



République Algérienne Démocratique et
Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
la Recherche Scientifique
Centre Universitaire El-wancharissi de
Tissemsilt



Institut de Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la nature et de la vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Biologie**
Spécialité : **Biochimie appliquée**

Présenté par :

M^{elle}. AOUED Fatiha
M^{elle}. TOUIL Chaimaa
M^{elle}. TADJER Zineb

Thème

***Extraction et caractérisation du mucilage
issu des jeunes cladodes de figuier de
barbarie (Opuntia ficus indica) de la région
de Tissemsilt***

Soutenu le,

Devant le Jury :

Beghalia Mohamed
Moussaoui Badreddine
Kehili Houssem

Président
Encadreur
Examineur

Prof.
M.A.A.
M.C.B.

CU-Tissemsilt
CU-Tissemsilt
CU-Tissemsilt

Année universitaire : 2019-2020

Remerciements

Nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux s'adressent :

*A **ALLAH** le tout puissant qui permis d'être ce que nous sommes aujourd'hui, car l'homme propose mais **ALLAH** dispose.*

*Nous tenons à adresser nos très sincères remerciements à notre promoteur **M. MOUSSAOUI Badr Eddine** qui nous a guidé dans notre travail, Merci pour nous avoir accordé votre temps, Merci d'avoir été très patient avec nous, Merci pour avoir mis votre expérience à notre profit.*

Nous tenons à présenter notre sincère et vif remerciement aux membres de jury, qui ont accepté de juger notre travail et consacré leur temps pour son évaluation.

*On tient également à remercier tout le personnel de laboratoire pour leur aide dans la réalisation de ce travail surtout l'ingénieur **M. AFARMohammed**, ainsi que ceux et celles qui, de loin ou de près ont contribué à l'élaboration de ce travail.*

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A Ma chère mère qui ma entourée avec sa tendresse et qui n'a cessé de prier pour moi.

A mon mari achouchi Mohamed Amin qui nous a beaucoup aidé au cours de réalisation de notre mémoire.

A mes sœurs Sonia, Salima, Rima, ainsi que mes frères Mansour et Ismail.

A ma 2eme mère zoulikha et ma grande mère Halima, et à mes oncles et mes tantes. Sans oublier mon 2eme père Rabi yarhmo « Benouda »

A Mes binômes Fatiha et Zineb.

A tous mes amis et mes proches sans exceptions qu'ils soient Proches ou loin.

A tous mes enseignants du primaire jusqu'au supérieur et à toute la promotion de Master 2 Biochimie appliquée.

Chaimaa

Dédicace

A Mes parents, à aucun mot ne saurait exprimer mon amour, mon affection et ma grande considération pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mon bien être. Veuillez trouver dans ce travail l'humble gratitude des filles fidèles et reconnaissantes.

Que dieu, le tout puissant, vous procure bonne santé et longue vie

A mes sœurs Fatima, Noura et Fadhila et son mari Younes et leurs petites filles INES.

A mon frère Mohamed, A mon mari Cherriti Larbi.

A toute la famille AOUED, la famille ABOUCHA et la famille CHERRITI.

A mes très chères amies de toujours Chaimaa, Salima, Fatima, Mariem, Hanane, Samia, Nidaa, Zahra, Charifa

Ainsi qu'à tous mes amis et camarades, surtout ceux de la promotion Master 2 biochimie appliquée.

Fatiha

Dédicace

*Tout d'abord, je remercie **Allah** le tout puissant qui m'a donné le courage, la patience, et la persévérance pour atteindre mes objectifs.*

*À mes chers parents qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. Sans vous je ne serais jamais arrivé jusque-là. J'espère qu'un jour je pourrais vous rendre un peu de ce que vous avez fait pour moi, je vous remercie pour votre soutien et votre amour inconditionnel.
Que Dieu vous prête le bonheur et une longue vie.*

*Toute ma gratitude à ma deuxième mère (**Mama Hlima**), qui m'a aidé quand j'en avais besoin.*

À ma grand-mère paternel et à la mémoire du reste de mes grands-parents, que Dieu ait pitié d'eux.

*À mes très chers frères : **Abdel Karim** et **Abdel Rahim**, pour leur appui et leur encouragement.*

*À mon petit frère d'âme le gâté : **Mustapha**.*

À tous mes frères de l'allaitement maternel.

*À ma tante : **Ahlem**, qui ma encouragé par ses prières.*

À tous mes oncles et tantes sans exception.

*À mes amies : **Hayat, Meryem, Habiba, Imène, Bakhta, Amina et Ghania**.*

À tous mes enseignants tout au long de mes études et à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même s'il soit avec un mot, un conseil ou un sourire.

Zineb

Liste des abréviations

°C	Degré Celsius.
Ajc	Avant jésus christ
C	Concentration.
Ca	Calcium
CAM	Crassulacean Acid Metabolism
cm	Centimètre
CO₂	Dioxyde de carbone
g	Gramme
h	Heure
HCl	Acide chlorhydrique
K	Potassium
M	Mètre
Mg	Magnésium
min	Minute
ml	Millilitre
Mw	Poids moléculaire
Nacl	Chlorure de sodium
NaOH	Hydroxyde de sodium
OFI	<i>Opuntia ficus-indica</i>
P	Poids.
pH	Potentiel hydrogène
trs	Tours
V	Volume

Listedes tableaux

Numéro	Titres	Pages
1	Tableau 1: La composition chimique des cladodes d' <i>Opuntia ficus indica</i> (Hadj Sadok et al, 2013 ; El Mostafa et al, 2014)	07
2	Tableau 2: Composition glucidique de mucilage (Saenz et uevas, 2013)	10
3	Tableau 3: Matériels et réactifs utilisés.	14
4	Tableau 4: Le rendement d'extraction du mucilage des nopals d' <i>Opuntia</i> de Tissemsilt	22
5	Tableau 5: Taux d'humidité et de cendres des cladodes d' <i>Opuntia</i> de Tissemsilt et de leur mucilage.	23
6	Tableau 6: La variation de la densité et de la conductivité des solutions de mucilage de nopals de Tissemsilt.	24
7	Tableau 7: La solubilité de mucilage de nopals de Tissemsilt dans différents solvants.	25
8	Tableau 8: Tableau réduplicatif des paramètres rhéologiques du mucilage de nopals de Tissemsilt.	26
9	Tableau 9: Les propriétés d'hydratation du mucilage de nopals de Tissemsilt	29

Liste des figures

Numéro	Titres	Pages
1	Figure 1: Deux espèces du figuier de Barbarie appartenant au genre <i>Opuntia</i> , (a) : <i>Opuntia ficus indica</i> (inermis), (b) <i>Opuntia megacantha</i> (épineuse). (Mulas, 2004)	04
2	Figure 2: Schéma illustrant les différentes parties du figuier de Barbarie. (Revue nature et santé, 2011)	06
3	Figure 3: Les sous-unités formant le mucilage (beeper trou, 2014)	10
4	Figure 4: La structure du mucilage d' <i>Opuntia ficus indica</i> (Cano-Barrita et León-Martínez, 2016)	11
5	Figure 5: Lieu d'échantillonnage des nopals (Google, s.d)	13
6	Figure 6: photo de nos jeunes cladodes provenant de Theniet El-Had-Tissemsilt.	14
7	Figure 7: diagramme du protocole expérimental de l'étude.	15
8	Figure 8: La capacité d'émulsion (EC) et la stabilité d'émulsion (ES) du mucilage de nopals de Tissemsilt.	28
9	Figure 9: La capacité moussante (FC) et la stabilité moussante (FS) du mucilage de nopals de Tissemsilt.	29



Table des matières

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des Tableaux

Liste des figures

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : le figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*)

I.1. Origine et étymologie	3
I.2. Description botanique	3
I.3. Caractéristiques morphologiques	4
I.3.1. L'appareil racinaire	4
I.3.2. Les raquettes (cladodes)	5
I.3.3. Les fleurs.....	5
I.3.4. Les fruits	5
I.3.5. Les graines	5
I.4. Physiologie	6
I.5. La partie utilisée: les cladodes.....	6
I.5.1. Composition chimique des cladodes	7
I.5.2. Vertus et utilisation des cladodes	7
I.5.2.1. Utilisation alimentaire.....	7
I.5.2.2. Application pharmaco-cosmétique	7

Chapitre II Le mucilage

II.1. Composition de mucilage	10
II.2. Le mucilage d' <i>Opuntia ficus indica</i>	10
II.3. Utilisations	11
II.3.1. Usage alimentaire:	11
II.3.2. Usage médicale.....	12
II.3.3. Usage cosmétique.....	12
II.3.4. Usage industriel.....	12

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Objectifs	13
III.2. Matériel	13
III.2.1. Matériel végétal	13
III.2.2. Matériel du laboratoire.....	14
III.3. Méthodes.....	15
III.3.1. Protocole expérimental.....	15
III.3.2. Extraction des mucilages	15
III.3.2.1. La technique conventionnelle	15
III.3.2.2. La technique de kalegowda et al, (2016).....	16
III.3.2.3. Rendement d'extraction	16
III.3.3. Analyses physicochimiques et rhéologiques du mucilage de nopals.....	16

III.3.3.1. Humidité et matière sèche	16
III.3.3.2. Taux de cendres des mucilages	17
III.3.3.3. Conductivité et densité	17
III.3.3.4. La solubilité	17
III.3.3.5. La compressibilité de mucilage	17
III.3.3.5.1. Densité en vrac et densité taraudée.....	17
III.3.3.5.2. Indice de Carr et ratio de Hausner	18
III.3.4. Propriétés fonctionnelles	18
III.3.4.1. Capacité d'émulsion	18
III.3.4.2. Stabilité de l'émulsion	19
III.3.4.3. Propriétés moussantes	19
III.3.4.4. Les propriétés d'hydratation	19
III.3.4.4.1. Détermination de l'indice de gonflement.....	19
III.3.4.4.2. La capacité de rétention d'eau "WHC" et la capacité de rétention d'huile "OBC"	20

IV. Résultats et discussion

IV.1. Rendement d'extractions	22
IV.2. Analyses physico-chimiques et rhéologiques	23
IV.2.1. Humidité et taux de cendres.....	23
IV.2.2. Conductivité et densité.....	24
IV.2.3. La solubilité	25
IV.2.4. La compressibilité de mucilage	25
IV.2.4.1. Densité en vrac et densité taraudée	26
IV.2.4.2. Indice de Carr et ratio Hausner	26
IV.3. Propriétés fonctionnelles	27
IV.3.1. Capacité d'émulsion (EC) et stabilité d'émulsion (ES).....	27
IV.3.2. la capacité moussante (FC) et la stabilité moussante (FS).....	28
IV.3.3. les propriétés d'hydratation	29
IV.3.3.1. L'indice de gonflement.....	29
IV.3.3.2. La capacité de rétention d'eau "WHC" et la capacité de rétention d'huile "OBC"	30
Conclusion.....	31
Références bibliographiques.....	32
Resumé	
Abstract	
ملخص	



Introduction Générale

Introduction

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a utilisé les plantes pour se soigner. Les connaissances empiriques accumulées ont permis aux différentes civilisations de prendre les plantes comme source essentielle de médicaments. Jusqu'au début du XX^{ème} siècle, presque tous les médicaments étaient d'origine végétale (Bhira , 2012).

À l'heure actuelle, on s'intéresse de plus en plus à l'utilisation de biomatériaux; respectueux de l'environnement, à faible coût, et à efficacité équivalente ou parfois meilleure des matériaux polluants synthétiques (Barka et al ., 2013).

L'opuntia ficus indiça appelé communément le figuier de barbarie, est l'une de ces espèces appartenant depuis toujours aux plantes médicinales les plus utilisées. La recherche médicale moderne redécouvre avec un intérêt grandissant la plante et ses propriétés, comme elle étudie les molécules actives qui la composent et lui permettent de lutter efficacement contre quelques-unes des affections les plus graves de notre temps: l'angoisse, l'artériosclérose, le cholestérol, le diabète, l'obésité, la spasmophilie, le stress... (Butera et al., 2002).

Les cladodes d'OFI, comme le reste de la plante, restent encore sous exploitées en Algérie malgré que plusieurs études ont montré leurs valeurs importantes dans différents domaines tels que leur consommation en tant que légume. La richesse de ces cladodes en mucilage leur confère également un gain d'attention par l'industrie alimentaire et cosmétique mais aussi par le domaine médicinal.

Notre expérimentation vient en réponse à cette nécessité de construire une base de données scientifique sur cette espèce locale, en vue de ressusciter à nouveau la possibilité de son exploitation. A cette fin, nous avons fait des analyses sur les qualités physico-chimiques et rhéologiques, ainsi que sur les propriétés fonctionnelles des mucilages extraits à partir des jeunes cladodes (nopals) du figuier de barbarie inerme de la wilaya de Tissemsilt.

Ce travail comporte deux parties; l'une nommée revue bibliographique, a pour objet de présenter la plante étudiée et ses mucilages, répartis chacune sur un chapitre à part. L'autre

appelée étude expérimentale présente le matériel et la méthode utilisés pour étudier ces mucilages, et contient ainsi les résultats détaillés et discutés pour chaque examen fait.

Une conclusion générale est donnée à la fin du présent travail en tirant les principaux résultats obtenus. Ces derniers pourraient stimuler d'autres travaux de recherche dans le sens de servir et de valoriser le patrimoine national dans le domaine des plantes médicinales



*Chapitre I:
Le figuier de barbarie*

I. Le Fiquier de barbarie (*Opuntia ficus indica*)

I.1. Origine et étymologie:

L'*Opuntia ficus indica* est un grand genre d'arbustes succulents avec plus de 360 espèces appartenant à la famille des cactaceae (Kalegowdaet al., 2016). Le figuier de barbarie, figuier d'inde ou figuier épineux est originaire des régions arides et semi arides du Mexique (Nharingo et Moyo, 2016).

Il vit principalement dans les régions aux précipitations peu abondantes, aux longues périodes de sécheresse et à l'ensoleillement intense. Il a été utilisé par l'homme depuis 6500 ans AJC et fut l'une des alimentations de base des populations indigènes (Araba et al., 2000)

On compte de nos jours 1500 espèces de cactus appartenant au genre *Opuntia*; distribuées dans de nombreux pays à l'exemple du Mexique, des Etats Unis, la Chine, l'Afrique et Italie (El kassori et al., 1998 ; Feugang et al., 2006)

L'étymologie d'*Opuntia ficus indica* diffère selon les régions et les cultures. Les noms vernaculaires varient d'At-tîneach-chûkî en Arabe, à Hendi, Karmous en neçara ou Sobbaïra en Targui ou berbère, tandis que cette baptismation devient Fiquier de barbarie, nopal ou Fiquier d'inde en Français (Oued et al., 1990; Beloued, 2009; Moussaoui, 2014).

I.2. Description botanique

Selon Dubeux et al, (2006), la position systématique du figuier de barbarie est la suivante :

- ✓ Règne : Plantae
- ✓ Sous règne : Tracheobionta
- ✓ Division : Magnoliophyta
- ✓ Classe : Magnoliopsida
- ✓ Sous-classe : Caryophyllidae
- ✓ Ordre : Caryophyllales
- ✓ Famille : Cactaceae
- ✓ Sous-famille : Opuntioideae
- ✓ Tribu : Opuntieae
- ✓ Genre : Opuntia
- ✓ Sous-genre : Platyopuntia
- ✓ Espèce : *Opuntia ficus indica*

I.3. Caractéristiques morphologiques :

L'*Opuntia ficus indica* est une espèce arborescente robuste de 3 à 5 m de haut, ayant un tronc épais et ligneux avec une organisation en articles aplatis de forme elliptique ou ovoïde nommé cladodes ou raquettes (Habibi et al . 2004; Reyes-Aguero et al ., 2006 ; Neffor, 2012)

Les plantes de la variété inerme, souvent cultivée localement, sont épineuses la 1ère année mais perdent les aiguillons à partir de l'année suivante (schweizer, 1997 ; araba et al ., 2000).

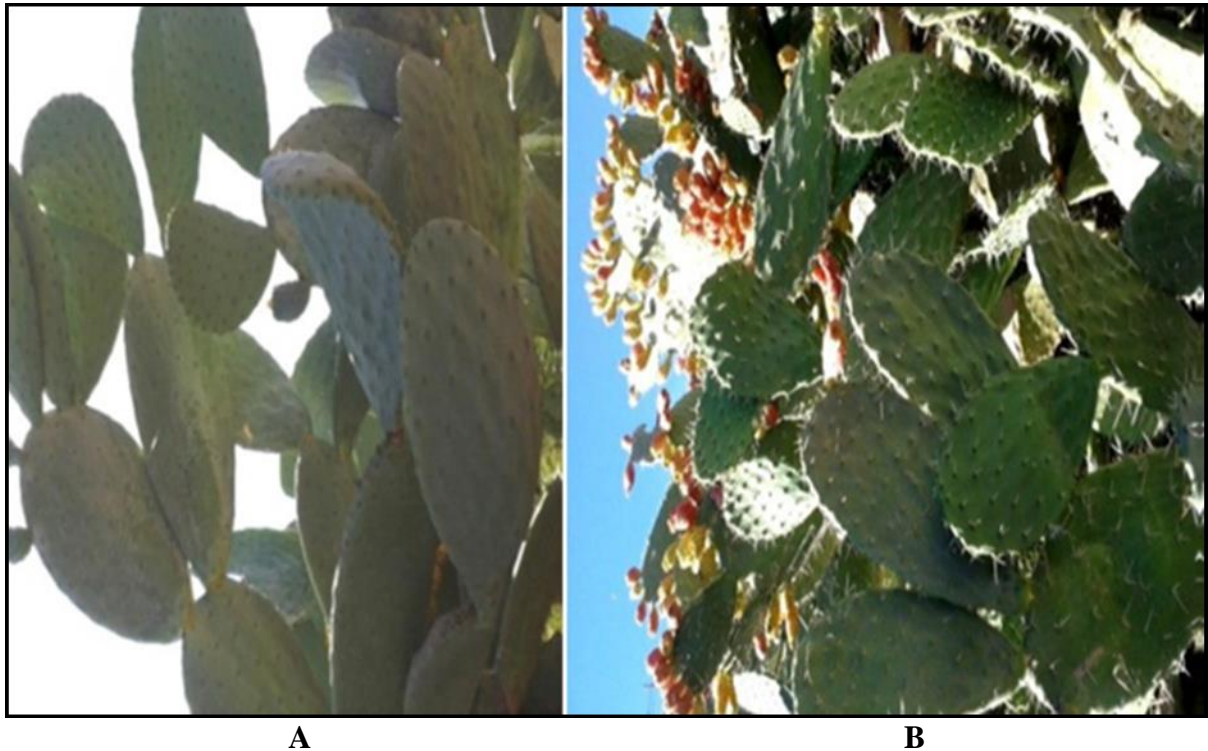


Figure 1:Deux espèces du figuier de Barbarie appartenant au genre *Opuntia* a) : *Opuntia ficus indica* (inerme), b) *Opuntia megacantha* (épineuse) (Mulas, 2004)

I.3.1. L'appareil racinaire:

Il est superficiel et ne se concentre que dans les 30 premiers centimètres du sol. Il facilite l'absorption des eaux souterraines dans les sols de faible consistance (Chonguiet al., 2015)

I.3.2. Les raquettes (cladodes):

Ce sont des tiges sous forme de feuille de couleur verte, couverte de petites aréoles et d'épine, d'une taille variant entre 17 et 38 cm de long et 12 à 26 cm de large (Feugang et al ., 2006).

I.3.3. Les fleurs:

Elles émergent sur les jeunes cladodes et par la suite elles sont avortées. Leur couleur jaune ou orange devient rougeâtre à l'approche de la sénescence de la plante (Habibi, 2004; Mulas et Mulas, 2004).

I.3.4. Les fruits :

La figue d'inde a une forme ovoïde, ronde, elliptique ou allongée. Ces couleurs varient entre le vert, le jaune, le rouge et le violet. Il est succulent, peu acide et riche en sucres; ce qui le rend doux et délicieux (Kaanane, 2000; Piga, 2004 ; Feugang et al ., 2006)

I.3.5. Les graines:

Les graines sont dures, indigestes, mais riches en vitamines. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante (Schweizer-M, 1997).



A



B



C



D

Figure 2: les différentes parties du figuier de barbarie: A) racines, B) cladodes, C) fleurs, D) fruits(Nefzaoui, 2005; Neffar, 2008; El Finti et al ., 2012).

I.4. Physiologie:

Sur le plan physiologique, le figuier de barbarie a une photosynthèse de type CAM. Il a la particularité de fixer le CO₂ pendant la nuit, le stocker et de fermer ses stomates pendant le jour. Une telle stratégie permet d'éviter les pertes en eau qui peuvent avoir lieu le jour par évapotranspiration et d'optimiser ainsi son utilisation (Stintzing et al., 2005)

I.5. La partie utilisée: les cladodes

Les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne à la place des feuilles. Ils sont délimités par une cuticule cireuse qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs. La peau est couverte par des petites aréoles d'épines et de glochides blancs (Kavirindi et al., 2010).

I.5.1. Composition chimique des cladodes:

Les cladodes sont riches en eau, en hydrates de carbones, en protéines et en éléments minéraux (Nefzaoui.A, Ben Salem.H, 2000 ; Le Houérou, 2002). Le Tableau 1 réunit les composants majeurs des cladodes d'*Opuntia*.

Les jeunes cladodes appelés nopals ou napolitos, ont une valeur nutritive similaire à celle d'un grand nombre de légumes et feuilles. En plus des protéines, fibres et minéraux, elles sont riches en vitamine C et en β -carotène (Arba, 2009).

Tableau 1: La composition chimique des cladodes d'*Opuntia ficus indica* (Hadj Sadok et al, 2013 ; El Mostafa et al, 2014)

Composant		Valeur
Teneurs en eau		91 à 93%
minéraux	Ca	5.64-17.95mg /100g
	Mg	8.8mg/100g
	K	2.35 – 55.20mg/100g
Sucres totaux		1.66 à 8.79% (MS)
Fibres		8 à 11% (MS)
Vitamines C		9 à 15 mg /100g (MF)
Poly phénols totaux		41.6 à 6.93 mg /100g (MF)
Tannins		6.45 à 6.93mg /100g (MF)

I.5.2. Vertus et utilisation des cladodes :

I.5.2.1. Utilisation alimentaire :

Les jeunes cladodes sont consommés en tant que légumes en raison de leur texture tendre et fibreuse (Araba, 2009). Ils sont aussi consommés comme composante de salade, cuites avec de la viande et des œufs, ou comme ingrédients dans la confection d'autres préparations alimentaires (Saenz, 2004 ; Ayadi et al., 2009)

Les cladodes matures sont broyés pour en faire de la farine qui sera utilisée dans la panification où elle donne des meilleurs produits de boulangerie, ou même pour remplacer la farine de blé dans les cookies (Saenz, 2000; Saénz et al., 2002)

En plus, la poudre de cladodes a été proposée comme ingrédient dans les boissons à base de lait et les céréales de petit déjeuner (stinzing et al., 2005)

I.5.2.2. Application pharmaco-cosmétique:

Les cladodes sont utilisés dans le but de traitement de la gastrite, de la fatigue, de la dyspnée et des maladies du foie (Stintzing and Carle, 2005). Au-delà, les cladodes chauffés ont été utilisés pour traiter le rhumatisme, les érythèmes et les infections chroniques de la peau, mais aussi pour améliorer la digestion et le processus général de désintoxication (Munoz de Chavez et al, 1995).

Qiu et al. (2007), confirment que ces cladodes sont par ailleurs utilisées pour traiter le diabète, l'ulcère et l'inflammation. En cosmétologie, les cladodes sont employés pour la production des crèmes similaires à l'Aloe Vera (Eshun et al, 2004).

POHA POTCRA W

Le mucilage

II. Le mucilage

II.1. Composition de mucilage :

Le mucilage (**Figure 3**) est une substance polymérique complexe, composée principalement de glucides à structures très ramifiée, qui comprennent l'arabinose, le D-galactose, le L-rhamnose, le D-xylose et l'acide glucuronique avec diverses proportions (**Sepulveda et al, 2007**).

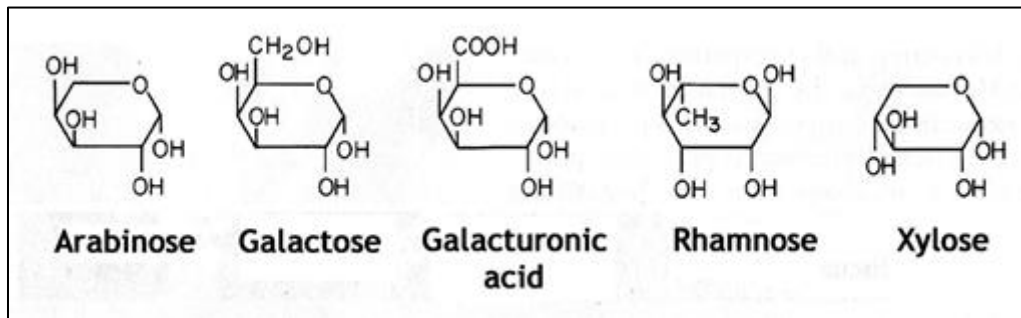


Figure 3: Les sous-unités formant le mucilage (**beeper trou, 2014**)

Il contient également des glycoprotéines et autres substances comme les tannins, les alcaloïdes et les stéroïdes (**Geber Samuel et Geber – Mariam., 2012; Pichler., Young et al, 2012**). Le **Tableau 2** résume le pourcentage de chaque ose par molécule de mucilage.

Tableau 2: Composition glucidique de mucilage (**Saenz et uevas, 2013**)

Glucide	Valeur
Arabinose	24.6 – 42%
Galactose	21- 40%
Rhamnose	7 -13.1%
Xylose	22 – 22,2%
Acide glucuronique	7-13.1%

II.2. Le mucilage d'*Opuntia ficus indica*:

Généralement les cactacées sont caractérisées par la production de polysaccharides comme le mucilage (**SaéNZ et al.,2000**). Le mucilage des cladodes d'*Opuntia ficus indica* est le plus étudié et est bien défini dans la littérature comme un polysaccharide complexe d'environ 33 à 55 résidu de sucre, avec une structure fortement ramifié (**Amin et al ., 1970;**

Ammar et al ., 2015; Sepulveda et al .,2007).Cette matière épaisse et gommeuse est produite dans les cellules du chlorenchyme (partie externe verte) et du parenchyme (partie interne blanche) de la cladode (**SaéNZ et al, 2004**).

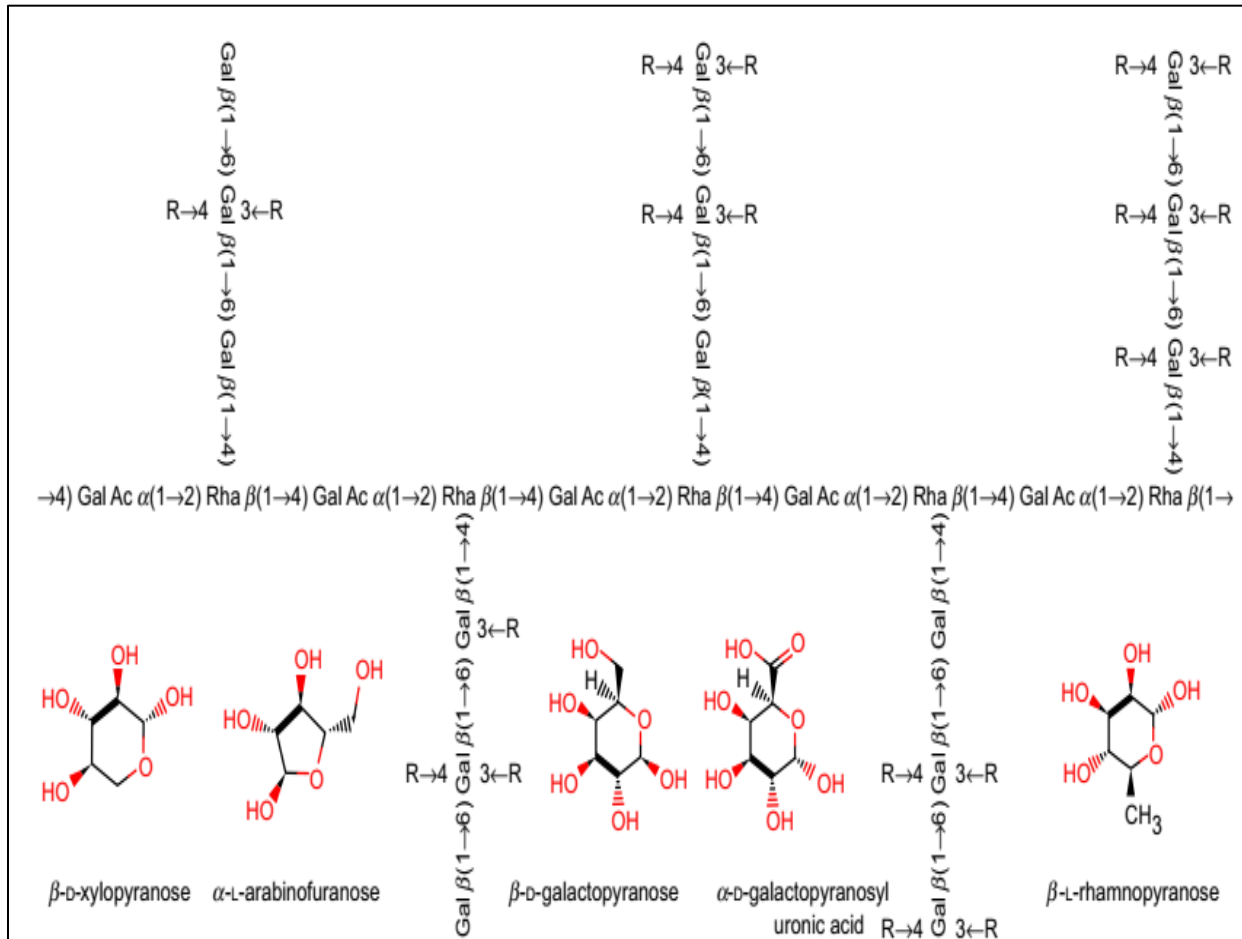


Figure 4:La structure du mucilage d'*Opuntia ficus indica* (**Cano-Barrita et León-Martínez, 2016**)

II.3. Utilisations :

Le mucilage de cactus est une matière première renouvelable et respectueuse de l'environnement, qui peut être utilisée avec succès en plusieurs secteurs :

II.3.1. Usage alimentaire:

Le mucilage est devenu un élément indispensable dans la technologie alimentaire pour ses caractères de viscosité, de stabilisation, de gélification et d'épaississement, sans oublier ses propriétés émulsifiantes (**Brnardino-Nicanor et al ,2013; Malviya, 2011; Sepulveda et**

al, 2007; Stintzing et al, 2001). En outre, il est utilisé comme un biomatériau durable pour le développement des films comestibles (**Gheribi et al ,2018**)

II.3.2. Usage médical :

Faisant partie des fibres diététiques, les mucilages sont à la fois utiles pour la constipation chronique et les diarrhées chroniques ou passagères (**Christophe Bernard, 2018; Saénz et al ., 2000**). Ils calment les inflammations des muqueuses respiratoires et urinaires, à côté de son effet protecteur sur la muqueuse gastro intestinale par la réduction de la production d'acidité (**Christophe Bernard, 2018; Valnet, 1985**). C'est un agent muco-protecteur car capable de former un réseau moléculaire et à retenir une quantité importante en eau (**Di Lorenzo et al ., 2017**).

Différentes études confirment aussi que ce polysaccharide est lié aux activités de promotion de la santé comme étant un antidiabétique, un hypocholestérolémiant, un anti-ulcéreux et un cyto-protecteur (**Galati et al ., 2011; Galati et al. 2007**). Actuellement, il est utilisé comme un système d'administration de médicament (**Malviya et al, 2011**)

II.3.3. Usage cosmétique :


Le mucilage est considéré comme un agent cicatrisant et réparateur de la peau (**Di Lorenzo et al ,2017**). **Schweizer, (1997)**, a cité que les indiennes préparent un savon et des onguents à base de mucilage pour les soins des mains malmenées par les travaux rudes, ou pour préserver leur visage agressés par le soleil. En plus, le mucilage est utilisé dans la fabrication des assouplissants des cheveux, des crèmes dermiques et des laits hydratants (**Fernandez et al, 1990**)

II.3.4. Usage industriel:

Le mucilage est une substance à effet flocculant et coagulant, très sollicités à l'heure actuelle dans le traitement et la dépollution des eaux. Il est investi comme un flocculant pour les métaux lourds dans l'eau (**Fox et al, 2012**). De même, il est utilisé comme un bio-coagulant dans le processus d'électrocoagulation afin d'améliorer le rendement d'élimination du trouble et du cuivre en eaux polluées (**Adjourd et al, 2015 ; Adjourd et al ,2018**).

Partie

expérimentale



POLA POLCRA 000

Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes

III.1. Objectifs :

Ce travail consiste à :

- Extraire le mucilage inclus dans les jeunes cladodes (nopals) du figuier de barbarie de la région de Tissemsilt.
- Etudier ses caractéristiques physicochimiques et rhéologiques.

III.2. Matériel :

III.2.1. Matériel végétal :

Les nopals âgés de moins de 3mois, ayant une longueur de 12 à 20cm et une largeur de 6 à 9cm, ont été enlevés aléatoirement le mois de Novembre 2019, à partir de plusieurs arbustes vivants d'OFI sans épines à la commune d'El Youssofia (Latitude 35.948,Longitude 2.1125, Altitude 793m),située à 11,4 Km de la daïra de Theniet el had, la Wilaya de Tissemsilt-Algérie.

Les échantillons sont ensuite débarrassés de leur glochides « épines fines » par lavage à l'eau. Ils sont ensuite désinfectés par une solution d'hypochlorite de sodium (eau de javel:eau/10ml:90ml), suivi d'un rinçage à l'eau distillée, un séchage par une toile et une congélation jusqu'à utilisation.



Figure 5: Lieu d'échantillonnage des nopals(Google,s.d)



Figure 6: Les raquettes d'OFI récoltées de Theniet El-Had-Tissemsilt.

III.2.2. Matériel du laboratoire :

Le matériel utilisé dans cette étude est rassemblé dans le **Tableau 3**.

Tableau 3: Matériels et réactifs utilisés.

Appareil	Réactif	Verrerie et autre
- Agitateur magnétique	- Acide chlorhydrique (HCl)	- Ballons
- Bain marie	- Eau distillée	- Barreaux magnétiques
- Balance électrique	- Ethanol (95%) (C ₂ H ₅ OH)	- Bêchers
- Centrifugeuse	- Huile commerciale	- Eprouvette
- Dessiccateur,	- Huile d'olive	- Erlenmeyer
- Conductimètre	- Hydroxyde de sodium (NaOH)	- Verre de montre
- Etuve		
- Four à moufle		
- Rotavapeur		
- Plaque chauffante		
- Viscosimètre		

III.3. Méthodes :

III.3.1. Protocole expérimental:

Le processus expérimental suivi durant la partie pratique de cette étude est résumé dans le diagramme de la **Figure 7**:

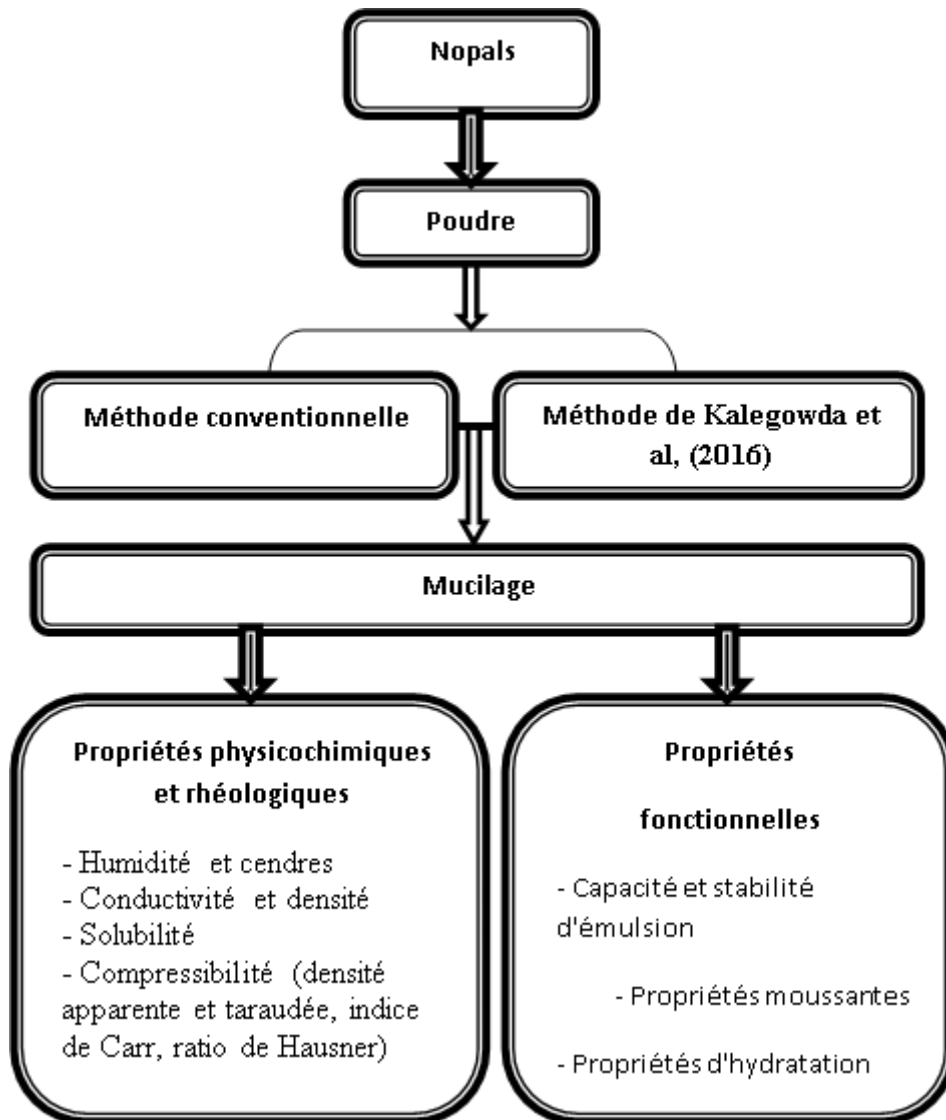


Figure 7: diagramme du protocole expérimental de l'étude.

III.3.2. Extraction des mucilages:

Pour récupérer les mucilages des nopals d'OFI de Tissemsilt, deux techniques d'extraction ont été mises en œuvre:

III.3.2.1. La technique conventionnelle :

Selon la méthode habituelle d'extraction des mucilages citée par **Matsuniro et al. (2006)**; le broyat obtenu à base de raquette et d'eau distillée (1/3) (m/v), a été mis sur une plaque chauffante à 180°C pendant 3h. Après agitation, le mélange a été filtré à l'aide d'un tissu mousseline et le filtrat visqueux a été concentré sous pression par rotavapeur (Heidolph) à 80°C.

Le concentré a été soumis à une précipitation du mucilage par l'ajout de 3 volumes d'éthanol 95%, avant de le maintenir à 4 °C pendant une nuit. La récupération du mucilage a été réalisée par centrifugation à 5000tr/5min, suivie d'un séchage de 24h afin d'éliminer l'éthanol. L'extrait sec de mucilage a été pesé pour calculer le rendement.

III.3.2.2. La technique de Kalegowda et al, (2016):

Les cladodes fraîches ont été coupés en petits morceaux d'environ 1cm³ et trempés dans l'eau à 45°C, à raison de 1/5 (m/v). Le mélange a été agité pendant 6 h sur un agitateur magnétique, puis filtré par un chiffon de mousseline pour enlever les résidus. Le filtrat visqueux a été concentré sous pression réduite par rotavap à 95°C.

Le concentré a été précipité avec quatre volumes d'éthanol à 95% à un ratio de (1:4)(concentré:éthanol). Le précipité obtenu a été récupéré puis lavé avec de l'éthanol absolu. Après le séchage, l'extrait sec de mucilage est pesé et le rendement est calculé en pourcentage.

III.3.2.3. Rendement d'extraction:

Le calcul du rendement d'extraction vise à déterminer l'efficacité des deux procédés d'extraction. Il est identifié comme le pourcentage de poids (g) de l'extrait sec de mucilage obtenu à partir de 100g de cladodes fraîches (**Zhang et al, 2007**). Il est calculé par la formule suivante :

$$R\% = (M/M_0) \times 100$$

Avec: **R%** : rendement exprimé en pourcentage%, **M** : masse de l'extrait sec de mucilage (g), **M₀**: masse de cladode d'OFI fraîche (g).

III.3.3. Analyses physicochimiques et rhéologiques du mucilage de nopals:

III.3.3.1. Humidité et matière sèche:

Le taux d'humidité est égal à la masse perdue d'un échantillon frais séché à 105°C pendant 24h, dans une étuve à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'une masse constante (AOAC, 1980).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante:

$$H\% = \frac{P_f - P_s}{P_f} \times 100$$

Où: **H%**: Humidité, **P_f** : poids frais (g), **P_s**: poids sec (g)

Le pourcentage de la matière sèche (**MS**) est calculé selon la relation suivante :

$$\text{Matière sèche (MS\%)} = 100 - H\%$$

III.3.3.2. Taux de cendres des mucilages:

2g de mucilages sont incinérés dans des capsules par un four à moufle à 550°C/5h. On procède ensuite à la pesée des capsules refroidies dans un dessiccateur pour obtenir le poids final (Kalegowda et al., 2006):

$$\text{Taux de cendre} = (M_1 - M_0) \times 100$$

Avec: **M₁** : Masse de la capsule avec la cendre, **M₀** : Masse de la capsule vide.

III.3.3.3. Conductivité et densité:

Ces paramètres ont été déterminés dans les solutions de mucilage à 1 et 6% (p/v), préparées en dissolvant la poudre de mucilage dans de l'eau distillée (Kalegowda et al., 2016; Monrroy et al., 2017).

Le conductimètre et le pycnomètre en verre ont été utilisés pour la mesure respective de la conductivité et de la densité.

III.3.3.4. La solubilité :

La solubilité a été évaluée par observation des propriétés visuelles (soluble, peu soluble, visqueux, aqueux....) des mélanges de la poudre avec différents solvants : l'eau, NaOH (1M), NaCl (1M) et HCl (1M)(Sciarini, 2009).

III.3.3.5. La compressibilité de mucilage:

III.3.3.5.1. Densité en vrac et densité taraudée:

La densité apparente "en vrac" est une propriété de la poudre définie comme la masse de particules du matériau divisée par le volume total qu'elles occupent. Elle était mesurée en transférant une quantité connue de poudre de mucilage dans une éprouvette graduée et le volume a été noté (Kalegowda et al ., 2016).

La densité taraudée a été mesurée par tapotement mécanique de l'éprouvette graduée contenant la poudre de mucilage jusqu'à l'obtention d'un volume constant (Kalegowda et al ., 2016).

Les deux densités ont été calculées en tant que rapport de la masse de mucilage au volume total ou au volume taraudé, respectivement (Kalegowda et al ., 2016).

III.3.3.5.2. Indice de Carr et ratio de Hausner

La compressibilité ou indice de Carr et le ratio de Hausner mesurent les propriétés d'écoulement de la poudre. Ils ont été calculés en utilisant la valeur de la masse volumique et de la densité (Kalegowda et al, 2016):

$$\text{Indice de Carr} = \frac{\text{densité taraudée} - \text{densité apparente}}{\text{La densité taraudée}} \times 100$$

$$\text{Ratio de Hausner} = \frac{\text{densité taraudée}}{\text{densité apparente}}$$

III.3.4. Propriétés fonctionnelles:

III.3.4.1. Capacité d'émulsion :

Les propriétés émulsifiantes de la poudre de mucilage ont été réalisées selon la procédure de **Sciarini et al, (2009)**. 60 ml de solutions de mucilage dans l'eau distillée ont été préparées à 0.5, 0.25 et 0.1% (m/v). Les suspensions hydro-colloïdes ont été mélangées avec de l'huile de maïs commerciale (6 ml) et homogénéisées pendant 1 min. Les suspensions ont ensuite été centrifugées à 800g/10min, et le pouvoir émulsifiant (EC) a été calculé comme suit:

$$EC = (e_v / t_v) \times 100$$

Où: e_v est le volume de l'émulsion et t_v est le volume total.

III.3.4.2. Stabilité de l'émulsion :

La stabilité d'émulsion de mucilage (ES) a été réalisée par chauffage de la solution précédente au bain-marie à 80°C pendant 30 min, suivi d'une centrifugation à 800 g pendant 10 min (**Sciarini et al . 2009**). La ES a été calculé selon l'équation suivante:

$$ES = (f_{ev} / i_{ev}) \times 100$$

Dont: f_{ev} est le volume final de l'émulsion, i_{ev} est le volume initial de l'émulsion.

III.3.4.3. Propriétés moussantes:

Des volumes de 150 ml de solutions aqueuses de mucilages concentrées à 0.5%, 0.25% et 0.1% (m/v), ont été fouettés à une vitesse modérée pendant 2 min avec un homogénéisateur. Les volumes de mousse ont été enregistrés après 30s (**Sciarini et al., 2009**). La capacité de mousse (FC) a été calculée comme suit:

$$FC = (i_{fv} / t_{sv}) \times 100$$

Où: i_{fv} est le volume initial de mousse et t_{sv} est le volume total de suspension.

La stabilité de la mousse (FS) a été calculée en tant que volume de mousse après 30 min (**Sciarini et al, 2009**):

$$FS = (f_{fv} / t_{sv}) \times 100$$

Où: f_{fv} est le volume de la mousse après 30 min, t_{sv} est le volume total de la suspension.

III.3.4.4. Les propriétés d'hydratation:

III.3.4.4.1. Détermination de l'indice de gonflement:

L'indice de gonflement est le volume (ml) absorbé par le gonflement de 1g de substance dans des conditions spécifiées. Le gonflement du mucilage a été déterminé selon la méthode de **Kalegowda et al, (2016)**, en ajoutant 25 ml d'eau à 1g de mucilage séché déposé dans une éprouvette graduée de 50 ml. Le mélange a été agité toutes les 10 minutes pendant 1 heure, puis laissé reposer pendant 6h à la température ambiante. Le volume occupé par le mucilage a été mesuré et l'indice de gonflement a été calculé comme suit:


$$\text{Indice de gonflement \%} = \frac{\text{volume final} - \text{volume initial}}{\text{volume initial}} \times 100$$

III.3.4.4.2. La capacité de rétention d'eau "WHC" et la capacité de rétention d'huile "OBC":

Ces propriétés ont été déterminées selon la méthode décrite par **Monrroy et al, (2017)**. Un mélange de 0.2 g de poudre de mucilage et de 10ml d'eau distillée (ou d'huile), a été agité pendant 1min, puis centrifugé à 2200 tr/min pendant 30 min. Après retraitement du surnageant, le culot a été pesé, et le poids de l'eau (ou d'huile) absorbé par le matériau a été calculé en utilisant la formule de (**Thanatcha&Pranee, 2011**):

$$\text{WHC (g/g) ou OBC (g/g)} = \frac{\text{poids échantillon mouillé} - \text{poids échantillon sec}}{\text{poids échantillon sec}} \times 100$$

La WHC a été exprimé en grammes d'eau contenue par gramme d'échantillon, et l'OHC en grammes d'huile contenue par gramme d'échantillon. On peut aussi les exprimer en quantité d'eau ou d'huile détenue par 100 g d'échantillon (**Kalegowda et al ., 2016; Monrroy et al., 2017**).



RESULTATS

Résultats et discussion

IV. Résultats et discussions

IV.1. Rendement d'extractions :

Dans notre étude, la comparaison de la méthode d'extraction donnée par **Kalegowda *et al.* (2016)** et de la méthode conventionnelle, à travers leurs rendements respectifs de 1.1% et 1.3%; a permis de voir clairement que les deux techniques sont très rapprochées en matière d'efficacité, avec un léger avantage à la deuxième dite routinière. Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux rapportés par **Càrdenas, (1997)** de 0.07%, mais restent inférieurs aux valeurs de **Sepùlveda, (1993)** de 1.2%.

Cependant, la faible rentabilité d'extraction nous a obligé à refaire l'extraction plusieurs fois, pour obtenir une quantité de mucilages suffisante pour la réalisation de l'ensemble des analyses ultérieures. A côté de ça, le temps relativement faible de la technique conventionnelle se présente comme un autre argument assez irréfutable, justifiant tous son choix comme technique adopté dans cette étude.

Tableau 4: Le rendement d'extraction du mucilage des nopals d'*Opuntia* de Tissemsilt

Méthode	Rendement (%)
Kalegowda <i>et al.</i> (2016)	1.1%
Conventionnelle	1.3%

La variation du taux de mucilages des cladodes constatée entre les différentes recherches, est probablement la résultante des différences des propriétés génétiques, l'origine géographique, les conditions et la durée de stockage des récoltes (**Golstein, 1991**).D'après **Pelàez-Cid, (2013)**, la quantité de mucilage diminue avec la maturité des cladodes.

Les méthodes d'extraction, y compris principalement la température et le temps, s'avèrent aussi influentes sur le taux de mucilage récupéré. Des études ont rapporté que le rendement de mucilage extrait augmente de façon exponentielle avec la température et le temps de traitement. **Prasad *et al.* (2009)**, expliquent cette remarque par le ramollissement thermique de la structure de la matrice végétale, facilitant alors le processus d'extraction.

IV.2. Analyses physico-chimiques et rhéologiques :

IV.2.1. Humidité et taux de cendres:

Le **Tableau 5** réunit les résultats enregistrés sur l'humidité et le taux de cendres des nopals de Tissemsilt et de leur mucilage.

Tableau 5: Taux d'humidité et de cendres des cladodes d'Opuntia de Tissemsilt et de leur mucilage.

Paramètre		Valeur
Nopals	Humidité (%)	94.91±1.98
	Matière sèche (%)	5.09±0.74
	Cendres (%/MS)	19.64±1.36
Mucilage de nopals	Humidité (%)	1.14±0.05
	Cendres (%)	0.012±0.001

Les jeunes cladodes de notre étude ont un taux d'humidité égal à 94.91±1.98%, avec seulement 5.09±0.74% de matière sèche (**Figure 8**). Une teneur très comparable à l'intervalle 80-95% rapporté par **Ulises-Osuna et al.(2014)**, mais reste quand même supérieure aux valeurs données par **Sarbojeet, (2012)**(84-90%). Selon **le Houerou, (1996)**, la teneur en eau des cladodes s'étale en générale entre 88et 95%, sous les climats des zones arides et semi arides du nord de l'Afrique où l'humidité moyenne est supérieure à 60%. Selon ce chercheur, ceci est relatif aux espèces, aux conditions pédoclimatiques et à la répartition géographique.

Le taux de cendre enregistré pour nos cladodes atteint 1% de matière fraîche, ce qui équivaut 19.64±1.36% de matière sèche. Un résultat similaire à celui de **Malainnine, (2003)** de 19.6%, plus élevé que la teneur rapportée par **Fluxà, (1991)** de 12%, mais aussi plus faible que le taux de **Sepúlveda et al, (2002)** allant à 23.73%. La teneur en cendre est une mesure de la totalité de minéraux présente dans la partie analysée; elle varie selon les facteurs environnementaux comme le sol et le climat et se modifie suivant les facteurs génétiques (**Athemena,2009 ; Guouar ,2011**).

L'humidité du mucilage de nopals de Tissemsilt n'excède pas 1.14±0.05%, une valeur largement inférieure à celle notée par **Kalegowda et al. (2016)** qui était 9%. Notre mucilage se situe au-dessous de la limite de pharmacopée ($\leq 15.0\%$) fixée pour les gommés et les mucilages naturels (**Amal et Lila, 2016**). Par conséquent, cette faible valeur d'humidité du mucilage de cladodes de Tissemsilt, reflète une excellente aptitude de formulation comme excipient dans les médicaments sensibles à l'humidité. L'humidité conduit à une température

donnée à l'activation des enzymes et à la prolifération des micro-organismes, affectant ainsi la durée de conservation de la plupart des formulations de routine (Suvakanta et al., 2014;Kalegowda et al., 2016).

La teneur en cendres de notre mucilage ($0.012\pm 0.001\%$) est plus basse que celle (4.1%) du mucilage des cladodes d'*Opuntia dillenii* étudié par Kalegowda et al. (2016). La teneur en cendres indique le degré d'interaction minérale dans la structure qui contribue aux propriétés fonctionnelles des polysaccharides (Kalegowda et al., 2016). La plus faible teneur en cendres est associée à un degré de pureté plus élevé (Amidet al., 2012).

IV .2.2. Conductivité et densité :

La variation de ces deux paramètres selon la concentration de mucilage dans les solutions est mentionnée dans le **Tableau 6**.

Tableau 6: la variation de la densité et de la conductivité des solutions de mucilage de nopals de Tissemsilt.

Solution de mucilage	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Densité
1%	199.9 ± 11.27	0.86 ± 0.03
6%	39.98 ± 3.59	0.88 ± 0.04

Dans notre travail, la conductivité du mucilage des nopals d'*Opuntia* de Tissemsilt augmente avec l'abaissement de la concentration. On note 39.98 ± 3.59 et 199.9 ± 11.27 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la solution 6% et 1%, respectivement (**Tableau 6**). La conductivité exprime la capacité d'un matériau de conduire le courant électrique. Dans les solutions aqueuses, ce sont les ions qui résultent de la dissolution de sels, acides et bases qui effectuent le transport des charges. Plus le liquide contient d'ions, mieux il conduit le courant (Manns, 2007).

Selon Rhodien 1997, la conductivité est influencée par plusieurs paramètres tels que pH de solution, la valence des ions et le degré d'ionisation. On peut suggérer une meilleure solubilisation et ionisation des électrolytes de ce mucilage à faible concentration. Selon Gebre-Mariam, (2012), la présence d'électrolytes dans le mucilage peut être intéressante dans sa propriété de floculation en suspension.

Par ailleurs, la densité est considérée comme un critère physique qui permet le contrôle de la pureté des extraits (Belarbi, 2010). Le Tableau 6 montre que la densité des solutions de mucilages 1 et 6% ont été 0.86 ± 0.03 et 0.88 ± 0.04 , de suite.

Cependant, les densités obtenues sont légèrement faibles à celles rapportées pour la gomme arabique (1-1.02) aux mêmes concentrations (Whistler, 1973).

IV.2.3. La solubilité :

Le Tableau 7 montre le comportement de mucilage de nopals de Tissemsilt dans les différents solvants. La solubilité est une caractéristique qualitative utilisée pour décrire la capacité d'une substance à se dissoudre ou non dans un solvant (Du toit et al, 2019). Le mucilage des cladodes étudié par Kalegowda et al. (2016), réagissent d'une manière semblable à notre mucilage, avec une bonne solubilité dans l'eau chaude, une insolubilité parallèle à la formation d'une solution visqueuse dans l'eau froide, et d'une solubilité plus ou moins importante pour les autres solvants.

La solubilité de mucilage est régit par de nombreux facteurs. La solubilité de mucilage s'accroît avec la température et est fortement influencée par le pH du solvant. La présence d'autres substances dissoutes est susceptible de limiter la solubilité de mucilage en particulier si ce dernier contient un des ions qui est déjà en solution (Du toit et al, 2019)

Tableau 7: La solubilité de mucilage de nopals de Tissemsilt dans différents solvants.

Solvant	Solubilité	Aspect de solution
Eau froide	Insoluble	Visqueuse, transparente
Eau chaude	Soluble	Aqueuse
HCl (1M)	Aqueux, insoluble et pulpeux	Aqueuse, verte claire
NaCl (1M)	Aqueux et peu soluble	Aqueuse, verte peu foncée
NaoH (1M)	Peu soluble	Aqueuse, transparente

IV.2.4. La compressibilité de mucilage:

Les propriétés liées à la densité (densité en vrac, densité tarudée, indice de Carr et ratio de Hausner) sont des indicateurs indirectes de la fluidité de la poudre (Aklilu et al, 2002). Le Tableau 8 rassemble ces propriétés pour le mucilage de nopals de Tissemsilt.

Tableau 8: Tableau réduplicatif des paramètres rhéologiques du mucilage de nopals de Tissemsilt.

Paramètre	Valeur
Densité en vrac	0.53 g /ml
Densité taraudée	0.59 g / ml
Carr index	10.17
Hausner ratio	1.11

IV.2.4.1. Densité en vrac et densité taraudée:

La densité apparente et la densité taraudée de notre mucilage sont égales à 0.53g/ml et 0.59g/ml, successivement. Ces valeurs sont comparables aux résultats 0.49 g/ml et 0.6g/ml, obtenues par **Renuka, (2016)**.

Les densités en vrac et taraudées donnent un aperçu de la disposition du tassement de la particule et du profil de compactage d'un matériau (**Wells et Aulton, 2007**).**Singh et al. (2010)**, avaient déclaré que la densité apparente d'une poudre dépendait de la taille des particules, de la distribution granulométrique et de la forme..La comparaison des densités en vrac et taraudée est souvent utilisée comme indice de la capacité de la poudre à s'écouler(**Damodaran, 2005**)

Les polymères avec une faible densité apparente sont très utiles en cas de recherche de désintégration, en raison de l'augmentation de l'absorption d'eau des particules par action capillaire à travers les pores (**Michael et Manchineela, 2015**).

IV.2.4.2. Indice de Carr et ratio Hausner :

Pour nos nopals, l'indice de compressibilité (Carr index) et le ratio Hausneront des valeurs de 10.17 et 1.11, respectivement (**Tableau8**).Ces paramètres ont des valeurs respectives de l'ordre de 18.74 et 1.23 pour le mucilage analysé par**Renuka, (2016)**.

L'indice de compressibilité et le rapport de Hausnersont utilisés pour prédire les caractéristiques d'écoulement de la poudre. Ils sont influencés par la densité apparente, la taille et la forme, la surface, l'humidité et la cohésion des matériaux (**Sarkaret al., 2018**).

Notre mucilage a une excellente fluidité, conformément à l'étude de **Carr, (1965)**, qui relie le faible indice de compressibilité (11–15%) aux bonnes caractéristiques de fluidité,

contrairement aux indices de compressibilité relativement élevé (16-20%) ou très élevé (> 31%) qui indiquent une fluidité passable et très mauvaise. Cet indice de Carr recherché et un rapport de Hausner < 1.25 indiquent des caractéristiques de tassement souhaitables (moins de cohésion, bonne compressibilité et capacité d'écoulement) de ce mucilage comme biomatériau pharmaceutique.

Globalement, notre mucilage a de bons profils d'emballage et de compactage qui facilitent son utilisation dans les formulations médicamenteuses (Naodet Tsigé, 2012).

IV.3. Propriétés fonctionnelles:

IV.3.1. Capacité d'émulsion (EC) et stabilité d'émulsion (ES):

Les valeurs de la capacité d'émulsion et de la stabilité d'émulsion de la suspension de mucilage de nopals sont illustrées dans la **Figure 8**. La capacité d'émulsion était $91.29 \pm 3.11\%$ pour la solution à 0.1% et $91 \pm 3.64\%$ pour la solution de 0.25%. L'émulsion a été stabilisée à $90.12 \pm 3.95\%$ en présence de 0.1% de mucilage, et à $98.2 \pm 1.07\%$ en présence de 0.25% de ce polysaccharide. Nos résultats sont identiques aux résultats d'**Iturriaga et al, (1999)**, où le mucilage a montré des propriétés émulsifiantes potentiellement bonnes aux alentours de 90.77% pour la capacité d'émulsion et de 90% pour sa stabilité.

Dans cette étude, on peut remarquer que la capacité d'émulsion reste presque la même entre les différentes concentrations de mucilages. Néanmoins, la stabilité de l'émulsion augmente avec l'augmentation de ces dernières. Une concentration plus élevée d'hydro-colloïde augmente généralement la capacité et la stabilité de l'émulsion en raison de la diminution de la tension superficielle de l'interphase huile-eau (**Nor Hayati-I, 2012**).

Les émulsions sont des dispersions de deux ou plusieurs liquides non miscibles thermodynamiquement instables, qui ont tendance à se séparer en phases supplémentaires par crémage, floculation et/ou fusion (**Monrroy et al, 2017**)

Le concept de CE est communément associé à des molécules tensioactives qui ont la capacité d'abaisser la tension superficielle, tels que les protéines en raison de leur nature amphiphile (**Sciarini et al, 2009**). La capacité émulsifiante des mucilages est très probablement basée sur la petite fraction de protéine tensioactive attachée à la structure polysaccharide hautement ramifiée, sous forme de complexe arabinogalactane-protéines (**Monrroy et al, 2017**)

La stabilité se définit comme la résistance à la séparation de phases (Gannasin, 2016). Elle dépend fortement de la taille et de la distribution des gouttelettes de liquide, ainsi que des conditions de traitement comme l'homogénéisation (Avramenko, 2013).

Andrade-LA, (2015), expliquent l'effet stabilisant des mucilages par le fait que les chaînes protéiques hydrophobes s'adsorbent à la surface des gouttelettes d'huile en raison des acides aminés radicaux non polaires, tandis que les fractions polysaccharidiques hydrophiles limitent l'agrégation et la coalescence des gouttelettes d'huile par des forces électrostatiques stériques et/ou répulsives.

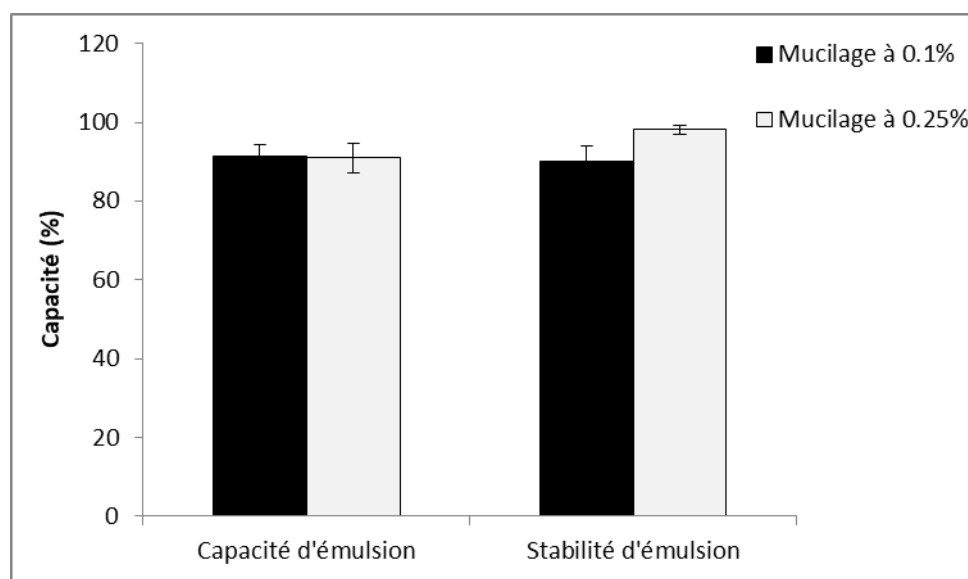


Figure 8: La capacité d'émulsion (EC) et la stabilité d'émulsion (ES) du mucilage de nopals de Tissemsilt.

IV.3.2. la capacité moussante (FC) et la stabilité moussante (FS) :

Les propriétés de mucilage de nopals à former de mousse (FC) et à la stabilité (FS) sont démontrées dans la **Figure 9**. La poudre de mucilage d'*Opuntia ficus-indica* étudiée présentait une FC de 0.33 ± 0.08 et 0.66 ± 0.06 à des concentrations de 0.1 et 0.25 % respectivement, avec une stabilité de 1.33 ± 0.05 pour les deux concentrations.

La stabilité de la mousse est également augmentée par de grandes concentrations de protéine car cela augmente la viscosité et facilite la formation d'un film protéique multicouche cohésif à l'interface (Fennema, 2000). La stabilité de mousse est liée à la

capacité de rester stable devant un front gravitationnel ou des efforts mécaniques(Lamivudine, 2006)

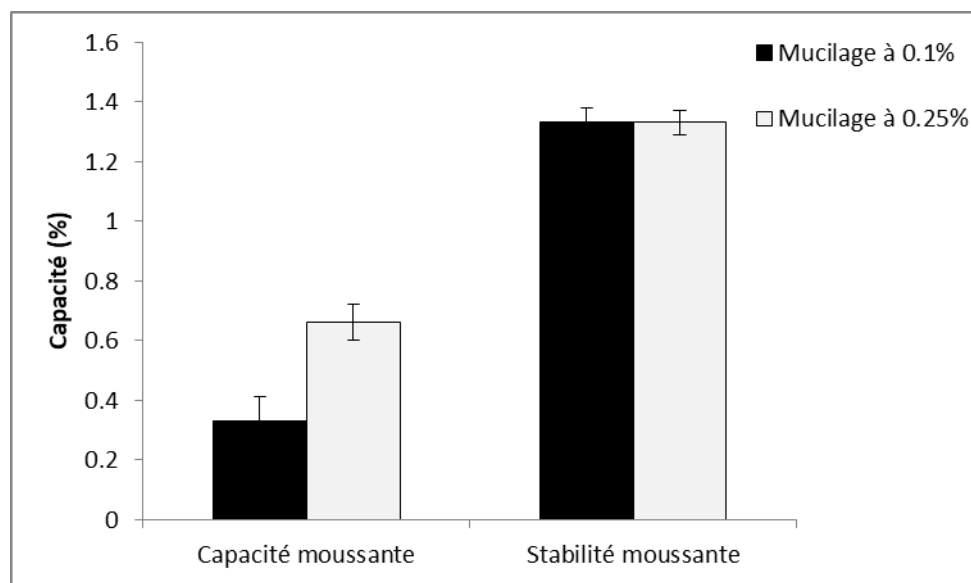


Figure 9:La capacité moussante (FC) et la stabilité moussante (FS)du mucilage de nopals de Tissemsilt.

IV.3.3. Les propriétés d'hydratation:

La capacitéde gonflement, de rétention d'eau et d'huile des mucilages issus des jeunes cladodes d'OFI de Tissemsilt sont présentée dans le **Tableau 9**.

Tableau 9:Les propriétés d'hydratation du mucilage de nopals de Tissemsilt

Paramètre	Valeur
Indice de gonflement (%)	25
capacité de rétention d'eau (WHC) (g eau/ g mucilage)	1.75
capacité de rétention d'huile (OHC) (g huile/ g mucilage)	10.25

IV.3.3.1. Détermination de l'indice de gonflement:

L'indice de gonflement de notre mucilage monte à 25% identiquement à la valeur donnée par **Viral et al, (2010)**, alors qu'il surpasse la valeur de **Martins et al, (2011)** qui touche 6%.

El-Safy, (2013), a défini le pouvoir de gonflement comme la capacité d'hydratation d'une poudre séchée. Les auteurs **Kalegowda et al, (2016)** ont attribué cette propriété à divers facteurs comme la présence des groupes hydroxyle et la richesse du polysaccharide extrait en unité de galactose, en plus de l'effet de la méthode d'extraction utilisée.

L'indice de gonflement est utile pour moduler la libération de médicament en améliorant les caractéristiques des pores de l'excipient. Le mucilage à indice de gonflement élevé est apte à être utilisé comme agent désintégrant ou liant dans l'industrie pharmacologique (**Khullar et al., 1998**).

IV.3.3.2. La capacité de rétention d'eau "WHC" et la capacité de rétention d'huile "OBC":

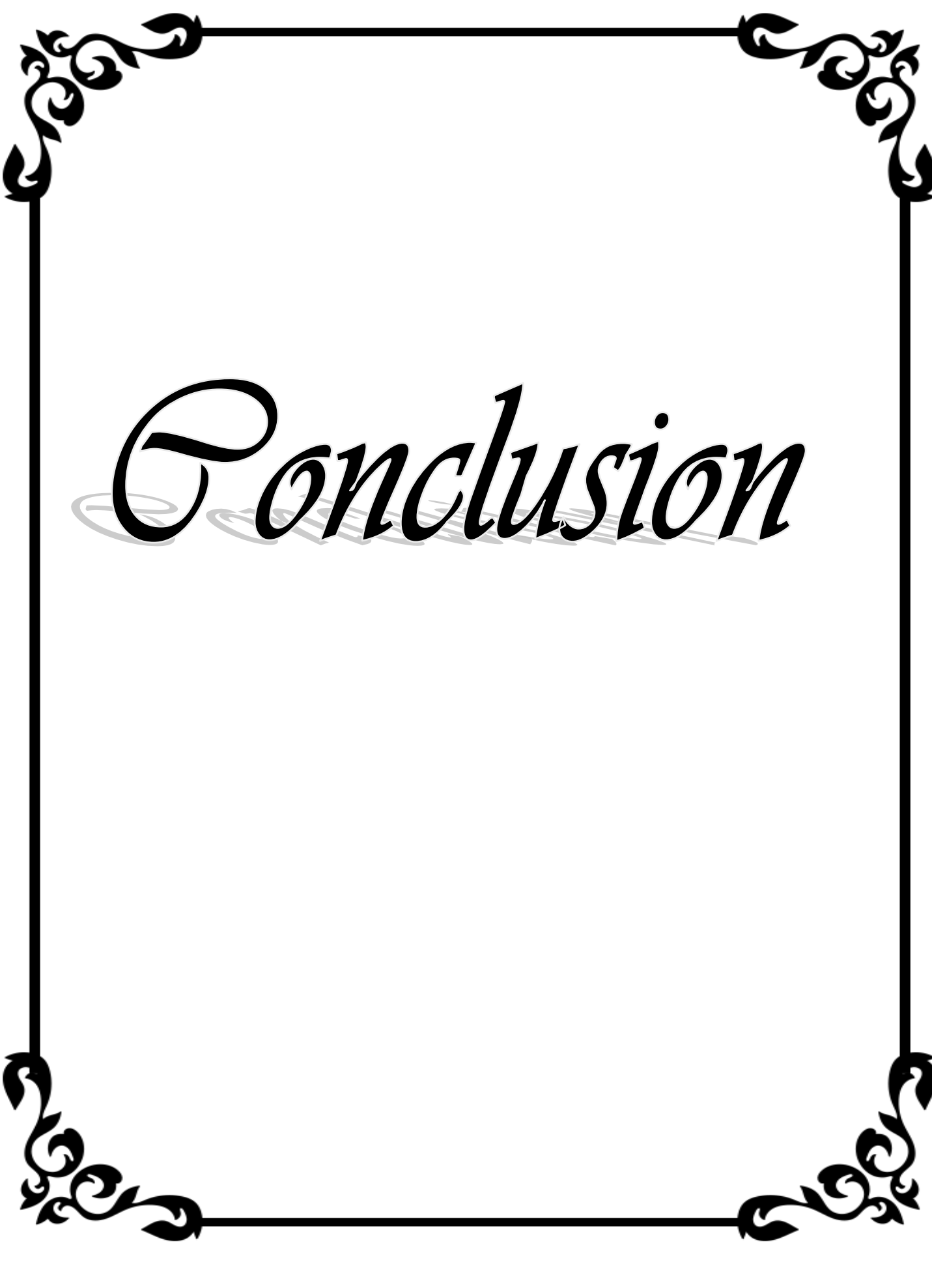
Le mucilage extrait présente une capacité de rétention d'eau et d'huile assez bonnes; estimées à 1.75 g eau et 10.25 g huile par gramme de mucilage sec. Les résultats de **Kalegowda et al, (2016)**, étaient 4 g/g pour WHC et 2 g/g pour OBC.

La capacité de rétention d'eau exprime la quantité d'eau que le mucilage est capable de retenir par poids et sa capacité à s'associer à l'eau dans des conditions limitées. Elle est impliquée dans la modification de la texture et de la viscosité des produits alimentaires (**Singh, 2001; Naqvi SA, 2010**). La WHC du mucilage peut être attribuée à la présence de régions hydrophiles, tels des groupes hydroxyle dans la structure du mucilage (**Naqvi SA, 2010; ThanatchaetPranee, 2011**).

Selon **Koocheki, (2011)** et **Lopez-Cervantes et al.(2011)**, cette qualité dépend de la température d'extraction qui l'affecte négativement quand elle est élevée, ainsi qu'elle est fortement liée à la taille des particules car les molécules d'eau se lient plus étroitement aux particules plus fines (**Fenema, 1996**).

D'un autre côté, l'OBC est due à la présence de molécules non polaires, qui peuvent piéger une grande quantité de particules d'huile et ainsi empêcher la perte de saveur et d'huile des systèmes alimentaires (**Thanatcha&Pranee, 2011**).

En raison de ces résultats, le mucilage de nopals de Tissemsilt pourrait être approprié pour améliorer la texture et les propriétés organoleptiques des préparations alimentaires notamment celles riches en gras.



Conclusion

Conclusion

Les cladodes d'*Opuntia ficus indica* sont considérés jusqu'à maintenant comme un sous-produit du figuier de barbarie. La demande intense de l'hétéro-polysaccharide de ces parties végétales; nommé mucilage, dans le domaine médical, industriel, et plus précisément agro-alimentaire comme coagulant, gélifiant ou stabilisant, est derrière cette étude dont l'objectif est de l'extraire et caractériser les attributs physico-chimiques, rhéologiques et même fonctionnelles de cette gomme issue des plants d'*Opuntia* du pourtour de la willaya de Tissemsilt.

Le meilleur rendement d'extractions a été remarqué pour la méthode conventionnelle qui demeure plus rapide et efficace. Le mucilage obtenu a présenté une faible humidité et un taux de cendres assez bas pour décrire un bon état de purification. Au-delà, le mucilage se dissout variablement selon la nature des solvants employés, dont l'eau chaude reste le meilleur.

L'étude des paramètres de compressibilité à l'image de la densité apparente ou taraudée et de l'indice Carr et le ratio Haussner indique que le mucilage de ces nopals a un bon profil d'emballage et de compactage qui peut être exploitée dans la formulation de médicament.

De même, le mucilage présente des propriétés fonctionnelles remarquables en termes de formation et stabilisation d'émulsion de mousse, comme il a démontré des indices de gonflement, de rétention d'eau et d'huile considérables, justifiant un potentiel d'additif alimentaire prometteur.

On peut conclure que le mucilage des cladodes d'OFI local peut être exploité commercialement par les industries de fabrication des produits alimentaires et pharmaco-cosmétiques.

Il est évident que d'autres applications où on substitue les additifs chimiques par ces ingrédients naturels, et on étudier par la suite leurs stabilité chimique, microbiologique et sensorielle, sont des perspectives envisageables pour ce mucilage.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Adjeroud, N., Dahmoune, F., Merzouk, B., Leclerc, J. P., & Madani, K. (2015). Improvement of electrocoagulation–electroflotation treatment of effluent by addition of *Opuntia ficus indica* pad juice. *Separation and Purification Technology*, 144, 168-176.
2. Adjeroud, N., Elabbas, S., Merkouk, B., Hammoui, Y., Felkai – Haddache, L., Remini, H., ... et Madani, K. (2018). Effet du mucilage d'*Opuntia ficus indica* sur l'élimination du cuivre d'eau par la technique d'électrocoagulation – électroflotation. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 811, 26-36.
3. Afolabi, O. A., Oshuntogun, B. A., Adewusi, S. R., Fapojuwo, O. O., Ayorinde, F. O., Grissom, F. E., & Oke, O. L. (1985). Preliminary nutritional and chemical evaluation of raw seeds from *Mucuna solanifolia*: An underutilized food source. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33(1), 122-124.
4. Amal, S. H. A., El-Mogy, M. M., Aboul-Anean, H. E., & Alsanius, B. W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 2(3), 88-97.
5. Amid, B. T., Mirhosseini, H., & Kostadinović, S. (2012). Chemical composition and molecular structure of polysaccharide-protein biopolymer from *Duriozibethinus* seed: extraction and purification process. *Chemistry Central Journal*, 6(1), 117. Amid, B. T., Mirhosseini, H., & Kostadinović, S. (2012). Chemical composition and molecular structure of polysaccharide-protein biopolymer from *Duriozibethinus* seed: extraction and purification process. *Chemistry Central Journal*, 6(1), 117.
6. Amin, E. S., Awad, O. M., & El-Sayed, M. M. (1970). The mucilage of *Opuntia ficus indica* mill. *Carbohydrate Research*, 15(1), 159-161.
7. Ammar, I., Ennouri, M., & Attia, H. (2015). Phenolic content and antioxidant activity of cactus (*Opuntia ficus indica* L.) flowers are modified according to the extraction method. *Industrial Crops and Products*, 64, 97-104.
8. Andrade, L. A., Nunes, C. A., & Pereira, J. (2015). Relationship between the chemical components of taro rhizome mucilage and its emulsifying property. *Food Chemistry*, 178, 331-338.
9. Arasi, M. A. G., & Rao, M. G. (2015). Physicochemical characterization of mucilage obtained from the fresh fruits of *Psidium guajava* L. *Int. J. Phytopharm.*, 5(3), 30-36.
10. Arba, M., Aich, E. L., Sarti, A., Belbahri, B., Boubkraoui, L. L., Ait Hammou, A., ... & Sbaa, A. H. (2000). Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Bull Mens Inf Liaison PNTTA*, 68, 1-4.
11. Arba, M. (2009, May). Le cactus *Opuntia*, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. In *Actes du Symposium International*

- AGDUMED-durabilité des systèmes de culture en zone méditerranéenne et gestion des ressources en eau et en sol* (pp. 14-16). Rabat: Cana Print.
12. Athamena, S., & Laroui, S. (2009). Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *cuminumcyminum* et les feuilles de *rosmarinus officinalis* et l'évaluation de l'activité biologique [ressource textuelle, sauf manuscrits].
 13. Avramenko, N. A., Low, N. H., & Nickerson, M. T. (2013). The effects of limited enzymatic hydrolysis on the physicochemical and emulsifying properties of a lentil protein isolate. *Food Research International*, 51(1), 162-169.
 14. Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M., & Attia, H. (2009). Cladodes from *Opuntia ficus-indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*, 30(1), 40-47.
 15. Barka, N., Abdennouri, M., El Makhfouk, M., & Qourzal, S. (2013). Biosorption characteristics of cadmium and lead onto eco-friendly dried cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(3), 144-149.
 16. Belarbi, F. (2010). Contribution à l'étude phytochimique et l'évaluation du pouvoir antioxydant des grains du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de la région de Tlemcen. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen (UABT).
 17. Belay, T., & Gebreyohannes, G. (2010). Proceedings of the workshop on improved cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) utilization for food, feed and soil and water conservation and other products in Africa.
 18. BELOUED, A. (2009), *Plantes médicinales d'Algérie*.
 19. Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A. M., ... & Livrea, M. A. (2002). Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(23), 6895-6901
 20. Cano-Barrita, P. D. J., & León-Martínez, F. M. (2016). Biopolymers with viscosity-enhancing properties for concrete. In *Biopolymers and Biotech Admixtures for Eco-Efficient Construction Materials* (pp. 221-252). Woodhead Publishing.
 21. Carr, R.L. (1965). Evaluating flow properties of solids. *Chem. Engg*, 72:163-168.
 22. Cárdenas, A., Higuera-Ciapara, I., & Goycoolea, F. M. (1997). Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-indica*) mucilage in solution. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2, 152-159.
 23. Chen, G. (2004). Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation and purification Technology*, 38(1), 11-41.
 24. Cherif Benismail, M., Mokhtari, M., & Arba, M. (2000, October). The Cactus Pear (*Opuntia* spp.) in Morocco: Main Species and Cultivar Characterization. In *IV International Congress on Cactus Pear and Cochineal 581* (pp. 103-109).
 25. Chougui, N., Djerroud, N., Naraoui, F., Hadjal, S., Aliane, K., Zeroual, B., & Larbat, R. (2015). Physicochemical properties and storage stability of margarine containing *Opuntia ficus-indica* peel extract as antioxidant. *Food Chemistry*, 173, 382-390.

26. de Chávez, M. M., Chávez, A., Valles, V., & Roldán, J. A. (1995). The nopal: a plant of manifold qualities. In *Plants in Human Nutrition* (Vol. 77, pp. 109-134). Karger Publishers.
27. Damodaran, S. (2005). Protein stabilization of emulsions and foams. *Journal of Food Science*, 70(3), R54-R66.
28. DeFELICE, M. S. (2004). Prickly Pear Cactus, *Opuntia* spp.—A Spine-Tingling Tale 1. *Weed Technology*, 18(3), 869-877.
29. Di Lorenzo, F., Silipo, A., Molinaro, A., Parrilli, M., Schiraldi, C., D'Agostino, A., ... & Lanzetta, R. (2017). The polysaccharide and low molecular weight components of *Opuntia ficus indica* cladodes: structure and skin repairing properties. *Carbohydrate polymers*, 157, 128-136.
30. Dubeux Jr, J. C. B., Dos Santos, M. F., de Andrade Lira, M., Dos Santos, D. C., Farias, I., Lima, L. E., & Ferreira, R. L. C. (2006). Productivity of *Opuntia ficus indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. *Journal of Arid Environments*, 67(3), 357-372.
31. Du Toit, A., De Wit, M., Fouché, H. J., Taljaard, M., Venter, S. L., & Hugo, A. (2019). Mucilage powder from cactus pears as functional ingredient: influence of cultivar and harvest month on the physicochemical and technological properties. *Journal of food science and technology*, 56(5), 2404-2416.
32. El Finti, A., El Boullani, R., El Ayadi, F., Ait Aabd, N., & El Mousadik, A. (2012). Micropropagation in vitro of *Opuntia ficus indica* in south of Morocco. *International Journal of Chemical and Biochemical Science*, 1, 6-10.
33. El, R. K., Villaume, C., El, E. B., Sauvaire, Y., & Méjean, L. (1998). Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus indica* sp.). *Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 52(3), 263-270.
34. El-Safy, F. S. (2013). Evaluation and utilization of cladodes flour in formulating functional sponge cake. *World Applied Sciences Journal*, 27(4), 512-523.
35. Eshun, K., & He, Q. (2004). Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries—a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(2), 91-96.
36. Falcão, H. M., Oliveira, M. T., Mergulhão, A. C., Silva, M. V., & Santos, M. G. (2013). Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus indica* cultivars exposed to carmine cochineal under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 150, 419-424.
37. Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., & Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci*, 11(1), 2574-2589.
38. Fox, D. I., Pichler, T., Yeh, D. H., & Alcantar, N. A. (2012). Removing heavy metals in water: the interaction of cactus mucilage and arsenate (As (V)). *Environmental science & technology*, 46(8), 4553-4559.
39. Galati, E. M., Tripodo, M. M., Trovato, A., d'Aquino, A., & Monforte, M. T. (2003). Biological activity of *Opuntia ficus indica* cladodes II: Effect on experimental hypercholesterolemia in rats. *Pharmaceutical biology*, 41(3), 175-179.

40. Gannasin, S. P., Adzahan, N. M., Mustafa, S., & Muhammad, K. (2016). Techno-functional properties and in vitro bile acid-binding capacities of tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) hydrocolloids. *Food chemistry*, 196, 903-909.
41. Gebresamuel, N., & Gebre-Mariam, T. (2011). Comparative physico-chemical characterization of the mucilages of two cactus pears (*Opuntia* spp.) obtained from Mekelle, Northern Ethiopia.
42. Google (s.d.). [Google Maps: La commune d'El Youssoufia, daïra de Theniet el had, wialaya de Tissemsilt-Algérie]. Récupéré le 04 septembre 2020, de <https://maps.google.com/>
43. Goldstein, G., Andrade, J. L., & Nobel, P. S. (1991). Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and the parenchyma of *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. *Functional Plant Biology*, 18(2), 95-107.
44. Habibi, Y. (2004). *Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique* (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).
45. Habibi, Y., Heyraud, A., Mahrouz, M., & Vignon, M. R. (2004). Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate Research*, 339(6), 1119-1127.
46. Habibi, Y., Mahrouz, M., & Vignon, M. R. (2005). Arabinan-rich polysaccharides isolated and characterized from the endosperm of the seed of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydrate polymers*, 60(3), 319-329.
47. Hong, N. T., & Ibrahim, N. H. (2012). EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF MUCILAGE FROM LEAVES OF *Pereskia* (ROSE CACTUS)[Ekstraksi dan Karakterisasi Getah Daun Kaktus Mawar (*Pereskia*)]. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 23(2), 210-210.
48. Jana, S. (2012). Nutraceutical and functional properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) and its utilization for food applications. *Journal of Engineering Research and Studies*, 3(2), 60-66.
49. Jindal, M., Kumar, V., Rana, V., & Tiwary, A. K. (2013). Aegle marmelos fruit pectin for food and pharmaceuticals: Physico-chemical, rheological and functional performance. *Carbohydrate polymers*, 93(2), 386-394.
50. Kaanane, A. (2000). Techniques de valorisation industrielle des figues de Barbarie. *Le cactus (l'Opuntia à fruit comestible) appelé communément Figuier de Barbarie. Acte de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus. El Kalaa des Sragna. Maroc*, 13-14.
51. Khullar, P., Khar, R., & Agarwal, S. P. (1998). Evaluation of guar gum in the preparation of sustained-release matrix tablets. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 24(11), 1095-1
52. Lamivudine, W. H. O. (2006). *Final text for addition to The International Pharmacopoeia*. QAS/05.123/FINAL) 2006: 5-5.
53. Manns, R., & Schleicher, J. (2007). *Guide de la mesure de conductivité*. JUMO.

54. Malainine, M. E., Dufresne, A., Dupeyre, D., Mahrouz, M., Vuong, R., & Vignon, M. R. (2003). Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterisation. *Carbohydrate Polymers*, 51(1), 77-83.
55. Malviya, R., Srivastava, P., & Kulkarni, G. T. (2011). Applications of mucilages in drug delivery-a review. *Advances in Biological Research*, 5(1), 1-7.
56. Medina-Torres, L., Brito-De La Fuente, E., Torrestiana-Sanchez, B., & Kathain, R. (2000). Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*). *Food hydrocolloids*, 14(5), 417-424
57. Messaoudi, A. *Contribution à l'étude de l'effet des extraits phénoliques des plantes et microorganismes antagonistes sur la croissance de deux champignons: Verticillium dahliae et Fusarium oxysporum* (Doctoral dissertation).
58. Michael, A. S., & Manchineela, G. R. (2015). Physicochemical characterization of mucilage obtained from the fresh fruits of *Psidium guajava* L. *International Journal of Phytopharmacy*, 5(3), 30-36.
59. Monrroy, M., García, E., Ríos, K., & García, J. R. (2017). Extraction and physicochemical characterization of mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller. *Journal of Chemistry*, 2017.
60. MOUSSAOUI, M. (2014) : plantes Médicinales de Méditerranée et d'Orient .
61. Mulas, M., & Mulas, G. (2004). Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. *Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP)*. Université des études de SASSAR.
62. Naqvi, S. A., Khan, M. M., Shahid, M., Jaskani, M. J., Khan, I. A., Zuber, M., & Zia, K. M. (2011). Biochemical profiling of mucilage extracted from seeds of different citrus rootstocks. *Carbohydrate polymers*, 83(2), 623-628.
63. Nharingo, T., & Moyo, M. (2016). Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of wastewaters. A critical review. *Journal of environmental management*, 166, 55-72
64. Osuna-Martínez, U., Reyes-Esparza, J., & Rodríguez-Fragoso, L. (2014). Cactus (*Opuntia ficus-indica*): A Review on its Antioxidants Properties and Potential Pharmacological Use in Chronic Diseases. *Nat Prod Chem Res* 2: 153. doi: 10.4172/2329-6836.1000153.
65. Pichler, T., Young, K., & Alcantar, N. (2012). Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. *Water Science and Technology: Water Supply*, 12(2), 179-186.
66. Piga, A. (2004). Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 6, 9-22.
67. Qiu, Y. K., Zhao, Y. Y., Dou, D. Q., Xu, B. X., & Liu, K. (2007). Two new α -pyrones and other components from the cladodes of *Opuntia dillenii*. *Archives of pharmacological research*, 30(6), 665-669.
68. Rao, P. S., Srivastava, H. C., & Whistler, R. (1973). Industrial gums. *Whistler, RL (Ed.)*, 372-411.

69. Reyes-Agüero, J. A., &Valiente-Banuet, A. (2006). Reproductive biology of Opuntia: a review. *Journal of arid environments*, 64(4), 549-585.
70. Ribeiro, N. D., Jost, E., Cerutti, T., Mazieiro, S. M., & Poersch, N. L. (2008). Micromineral composition of common bean cultivars and its application in crop breeding. *Bragantia*, 67(2), 267-273.
71. Russell, C. E., &Felker, P. (1987). The prickly-pears (Opuntia spp., Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions. *EconomicBotany*, 41(3), 433-445
72. Sáenz, H., &Sepúlveda, E. (1993). Alternativas de industrialización de la tuna (Opuntia ficus indica). *Alimentos para Chile y Latinoamérica*.
73. Saenz, C. (2000). Processing technologies: an alternative for cactus pear (Opuntia spp.) fruits and cladodes. *Journal of AridEnvironments*, 46(3), 209-225.
74. Sáenz, C. (2000, October). Cactus pear fruits and cladodes: A source of functional components for foods. In *IV International Congress on Cactus Pear and Cochineal 581* (pp. 253-263).
75. Sáenz, C., Sepúlveda, E., &Matsuhira, B. (2004). Opuntiaspp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of arid environments*, 57(3), 275-290.
76. Sarkar, P. C., Sahu, U., Binsi, P. K., Nayak, N., Ninan, G., &Ravishanker, C. N. (2018). Studies on physico-chemical and functional properties of some natural Indian gums. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 37(2), 126-131.
77. Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Pérez, G. T., & León, A. E. (2009). Chemical composition and functional properties of Gleditsiatriacanthos gum. *Food Hydrocolloids*, 23(2), 306-313.
78. Sepúlveda, E. S. C. A. E., Sáenz, C., Aliaga, E., &Aceituno, C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in Opuntia spp. *Journal of arid environments*, 68(4), 534-545.
79. Shah, V., Patel, D., Sandeep, M., &Upadhyay, U. (2010). Solubility and dissolution rate enhancement of licofelone by using modified guar gum. *Int J PharmTechRes*, 2(3), 1847-1854.
80. Singh, A. K., Selvam, R. P., &Sivakumar, T. (2010). Isolation, characterisation and formulation properties of a new plant gum obtained from mangiferaindica. *Int J Pharm Biomed Res*, 1(2), 35-41.
81. Stintzing, F. C., & Carle, R. (2005). Cactus stems (Opuntia spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Molecular nutrition &foodresearch*, 49(2), 175-194.
82. Stintzing, F. C., Schieber, A., & Carle, R. (2001). Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology*, 212(4), 396-407.
83. Suvakanta, D., Narsimha, M. P., Pulak, D., Joshabir, C., &Biswajit, D. (2014). Optimization and characterization of purified polysaccharide from Musa sapientum L: As a pharmaceutical excipient. *Food Chemistry*, 149, 76–83.

84. Tahar, H. S., Hamid, G., Rachid, H. B., &Souad, H. (2019). Evolution of Bioactive Components of Ricky Paer Juice (*Opuntia ficus indica*) and Cocktails with Orange juice. *Nature & Technology*, (20), 45-53.
85. Thanatcha, R., &Pranee, A. (2011). Extraction and characterization of mucilage in *Ziziphus mauritiana* Lam. *International Food Research Journal*, 18..
86. Wells, J.I., Aulton, M.E., 2007. Pharmaceutical preformulation. In: Aulton, M.E. (Ed.),
87. *Pharmaceutics: The Design and Manufacture of Medicines*. Churchill Livingstone, Philadelphia, p.356.
88. Zhang, L., Ye, X., Ding, T., Sun, X., Xu, Y., & Liu, D. (2013). Ultrasound effects on the degradation kinetics, structure and rheological properties of apple pectin. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(1), 222-231.

Résumé

Cette étude a pour but d'extraire et de caractériser le mucilage des jeunes cladodes du figuier de barbarie de Tissemsilt. Le meilleur rendement d'extraction a été 1.02%, et a été noté pour la méthode conventionnelle. Le mucilage de nopals de Tissemsilt avait seulement 1.14±0.05% d'humidité et 0.012±0.001% de cendres. La densité en vrac, la densité tarudée, l'indice de Carr et le ratio de Hausner étaient 0.53g/ml, 0.59g/ml, 10.17 et 1.11, respectivement. Cependant, la meilleure solubilité de ce mucilage a été notée dans l'eau chaude. En ce qui concerne ses propriétés fonctionnelles, le mucilage présentait une capacité d'émulsion maximale de 91.29% avec un taux de stabilité qui atteint 98.2 %. Ses propriétés moussantes présentaient un pic de 0.66, avec une stabilité de 1.33. Le mucilage se gonfle en présence d'eau à 25%, tout en assurant une capacité de rétention d'eau de 1.75g/g et une rétention d'huile de 10.25.

Mots clés : *Opuntia*; nopal, mucilage, physicochimique, rhéologique, fonctionnel.

Abstract

The aim of This study is to extract and characterize the mucilage extracted from young cladodes of *Opuntia ficus indica* harvested in the region of Tissemsilt. The best extraction yeild was 1.02%, which was noted for the conventional method. The mucilage of these nopals had only $1.14 \pm 0.05\%$ of moisture and $0.01 \pm 0.001\%$ ash. Bulk density, tapped density, Carrindice and Hausner ratio were 0.53 g/ml; 0.59 g/ml; 10.17 and 1.11, respectively. However, the best solubility of this mucilage was noted in hot water. Regarding its functional properties, the mucilage exhibited a maximum emulsifying capacity of 91.29%, with a stability rate that reached 98.2 %.Its foaming properties showed a peak of 0.66, with a stability of 1.33. This mucilage swelled in the presence of water to 25 %; while ensuring water retention capacity of 1.75 and oil retention of 10.25.

Keywords: *Opuntia*, nopal, mucilage, physicochemical, rheological, functional.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص وتوصيف صمغ الفروع اليانعة للصبّار الشوكي لتيسمسيبت. سجل أفضل مردود استخلاص والبالغ 1.02% في الطريقة الروتينية للاستخلاص. بينت النتائج ان هذا الصمغ يحتوي على 0.05 ± 1.14 % رطوبة و 0.001 ± 0.012 % رماد فقط، كما اننا سجلنا القيم 0.53 غ/مل، 0.59 غ/مل، 10.17 و 1.11 لكل من الكثافة الظاهرية، كثافة التراص، مؤشر كار ونسبة هاوسنر على التوالي. بالاضافة لذلك، فقد لوحظ ان أفضل ذوبانية لهذا الصمغ كانت في الماء الساخن. فيما يتعلق بالخصائص الوظيفية لهذا الصمغ، فقد اظهرت النتائج ان قدرة الاستحلاب القصوى بلغت 91.29% بمعدل ثبات وصل إلى 98.2%. بالمقابل، فان خصائص الإرغاء بلغت ذروة 0.66 مع ثبات 1.33. في الاخير، لاحظنا ان هذا الصمغ يتضخم بنسبة 25% في وجود الماء، مع قدرة احتفاظ بالماء والزيت مساويتين ل1.75 و 10.25 غ/غ تواليا.

الكلمات الرئيسية: الصبار الشوكي، الفروع اليانعة، الصمغ، الفيزيو-كيميائية، الانسيابية، الوظيفية.