le groupe exclusivement exposé au H2O2 (« C+ ») a présenté des dommages moyens à l'ADN nettement plus élevés, soulignant son impact génotoxique accru. En analysant les données GDI avec Fpg (Figure 4, Oxidative Damage NET), il devient évident que le résultat optimal est apparu avec le traitement à 1 %, présentant les dommages à l'ADN les plus mineurs parmi toutes les concentrations testées.

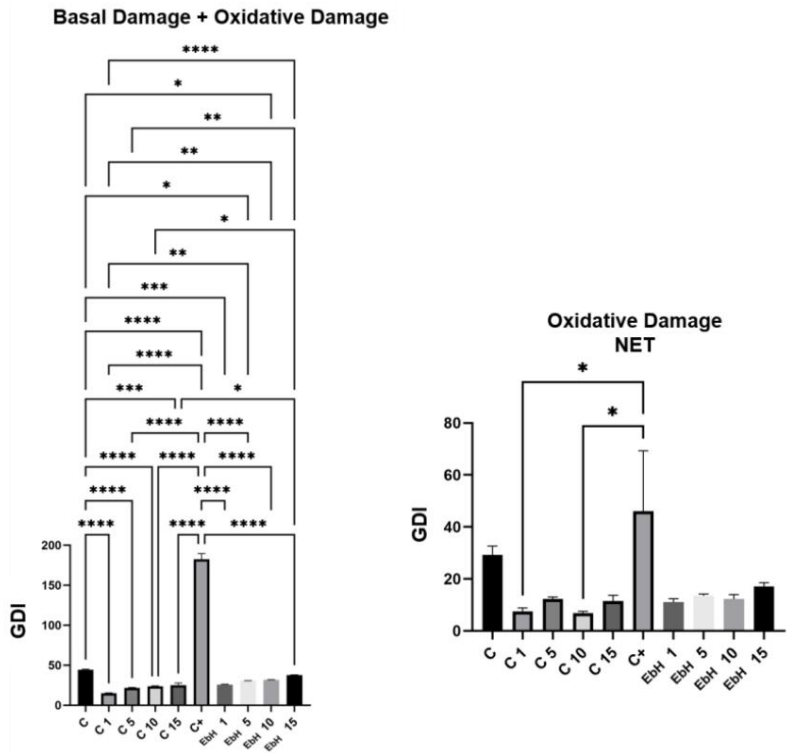


Figure 4. Évaluation des dommages oxydatifs à l'ADN des purines. Ce test a été réalisé avec le groupe témoin et les groupes traités avec du PBS. Les données sont présentées sous forme de diagramme à barres. Les valeurs de GDI sont indiquées sur l'axe des ordonnées. Les groupes de traitement sont indiqués sur l'axe des abscisses. Les barres d'erreur représentent les erreurs standard. Les astérisques indiquent des différences significatives entre les groupes. Les groupes de traitement sont : C (contrôle), C1 (1 % d'hydrolat de sureau), C5 (5 % d'hydrolat de sureau), C10 (10 % d'hydrolat de sureau), C15 (15 % d'hydrolat de sureau), C+ (H2O2), Ebh 1 (1 % d'hydrolat de sureau + H2O2), Ebh 5 (5 % d'hydrolat de sureau + H2O2), Ebh 10 (10 % d'hydrolat de sureau + H2O2), et Ebh 15 (15 % d'hydrolat de sureau + H2O2). Les barres d'erreur représentent les erreurs standard. Les astérisques indiquent des différences significatives entre les groupes. Les groupes de traitement sont : C (contrôle), C1 (1 % d'hydrolat de sureau), C5 (5 % d'hydrolat de sureau), C10 (10 % d'hydrolat de sureau), C15 (15 % d'hydrolat de sureau), C+ (H2O2), Ebh 1 (1 % d'hydrolat de sureau + H2O2), Ebh 5 (5 % d'hydrolat de sureau + H2O2), Ebh 10 (10 % d'hydrolat de sureau + H2O2), et Ebh 15 (15 % d'hydrolat de sureau + H2O2). Les barres d'erreur représentent les erreurs standard. Les astérisques indiquent des différences significatives entre les groupes.

Les effets des différentes concentrations d'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN ont été examinés dans des conditions basales et basales plus stress oxydatif (Tableau 3). Sous la catégorie « Dommages oxydatifs NET », le groupe « Ebh1 » présente le résultat optimal, montrant des dommages à l'ADN les plus faibles parmi les groupes traités à l'hydrolat de sureau. Semblable aux catégories précédentes, le groupe exclusivement exposé au H2O2 (« C+ ») présentait une augmentation notable des dommages à l'ADN, soulignant son impact génotoxique accru. Analyser les données GDI avec Fpg (Figure 4, Oxidative Damage NET), il devient évident que le niveau optimal est apparu avec le traitement à 1 %, mettant en évidence les dommages à l'ADN les plus mineurs parmi toutes les concentrations testées.

Les effets des différentes concentrations d'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN ont été examinés dans des conditions de stress basal et basal plus oxydatif (Tableau 3). Sous conditions de dommages basaux, le groupe témoin (« C ») a montré un GDI de 15,00 et un % d'ADN

dans la queue de 3,75. Les groupes traités à l'hydrolat de sureau ont présenté une augmentation de l'ADN
 dommages avec des concentrations plus élevées. 'EbH 1' avait le GDI le plus bas de 14,75 et le % d'ADN dans
 la queue de 3,69. Dans la condition combinée « Dégâts basaux + Dommages oxydatifs », le contrôle
 Le groupe a montré un GDI de 44,25 et un % d'ADN dans la queue de 11,06. L'hydrolat de sureau
 les groupes de traitement ont également montré une augmentation des dommages à l'ADN avec des concentrations plus élevées. Le
 Les dommages à l'ADN les plus faibles ont été observés dans 'EbH 1', avec un GDI de 25,75 et un % d'ADN dans la queue de
 6.44. Ces résultats indiquent que l'hydrolat de sureau induit une augmentation dose-dépendante de
 Dommages à l'ADN dans des conditions de stress basal et oxydatif, avec la concentration la plus élevée
 (« EbH 15 ») causant les dégâts les plus importants.

Tableau 3. Effets antigénotoxiques de l'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN dans le sang périphérique humain
 cellules mononucléées avec agression H2O2 .

Traitement	GDI	% d'ADN dans la queue
Dommages basaux		
C	15h00	3,75
C1	7h50	1,88
C5	9h50	2,38
C10	17h00	4.25
C15	13h50	3.38
C+	137.41	34h35
EbH1	14h75	3,69
EbH 5	17h00	4.25
EbH 10	19h25	4,81
EbH 15	20h50	5.13
Dommages basaux et oxydatifs		
C	44.25	11.06
C1	15,00	3,75
C5	21,75	5.44
C10	23,75	5,94
C15	25,25	6.31
C+	182,50	45.63
EbH1	25,75	6.44
EbH 5	30,50	7,67
EbH 10	31,50	7,88
EbH 15	37,50	9h38

3.4. Test des comètes : défi SN

L'enquête sur les dommages à l'ADN dans les PBMC a révélé des résultats distinctifs
 dans les différents groupes de traitement. Dans la catégorie « Dommages basaux », où les concentrations de
 sureau ont été testées, le groupe a été traité avec une concentration de 1 % de sureau.
 (« EbH1 ») présentait systématiquement les dommages moyens les plus faibles à l'ADN, ce qui suggère un potentiel
 effet protecteur contre le stress génotoxique. A l'inverse, les groupes témoins (« C », « C1 », « C10 »,
 et 'C15') présentaient différents niveaux de dommages à l'ADN (Figure 5). En analysant les données du GDI, il
 devient évident que le résultat optimal est apparu avec le traitement à 1 %, mettant en évidence le
 les dommages à l'ADN les plus mineurs parmi toutes les concentrations testées.

L'analyse approfondie des dommages à l'ADN dans les PBMC à l'aide de divers traitements a révélé des
 résultats nuancés dans les différents groupes expérimentaux. Dans les « Dommages basaux
 + Catégorie « Dommages oxydatifs », le sous-groupe « EbH5 » présentait l'ADN le plus faible observé
 dommages (Figure 6, Dommages basaux + Dommages oxydatifs). Suivant de près, le 'EbH1'
 Le sous-groupe a démontré des dommages à l'ADN relativement inférieurs. De même, dans le sous-groupe
 « Oxidative Damage NET », le sous-groupe « EbH10 » illustre le moins de dommages à l'ADN observés.
 (Figure 6, Dommages oxydatifs NET). En prêtant attention aux données GDI avec Fpg (Figure 6,
 Dommages Oxydatifs NET), il devient évident que le résultat le plus favorable a été obtenu
 avec le traitement à 10 %, comme en témoigne le niveau le plus bas enregistré de dommages à l'ADN.

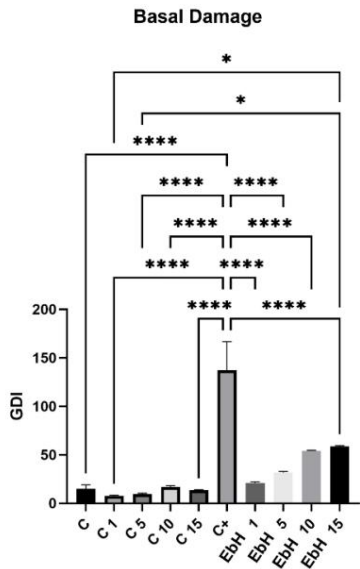


Figure 6. Évaluation des dommages oxydatifs à l'ADN des purines après un traitement à l'hydrolat de sureau. La figure présente les valeurs moyennes des dommages oxydatifs à l'ADN des purines quantifiées grâce à l'analyse avancée. ment. La figure présente les valeurs moyennes des dommages oxydatifs de l'ADN des purines quantifiées par le test Comet dans le traitement post-hydrolat de sureau par les PBMC humaines. La désignation « C » correspond au groupe témoin traité exclusivement avec du PBS. Les désignations « C1 », « C5 », « C10 » et « C15 » correspondent au groupe PBS traité avec la concentration respective d'hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 %, 10:10 % et 15:15 %). Le quadruple sous forme d'astérisque représente la différences significatives entre tous les groupes témoins et « C+ » et entre « C+ » et tous les groupes traités. pour les différences significatives entre « EbH1 » et « C1 » et « C5 ». Le quadruple comme astérisque signifie les différences significatives entre tous les groupes témoins et « C+ » et entre « C+ » et tous les groupes traités.

Les effets de diverses concentrations d'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN ont été étudiés dans des conditions de stress « Dégâts basaux » et « Dégâts basaux + Dommages oxydatifs ». Dans les conditions de dommages basaux, le groupe témoin (« C ») présentait un GDI de 15,00 et un % d'ADN dans la queue de 3,75. Parmi les traitements à l'hydrolat de sureau, les dommages à l'ADN les plus faibles ont été observés à « EbH 1 », avec un GDI de 21,00 et un % d'ADN dans la queue de 5,25. Des concentrations plus élevées ont entraîné une augmentation des dommages à l'ADN, avec « EbH 15 » montrant

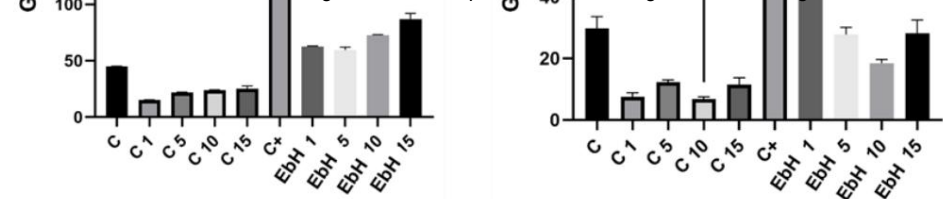


Figure 6. Évaluation des dommages oxydatifs à l'ADN des purines après un traitement à l'hydrolat de sureau. La figure présente les valeurs moyennes des dommages oxydatifs à l'ADN des purines quantifiées grâce à l'analyse avancée. ment. La figure présente les valeurs moyennes des dommages oxydatifs de l'ADN des purines quantifiées par le test Comet dans le traitement post-hydrolat de sureau par les PBMC humaines. La désignation « C » correspond au groupe témoin traité exclusivement avec du PBS. Les désignations « C1 », « C5 », « C10 » et « C15 » correspondent au groupe PBS traité avec la concentration respective d'hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 %, 10:10 % et 15:15 %). Le quadruple sous forme d'astérisque représente la différences significatives entre tous les groupes témoins et « C+ » et entre « C+ » et tous les groupes traités. pour les différences significatives entre « EbH1 » et « C1 » et « C5 ». Le quadruple comme astérisque signifie les différences significatives entre tous les groupes témoins et « C+ » et entre « C+ » et tous les groupes traités.

Les effets de diverses concentrations d'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN ont été étudiés dans des conditions de stress « Dégâts basaux » et « Dégâts basaux + Dommages oxydatifs ». Dans les conditions de dommages basaux, le groupe témoin (« C ») présentait un GDI de 15,00 et un % d'ADN dans la queue de 3,75. Parmi les traitements à l'hydrolat de sureau, les dommages à l'ADN les plus faibles ont été observés à « EbH 1 », avec un GDI de 21,00 et un % d'ADN dans la queue de 5,25. Des concentrations plus élevées ont entraîné une augmentation des dommages à l'ADN, avec « EbH 15 » montrant

Les effets de différentes concentrations d'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN ont été étudiés sous le stress « Dégâts basaux » et « Dégâts basaux + Dommages oxydatifs » conditions. Dans les conditions de dommages basaux, le groupe témoin (« C ») a présenté un GDI de 15,00 et % d'ADN dans la queue de 3,75. Parmi les soins à l'hydrolat de sureau, le Les dommages à l'ADN les plus faibles ont été observés à 'EbH 1', avec un GDI de 21,00 et un % d'ADN dans la queue de 5,25. Des concentrations plus élevées ont entraîné une augmentation des dommages à l'ADN, avec « EbH 15 » montrant le GDI le plus élevé de 58,75 et le % d'ADN dans la queue de 14,69 (tableau 4).

Tableau 4. Effets antigénotoxiques de l'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN dans le sang périphérique humain cellules mononucléées avec insulte SN.

Traitement	GDI	% d'ADN dans la queue
Dommages basaux		
C	15h00	3,75
C1	7h50	1,88
C5	9h50	2,38
C10	17h00	4.25
C15	13h50	3.38
C+	137.41	34h35
EbH1	21h00	5.25
EbH 5	31.75	7,94
EbH 10	54h00	13h50
EbH 15	58,75	14.69
Dommages basaux et oxydatifs		
C	44,25	11.06
C1	15,00	3,75
C5	21,75	5.44
C10	23,75	5,94
C15	25,25	6.31
C+	182,50	45.63
EbH1	62,50	15.63
EbH 5	59,50	14.88
EbH 10	72,50	18.13
EbH 15	87,00	21h75

Dans la condition combinée « Dommages basaux + Dommages oxydatifs », le groupe témoin a montré un GDI de 44,25 et un % d'ADN dans la queue de 11,06. Les dommages à l'ADN les plus faibles parmi les traitements à l'hydrolat de sureau ont de nouveau été observés à 'EbH 1', avec un GDI de 62,50 et % d'ADN dans la queue de 15,63. Semblable à l'état basal, des concentrations plus élevées ont conduit à de plus grands dommages à l'ADN, avec 'EbH 15' affichant le GDI le plus élevé de 87,00 et le % d'ADN dans la queue de 21,75.

Ces résultats indiquent que, même si le traitement à l'hydrolat de sureau au niveau le plus bas la concentration (« EbH 1 ») présente le moins de dommages à l'ADN parmi les concentrations testées, cela entraîne toujours des dommages à l'ADN plus élevés que le groupe témoin sous conditions basales et oxydatives conditions de stress.

3.5. Activité de récupération du peroxyde d'hydrogène

Nous avons évalué la capacité de l'hydrolat de sureau à dismuter le H2O2 pour comprendre si l'effet protecteur observé en termes de génotoxicité résultait du fait que l'hydrolat de sureau a un effet direct sur le H2O2. Cependant, nous avons constaté que l'hydrolat n'a pas favorisé la dismutation du H2O2. Cependant, ce résultat nous permet d'exclure une possible interaction directe de l'hydrolat avec H2O2, le convertissant en des formes moins nocives. Par conséquent, l'effet observé de l'hydrolat pourrait neutraliser les radicaux libres formés par le action du H2O2 dans les cellules ou par l'activation des systèmes de réparation de l'ADN présents dans les cellules, aidant à corriger les dommages causés par le H2O2 avant qu'ils ne deviennent permanents.

Par conséquent, l'effet protecteur observé de l'hydrolat de H2O2 peut être attribué à la combinaison de ces mécanismes, ce qui réduit les dommages à l'ADN causés par le peroxyde d'hydrogène.

nous permet d'exclure une éventuelle interaction directe de l'hydrolat avec H₂O₂, en le convertissant en des formes moins nocives. Par conséquent, l'effet observé de l'hydrolat pourrait neutraliser les radicaux libres formés par l'action du H₂O₂ dans les cellules ou par l'activation des systèmes de réparation de l'ADN présents dans les cellules, aidant ainsi à corriger les dommages causés par le H₂O₂ avant qu'ils ne deviennent permanents. Par conséquent, l'effet protecteur observé de l'hydrolat de H₂O₂ peut être attribué à la combinaison de ces mécanismes, ce qui réduit les dommages à l'ADN causés par le peroxyde d'hydrogène.

3.6. Activité antioxydante

Les résultats significatifs (Figure 7 et 8) de l'hydrolat de sureau ont démontré une dépendance de l'activité antioxydante de l'hydrolat de sureau en fonction de la concentration en hydrolat de sureau. L'analyse de l'activité antioxydante de l'hydrolat de sureau a été réalisée à l'aide du test d'inhibition de l'ABTS et de l'ABTS, tels que mesurés par les équivalents Trolox (Figure 7). Avec des concentrations croissantes d'hydrolat de sureau (à 1%, 5% et 15%), l'augmentation proportionnelle des valeurs équivalentes Trolox, démontrant une escalade correspondante de la capacité antioxydante.

Figure 7. Relation entre la concentration en hydrolat de sureau et l'activité antioxydante par inhibition de l'ABTS dans μmol Trolox. Les groupes testés se distinguent par des abréviations désignant l'ingrédient constitutif (EbH : hydrolat de sureau) et la concentration respective en hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 % et 15:15 %). L'astérisque unique représente des différences significatives entre « C+ » et « EbH5 ». Le triple astérisque représente des différences significatives entre « C+ » et « EbH15 ».

L'impact des différentes concentrations d'hydrolat sur l'activité antioxydante a également été étudié à l'aide du test DPPH. Les valeurs équivalentes de Trolox ont été déterminées à des concentrations de 0 %, 1 %, 5 % et 15 % d'hydrolat. Comme prévu, l'hydrolat de sureau présente une activité antioxydante car, au cours du processus d'extraction, certains composés antioxydants (par exemple, le furfural, le phénylacétaldéhyde et la (E)-hydrochalcénone) sont libérés de la baie et dissous dans l'eau. Étonnamment, les résultats ont révélé une relation non linéaire entre la concentration d'hydrolat et l'activité antioxydante. À une concentration de 1 %, la valeur équivalente de Trolox a augmenté de manière significative par rapport à la valeur de base, suggérant une influence positive de l'hydrolat sur les propriétés antioxydantes. Cependant, à la figure 7.

Relation entre la concentration en hydrolat de sureau et l'activité antioxydante

5% une diminution des valeurs équivalentes de Trolox a été observée, indiquant une inhibition complexe de l'ABTS en présence de Trolox. Les groupes testés se distinguent par des abréviations désignant l'ingrédient constitutif (EbH : hydrolat de sureau) et la concentration respective en hydrolat de sureau (1:1 %, 5:5 % et 15:15 %). Le double astérisque représente des différences significatives entre les concentrations (1:1 %, 5:5 % et 15:15 %). Le triple astérisque représente des différences significatives entre « C+ » et « EbH15 ». Le triple astérisque représente des différences significatives entre « C+ » et « EbH15 ».

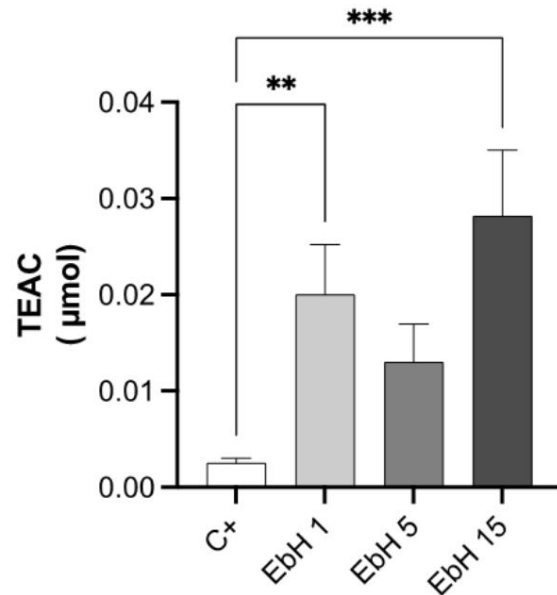


Figure 8. Relation entre la concentration en hydrolat de sureau et l'activité antioxydante par inhibition du DPPH dans μmol Trolox. Les groupes testés se distinguent par des abréviations désignant l'ingrédient constitutif (EbH : hydrolat de sureau) et l'hydrolat de sureau respectif concentrations (1:1 %, 5:5 % et 15:15 %). Le double astérisque représente des différences significatives entre les concentrations (1:1 %, 5:5 % et 15:15 %). Le triple astérisque représente des différences significatives entre « C+ » et « EbH15 ». Le triple astérisque représente des différences significatives entre « C+ » et « EbH15 ».

4. Discussion

4.1. Distillation à la vapeur de sureau

Basés sur le rapport herbe séchée/hydrolat calculé, les résultats mettent en évidence une efficacité transfert de composés aromatiques et volatils issus du sureau, démontrant la maîtrise du procédé d'extraction et, à terme, le potentiel d'applications thérapeutiques ou cosmétiques,

L'impact des différentes concentrations d'hydrolat sur l'activité antioxydante a également été étudié à l'aide du test DPPH. Les valeurs équivalentes de Trolox ont été déterminées à des concentrations de 0 %, 1 %, 5 % et 15 % d'hydrolat. Comme prévu, l'hydrolat de sureau présente une activité antioxydante car, au cours du processus d'extraction, certains composés antioxydants (par exemple, le furfural, le phénylacétaldéhyde et la (E)-bêta-damascénone) sont libérés de la baie et dissous dans l'eau. Étonnamment, les résultats ont révélé une relation non linéaire entre la concentration d'hydrolat et l'activité antioxydante. À une concentration de 1 %, la valeur équivalente de Trolox a augmenté de manière significative par rapport à la valeur de base, suggérant une influence positive de l'hydrolat sur les propriétés antioxydantes. Cependant, à 5 %, une diminution des valeurs équivalentes de Trolox a été observée, indiquant un effet complexe dépendant de la concentration. Étonnamment, l'activité antioxydante la plus élevée a été observée à une concentration d'hydrolat de 15 %, soulignant la présence d'une concentration optimale pour une efficacité maximale.

4. Discussion 4.1.

Distillation à la vapeur de sureau

Basés sur le rapport herbe séchée/hydrolat calculé, les résultats mettent en évidence un transfert efficace des composés aromatiques et volatils des baies de sureau, démontrant la compétence du processus d'extraction et, finalement, le potentiel d'applications thérapeutiques ou cosmétiques, soulignant également l'importance de la vapeur. la distillation comme technique d'extraction durable. Cependant, il faut tenir compte du fait que les variations du rapport herbe séchée/hydrolat peuvent provenir de facteurs tels que les caractéristiques du matériel végétal, les paramètres de distillation et la manipulation pendant la collecte et la séparation, alors que ceux-ci peuvent affecter de manière significative l'efficacité de la distillation. . Le niveau de pH observé affecte les applications potentielles et souligne la nécessité d'un contrôle qualité précis. L'ajustement du pH pour des applications spécifiques peut améliorer l'utilité de l'hydrolat de sureau dans diverses industries.

Cette étude explore le potentiel d'utilisation du sureau dans les cosmétiques naturels, en étudiant la distillation à la vapeur comme méthode accessible pour obtenir de l'hydrolat de sureau. Les résultats contribuent à comprendre les bienfaits du sureau pour la santé de la peau, en soulignant la durabilité de la distillation à la vapeur pour l'extraction aromatique et thérapeutique. Par ailleurs, à notre connaissance, il s'agit de la première étude portant sur la composition et les propriétés biologiques in vitro de l'hydrolat de sureau.

Cette étude contribue également à une meilleure compréhension de la caractérisation des constituants volatils de l'hydrolat de sureau. Dans l'analyse des hydrolats, l'extraction liquide-liquide est généralement utilisée pour extraire les composés volatils dans un solvant organique en raison des limites de la GC-MS en tant qu'outil d'analyse d'échantillons aqueux [22]. L'hexane est le plus couramment utilisé comme solvant organique [23], bien qu'il ne soit pas un solvant d'extraction optimal pour identifier la composition d'un hydrolat, car il s'agit d'un solvant hautement apolaire ($\log P = 3,90$). Par conséquent, nous avons également utilisé une extraction à l'acétate d'éthyle, qui est plus polaire ($\log P = 0,73$) que l'hexane mais ne se mélange toujours pas à l'eau. Considérant qu'un hydrolat est une solution aqueuse de composés volatils et que les composés volatils polaires sont présents à des teneurs plus élevées que les composés moins polaires, nous nous attendions à détecter davantage de composés dans l'extrait à l'acétate d'éthyle. Cependant, ce n'était pas le cas ; nous n'avons pu détecter que du phénylacétaldéhyde dans l'extrait à l'acétate d'éthyle, tandis que la (E)-bêta-damascénone, le n-hexanal et le furfural ont également été détectés dans l'extrait à l'hexane, mais en

Généralement, le nombre total de composés détectés dans un hydrolat dépend de la méthode choisie pour analyser l'hydrolat, avec moins de composés susceptibles d'être détectés lorsque l'hydrolat est appliqué directement sur le GC-MS, c'est-à-dire sans prétraitement ni préparation du échantillon, que lorsqu'il est préalablement extrait avec une phase organique telle que l'hexane ou l'acétate d'éthyle. Compte tenu de cela, nous concluons que l'analyse directe GC-MS de l'hydrolat non traité ainsi que l'analyse des extraits sont nécessaires pour obtenir les informations les plus détaillées possibles sur la composition d'un hydrolat.

Le sureau est largement reconnu pour sa diversité de composés bioactifs, notamment des antioxydants, des vitamines et des acides gras essentiels [5]. Les propriétés antioxydantes

Les fruits du sureau présentent un intérêt particulier, car ils ont le potentiel de lutter contre le stress oxydatif et de prévenir le vieillissement prématuré. Cela concorde avec des études antérieures suggérant la capacité du sureau à protéger la peau des dommages causés par les radicaux libres [8]. Ces résultats soulignent également les propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes du sureau, qui contribuent à sa capacité à apaiser la peau irritée et à se défendre contre les infections potentielles. Les propriétés antigénotoxiques rapportées dans le sureau présentent un intérêt significatif, suggérant un lien entre son utilisation et ses bienfaits anti-âge. Dans l'ensemble, les attributs multiformes du sureau le positionnent comme un ingrédient naturel prometteur pour améliorer la santé de la peau et répondre à divers problèmes cutanés. Nous pensons que les résultats de notre étude élargissent les possibilités d'application du sureau en démontrant les effets biologiques testés de l'hydrolat de sureau, qui indiquent des propriétés cosmétiques ou thérapeutiques potentielles.

L'importance de la distillation à la vapeur dans l'extraction des huiles essentielles et des hydrolats à partir de matières végétales, enracinées dans la médecine traditionnelle et l'aromathérapie, minimise les déchets et soutient les pratiques respectueuses de l'environnement. La production d'hydrolat de sureau correspond à la demande de l'industrie pour des alternatives naturelles et durables.

La fabrication de produits cosmétiques par distillation à la vapeur permet une personnalisation adaptée aux types et préférences de peau individuels, s'alignant ainsi sur la tendance des régimes de soins de la peau personnalisés. Une observation notable s'est produite au cours de l'étude puisque la présence d'huile essentielle a été visuellement perçue lors de la distillation à la vapeur, mais aucune n'a été collectée. Cela a donné lieu à une enquête sur les facteurs qui influencent cela, tels que les variabilités de la teneur en huile essentielle, la volatilité et les composés alternatifs potentiels conférant des caractéristiques aromatiques. Des erreurs ou des paramètres sous-optimaux dans le processus de distillation peuvent avoir contribué, soulignant la nécessité d'une réévaluation méticuleuse pour mieux comprendre la dynamique de la distillation à la vapeur et ses implications pour l'extraction de composés aromatiques précieux.

4.2. Évaluation génotoxique

Les effets protecteurs observés de l'hydrolat de sureau contre le stress génotoxique, tels que révélés par le test Comet avec des défis H₂O₂ et SN, s'alignent sur les propriétés connues du sureau, en particulier sa riche composition phytochimique (24).

L'augmentation des dommages à l'ADN observée dans le groupe « C+ » exposé uniquement au H₂O₂ souligne l'impact génotoxique prononcé du peroxyde d'hydrogène. En revanche, la relation concentration-dépendante observée dans les groupes traités à l'hydrolat de sureau suggère une interaction nuancée entre les concentrations d'hydrolat et la protection de l'ADN. Cela correspond aux propriétés antioxydantes déterminées de l'hydrolat de sureau, car les antioxydants sont connus pour éliminer les espèces réactives de l'oxygène, réduisant ainsi les dommages induits par le stress oxydatif sur les composants cellulaires, y compris l'ADN.

Le résultat optimal observé avec le traitement à 10 % d'hydrolat de sureau dans la condition SN et le traitement à 1 % dans la condition H₂O₂ suggère un effet protecteur potentiel spécifique à la concentration. Cette découverte peut être attribuée à l'équilibre optimal des composés bioactifs à cette concentration, car des concentrations plus élevées présentaient des tendances à une augmentation des dommages à l'ADN. Les concentrations de 1 % et 10 %, avec leurs dommages minimales à l'ADN et une réduction notable de la génotoxicité, mettent en évidence le potentiel de l'hydrolat de sureau pour atténuer le stress oxydatif. En outre, l'hydrolat améliore probablement les systèmes de défense antioxydants cellulaires, notamment la régulation positive des enzymes antioxydantes ou l'élimination directe des radicaux libres.

De plus, les divers résultats observés avec les différentes concentrations d'hydrolat et les défis soulignent la complexité des effets de l'hydrolat de sureau sur les dommages à l'ADN. Les nuances des résultats peuvent être liées aux variations des concentrations de composés phytochimiques spécifiques dans l'hydrolat de sureau, chacun contribuant différemment à sa capacité protectrice globale.

La présence de phénylacétaldéhyde, de 2-acétyl-pyrrole et de composés non identifiés dans l'hydrolat de sureau suggère une bioactivité potentielle qui pourrait être en corrélation avec les effets génotoxiques observés. Phénylacétaldéhyde, prédominant (26,7 %) dans l'hydrolat tel que déterminé en utilisant l'échantillon non traité, ainsi que dans l'acétate d'éthyle (100 % ; c'était le seul

composé détecté) et des extraits d'hexane (82,6 %), est un composé parfumé connu qui a démontré diverses activités biologiques, notamment des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes [25-27]. Ces propriétés pourraient contribuer aux effets antigénotoxiques observés dans le test Comet, car les antioxydants sont connus pour atténuer les dommages à l'ADN induits par le stress oxydatif.

Le composé non identifié, qui constitue une partie importante de l'hydrolat (59,7 % ; hydrolat non transformé), justifie des recherches plus approfondies pour élucider sa structure et son activité biologique potentielle. L'évaluation génotoxique, qui a montré une réduction des dommages à l'ADN, indique que l'effet combiné de ces composés peut conférer des propriétés protectrices contre les agents génotoxiques.

De plus, le 2-acétyl-pyrrole, un autre composé identifié, a été étudié pour ses activités biologiques potentielles, notamment ses propriétés antioxydantes [28,29]. Ce composé pourrait également jouer un rôle dans les effets antigénotoxiques observés, même si son mécanisme d'action exact dans ce contexte reste à explorer davantage. Le n-Hexanal (3,3 %) et le furfural (4,5 %), détectés dans les extraits

d'hexane à des concentrations plus faibles, possèdent également des activités biologiques connues, notamment des propriétés antioxydantes [30,31].

Leur présence, bien que mineure, pourrait renforcer de manière synergique l'effet antigénotoxique global de l'hydrolat.

La (E)-bêta-Damascénone, un composé présent dans les extraits d'hexane à 2,2 %, est un autre contributeur à l'activité biologique de l'hydrolat. Ses propriétés antioxydantes renforcent en outre la capacité de l'hydrolat à protéger contre les dommages à l'ADN [32].

De plus, le 2-acétyl-pyrrole (13,7 % ; hydrolat non transformé) contenu dans l'hydrolat de sureau peut améliorer sa capacité à protéger contre les dommages à l'ADN. Les propriétés antioxydantes du 2-acétyl-pyrrole pourraient atténuer les effets du stress oxydatif induit par des agents génotoxiques comme le SN et le H₂O₂ [29]. Cet effet protecteur serait cohérent avec la réduction observée des dommages à l'ADN dans le test Comet.

La caractérisation chimique de l'hydrolat de sureau identifie des composés essentiels susceptibles de contribuer à son activité biologique. L'évaluation génotoxique soutient l'hypothèse selon laquelle ces composés, en particulier le phénylacétaldéhyde et éventuellement le composé non identifié, ont un potentiel antigénotoxique. Des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes par lesquels ces composés exercent leurs effets protecteurs contre les dommages à l'ADN.

Ces résultats soulignent le potentiel de l'hydrolat de sureau en tant que ressource précieuse pour les applications nécessitant des propriétés antioxydantes et antigénotoxiques, comme dans les cosmétiques. Des études supplémentaires sont nécessaires pour élucider pleinement les mécanismes par lesquels ces composés exercent leurs effets protecteurs et identifier la structure et l'activité du composé non identifié.

4.3. Activité de récupération du peroxyde d'hydrogène

L'absence d'activité détectable de piégeage de H₂O₂ dans l'hydrolat de sureau est due à l'absence de composés chimiques capables de catalyser la dégradation du H₂O₂ en H₂O et O₂, ainsi qu'à l'inactivation d'enzymes comme la catalase et d'autres peroxydases pendant la distillation à la vapeur. processus, qui a des implications significatives pour la compréhension du rôle protecteur potentiel de l'hydrolat de sureau contre les dommages à l'ADN.

La catalase est une enzyme cruciale responsable de catalyser la dégradation du H₂O₂ en eau et en oxygène, empêchant ainsi l'accumulation de ces espèces réactives de l'oxygène (ROS) et atténuant les dommages induits par le stress oxydatif (33).

Le processus de distillation à la vapeur, impliquant des températures élevées, pourrait avoir entraîné la dénaturation ou l'inactivation des peroxydases présentes dans les baies de sureau. Cette inactivation pourrait expliquer le manque d'activité catalase observé lors du test ultérieur, où l'hydrolat de sureau a été testé pour sa capacité à dismuter H₂O₂ [34].

À la lumière de ces résultats, l'absence d'activité catalase dans l'hydrolat de sureau suggère que d'autres mécanismes antioxydants pourraient contribuer à ses effets protecteurs potentiels contre les dommages à l'ADN. La réduction observée des dommages à l'ADN en fonction de la concentration, en particulier dans des conditions de stress oxydatif, implique que l'hydrolat de sureau peut héberger des composés bioactifs capables d'éliminer les radicaux libres et d'atténuer

effets génotoxiques. Ces effets protecteurs sur l'ADN peuvent être attribués à la présence d'autres antioxydants, tels que les polyphénols ou les flavonoïdes, qui pourraient jouer un rôle dans la lutte contre les dommages oxydatifs.

Les implications de l'hydrolat de sureau en tant qu'agent protecteur contre les dommages à l'ADN, même sans enzymes antioxydantes, mettent en évidence la nature complexe et multiforme de ses composants bioactifs. Des recherches plus approfondies sur les composés antioxydants spécifiques présents dans l'hydrolat de sureau, leurs mécanismes d'action et leurs effets synergiques potentiels contribueront à une compréhension plus complète du rôle du sureau dans l'atténuation du stress oxydatif et la préservation de l'intégrité de l'ADN. Ces découvertes ont des implications prometteuses pour le développement de produits naturels dotés de propriétés protectrices de l'ADN, adaptés aux applications de soins de la peau et à d'autres industries.

4.4. Activité antioxydante

Les résultats obtenus avec les deux méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante (ABTS et DPPH) suggèrent fortement que l'hydrolat de sureau possède un potentiel antioxydant considérable, des concentrations plus élevées étant corrélées à une activité antioxydante plus significative [3]. Ces données soulignent le rôle prometteur de l'hydrolat de sureau en tant que source d'antioxydants naturels, ce qui pourrait avoir des implications pour diverses industries à la recherche de composés naturels riches en antioxydants pour le développement de produits et les applications en matière de santé.

Ces résultats mettent en lumière la relation nuancée entre la composition qualitative et quantitative de l'hydrolat et l'activité antioxydante, fournissant ainsi des informations précieuses pour une exploration plus approfondie des mécanismes sous-jacents et des applications potentielles dans les cosmétiques, les aliments fonctionnels ou les produits pharmaceutiques. Il convient de noter que les propriétés antioxydantes des composés présents dans l'hydrolat peuvent expliquer l'effet protecteur observé dans les dommages à l'ADN induits par H_2O_2 et SN. Cependant, il ne peut être exclu que certains de ces composés puissent stimuler les systèmes de réparation de l'ADN présents dans la cellule.

4.5. Limites

Bien que cette étude fournisse des informations précieuses sur les avantages potentiels de l'hydrolat de sureau pour les soins de la peau et d'autres applications, plusieurs limites méritent d'être prises en compte. Premièrement, la taille de l'échantillon de l'étude, qui reposait sur les données obtenues auprès d'un seul volontaire en bonne santé, peut limiter la généralisabilité des résultats à une population plus large. De plus, l'utilisation de baies de sureau provenant d'un endroit spécifique et à un moment précis peut introduire une variabilité due aux différences géographiques et aux variations saisonnières de la composition végétale. Les variables confusionnelles telles que le régime alimentaire, les facteurs liés au mode de vie et les expositions environnementales n'ont pas été contrôlées, ce qui pourrait influencer les résultats observés. Remédier à ces limites grâce à des échantillons plus grands, à des modèles expérimentaux contrôlés et à la prise en compte des facteurs de confusion potentiels pourrait améliorer la validité et la généralisabilité des recherches futures dans ce domaine.

5. Conclusions

Cette étude met en lumière le potentiel du sureau en tant qu'ingrédient naturel dans les produits de soin et de beauté. L'exploration de la distillation à la vapeur du sureau met en évidence ses divers bienfaits pour la santé de la peau et souligne l'accessibilité et la durabilité de l'utilisation de cette méthode. Alors que la demande de cosmétiques naturels et de pratiques durables continue d'augmenter, ces résultats contribuent au nombre croissant de recherches qui soutiennent l'intégration des ressources de la nature dans les régimes de soins de la peau contemporains. En reliant tradition et science moderne, le sureau illustre la synergie harmonieuse entre la nature et le bien-être personnel. Cette étude met en évidence les multiples facettes de l'hydrolat de sureau, le positionnant comme un ingrédient naturel prometteur pour améliorer la santé de la peau et répondre à divers problèmes cutanés. La présence de composés bioactifs tels que le phénylacétaldéhyde et le 2-acétyl-pyrrole, ainsi que l'activité potentielle de ce composé non identifié, soulignent le potentiel de l'hydrolat dans les cosmétiques et d'autres applications nécessitant des propriétés antioxydantes et antigénotoxiques. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour élucider pleinement les mécanismes

par lequel ces composés exercent leurs effets protecteurs et d'identifier les substances non identifiées la structure et l'activité du composé. Ces résultats contribuent au nombre croissant de connaissances sur les bienfaits du sureau, soutenant son utilisation en tant qu'ingrédient naturel et durable précieux ressource de développement de produits.

Contributions des auteurs : SG, FP, KS, NKG et IG : Conceptualisation, rédaction – révision et édition; SG, KS, NKG et FP : Investigation, ressources, méthodologie, validation, conservation des données et visualisation ; SG : Rédaction de la version originale ; administration de projet et analyse formelle ; PF et IG : Supervision ; IG : Financement. Tous les auteurs ont lu et accepté la version publiée de le manuscrit.

Financement : Ce travail a été soutenu par le projet UIDB/00772/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/00772/2020>), financé par la Fondation portugaise pour la science et la technologie (FCT).

Déclaration de l'Institutional Review Board : Cette étude a été menée conformément à la Déclaration d'Helsinki et approuvée par le comité d'examen institutionnel de l'université de Trás-os-Montes et Haut Douro (Doc4-CE-UTAD-2023, 27 janvier 2023).

Déclaration de consentement éclairé : un consentement éclairé a été obtenu de tous les sujets impliqués dans l'étude.

Déclaration de disponibilité des données : Les données appuyant les résultats et les conclusions sont disponibles sur demande de l'auteur correspondant.

Remerciements : Les auteurs remercient Dinis Diogo et Guy Gonçalves pour avoir fourni les ingrédients analysés dans cette recherche et aidant à la distillation à la vapeur. Les auteurs remercient Tiago Ferreira pour aider à l'analyse statistique.

Conflits d'intérêts : Les auteurs déclarent que la recherche a été menée sans aucune ou des relations financières qui pourraient être interprétées comme des conflits d'intérêts potentiels.

Abréviations

Abréviation	Durée complète
ABTS	2,2' -azino-bis (acide 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)
C	Groupe témoin traité avec du PBS
C1, C5, C10, C15	Groupes témoins traités avec du PBS et de l'hydrolat de sureau respectif concentrations (1 %, 5 %, 10 %, 15 %)
C+	Groupe soumis uniquement au traitement SN
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
EbH	Hydrolat de sureau
FPG	formamido-pyrimidine[fapy]-ADN glycosylase
GDI	Indicateur de dommages génétiques
PRH	Peroxydase de raifort
HTA	Acide homovanillique
H2O2	Peroxyde d'hydrogène
PBMC	Cellules mononucléées du sang périphérique
PBS	Solution saline tamponnée au phosphate
SN	Streptonigrine
TEAC	Capacité antioxydante équivalente au Trolox

Les références

1. Liu, J.-K. Produits naturels en cosmétique. Nat. Prod. Bioprospection. 2022, 12, 40. [\[Réf. croisée\]](#)
2. Maleš, I. ; Pédisique, S. ; Zorić, Z. ; Elez-Garofulić, I. ; Repajić, M. ; Vous, L. ; Vladimir-Knežević, S. ; Butorac, D. ; Dragovic-Uzelac, V. Le plantes médicinales et aromatiques comme ingrédients dans la production de boissons fonctionnelles. J. Fonction. Aliments 2022, 96, 105210. [\[CrossRef\]](#)
3. Des prix.; Price, L. Aromathérapie pour les professionnels de la santé, 2e éd. ; Churchill Livingstone : Londres, Royaume-Uni, 1999.
4. Xu, C. ; Li, Q. ; Wang, N. ; Liu, D. ; Guo, C. Identifier et distinguer les attributs aromatiques et les composants bioactifs de cinq huiles essentielles commerciales de graines de céleri (*Apium graveolens* L.) en utilisant E-nose, HS-GC-IMS et GC-MS. LWT 2023, 184, 115094. [\[Référence croisée\]](#)
5. Gonçalves, S. ; Gaivão, I. Ingrédients naturels courants dans la région de Trás-os-Montes (Portugal) destinés à être utilisés dans l'industrie cosmétique : Un examen de la composition chimique et des propriétés antigénotoxiques. Molécules 2021, 26, 5255. [\[CrossRef\]](#) [\[Pub Med\]](#)

6. Tiralongo, E.; Wee, S.; Lea, R. La supplémentation en baies de sureau réduit la durée et les symptômes du rhume chez les voyageurs aériens : une analyse aléatoire Essai clinique personnalisé, en double aveugle, contrôlé par placebo. *Nutriments* 2016, 8, 182. [\[CrossRef\]](#)
7. Liu, D.; Lui, X.-Q.; Wu, DT.; Li, H.-B.; Feng, Y.-B.; Zou, L.; Gan, RY Sureau (*Sambucus nigra* L.) : composés bioactifs, fonctions de santé et applications. *J. Agric. Chimie alimentaire*. 2022, 70, 4202-4220. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
8. Gonçalves, S.; Gaivão, I. La belle et la bête toxique : utilisation du test des comètes pour étudier l'antigénotoxicité des ingrédients naturels. Dans les produits cosmétiques et l'industrie - Nouvelles avancées et applications ; Ahmad, DU, Akhtar, PJ, éd. ; IntechOpen : Rijeka, Croatie, 2023. [\[Référence croisée\]](#)
9. Proença da Cunha, A.; Pereira da Silva, A.; Costa, MDC; Rodrigues Roque, O.; Proença da Cunha, H.; Proença Portugal, M. Manuel de Plantas Medicinais—Bases Farmacológicas e Clínicas ; Dinalivro : Lisbonne, Portugal, 2017.
10. Tisserand, R.; Young, R. Sécurité des huiles essentielles – Guide destiné aux professionnels de la santé, 2e éd. ; Elsevier : Amsterdam, les Pays-Bas terres, 2014. [\[CrossRef\]](#)
11. Sierra, L.M.; Gaivão, I. (Eds.) Génotoxicité et réparation de l'ADN ; Springer : New York, NY, États-Unis, 2014. [\[CrossRef\]](#)
12. Collins, AR Le test des comètes pour les dommages et la réparation de l'ADN : principes, applications et limites. *Mol. Biotechnologie*. 2004, 26, 249-261. [\[Référence croisée\]](#)
13. Olive, PL; Banáth, JP Le test des comètes : une méthode pour mesurer les dommages à l'ADN dans des cellules individuelles. *Nat. Protocole*. 2006, 1, 23-29. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
14. Benhusein, directeur général ; Mutch, E.; Aburawi, S.; Williams, FM Effet génotoxique induit par le peroxyde d'hydrogène dans l'hépatome humain cellules utilisant le test des comètes. *Libyen J. Med*. 2010, 5, 4637. [\[Réf. croisée\]](#)
15. Fairbairn, DW; Olive, PL; O'Neill, KL Le test des comètes : une revue complète. *Mutat. Rés. Genet. Toxicol*. 1995, 339, 37-59. [\[Référence croisée\]](#)
16. Hartmann, A. Recommandations pour la réalisation du test alcalin in vivo des comètes. *Mutagenèse* 2003, 18, 45-51. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
17. Singh, NP; Stephens, RE Électrophorèse sur microgel : sensibilité, mécanismes et électroétirement de l'ADN. *Mutat. Rés. Réparation* 1997, 383, 167-175. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
18. La Valette, EA; Berton, G. Désensibilisation du métabolisme de l'oxygène des macrophages sur des ligands immobilisés : effets différents de l'immunoglobuline G et complément. *J. Immunol*. 1987, 138, 4366-4373. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
19. Park, Y.-S.; Towantakavanit, K.; Kowalska, T.; Jung, ST; Ham, KS; Héou, B.-G.; Cho, J.-Y.; Yun, J.-G.; Kim, H.-J.; Gorinstein, S. Composés bioactifs et activités antioxydantes et antiprolifératives des cultivars de lotus blanc coréen. *J.Méd. Alimentation* 2009, 12, 1057-1064. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
20. Yens, GC; Duh, PD Effet piégeur des extraits méthanoliques de coques d'arachide sur les espèces de radicaux libres et d'oxygène actif. *J. Agric. Chimie alimentaire*. 1994, 42, 629-632. [\[Référence croisée\]](#)
21. Hale, A. Les composés volatils des baies de sureau (*Sambucus nigra* L.). *Nat. Essentiel volatil. Huiles* 2014, 1, 51-54.
22. Seçilmiş, Canbay, H. Efficacité de l'extraction liquide-liquide, de l'extraction en phase solide et de la technique de l'espace de tête pour la détermination de certains composés volatils solubles dans l'eau de l'eau aromatique de rose. *Int. J.Anal. Chimique*. 2017, 2017, 4870671. [\[Réf. croisée\]](#)
23. Clough, SR Hexane. Dans *Encyclopédie de toxicologie*, 3e éd. ; Wexler, P., éd.; Academic Press : Oxford, Royaume-Uni, 2014 ; pp. 900-904. [\[Référence croisée\]](#)
24. Silva, P.; Ferreira, S.; Nunes, FM Les sous-produits du sureau (*Sambucus nigra* L.) sont une source d'anthocyanes et de polyphénols antioxydants. *Cultures ind. Prod*. 2017, 95, 227-234. [\[Référence croisée\]](#)
25. Kobayakawa, T.; Tamamura, H. Chapitre sept — Isostères dipeptides de chloroalcène comme peptidomimétiques. Dans *Méthodes en enzymologie* ; Petersson, EJ, éd.; Presse académique : Cambridge, MA, États-Unis, 2021 ; Volume 656, pages 191 à 239.
26. Poêle, H.; Xiao, Y.; Xie, A.; Li, Z.; Ding, H.; Yuan, X.; Soleil, R.; Peng, Q. Le mécanisme antibactérien de l'acide phénylacétique isolé de *Bacillus megaterium* L2 contre *Agrobacterium tumefaciens*. *PeerJ* 2022, 10, e14304. [\[Référence croisée\]](#)
27. Choi, HS; Kim, SL; Kim, J.-H.; Ko, Y.-C.; Lee, D.-S. Plante volatile, le phénylacétaldéhyde cible les cellules souches du cancer du sein Induction de ROS et régulation du signal Stat3. *Antioxydants* 2020, 9, 1119. [\[CrossRef\]](#)
28. Lasekan, O.; Teoh, LS Contribution des composés aromatiques aux propriétés antioxydantes de l'igname blanche rôtie (*Dioscorea rotundata*). *BMC Chem*. 2019, 13, 133. [\[Réf. croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
29. Yanagimoto, K.; Lee, KG; Ochi, H.; Shibamoto, T. Activité antioxydante des composés hétérocycliques présents dans les substances volatiles du café produites par la réaction de Maillard. *J. Agric. Chimie alimentaire*. 2002, 50, 5480-5484. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
30. Elisia, I.; Kitts, DD Quantification de l'hexanal comme indice d'oxydation des lipides dans le lait maternel et association avec un antioxydant Composants. *J. Clin. Biochimie. Nutr*. 2011, 49, 147-152. [\[Référence croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)
31. Pigatto, PD; Diani, M. Effets bénéfiques du palmitate de furfuryle antioxydant dans les traitements non pharmacologiques (dispositifs émollients sur ordonnance, PED) pour la dermatite atopique et les troubles cutanés associés. *Dermatol. Là*. 2018, 8, 339-347. [\[Référence croisée\]](#)
32. Jurišić Grubešić, R.; Nazlic, M.; Miletić, T.; Vuko, E.; Vuletić, N.; Ljubenkov, I.; Dunkić, V. Capacité antioxydante des composés volatils libres d'*Olea europaea* L. cv. Feuilles obliques en fonction du stade de végétation. *Antioxydants* 2021, 10, 1832. [\[CrossRef\]](#) [\[Pub Med\]](#)
33. Nandi, A.; Yan, L.-J.; Jana, CK; Das, N. Rôle de la catalase dans les maladies dégénératives liées au stress oxydatif et à l'âge. *Oxyde. Méd. Cellule. Longev*. 2019, 2019, 9613090. [\[Réf. croisée\]](#) [\[Pub Med\]](#)

34. Chanwun, T. ; Mohammed, N. ; Chirapongsatunkul, N. ; Churngchow, N. Hevea brasiliensis suspension cellulaire peroxydase : Purification, caractérisation et application pour la décoloration des colorants. *AMB Express* 2013, 3, 14. [\[CrossRef\]](#)
35. Lee, KJ; Oh, YC ; Cho, WK ; Ma, JY Détermination de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire d'une centaine de types de composés chimiques purs à l'aide d'essais HPLC de criblage hors ligne et en ligne. Complément basé sur des preuves. *Alternant. Méd. ECAM* 2015, 2015, 165457. [\[CrossRef\]](#)

Avis de non-responsabilité/Note de l'éditeur : Les déclarations, opinions et données contenues dans toutes les publications sont uniquement celles du ou des auteurs et contributeurs individuels et non de MDPI et/ou du ou des éditeurs. MDPI et/ou le(s) éditeur(s) déclinent toute responsabilité pour tout préjudice corporel ou matériel résultant des idées, méthodes, instructions ou produits mentionnés dans le contenu.