

ACTIVITE ANTIDIABETIQUE DES POLYSACCHARIDES HYDROSOLUBLES DES FEUILLES D'*Oudneya africana* R. BR. RECOLTEE AU SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGERIEN

MEHELLOU Zineb^{(1)*}, BOUAL Zakaria⁽¹⁾, ADDOUN Noura⁽¹⁾, CHAKOU Fatma
Zohra⁽¹⁾, MICHAUD Philippe⁽²⁾, OULD EL HADJ Mohamed Didi⁽¹⁾.

⁽¹⁾Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, département des
sciences biologiques, université de Ouargla, Algérie

⁽²⁾Clermont Université, Université Blaise Pascal, Institut Pascal, UMR CNRS 6602 CNRS Polytech
Clermont-Ferrand, Aubière Cedex, F-63174, France

Email: *zinebmehellou@gmail.com

Résumé.- Le présent travail est porté sur l'étude des polysaccharides issus des feuilles d'*Oudneya africana* R. Br., une plante spontanée à caractère médicinal récoltée dans la région du M'Rara wilaya de El Oued (Sahara septentrional Est algérien). L'extrait polysaccharidique hydrosoluble a présenté un rendement massique de 10.33%. La détermination de la composition globale de l'extrait polysaccharidique obtenu, par des dosages colorimétriques, montre des taux de 40.73% en oses totaux, de 18.73% en oses neutres et un taux de 15.25% en protéines. L'étude de la composition en monosaccharides par chromatographie sur couche mince a montré la présence d'arabinose, d'acide galacturonique, de galactose, de glucose et de xylose. L'intensité des spots observés laisse suggérer la présence d'un polysaccharide hémicellulosique de type arabinane. Le test de l'activité antidiabétique, évalué par la mesure du pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase, montre que l'extrait des polysaccharides hydrosolubles a un faible pouvoir inhibiteur de cet enzyme, soit de 51.33% pour une concentration maximale de 10 mg/ml.

Mots-clés: Polysaccharides, *Oudneya africana* R. Br., activité antidiabétique, Sahara septentrional.

ANTIDIABETIC ACTIVITY OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES FROM THE LEAVES OF *Oudneya africana* R. BR. HARVESTED IN THE NORTHERN SAHARA EAST ALGERIA

Abstract.- The present work focuses on the study of polysaccharides from the leaves of *Oudneya africana* R. Br., a spontaneous plant of medicinal nature harvested in the region of M'Rara wilaya of El Oued (Algerian northern Sahara). The water-soluble polysaccharide extract exhibited a mass yield of 10.33%. The determination of the overall composition of the polysaccharide extract obtained, by colorimetric assays, shows levels of 40.73% in total sugars, 18.73% in neutral sugars and a rate of 15.25% in proteins. The study of the monosaccharide composition by thin layer chromatography showed the presence of arabinose, galacturonic acid, galactose, glucose and xylose. The intensity of the spots observed suggests the presence of an hemicellulosic polysaccharide of the arabinan type. The test of the antidiabetic activity, evaluated by the measurement of the inhibitory power of the enzyme α -D-glucosidase, shows that the extract of the water-soluble polysaccharides has a weak inhibitory power of this enzyme, supposedly 51.33% for a maximum concentration of 10 mg / ml.

Keywords: Polysaccharides, *Oudneya africana* R. Br., Antidiabetic activity, Northern Sahara.

Introduction

La fédération internationale du diabète a annoncé que le diabète touche plus de 387 millions de personnes dans le monde, a causé 4.9 millions de décès en 2014 et provoque un décès toutes les 7 secondes. La prévalence du diabète augmente dans le monde entier, et le

nombre de cas devrait augmenter à environ 592 millions (1 personne sur 12) d'ici 2035 [1]. Le diabète sucré est un trouble métabolique progressive et complexe qui se caractérise principalement par le taux de glucose dans le sang anormalement élevé dont le nom est l'hyperglycémie. Dans le monde, environ 90% des patients atteints sont des malades non insulino-dépendants (diabète de type 2) [2]. L'enzyme α -D-glucosidase (EC 3.2.1.20), aussi connu comme α -D-glucoside hydrolase, est l'hydrolase du maltose, du saccharose, et d'autres oligosaccharides dans l'intestin. L'activité inhibitrice d' α -D-glucosidase peut ralentir la production et l'absorption de glucose. Des études rapportent que les inhibiteurs de l' α -D-glucosidase peuvent prévenir le diabète et l'obésité [3]. Depuis longtemps, il y a une série d'agents thérapeutiques pour la guérison du diabète. Cependant, les effets indésirables existent dans ces médicaments. Par exemple, l'acarbose qui un inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase, présent les effets secondaires de la flatulence, de la diarrhée et des maux d'estomac. La phytothérapie a joué un rôle important dans le traitement du diabète en Asie, en Inde et en Afrique pendant des siècles, et constitue donc une source riche de découverte de médicaments du diabète. En tant que principales fractions actives de diverses plantes antidiabétiques, les polysaccharides ont attiré l'attention des chercheurs [4].

Oudneya africana R. Br. est une plante saharienne de la famille Brassicaceae. C'est un arbuste avec de longues feuilles (2 à 3 cm) et des fleurs dans des racèmes courts, roses ou violettes. Cette plante, endémique de l'Algérie, de la Tunisie et du Maroc, vive dans le sol de gypse et dans la roche du désert, et répandue dans le nord du Sahara [5,6]. La population autochtone utilise cette plante pour traiter les maladies de la peau et les piqûres de scorpion [7], les feuilles et les graines de cette plante sont également préparées pour le traitement des problèmes digestifs, de l'arthrite, des rhumes, de la grippe et de la fièvre [8]. Selon TELLI *et al.* (2016), cette plante est utilisée dans le traitement du diabète par une décoction ou comme poudre [9]. Aucune étude n'a été signalée sur les polysaccharides de *Oudneya africana* R. Br. C'est à ce constat que la présente étude s'oriente vers la recherche des polysaccharides hydrosolubles de cette plante spontanée à caractère médicinale de la pharmacopée traditionnelle du Sahara septentrional Est algérien. L'étude porte sur la caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles et leur activité antidiabétique.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel

Oudneya africana R. Br. (photo 1) est récoltée le 25 Mars 2017 au niveau du M'Rara de la Wilaya de El Oued, dont les coordonnées géographiques sont de longitude de 5°41'30.75'' Est et de latitude de 33°28' 39.38'' Nord. Dans le présent travail, les feuilles d'*Oudneya africana* R. Br., sont retenus pour l'étude des polysaccharides hydrosolubles.



Photo 1.- *Oudneya africana* R. Br. à M'Rara (El Oued, Algérie)

1.2.- Extraction des polysaccharides

Les prétraitements consistent à préparer la matière végétale aux opérations ultérieures de fractionnement. Les feuilles séchées sont broyées et prétraitées (20g) par le méthanol et le chloroforme (v/v = 2:1) [10], pendant 4 heures [11] dans un Soxhlet. Le prétraitement se fait pour éliminer les composés lipophiles, les pigments ainsi que les composés de faible poids moléculaire tels que les polyphénols, les oligosaccharides et les oses simples [12]. Après séchage, les broyats sont macérés dans 200 ml d'eau distillée à 80°C pendant 2h, trois fois [13], avec des centrifugations intermédiaires à 4500 rpm pendant 15 min [14]. Les extraits récupérés sont précipités par trois volumes d'isopropanol absolu à 4°C pendant 24 heures [15]. Après une centrifugation à 4000 rpm pendant 15 mn, Les précipités sont recueillis, puis lavés avec l'acétone plusieurs fois [16]. Après évaporation complète de l'acétone, la fraction obtenue, dénommée POA, représente l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles d'*O. africana* R. Br.

Le rendement de l'extraction des polysaccharides bruts est calculé selon LI *et al.* (2015) [17] par la formule suivante:

$$\text{Rendement de l'extraction (\%)} = \frac{\text{Le contenu polysaccharidique de l'extraction (g)}}{\text{la poudre sec de la plante (g)}} \times 100$$

1.3.- Caractérisation partielle de POA

1.3.2.- Dosages colorimétriques

Le dosage des oses totaux est réalisé par la méthode de DUBOIS *et al.* (1956) [18] selon BRUDIEUX (2007) en prenant le glucose comme standard [19]. Les oses neutres sont dosés par la méthode de MONSIGNY *et al.* (1988) avec le glucose comme étalon [20]. Le dosage des protéines se fait par la méthode de BRADFORD (1976) avec le sérum albumine bovine comme étalon [21].

1.3.2.- Chromatographie sur couche mince (CCM)

La fraction polysaccharidique POA obtenu (25 mg) est hydrolysé dans un tube de verre scellé avec 1 ml d'une solution d'acide trifluoroacétique 2M (TFA) pendant 4h à

100°C [22]. Après l'évaporation complète de TFA, l'hydrolysate est dissout dans 1 ml d'eau distillée [23]. L'hydrolysate obtenu est analysé par chromatographie sur couche mince (CCM) sur une plaque de silice de type Silica gel 60 F 254 de 0.25 mm d'épaisseur, sur feuille d'aluminium. La gamme étalon utilisée est constituée d'acide galacturonique, d'acide glucuronique, d'arabinose, de galactose, de glucose, de mannose et de xylose. Il est dissout 20 mg de chaque étalon dans 20 ml d'eau distillée. Trois phases mobiles représentées par trois systèmes différents sont choisis pour l'analyse chromatographique à savoir le premier système est constitué d'acétate d'éthyle, pyridine, eau, n-butanol, acide acétique dans les proportions 5.0, 4.0, 4.0, 10.0, 2.0 [24]. Le deuxième système est formé de chloroforme, n-butanol, méthanol, acide acétique, eau (4.5, 12.5, 5.0, 1.5, 1.5) [25]. Le troisième système est constitué d'acétonitrile, acétate d'éthyle, propanol, eau avec les proportions de 8.5, 2.0, 2.0, 1.5 [26]. La révélation des spots est réalisée par le réactif de Nigram. La composition de l'extrait est constatée par la comparaison des rapports frontaux (R_f) des différents spots.

1.3.3.- Activité antidiabétique

L'activité antidiabétique des polysaccharides d'*O. africana* est déterminée en utilisant une méthode de l'inhibition de l'enzyme α -D-glucosidase tel qu'est décrit par OKI *et al.* (1999) [27], BISHT *et al.* (2013) [28] et QIAN *et al.* (2015) [29] avec une légère modification. Dans un tube sec, un volume de 500 μ l de solution de α -D-glucosidase (0.2U/ml) est ajouté à 10 μ l de différentes concentrations de polysaccharides (0.25mg/ml à 10mg/ml) ou d'acarbose (0.001M à 0.1M). Le mélange résultant est incubé à 37°C pendant 15min sous agitation, puis un volume de 125 μ l de *p*-nitrophényl- α -D-glucopyranoside (*p*-NPG) est additionné. Après 2min d'incubation, La lecture des densités optiques est effectuée chaque 12sec pendant 3min à 405nm par un spectrophotomètre UV-visible [30-32].

L'activité inhibitrice de l'enzyme α -D-glucosidase est calculée d'après la formule suivante [30-32]:

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = \frac{\Delta A \text{ controle}(-) - \Delta A \text{ échantillon}}{\Delta A \text{ controle}(-)} \times 100$$

Où:

- ΔA contrôle (-) : $A_{1\text{contrôle}(-)} - A_{0\text{contrôle}(-)}$
- ΔA échantillon : $A_{1\text{échantillon}} - A_{0\text{échantillon}}$

2.- Résultats et discussion

2.1.- Rendement et caractérisation de POA

L'extraction des polysaccharides hydrosolubles des feuilles séchées d'*O. africana* R. Br. a permis d'obtenir un rendement de 10.33% par rapport à la matière sèche. Les oses totaux représentent 40.73% tandis que le taux des oses neutres est de 18.73% (Fig. 1). La teneur en protéines est de 15.25% dans l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de la fraction obtenue (POA).



Photo 2.- Fraction polysaccharidique isolé d'*Oudneya africana* R. Br. (POA)

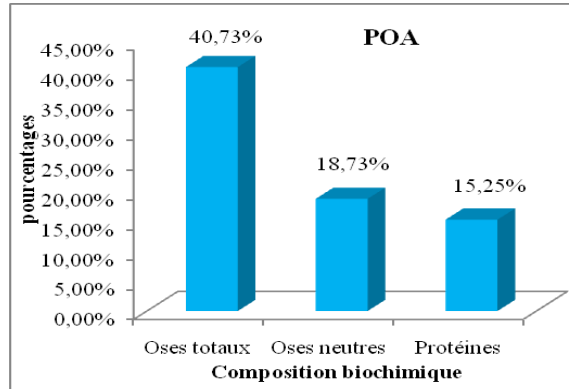
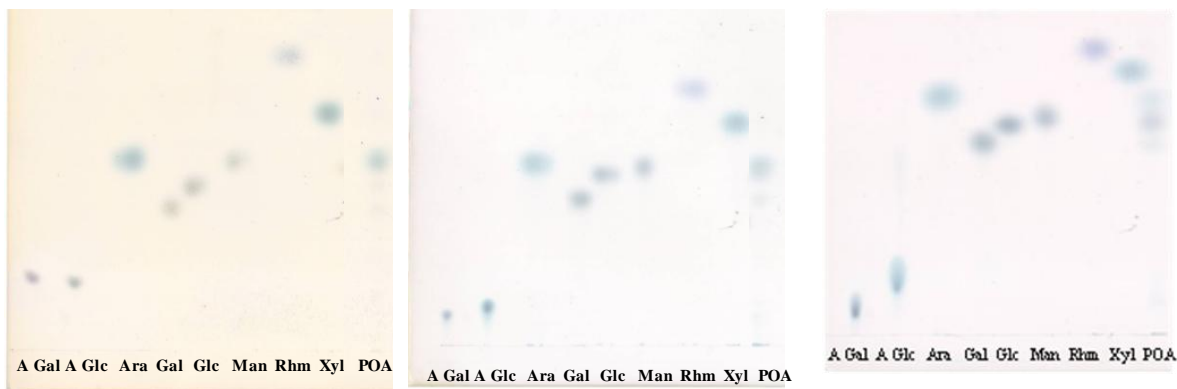


Figure 1.- Composition biochimique globale de la fraction POA

Le rendement des polysaccharides peut varier en fonction de des facteurs environnementaux et des conditions climatiques [33]. Par ailleurs, le type de polysaccharide et la procédure d'extraction comme la décoction, la macération, le type et la quantité de solvant, agissent sur le rendement massique de polysaccharides hydrosolubles [34]. De même, KAUSHIK *et al.* (2017) [35] ont signalé que la température d'extraction a un effet significatif sur le rendement polysaccharidique. Ainsi, le temps représente l'un des facteurs affectant le rendement massique de l'extraction [36].

L'analyse qualitative par chromatographie sur couche mince (CCM) a permis de caractériser l'hydrolysate des polysaccharides isolés. La comparaison des rapports frontaux des taches apparues avec ceux des étalons permet d'identifier partiellement les principaux oses constitutifs de l'extrait des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*O. africana* R. Br.

La lecture des chromatogrammes révèle la présence de plusieurs spots différents obtenus à partir des trois systèmes. Parmi les spots observés, ceux qui semblent être homologues à l'acide galacturonique, au galactose, au glucose, au xylose, à l'arabinose et au mannose. Il est aussi noté la présence des spots non déterminés par la comparaison de R_f des étalons. A partir de l'intensité des spots remarquables, il est indiqué la présence d'un polysaccharide hémicellulosique formé majoritairement d'arabinose.



Chromatogramme de système 1

Chromatogramme de système 2

Chromatogramme de système 3

Figure 2.- Chromatogrammes de l'hydrolysate de la fraction POA

LI *et al.* (2017) ont signalé un nouveau polysaccharide chez les feuilles de *Lepidium meyenii* de la famille Brassicaceae. L'analyse chimique a révélé que cette fraction est composée de galactose, d'arabinose, de rhamnose, de glucose et de mannose avec un ratio de 5.51:4.05:1.15:0.77:0.01 [37]. WU *et al.* (2009) ont isolé une autre fraction polysaccharidique à partir de la moutarde jaune *Sinapis alba* L. (Brassicaceae). La fraction isolée est principalement composée de glucose (61.1%). Cependant, d'autres sucres sont également trouvés, y compris le galactose (13.8%), le rhamnose (4.5%), le mannose (13.1%), le xylose (7.5%) et l'acide uronique (6.9%) [38].

2.2.- Activité antidiabétique de POA

L'alpha-D-glucosidase (EC 3.2.1.20), présente dans la bordure des microvillosités de l'intestin grêle, est essentielle pour digérer les oligosaccharides en monosaccharides. Par conséquent, l'inhibition des activités de l'enzyme α -D-glucosidase peut clairement retarder la conversion du glucose en glycémie, réduire l'augmentation postprandiale de la glycémie et donc être une approche efficace pour gérer le taux de glycémie dans le diabète sucré [1].

L'extrait polysaccharidique POA des feuilles d'*O. africana* R. Br. a un faible pouvoir inhibiteur de l' α -D-glucosidase. Le pourcentage d'inhibition des polysaccharides est de 51.33% pour une concentration maximale de 10 mg/ml et de 13.33% pour une concentration minimale de 0.5 mg/ml. Néanmoins, l'acarbose a un pouvoir inhibiteur de 100% à partir de la concentration de 0.64 mg/ml, et une inhibition de 5.66% à la concentration de 0.0064 mg/ml. Il est remarqué que, pour l'acarbose et l'extrait des polysaccharides, les pourcentages d'inhibitions augmentent proportionnellement avec l'augmentation des concentrations.

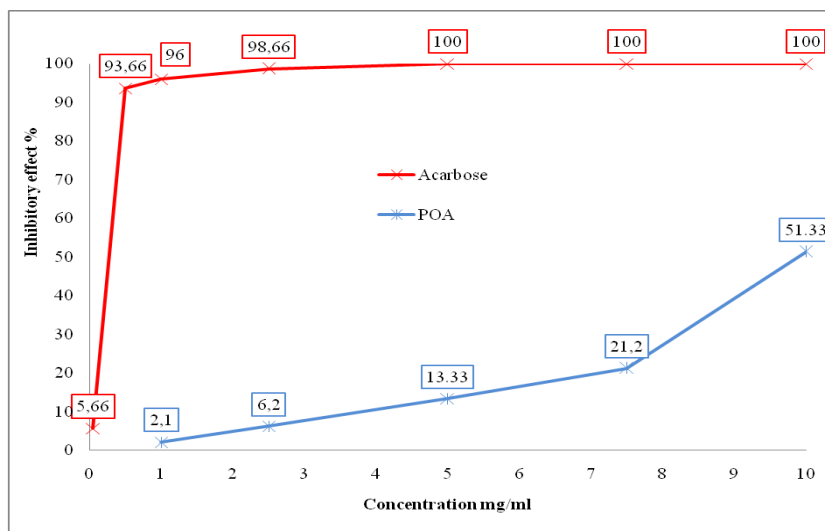


Figure 3.- Pouvoir inhibiteur des polysaccharides d'*O. africana* R. Br. sur l'enzyme α -D-glucosidase

Un faible effet inhibiteur de la fraction POA sur l'enzyme α -D-glucosidase est noté, malgré l'utilisation traditionnelle de la plante pour le traitement du diabète. C'est peut-être dû au fait que les molécules responsables de l'activité antidiabétique ne sont pas de nature glucidique ou que les molécules polysaccharidiques en question sont inactifs après les

différentes étapes expérimentales. Il est aussi possible qu'il y a une synergie entre les différentes métabolites de la plante ce qui rend l'activité des polysaccharides soit liée à la présence des autres molécules.

Conclusion

L'étude des polysaccharides hydrosolubles issus d'*Oudneya africana* R. Br., récoltée dans la région du M'Rara wilaya de El Oued, débute par une extraction hydrosoluble. L'extrait polysaccharidique hydrosoluble POA, a présenté un rendement massique de 10.33%. L'étude de la composition en monosaccharides par chromatographie sur couche mince a montré la présence d'arabinose, d'acide galacturonique, de galactose, de glucose et de xylose. L'intensité des spots observés laisse suggérer la présence d'un polysaccharide hémicellulosique de type arabinane. Le test de l'activité antidiabétique par la mesure du pouvoir inhibiteur de l'enzyme α -D-glucosidase montre que l'extrait des polysaccharides POA a un faible pouvoir inhibiteur de cet enzyme.

Références bibliographiques

- [1].- Wu J., Shi S., Wang H. and Wang S., 2016.- Mechanisms underlying the effect of polysaccharides in the treatment of type 2 diabetes: A review. *Carbohydrate Polymers*, 144: 474–494.
- [2].- Xiong W. T., GU L., Wang C., Sun H. X. and Liun X., 2013.- Anti-hyperglycemic and hypolipidemic effects of *Cistanche tubulosa* in type 2 diabetic db/db mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 150: 935-945.
- [3].- Zhu Z. Y., Zhang J. Y., Chen L. J., Liu X. C., Liu Y., Wang W. X. and Zhang Y. M., 2014.- Comparative evaluation of polysaccharides isolated from Astragalus, oyster mushroom, and yacon as inhibitors of α -glucosidase. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12: 0290-0293.
- [4].- Wang P. C., Zhao S., Yang B. Y., Wang Q. H. and Kuang H. X., 2016.- Anti-diabetic polysaccharides from natural sources: A review. *Carbohydrate Polymers*, 148: 86–97.
- [5].- Quezel P. et Santa S., 1962-1963.- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS Paris. Vol. 1 et 2, 1170 p.
- [6].- Ozenda P., 1991.- Flore et végétation du Sahara (3ème édition mise à jour et augmentée). Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. pp. 250-278.
- [7].- Ould El Hadj M. D., Hadj-Mahammed M. et Zabeirou H., 2003.- Place des plantes spontanées dans la médecine traditionnelle de la région de Ouargla (Sahara Septentrional Est). *Courrier du savoir*, 3: 47-51.
- [8].- Nabti L. Z. and Belhatta R., 2016.- In vitro antioxidant activity of *Oudneya africana* R. Br. aerial parts. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, vol. 4: 58-64.

- [9].- Telli A., Esnault M. A. and Ould El Hadj Khelil A., 2016.- An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province). *Journal of Arid Environments*, 127: 82-92.
- [10].- Carlotto J., DE Souza L. M., Baggio C. H., Werner M. F. D. P., Maria-Ferreira D., Sasaki G. L., Iacomini M., Cipriani T. R., 2016.- Polysaccharides from *Arctium lappa* L.: Chemical structure and biological activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91: 954-960.
- [11].- Han L., Suo Y., Yang Y., Meng J., Hu N., 2016.- Optimization, characterization, and biological activity of polysaccharides from *Berberis dasystachya* Maxim. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85: 655-666.
- [12].- Chen R., Li H., Li S., Jin C. and Lu J., 2015.- Extraction optimization, preliminary characterization and immunological activity of polysaccharides from figs. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72: 185-194.
- [13].- Xie J. H., Shen M. Y., Nie S. P., Zhao Q., LI C. and XIE M. Y., 2014.- Separation of water-soluble polysaccharides from *Cyclocarya paliurus* by ultrafiltration process. *Carbohydrate Polymers*, 101: 479-483.
- [14].- Li J E., Nie S. P., Xie M. Y. and Li C., 2014.- Isolation and partial characterization of a neutral polysaccharide from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru and its antioxidant and immunomodulatory activities. *Journal of Functional Foods*, 6: 410-418.
- [15].- Nwokocha L. M. and Williams P. A., 2014.- Isolation and characterization of a novel polysaccharide from seeds of *Peltophorum pterocarpum*. *Food Hydrocolloids*, 41: 319-324.
- [16].- Adeli M. and Samavati V., 2015.- Studies on the steady shear flow behavior and chemical properties of water-soluble polysaccharide from *Ziziphus lotus* fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72: 580-587.
- [17].- Li Y. J., Lind D., Jiao B., Xu C. T., Qin J. K., Ye G. J. and Su G. F., 2015.- Purification, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharide from *Cissuspteroclada Hayata*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 77: 307-313.
- [18].- Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A and Smith F., 1956.- Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350-356.
- [19].- Brudieux V., 2007.- Extraction, modification enzymatique et caractérisation chimique nouvelles structures pectiques. A lication de la relation structure/activité à la mocosmétique. Thèse de Doctorat, Université de Limoges. 220p.
- [20].- Monsigny M., Claire P. and Roche A., 1988.- Calorimetric Determination of Neutral Sugars by a Resorcinol Sulfuric Acid Micromethod. *Analytical Biochemistry*, 175:

525-530.

- [21].- Bradford M. M., 1976.- A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248–254.
- [22].- Athukorala Y., Jung W. K., Vasanthan T., Jeon Y. J., 2006.- An anticoagulative polysaccharide from an enzymatic hydrolysate of *Ecklonia cava*. *Carbohydrate Polymers*, 66: 184–191.
- [23].- Xu D. J., Xia Q., Wang J. J. and Wang P. P., 2008.- Molecular Weight and Monosaccharide Composition of Astragalus Polysaccharides. *Molecules*, 13: 2408-2415.
- [24].- Hoton-Dorge M., 1976.- Séparation des aldoses et des polysaccharides par chromatographie sur couche mince de cellulose et nouveau réactif de pulvérisation permettant leur révélation sensible. *Chromatography*, 116: 417-423.
- [25].- Yang C., Guan J., Zhang J. S. and Li S. P., 2010.- Use of HPTLC to Differentiate Among the Crude Polysaccharides in Six Traditional Chinese Medicines. *China. Journal of Planar Chromatography*, 23: 1-46.
- [26].- Han N. S. and Robyt J. F. 1998.- Separation and detection of sugars and alditols on thin layer chromatograms. *Carbohydrate Research*, 313: 135-137.
- [27].- Oki T., Matsui T. and Osajima Y., 1999.- Inhibitory effect of α -glucosidase inhibitors varies according to its origin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47: 550-553.
- [28].- Bisht S., Kant R., Kumar V., 2013.- α -D-Glucosidase inhibitory activity of polysaccharide isolated from *Acacia tortilis* gum exudate. *International Journal of Biological Macromolecules*, 59: 214-220.
- [29].- Qian J-Y., Bai Y-Y., Tang J., Chen W., 2015.- Antioxidation and α -glucosidase inhibitory activities of barley polysaccharides modified with sulfation. *LWT- Food Science and Technology*, 64:104-111.
- [30].- Cui J., Gu X., Wang F., Ouyang J. and Wang J., 2015.- purification and structural characterization of an α -glucosidase inhibitory polysaccharide from apricot (*Armeniaca sibirica* L. Lam.) pulp. *Carbohydrate polymers*, 121: 309-314.
- [31].- Zhang S. and Li X. Z., 2015.- inhibition of α -glucosidase by polysaccharides from fruit hull of *Camellia oleifera* Abel. *Carbohydrate polymers*, 115: 38-43.
- [32].- Li C., Li X., Yiu L., Fu X. and Liu R. H., 2017.- Fractionation, preliminary structural characterization and bioactivities of polysaccharides from *Sargassum pallidum*. *Carbohydrate polymers*, 155: 261-270.
- [33].- Kaewmanee T., Bagnasco L., Benjakul S., Lanteri S., Moreli C. F., Speranza G. and

- Cosulich M. E., 2014.- Characterization of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. *Food chemistry*, 148: 60-69.
- [34].- Ebringerova A., Kardosova A., Hromadkova Z. and Hribalova V., 2003.- Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, 74: 52-61.
- [35].- Kaushik P., Dowling K., Adhikari R., Barrow C. J. and Adhikari B., 2017.- Effect of extraction temperature on composition, structure and functional properties of flaxseed gum. *Food chemistry*, 215: 333-340.
- [36].- Miao Y. Z., Lin Q., Cao Y., He G. H., Qiao D. R. and Cao Y., 2011.- Extraction of water-soluble polysaccharides (WSPS) from Chinese truffle and its application in frozen yogurt. *Carbohydrate polymers*, 86: 566-573.
- [37].- Li S., Hao L., Kang Q., Cui Y., Jiang H., Liu X. and Lu J., 2017.- Purification, characterization and biological activities of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* leaves. *International Journal of Biological Macromolecules*, 103: 1302–1310.
- [38].- Wu Y., Cui W., Eskin N. A. M. and Goff H. D., 2009.- Fractionation and partial characterization of non-pectic polysaccharides from yellow mustard mucilage. *Food Hydrocolloids*, 23: 1535–1541.