مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 40 العدد 4 (2024): 215-207

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 40 No4 (2024): 215-207

تعيين أنواع المركبات الكيميائية للمواد المثخنة المستخلصة من نبات الخبيزة Malva بتقنية الأشعة تحت الحمراء FT-IR

سوزان علي خضور[1]*، عهد الياس أبو يونس [2]، عدنان علي نظام[3]

[1*] طالبة ماجستير في قسم علوم الأغذية من كلية الزراعة بجامعة دمشق.
sozan.khaddor@damascucsuniversity.

[2] أستاذ دكتورة في قسم علوم الأغذية من كلية الزراعة بجامعة دمشق.
ahed.abouyounes@damascusuniversity.

[3] أستاذ دكتور في قسم علم الحياة النباتية من كلية العلوم بجامعة دمشق.
a.nizam@damascusuniversity.

الملخص:

هدف البحث إلى دراسة التركيب الكيمائي للمواد المثخنة المستخلصة من نبات الخبيزة Malva، وقد أُجري البحث في مختبرات كلية العلوم بجامعة دمشق. استُخلصت المواد المثخنة باستعمال المذيبات العضوية (الأسيتون) ثم تجفيفها في فرن تجفيف عند درجة 45 مْ حتى ثبات الوزن، وحفظها على هيئة مسحوق جاف للاستعمال لاحقاً. وقد أمكن تعيين التركيب الكيمائي للمواد المستخلصة اعتماداً على تقنية تحليل فوريير للأشعة تحت الحمراء FT-IR بناءً على تحديد طبيعة المجموعات الوظيفية الموجودة في هذه المواد. احتوى طيف FT-IR الناتج على قمم عديدة دلّت على وجود مجموعات وظيفية تدخل في تركيب المواد المثخنة من الخبيزة؛ إذ ظهرت مجموعات الهيدروكسيل والمتيل والكربوكسيل التي تدخل في تركيب المكونات الرئيسة للمواد المثخنة وهي الغالاكتوز والرامنوز وحمض الغالاكتورني. كما دلّت بعض القمم على روابط ببتدية وهذا دليل على وجود البروتين.

الكلمات المفتاحية: المواد المثخنة، الخبيزة، تقانة تحليل فوريير للأشعة تحت الحمراء.

تاريخ الايداع:2024/7/25
تاريخ القبول: 2024/8/7

حقوق النشر: جامعة دمشق – سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص
CC BY-NC-SA 04

ISSN: 2789-7214 (online)
http://journal.damascusuniversity.edu.sy

Identify Types Of Chemical Compounds Of Thickening Materials Extracted From The Malva By FT-IR Technology

Suzan Ali **Khadour**[1*], **Ahed Elias Abou Younes**[2], **Prof. Adnan Ali Nizam**[3]

[*1] MSc. student, Department of food science, Faculty of Agriculture, Damascus University. sozan.khaddor@damascucsuniversity.

[2] Prof. at Department of food science, Faculty of Agriculture, Damascus University ahed.abouyounes@damascusuniversity.

[3] Prof. at Department of Plant Biology, Faculty of Science, Damascus University. a.nizam@damascusuniversity.

Received: 25/7/2024
Accepted: 7/8/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract :

This research aimed to study the chemical composition of thickening materials extracted from the Malva plant. The research was conducted in the laboratories of the Faculty of Science, University of Damascus. The thickening materials were extracted using organic solvents (acetone), then dried in a drying oven at 45°C until the weight was constant, and preserved in dry powder form for later use.

It was possible to determine The chemical composition of the extracted materials based on the Fourier Infrared Analysis (FT-IR) technique, based on determining the nature of the functional groups present in these materials. The resulting FT-IR spectrum contained many peaks that indicated the presence of functional groups that are involved in the synthesis of mallow thickening materials.

Hydroxyl, methyl and carboxyl groups appeared, which are involved in the synthesis of the main components of thickening materials, which are galactose, rhamnose, and galacturonic acid. Some peaks also indicated peptic bonds, which is evidence of the presence of the protein.

Key Words: Thickeners, Malva, Fourier Transform Infrared Technology.

المقدمة Introduction:

المواد المثخّنة thickening materials هي الجزيئات الحيوية ذات الطبيعة الكربوهيدراتية التي تتصف بمقدرة على ربط الماء وتكوين المواد الهلامية (Choudhary and pawar., 2014; Amiri et al., 2021). وهي مواد شفافة وغير متبلورة قابلة للذوبان في الماء تنتجها النباتات. وهي غير قابلة للذوبان في الكحول ومعظم المذيبات العضوية، وتشكل محاليل لزجة مع الماء إما بالانتفاخ أو بالامتصاص، وتشمل المكونات الكيميائية الرئيسة للمواد المثخنة: الأرابينوز والغالاكتوز والمانوز وحمض الغلوكوروني (Choudhary and pawar., 2014). وكما عرفها Soukoulis عام 2018 (Soukoulis *et al.*, 2018) فهي مكون قابل للذوبان في الماء يشكّل مكونات كيميائية وظيفية مختلفة مع فوائد محتملة لصحة الإنسان. المواد المثخنة واللثأ جزء ثانوي من مجموعة الغرويات المائية تحتوي على أحاديات السكاريد monosaccharides المرتبطة بالحموض العضوية وهي قريبة بعضها من بعض بسبب المكونات الأليفة للماء والغروانية المائية التي تجعل المحلولَ لزجاً أو هلامياً بوجود الماء (Singh and Barreca 2020).

يمكن استخلاص المواد المثخنة من أي جزء من النبات، وهي مواد طبيعية ذات قيمة كمصدر للسكريات مع إمكانات ممتازة في التطبيقات الصيدلانية والغذائية. وقد أكدت العديد من الدراسات أن الخواص الحسية والوظيفية والانسيابية للمواد المثخنة تعتمد بدرجة كبيرة على طريقة الاستخلاص وظروف الاستخلاص (Nayak *et al.*, 2013). ويجب تطبيق تقنيات الاستخلاص المناسبة التي تؤثر إلى حدّ كبير في التركيب الكيميائي والإنتاج والاتساق والأنشطة الحيوية (Wang *et al.*, 2018; Fu et al., 2020)، نظراً إلى أن التطبيق الفعلي للكربوهيدرات النباتية في الأغذية الوظيفية والمجالات الصيدلانية محدود بسبب كفاءة الاستخلاص وظروفه وكلفته. تُستعمل تقنيات استخلاص مختلفة لإنتاج السكريات الطبيعية مع المبدأ الأساسي المتمثل في منع تمسخ السكاريد والكفاءة العالية (Ren *et al.*, 2019)، فلكل طريقة فوائد وقيود مميزة بما يتعلق بالكلفة الاقتصادية وتعقيد المواد واستهلاك الوقت والتأثيرات البيئية والطاقة وكفاءة الاستخلاص (Abuduwaili *et al.* 2019; Chen *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2020).

يختلف المحتوى من المواد المثخنة باختلاف الجزء النباتي حيث تحتوي الجذور على 7.5% والأزهار 3.8 – 7.3% والأوراق 6 – 7.2% جميعها تحتوي على نسب عالية من المواد المثخنة الخام (Hiçsönmez *et al.* 2009)، المكونات الأكثر شيوعاً في المواد المثخنة هي الغلوكوز، تريهالوز، السكروز، الفركتوز، رامنوز، الغالاكتوز، حمض الغالاكتورونيك، وحمض الغلوكورونيك (Barros *et al.*, 2010)، تحتوي المواد المثخنة على البنتوز والغالاكتوز لمِتيل البنتوز المرتبط ببقايا حمض اليورنيك بروابط غليكوزيدية. ذرة الكربون الطرفية (على الجانب الآخر من سلسلة الكربونيل) لوحدة أحادي السكاريد في هيئة مؤكسدة (حمض الكربوكسيل). يسمى الكربون مع الألدوهكسوز على هيئة حمض الكربوكسيل حمض اليورانيك (Cai *et al.*, 2013)، إلى جانب ذلك فإن أحاديات السكاريد هي جزيئات الكربوهيدرات الأكثر شيوعاً التي لا يمكن أن تكون مقسمة إلى جزيئات سكر أبسط عن طريق الحلمهة hydrolysis ويشار إليها بمصطلح السكريات البسيطة. تتكون المواد المثخنة الموجودة في النبات من نوعين رئيسين من عديدات السكاريد هما البكتين والهمسلولوز كل منها يتكون من الرامنوغالاكتورونان rhamnogalacturonan والأرابينوزيلان arabinoxylans على التوالي (Vardhanabhuti and Ikeda 2006).

يتكوّن المستخلص المائي من أوراق الخبيزة M. parviflora أساساً من 56.86% غالاكتوز 8.46% رامنوز 9.04 أرابينوز 5.05 مانوز 20.57% حمض الغلوكورونيك. وتوجد الغليكوزيدات والفلافونويدات والقلوانيات والتربينات والعفص والصابونين حسب المذيب المستعمل، وتحتوي أوراق وسوق هذا النبات على حمض الأسكوربيك وكيرسيتين وحمض الفينول وحمض الساليسيليك وفيتامينات A وB وCوالبكتين (Korir *et al.*, 2009; Heydarirad *et al.*, 2017)، ومكونات أخرى بما فيها ألفا وبيتا أميرين α- amyrin, β- amyrin وخليط من الستيغماستيرول وبيتا السيتوستيرول والكولسترول وغيرها؛ وهي المكوّنات الكيميائية النباتية المسؤولة عن الرائحة واللون وحياة النباتات والوقاية من الأمراض. أظهرت نطاقات أطياف FTIR للخبيزة وجود مجموعات

الهيدروكسيل OH ومجموعات C=O (Al- Shammari 2024). ويبيّن Ereifej وآخرون (2015) القيمة الغذائية لمقدار 100 غرام من الخبيزة بالجدول 1.

الجدول 1. القيمة الغذائية لمقدار 100 غرام من الخبيزة

كربوهيدرات	28.7	Ca	53.9	Mg	21
بروتين	2.9	Na	9.1	Mn	0.21
دهون	2.5	K	21.5	Zn	0.4
الياف	21.5	Cu	0.07	P	4.6
رماد	18.2	Fe	1.9		

المصدر Ereifej *et al.*, 2015

الخبيزة Malva هي نبات عشبي سنوي يتراوح ارتفاعه من 30 سم إلى 50 سم، تنمو عادة في المروج وجوانب الطرق، وتحتوي الأوراق والأزهار على المواد المثخنة بنسب متفاوتة، وتمتلك الأوراق نسبة كبيرة من المستقلبات الثانوية (Al-Khalil 1995) وهي من أكثر النباتات المألوفة في سورية والمنطقة العربية. وتنتمي الخبيزة إلى الفصيلة الخبازية Malvaceae الضخمة (Paloschi de Oliveira *et al.*, 2019).

للخبيزة قيمة غذائية عالية، إذ تحتوي على كميات من المعادن المفيدة للجسم مثل الكلسيوم والمغنزيوم والفيتامين A والفيتامين C (Ali *et al.*,2024)، وتحتوي أنواع Malva على الكثير من مركبات الفلافونويدية والمواد المثخنة، والفيتامين A والتربينويدات وعديد السكاريد والمالفين malvine (Della *et al.*, 2009)، ففي الأوراق نسبة كبيرة من المستقلبات الثانوية كالفينولات والتربينات والأنتوسيانين؛ ما يجعلها ذات تأثير علاجي ضد الأمراض (Al-Khalil, 1995).

على الرغم من أن استعمال اللثأ في النظم الغذائية أمر واعد، إلا أنه لا يزال يواجه قيوداً نظراً إلى أن إضافته إلى الأطعمة يمكن أن تؤثر سلبياً في خصائص الأغذية كاللون والملمس حتى الخصائص التقنية. ويمكن أن تؤثر في مدة صلاحية الطعام وجودته الحسية؛ مما يؤثر في الوقت نفسه في نية الشراء من المستهلكين وهكذا فإن استعمال اللثأ النباتي لا يزال جدير بالاستكشاف (Goksen *et al.*, 2023).

مواد البحث وطرائقه Materials and Methods:

- **جمع العينات:** جُمعت عينات نبات الخبيزة من مصياف في محافظة حماه بين شباط وآذار من عام 2024، وجفّفت ثم حفظت لحين الاستعمال في عملية الاستخلاص.
- **استخلاص المواد المثخنة:**

أُجري وزن 300 غ من المسحوق الجاف ونقعه في الماء مدة 5–6 ساعات، ثم غلي مدة 30 دقيقة وتُرك جانباً مدة ساعة واحدة لإخراج كامل المواد المثخنة في الماء. تُضغط المادة بكيس من القماش بما يعادل ثمانية أضعاف. ويُضاف الأسيتون إلى المرشح لترسيب الصمغ (اللثأ) بكمية تبلغ ثلاثة أضعاف حجم المرشح الكلي. فُصلت المواد المثخنة وأُجري تجفيفها في فرن عند درجة حرارة أقل من 50 درجة مئوية (Wahi 1985). فقد أمكن الحصول على 23 غ من المواد المثخنة على هيئة مسحوق جاف وحفظ جيداً بعيداً عن الرطوبة. وقد أُجريت عملية الاستخلاص في مختبرات قسم علوم الأغذية من كلية الزراعة وقسم علم الحياة النباتية من كلية العلوم، بجامعة دمشق، بين آذار ونيسان من عام 2024.

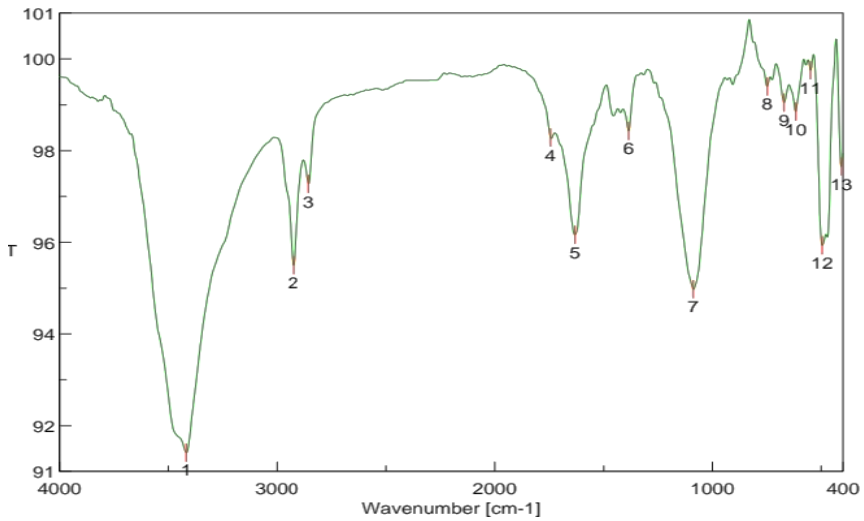
- **تطبيق تحليل فوريير للأشعة تحت الحمراء** FT-IR

أُجريت عملية التحليل بتقنية FT-IR في المختبر المركزي في كلية العلوم بجامعة دمشق، إذ أُخذ 0.5 غ من مسحوق المواد المثخنة الجافة لتحليلها في الجهاز JASCO, FT/IR-4200.

النتائج والمناقشة Results and Discussion:

التحليل الطيفي FTIR هو تقنية تحليلية تستعمل لتعيين المواد العضوية والبلمرية وفي بعض الحالات المواد اللاعضوية، وهي طريقة تستعمل ضوء الأشعة تحت الحمراء لمسح عينات الاختبار ومراقبة الخصائص الكيميائية. يرسل جهاز FTIR إشعاعاً تحت الحمراء يبلغ نحو 10000 إلى 100 سم−1 عبر العينة إذ يحدث امتصاص بعض الإشعاع ومرور بعضها الآخر. يجرى تحويل الإشعاع الممتص إلى طاقة دورانية أو اهتزازية بواسطة جزيئات العينة. تظهر الإشارة الناتجة عند الكاشف على هيئة طيف مما يمثل بصمة جزيئية للعينة. كل جزيء أو بنية كيميائية ستنتج بصمة طيفية فريدة من نوعها؛ مما يجعل تحليل FTIR أداة مهمة لتحديد المواد الكيميائية.

كان تحديد المكونات الرئيسة للمواد المثخنة المستخلصة من الخبيزة وهي الغالاكتوز والرامنوز وحمض الغالاكتورنيك وحمض الغلوكورنيك في طيف تحليل FT-IR كما هو موضح في الشكل 1. ووقعت الأطياف بين 406 – 3417 سم−1 بواسطة مكتبة الأطياف المزود بها جهاز تقنية FT-IR على النحو الآتي:



الشكل (1): طيف تحليل FT-IR للمواد المثخنة من الخبيزة.

تدل القمة الأولى الممتدة بين 3200−3500 سم−1 على مجموعة الهيدروكسيل OH والتي تدخل في التركيب الأساسي للمواد المثخنة الذي يشمل الغلوكوز والرامنوز والغالاكتوز وحمض الغالاكتورونيك. وهذه المجموعة تكسب عديد السكاريد خاصية الألفة للماء فقد توافقت هذه النتيجة مع Elhami Rad وزملائه (Elhami Rad *et al.*, 2022)، وكذلك مع Munir وزملائه (Munir *et al.*, 2021). وتدل القمة الثانية والقمة الثالثة الممتدة بين 2500−3000 سم−1 على مجموعة الميتل C-H ويدل جودها على وجود سكر طبيعي، وهذه المجموعة موجودة في الرامنوز والمانوز، وهو ما يتفق مع نتائج Wang وزملائه (Wang et al., 2018)، وكذلك مع Munir وزملائه (Munir et al., 2021). وتدل القمة 4 الممتدة بين 1600−1800 سم−1 على مجموعة كربوكسيل COO التي تدخل في تركيب حمض الغالاكتورنيك وحمض الغوكورنيك، وكانت هذه النتائج موافقة لنتائج أبحاث عديدة (Wellner *et al.*, 1998, Somboonpanyakul *et al.*, 2006)، إذ يزداد تركيز هذه المجموعة مع ازدياد نسبة حمض الغلوكورنيك، وعدم وجود مجموعة COO يدل على غياب حمض اليورنيك الموجود عادة في لثأ النبات (Monrroy *et al.*, 2017). تظهر القمة 5 الممتدة بين 1500−1700 سم−1 في المنطقة المميزة لتحديد الخصائص الهيكلية للبروتين وتتفق مع نتائج Munir وآخرين (Munir *et al.*, 2021)، وتظهر القمة 7 الممتدة بين 700−1200 سم−1 وجود روابط C-O، C-O-C الموجودة في الرامنوز والغالاكتوز وحمض الغلاكتورونيك وتتفق مع نتائج دراسات عديدة (Korir et al., 2018,

Fodor and Hofmann 2024)، القمم المتبقية الممتدة بين 400–1000 سم−1 تتعلق بروابط التمدد C-O، C-O-C وتعرف هذه المنطقة ببصمة الإصبع للكربوهيدرات وفق Tosif وزملائه (Tosif *et al.*, 2021)، وهذه المجموعات الوظيفية الهيدروكسيل والكربوكسيل والميتيل الموجودة في المواد المثخنة المستخلصة من الخبيزة تدخل في تركيب المكونات الكيميائية الرئيسة للمواد المثخنة.

الاستنتاجات Conclusions:

1. تتكون المواد المثخنة المستخلصة من الخبيزة MALVA من: (الغالاكتوز والرامنوز وحمض الغلوكورنيك وحمض الغالاكتورونيك).
2. تحتوي المواد المثخنة على المجموعات الوظيفية الآتية: الهيدروكسيل والكربوكسيل والميتل.
3. إمكان استعمال تقنية فوريه FT-IR لتحديد التركيب الكيميائي للمواد المثخنة.

التوصيات Recommendations:

1. دراسة التركيب الكيميائي للمواد المثخنة من أزهار الخبيزة MALVA وثمارها وجذورها.
2. دراسة تأثير استعمال طرائق الاستخلاص في المردود النهائي للمواد المثخنة.
3. دراسة إمكان تنقية المواد المثخنة المستخلصة وتحديد خواصها وتطبيقها.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع References:

1- Abuduwaili A.; Rozi P.; Mutailifu P.; Gao Y.; Nuerxiati R.; Aisa H. A.; Yili A. (2019). Effects of different extraction techniques on physicochemical properties and biological activities of polysaccharides from Fritillaria pallidiflora Schrenk. Process Biochem. 2019,83, 189–197.

2- Ali, M.R.; Ibrahim, H.H؛. Salah-Eldin, A.A. Unveiling the Chemical Composition, Bioactive Profile and Antioxidant Capacity of Dried Egyptian Jew's Mallow Stems as a Promising AnticancerAgent.Molecules2024,29,1377.https//:doi.org/10.3390/molecules29061377.

3- Al- Shammari B. (2024). Utilization of mucilage extracted from Mallows leaves to improve the qualitative properties of free-gluten cake. Euphrates Journal of Agricultural Science16 (1): 89-95, (2024).

4- Al-Khalil S. (1995). A survey of plants used in Jordanian traditional medicine. Pharm Biol. 1995; 33(4):317–23.

5- Amiri M. S., Mohammadzadeh V., Yazdi M., Barani M., Rahdar A., Kyzas G. (2021). Plant-Based Gums and Mucilages Applications in Pharmacology and Nanomedicine: A Review. Molecules, 2021, 26 https://doi.org/10.3390/molecules2606.1770.

6- Barros L.; Carvalho A.M.; Ferreira, I. (2010). Leaves, flowers, immature fruits and leafy flowered stems of Malva sylvestris: A comparative study of the nutraceutical potential and composition. Food Chem. Toxicol., 2010, 48(6), 1466-1472.

7- Soukoulis C., Gaiani C., Hoffmann L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications, Curr. Opin. Food Sci. 22 (2018) 28–42, https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.004.

8- Cai M.; Wang N.; Xing C.; Wang F.; Wu K.; Du X. (2013). Immobilization of aluminum with mucilage secreted by root cap and root border cells is related to aluminum resistance in Glycine max L. Environ. Sci. Pollut. Res.2013, 20, 8924–8933.

9- Chen G.; Fang C.; Ran C.; Tan Y.; Yu Q.; Kan J. (2019). Comparison of different extraction methods for polysaccharides from bamboo shoots (Chimonobambusa quadrangularis) processing by-products. Int. J. Biol. Macromol. 2019, 130, 903–914.

10- Choudhary P. D., Pawar H. A. (2014). Recently investigated natural gums and mucilages pharmaceutical excipients: An overview. Hindawi Publishing Corporation Journal of Pharmaceutics. 2014; Article ID 204849, 9; DOI: http://dx.doi.org/10.1155/2014/204849

11- Della G. M.; Cutillo F.; D'Abrosca B.; Fiorentino A.; Pacifico S.; Zarrelli A. (2009). Antioxidant and radical scavenging properties of Malva sylvestris. Nat. Prod. Commun. 2009; 4, 893–896.

12- Elhami Rad, A.; Ghorbani, A.; Nateghi, L.; Khodaparast, M.; Zarei, F. Investigating the structure and physicochemical properties of mucilage extracted from Malva flower. Food & Health Journal 2022, 5(2): 1-6.

13- Ereifej K. I., Feng H., Rababah T., Almajwal A., Alu'datt M., Gammoh S., Oweis L. (2015). Chemical composition, phenolics, anthocyanins concentration and antioxidant activity of ten wild edible plants. Food and Nutrition Sciences, 6, 581-590. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.67061.

14- Fodor F.; Hofmann T. (2024). Chemical Composition and FTIR Analysis of Acetylated Turkey Oak and Pannonia Poplar Wood. Forests 2024, 15, 207. https://doi.org/10.3390/f15010207.

15- Fu Y.; Li F.; Ding Y.; Li H.-Y.; Xiang X.-R.; Ye Q.; Zhang J.; Zhao L.; Qin W.; Gan R.-Y. (2020). Polysaccharides from loquat (Eriobotrya japonica) leaves: Impacts of extraction methods on their physicochemical characteristics and biological activities. Int. J. Biol. Macromol. 2020, 146, 508–517.

16- Heydarirad G., Rezaeizadeh H., Choopani R., Mosavat S. H., Ameri A. (2017). Efficacy of a traditional Persian medicine preparation for radiation- induced xerostomia: A randomized, open- label, active controlled trial. Journal of Integrative Medicine. 2017;15(3), 201–208

17- Hiçsönmez Ü.; Ereeş F.; Özdemir C.; Özdemir A.; Çam S. (2009). Determination of major and minor elements in the Malva sylvestris L. from Turkey using ICP-OES techniques. Biol. Trace Elem. Res., 2009, 128(3), 248-257. http://dx.doi.org/10.1055/s-0028-1099659 PMID: 5154598.

18- Korir P. C.; Salim A. M.; Odalo .J. O; Waudo .W; Gitu .L. M; Yusuf . A. Optimization of Extraction Condition and Characterization of Malva Verticillata Root Bark Mucilage.International Journal of Chemistry; Vol.10, No.2018.

19- Monrroy M., García E., Ríos K., Renán J. (2017). Extraction and Physicochemical Characterization of Mucilage from Opuntia cochenillifera (L.). Journal of Chemistry, 2017, ID 4301901 https://doi.org/10.1155/2017/430190.

20- Munir A.; Youssef F.; Ishtiaq S.; Kamran S.; Sirwi A.; Ahmed S.; Ashour M.; Elhady S. (2021). Malva parviflora Leaves Mucilage: An Eco-Friendly and Sustainable Biopolymer with Antioxidant Properties. Polymers 2021, 13(23), 4251.https://doi.org/10.3390/polym13234251.

21- Nayak A. K.; Pal D.; Pradhan J.; Hasnain M. S. (2013). Fenugreek seed mucilage-alginate mucoadhesive beads of metformin HCl:Design, optimization and evaluation. Int. J. Biol. Macromol.2013, 54, 144–154.33.

22- Paloschi de Oliveira L., Giuseppe B. M., Lopes da Costa B. R., Inês C. M., Boff P. (2019). Journal of Agricultural Science. 2019; 11(15): 171-180.

23- Ren Y.; Bai Y.; Zhang Z.; Cai W.; Del Rio Flores A. (2019). The preparation and structure analysis methods of natural polysaccharides of plants and fungi: A review of recent development. Molecules 2019, 24, 3122.

24- Singh R.; Barreca D.N. (2020). Analysis of gums and mucilages. In Recent Advances in Natural Products Analysis; Silva A. S., Nabavi S. F., Saeedi M., Nabavi S. M., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020; pp. 663–676.

25- Somboonpanyakul P.; Wang Q.; Barbut S.; Cui W.; Jantawat P. (2006). Malva nut gum. (Part I): Extraction and physicochemical characterization. Carbohydrate Polymers 64(2006) 247-253.

26- Tosif M. M.; Najda A.; Bains A.; Kaushik R.; Dhull S. et al. (2021). A Comprehensive review on plant-derived mucilage: characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. Polymers 2021, 13, 1066. https://doi.org/10.3390/polym13071066.

27- Vardhanabhuti B.; Ikeda S. (2006). Isolation and characterization of hydrocolloids from monoi (Cissampelos pareira) leaves. Food Hydrocoll. 2006,20, 885–891.

28- Wahi S. P. (1985). Studies on Suspending Property of Mucilage of Hygrophila spinosa T. Anders and Hibiscus Esculentus Linn, Indian Drug. 1985; 22 (9): p.500–502.

29- Wang F.; Wang W.; Niu X.; Huang Y.; Zhang J. (2018). Isolation and Structural Characterization of a Second Polysaccharide from Bulbs of Lanzhou Lily. Appl. Biochem. Biotechnol. 2018, 186, 535–546.

30- Wellner N., Kacurakova M., Malovikova A., Wilson R., Belton P. (1998). FTIR study of pectate and pectinate gels formed by divalent cations. Carbohydrate Research, 308, 123–131.

31- Wu H.; Shang, H.; Guo Y.; Zhang H.; Wu H. (2020). Comparison of different extraction methods of polysaccharides from cup plant (Silphium perfoliatum L.). Process Biochem. 2020, 90, 241–248.