

**EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE ET ANTIFONGIQUE
DES EXTRAITS DE TROIS ESPECES DU GENRE *Allium* : *A. cepa*, *fistulosum* ET
sativum CULTIVEES DANS LE PERIMETRE AGRICOLE DE DOUSSEN
(WILAYA DE BISKRA)**

**EVALUATION OF ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL ACTIVITY OF EXTRACTS FROM
THREE SPECIES OF THE GENUS *Allium*: *A. cepa*, *fistulosum* AND *sativum* GROWN IN
AGRICULTURAL AREA OF DOUSSEN (WILAYA OF BISKRA)**

BENMEDDOUR Tarek^(1,3), LAOUAR Hocine⁽²⁾, BENABDI Amira Afaf⁽¹⁾, BRAHIMI Safa⁽¹⁾

⁽¹⁾ Département des sciences de la nature et de la vie, université de Biskra.

⁽²⁾ Laboratoire de Valorisation des Ressources Biologiques naturelles, Faculté des Sciences, Université Ferhat Abbas, Sétif 19000 Algérie.

⁽³⁾ Laboratoire de Diversité des Ecosystèmes et Dynamique des Systèmes de Production Agricoles en Zone Arides, université de Biskra.
t.benmeddour@yahoo.fr

RESUME

Les effets antibactériens et antifongiques in vitro, de trois espèces appartenant au genre *Allium*, sont évalués à partir des jus frais et d'huiles essentielles de *A. cepa*, *fistulosum* et *sativum*. Différentes concentrations sont utilisées sur trois souches bactériennes : *Staphylococcus aureus* ATCC43300, *Streptococcus pneumoniae* ATCC49619 et *Escherichia coli* ATCC25922 et deux espèces fongiques *Fusarium graminearum* et *Candida albicans*. Le pouvoir inhibiteur semble être proportionnel à la concentration. L'activité antibactérienne la plus élevée est obtenue par les jus frais. Nous avons noté que, pour l'activité antifongique, *Candida albicans* semble être plus sensible à l'effet de l'extrait frais, alors que *F. graminearum* est sensible aux huiles. L'inhibition la plus élevée est obtenue par les jus frais.

MOTS CLES: *Allium fistulosum* L., *Allium sativum* L., *Allium cepa* L., huile essentielle, jus frais, antibactérienne, antifongique

ABSTRACT

The antibacterial and antifungal effects in vitro of three species of the genus *Allium* were evaluated from fresh juices and essential oils of *A. cepa*, *fistulosum* and *sativum*. Different concentrations are used on three bacterial strains: *Staphylococcus aureus* ATCC43300, *Streptococcus pneumoniae* ATCC49619 and *Escherichia coli* ATCC25922 and two fungal species *Candida albicans* and *Fusarium graminearum*. The inhibitory power seems to be proportional to the concentration. The highest antibacterial activity is obtained from fresh juices. We noted that for the antifungal activity, *Candida albicans* seems to be more sensitive to the effect of the fresh extract, while *F. graminearum* is sensitive to oils. The highest inhibition is achieved by fresh juices.

KEY WORDS: *Allium fistulosum* L., *Allium sativum* L., *Allium cepa* L. essential oils, fresh juices, antibacterial, antifungal.

النشاط المثبط لثلاثة أنواع نباتية *Allium* مخبريا باستعمال الزيوت العطرية والعصائر النقية لـ *A. fistulosum sativum cepa*. استعمال تراكيز مختلفة على ثلاث سلالات بكتيرية : *Staphylococcus aureus* ATCC43300 *Streptococcus pneumoniae* ATCC49619 *Escherichia coli* ATCC 25922 نوعين من الفطريات *Candida albicans* *Fusarium graminearum*. النتائج بينت أن يتناسب طرديا مع تركيز المستخلصات العصائر النقية هي التي أظهرت أعلى فعالية ضد البكتيريا. بالنسبة للفطريات، *Candida albicans* حساسية حساسية للزيو العطرية. العصائر النقية هي التي أعطت أعلى تثبيط. *F. graminearum*

Allium fistulosum L., *Allium sativum* L., *Allium cepa* L., huile essentielle, jus frais, antibactérienne, antifongique :

1 INTRODUCTION

En médecines traditionnelles, le recours à l'utilisation des plantes et/ou de leurs extraits est une approche biologique sans effets négatifs sur l'écologie (Sokovi et Van Griensven, 2006). Les essences semblent être suffisamment efficaces sur les germes résistants aux antibiotiques (Buchbauer et Jirovetz, 1994). Le pouvoir antimicrobien des plantes médicinales serait dû en totalité et/ou en partie aux essences qu'elles contiennent (Akgül et Kivanc, 1988). Les Amaryllidacées (ex Liliacées) ou les oignons (Mohlenbrock, 1970) sont des plantes herbacées, vivaces à bulbes, originaire du Moyen Orient (Bernadet, 2007). En Algérie, de nombreuses variétés sont cultivées: doux, blanc ou jaune, rouge fort, hâtif, extra hâtif. L'arôme de l'oignon est dû à un ensemble de composés soufrés (Block et al., 1992). L'oignon est antispasmodique, carminatif, diurétique, expectorant, anthelminthique, hypoglycémiant, anti-hypercholestérolémiant et antiagrégant plaquettaire (Bruneton, 2009). Les extraits de l'oignon ont également une activité anti-asthmatique et antiallergique cutanée et pulmonaire (Cowan, 1999). Divers composés chimiques soufrés et non soufrés ont été isolés du bulbe d'oignon. En 1910, Kooper a examiné le jus frais de l'oignon commun, il a identifié l'acide thiocyanique et l'allyl thiocyanate (Shankaranarayana et al., 1982). Les composés soufrés sont les plus caractéristiques de l'huile essentielle de l'oignon et l'ail tels que diméthyl disulfide, diméthyl trisulfide et allyl méthyl trisulfide (Liu et al., 2014 ; Ye et al., 2013). Les jus de l'oignons contiennent aussi l'alliinase, une enzyme qui transforme le trans-S-(1-propenyl) cycteine sulfoxide en propanethial S-oxide qui est le facteur lacrymogène (Pizzorno et al., 2012). D'autres composés ont également été caractérisés dans les extraits: cépaènes, zwiebelanes et di- et tripeptides soufrés (Winkler et al., 1992). Parmi les alliums, l'ail possède l'odeur la plus puissante et pénétrable. Les premiers exposés sur les propriétés physiques et la structure chimique du principal composé odoriférant et antibactérien de l'ail, étaient donnés par Cavallito et al. en 1944. Il a introduit le terme "Allicine". Le constituant principal de l'ail frais est l'alliine (Balestra et al., 2009).

L'objectif général de cette étude est d'évaluer les potentialités antibactériennes et antifongiques des extraits (jus frais et huile essentielle) de trois espèces du genre *Allium*. Le pouvoir inhibiteur de ces extraits est testé sur des microorganismes pathogènes, trois souches bactériennes et deux souches fongiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel végétal

Les trois espèces du genre *Allium* (famille : Amaryllidacées (ex Liliacées)) utilisées sont récoltées fraîches dans le

périmètre agricole de Doussen (wilaya de Biskra), il s'agit de : - l'oignon rouge *Allium cepa* Linné Sp. Pl. 300 (1753) (Mohlenbrock, 1970), variété rouge (RED BARON), - l'oignon vert ou ciboule, *Allium fistulosum* Linné Sp. Pl. 1 : 301 (1753). (Grubben, 2004.), variété commune, - l'ail cultivée, *Allium sativum* Linné Sp. Pl. 296. 1753. (Mohlenbrock, 1970), variété violet (GERMIDOUR), cette dernière est récoltée au mois de Mars, la plante est encore verte et les têtes (bulbes) ne sont pas bien formées.

2.2 Préparation des extraits

Les parties utilisées des plantes sont les bulbes d'*A. cepa* et les bulbes et les feuilles d'*A. fistulosum* et *A. sativum*. Les huiles essentielles sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau dans un appareil de Clevinger, 1000 g de ces parties fraîches sont soumises à l'extraction. Les jus frais sont obtenus après broyage et filtration à travers une gaze, le filtrat est ensuite centrifugé à 3000 tr/mn pendant 20 mn et le surnageant est récupéré. Les extraits sont conservés à +4°C. Pour tester l'effet des extraits, des dilutions sont préparées (100%, 75%, 50%, 20%, 10%, 5%), les huiles essentielles (HE) ne sont pas miscibles dans le DMSO (diméthylsulfoxyde) et le méthanol pour cela elles sont diluées dans l'hexane (v (volume) HE/v Hexane : 3/0 ; 2.25/0.75 ; 1.5/1.5 ; 0.6/2.4 ; 0.3/2.7 ; 0.15/2.85) et les jus dans l'eau distillée (v jus/v eau distillée : 5/0 ; 3.75/1.25 ; 2.5/2.5 ; 1/3 ; 1/4 ; 0.25/4.75). Tous les tests sont réalisés dans des boîtes de Pétri.

2.3 Microorganismes

Les trois souches bactériennes (*Staphylococcus aureus* ATCC43300, *Escherichia coli* ATCC8432 et *Streptococcus pneumoniae* ATCC9557) et la levure *Candida albicans* (Robin) berkhouot sont fournies par le laboratoire de bactériologie de l'hôpital Hakim Saâdan, Biskra. Le champignon filamenteux *Fusarium graminearum* Schwabe est apporté de la collection des champignons phytopathogènes du département de botanique de l'ENSA, El-Harrach, Alger

2.4 Mesure de l'activité antimicrobienne

Pour les souches bactériennes, la méthode de diffusion sur milieu Mueller-Hinton (MH) est suivie pour tester l'effet des huiles essentielles et les jus. Des disques en papier Wattman (5 mm de diamètre) sont chargés avec 5 µl de chaque dilution de l'extrait, un disque supplémentaire est réservé pour le témoin négatif (hexane ou eau distillée) chargé par le même volume. Pour les souches fongiques, les tests sont réalisés par incorporation de 1 ml de la dilution dans 9 ml du milieu PDA en surfusion, puis le milieu est coulé dans la boîte. L'effet de l'hexane et de l'eau distillée sur les souches fongiques est vérifié séparément suivant la même méthode. Des cultures bactériennes jeunes (24 h) et des mycéliums fongiques jeunes (72 pour *C. albicans* et

120 h pour *F. graminearum*) sont testées. Pour les souches bactériennes, le milieu MH est ensemencé par une suspension de 10⁶ UFC/ml (Unité formant colonie) standardisée à la longueur d'onde = 620 nm (selon le standard McFerland, une densité optique de 0.08 à 0.1 correspond approximativement à une concentration de 10⁸ UFC/ml) (Goldman et Green, 2008). Pour la souche de *F. graminearum*, La gélose PDA est ensemencée par un disque mycélien (5 mm de diamètre) prélevé du centre d'un mycélium précultivé et déposé au centre de la gélose. Pour la souche de *C. albicans*, les boîtes sont ensemencées à partir d'une jeune suspension diluée. Les boîtes des souches bactériennes sont incubées à 37°C pendant 24 h, celles de *C. albicans* à 30 °C pendant 48 h et les boîtes de *F. graminearum* sont incubées pendant 7 jours à 27°C, cette durée permet selon Gilbert et Woods (2006) la colonisation de tout la gélose. Tous les tests y compris les témoins sont répétés 03 fois sous les mêmes conditions expérimentales. En fin de l'incubation, l'effet des extraits sur les bactéries est évalué par la mesure des diamètres des zones d'inhibition (tab. 1). L'effet sur les champignons est évalué par le calcul du taux d'inhibition suivant la formule utilisée par Leroux et Credet (1978):

$$T_i = [(N_0 - N_c) / N_0] \times 100$$

Dont T_i: taux d'inhibition de la croissance (%); N₀: nombre de colonies (pour *C. albicans*) ou diamètre (mm) de la colonie (pour *F. graminearum*) dans le témoin; N_c: nombre ou diamètre de colonies fongiques en présence de l'extrait.

2.5 Analyse statistiques des données

Les données obtenues portant sur les diamètres des zones d'inhibition des souches bactériennes et les taux d'inhibition des deux champignons sont soumises à une analyse de variance (ANOVA) multi-factorielle dans un dispositif complètement randomisé avec 3 répétitions. Les moyennes sont comparées selon le test Fischer LSD. Cette analyse est réalisée avec la version 8.0 du logiciel STATISTICA (StatSoft Inc. Oklahoma, USA).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Activité antibactérienne

Les rendements en HE obtenues sont : 3% pour *A. cepa*, 1.2% pour *A. fistulosum* et 1% pour *A. sativum*. Pour les tests antibactériens, l'analyse de variance montre que les zones d'inhibition sont affectés significativement à $p < 0.05$ par tous les facteurs, espèce d'*Allium*, type d'extrait, concentration et souche bactérienne. La comparaison des moyennes (tab. 1) indique que les HE des trois espèces d'*Allium* aux concentrations élevées (50%, 75% et 100%) inhibent significativement à $p < 0.05$ les trois souches bactériennes en comparaison avec les témoins, cette différence n'est pas significative aux concentrations 5%, 10% et 20%. Pour l'effet des jus, la différence est significative à partir de la concentration 20%, les concentrations 5% et 10% n'inhibent pas significativement

les bactéries par rapport aux témoins.

Les diamètres (moyennes) suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p < 0.05$ selon le test de Fisher LSD. (+) T.erreur (N=3 ± erreur Standard)
* Les valeurs + et - représentent le degré de sensibilité des souches selon Ponce *et al.* (2003): Non sensible ou résistante (-); diamètre < 8mm; Sensible (+); 9 mm < diamètre < 14 mm; Très sensible (++) : 15mm < diamètre < 19 mm; Extrêmement sensible (+++) : diamètre > 20 mm.

	Dilutions des huiles essentielles (%)					Dilutions des jus frais (%)								
	0	100	75	50	20	10	5	0	100	75	50	20	10	5
A. sativum														
<i>S. Aureus</i>	6 ^{ab} ±0,7	12 ^{gh} ±1,3	12 ^{gh} ±2,0	10 ^{def} ±2,0	7 ^{bcd} ±0,0	5 ^a ±1,3	5 ^a ±1,0	6 ^{ab} ±1,3	14 ^{hik} ±1,3	12 ^{gh} ±0,7	10 ^{def} ±2,0	8 ^{bcd} ±0,0	7 ^{bcd} ±0,3	6 ^{ab} ±0,0
<i>S. Pneumoniae</i>	5 ^a ±0,0	13 ^{gh} ±0,7	12 ^{gh} ±2,0	11 ^{efg} ±2,3	9 ^{cde} ±1,0	8 ^{cde} ±0,3	6 ^a ±1,3	6 ^{ab} ±1,3	17 ^m ±2,0	14 ^{hik} ±0,0	13 ^{gh} ±0,0	12 ^{gh} ±0,7	9 ^{cde} ±0,3	8 ^{bcd} ±0,9
<i>E. Coli</i>	6 ^{ab} ±0,7	10 ^{def} ±0,0	9 ^{cde} ±0,3	7 ^{bcd} ±2,0	6 ^{ab} ±0,7	6 ^{ab} ±1,3	5 ^a ±0,0	6 ^{ab} ±1,3	14 ^{hik} ±1,3	13 ^{gh} ±0,0	11 ^{efg} ±2,3	10 ^{def} ±0,7	7 ^{bcd} ±0,3	6 ^{ab} ±0,3
A. fistulosum														
<i>S. Aureus</i>	6 ^{ab} ±0,7	13 ^{gh} ±0,0	12 ^{gh} ±0,7	11 ^{efg} ±1,3	7 ^{bcd} ±0,3	6 ^{ab} ±1,6	5 ^a ±1,0	6 ^{ab} ±1,3	15 ^{km} ±1,3	13 ^{gh} ±0,0	12 ^{gh} ±2,0	10 ^{def} ±0,7	8 ^{bcd} ±0,0	6 ^{ab} ±1,3
<i>S. Pneumoniae</i>	5 ^a ±0,0	14 ^{hik} ±0,8	13 ^{gh} ±0,0	12 ^{gh} ±1,3	8 ^{bcd} ±0,0	6 ^{ab} ±1,3	5 ^a ±1,0	6 ^a ±1,3	16 ^{km} ±2,7	14 ^{hik} ±0,8	12 ^{gh} ±1,3	11 ^{efg} ±1,3	9 ^{cde} ±0,3	7 ^{bcd} ±0,3
<i>E. Coli</i>	6 ^a ±0,7	8 ^{bcd} ±0,0	8 ^{bcd} ±0,3	7 ^a ±0,0	6 ^{bcd} ±1,3	5 ^{ab} ±1,0	5 ^a ±1,3	6 ^{ab} ±1,3	13 ^{gh} ±0,0	12 ^{gh} ±2,0	11 ^{efg} ±1,3	9 ^{cde} ±0,3	7 ^{bcd} ±0,3	6 ^{ab} ±0,7
A. cepa														
<i>S. Aureus</i>	6 ^{ab} ±0,7	12 ^{gh} ±1,3	11 ^{efg} ±1,3	10 ^{def} ±0,7	6 ^{ab} ±1,6	5 ^a ±1,0	6 ^a ±1,3	11 ^{efg} ±1,3	10 ^{def} ±0,7	10 ^{def} ±1,3	9 ^{cde} ±0,3	9 ^{cde} ±2,3	7 ^{bcd} ±0,3	6 ^{ab} ±1,6
<i>S. Pneumoniae</i>	5 ^a ±0,0	11 ^{efg} ±0,7	11 ^{efg} ±1,3	10 ^{def} ±0,7	6 ^a ±2,7	6 ^{ab} ±1,6	5 ^a ±0,0	6 ^{ab} ±1,3	15 ^{km} ±3,3	13 ^{gh} ±0,0	11 ^{efg} ±1,3	9 ^{cde} ±0,3	9 ^{cde} ±1,0	7 ^{bcd} ±0,3
<i>E. Coli</i>	6 ^{ab} ±0,7	7 ^a ±0,3	7 ^{ab} ±2,0	6 ^{bcd} ±1,6	5 ^a ±1,3	5 ^{ab} ±0,3	5 ^a ±1,0	6 ^a ±1,3	11 ^{efg} ±0,7	10 ^{def} ±1,3	9 ^{cde} ±0,3	9 ^{cde} ±2,3	7 ^{bcd} ±0,3	6 ^{ab} ±1,6

Selon l'échelle de Ponce *et al.* (2003) (tab. 1), toutes les HE des trois plantes possèdent un pouvoir inhibiteur faible, les

zones d'inhibition ne dépassent pas 15 mm de diamètre et par fois aucune zone n'est visible (5mm = diamètre du disque). L'effet de l'hexane et de l'eau distillée est neutre par rapport aux témoins. Les zones d'inhibition observées avec les jus sont plus grandes (jusqu'à 17 mm). Cette différence est due probablement selon Sévenet et Tortora (1994) au problème de diffusion des HE dans le milieu de culture, les jus, hydrosolubles, diffusent mieux. Le pouvoir inhibiteur d'*A. sativum* est plus fort que celui des deux autres espèces d'oignons, une différence significative (Fisher LSD). L'effet des HE est observé à partir de la concentration 50% et celui des jus à partir de 10%. La zone d'inhibition augmente considérablement avec la concentration des extraits, ce qui a été constaté aussi par Benkeblia (2004). Les extraits (HE et jus) d'*A. sativum* montrent une activité antibactérienne plus élevée que celle d'*A. cepa* et *A. fistulosum*. Kyung et al. (2002) ont rapporté que l'alicine d'ail a montré une forte activité antibactérienne sur les bactéries à Gram positif. Les bactéries à Gram+ sont les plus sensibles à l'effet de jus avec des diamètres allant jusqu'à 10 mm pour *S. aureus* et 20 mm pour *S. pneumoniae*. La souche *E. coli* est moins sensible au jus de l'ail (8-15 mm). D'une façon générale le pouvoir inhibiteur des huiles essentielles est moins important par rapport à celui des jus frais, les extraits de l'ail sont les plus inhibiteurs.

3.2 Activité antifongique

L'effet sur les deux champignons est évalué par le taux d'inhibition.

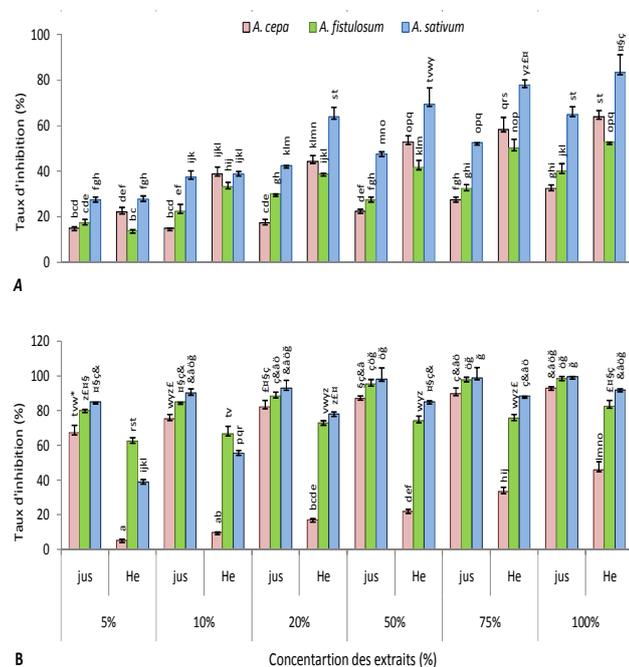


Figure 1 : L'effet des jus et des huiles essentielles d'*A. cepa*, *A. fistulosum* et *A. sativum* :

A. sur *Candida albicans* B. sur *F. graminearum*

* Les valeurs avec la même lettre/symbole ne sont pas significativement différents à $p=0.05$ selon le test de Fisher LSD. Les barres d'erreur (N=3± erreur Standard)

L'analyse de variance montre que ces taux sont affectés significativement à $p<0.01$ par tous les facteurs, espèce d'*Allium*, type d'extraits, concentration et espèce fongique. La comparaison des moyennes (fig. 1A et 1B) indique que l'effet des huiles essentielles sur les deux champignons est significativement différent à $p<0.05$ par rapport à l'effet des jus aux mêmes concentrations. Cette comparaison montre aussi qu'il existe une différence significative à $p<0.05$ entre les taux d'inhibition obtenus sur *C. albicans* et ceux obtenus sur *F. graminearum*.

Tous les extraits (HE et jus) testés montrent un pouvoir inhibiteur remarquable à l'égard de *C. albicans* par rapport aux témoins. L'hexane et l'eau distillée testés séparément n'ont pas montré d'effet sur les microorganismes en comparaison avec le témoin. En générale, Les pourcentages d'inhibition des jus sont les plus élevés, à la concentration 5%, le nombre des colonies est de 223 dans la boîte traitée par *A. cepa* alors que dans la boîte de témoin est de 680 colonies (pourcentage d'inhibition = 67.2%), le maximum d'inhibition (99.4%) est obtenu par le jus frais (100%) d'*A. sativum* (fig. 1A). L'inhibition par les HE est faible surtout celle d'*A. cepa* (entre 5.1% à la faible concentration et 45.9 % à la concentration forte avec 1025 et 584 colonies respectivement), le nombre des colonies dans le témoin = 1080. L'inhibition obtenue par les HE d'*A. fistulosum* et *A. sativum* est importante (38.8% - 92%). Le jus d'*A. sativum* est le plus inhibiteur, le nombre passe de 102 à 4 colonies dans les boîtes d'*A. sativum* (5% et 100%).

La croissance du disque mycélien de *F. graminearum* est suivie pendant 7 jours. Les extraits des alliums ont tous montré la capacité à réduire sa croissance. Le diamètre de la colonie fongique dans les témoins est de 90-100 mm, dans tous les boîtes traitées par les HE et les jus il est inférieur à 70 mm, les pourcentages d'inhibition (fig. 1B) passent de 5.6% (avec le jus d'*A. cepa* à 5% de concentration) jusqu'à 83.3% (valeur maximale avec l'HE (100%) d'*A. sativum*). Contrairement aux bactéries, l'effet inhibiteur des HE des alliums sur *F. graminearum* est supérieur à celui des jus.

D'après Irkin and Korukluoglu (2007), la capacité antifongique des extraits d'allium est due à la présence de substances chimiques à différentes concentrations. L'activité antimicrobienne des HE et des jus peut être expliquée par l'interactions de ces composés avec les biomembranes (Veldhuizen et al., 2006). Pour les mycéliums fongiques, la croissance peut être réduite ou totalement inhibée (Cristani et al., 2007), dans cette étude aucune inhibition totale est observée. Yin et Tsao (1999) ont rapporté que l'action inhibitrice sur les champignons peut-être dû à la formation de liaisons d'hydrogène entre le groupe hydroxyle des composés phénoliques et les sites actifs des enzymes cibles. Lucini et al. (2006) ont montré aussi que l'inhibition de la croissance du mycélium est causée par les monoterpènes qui sont des composants des huiles essentielles. Sharma et Tripathi (2006) ont montré que l'HE agit sur les hyphes du mycélium, provoquant la perte de rigidité et l'intégrité de la paroi cellulaire, entraînant son effondrement et la mort du mycélium.

4 CONCLUSION

Le rendement en HE d'*Allium cepa* L. est le plus élevé, l'oignon est aussi plus juteux que l'ail. Les extraits des alliums ont une composition chimique complexe ce qui leur confère des propriétés antimicrobiennes très intéressantes. Dans cette étude l'effet antibactérien des HE et des jus frais des trois espèces, *A. sativum*, *A. fistulosum* et *A. cepa* est plus remarquable sur les bactéries à Gram+. Les jus frais inhibent mieux que les HE, cette différence est due à l'hydrosolubilité, les huiles n'ont pas pu bien diffusées malgré dissoutes dans l'hexane. L'activité antifongique des jus frais est plus élevée par rapport aux HE. La détermination de la composition chimique des extraits de ces variétés algériennes sera d'une grande importance pour l'identification des substances bioactives. Les composés soufrés peuvent, probablement, être responsables du pouvoir inhibiteur.

REFERENCES

- [1] Akgül A., Kivanc M. 1988. Inhibitory effects of selected Turkish spices and oregano components on some foodborne fungi. *International Journal of Food Microbiology* 6(3):263-268.
- [2] Balestra G.M., Heydari A., Ceccarelli D., Ovidi E., Quattrucci A. 2009. Antibacterial effect of *Allium sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. *Crop Protection* 28(10):807-811.
- [3] Benkeblia N. 2004. Antimicrobial activity of essential oil extracts of various onions (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37:263-268.
- [4] Bernadet M. 2007. la phyto-aromathérapie pratique : Usage thérapeutique des plantes médicinales et des huiles essentielles. Dictionnaire thérapeutique de 530 affections courantes. Editions Dangles, 449 p.
- [5] Block E., Naganathan S., Putman D., Zhao S. H. 1992. Allium chemistry: HPLC analysis of thiosulfonates from onion, garlic, wild garlic, leek, scallion, shallot, elephant garlic, and Chinese chive. Uniquely high allyl to methyl ratios in some garlic samples. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 40:2418-2430.
- [6] Buchbauer G., Jirovetz L. 1994. Aromatherapy—use of fragrances and essential oils as medicaments. *Flavour and Fragrance journal* 9(5):217-222.
- [7] Cavallito C.J., Buck J.S., Suter C.M. 1944. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties and antibacterial action. *J. Am. Chem. Soc.* 66:1950-1951.
- [8] Cowan M.M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12:564-582.
- [9] Cristani M., D'Arrigo M., Mandalari G., Castelli F., Sarpietro M.G., Micieli D., Venuti V., Bisignano G., Saija A., Trombetta D. 2007. Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. *J. Agric. Food Chem.* 55:6300-6308.
- [10] Gilbert J. and Woods S.M. 2006. Strategies and considerations for multi-location FHB screening nurseries. In: Ban T., Lewis J.M., Phipps E.E. (eds.). 2006. The global *Fusarium* initiative for international collaboration: A strategic planning workshop held at CIMMYT, El Batán, Mexico; March 14 - 17, 2006. CIMMYT, Mexico, pp. 93-102.
- [11] Goldman E.L., Green H. 2008. Practical Handbook of Microbiology, Second Edition. CRC Press, 864 p.
- [12] Grubben G. J. H. 2004. Vegetables. PROTA, 667 p.
- [13] Irkin R., Korukluoglu M. 2007. Control of *Aspergillus niger* with garlic, onion and leek extracts. *African Journal of Biotechnology* 6(4):384-387.
- [14] Kyung K. H., Kim M. H., Park M. S., Kim Y. E. 2002. Alliinase-independent inhibition of *Staphylococcus aureus* B33 by heated garlic. *Journal of Food Science* 67:780-785.
- [15] Leroux P., Credet A. 1978. Document sur l'étude de l'activité des fongicide. INRA, Versailles, France, 12 p.
- [16] Liu X.C., Lu X.N., Liu Q.Z., Liu Z.L. 2014. Evaluation of insecticidal activity of the essential oil of *Allium chinense* G. Don and its major constituents against *Liposcelis bostrychophila* Badonnel. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 17(4):853-856.
- [17] Lucini E.I., Zunino M.P., López M.L., Zygadlo J.A. 2006. Effect of Monoterpenes on Lipid Composition and Sclerotial Development of *Sclerotium cepivorum* Berk. *J. Phytopathol.* 154: 441-446.
- [18] Mohlenbrock R. H. 1970. Flowering Plants: Lilies to Orchids. SIU Press, 288 p.
- [19] Pizzorno J.E., Murray M.T. 2012. Textbook of Natural Medicine. Elsevier Health Sciences, 1916 p.
- [20] Ponce A.G., Fritz R., Del Valle C.E., Roura S.I. 2003. Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* 36:679-684.
- [21] Sévenet T., Tortora C. 1994. Plantes, molécules et médicaments. Nathan, CNRS Editions Paris, 119 p.

- [22] Shankaranarayana M. L., Raghavan B., Abraham K. O., Natarajan C. P. 1982. Sulphur compounds in flavours. In : Morton I. D., Macleod A. J. 1982. Food Flavors. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Part A, pp. 169-281.
- [23] Sharma N., Tripathi A. 2006. Fungitoxicity of the essential oil of *Citrus sinensis* on post-harvest pathogens. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 22(6):587-593.
- [24] Sokovi M., Van Griensven L. J. 2006. Antimicrobial activity of essential oils and their components against the three major pathogens of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. *European Journal of Plant Pathology* 116(3):211-224.
- [25] Veldhuizen E.J.A., Hendriks H.G., Hogenkamp A., van Dijk A., Gaastra W., Tooten P.C., Haagsman H.P. 2006. Differential regulation of porcine beta-defensins 1 and 2 upon *Salmonella* infection in the intestinal epithelial cell line IPI-2I. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 114:94–102.
- [26] Winkler G., Iberl B., Knobloch K. 1992. Reactivity of Allicin and its transformation products with sulfhydryl groups, disulfide groups and human blood. *Planta Medica* 58 (Supplement Issue 1):A665.
- [27] Ye C.L., Dai D.H. and Hu W.L. 2013. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil from onion (*Allium cepa* L.). *Food Control* 30(1):48–53.
- [28] Yin M.C., Tsao S.M. 1999. Inhibitory effect of seven *Allium* plants upon three *Aspergillus* species. *Int. J. Food Microbiol.* 49:49-56.