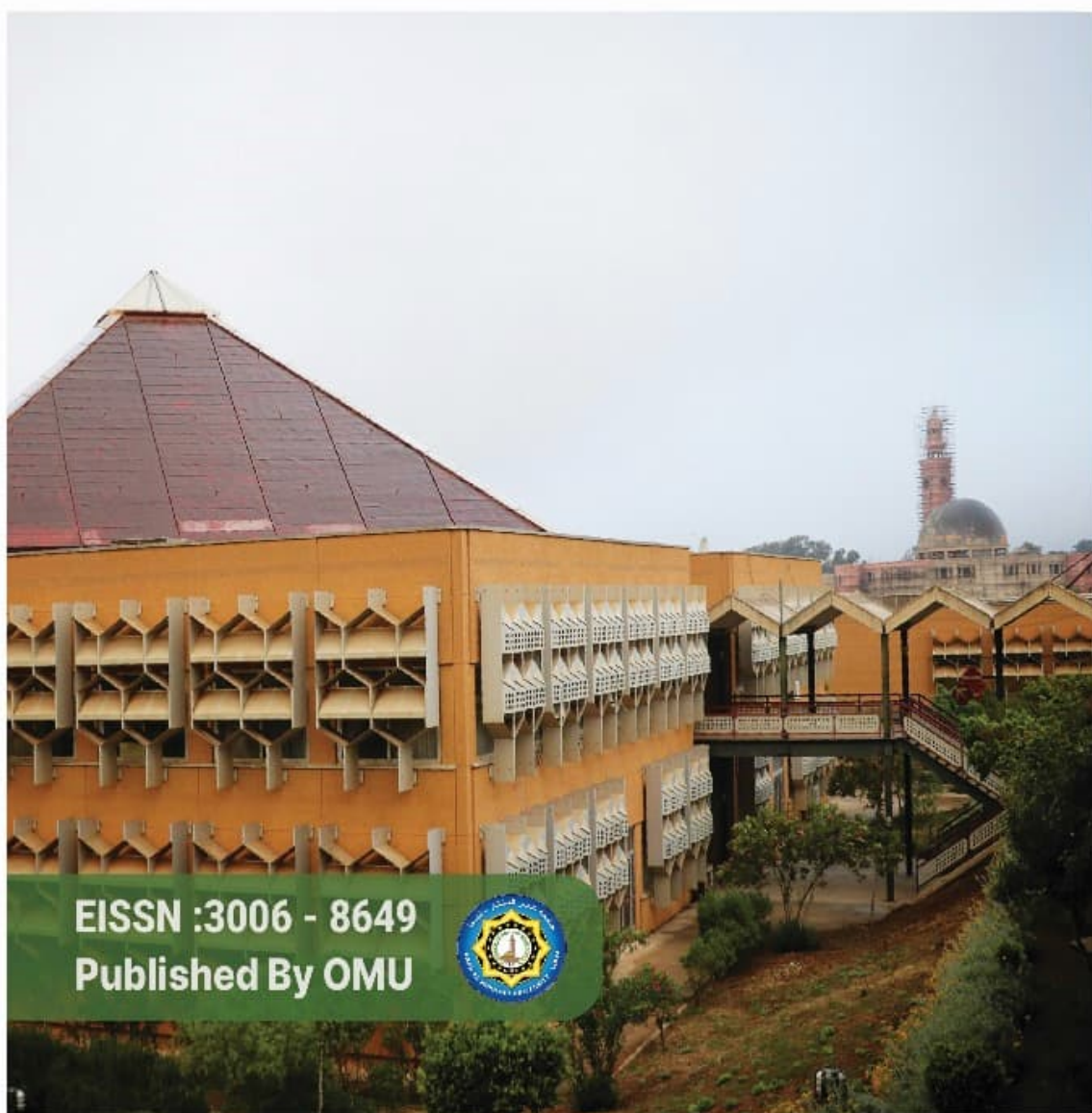


Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences

Volume 3

Issue 2

Aug 2025



EISSN :3006 - 8649
Published By OMU



Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences

Peer-reviewed scientific journal, Volume Three, Issue Two, 2025
Published by Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya

Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences

The Author(s) 2025. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License [<http://creativecommons.org/licenses/bync/4.0/>], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

Editor-in-Chief:

Prof. Dr. Nwara Ali Mohammed Al-Obaidi

Editorial Board Members:

Prof. Nawara Muhammad Balqasim

Prof. Zahra Ibrahim Al-Jali

Prof. Dr. Nasser Al-Maslati

Prof. Dr. Magda Rizq Emraj

Prof. Dr. Faraj Ali Jabel

Prof. Dr. Sabah Malik Alshatty

Dr. Ahmed Atiya Al-Mansouri

Dr. Osama Abd-Elhamid Abd-Elatty

Dr. Hamida Abdel Nabi Youssef

Dr. Abdel-Ghani Abdel-Fattah Hamad Al-Kaloush

Dr. Khadija Muhammad Othman Al-Haddad

Dr. Fatima Faraj Mohammad

Dr. Mohamed Abd-Elkarim Momen

Advisory Committee

Prof. Ibrahim Saleh Milad, Omar Al-Mukhtar University

Prof. Ariel Gutti Veterinary Educational and Research Institute-India

Prof. Muhammad Ali Saeed, Omar Al-Mukhtar University

Prof. Ibrahim Ali Azaqa, Sebha University

Prof. Malik Raisul Islam Agricultural Sciences

University of Agricultural Sciences and Technology- India

Prof. Abdul Hamid Salem Issa Al-Haddad, Misrata University

Prof. Omar Musa Al-Senussi, Omar Al-Mukhtar University

Prof. Muhammad Ali Musa Boubakra, Omar Al-Mukhtar University

Prof. Abdel Hafeez Abdel Rahman Bouaida, Omar Al-Mukhtar University

Prof. Nasser Abdel Razek Abdel Mawla, Omar Al Mukhtar University

Prof. Abdul Hamid Hamad Charity, Omar Al-Mukhtar University

Support Team

Mr. Salah Muftah Abdullah

Ms. Suad Saeed Ahmeida

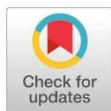
Peer Reviewers for This Issue

The editorial board of *Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Sciences* expresses its appreciation to the reviewers who participated in the peer review of this issue.

Name	Affiliation
Prof. Foazia Ibrahim	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Prof. Hisham Elwaer	University of Tripoli, Tripoli, Libya
Prof. Salah Al -Din Mustafa Bugaris	Misurata University, Misurata, Libya
Prof. Salim Abdullah Younis	University of Mosul, Mosul, Iraq
Prof. Salem Amaizik	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Prof. Rabha Mohamed Abdel Sayed	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Prof. Wassan Saleh Hussein	University of Mosul, Mosul, Iraq
Prof. Wahid Mohamed Abdel Sadiq Ahmed	Agricultural Research Agricultural Extension and Rural Development Research Institute, Cairo, Egypt
Prof. Abdulghani A. H. Abdulghani	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Prof. Mohamed Abu Al -Mu'ti Suleiman	gricultural Guidance Research Institute, Agricultural Research Center, Egypt
Prof. Adel Abdul Samie Aly	Institute of Agricultural Guidance Research and Rural Development - Agricultural Research Center – Ministry of Agriculture and Land Reclamation., Egypt
Dr. Isra Al –Bush	Damascus University Syria
Dr. Fowad Akraim	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Dr. Tahar elfaitouri	Wadi Al -Shati University, Wadi Al –Shati, Libya
Dr. Munay.Abdulqadir	Benghazi , University Benghazi, Libya
Dr. Fairouz Abu Bakr Ali Buajila	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Dr. Aishah Ramadan Mohamed	University of Wadi Al-Shatii , Wadi Al –Shati, Libya
Dr. Lateefah Soliman Al-Sifat	Omar Al-Mukhtar University, Al-Bayda, Libya
Dr. Keefah AL-Garallaa	College of Biotechnology- Al-Qasim Green University, Iraq

**Al-Mukhtar Journal of Agricultural,
Veterinary and Environmental
Sciences 03:(2), 2025**

Paper Title	Pages
Evaluation of Vegetative Growth Efficiency of Kabuli Chickpea under the Interaction of Plant Density and Weed Management Systems in Al-Safsaf Area, at EL-jabal Al-Akhdar	7-13
Systematic Review of Food Processing by Ohmic Heating and Recent Developments	14-31
The Use of <i>Enteromorpha prolifera</i> in the Bioremediation of Heavy Metals in Seawater in the Sousa–Al-Haneya Areas	32-40
Morphological Characterization of the Libyan Barbary Sheep	41-53
Pollen viability in natural populations of <i>Thymus capitatus</i> the south Al-Jabal Al-Akhdar area, Cyrenaica, Libya.	54-63
Range Condition in Relation to Climate, Energy Variables, and Beef Cattle Population Dynamics in New Mexico	64-72
The Allelopathic Effects of Aqueous Extracts from <i>Vachellia nilotica</i> On the Germination and development of <i>Citrullus lanatus</i> L	73-79



تقييم كفاءة النمو الخضري للحمص الكابولي تحت تأثير تفاعل الكثافة النباتية ونظم إدارة الحشائش

في (منطقة الصفصاف) بالجبل الأخضر

نعيمة عبدالباري القاسي^{1*}، طيب فرج حسين²

الباحث الأول^{1*}: مركز البحوث الزراعية والحيوانية، ليبيا
الباحث الثاني: قسم المحاصيل، كلية الزراعة جامعة عمر المختار، ليبيا.

المستخلص: أجريت تجربتان حقليتان خلال موسمي 2021 و 2022 في محطة أبحاث المحاصيل البقولية بالصفصاف – الجبل الأخضر، لدراسة تأثير الكثافة النباتية وعدد مرات عزيق الحشائش في بعض الصفات الفسيولوجية لنمو الحمص الكابولي. نُفذت التجربة بتصميم القطع المنشقة بأربعة مكررات، حيث شملت الكثافات (9.52، 13.33، 20.0، 33.33 نبات/م²) ومعاملات العزيق (بدون عزيق، عزيق مرة واحدة، عزيق مرتين). أظهرت النتائج أن الكثافة النباتية كان لها تأثير عالي المعنوية على نسبة الإنبات ودليل معدل الانبثاق حيث تفوقت الكثافات المرتفعة على المنخفضة فيما لم تسجل الكثافة النباتية فروقا معنوية في زمن الانبثاق، الوزن الجاف للبادرات، حجم النبات واستدامة كساء المحصول أما المساحة الورقية ودليلها واستدامتها فقد أظهرت تبايناً تبعاً للمواسم حيث تأثرت بالكثافة النباتية بدرجات متفاوتة. كما أن أدى العزيق مرتين إلى تحسين الوزن الجاف للبادرات وحجم النبات واستدامة وكان للعزيق تأثير معنوي مرتفع في زيادة المساحة الورقية وإبطاء فقدانها وتحسين دليلها كما سجل التفاعل بين الكثافة والعزيق تأثيراً معنوياً عالياً لمعظم الصفات خلال الموسمين. ويتضح من هذه النتائج أن الكثافة النباتية تؤثر أساساً في الصفات المرتبطة بالإنبات في حين أن إدارة الحشائش لها الدور الأكبر في تحسين النمو الخضري واستدامة الكساء وأن التفاعل بين العاملين يبرز كمدخل أساسي لتحقيق أفضل كفاءة للنمو الخضري للحمص الكابولي تحت ظروف الزراعة المطرية.

الكلمات المفتاحية: الحمص الكابولي، خصائص النمو، الكثافة النباتية، عزيق الحشائش.

Evaluation of Vegetative Growth Efficiency of Kabuli Chickpea under the Interaction of Plant Density and Weed Management Systems in Al-Safsaf Area, at EL-jabal Al-Akhdar

Abstract: Two field experiments were conducted during the 2021 and 2022 seasons at the Food Legume Research Station, Al-Safsaf – EL-jabal Al-Akhdar, to investigate the effect of plant density and weeding frequency on the physiological growth traits of the Kabuli chickpea. A split-plot design with four replications was used, with plant densities (9.52, 13.33, 20.0, and 33.33 plants/m²) in the main plots and weeding treatments (no weeding, one weeding, and two weeding's) in the sub-plots. Results showed that plant density significantly affected germination percentage and emergence rate index, with higher densities performing better, while no significant differences were detected in mean emergence time, seedling dry weight, plant volume, or canopy persistence. Leaf area, leaf area index (LAI) index, and persistence varied across seasons depending on density. Conversely, two weeding's significantly enhanced seedling dry weight, plant volume, canopy persistence, and leaf area traits. The interaction between plant density and weeding frequency was highly significant for most traits in both seasons. Overall, plant density influenced traits related mainly to germination, whereas weed management played a greater role in improving vegetative growth and canopy sustainability. The interaction between these two factors represents a key strategy for optimizing vegetative growth efficiency of Kabuli chickpea under rainfed conditions.

Keywords: Kabuli chickpea; growth traits; plant density; weed hoeing.

***Corresponding author:**

Naima Abdel-Bari Al-Qasi,

E-mail addresses:

naimaalgasi88@gmail.com

Department Name, Agricultural and Animal Research Center, Al-Bayda, Libya

Second Author: : Tayeb Faraj

Hussein: tiebfaraj@gmail.com

Department of Agronomy, Omar Al- Mukhtar University, Libya

Received:

19. 05. 2024.

Accepted:

31.08.2025

Publish online:

.....



المقدمة

يُعتبر الحمص (*Cicer arietinum* L.) ثاني أهم المحاصيل البقولية البذرية بعد الفول لما يحتويه من نسبة عالية من البروتين (22-28%)، وهو حَوْلي شتوي في سلوك النمو (Nigussu و Tesfaye, 2021) تُعد الكثافة النباتية عاملاً رئيسياً يؤثر على نمو النبات وخصائصه الإنتاجية، حيث تتحكم في توزيع النباتات وحجمها داخل وحدة المساحة (Beech و Leach, 1989). يُمثل إنتاج الحمص في المناطق شبه الجافة تحديًا بسبب قصر موسم النمو وقلة رطوبة التربة، مما يجعل تحديد الكثافة النباتية المثلى أمرًا ضروريًا لتحقيق أفضل إنتاجية. أشارت دراسات متعددة إلى تباين في الكثافة المثلى للحمص بين المناطق والظروف المناخية، حيث تراوحت بين 23 إلى 50 نباتًا لكل متر مربع حسب الظروف المناخية والجغرافية (Naim وآخرون, 2017). هذا التباين في استجابة نمو الحمص للكثافة النباتية هو نموذجي لعدة محاصيل بقولية، لاتصاف هذه المحاصيل بدرجة عالية من المرونة في الكساء الخضري (Thangwana و Ogola, 2012).

تُعتبر الحشائش من أهم التحديات التي تواجه إنتاجية المحاصيل الحقلية، حيث تُنافس النباتات المزروعة على الموارد الأساسية مثل الضوء والماء والعناصر الغذائية، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية (Ocrke, 2006). ويُعد محصول الحمص ذو قدرة تنافسية ضعيفة مع الحشائش بسبب بطء النمو وصغر الغطاء النباتي، مما يؤدي إلى خسائر في الإنتاج تصل إلى نسب كبيرة عند وجود الحشائش دون مقاومة (Paolini وآخرون, 2006). حيث أكدت العديد من الدراسات أن الحمص يعاني من انخفاض كبير في الإنتاج (من 40 إلى 87%) عند الإهمال في إدارة الحشائش بسبب بطء نموه في المراحل الأولى وقلة المساحة الورقية (Dargie وآخرون, 2021). وأفاد (Ahlawat وآخرون, 1981) أيضًا أن إزالة الأعشاب الضارة زادت من إنتاجية بذور الحمص بنسبة 107%، وأن الأسابيع الأربعة إلى الستة الأولى كانت الفترة الأكثر أهمية لمنافسة الأعشاب.

ويُعد العزيق من أكثر الوسائل الميكانيكية شيوعًا وفعالية في إدارة الحشائش، إذ يعمل على اقتلاع النباتات غير المرغوبة أو دفنها، مما يقلل من كثافتها ويضعف فرصها في إتمام دورة حياتها وإنتاج بذور جديدة (Kayen و Adak, 2006). كما أن للعزيق دورًا في تعديل بنك بذور الحشائش من خلال تقليل كثافة البذور في الطبقة السطحية (0-5 سم) حيث تكون فرص الإنبات عالية، إذ يؤدي قلب التربة إلى دفن جزء كبير من البذور على أعماق تحد من قدرتها على الإنبات (Mishra و Singh, 2012). إضافة إلى ذلك، فإن تكرار مرات العزيق يقلل من التنوع الحيوي للحشائش في وحدة المساحة ويُحدث تغييرات ملحوظة في المجتمع النباتي للحقل.

وبناءً على ذلك، فإن العزيق يُمثل أداة رئيسية ضمن برامج الإدارة المتكاملة للحشائش، خصوصًا في المحاصيل الحساسة مثل الحمص، حيث يُسهم في الحد من التنافس المبكر وتحقيق ظروف نمو أفضل للمحصول.

لذا، يهدف هذا البحث إلى تقييم تأثير العزيق في إدارة الحشائش وتحسين النمو والإنتاجية لمحصول الحمص تحت ظروف المناطق شبه الجافة، وذلك من خلال تحديد دور العزيق كوسيلة ميكانيكية فعالة في الحد من التنافس المبكر مع الحشائش وتعزيز الخصائص الفسيولوجية والإنتاجية للمحصول بما يُسهم في تحسين استدامة إنتاج الحمص وزيادة كفاءته في استغلال الموارد المتاحة.

المواد وطرق البحث

أجريت تجربتان حقليتان بمحطة بحوث المحاصيل البقولية في الصفصاف بالجبل الأخضر (591 م فوق سطح البحر) خلال موسمي 2020 - 2021 و 2021 - 2022 م. اسة تأثير اربع الكثافات نباتية (9.5، 13.33، 20.0، 33.33 نبات/م²) عدد مرات عزيق الحشائش (مرة بعد شهر من الانبات، ومرتين بعد شهر وشهرين) على نمو الحمص الكابولي. نفذت التجربة بتصميم القطع المنشقة لمرة واحدة في 4 مكررات. خصصت الكثافات النباتية للقطع الرئيسية ومعاملات العزيق للقطع الثانوية بلغت مساحة القطعة 8م². اضيف سماد فوسفات ثنائي الأمونيوم (46:18 DAP) بمعدل 200 كجم / هـ عند أعداد مهد البذرة. قيست الصفات: نسبة الانبات، متوسط زمن الانبثاق، دليل معدل الانبثاق، الوزن الجاف للبادرات، حجم النبات، استدامة كساء المحصول، المساحة الورقية، استدامة الاوراق، دليل المساحة الورقة .

النتائج والمناقشة

نلاحظ من بيانات جدول(1) تأثير الكثافة النباتية تأثيراً معنوياً مرتفعاً على نسبة الانبات حيث سجلت الكثافة المرتفعة (33.33 نبات/م²) اعلى القيم (42.01% و 42.89%) في الموسمين مقارنة بالكثافة المنخفضة (9.5 نبات /م²) التي سجلت أدنى القيم (17.75% و 18.25%). ويعزى ذلك الى زيادة عدد البذور المزروعة في وحدة المساحة، وهو ما يتوافق مع توصل اليه (حسين وآخرون، 2020). لم يلاحظ تأثير معنوي لعدد مرات عزيق الحشائش على نسبة الانبات، في حين اظهر التفاعل بينهما الكثافة تأثيراً عالي المعنوية مما يشير الى أهمية الدمج بين الكثافة المناسبة وإدارة الحشائش لتحقيق أفضل انبات. كما لم تسجل فروق معنوية في متوسط زمن الانبثاق لأي من العوامل المدروسة او التفاعل بينها مما يدل على ان هذه الصفة لا تعتمد على الكثافة او العزيق، بالنسبة لدليل معدل الانبثاق فقد سجلت الكثافة المرتفعة اعلى القيم (2.79 و 2.98) مقابل القيم الأدنى عند الكثافة المنخفضة (1.22 و 1.27) ويعزى ذلك الى زيادة استهلاك وتثريب الرطوبة الأرضية في ظروف الزراعة المطرية، بما يتوافق مع نتائج (Bonham، 2013). لم يظهر لعامل العزيق تأثير معنوي في حين كان للتفاعل بين العوامل تأثير معنوي مرتفع وهو ما أشار اليه (Alka و Namrata، 2017).

من خلال بيانات جدول (2) لم تؤثر الكثافة النباتية معنوياً على الوزن الجاف للبادرات بعد 4 أسابيع من الانبثاق في كلا الموسمين، بينما اظهر عدد مرات عزيق الحشائش فروقا معنوية وعالية المعنوية، حيث حققت معاملة العزيق لمرتين اعلى القيم (17.0 و 23.6 جم) مقارنة بالأدنى (4.4 و 6.4 جم) عند عدم العزيق، مما يعكس تأثير منافسة الحشائش على الموارد الأساسية للنمو (Bulti و Nano، 2019).

جدول(1): تأثير اختلاف الكثافة النباتية وعزيق الحشائش على نسبة الإنبات، معدل الانبثاق، متوسط الانبثاق خلال موسمي 2022/2021 - 2023/2022م تحت ظروف منطقة الصفصاف

الصفات المعاملات		نسبة الإنبات %		متوسط زمن الانبثاق MET		معدل الانبثاق ERI	
		الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني
الكثافة النباتية / م ²							
	33.33	42.01	42.89	15.05	14.41	2.79	2.98
	20.00	31.25	31.88	14.82	14.48	2.11	2.20
	13.33	23.42	21.67	15.02	14.06	1.56	1.54
	9.52	17.75	18.25	14.54	14.32	1.22	1.27
	F	**	**	غ.م	غ.م	**	**
	LSD _{0.05}	6.396	6.396	1.26	2.43	0.37	0.65
عزيق الحشائش							
	الشاهد	29.28	27.35	14.84	14.44	1.97	1.89
	لمرة واحدة	27.16	28.72	15.09	14.22	1.80	2.02
	لمرتین	29.38	29.94	14.64	14.29	2.01	2.10
	F	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م
	LSD _{0.05}	4.256	4.256	0.92	0.78	0.29	0.41
الكثافة النباتية × عزيق الحشائش							
	F	**	**	غ.م	غ.م	**	**
	*معنوية	** عالية المعنوية	غ.م غير معنوية	عند 0.05			

كما اظهر التفاعل بين الكثافة والعزيق تأثيراً معنوياً على هذه الصفة. اما حجم النبات فلم يتأثر بالكثافة النباتية، وهو ما يتفق مع (Tatek وآخرون، 2020) في حين كان لعدد مرات العزيق تأثيراً عالياً معنوياً، حيث سجلت معاملة العزيق لمرتین اعلى القيم (34.06 و 36.88 سم³) مقارنة الأدنى (21.72 و 19.69 سم³) عند عدم العزيق مما يؤكد تأثير المنافسة بين الأنواع على التوزيع المساحي لنباتات. كما كان للتفاعل بين العوامل تأثير معنوي في كلا الموسمين. لم تسجل الكثافات النباتية فروقا معنوية في كساء المحصول ويعزى ذلك الى عدم تأثر الوزن الجاف وحجم النبات بالكثافة، مما يشير الى ان المحصول لم يصل الى مرحلة التزاحم المؤثرة على شيخوخة الكساء بما يتفق مع ما اورده (Tsedeke، 2011). في المقابل أظهرت استدامة الكساء فروقا عالية المعنوية كما سجلت معاملة عدم مكافحة الحشائش أدنى القيم (66.00 و 27.00 جم/يوم) مقارنة الأعلى (320.00 و 226.00 جم/يوم) عند العزيق لمرتین مما يدل على المنافسة مع الحشائش تسرع من شيخوخة المحصول كما ان التفاعل بين العوامل تأثير معنوي في كلا الموسمين.

جدول (2): اختلاف الكثافة النباتية وعزيق الحشائش والتفاعل بينهما على وزن النبات بعد 4 أسابيع، حجم النبات 3 سم، استدامة الكساء خلال الموسمين تحت ظروف منطقة الصفصاف

الصفات المعاملات	الوزن الجاف للنبات بعد 4 أسابيع		حجم النبات 3 سم		استدامة كساء المحصول جم/ يوم	
	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني
الكثافة النباتية / م ²						
	8.10	13.20	25.62	25.00	166.00	96.00
	10.30	120.40	29.17	26.04	154.00	124.00
	8.50	14.10	27.50	31.88	183.00	93.00
	10.80	13.40	28.96	31.25	169.00	130.00
F	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م	غ.م
LSD _{0.05}	8.70	10.88	10.30	10.66	164.30	116.9
عزيق الحشائش						
الشاهد	4.40	6.40	21.72	19.69	66.00	27.00
لمرة واحدة	7.00	10.00	27.65	29.06	118.00	77.00
لمرتين	17.00	23.60	34.06	36.88	320.00	226.00
F	*	**	**	**	**	**
LSD _{0.05}	5.70	5.88	2.93	3.94	90.40	82.20
الكثافة النباتية × عزيق الحشائش						
F	*	*	*	*	*	*

من بيانات جدول (3) بينت النتائج ان استجابة المساحة الورقية للكثافة النباتية كانت غير معنوية في الموسم الأول، بينما ظهرت معنوية في الموسم الثاني، حيث حققت الكثافة المرتفعة 33.33 نبات/م² اكبر قيمة 50.50 سم² مقارنة بالأدنى 25.50 سم² عند الكثافة المنخفضة 9.52 نبات/م² ويعزى ذلك الى اختلاف ظروف النمو وارتفاع معدل النمو في الكثافات العالية عند انخفاض حدة التنافس. اما بالنسبة لإدارة الحشائش فقد أظهرت فروقا معنوية عالية، حيث سجل العزيق لمرتين اعلى القيم (35.2 و 67.6 سم²) مقابل بأدنى (9.0 و 20.9 سم²) عند عدم العزيق نتيجة التنافس الشديد مع الحشائش وهو ما أشار اليه (Alka و Namrata، 2017). فيما يخص استدامة الأوراق لم يظهر للكثافة النباتية تأثير معنوي في الموسم الأول، بينما تأثير معنوي في الموسم الثاني. وسجلت اعلى سرعة لفقد المساحة الورقية (94.90 سم²/يوم) عند الكثافة المرتفعة وابطأ سرعة (156.30 سم²/يوم) عند الكثافة منخفضة ويبدو ان تأخر موعد الزراعة وانخفاض الحرارة ساهما في تسريع الشيخوخة بالأوراق في الكثافات العالية. كما أظهرت إدارة الحشائش فروقا المعنوية حيث كانت القيم الأسرع (51.0 و 96.8 سم²/يوم) عند عدم العزيق مقارنة بالإبطاء (240.0 و 149.6 سم²/يوم) عند العزيق لمرتين مما يعكس اثر التزامم على تسريع الشيخوخة كما أشار (Brix و Andreasen، 2000) أظهر تفاعل عاملي الدراسة تأثيراً معنوياً عالياً في كلا موسمين. اما دليل المساحة الورقية فقد تأثر معنوياً بالكثافة النباتية في كلا الموسمين اذ سجلت اقل القيم (3.20 و 3.01) عند الكثافة المرتفعة واعلى القيم (5.35 و 5.10) عند الكثافة منخفضة نتيجة تقليل التزامم للمساحة الأرضية الفعالة لكل نبات. كما أظهرت إدارة الحشائش فروقا معنوية عالية في الموسم الأول ومعنوية في الموسم الثاني باقل القيم (3.27 و 3.18) عند عدم العزيق واعلى القيم (5.44 و 4.58)

عند العزيق لمرتين نتيجة احم بين الحشائش والمحصول وهوما يتفق مع ما ذكره (Carita وآخرون، 2018) وظهر تأثير معنوي عال كما كان للتفاعل بين الكثافة النباتية وإدارة الحشائش تأثير معنوي عالي كلا الموسمين. جدول(3): اختلاف الكثافة النباتية وعزيق الحشائش والتفاعل بينهما في المساحة الورقية، دليل مساحة الأوراق واستدامه الأوراق خلال الموسمين تحت ظروف منطقة الصفصاف

الصفات		مساحة الأوراق سم ²		استدامة الأوراق سم ² /يوم		دليل مساحة الأوراق LAI	
المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثاني
الكثافة النباتية(نبات/ م ²)							
33.33	32.20	50.50	70.00	94.90	3.20	3.01	
20.00	33.90	46.20	92.00	96.10	3.32	3.21	
13.33	8.20	37.40	145.00	135.40	5.32	3.67	
9.52	11.50	25.50	215.00	156.30	5.35	5.10	
F	غ.م	*	غ.م	*	*	*	
LSD _{0.05}	25.82	20.17	166.30	39.00	1.99	1.27	
عزيق الحشائش							
الشاهد	9.00	20.90	51.00	96.80	3.27	3.18	
لمرة واحدة	20.10	31.30	99.00	115.70	4.18	3.53	
لمرتين	35.20	67.60	240.00	149.60	5.44	4.53	
F	**	**	**	**	**	*	
LSD _{0.05}	9.24	13.52	97.20	19.04	0.64	1.01	
الكثافة النباتية ×عزيق الحشائش							
F	**	**	**	**	**	**	

تم استنتاج بان الكثافة النباتية 13.33 نبات/م² كانت الانسب لنمو الخضري لمحصول الحمص وان العزيق لمرتين بعد شهرين من الانبات كان الانسب لكل من خصائص النمو والانتاج مما يؤكد أهمية الدمج بين الكثافة المناسبة وإدارة الحشائش لتحقيق أفضل نتائج.

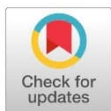
الشكر والتقدير: نتقدم بالشكر لأسرة قسم المحاصيل – كلية الزراعة -جامعة عمر المختار لدعمها المتواصل لنا ولتسهيل كل العقبات التي واجهتنا لإنجاز هذا البحث.

المراجع

حسين، طيب فرج، بوهدمة، أحمد سالم ونوح، طارق عبد الرحمن.(2020). تحفيز الأحماض العضوية لإنبات وتطور بذور بعض المحاصيل البقولية، مجلة البيان العلمية. (5): 31- 40.

Alka, S.,and Namrata, J. (2017). Integrated weed management in chickpea. Indian .J. Weed Sci. 49 (1): 93-94. DOI: [10.5958/0974-8164.2017.00024.7](https://doi.org/10.5958/0974-8164.2017.00024.7).

- Ahlawat IPS, Singh A, Sarraf CS (1981) It pays to control weeds in pulses. *Indian Farming* 31: 11-13. CABI Record Number: **19812335819**
- Beech, D.F., and Leach, G.L. (1989). Effect of plant density row spacing on the yield of chickpea CV. Tyson, grown on Darling Down, south eastern Queens land. *Aust. J. EXP. Agric*, 29(2):241-246. <https://doi.org/10.1071/EA9890241>
- Brix, A, and Andreasen, C. (2000). The relative between densities and frequencies of weeds in arable fields. *J. Agric. Biol. Environ.* 5: 372-586. <https://doi.org/10.2307/1400460>.
- Bulti, M., and Nano, A. (2019). Integrated weed management in chickpea (*Cicer arietinum*.L) Co-gent Food and Agriculture. (5):1-18. <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1620152>.
- Bonham ,C.D. (2013). Measurements for Terrestrial vegetation. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons publishing. DOI:10.1002/9781118534540
- Carita, L. A. Gullherme, B. F. ; Campos, M. P., and Perdro, L.D. (2018). Periods of weed interference in chickpea grown under different doses of nitrogen fertilizer top dressing. *Acta scientiarum Agronomy* (4):2-10. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35666>.
- Dargie, R., Meleta, T., & Robe, E. (2021). Influence of Integrated Weed Management Practices on Yield and Yield Components of Chickpea in Southeastern of Ethiopia. In *Regional Review Workshop on Completed Research Activities* (p. 322). Article No.: 011321005
- Kayan, N. I. H., & Adak, M. S. I. T. (2006). Effect of soil tillage and weed control methods on weed biomass and yield of lentil (*Lens culinaris* Medic.) (Einfluss von Bodenbearbeitung und Unkrautbekämpfungsmethoden auf die Unkrautbiomasse und den Ertrag von Linsen [*Lens culinaris* Medic.]). *Archives of Agronomy and Soil science*, 52(6), 697-704.
- Mishra, J. S., & Singh, V. P. (2012). Tillage and weed control effects on productivity of a dry seeded rice–wheat system on a Vertisol in Central India. *Soil and Tillage Research*, 123, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.02.003>
- Naim, A. H.; Abdelkarim, H. A., and Sershen, F.A. (2017). Effect of irrigation regime and plant density on chickpea yield in the Semiarid environment of sudan. *Asian plant. Sci. Res.* 7(6):142-151.
- Nigssu,B., and Tesfaye,G.(2021).Influence of intra and inter row spacing on seed yield and yield component of chickpea varieties in central highlands of Ethiopia. *Int.J.Novel Res in life sciences* 8(5):23-30.
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of agricultural science*, 144(1), 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Paolini, R., Faustini, F., Saccardo, F., & Crino, P. (2006). Competitive interactions between chickpea genotypes and weeds. *Weed Research*, 46(4), 335-344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2006.00513.x>
- Tatek, T.; Walelign, W.; Worku, M., and Getu, W. (2020). Response of chickpea (*Cicer areitinum* L.) genotypes to intra and inter row spacing at Huletegn Choroko Southern Ethiopia. *Ecology and Evolutionary Biology*. 5(4): 148-158. DOI: 10.11648/j.eeb.20200504.15
- Thangwana, N.M., and Ogola, J.B.O. (2012). Yield and yield components of chickpea Response to genotype and planting density in summer and winter sowings. *J. Food Agric. Environ.* (10):710-715. DOI: <https://doi.org/10.1234/4.2012.3085>
- Tsedek, A. (2011). The Tropical legume : II: Project Review and planning Workshope for chickpea in India. scheduled for 5-6. September, ICRISAT_ Patacheru Campus, Hyderabad, India. DOI:<http://doi.org/05.2021/1.1024>.



قسم علوم الاغذية، كلية الزراعة، جامعة
البصرة، البصرة، العراق.

مراجعة منهجية لتصنيع الأغذية بالتسخين الأومي والتطورات الحديثة

أثير عبد الأمير عبد الجبار المطوري، صباح مالك حبيب الشطي، أسعد رحمان سعيد الحلفي

المستخلص: هدفت المراجعة الحالية إلى التحري عن تطبيقات التسخين الأومي في تصنيع الأغذية وتأثيره على الاحياء المجهرية والمركبات النشطة بايولوجيا والتثبيط الانزيمي. تضمنت هذه المراجعة معلومات أساسية حول التسخين الأومي وآلية عمله. كذلك فوائده ومساوئه، إضافة الى تأثيره في خصائص الجودة للأغذية (التثبيط المايكروبي والانزيمي) وأيضاً تأثيره في المركبات المضادة للأكسدة وتصنيع بعض الأغذية مثل البسترة والاستخلاص. أن التسخين الأومي هو عملية حرارية متقدمة حيث يتحول الغذاء الموجود بين الأقطاب الى مقاومة كهربائية عندما يمر به تيار كهربائي متناوب ونتيجة لذلك يسخن الغذاء. يعتمد التسخين الأومي بشكل مباشر على التوصيل الكهربائي الذي يزداد مع زيادة درجة الحرارة، وكذلك المسافة بين الأقطاب ومساحة الأقطاب وفرق الجهد والاملاح الموجودة في الغذاء والمحتوى الرطوبي. خلصت الدراسة الى امكانية عمل التسخين الأومي على زيادة تثبيط الانزيمات والاحياء المجهرية وزيادة نسبة الاستخلاص وزيادة سرعة درجة حرارة التخمير بشكل أكبر (معدل التسخين كبير) مقارنة بالتسخين التقليدي. كذلك يعمل على تحسين الصفات الحسية واللون مقارنة بالتسخين التقليدي.

الكلمات المفتاحية: تصنيع أغذية، التثبيط المايكروبي، التوصيل الكهربائي.

Systematic Review of Food Processing by Ohmic Heating and Recent Developments

Abstract: The present review aimed to investigate the applications of ohmic heating in food processing and its effect on the microorganisms, bioactive compounds and enzymatic inhibition. It includes fundamental information on the principles of ohmic heating and its operational mechanism. It also discusses its advantages and disadvantages, in addition to its effect on the quality properties of food (microbial and enzymatic inhibition). It also examines its effect on antioxidant compounds and the processing of some foods such as pasteurization and extraction. Ohmic heating (OH) is an advanced thermal process in which food is placed between the electrodes and turns into electrical resistance when alternating electric current passes through it as a result heats the food. Ohmic heating directly depends on the electrical conductivity that increases with increasing temperature, as well as the distance between the electrodes, the area of the electrodes, the potential difference, salts present in the food and the moisture content. Ohmic heating increases the inhibition of enzymes and microorganisms, increases the extraction rate and increases the speed of the fermentation temperature more (the heating rate is high) compared to conventional heating. It also improves organoleptic properties, including color, relative to conventional heating.

Keywords: food processing, microbial inhibition, electrical conductivity

Atheer A. Al-Mutury, Email:
atheerengineer85@gmail.com
, Department of Food Science,
College of Agriculture, Uni-
versity of Basrah, Basrah,
Iraq.

Corresponding author: Sabah
M.H. Al-Shatty E-mail:

sabahalshatty@gmail.com
Department of Food Science,
College of Agriculture, Uni-
versity of Basrah, Basrah,
Iraq.

Asaad R.S. Al-Hilphy E-mail:
aalhilphy@yahoo.co.uk
, Department of Food Science,
College of Agriculture, Uni-
versity of Basrah, Basrah, Iraq.

Received:
06.04.2024

Accepted:
31.08.2025

Publish online:



المقدمة

يعد التسخين الأومي عملية حرارية متقدمة اذ يتحول الغذاء الموجود بين الأقطاب الى مقاومة كهربائية عندما يمر به تيار كهربائي متناوب ونتيجة لذلك يسخن الغذاء (Al-Hilphy وآخرون، 2023). يتم توزيع الحرارة داخل الغذاء بالتساوي وبسرعة وليكومن التلجداخل إلى الخارج، على عكس استخدام الأسطح الساخنة التقليدية التي يكون فيها اتجاه التسخين من الخارج إلى الداخل ببطء (Shirsat وآخرون، 2004؛ Icier و Ilicali، 2005؛ Leizeron و Shimoni، 2005). كما أن تقنية التسخين الأومي صديقة للبيئة (Sakr و Liu، 2014). يعتبر التسخين الأومي (OH) تقنية ناشئة تستخدم في هندسة العمليات الغذائية، مثل الاستخلاص، والتجفيف المسبق، وإنتاج معجون الطماطم، والبسترة، والتعقيم، والتبخير، ومعالجة نفايات الغذاء. الطاقة المستهلكة واستهلاك الطاقة النوعي (SEC) وتكاليف الطاقة بواسطة OH أقل من التسخين التقليدي. علاوة على ذلك، ان معدل التسخين وكفاءة الطاقة أعلى من التسخين التقليدي. يمكن استخدام OH مع تقنيات أخرى (تقنية العقبات) لتعزيز معدات تصنيع الأغذية وجودة الأغذية. OH يثبط الأحياء المجهرية الموجودة في الأغذية ويزيد من مدة صلاحيتها. واحدة من مشاكل OH هي دنترة بروتين الشرش بجهد يزيد عن 80 فولت، ومعدل التسخين باستخدام OH بطيء في الغذاء منخفض التوصيل (Al-Hilphy وآخرون، 2023a) تقنية OH مناسبة بشكل خاص للأغذية السائلة واللزجة بسبب موصليتها الكهربائية المناسبة (Sakr و Liu، 2014).

أشار Al-Hilphy و Khaneghah (2024) ان لتقنية التسخين الأومي تطبيقات عدة مثل التركيز، التجفيف، الاستخلاص، تقطير الماء، استخلاص المركبات الفعالة، السلق، الاذابة، البسترة والتعقيم، والتثبيط المايكروبي والأنزيمي وجلتنة النشا والتخمير ذكر Kim وآخرون (2017) ان تقنيات معالجة الاغذية التي تستهدف المخاطر الميكروبية قد تحسنت بمرور الوقت اذ استخدمت التداخلات الحرارية مثل الضغط العالي والبلازما الباردة في قتل وتثبيط مسببات المرضية (Rosello-Soto وآخرون، 2018) وفضلا عن ذلك فان التقنيات الحرارية المتقدمة مثل التسخين الأومي، المايكروويف، الترددات الراديوية تستخدم على نطاق واسع بسبب استخدامها للتسخين الحجمي السريع (Tola و Ramasway، 2018). زاد في الآونة الأخيرة الطلب على تقنية التسخين الأومي وذلك لأنها سريعة ولا تحتاج الى وسط لنقل الحرارة (عثمان وآخرون، 2021). هدفت المراجعة الحالية الى التحري عن تطبيقات التسخين الأومي في تصنيع الأغذية وتأثيره في الصفات النوعية للأغذية.

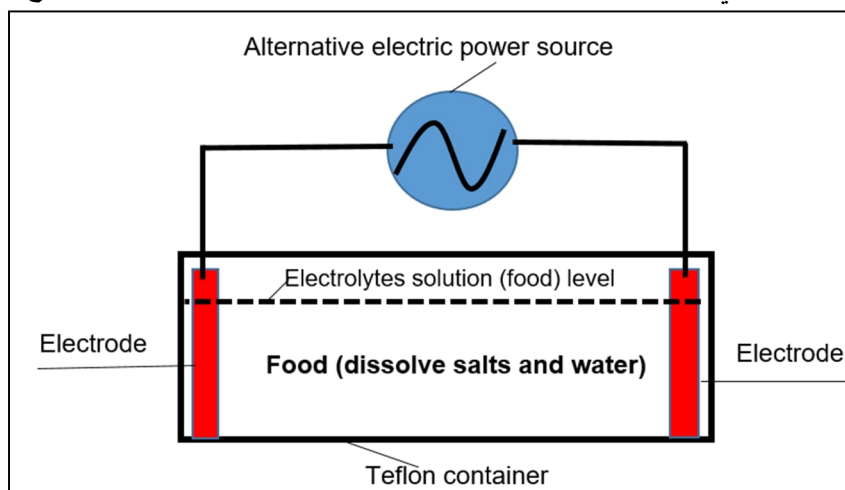
التسخين الأومي Ohmic heating

التسخين الأومي هو عملية مرور التيار الكهربائي خلال المادة الغذائية وتوليد الحرارة بداخلها (Guo وآخرون، 2017) ان الأساس العلمي للتسخين الأومي هو عند مرور التيار الكهربائي المتناوب عبر الاغذية، فانه يسبب حركة الأيونات التي ينتج عنها تصادمًا مع بعضها البعض، مما يؤدي إلى تسخين المنتج وتتحول الاغذية إلى مقاومة كهربائية، وتولد الحرارة بداخله بشكل لحظي وحجمي نتيجة حركة الأيونات. تعتمد كمية الحرارة على التيار والجهد والمجال الكهربائي والتوصيل الكهربائي للأغذية (Al-Hilphy وآخرون، 2023a؛ Kumar وآخرون، 2018؛ Al-Hilphy وآخرون، 2018).

التوصيل الكهربائي Electrical conductivity

يعد التوصيل الكهربائي من أهم الخصائص التي تؤثر على عملية التسخين الأومي كما ان التوصيل الكهربائي يعتبر العامل الرئيسي في تصميم نظام OH الفعال (Kaur و Singh، 2016) التوصيل الكهربائي هو حركة الشحنات عبر وسيط (Al-Hilphy وآخرون، 2018)، وهو خاصية مهمة تؤثر على عملية OH (Palaniappan و Sastry، 1991). يعتمد التسخين

الأومي على نوع المادة الأساسية. اد معالجتها ومحتوى الرطوبة وتركيز الأيونات. تزداد الايصالية الكهربائية خطيًا مع توصيل المواد الغذائية الصلبة والسائلة، والتي تتأثر بدرجة الحرارة والجهد والتركيز. تتناسب درجة الحرارة عكسيا مع تركيز المواد الغذائية.



شكل (1). مبدأ عمل التسخين الأومي (Al-Hilphy et al., 2023)

تزداد الموصلية الكهربائية خطيًا مع محتوى الماء ودرجة الحرارة، وتكون الاغذية الصلبة أكثر مقاومة للتوصيل الكهربائي (Kumar وآخرون، 2014). عندما يمر التيار المتردد عبر الاغذية، فإنه يحول الكهرباء إلى حرارة (Shimoni و Leizeron، 2005). ذكر (Al-Hilphy وآخرون، 2020)، ان التوصيل الكهربائي لخليط قشور الحنطة والماء بلغ 2.02 S/m عند شدة مجال كهربائي 4.28 فولت/سم وانخفضت إلى 1.02 S/m عند زيادة شدة المجال الكهربائي إلى 15.71 فولت/سم . يمكن للمركبات الأيونية مثل الأحماض والقواعد أن تساعد أيضًا في زيادة التوصيل الكهربائي، ولكنها قليلة في المركبات غير القطبية مثل الدهون. لذلك، فإن قيمة التوصيل الكهربائي للمادة ليست ثابتة (Rezaharsanto و Indiarito، 2020). يتم التعبير عن الايصالية الكهربائية $\text{electrical conductivity}$ بوحدة سيمنز لكل متر (S/m) (Sakr and Liu, 2014) بشكل عام، يتم نقل الطاقة الكهربائية إلى أجزاء مختلفة من الاغذية باستخدام التسخين الأومي. يتم إنتاج الحرارة بكميات كبيرة، مما يعطي فرصة كبيرة لتسخين الأغذية الصلبة والسائلة بنفس المعدل (Bender وآخرون، 2019).

تأثير التسخين الأومي على جودة المنتجات الغذائية: أولت المعاملات الحديثة للأغذية اهتمامًا كبيرًا بمعاملة الاغذية بالتقنيات الكهربائية (Müller وآخرون، 2020)، بما في ذلك التسخين الأومي. توفر هذه التقنية تسخينًا سريعًا وموحدًا وتنتج أضرارًا حرارية أقل للأغذية. لذلك، يمكن تصنيع منتجات عالية الجودة بأقل قدر من التغيرات الفيزيائية أو التغذوية أو الحسية كنتيجة لوقت المعاملة القصير. تلعب الخصائص الكهربائية والفيزيائية الحرارية والريولوجية للأطعمة دورًا مهمًا في التسخين المنتظم. من الضروري الإشارة إلى أهمية التفاعلات الكهروكيميائية المحتملة على سطح التلامس بين الاغذية والأقطاب وكذلك التأثيرات غير الحرارية المحتملة للمجال الكهربائي التي تعتمد على ظروف المعالجة (Jaeger وآخرون، 2016). أن المجال الكهربائي للتسخين الأومي يمكن أن يتسبب في احداث تغيرات مختلفة في الجودة والعمليات البيولوجية للغذاء، مثل تثبيط الإنزيمات والاحياء المجهرية، وتدهور المركبات الحساسة للحرارة، والتغيرات في أغشية الخلايا، واللزوجة، ودرجة الحموضة، واللون، والخصائص الريولوجية (Singh و Kaur، 2016).

جدول: (1). تطبيقات التسخين الأومي في التصنيع الغذائي

المصدر	النتائج العامة	الوقت (دقيقة)	درجة الحرارة (م)	الايصالية الكهربائية	التطبيق
(الحلبي وآخرون 2012)	عدم ظهور الاسمرار في الحليب المبستر على 80 فولت مقارنة بالبسترة عند 220 فولت و 110 فولت الذي كان الاسمرار واضحاً في الحليب وبالإضافة إلى ظهور الروائح غير المرغوب فيها. ازداد التوصيل الكهربائي والتيار مع زيادة درجة الحرارة في التسخين الأومي عند 80 , 110 فولت وانخفض مع زيادة درجة الحرارة عند 220 فولت.	15s	72	0.40-0.34 S/m	بسترة الحليب
(Al-Hilphy, 2014)	تتراوح معدل التسخين من 2.93-1.157 °م/دقيقة. كان إنتاج الزيت العطري 1.64 و 1.90 و 2.19 و 1.36% على التوالي. أيضاً، الطاقة كان استهلاك الزيت العطري باستخدام OHHD عند 60 و 70 و 80 فولت أقل بكثير ($p < 0.05$) من HD. كذلك، كانت القدرة المجهزة عند استخدام OHHD أقل من HD.	230-100	100-99	1 S/m	استخلاص الزيت العطري
(Suebsiri et al., 2019)	لم تظهر فروقات معنوية في محتوى البروتين، الحموضة الكلية والوزن النوعي	30	25-65	0.635-1.230 S/m	بسترة الحليب
(Supratomo et al., 2019)	درجة حرارة التخمر للكاكاو كانت سريعة مقارنة بالتسخين التقليدي	9.3, 13, 17	40, 45, 50	5, 97 V/cm	تغيير الكاكاو
(Pereira et al., 2020)	تقليل حساسية بروتينات المناعة	15 1 s 30	72.5 90 65	4 V/cm	بروتينات المناعة
(Rocha et al., 2020)	تحسين الخواص الحسية للجبن الناتج	15 s	72-75	4-12 V/cm	جبنه مناسب فريشكال

مميزات التسخين الأومي: يتميز التسخين الأومي بتجانس الحرارة داخل المادة الغذائية وعدم حصول حرق للمنتج لان سطح الغذاء لن يكون ساخناً وبالتالي عدم تدهور المنتج وسرعة في التسخين. إضافة الى كفاءة عالية في انتقال الحرارة والمحافظة على القيمة الغذائية واللون للأطعمة (Singh و Patel و 2018).

جدول:(2). تأثير التسخين الأومي على نوعية المنتجات الغذائية

المصدر	تأثير التسخين الأومي	الظروف	الغذاء
(Abdelmaksod <i>et al.</i> ,2018a)	تنشيط انزيم بولي فينول او كسيديز بنسبة 90 %	40 V/cm, 80 C and holding time for 60 s	عصير المانجو
(Kumari <i>et al.</i> ,2016)	نسبة استخلاص الزيت عالية	600, 750 and 900 V/m	زيت السمسم
(Yildiz-Turp <i>et al.</i> ,2013)	تحسين الصفات الحسية واللون مقارنة بالطريقة التقليدية	0.8 S/m and 1.6 S/m	اللحوم ومنتجاتها
(Pereira <i>et al.</i> ,2016)	استخلاص المركبات الفينولية بكميات كبيرة	15 V/cm and 30 V/cm	البطاطا الحلوة
(Funcia <i>et al.</i> ,2020)	تنشيط انزيم بكتين استيريز بصورة عالية مقارنة بالطريقة التقليدية	32–36 V/cm, 60–90 C, holding times 0–200 s	عصير البرتقال المبستر

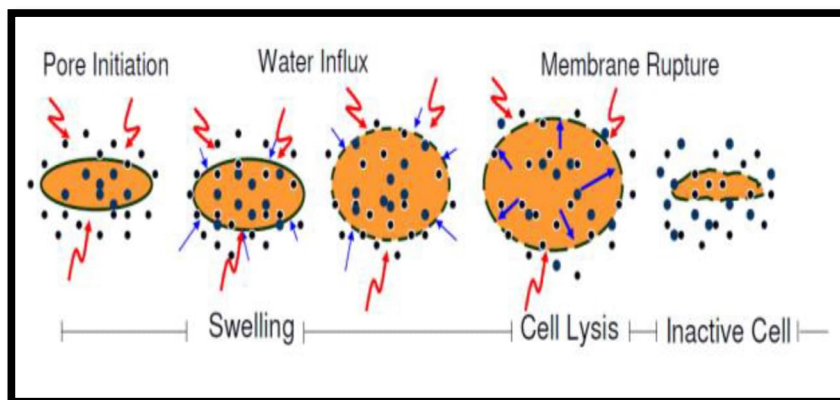
V/cm: فولت/سم، S/m: سيمنز/م، S: ثانية.

مساوى التسخين الأومي: من عيوب التسخين الأومي التكلفة الأولية لإنشاء أنظمة التسخين الأومي أعلى من طرق التسخين التقليدية. كذلك الأغذية التي تحتوي على حبيبات دهنية لا تسخن بشكل فعال بالتسخين الأومي لأنها غير موصلة بسبب قلة الماء والأملاح. أيضا تآكل الاقطاب الكهربائية بسبب التفاعلات الكهروكيميائية ولغرض منع التآكل في الاقطاب اقترح Lee وآخرون (2013) استخدام موجات نبضية عالية التردد واقطاب مصنوعة من التيتانيوم - بلاتين.

تأثير التسخين الأومي في التنشيط المايكروبي في الاغذية: تنتشر العديد من الأمراض الانتقالية عن طريق الأغذية في جميع أنحاء العالم على الرغم من التطور المستمر لتكنولوجيا الغذاء (Kang و Kim، 2016)، ومعالجة المنتجات الغذائية في درجات حرارة عالية لضمان سلامتها الميكروبية، إلا أن الضرر الحراري يحدث تغيرات في النكهة والقوام والطعم والعناصر الغذائية. لذلك، وجدت الدراسات الحديثة أن تقنيات المعالجة الحرارية المتقدمة تلعب دورًا حيويًا في منع تلف الأغذية المصنعة والقضاء على الاحياء المجهرية مثل البكتيريا وسبوراتها (Mercali وآخرون، 2015). درس Kumar وآخرون، (2014) تأثير التسخين الأومي على العدد الكلي للبكتيريا، الاغفان، الخمائر، بكتيريا القولون والسالمونيلا في حليب الجاموس تحت ظروف حرارة مطابقة وظهرت النتائج ان المحتوى المايكروبي عند استخدام التسخين الأومي كانت اقل مقارنة عند استخدام طريقة التسخين التقليدية وقد تم قتل بكتيريا السالمونيلا بالكامل مقارنة بالنماذج المعاملة بالطريقة التقليدية .

الية تنشيط المايكروبات باستخدام التسخين الأومي: يتم تنشيط فعالية الاحياء المجهرية بواسطة التسخين الأومي من خلال تلف الغشاء الخلوي للاحياء المجهرية بفعل التأثير الحراري وغير الحراري للصعق الكهربائي حيث تبدأ الخلية بالانتفاخ الى الحد الذي

تصل فيه الى الانفجار وخروج مكونات الخلية وبنفس الوقت فان زيادة الرطوبة تعمل على زيادة التوصيل الكهربائي والانتشار عبر (Fellows، 2017 وآخرون، 2014؛ Varghese) غشاء الخلية مؤدية الى هلاك الاحياء المجهرية



شكل: (2). آلية تثبيط الفعالية المايكروبية باستخدام الصق الكهربائي (Tsong,1990)

العوامل المؤثرة على التثبيط المايكروبي بالتسخين الأومي

تشمل العوامل شدة التيار وشدة المجال الكهربائي والتردد ووقت المعاملة ودرجة الحرارة ونوع ومرحلة نمو الاحياء المجهرية (Sun وآخرون، 2008) يلخص جدول (3) تأثير التسخين الأومي على التثبيط المايكروبي في الأغذية.

جدول: (3). تأثير التسخين الأومي على الفعالية المايكروبية في بعض المنتجات الغذائية

المنتج الغذائي	الاحياء المجهرية	ظروف المعاملة	تأثيرات التسخين الأومي	المصدر
اللحوم	<i>Listeria innocua</i>	50 Hz, 8.33 V/cm, 95 C, 7 min	تثبيط البكتريا	(Zell <i>et al.</i> ,2010)
عصير التفاح	<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i> Spores	25 kHz; 26.7 V/cm; 100 C; 30 s	تثبيط كلي للبكتريا	(Kim <i>et al.</i> ,2017)
معجون الطماطم المركز	<i>Salmonella typhimurium</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	13.4 V/cm, 60– 63C, for 190–250 s	انخفاض لوغاريتم الاعداد البكتيرية الكلية	(Park , <i>et al.</i> ,2017)
مربي الكرز	<i>Bacillus licheniformis</i>	50 Hz	انخفاض لوغاريتم العدد البكتيري الكلي مقارنة بالطريقة التقليدية	(Kumari <i>et al.</i> , 2016)

تأثير التسخين الأومي على المركبات الفعالة حيويًا: يعد التسخين الأومي معاملة حرارية بديلة ويكون أقل تأثيرًا على المركبات الفعالة حيويًا مقارنة بالعمليات الحرارية التقليدية، والمركبات الفعالة حيويًا هي مكونات ذات قيمة عالية بسبب أهميتها الغذائية وعلاقتها بصحة الإنسان. لذلك فإن الحفاظ على هذه المركبات أثناء المعاملة الحرارية مثل الغليان والبسترة والتعقيم من أصعب التحديات في صناعة الأغذية (Jafari و Salari، 2020). تؤدي درجة الحرارة المرتفعة إلى فقدان بعض المركبات الفعالة ولغرض تحديد درجة الحرارة المناسبة لعملية ما ، يوصى بشدة باستعمال أعلى درجة حرارة تحافظ على هذه المركبات الفعالة الفعالة من التلف (Jatau وآخرون، 2018)، درس Somavat (2011) تأثير التسخين الأومي على الكاروتينات (كاروتين والليكوبين) ، المركبات الفينولية (الأحماض الفينولية، النارينجين، الكيرسيتين، والفلافونويد الكلي) ، وحامض الأسكوربيك في عصير الطماطم الطازج. أظهرت النتائج أن التسخين الأومي لم يؤثر على كمية الكاروتينات والمركبات الفينولية في عصير الطماطم. لم يتسبب التسخين الأومي أيضًا في أي انخفاض في كمية البيتا كاروتين والليكوبين والأحماض الفينولية والكيرسيتين عند درجات حرارة 95 و 100 و 105 و 110 درجة مئوية على التوالي، وأكد ثباتية اللايكوبين عند قيمة أس هيدروجيني 3.9 ودرجات حرارة تصل إلى 90 و 95 و 100 و 105 درجة مئوية على التوالي. علاوة على ذلك، يمكن أن يحافظ التسخين الأومي بنجاح على حامض الأسكوربيك وحامض داي هايدروكسي أسكوربيك عند معالجته بدرجة حرارة 90 درجة مئوية. أكدت الدراسة أيضًا قدرة التسخين الأومي على المحافظة على مستوى عالي للنارينجين مقارنة بالعينات غير المعاملة.

جدول: (4). تأثير التسخين الأومي على المركبات الفعالة حيويًا

المصدر	تأثيره على المركبات الفعالة ،محتوى الفينولات والفعالية المضادة للاكسدة	الظروف	الغذاء
(Abdelmaksoud <i>et al.</i> , 2018b)	زيادة المحتوى الكلي للفينولات بنسبة 5.4% مقارنة بالطريقة التقليدية 2.5%	30, 35 and 40 V/cm, 60 Hz frequency; 60, 70 and 80 C	عصير التفاح
(Coelho <i>et al.</i> , 2019)	تحسن في استخلاص الفينولات المتعددة بنسبة 77% مقارنة بعينة السيطرة المعاملة بالطريقة التقليدية	4, 6 and 11 V/cm, 0–100 C for 30 min	منتجات الطماطم
(Sakulchuthathip <i>et al.</i> , 2017)	انخفاض وقت الاستخلاص من 45 دقيقة إلى 3 ساعة مقارنة بالتقطير المائي. ولم تظهر فروقات معنوية في مضادات الأكسدة المستخلصة مقارنة بالتقطير المائي.	11.5 V/cm, 100 C and followed by 5.3 V/cm, 45 min	الثوم

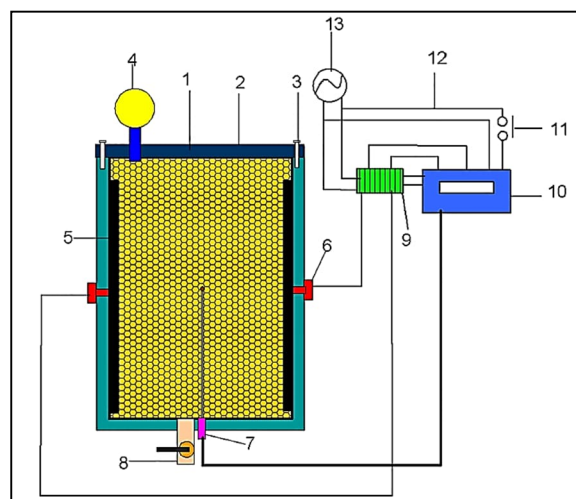
min: دقيقة، V/cm: فولت/سم، Hz: هيرتز.

تأثير التسخين الأومي على تثبيط الإنزيمات في الأغذية: الإنزيمات عبارة عن بروتينات تسرع تلقائيًا التفاعلات الكيميائية وتعتبر محفزًا حيويًا (Mäntsälä و Jarmo، 2009)، يقلل وجود الإنزيمات بشكل كبير من العمر الافتراضي للفواكه والخضروات (Terefe وآخرون، 2014) لذلك ، يجب التحكم في النشاط الأنزيمي في الأغذية خلال مراحل المعاملات الحرارية للتخلص من آثارها الضارة على خصائص الجودة مثل إنتاج النكهات غير المرغوب فيها ، والتغيرات في الخصائص الريولوجية، واللون (Vicente وآخرون، 2014) لذلك تأتي التقنيات الكهربائية وما لها من أهمية كبيرة في معاملة وحفظ الأغذية من التغيرات الفيزيائية والحسية، والحفاظ على خصائص الإنزيمات والقدرة على التحكم في ظروف المعاملة بدقة (Kostelac وآخرون، 2020) تناولت العديد من الدراسات تأثير التقنيات الكهربائية على تثبيط الإنزيمات في الأغذية، ولفهم الآلية وجد (Han وآخرون، 2019) أن هناك صلة قوية بين الأنشطة الأنزيمية وبنيتها ثلاثية الأبعاد. إذ يتم فصل الشقوق الوظيفية في البروتينات والتي

ترتبط بالفصل المشحون باستخدام المعاملات الكهربائية التكنولوجية. ومع ذلك، فقد أوضح Poojary وآخرون (2021)، أوضح هناك المزيد لاكتشافه حول آلية التقنيات الكهربائية. فيما يتعلق بتنشيط الإنزيمات ذكر عدد من الباحثين أن الطاقة الكهربائية ارية المطبقة في معاملة الاغذية بشكل فردي أو متبادل، تؤثر على التركيب الأنزيمي وتغير وظائفه (Tappi وآخرون، 2019؛ Han وآخرون، 2019) درس Saxena وآخرون (2016) تأثير التسخين الأومي على انزيم بولي فينول أوكسيداز في عصير قصب السكر على ثلاثة مستويات من المجال الكهربائي (24، 32، 48 فولت / سم) وأربع درجات حرارة (60-90 درجة مئوية) مع فترة زمنية 5-20 دقيقة. كان هناك انخفاض بنسبة 97.8 % في نشاط الإنزيم عند درجة حرارة 60-90 درجة مئوية مع زيادة في المجال الكهربائي. درس Li وآخرون (2019) إمكانية التسخين الأومي لمنع التلون البني الإنزيمي البني وتأثيره على جودة عصير الكستناء باستخدام مجالات وترددات كهربائية مختلفة ويمكن أن يزيد التسخين الأومي من فعالية إنزيم البيروكسيداز ثم يبدأ النشاط في الانخفاض بسرعة وكلما زادت الايصالية الكهربائية، لوحظ هناك تنشيط الإنزيم بشكل أكبر. وجد (Makroo *et al.*, 2017) أن معاملة عصير الطماطم باستخدام التسخين الأومي لمدة دقيقة واحدة عند 90 درجة مئوية كانت كافية لتنشيط إنزيم البكتين ميثيل استريز والبولي كالاكتورونيز، بينما تتطلب المعاملة التقليدية عند نفس درجة الحرارة 5 دقائق للحصول على نفس تنشيط الإنزيمات. درس، (Li *et al.*, 2015) تأثير التسخين الأومي على نشاط انزيم اليوريز في حليب الصويا في مجال كهربائي مقداره (160-220) فولت وتردد 10-50 كيلو هرتز وقد أظهرت الدراسة أن المجال الكهربائي كان قادرًا على تنشيط نشاط هذا الإنزيم.

الاستخلاص بمساعدة التسخين الاومي

استخلاص المركبات الفعالة: استخلص Al-Hilphy وآخرون (2020) المركبات النشطة بيولوجيا بواسطة التسخين الاومي (شكل 3) ووجدوا ان التسخين الاومي وفر 63% من استهلاك الطاقة مقارنة بطريقة الاستخلاص التقليدية. أيضا، فإنه أنتج مستخلصات بكميات عالية من المركبات النشطة بيولوجيا (110-460 جزء في المليون من الفينولات الكلية) الفعالية المضادة للأكسدة أعلى (فعالية مضادات الأكسدة بنسبة 56-84%) من تلك الموجودة في المستخلص الذي تم الحصول عليه بواسطة الطريقة التقليدية.

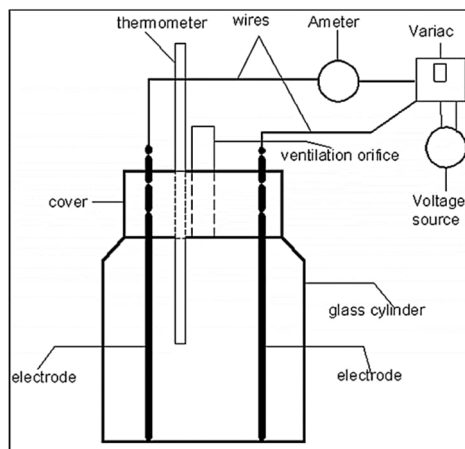


شكل (3): مخطط لاستخلاص مضادات الأكسدة بالتسخين الاومي (Al-Hilphy *et al.*, 2020) (1: غطاء الاسطوانة، 2: عينة، 3: برغي، 4: مقياس الضغط، 5:

قطب كهربائي، 6: برغي، 7: مزدوج حراري، 8: صمام، 9: موصل، 10: مقياس درجة الحرارة الرقمي، 11: مفتاح تشغيل، 12: توصيل الأسلاك، 13: امدادات الطاقة.

استخلص Al-Hilphy وآخرون (2015) المركبات الفينولية بالتسخين الاومي (شكل 4) على درجة حرارة 80 مئوي ووجدوا ان المستخلص المعامل عند 20 فولت/سم كان الأفضل في محتوى المركبات الفينولية والفعالية المضادة للاكسدة. كما بينت النتائج

أن المركبات ذات ان الجزيئات المنخفضة (أقل من 1000) هي المسؤولة عن درجة النشاط المضاد للأكسدة وتأثيرها أكبر من عالية الوزن الجزيئي (أكثر من 1000). مستخلص المعاملة 20 فولت/سم قدرتها اعلى على إعاقه الأكسدة الذاتية لزيت الزيتون بتركيز 0.25% لمدة تخزين 25 يوم.



شكل: (4). منظومة استخلاص مضادات الاكسدة بالتسخين الاومي (Al-Hilphy *et al.*, 2015).

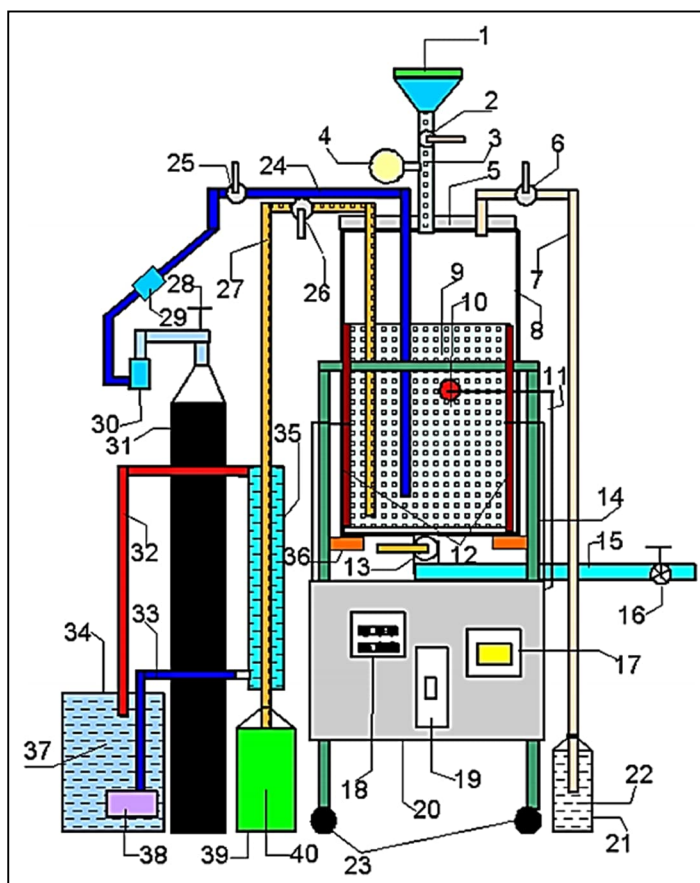
استخلاص الزيوت العطرية: قام Al-Hilphy (2014) باستخلاص الزيوت العطرية من نبات القرنفل بمساعدة التسخين الاومي (شكل 5). وجد الباحث ان استهلاك الطاقة لاستخلاص الزيت العطري بالتسخين الاومي كانت اقل من التسخين التقليدي بمقدار 50% تقريبا. كما ان حاصل الزيت كان 2.2% بينما بلغ بالتسخين التقليدي 1.47%. أيضا عامل الأداء عالي جدا في التسخين الاومي اذ يصل الى 99% وهذا يشير الى تحويل اغلب الطاقة الكهربائية الى حرارة.



شكل: (5). جهاز استخلاص زيت القرنفل بالتسخين الاومي (Al-Hilphy, 2014).

استخلاص الاحماض الامينية: صمم Kadem وآخرون (2023) جهاز جديد لاستخلاص الاحماض الامينية بالماء تحت الحرج والتسخين الاومي معا من مخلفات الدواجن عند درجة حرارة 140 م (شكل 6). الزمن اللازم للوصول الى درجة حرارة 140 مئوي باستخدام الماء تحت الحرج والتسخين الاومي عند شدة مجال كهربائي 7.14 و 8.57 فولت/سم ، كان أقل من التسخين التقليدي بمقدار 17 و 75% ، على التوالي. كما وجدوا ان أقل استهلاك للطاقة المحددة كان 403.68 كيلو جول / كجم وهو أقل

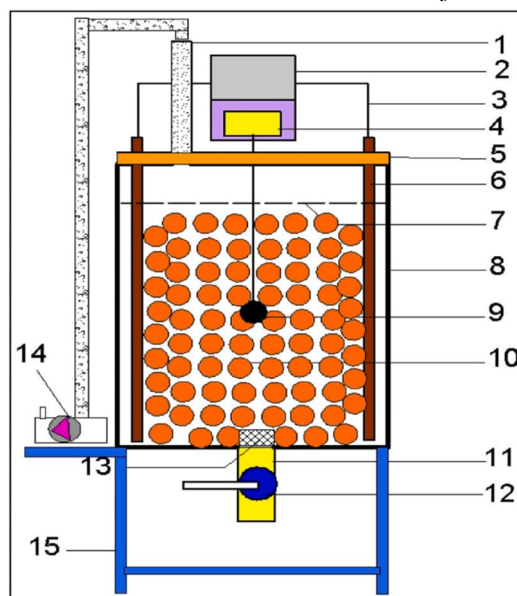
بنسبة 59.22% من التسخين التقليدي. أعلى معدل للطاقة 93.88% عند شدة مجال كهربائي 8.57 فولت/سم والتي كانت متفوقة على التسخين التقليدي بمقدار 47.13%. إجمالي الأحماض الأمينية المسترجعة بواسطة الماء تحت الحرج والتسخين الأومي عند شدة مجال كهربائي 8.57 فولت/سم أعلى من التسخين التقليدي بمقدار 70.48%. ان الماء تحت الحرج والتسخين الأومي عند شدة مجال كهربائي 5.71 فولت/سم أسفرت عن أقصى كفاءة استرجاع للأحماض الأمينية (79.40%) بينما بلغت 15.48% للتسخين التقليدي. إلى جانب ذلك، فإن نتائج محلل الأحماض الأمينية (AAA) أظهر أن الأحماض الأمينية المستردة تشمل الاسبرجين، سيرين، جلوتامين، كلايسين، ثريونين، هيسثيدين، سيستين، ألانين، أسبارتيك، تريبتوفان، أرجينين، تيروزين، فالين، ميثيونين، إيزولوسين، ليوسين، وفينيل ألانين.



شكل (6). جهاز استخلاص الأحماض الأمينية بالماء تحت الحرج والتسخين الأومي معاً (Kadem *et al.*, 2023)

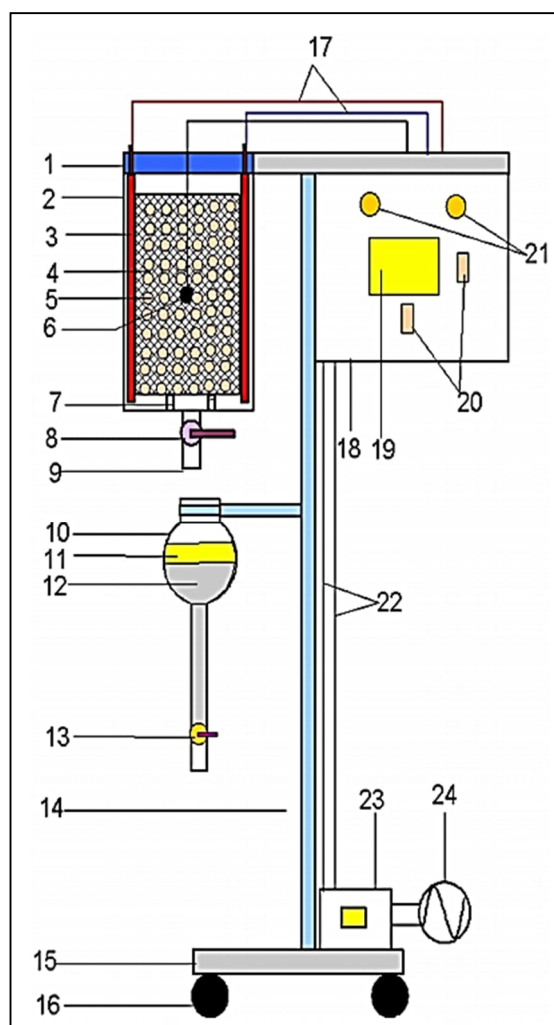
1. قمع، 2. صمام، 3. الأنابيب، 4. مقياس الضغط، 5. تغلون، غطاء، 6. صمام، 7. أنبوب، 8. تغلون، اسطوانة، 9. الماء والبروتين، 10. مزدوج حراري، 11. سلك، 12. اقطاب، 13. صمام، 14. الهيكل، 15. الأنابيب، 16. صمام، 17. مقياس درجة الحرارة الرقمية، 18. موصل، 19. مفتاح، 20. لوحة السيطرة، 21. حاوية، 22. المياه، 23. الإطارات، 24. أنابيب من الفولاذ المقاوم للصدأ، 25. صمام، 26. صمام، 27. أنبوب، 28. صمام، 29. مقياس معدل الجريان متر، 30. موزع، 31. اسطوانة غاز CO₂، 32. الأنابيب البلاستيكية للمياه الساخنة، 33. أنبوب بلاستيكي للمياه الباردة، 34. حاوية، 35. مبادل حراري، 36. قاعدة، 37. ماء بارد، 38. مضخة غاطسة، 39. حاوية لجمع المنتج، 40. المنتج.

استخلاص وتبخير الدبس: صمم Al-Hilphy وآخرون (2023b) منظومة لاستخلاص وتبخير الدبس من التمر بمساعدة التسخين الاومي. استخدم الباحثين منهجية سطح الاستجابة لتحسين الحاصل، ووجدوا أن الوقت اللازم للوصول إلى درجة غليان التمر وخليط الماء باستخدام التسخين الاومي كان أقل من التسخين التقليدي بنسبة 80% للاستخلاص و900% للتبخير. بالإضافة إلى ذلك، إنتاجية دبس التمر باستخدام التسخين الاومي كانت عند شدة المجال الكهربائي 11 فولت/سم أعلى من التسخين التقليدي بنسبة 86.11%. أوضح الباحثين انه لا يوجد تأثير معنوي بين الطريقتين عند 11 فولت/سم والتسخين التقليدي في محتوى الرطوبة، معامل الانكسار، الكثافة، TSS، واللزوجة. كان المستوى الأمثل للمجال الكهربائي هو 11.5 فولت/سم، مما أعطى حاصلا أعلى (64.93%). قلل التسخين الاومي الطاقة المستهلكة والتكلفة بشكل كبير. أعطى التسخين الاومي أعلى درجات للخصائص الحسية مقارنة بالتسخين التقليدي. أيضا أشار الباحثين الى انه تم الكشف عن السكريات الكلية والسكريات الأحادية والسكريات المتعددة كانت سالبة لجميع المعاملات. خفض التسخين الاومي التكلفة بنسبة 85.78% مقارنة مقارنة بالتسخين التقليدي.



شكل (7): منظومة استخلاص وتبخير دبس التمر بالتسخين الاومي (Al-Hilphy et al., 2023b)

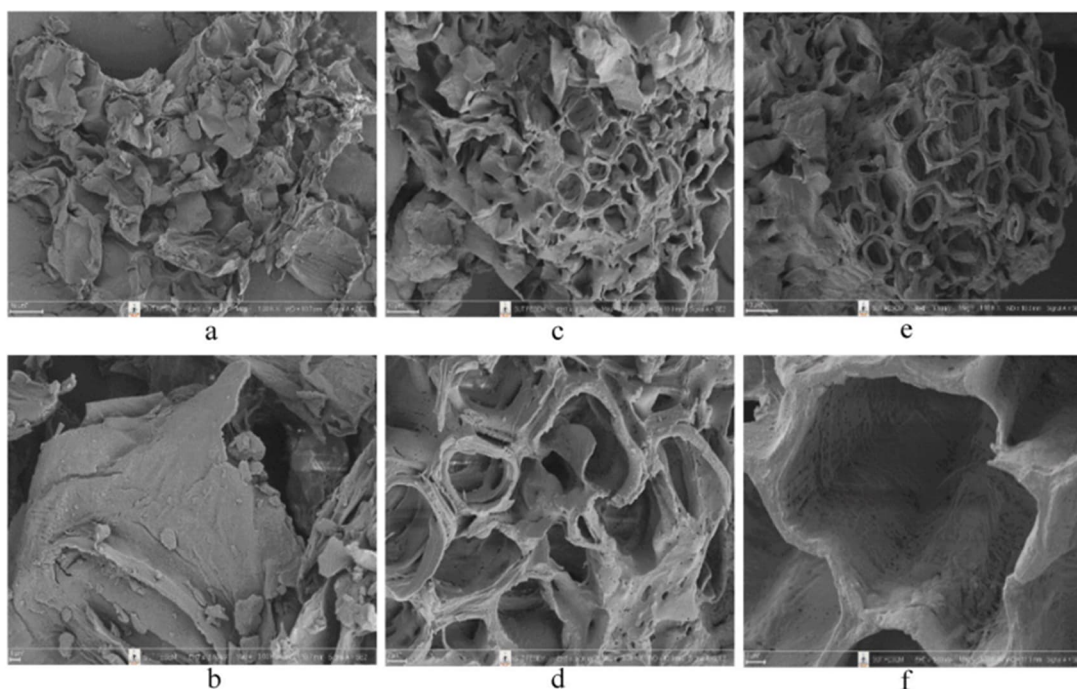
استخلاص الزيت: صمم Al-Hilphy وآخرون (2022). جهاز لاستخلاص الزيت من مخلفات الأسماك بالتسخين الاومي (شكل 8). درس الباحثين تأثير درجة الحرارة (75 درجة مئوية، 85 درجة مئوية، 95 درجة مئوية) وشدة المجال الكهربائي (7، 9، 22 فولت / سم) على المنظومة. أيضا درسوا الأداء والخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيت المستخرج ومقارنتها مع الطريقة التقليدية. إلى جانب ذلك، وجدوا أن معدل التسخين الاومي اعلى من التسخين التقليدي (4.5-51.1 درجة مئوية / دقيقة مقابل 1.0 درجة مئوية / دقيقة). أيضا، استهلاك الطاقة النوعي للتسخين الاومي أقل من التسخين التقليدي بنسبة 94.46%. علاوة على ذلك، أدى استبدال التسخين الاومي بالتسخين التقليدي إلى تقليل وقت الاستخلاص من 72 إلى 30 دقيقة بالمقارنة مع التسخين التقليدي، أدى التسخين الاومي الى تحسين مركبات اللون وتقليل البيروكسيد والأحماض الدهنية الحرة وقيم حامض الثايوباربتيوريك. شدة المجال الكهربائي 22 فولت / سم ودرجة حرارة 95 مئوي أديا إلى أعلى أداء للنظام وإنتاجية الزيت. علاوة على ذلك، زيادة درجة الحرارة وشدة المجال الكهربائي يؤديان الى تحسين الإنتاجية.



شكل: (8). جهاز استخلاص زيوت مخلفات الأسماك بالتسخين الاومي (Al-Hilphy *et al.*, 2022)

1 غطاء اسطوانة، 2 اسطوانة تسخين، 3 اقطاب، 4 مخلفات اسماك، 5 مشبك قماش، 6 مزدوجة حرارية، 7 مسند، 8 صمامات، 9 أنابيب، 10 قمع فصل، 11 طبقة زيت، 12 ماء، 13 صمام، 14 عمود، 15 قاعدة، 16 إطار، 17 سلك، 18 لوحة تحكم، 19 مقياس درجة حرارة، 20 مفتاحان لبدء التشغيل، 21 مصابيح، 22 سلك كهربائي، 23 مبادل جهد، و 24 مصدر طاقة.

تأثير التسخين الاومي في شكل خلايا أوراق الاستيفيا المعاملة: يتضح من صور المجهر الالكتروني الماسح scanning electron microscopic لأوراق الاستيفيا *Stevia rebaudiana* وأوراق الاستيفيا المعاملة بالتسخين الاومي للعينات والموضحة في الشكل 8 (a-f). حيث يتبين من الصور هنالك وجود تغييرات في مساحة سطح جزيئات أوراق الاستيفيا بعد التسخين الاومي وبمسامات أكبر وذات سطوح ناعمة كما في الشكل 8 (c-f)، بينما أظهرت عينات الأوراق غير المعاملة بتموجات محيطية على سطح الجدران الخلوية، وهي واضحة في الشكل 8 (b-a)، بسبب تأثير التنقيب الكهربائي بواسطة التسخين الاومي. تحتوي أوراق *Stevia rebaudiana* على ما يكفي من الرطوبة لتسمح للتيار الكهربائي بالمرور عبر غشاء الخلية ومسامات أكبر وأسطح ملساء لجدران الخلايا (Moongngarm وآخرون، 2022).



شكل (9). صور المجهر الإلكتروني الماسح SEM لأوراق الاستيفيا غير المعاملة (a = 1000x ، b = 3000x) ، أوراق الاستيفيا المعاملة بالتسخين الأومي (e = 1000x ، f =) (E = 200 و MC %30) (c = 1000x ، d = 3000x) (E = 200 و MC %40) وأوراق الاستيفيا المعاملة أوميا (Moongngarm *et al.*, 2022). = E شدة المجال الكهربائي فولت/سم. = محتوى الرطوبة ، MC3000x

تأثير التسخين الأومي في منتجات اللحوم: أظهر تأثير التسخين الأومي على الخصائص التركيبية لقطع لحم الخنزير المجمدة أن اذابة الجليد بالتسخين الأومي سيكون المنتج ذو صلابة أعلى ومرونة أقل من الطريقة التقليدية. أوضح الباحثون أن الجهد المطبق يؤثر على خصائص النسيج للحم المذاب. ووفقاً لذلك، ستكون درجات الحرارة أعلى، زمن مسك أطول ويكون اللحم ذو سطحاً أكثر تجانساً. بالإضافة إلى ذلك، كان اللحم المطبوخ بالتسخين الأومي ذو سطحاً ألطف وأكثر مضغاً من السطح المعامل بالطريقة التقليدية (Singh و Kaur، 2015). يمكن استخدام التسخين الأومي كاستراتيجية تسخين اختيارية للطهي السريع لكرات اللحم. وتبين أن الحرارة الناتجة عن المجال الكهربائي ونقل الحرارة بالحمل الحراري بين كرات اللحم والماء كانت قوية في درجات حرارة العينة أثناء التسخين الأومي (Rebezov وآخرون، 2022).

الاتجاهات المستقبلية: التسخين الأومي هو عملية حرارية عالية الكفاءة في استخدام الطاقة وقد وجدت العديد من التطبيقات المستقبلية الواعدة في الصناعات الغذائية وغيرها من الصناعات. يمكن استخدام التسخين الأومي بمفرده أو بالاشتراك مع تقنيات المعاملات الأخرى. تم تقييم التسخين الأومي بالمقارنة مع التقنيات الحرارية الأخرى لفعاليته. كان الجمع بين التسخين الأومي والتسخين بالأشعة تحت الحمراء أكثر فاعلية لتقليل أعداد الاحياء المجهرية في عينات كرات اللحم (Sengun وآخرون، 2017). أن تطبيق التسخين الأومي للتعقيم والتعبئة المعقمة له ميزات واعدة رئيسية في المستقبل ويمكن تطبيق التسخين الأومي بنجاح كطريقة بديلة للتعبئة التقليدية للحفاظ على الجودة الغذائية للبروتين في أغذية الأطفال النباتية (Mesías وآخرون، 2016) تشير النتائج الحديثة إلى أن شبكات بروتين مصل الحليب يمكن تعديلها عن طريق معالجات التسخين الأومية ويمكن استخدامها كمصفوفة لتضمين كيانات بروبايوتيك (Li وآخرون، 2015). أحد التطبيقات المستقبلية الجديدة للتسخين الأومي هو التقطير المائي الأومي على أساس التسخين الحجمي لتقطير الإيثانول والزيوت الأساسية، والذي يعتبر أفضل من طرق التقطير التقليدية (Mesías وآخرون، 2016).

الاستنتاجات

تم إثبات إمكانيات كبيرة لاستخدام التسخين الأومي كبديل واعد لطرق التسخين التقليدية للعديد من تطبيقات معالجة الأغذية، أن عملية التسخين الأومي تتمتع باحتفاظ الغذاء بالجودة العالية، وكفاءة عالية في استخدام الطاقة، بالإضافة الى كفاءة التسخين الأومي في القضاء على الفعالية المايكروبية، علاوة على ذلك فان التسخين الأومي يحسن من محتوى الغذاء من المركبات الفعالة حيويًا، ويمكن أن تحتوي أجهزة التسخين الأومي على خيارات مبرمجة مسبقًا للأغذية المختلفة التي تعمل على تغيير التردد والجهد ودرجة الحرارة والمدة بضغطة زر واحدة.

يتقدم المؤلفون بالشكر الى قسم علوم الأغذية-كلية الزراعة-جامعة البصرة على توفير المصادر العلمية، كما يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة. هذا وقد قام المؤلف الأول والثاني بكتابة المراجعة، وساهم المؤلف الثالث بمراجعة النسخة النهائية من المخطوطة.

المراجع

- الحلفي، اسعد رحمان سعيد، علي، حيدر ابراهيم ومحسن، غسان فيصل (2012). تصميم وتصنيع جهاز لبسترة الحليب بالتسخين الأومي ودراسة كفاءته. مجلة ابحاث البصرة، 30(4):1-18. <https://www.researchgate.net/publication/18-1-18>
- عثمان، معاذ بدر، الفيفي، بندر عباس، الحلفي، أسعد رحمان وحوياني، علي ابراهيم (2021). التسخين الأومي وتطبيقاته في التصنيع الغذائي. مجلة الغذاء والتغذية. 21 (51): 66-93.
- Abdelmaksoud, T.; Mohsen, S. M.; Duedahl-Olesen, L.; Elnikeety, M. M., and Feyissa, A. H. (2018a). Effect of ohmic heating parameters on inactivation of enzymes and quality of not-from-concentrate mango juice. *Asian Journal of Scientific Research*, 11(3), 383-392. <https://doi.org/10.3923/ajsr.2018.383.392>
- Abdelmaksoud, T.G.; Mohsen, S.M.; Duedahl-Olesen, L.; Elnikeety, M.M., and Feyissa, A.H. (2018b). Optimization of ohmic heating parameters for polyphenoloxidase inactivation in not-from-concentrate elstar apple juice using RSM. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7): 2420–2428. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3159-1>.
- Al-Hilphy, A. R. S. (2014). A practical study for new design of essential oils extraction apparatus using ohmic heating. *International Journal of Agricultural Science*, 4(12): 351-366. <https://www.researchgate.net/publication/270275570>
- Al-Hilphy, A.R.S. (2017). Engineering intervention for extraction of essential oils from plants. **In: Engineering Interventions in Foods and Plants**. Vermaz, D.K., and Goyal, M.R. (Eds.), 1st Edition, Apple Academic Press: Cambridge, MA, USA, 298p. ISBN 978-1-77188-596-6. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781315194677-3>
- Al-Hilphy, A. R., and Khaneghah, A.M. (2024). Ohmic heating design, thermal performance, and applications in food processing. **In: Smart Food Industry: The Blockchain for Sustainable Engineering**. Jacob- Lopes, E. ; Zepka, L. Q. and Depra, M. C.(Eds.), 1st Edition, CRC Press. pp: 273-289. <http://dx.doi.org/10.1201/9781003231059-19>
- Al-Hilphy, A. R.; Al-Rikabi, A. K., and Al-Salim, A. M. (2015). Extraction of phenolic compounds from wheat bran using ohmic heating. *Food Science and Quality Management*, 43:21-28. <https://www.iiste.org>
- Al-Hilphy, A. R.; Al-Musafer, A. M., and Gavahian, M. (2020). Pilot-scale ohmic heating-assisted extraction of wheat bran bioactive compounds: Effects of the extract on corn oil stability. *Food Research International*, 137, 109649. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109649>

Doi: <https://doi.org/10.54172/zg18r718>

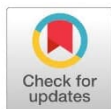
- Al-Hilphy, A. R.; Al-Mtury, A. A. A.; Al-Shatty, S. M.; Hussain, Q. N., and Gavahian, M. (2022). Ohmic heating as a by-product valorization platform to extract oil from carp (*Cyprinus carpio*) viscera. *Food and Bioprocess Technology*, 15(11): 2515-2530. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02897-y>
- Al-Hilphy, A. R.; Altemimi, A. B.; Alkanan, Z. T.; Eweys, A. S.; Haoujar, I.; Cacciola, F., and Abdelmaksoud, T. G. (2023a). Vacuum ohmic heating: A promising technology for the improvement of tomato paste processing, safety, quality and storage stability. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 36(1):214–237. <https://doi.org/10.37077/25200860.2023.36.1.18>
- Al-Hilphy, A. R.; Al-Behadli, T. K.; Al-Mtury, A. A.; Abd Al-Razzaq, A. A.; Shaish, A. S.; Liao, L.; Zeng, X.A., and Manzoor, M. F. (2023b). Innovative date syrup processing with ohmic heating technology: Physiochemical characteristics, yield optimization, and sensory attributes. *Heliyon*. 9 (9), e19583 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19583>
- Bender, D.; Gratz, M.; Vogt, S.; Fauster, T.; Wicki, B.; Pichler, S.; Kinner, M.; Jäger, H., and Schoenlechner, R.(2019) . Ohmic heating-A novel approach for gluten-free bread baking. *Food Bioprocess Technol.*, 12:1603–1613. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02324-9>
- Coelho, M.; Pereira, R.; Rodrigues, A.S.; Teixeira, J.A., and Pintado, M.E. (2019). Extraction of tomato by-products' bioactive compounds using ohmic technology. *Food and Bioprocess Technology*, 117:329–339. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.005>
- Cohen, M. L. (2000). Changing patterns of infectious disease. *Nature*, 406(6797): 762–767. DOI: <https://doi.org/10.1038/35021206>
- Fellows, P.J. (2017). Dielectric, ohmic and infrared heating. **In:** *Food Processing Technology*. Wood Head Publishing. Fourth Edition. pp: 813-844. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100522-4.00019-5>
- Funcia, E.S.; Gut, J.A.W., and Sastry, S.K. (2020). Effect of electric field on pectin esterase inactivation during orange juice pasteurization by ohmic heating. *Food Bioprocess Technol.*, 13: 1206–1214. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02478-x>
- Fung, F., Wang, H. S., and Menon, S. (2018). Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal*, 41(2): 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
- Guo, W.; Llave, Y.; Jin, Y.; Fukuoka, M., and Sakai, N. (2017). Mathematical modeling of ohmic heating of two-component foods with non-uniform electric properties at high frequencies. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 39: 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.11.005>
- Han, Y.; Cheng, J. H., and Sun, D. W. (2019). Activities and conformation changes of food enzymes induced by cold plasma: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59: 794–811. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1555131>
- Icier, F., and Ilicali, C. (2005). Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating. *Food Research International*, 38:1135–1142. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.04.003>
- Indiarto, R., and Rezaharsanto, B. A. (2020). Review on ohmic heating and its use in food. *Int. J. Sci. Technol. Res.*, 9: 485–490. www.ijstr.org
- Jaeger, H.; Roth, A.; Toepfl, S.; Holzhauser, T.; Engel, K.H.; Knorr, D.; Vogel, R.F.; Bandick, N.; Kulling, S.; Heinz, V., and Steinberg, P. (2016). Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods. *Trends Food Sci. Technol.*, 55: 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.007>
- Jakób, A.; Bryjak, J.; Wójtowicz, H.; Illeová, V.; Annus, J., and Polakovič, M. (2010). Inactivation kinetics of food enzymes during ohmic heating. *Food Chem.*, 123: 369–376. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.047>

- Jatau, S.H.; Sokoto, M.A.; Almustapha, M.N.; Muhammad, C.; Dabai, M.U., and Zubairu, A.Y. (2018). Effect of heat on lycopene content of hot peppers (*Capsicum annum*) using various processing temperature. *Int. J. Sci. Eng.*, 14:32–39. doi.org/10.13140/RG.2.2.28174.92481
- Kadem, Z. A.; Al-Hilphy, A. R.; Alasadi, M. H., and Gavahian, M. (2023a). Combination of ohmic heating and subcritical water to recover amino acids from poultry slaughterhouse waste at a pilot-scale: New valorization technique. *Journal of Food Science and Technology*, 60(1): 24-34. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05556-4>
- Kaur, N., and Singh, A. K. (2016). Ohmic heating: Concept and applications-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(14):2338–2351. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.835303>
- Kim, N. H.; Cho, T. J., and Rhee, M. S. (2017). Sodium chloride does not ensure microbiological safety of foods: Cases and solutions. *Advance in Applied Microbiology*, 101: 1–47. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2017.05.001>
- Kim, S. S., and Kang, D. H. (2015). Comparative effects of ohmic and conventional heating for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in skim milk and cream. *Journal of Food Protection*, 78: 1208–1214. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-544>
- Kostelac, D.; Putnik, P.; Markov, K.; Frece, J., and Kovačević, D.B. (2020). Effects of electro-technologies on enzymes in foods and food model systems. *Curr. Opin. Food Sci.*, 31: 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.10.005>
- Kumar, J.P.; Ramanathan, M., and Ranganathan, T.V. (2014). Ohmic heating technology in food processing- A review. *Int. J. Food Eng. Res. Technol.*, 3:1236–1241. www.ijert.org
- Kumar, T.; Smith, D. D.; Kumar, S., and Vimla, B. (2018). Effect of voltage gradient and temperature on electrical conductivity of grape (*Vitis vinifera* L.) juice during ohmic heating. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.*, 7: 1914-1921. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.224>
- Kumari, K.; Mudgal, V.D.; Viswasrao, G., and Srivastava, H. (2016). Studies on the effect of ohmic heating on oil recovery and quality of sesame seeds. *J. Food Sci. Technol.*, 53:2009–2016. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2176-1>
- Lee, S. Y.; Ryu, S., and Kang, D. H. (2013). Effect of frequency and waveform on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* Serovar *Typhimurium* in Salsa by ohmic heating. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79: 10–17. <https://doi.org/10.1128/AEM.01802>
- Leizerson, S., and Shimoni, E. (2005). Effect of ultrahigh-temperature continuous ohmic heating treatment on fresh orange juice. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 3519–3524. <https://doi.org/10.1021/jf04268a001>
- Li, X.; Xu, X.; Wang, L., and Regenstein, J.M. (2019). Effect of ohmic heating on physicochemical properties and the key enzymes of water chestnut juice. *J. Food Process. Preserv.*, 43(4): e13919. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13919>
- Li, F.D.; Chen, C.; Ren, J.; Wang, R. and Wu, P. (2015). Effect of ohmic heating of soymilk on urease inactivation and kinetic analysis in holding time. *J. Food Sci.*, 80: 307–315. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12738>
- Loypimai, P.; Moongngarm, A.; Chottanom, P., and Moontree, T. (2015). Ohmic heating assisted extraction of anthocyanins from black rice bran to prepare a natural food colourant. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 27: 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.12.009>
- Makroo, H.A.; Srivastava, B.; Sit, N.; Badwaik, L.S., and Das, A.B. (2017). Effects of ohmic heating on different liquid food materials. *Trends Innov. Food Process. Technol.*, 3: 95–115. <https://www.researchgate.net/publication/316038217>
- Mäntsälä, P., and Jarmo, N. (2009). Enzymes: The biological catalysts of life. *Physiol. Maintenance*, 2: 1–22. [aj/https://www.eolss.net/sample-chapters/C03/E6-54-02.pdf](https://www.eolss.net/sample-chapters/C03/E6-54-02.pdf)

- Mercali, G.D.; Gurak, P.D.; Schmitz, F., and Marczak, L.D.F. (2015). Evaluation of non-thermal effects of electricity on anthocyanin degradation during ohmic heating of Jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) juice. *Food Chem.*, 171:200–205. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014>
- Mesías, M.; Wagner, M.; George, S., and Morales, F.J. (2016). Impact of conventional sterilization and ohmic heating on the amino acid profile in vegetable baby foods. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 34: 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.031>
- Moongngarm, A.; Sriharboot, N.; Loypimai, P., and Moontree, T. (2022). Ohmic heating-assisted water extraction of steviol glycosides and phytochemicals from *Stevia rebaudiana* leaves. *LWT*, 154: 112798. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112798>
- Müller, W.A.; Marczak, L.D.F., and Sarkis, J.R. (2020). Microbial inactivation by ohmic heating: Literature review and influence of different process variables. *Trends Food Sci. Technol.*, 99:650–659. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.021>
- Palaniappan, S., and Sastry, S.K. (1991) Electrical conductivities of selected solid foods during ohmic heating. *Journal of Food Process Engineering*, 14: 221-236. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.1991.tb00093.x>
- Park, I. K.; Ha, J. W., and Kang, D. H. (2017). Investigation of optimum ohmic heating conditions for inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in apple juice. *BMC Microbiology*, 17(1): 1-8. <https://doi.org/10.1186/s12866-017-1029-z>
- Patel, A., and Singh, M. (2018). Ohmic heating for food products- A review. *Curr. J. Appl. Sci. Technol.*, 27(3):1–7. <https://doi.org/10.9734/CJAST/2018/40664>
- Pereira, R. N.; Rodrigues, R. M.; Genisheva, Z.; Oliveira, H.; de Freitas, V.; Teixeira, J. A., and Vicente, A. A. (2016). Effects of ohmic heating on extraction of food-grade phytochemicals from colored potato. *LWT*, 74: 493-503. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.074>
- Pereira, R.N.; Costa, J.; Rodrigues, R.M.; Villa, C.; Machado, L.; Mafra, I., and Vicente, A. (2020). Effects of ohmic heating on the immunoreactivity of lactoglobulin-A relationship towards structural aspects. *Food Funct.*, 11: 4002–4013. <https://doi.org/10.1039/c9fo02834j>
- Poojary, M.; Roohinejad, S.; Koubaa, M.; Barba, F.; Passamonti, P.; Jambrak, A.R., and Greiner, R. (2016). Impact of pulsed electric fields on enzymes. In: *Handbook of Electroporation*. Miklavbic, D. (Ed.), Springer: Cham, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-319>
- Rocha, R.S.; Silva, R.; Guimarães, J.T.; Balthazar, C.F.; Pimentel, T.C.; Neto, R.P.; Tavares, M.I.B.; Esmerino, E.A.; Freitas, M.Q.; Cappato, L.P.... and Cruz, A.G. (2020). Possibilities for using ohmic heating in Minas Frescal cheese production. *Food Res. Int.*, 131: 109027. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109027>
- Rebezov, M.; Farhan Jahangir Chughtai, M.; Mehmood, T.; Khaliq, A.; Tanweer, S.; Semenova, A.; Khayrullin, M.; Dydykin, A.; Burlankov, S.; Thiruvengadam, M.; Shariati, M. A., and Lorenzo, J. M. (2022). Novel techniques for microbiological safety in meat and fish industries. *Applied Sciences*, 12(1), 319. <https://doi.org/10.3390/app12010319>
- Rosello-Soto, E.; Poojary, M. M.; Barba, F. J.; Koubaa, M.; Lorenzo, J. M.; Manes, J., and Moltó, J. C. (2018). Thermal and non-thermal preservation techniques of tiger nuts' beverage “horchata de chufa”. Implications for food safety, nutritional and quality properties. *Food Research International*, 105: 945–951. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.014>
- Sakr, M., and Liu, S. A. (2014). Comprehensive review on applications of ohmic heating (OH). *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 39: 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.061>
- Sakulchuthathip, V.; Yasurin, P.; Tangduangdee, C., and Asavasanti, S. (2017). Extraction of bioactive compounds from Chinese chives using ohmic assisted hydrodistillation. *Extraction*, 15
- Salari, S., and Jafari, S.M. (2020). The influence of ohmic heating on degradation of food bioactive ingredients. *Food Eng. Rev.*, 12: 191-208. <https://doi.org/10.1007/s12393-020-09217-0>

Doi: <https://doi.org/10.54172/zg18r718>

- Saxena, J.; Makroo, H.A., and Srivastava, B. (2017). Effect of ohmic heating on Polyphenol Oxidase (PPO) inactivation and color change in sugarcane juice. *J. Food Process. Eng.*, 40(3): e12485. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12485>
- Sengun, I. Y.; Icier, F., and Kor, G. (2017). Effects of combined ohmic–infrared cooking treatment on microbiological inactivation of meatballs. *Journal of Food Process Engineering*, 40(1): e12309. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12309>
- Shirsat, N.; Lyng, J. G.; Brunton, N. P., and McKenna, B. M. (2004). Conductivities and ohmic heating of meat emulsion batters. *Journal of Muscle Foods*, 15(2):121–137. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2004.tb00716.x>
- Somavat, R. (2011). Applications and effects of ohmic heating: Sterilization, influence on bacterial spores, enzymes, bioactive components and quality factors in food. **Ph.D. Thesis**, The Ohio State University, Columbus, OH, USA. http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1293568724
- Suebsiri, N.; Kokilakanistha, P.; Laojaruwat, T.; Tumpanuvat, T., and Jittanit, W. (2019). The pasteurization of milk applying ohmic heating in comparison with conventional method and the quality attributes of lactose-free milk. *Res. J. Phranakhon Rajabhat Sci. Technol.*, 14: 25–35. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/PRRJ_Scitech/article/view/148449
- Sun, H.; Kawamura, S.; Himoto, J. I.; Itoh, K.; Wada, T., and Kimura, T. (2008). Effects of ohmic heating on microbial counts and denaturation of proteins in milk. *Food Science and Technology Research*, 14(2): 117–123. <https://doi.org/10.3136/fstr.14.117>
- Supratomo, S.; Laga, A.; Tahir, M.; Mochtar, A. A., and Salengke, S. (2019). Design and performance test of ohmic-assisted cocoa fermentation apparatus. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(8):1515–1523. www.arpnjournals.com
- Tappi, S.; Ragni, L.; Tylewicz, U.; Romani, S.; Ramazzina, I., and Rocculi, P. (2019). Browning response of fresh-cut apples of different cultivars to cold gas plasma treatment. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 53: 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.005>
- Terefe, N.S.; Buckow, R., and Versteeg, C. (2014). Quality-related enzymes in fruit and vegetable Products: Effects of novel food processing technologies, Part 1: High-Pressure Processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 54: 24–63. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.566946>
- Tola, Y. B., and Ramaswamy, H. S. (2018). Novel processing methods: Updates on acidified vegetables thermal processing. *Current Opinion in Food Science*, 23: 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.06.003>
- Tsong, T.Y. (1990). Reviews on electroporation of cell membranes and some related phenomena. *Bioelectrochem. Bioenerg.*, 24(3): 271–295. [https://doi.org/10.1016/0022-0728\(90\)87529-S](https://doi.org/10.1016/0022-0728(90)87529-S)
- Varghese, K. S.; Pandey, M.; Radhakrishna, K., and Bawa, A. (2014). Technology, applications and modelling of ohmic heating: A review. *J. Food Sci. Technol.*, 51(10):2304–2317. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0710-3>
- Vicente, A.A.; Pereira, R.N.; Penna, T.C.V., and Knirsch, M. (2014). Electricity effects on microorganisms and enzymes. **In: Ohmic Heating in Food Processing**. 1st Edition. CRC Press: Boca Raton, FL, USA. pp:115–126. <https://doi.org/10.1201/b16605>
- Yildiz-Turp, G.; Sengun, I.; Kendirci, P.; Icier, F., and Yıldız-Turp, G. (2013). Effect of ohmic treatment on quality characteristic of meat: A review. *Meat Sci.*, 93: 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.10.013>
- Zell, M.; Lyng, J.G.; Cronin, D.A., and Morgan, D.J. (2010). Ohmic cooking of whole beef muscle–Evaluation of the impact of a novel rapid ohmic cooking method on product quality. *Meat Sci.*, 86: 258–263. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.007>

استخدام طحلب *Enteromorpha Prolifera* في المعالجة الحيوية للمعادن الثقيلة في مياه البحر

في منطقة (سوسة – الحنية)

زمزم إبراهيم الصاوي¹ ، على محمود أبوغرة^{2*} ، سعاد خليفة عمر³

زمزم إبراهيم الصاوي^{1*}: قسم علوم البيئة
، كلية الموارد الطبيعية وعلوم البيئة،
جامعة عمر المختار.

Zmzmabrahym66@omu.edu.ly

على محمود أبوغرة: قسم الموارد
البحرية، كلية الموارد الطبيعية وعلوم
البيئة، جامعة عمر المختار.

ali.mahmoud@omu.edu.ly

سعاد خليفة عمر: قسم الكيمياء، كلية
العلوم، جامعة عمر المختار.

suad.khalifa@omu.edu.ly

***Corresponding author:** Ali
Mahmoud Abu Gharara: De-
partment of Marine Resources,
Faculty of Natural Resources
and Environmental Sciences,
Omar Al-Mukhtar University.
ali.mahmoud@omu.edu.ly
Zamzam Ibrahim Al-Sawy^{1*}:
Department of Environmental
Sciences, Faculty of Natural
Resources and Environmental
Sciences, Omar Al-Mukhtar
University.
Zmzmabrahym66@omu.edu.ly
Suad Khalifa Omar. Depart-
ment of Chemistry. Faculty of
Science. Omar Al-Mukhtar
University
suad.khalifa@omu.edu.ly

Received:
12. 07. 2025
Accepted:
31. 08. 2025
Publish online:

المستخلص: هدفت هذه الدراسة لاختبار مدى إمكانية الإستفادة من بعض صفات الطحالب البحرية الكبيرة. أظهرت نتائج العينات التي أخذت من مياه البحر لموقعي الدراسة (منطقة سوسة والحنية)، وكذلك عينات الطحلب التي أخذت من مكان أقل تلوثاً لإجراء التحاليل للطحلب والمياه لمعرفة نسبة عنصري المعادن الثقيلة (الرصاص والنحاس). حيث أوضحت نتائج التحاليل أن مياه البحر تحتوي على العنصرين، وبمقارنة المنطقتين كان بمنطقة الحنية تواجد عنصر النحاس أكثر بمرتين من منطقة سوسة وبلغت نسبته 24.043 جزء في المليون بينما نسبته في منطقة سوسة 13.040 جزء في المليون وكان العكس في عنصري الرصاص، حيث وجد بكميات أكبر في منطقة سوسة، وقد كانت نسبة العناصر في الطحلب قبل التجربة (النحاس 1.457، الرصاص 0.063 جزء في المليون) وبعد التجربة ارتفعت هذه العناصر في الطحلب في موقع الدراسة الأول (النحاس 4.430، الرصاص 2.730 جزء في المليون)، وموقع الدراسة الثاني بعد التجربة (الرصاص 5.557 والنحاس 4.282 جزء في المليون، وهذا يوضح أن هناك امتصاصاً للمعادن الثقيلة الموجودة في المياه بواسطة الطحلب. حيث انخفضت نسبتهما وازدادت في الطحالب، لذلك ننصح باستخدام هذا النوع من الطحلب في مكافحة التلوث.

الكلمات المفتاحية: *Enteromorpha prolifera*، المعالجة الحيوية، المعادن الثقيلة.

The Use of *Enteromorpha prolifera* in the Bioremediation of Heavy Metals in Seawater in the Sousa–Al-Haneyya Areas

Abstract: The aim of this study was to test the extent of the possibility of benefiting from some characteristics of large marine algae, as the results of the samples taken from seawater for the two study sites (Sousse and Hanieya areas), as well as algae samples taken from a less polluted place to conduct analyses of the algae and water to determine the percentage of heavy metals (lead, copper). The analysis results showed that seawater contains both elements. Comparing the two areas, the presence of copper in the Hanieh area was twice as high as in the Sousse area, reaching 24.043 ppm, while its percentage in the Sousse area was 13.040 ppm. The opposite was true for lead, as it was found in larger quantities in the Sousse area. The percentage of elements in the algae before the experiment was (copper 1.457, lead 0.063 ppm). After the experiment, these elements increased in the algae in the first study site (copper 4.430, lead 2.730 ppm), and in the second study site after the experiment (lead Copper 5.557 ppm 4.282 ppm This indicates that the algae is absorbing heavy metals from the water, as their levels have decreased and increased in the algae. Therefore, we recommend using this type of algae to combat pollution.

Keywords: *Enteromorpha prolifera*, Heavy metals



المقدمة:

يُعد التلوث الكيميائي من أخطر ملوثات البيئة المائية، وخاصةً المواد العضوية الثابتة وغير العضوية، التي أثرت على أكثر من خمسة أنظمة مائية حول العالم لعقود. تعتبر الملوثات الجيولوجية، وعمليات التعدين، ومواقع النفايات من المصادر الرئيسية لهذا التلوث (Schwarzenbach وآخرون، 2010)، تكمن خطورة التلوث بالعناصر الثقيلة لكونها عناصر انتقالية لديها القدرة على تكوين مركبات معقدة ومستقرة مع معظم المركبات العضوية وغير العضوية في أجسام الكائنات الحية. مما يؤدي إلى إكتمالها داخل هذه الأنظمة البيئية، كما أنها تتميز بطبيعتها الثابتة وعدم قابليتها للتحلل، فضلاً عن سميتها (Singh، 2008). من جهة أخرى، تلعب الطحالب والنباتات المائية دوراً مهماً في تنظيف البيئة من بعض هذه المخلفات. تُعرف هذه العملية بالمعالجة الحيوية، وتتضمن استخدام أنظمة حيوية لتفكيك الملوثات أو تقليل تراكيزها العالية (Trejo و Okoh، 2006).

تعتبر الطحالب من أكبر مجموعات الكائنات الحية، سواء كانت وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا. تتميز بتنوعها وقدرتها على التغذية الذاتية، كما أنها قادرة على امتصاص العديد من العناصر الثقيلة الموجودة في البيئة المائية وتجميعها داخل خلاياها. أن العوامل المؤثرة في تراكم العناصر الثقيلة واستخدام الطحالب في المعالجة الحيوية تعتمد كميات العناصر الثقيلة التي تُخزنها الطحالب على عدة عوامل، منها نوع الطحلب، حالته الفسيولوجية، آلية مقاومته، بالإضافة إلى نوع العنصر وتركيزه ووجود أو عدم وجود عناصر أخرى في بيئة النمو (Murugesan وآخرون، 2008؛ الفرخان، 2010).

في السنوات الأخيرة، اتجه الباحثون نحو استخدام المنتجات الطبيعية في المعالجة الحيوية للحد من التلوث البيئي، نظراً لقدرتها على معالجة مياه الصرف الصحي والمياه الملوثة بالعناصر الثقيلة. لهذا، يمكن توظيف الطحالب في المعالجة الحيوية، مثل معالجة مياه الفضلات، عبر استهلاك المغذيات كعنصري الكربون والنيتروجين الناتجة عن تحلل المخلفات (العبادي وآخرون، 2018). كما عزا Phillips و Rainbow (1994) قدرة الطحالب البحرية الكبيرة على تخزين العناصر الثقيلة بتركيزاتها المختلفة إلى كبر مساحة سطحها. من الأمثلة على الطحالب المستخدمة في هذا المجال طحلب *Enteromorpha prolifera*، وهو من الأعشاب البحرية الخضراء الأكثر شيوعاً في الدول الآسيوية. وفقاً لتصنيف (Müller، 1778)، ينتمي هذا الطحلب إلى المملكة النباتية، قسم Chlorophyta، صنف Ulvophyceae، رتبة Ulvales، وعائلة Ulvaceae.

يمتلك طحلب *Enteromorpha prolifera* خصائص مميزة ودورا بيولوجياً، وايضاً دورة حياة تتميز بتعاقب أجيال من أمشاج أحادية الصبغيات ومتماثلة الشكل. ينتشر هذا العشب البحري بشكل واسع في المناطق المدية للشواطئ ومصببات الأنهار حول العالم، وذلك بفضل قدرته الفائقة على تحمل نطاق واسع من الملوحة ودرجات حرارة المياه.

يحتوي هذا الطحلب على العديد من المركبات النشطة بيولوجياً ذات التطبيقات الصناعية، أبرزها عديدات السكاريد التي تُعد من مكوناته الأساسية. كما يُعتبر مصدراً محتملاً لمجموعة واسعة من المواد الطبيعية الأخرى مثل الكاروتينات، والفوكويدانات، والفلوروتانينات. تُظهر هذه المركبات أنشطة بيولوجية مختلفة تجعلها مناسبة للاستخدام في تطبيقات صناعية حيوية كالأدوية، والمكملات الغذائية، ومستحضرات التجميل، والأغذية الوظيفية.

وفي دراسة حديثة، ركز (Chao Zhao وآخرون 2016) على الأنشطة البيولوجية للطحالب الخضراء من جنس *Enteromorpha*، حيث أظهرت نتائج الأبحاث تأثيرات مضادة للأكسدة والبكتيريا، إضافة إلى قدرتها على تعديل المناعة وخفض مستوى الدهون في الدم، هذه الخصائص قد تفتح المجال لاستخدامها كمكونات وظيفية. من جهة أخرى استخدمت الطحالب كمؤشرات حيوية وممتصات للملوثات، حيث أشار Ho (1990) إلى أن جنسي *Ulva* و *Enteromorpha* يعتبران مؤشرين حيويين جيدين للتلوث بالمعادن. ويعود ذلك إلى أن طحلب *Ulva lactuca*، يمتلك مساحة سطحية كبيرة نسبياً، وخلايا قوقعة متجانسة هيكلية وخلايا نشطة فسيولوجية، بالإضافة إلى قدرته على النمو بكثافة في المناطق الملوثة. وقد أظهرت دراسة أجراها

الباحث في هونغ كونغ قدرة الطحلب على معالجة المياه الملوثة بالمعادن الثقيلة مثل المنغنيز (Mn) ، والحديد (Fe) ، والنحاس (Pb). والرصاص ، Zn (والزنك ، Cu) كما أكدت دراسات أخرى، مثل تلك التي أجراها (Kaoutar و Mourad ، 2013)، قدرة أنواع مختلفة من الطحالب البحرية المجهرية والكبيرة على امتصاص الملوثات العضوية وغير العضوية. تتباين آليات امتصاص المعادن الثقيلة في الطحالب، حيث يُعزى الاختلاف في قدرة الطحالب على الامتصاص إلى اختلاف تركيب جدار الخلية ومواقع تبادل الأيونات في الغشاء الخلوي، وجد العنبي وآخرون (2015) أن طحلب *Microcystis aeruginosa* كان أكثر قدرة على امتصاص عنصر الكاديوم. أما Kim، 2015 أشار إلى قدرة بعض الطحالب على تحويل المعادن الثقيلة السامة إلى أشكال غير سامة، لامتلاكها آليات للحفاظ على توازن المعادن، ومنع التسمم وذلك عن طريق إمتصاص أيونات المعادن السامة إلى مركبات الجدار الخلوي (سكريات - بروتينات - سيللوز) حيث تتراكم العناصر في الطحالب عن طريق الامتصاص، بينما عزا حربية، 2017 اختلاف تراكم المعادن الثقيلة يعود إلى الشكل المورفولوجي والتركيب الخلوي للطحالب. أن الطحالب والأعشاب البحرية الماصة للمعادن الثقيلة تعتمد على إزالتها من خلال نقل الأيونات المعدنية المنتشرة عبر أغشية الخلايا (Zand وآخرون، 2022). لذا تهدف هذه الدراسة إلى استخدام الطحلب البحري *Enteromorpha prolifera* في المعالجة الحيوية للمياه معملياً، بالإضافة إلى مقارنة نسب العناصر الثقيلة في ماء البحر وتركيزاتها في الطحلب بموقعين مختلفين هما: سوسة والحنية.

المواد وطرق البحث:

مواقع الدراسة: أجريت هذه الدراسة في منطقتين ساحليتين بمنطقة الجبل الأخضر، الواقعة في الجزء الشرقي من ليبيا. حيث أختير موقعين لجمع العينات (شكل 1) ساحل الحنية الواقع على بعد حوالي 25 كم شمال غرب مدينة البيضاء. وساحل سوسة : يقع هذا الموقع على بعد حوالي 30 كم شرق مدينة البيضاء. تتميز هذه المواقع بوجود مناطق سكنية، وورش عمل، ومحلات تجارية، بالإضافة إلى مزارع. كما يحتوي ساحل سوسة على ميناء للصيد البحري ومحطة لتحلية المياه، مما قد يؤثر على الخصائص البيئية للموقع.



شكل: (1). خريطة موقعي الدراسة (سوسة - الحنية)

(المصدر : مكتب العمارة للاستشارات الهندسية/ بنغازي، 2009)

الطحلب المستخدم في الدراسة: استخدم في المعالجة الحيوية نوع من الطحالب الخضراء المتواجدة على السواحل الليبية بكثرة، وهو *E. prolifera*، وطُبقت التجارب المعملية وفق طريقة (Pavasant وآخرون، 2006؛ El-Sikaily وآخرون، 2007). أُجريت هذه الدراسة لتقييم قدرة طحلب *Enteromorpha prolifera* على المعالجة الحيوية للمياه الملوثة بالعناصر الثقيلة. تضمنت الخطوات العمل التالية:

جمع وتحليل العينات، وذلك بجلب عينات الطحلب وزن 2 كجم من ساحل سوسة إلى معمل الكلية. بعد غسله وأخذ 10 جرام للتأكد من خلوها من أي عناصر ثقيلة، كما جُمعت عينات من ماء البحر من مسافة 5 أمتار عن مصدر التلوث في كلا الموقعين (سوسة والحنية).

أُجريت التحاليل الأولية لعينات ماء البحر لتحديد نسبة العناصر الثقيلة فيها باستخدام جهاز المطياف الضوئي، وذلك وفقاً لطريقة (Radoslaw وآخرون، 2007؛ Nabil وآخرون، 2008)، أُجريت مقارنة بين تركيزات الملوثات في المياه قبل وبعد المعالجة، وكذلك بين نسب التلوث في المنطقتين وفي الطحلب المختبر. عند أخذ قياسات الظروف البيئية التي قُيست لمياه كلا الموقعين، وكانت النتائج كالتالي: سجلت الملوحة في مياه الحنية 37 ± 1 جزء من الألف ودرجة الحموضة 6.7، أما الملوحة بمياه سوسة بلغت 35 ± 1 جزء من الألف و 6.8 الحموضة، وكانت درجة حرارة المعمل 20 ± 1 °C.

التجربة المعملية لتطبيق المعالجة الحيوية تمت بتعقيم ماء البحر للتخلص من الميكروبات، ثم وُزِعَ 4 لتر من الماء المعقم في ثلاثة مكررات (جالونات بسعة 6 لتر). أُضيف إلى كل جالون 300 غرام من الطحلب، لترك فترة الحضانة لمدة 8 أيام في ظروف بيئية مناسبة من حيث الإضاءة، والتهوية، ودرجة الحرارة، بعد التجربة: بعد انتهاء فترة الحضانة، جُمعت عينات الطحلب، وجُفِّت في درجة حرارة الغرفة، ثم طُحنت. كما أُجريت تحاليل ما بعد المعالجة شملت:

- تحليل عينات المياه: أُخذ 250 مل من المياه من كل جالون، وأُجري تحليلها وفقاً لطريقة (Gregg، 1989).
- تحليل الطحالب: تم هضم عينات الطحلب المجففة باستخدام حمض النتريك (HNO_3) لتحليلها.
- تجهيز المحاليل القياسية: جُهزت محاليل قياسية لكل من الطحلب والماء وفقاً للطريقة المذكورة (Radoslaw وآخرون، 2007؛ Nabil وآخرون، 2008)، وكان القياس بأخذ 5 مل من كل عينة بعد تحضيرها وقياسها باستخدام جهاز المطياف الضوئي، وحُسبت نسبة الإزالة الحيوية باستخدام المعادلة التالية:

نسبة الإزالة الحيوية = [(تركيز الملوثات قبل المعالجة - تركيز الملوثات بعد المعالجة) / تركيز الملوثات قبل المعالجة] $\times 100$.

التحليل الإحصائي: تم التحليل الإحصائي باستخدام اختبار T-Test للعينات المزدوجة (Paired Sample) كما تم مقارنة منطقتي الدراسة (سوسة والحنية) من حيث نسبة التلوث تم استخدام اختبار T-Test للعينات المستقلة (Independent Sample) (عشماوي وآخرون، 2008) وتم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج ميني تاب (Mintab-19).

النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج مقارنة التلوث بين مواقع الدراسة تبايناً في تراكيز العناصر الثقيلة بين موقعي الدراسة. فقد سجلت مياه البحر في منطقة الحنية أعلى تركيز للنحاس بـ 24.043 جزء في المليون، بينما كان تركيز الرصاص في مياه البحر بمنطقة سوسة هو الأعلى، حيث بلغ 5.306 جزء في المليون. وتشير هذه النتائج، كما هو موضح في جدول (1)، إلى وجود تلوث بهذه العناصر في كلا الموقعين.

يتضح من الجدول (2) قدرة الطحلب على امتصاص العناصر الثقيلة، حيث كشفت اسة عن قدرة طحلب *Enteromorpha prolifera* على امتصاص العناصر الثقيلة. أظهرت نتائج تحليل الطحلب قبل وبعد التجربة وجود تزايد معنوي في تراكيز النحاس والرصاص داخل خلاياه، وهو ما يُعد دليلاً على فعاليته في الامتصاص. وأظهرت نتائج تحليل الطحلب المستخدم قبل التجربة نسبة كل عنصر قبل وبعد التجربة و هو موضح في جدول (2) وهي متباعدة حيث زادت نسبة العناصر في الطحلب بعد التجربة أي كانت نسبة إمتصاص العناصر على التوالي النحاس والرصاص وهذا يظهر فروقاً معنوية ارتفع تركيز النحاس في الطحلب من 1.457 إلى 4.430 جزء في المليون، بينما الرصاص زاد تركيزه من 0.063 إلى 5.306 جزء في المليون. كما أظهرت النتائج تأثير الامتصاص على تركيز العناصر في ماء البحر، فكانت تشير هذه الزيادة في تركيز العناصر داخل الطحلب إلى أن الامتصاص قد أدى إلى انخفاض ملحوظ في تراكيزها بماء البحر بعد التجربة. هذه النتائج تتوافق مع دراسات سابقة أكدت قدرة الطحالب على تراكم المعادن الثقيلة بأنواعها المختلفة نتيجة امتصاصها لهذه العناصر، كما ذكرها كل من (Rainbow و Phillips ، 1994؛ Mourad و Kaoutar ، 2013)

جدول(1): مقارنة نسبة عنصري النحاس والرصاص في مياه البحر لموقعي الدراسة

المنطقة	النحاس / جزء في المليون	الرصاص / جزء في المليون
الحنية	24.043	3.818
سوسة	13.040	5.306
قيمة T-Test	21.427	-7.441
P-Value	0.000	0.017

سجلت النتائج تراكم العناصر الثقيلة في الطحالب خاصة بمنطقة الحنية أن نسبة تراكم النحاس في الطحلب بلغت 4.430 جزء في المليون ، بينما وصلت نسبة الرصاص إلى 2.730 جزء في المليون تتفق هذه النتائج مع ما توصلت إليه (حربية، 2017) حيث كانت نسب النحاس والرصاص 5.333 جزء في المليون و 2.666 جزء في المليون على التوالي. كما تتقارب النتائج مع دراسة (العماري وآخرون، 2020) التي سجلت نسبة رصاص بلغت 5.70 جزء في المليون، وتختلف نتائج هذه الدراسة مع ما توصلت إليه (الحسيني عبدالهادي و إيثار كامل، 2015) التي أظهرت نسبة امتصاص قليلة لعنصر الرصاص. يُعزى هذا الاختلاف بشكل رئيسي إلى اختلاف نوع الطحلب المستخدم، حيث استخدمت دراسة الحسيني طحلب *Westiellopsis prolifica*، مما يؤكد أن نوع الطحلب يلعب دوراً حاسماً في قدرته على تراكم المعادن الثقيلة.

جدول(2): مقارنة تركيز عنصري النحاس والرصاص في الطحالب قبل الامتصاص وبعده

المنطقة	التركيز بمنطقة الحنية الحنية (جزء في المليون)	المنطقة
الطحالب قبل الامتصاص	1.457	الطحالب قبل الامتصاص
الطحالب بعد الامتصاص	4.430	الطحالب بعد الامتصاص
قيمة T-Test	-3.832	قيمة T-Test
P-Value	0.031	P-Value

يوضح جدول (3) تغير ائيز النحاس والرصاص في ماء البحر بمنطقة الحنية ظهر هذا التغير في تراكيز عنصري النحاس والرصاص في مياه البحر بمنطقة الحنية قبل التجربة وبعدها، وبينت النتائج أن أعلى نسبة امتصاص كانت لعنصر النحاس، حيث حدث انخفاض معنوي في تركيزه بماء البحر. كانت نسبة فقدان ماء البحر لعنصر النحاس أكبر من نسبة فقدان الرصاص، ويُعزى هذا الاختلاف بشكل مباشر إلى التركيز الأولي الأعلى للنحاس في مياه البحر مقارنة بالرصاص.

جدول: (3). تركيز العناصر في المياه قبل وبعد المعالجة في موقع الدراسة الأول

المنطقة التجربة	التركيز بمنطقة الحنية (جزء في المليون)	
	النحاس	الرصاص
الماء قبل المعالجة	24.043	3.818
الماء بعد المعالجة	21.223	1.150
قيمة T-Test	3.602	8.048
P-Value	0.035	0.008

أظهرت النتائج الموضحة في جدول (4) أن طحلب *Enteromorpha prolifera* يمتص العناصر الثقيلة من مياه منطقة سوسة بفعالية. كانت أعلى نسبة امتصاص لعنصر النحاس، يليه الرصاص، مع وجود فروق معنوية بينهما. بعد عملية الامتصاص، كانت نسبة تركيز النحاس في الطحلب 5.557 جزء في المليون وتركيز الرصاص 4.282 جزء في المليون تتفق هذه النتائج مع دراسة (العماري وآخرون ، 2020) ويتقارب مع (حربية ، 2017) ، يُعزى هذا الاختلاف في النسب إلى عدة عوامل، أهمها: نوع الطحلب المستخدم: استخدمت دراسة حربية (2017) طحلب *Enteromorpha linza* المجفف، بينما استخدمت هذه الدراسة طحلبًا *Enteromorpha prolifera*، بالإضافة إلى ظروف التجربة، حيث تلعب عوامل بيئية مثل درجة الحرارة، والحموضة، والاختلافات الموسمية دورًا حاسمًا في قدرة الطحالب على امتصاص العناصر الثقيلة.

جدول: (4). نسبة الإمتصاص للعناصر في الطحالب في سوسة

المنطقة التجربة	التركيز بمنطقة سوسة (جزء في المليون)	
	النحاس	الرصاص
الطحالب قبل الامتصاص	1.457	0.063
الطحالب بعد الامتصاص	5.557	4.282
قيمة T-Test	-10.930	-13.619
P-Value	0.004	0.005

يوضح الجدول (5) أن أعلى نسبة امتصاص في مياه منطقة سوسة كانت لعنصر النحاس، مع وجود فروق معنوية، يُعزى هذا الامتصاص المرتفع إلى التركيز الأولي العالي لعنصر النحاس في مياه البحر. تتقارب النتائج التي تم التوصل إليها مع دراسات (حربية، 2017) على الرغم من أن دراسة حربية استخدمت طحلبًا مجففًا من نوع *Enteromorpha linza* وحقنته بعناصر محددة، إلا أن نتائجها كانت مقاربة مع النتائج المتعلقة بعنصري الرصاص والنحاس، وايضاً يتفق هذا مع نتائج (صالح ، 2012) التي استخدمت طحلب *Ulva rigda* ، كما تتفق النتائج ايضاً مع (Barraza ، 1999) و (Barraza و Carballera ، 1997) التي أكدت قدرة طحلب *Ulva rigida* على امتصاص المعادن الثقيلة من البيئة المائية من خلال محاكاة الظروف البيئية للطحلب، تُظهر هذه المقارنات أن قدرة الطحالب على امتصاص المعادن الثقيلة هي ظاهرة مثبتة، تتأثر بنوع الطحلب وظروف التجربة، ولكنها تؤكد فعاليتها في المعالجة الحيوية.

جدول: (5). نسبة العناصر في المياه قبل وبعد المعالجة في سوسه

المنطقة	التركيز بمنطقة سوسه (جزء في المليون)	المنطقة
التجربة	النحاس	الرصاص
الماء قبل المعالجة	13.040	5.306
الماء بعد المعالجة	8.940	1.043
قيمة T-Test	10.930	14.487
P-Value	0.004	0.005

نستنتج من هذه الدراسة أن طحلب *Enteromorpha prolifera* يمتلك قدرة عالية على امتصاص وتخزين العناصر الثقيلة من البيئة المائية. وبناءً على ذلك تعد الطحالب وسيلة فعالة وصديقة للبيئة للمعالجة الحيوية (Bioremediation)، حيث تسهم في إزالة الملوثات دون التسبب في أي آثار بيئية سلبية على مكونات البيئة البحرية، وأن كفاءة امتصاص الطحلب للعناصر الثقيلة تتأثر بشكل مباشر بتركيز العنصر في البيئة المائية، ففي كل من منطقتي الدراسة (الحنية وسوسة)، كانت نسبة امتصاص النحاس أعلى من الرصاص، وهو ما يرجع إلى وجود تركيز أولي مرتفع للنحاس في المياه، هذا يشير إلى أن الطحالب قد تكون أكثر فاعلية في إزالة الملوثات ذات التراكيز العالية. كما تؤكد هذه الدراسة أن طحلب *Enteromorpha prolifera* يمكن استخدامه كمؤشر حيوي فعال، إذ تعكس كمية العناصر الثقيلة المتراكمة في أنسجته مستوى التلوث في البيئة المحيطة به، مما يجعله أداة مفيدة لمراقبة التلوث البيئي البحري بشكل مستمر. بالإضافة أن الاختلافات في نسب الامتصاص يمكن أن تُعزى إلى متغيرات بيئية، كما تؤكد هذه الدراسة إمكانية تطبيق المعالجة الحيوية باستخدام الطحالب والتي تعتبر حلاً مستداماً واقتصادياً لإزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي والمناطق الصناعية الساحلية، مما يقلل الاعتماد على الطرق الكيميائية الأكثر تكلفة وضرراً بالبيئة.

نظراً لفعالية الطحالب في بيئتها الطبيعية، يوصى بدراسة إزالة الملوثات من المناطق الصناعية الساحلية بزراعة هذا الطحلب طحالب بالقرب من مصادر التلوث، كذلك البحث عن أنواع أخرى من الطحالب البحرية الكبيرة والمجهريّة المحلية لفهم قدراتها المختلفة على امتصاص أنواع متعددة من الملوثات العضوية وغير العضوية.

المراجع:

الحسيني، عبدالهادي كاظم، إيثار كامل الميالي. (2015). الإزالة الحيوية لمعدني الرصاص والكاديوم بواسطة طحلب *Westiellopsis prolifica*، قسم علوم الحياة، جامعة بغداد. 56 (4): 3102-3094.

العبادي، عبدالوهاب ريسان، أحمد محسن عذبي، صباح ناهي ناصر. (2018). دور الطحالب في معالجة الحيوية، قسم علوم حياة، كلية التربية، جامعة ذي قار. 12-15 ص.

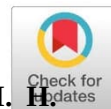
العذبي، أحمد محسن، صباح ناهي ناصر، عبدالوهاب ريسان عيال. (2015). المعالجة الحيوية لبعض العناصر المعدنية الثقيلة باستعمال الطحالب الخضر المزروعة المعزولة من نهر الفرات عند مدينة الناصرية، قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة ذي قار، مجلة ذي قار للبحوث الزراعية، المجلد: 4، العدد: 2.

- العماري، عدل صالح، سالمه عبدالله الأبيض، ربيعة عمر اشكورفو (2020). قياس معدل التراكم الحيوي لثلاثة عناصر ثقيلة في نوعين من الطحالب البحرية لشاطئ مدينة الخمس، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة مرقب. 25(1-2):.
- الفرحان، صلاح رزاق (2010). دراسة بيئية للطحالب القاعية في بعض الأنظمة البيئية المائية في محافظة البصرة، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة البصرة. 247 ص .
- حريه، ياسمين باسم (2017). مساهمة في دراسة تراكم بعض العناصر المعدنية الثقيلة في بعض الطحالب البحرية في المياه الشاطئية لمدينة باناس، رسالة ماجستير، جامعة تشرين اللاذقية. 24-46 ص .
- صالح، علياء محمود محمد (2012). علاج التلوث الصناعي البحري بالمعادن الثقيلة باستخدام الطحالب الخضراء المجففة، الأكاديمية العربية للعلوم والتكنولوجيا والنقل البحري، رسالة ماجستير، الاسكندرية - مصر.
- عشماوي، عبدالحليم، صلاح جلال، محمد حسين صادق (2008). الإحصاء الحيوي وتصميم التجارب، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، مصر. 202 ص.
- مكتب العمارة للاستشارات الهندسية، بنغازي (2009). تقرير المخطط الشامل لمدينة البيضاء الجزء الأول تقرير رقم: 05 - 4.
- Barraza, J.E., (1999). Cinetica de bioacumulacion de metals pesados y estres ecofisiolgo en ulva. phd thesis, university of Santiago de compostela. pp 189.
- Barraza, J. E. and A. Carballeira. (1997). Análisis de fluorescencia de clorofila y bioacumulación de cadmio y cobre en Ulva rigida. In Hernández-Molina, F. J., T. A. del Valls, B. Fragueta, J. Gracia, F. Lobo, R. Mañanes, A. Santos & J. T. Vázquez (eds), 2nd Symposium on the Atlantic Iberian Continental Margin. Cádiz, Spain, pp 333–334.
- Chao Zhao, Chengfeng Yang and Bin Liu. (2016). Biological activities of green macroalgae Enteromorpha prolifera for potential applications. (MOJFPT) MOJ Food Processing and Technology. Eissn: 2381-182. [DOI:10.15406/mojfpt.2016.02.0004](https://doi.org/10.15406/mojfpt.2016.02.0004).
- EL-Sikaily, A., Elnemr, A. Khaled, A. and Abd-Elwehab, O. (2007). Removal of toxic chromium from wastewater using green alga Ulva lactuca and its activated carbon. Journal of Hazardous Materials, [DOI:10.1016/j.jhazmat.2007.01.146](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.01.146)
- Gregg, L.W. (1989). Water analysis Hand book. H.A.C.H Company, USA. Pp. 33-39.
- Ho, Y.B., (1990). Ulva lactuca as bioindicator of metal contamination in intertidal waters in Hong Kong hydrobiologia. 20: (3), p81-73. [DOI:10.1007/BF00005615](https://doi.org/10.1007/BF00005615)
- Kaoutar Ben Chekroun, and Mourad Baghour. (2013). The role of algae in phytoremediation of heavy metals: A review J. Mater. Environ. Sci. 4 (6) 873-880. CODEN: JMESC. <https://www.researchgate.net/publication/262905106>

- Kim, S, (2015). Handbook of Marine Macroalgae Biotechnology. ISBN NEW YORK 3:(1) Londn. <https://www.researchgate.net/publication/284625002>
- Müller., O. F., (1778). in Totok Bay, Maluku Sea, and Blongko waters, Sulawesi Sea, North Sulawesi, Indonesia
- Murugesan, A. , Maheswari, S. and Bagirath, G. (2008). Biosorption of cadmium by live and immobilized cell of *Apirulina platensis* . *Intrn. J. Environ. Res.*, 2 (3): 307- 312 .Russian Journal of Ecology
- Nabil, A. Al-Shawafi, A.and I. Rushd, (2008). Heavy metal concentrations in marine green, brown, and red seaweeds from coastal waters of Yemen, the Gulf of Aden. *Environ Geo.*, 55:653–660. [DOI:10.1007/s00254-007-1015-0](https://doi.org/10.1007/s00254-007-1015-0)
- Okoh, A. and Trejo, M. (2006). Remediation of petroleum hydrocarbon polluted systems. Exploiting the bioremediation strategies. *African J. Biot .*, 5 (25):p 2520- 2525. [DOI:10.4314/ajb.v5i25.56067](https://doi.org/10.4314/ajb.v5i25.56067).
- Pavasant, Papiratikul, R. Sungkhum, V. Suthiparinyanont, P., Wattanachira and S. Marhaba, T.F. (2006).Biosorption of Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , and Zn^{2+} using dried marinegreen macroalgae *Caulerpa lentillifera*. *Bioresource Technology*, , 97:2321–2329. [DOI: 10.1016/ j.biortech. 2005.10.032](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.032).
- Phillips D.,and Rainbow P.,(1994). *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants*, 2nd ed.London, UK
- Radoslaw, Z., Piotr, and S. Adamm, L. (2007) Comparison of green alga *Cladophora* sp. and *Enteromorpha* sp. as potential biomonitors of chemical elements in the southern Baltic.*Science of the Total Environment*, 387, 320–332. [DOI:10.1016/j.scitotenv.2007.07.017](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.07.017)
- Schwarzenbach,Renep.,Thomas Egl,Thomas B.Hofstetter ,Urs von Gunten, and Bernhard wehrli .(2010).Global Water Pollution and Human Health,Annual review of Environment and Resources,p35-109-36 [DOI:10.1146/annurev-environ-100809-125342](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342)
- Singh,D.(2008) Removal of Zn from aqueous solution by absorption Using two blue green algae [DOI:10.3390/ijerph19159006](https://doi.org/10.3390/ijerph19159006)
- wehrli .(2010).Global Water Pollution and Human Health,Annual review of Environment and Resources,p35-109-36. [DOI:10.1146/annurev-environ-100809-125342](https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342)
- Znad, H., and Awual, M.R.,Martini, S, (2022).The Utilization of Algae and Seaweed Biomass for Bioremediation of Heavy Metal Contaminated Wastewater. Academic Editors: Carlo Santoro and Cristina González-Fernandez. [DOI:10.5772/65682](https://doi.org/10.5772/65682)

Research Article

Open Access



Morphological Characterization of the Libyan Barbary Sheep.

A. E. Ahtash^{1*}, F. M. Abousaq¹, M. M. Edahmani², N. A. Aboubareeq², O. K. Alsibae³, M. H. Abounouwarah², S. A. Shaykh³, E. Zaatot², A. Eltashani³, H. Agoob², A. Mahmood², M.A. Ashteba², H. A. Alfaleedni², A. A. Tarhuni², A. M. Targy², K. M. Abdulkarim², A. Shiba² and I. Ibrahim²

¹ Department of Animal Production-Faculty of Agriculture - University of Tripoli/ Libya.

² Agriculture Research Center-Ministry of Agriculture and Animal Wealth/ Libya.

*Corresponding author: E-mail: a.ahtash@uot.edu.ly Department of Animal Production-Faculty of Agriculture - University of Tripoli/ Libya.

Received:
26. 04. 2025

Accepted:
31. 08. 2025

Publish online:
.....

Abstract: This study aimed to morphometrically characterize Libyan Barbary sheep across four distinct geographical regions (eastern, western, central, and southern) to determine if they constitute a single population. Data were collected on ten qualitative and eleven quantitative traits from 853 rams and 3008 ewes. Libyan Barbary sheep are characterized by a white coat, a brown or black head, a straight nose, and the absence of a beard and wattles, females are hornless, while males have curved or spiral horns. Ears are mostly pendulous. The results show highly significant differences between regions and between males and females within the same region. The average for quantitative traits, including head length, horn length, wither height, chest girth, canon circumference and body length, ear length, staple length, tail length, teat length and scrotum circumference were 11.9, 56.52, 72.65, 92.14, 8.33, 72.06, 13.92, 8.29, 42.55, 2.63 and 29.8 cm., respectively. Analysis of variance revealed significant effects of both region and sex on the measured traits. Variance component analysis indicated high within-region variability for all traits. Head length, body length, wither height, and chest girth exhibited greater discriminatory power between subpopulations. All pairwise comparisons between regions were statistically significant ($P < 0.001$), with distances ranging from 0.8 to 3.62. Canonical discriminant analysis confirmed significant differences between the groups based on linear combinations of the measured variables. Despite their geographical dispersion, these sheep populations demonstrate remarkable phenotypic similarities. While the current findings suggest they may belong to a single population, further molecular genetic analysis is necessary to definitively confirm this.

Key words: Barbary, regions, morphometric, discriminant..

التوصيف المورفولوجي للضأن البربري الليبي

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى التوصيف الشكلي للضأن البربري الليبي في أربع مناطق جغرافية (الشرق والغرب والوسط والجنوب) لتحديد أن هذه السلالة تنتمي إلى عشيرة واحدة. جمعت بيانات لعشرة صفات نوعية وأحد عشر صفة كمية من 853 كبشا و 3008 نعجة. الضأن البربري الليبي يتصف بغطاء خارجي لونه أبيض والرأس بلون بني أو أسود والأنف مستقيم وغياب اللحية والداليات، والإناث بدون قرون أما الذكور بقرون مقوسة أو حلزونية، والأذن متدلّية. أظهرت النتائج فروقات عالية المعنوية بين المناطق وبين الذكور والإناث داخل المنطقة. كان متوسط الصفات الكمية، التي تشمل طول الرأس، وطول القرن، والارتفاع عند الحارك، ومحيط الصدر، ومحيط الساق، وطول الجسم، وطول الأذن، وطول خصلة الصوف، وطول الذيل، وطول الحلمة، ومحيط الخصية 11.9 و 56.52 و 72.65 و 92.14 و 8.33 و 72.06 و 13.92 و 8.29 و 42.55 و 2.63 و 29.8 سم على التوالي. تحليل التباين أكد وجود تأثيرات معنوية لكل من المنطقة والجنس على الصفات المدروسة. تحليل مكونات التباين تشير إلى اختلافات داخل المنطقة لكل الصفات. طول الرأس وطول الجسم وارتفاع الكاهل ومحيط الصدر أظهرت تمييزية أكبر بين الفئات الفرعية. أظهرت المقارنات الزوجية بين المناطق اختلافات عالية المعنوية ($p < 0.001$) وتراوح المسافات الثنائية ما بين 0.8 و 3.62. تحليل التمايز الكنسي أكد الاختلافات المعنوية بين المجموعات بناء على توليفات خطية للمتغيرات المقاسة. على الرغم من الانتشار الجغرافي، تظهر هذه الأغنام تشابهات ظاهرية ملحوظة. في حين النتائج الحالية تقترح أنها قد تنتمي إلى عشيرة واحدة، يلزم إجراء مزيد من التحليل الجيني لتأكيد ذلك بشكل قاطع.

الكلمات المفتاحية: البربري، مناطق، المورفولوجية، التمييز.

*عبدالكريم احمد أحتاش، قسم الانتاج الحيواني، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا.
، فتحي مصطفى أبوساق قسم الانتاج الحيواني، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا.
مصطفى الدهماني²، ناصر أبو بريق²، أسامة الأصيبي²، محمود أبونورة²، سالم الشيخ²، عصام زعطوط²، عبدالحفيظ الطشاني²، حسن عقوب²، عبدالكريم محمود²، محمد شطيبة²، حسن الفليدني²، أبو عجيبة الترهوني²، عبد القادر محمد التارقي²، خالد محمد عبدالكريم²، عبدالكريم شيبه²، اسماعيل ابراهيم².
مركز البحوث الزراعية، وزارة الزراعة والثروة الحيوانية، ليبيا



INTRODUCTION

Sheep production is a key agricultural activity in most pastoral regions of Libya, and natural pastures represent an important part of the sources of fodder and feed for these animals. The spread of natural pastures on most of the plains in Libya makes sheep one of the most important priorities for raising small ruminants in Libya, in order to benefit from its productivity of meat and wool. The number of sheep varies over the years, depending on the environmental conditions such as rainfall and availability of pasture. Statistics show that the number of sheep in Libya is estimated at about 2.950.000 million (Animal Genetic Resources committee, 2020).

The Libyan Barbary sheep breed represents about 95% of the sheep population in Libya (Magid et al., 1992), which is characterized by their ability to survive in challenging conditions like prolonged drought and extreme heat, and this also enables them to achieve much higher productivity in high-resource environments. The Barbary sheep breed, prevalent in Libya's Jafara Plain, exhibits good growth rates when adequate pastures are available. This breed has also demonstrated its ability to withstand the challenges of foraging in less abundant grazing areas, which have often become scarce and shorter in recent years due to climate change (Ihtash & Magid 1999).

Barbary sheep are generally characterized as having a white body, the head and legs are brown, black or sometimes white; however, the head may be speckled in black or brown, especially around the eyes and snout. Magid & Mursy (1992) conducted a survey of several herds of Libyan Barbary sheep, noted that the sheep with black facial coloration tended to weigh more than those that are brown or white and they confirmed that there are significant differences in weight after weaning associated with different face color. Ahtash et al., (2010) confirmed that the color of the face had a significant effect on the weight at weaning of the Libyan Barbary sheep, and recommended the possibility of relying on the characteristic of the color of the face in the early selection of newborn lambs according to the color of the face. Libyan sheep breeder values morphological differences, recognizing their socio-cultural and economic importance; some breeders have specific consideration for sheep face colors followed by body weight. Characterizing morphological trait variations allows for the classification or identification of livestock breeds, thereby facilitating the effective use of available animal genetic resources (Delgado et al., 2001 and Lanari et al., 2003). To understand the relationships within and between regions, the immediate characterization and identification of sheep is necessary. According to Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (Please provide the full form of the abbreviation at its first mentioning in the manuscript) (1999), the rapid transformation of agricultural systems in developing countries is eroding animal genetic resources. The primary cause of this erosion is the indiscriminate introduction of exotic breeds before proper characterization, utilization, and conservation of indigenous breeds. Multivariate analyses of variance are used to determine which of the many measured traits is necessary to distinguish within and/or between Sub-populations, and to identify the morphological characteristics crucial for classifying individuals into groups based on their overall resemblance (FAO, 2012). The aims of this study are to morphometric characterize the Libyan Barbary sheep population in the four regions of Libya and to contribute to the international data base.

MATERIALS AND METHODS

Main Eco-agriculture in which the Sheep produce : Libya is one of the North African countries, located between 18° and 33° North latitude and 9° and 25° East longitude. Its total area is about 1,759,540 km², of which more than 90% is desert (FAO, 2006). According to official statistics, there are 3.6 million hectares of agricultural land and 13 million hectares of range land represented 2% and 7.5% of total areas of Libya, respectively (Pasture development project, 2020). Libya experiences a climatic gradient, transitioning from Mediterranean climates along the coast to arid and semi-arid conditions in the south. The arid and semi-arid regions, with their limited and variable feed resources, present significant challenges for livestock production (Figure1).



Figure: (1). Libyan Map Showing Different Regions.

Indigenous sheep populations: In terms of numbers, sheep were consistently the most important type in the three regions of Libya (western, eastern, southern), followed by goats, cattle and camels (FAO, 2006). Four environmental areas described below, which are habitats of the sheep populations concerned with this work; include eastern, western, central, and southern area. Targeted municipalities were randomly selected to collect morphological data from the respective sheep populations. The agricultural development experts who were involved in the actual field survey were trained on characterization of the indigenous sheep populations at morphological levels using the manual prepared by (ARC/ICARDA, 2008). Barbary sheep in this study were raised by smallholder farmers under extensive management systems, sheep were sampled from those farmers. To maximize the capture of existing genetic diversity, we sampled relatively unrelated animals from multiple flocks within each population for morphological characterization of the sheep breed; however the rams are not exchanged for breeding between regions. Veterinary health care, appropriate feeding, and controlled mating were largely absent in these flocks. Furthermore, no performance recording system was in place. The spatial distribution of breeders in the municipalities and the number of animals targeted for study was determined based on the number of sheep in the municipalities and agricultural areas.

Characteristics studied: A standardized form was used to record morphological traits. Random samples of 3-5 mature, unrelated animals were selected from each herd for measurement, allowing for the assessment of morphological characteristics within each population. Ten qualitative and eleven quantitative characteristics were measured in this study from four sheep sub-populations obtained for morphological characterization of Libyan Barbary sheep at the following areas, in eastern (N= 467), western (N= 2125), central (N=1160) and southern (N=109); the measurements ac-

cording to the sex were used ($\sigma^7 \sigma^7 = 853$) and ($\phi \phi = 3008$). The qualitative characteristics were coat color, head color, eye color, nose profile, beard presence, wattle presence, body condition score, horn shape, horn orientation and ear orientation, while quantitative characteristics were head length, horn length, height at withers, chest girth, canon circumference, body length, ear length, staple length, tail length, teat length and scrotum circumference were measured using a measuring tape. Figure (2) Showing Libyan Barbary sheep..



Figure: (2). Libyan Barbary sheep

Statistical analysis: The statistical analysis was performed using various procedures of the statistical program SAS-PC (SAS, 2002). Basic statistics for the measurements were obtained using Proc Univariate and Proc Frequency, respectively. Quantitative and qualitative data were analyzed using the General Linear Model (GLM) procedure according the following model:

$$y_{ijk} = \mu + R_i + S(R)_j + e_{ijk}$$

Where y_{ijk} an observation, μ is the overall mean, R_i is fixed effect of the i region, $S(R)_j$ is effect of the sex within region and e_{ijk} is the random error attributed to the observation. Stepwise discriminant procedure was applied using (PROC STEPDISC) to determine which morphological traits have more discriminant power than others. The (CANDISC) procedure was used to perform canonical analysis to derive canonical functions, linear combinations of the quantitative variables that summarize variation between areas and to compute the Mahalanobis distance matrix between regions.

RESULTS

The Qualitative traits: The use of qualitative morphological characteristics to study the similarity or diversity in the Libyan Barbary sheep breed across four regions is shown in Table (1), (2) and (3). The results relating to the qualitative characters in all sheep raised in the four regions are presented in Table 1. Significant differences ($P < 0.0001$) exist between regions and between sexes within region for all studied traits (Table 2). Although coat color and absence of Wattle did not differ significantly between the sexes within the region, the other traits differed significantly.

Variations in coat color were observed between different regions, the predominant color of the coat is white 91%, 89% and 96.8% in Eastern, Western and Central regions respectively, while the southern region characterized by the predominant coat color speckled (46.5%). In the western, eastern and central region the predominant color of the head is black, followed by brown, while in the southern region the predominant color is speckled followed by brown. The eye color of Libyan sheep was brown constituting the maximum proportion in all regions, 15% of the sheep of the eastern region have olive-colored eyes. The average values of some qualitative characters observed in rams and ewes are presented in table (2). There were no differences between rams and ewes in the characteristics of the nose pattern, as the percentage of straight head was 97% and 66% for the central and southern sheep, respectively; whereas males in the western and eastern regions tend to have a nose with a convex profile and females tend to have a straight shape. Beard was mostly absent in all regions except those in eastern region, where it was present in 18% of males and 6% of females. 18% and 6% for males and females, respectively. Large proportions of males and females (over 80 percent) were devoid of wattle except those in males and females of southern region were 40% and 46%, respectively. Horns were present in most of the males across all regions with variable proportions ranged from 85 % to 99 %. About 60% to 89 % of the males had spiral shape; while, about 36% to 94% were lateral orientation. However, about 15 % of male sheep in southern region were polled. These subpopulations have pendulous ears in 81% of individuals, while 18% of the animals have horizontal ears. The statistical results indicate highly significant differences ($P < 0.0001$) among sheep in the four studied regions based on the qualitative traits. However, visual field observations suggest a noticeable similarity in the general appearance of the sheep. Therefore, despite the presence of statistically significant differences, these differences may not be visually apparent or have a major biological impact. Statistical analysis is highly sensitive and can detect small, but statistically significant, differences due to the large sample size, whereas visual observation relies on general assessment and often does not reveal the subtle differences that analyses do. Therefore, it was necessary to perform multivariate analysis to determine whether the sheep in these regions were similar or not.

Table:(1). Percentage values (frequency in brackets) of some qualitative morphological traits of Libyan Barbary sheep according to regions.

Traits	classes	Overall mean	Eastern	Western	Central	Southern	Pr > F
Coat color (CC)	White	90 (3470)	91(424)	89(1893)	96.8(1122)	24(31)	<0.0001
	Black	3 (120)	2.7(13)	3.8(80)	10(12)	11.6(15)	
	Brown	3 (105)	<1(4)	3.5(75)	<1(3)	17.8(23)	
	speckled	5 (180)	5(24)	3.5(74)	1.9(22)	46.5(60)	
Head Color (HC)	White	9 (338)	6.6(31)	8(171)	9.5(107)	22.5(29)	<0.0001
	Black	47 (1813)	54(253)	41.6(881)	58.5(661)	14(18)	
	Brown	30 (1134)	35(164)	28(593)	30(341)	27.9(36)	
	speckled	14 (557)	4(19)	22(472)	1.8(20)	35.7(46)	
Eye color (EC)	White	0(10)	1.5(7)	<1(3)	0	0	<0.0001
	Blue	0(7)	1(5)	<1(2)	0	0	
	Olive	2(74)	15.6(72)	<1(1)	<1(1)	0	
	brown	98(3783)	82(376)	99.7(2119)	99.9(1159)	100(129)	
Nose profile (NP)	Convex	14(529)	30(142)	15(323)	2(21)	33.3(43)	<0.0001
	Straight	86(3330)	67(312)	85(1793)	98(1139)	67(86)	
	Concave	0(18)	2.8(13)	<1(5)	0	0	
Beard (B)	Present	1(46)	9(42)	<1(3)	<1(1)	0	<0.0001
	Absence	99(3835)	91(425)	99.9(2122)	99.9(1159)	100(129)	
Wattle (W)	Present	12(459)	17(80)	10(223)	8.5(99)	44.2(57)	<0.0001
	Absence	88(3421)	83(387)	89.5(1902)	91.5(1060)	55.8(72)	

Body condition	Good	76(2929)	16.7(78)	93(1976)	70(814)	48.4(61)	<0.0001
score(BCS)	Middle	24(923)	83(386)	6.3(134)	29.4(339)	50.8(64)	
	Bad	0(16)	<1(2)	<1(11)	<1(2)	<1(1)	
	straight	0(15)	2(11)	0	<1(1)	2.3(3)	<0.0001
Horn shape (HS)	curved	24(1151)	1.3(6)	4.9(104)	2.7(31)	7.8(10)	
	spiral	15(723)	27(128)	15.5(330)	20.8(241)	8.6(24)	
	absence	61(2988)	69(321)	79.6(1690)	76(885)	71(92)	<0.0001
	backwards	14(122)	21(31)	17(73)	6.6(18)	0	
Horn orientation (HO)	Upward	10(93)	11(16)	3.2(14)	21(58)	13.5(5)	
	Lateral	53(472)	57(83)	58(250)	39(106)	86(32)	<0.0001
	Forward	22(199)	10(15)	22(95)	32.8(89)	0	
	Erect	1(39)	4(21)	<1(8)	0	7.8(10)	
Ear orientation (EO)	horizontally	18(685)	26(121)	23(492)	2(19)	41(53)	<0.0001
	pendulous	81(3154)	70(325)	76.4(1622)	98(1141)	51(66)	

Quantitative traits: The analysis of variance for body measurements of adult animals by regions and sex within region are presented in Table (3). All the studied traits were affected ($p < 0.0001$) by agro-ecological regions. Among ewes, teat length was the only trait affected ($P < 0.0001$) by region, while among rams, scrotum circumference was significantly affected. The overall mean were 11.9, 56.52, 72.65, 92.4, 8.33, 72.06, 13.92, 8.29, 42.55, 2.63 and 29.08 cm for Head length, Horn length, high at wither, Chest girth, Canon circumference, Body length, Ear length, staple length, Tail length, Teat length and Scrotum circumference, respectively.

In this study a relatively high coefficient of variation was found for staple length and teat length which reached (41.82%) and (34.25%), respectively. While, the moderate coefficients of variance were ranged between (8.79%) and (20.55%) for other traits. The variance component was used in the current study to divide the variance of the traits related to the size and dimensions of the body or body parts of the Libyan Barbary sheep into inter-locality and intra-locality (residual) components. The results of VARCOMP procedure in table (4) showed that between regions variance for all studied traits was higher than within region (the residual) variance; the ratio of variance between regions ranged from 0.004 to 0.278 for all traits.

Table:(2). Percentage values (frequency in brackets) of some qualitative morphological traits of Libyan Barbary sheep according to sex within region.

Traits	classes	Pr > F	Eastern		Western		Central		Southern	
			Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Coat color (CC)	White	0.102	92(119)	91(305)	87.5(378)	89.6(1515)	99.3(269)	96(853)	15(6)	28(25)
	Black		3(4)	2.7(9)	4.6(20)	3.6(60)	0	1.4(12)	10(4)	12.4(11)
	Brown		0	1.2(4)	4.6(20)	3.3(55)	<1(1)	<1(2)	25(10)	14.6(13)
Head Color (HC)	speckled	0.014	4.7(6)	5.4(18)	3.2(14)	3.6(60)	<1(1)	2.4(21)	50(20)	44.9(40)
	White		4.7(6)	7.4(25)	7.9(34)	8.1(137)	4.9(13)	10.9(94)	10(4)	28(25)
	Black		50(64)	56(189)	48.8(209)	39.8(672)	65(174)	56.4(487)	15(6)	13.5(12)
Eye color (EC)	Brown	0.0002	35(45)	35(119)	22.8(98)	29(495)	28.2(75)	30.8(266)	45(18)	20.2(18)
	speckled		11(14)	1.4(5)	20.5(88)	22.7(384)	1.5(4)	1.9(16)	30(12)	38(34)
	White		2.3(3)	1.2(4)	<1(1)	<1(2)	0	0	0	0
Nose profile (NP)	Blue	0.0001	<1(1)	1.2(4)	<1(1)	<1(1)	0	0	0	0
	Olive		21(27)	13.6(45)	0	<1(1)	0	<1(1)	0	0
	brown		76(97)	84(279)	99.5(430)	99.8(1689)	100(272)	99.9(887)	100(4)	100(89)
Bear (B)	Convex	0.0001	57(73)	20(69)	47(203)	7(120)	4.4(12)	1(9)	35(14)	32.6(29)
	Straight		41(53)	77(259)	52.4(226)	92.7(1567)	95.6(260)	99(879)	65(26)	67(60)
	Concave		2(3)	3(10)	<1(2)	<1(3)	0	0	0	0
Wattle (W)	Present	0.6198	18(23)	5.6(19)	<1(1)	<1(2)	0	0	0	0
	Absence		82(106)	94(319)	99.8(431)	99.9(1691)	100(272)	100(887)	0	100(89)
	Present		20(26)	16(54)	10(43)	10.6(180)	7.7(21)	8.8(78)	40(16)	46.1(41)
Body condition score (BCS)	Absence	0.0001	80(103)	84(284)	90(389)	89(1513)	92.3(251)	91(810)	60(24)	54(48)
	Good		23(30)	14(48)	99.5(429)	91.5(1547)	70(190)	70.5(624)	65(26)	40.7(35)
	Middle		77(99)	85(287)	<1(2)	7.8(132)	29.6(80)	29(259)	35(14)	58(50)
Horn shape (HS)	Bad	<0.0001	0	<1(2)	0	<1(11)	0	<1(2)	0	1.2(1)
	straight		8(10)	<1(1)	0	0	0	<1(1)	0	3.4(3)
	curved		1.5(2)	1.2(4)	22.5(97)	<1(7)	10.7(29)	<1(2)	25(10)	0
Horn orientation (HO)	spiral	<0.0001	89(115)	3.9(13)	75(323)	<1(7)	88.9(241)	0	60(24)	0
	absence		1.6(2)	95(319)	2.6(11)	99.2(1679)	<1(1)	99.7(884)	15(6)	96.6(86)
	back-wards		20(26)	27.8(5)	16.3(68)	35.7(5)	6.6(18)	0	0	0
Ear orientation (EO)	Upward	<0.0001	12.6(16)	0	3(13)	7(1)	21.4(58)	0	5.9(2)	100(3)
	Lateral		57(72)	61(11)	59(245)	35.7(5)	39(106)	0	94(32)	0
	Forward		10(13)	11(2)	22(92)	21(3)	32.8(89)	0	0	0
pendulous	Erect	<0.0001	8(10)	3 (11)	1.2(5)	<1(3)	0	0	5(2)	9(8)
	horizon-tally		20(26)	28(95)	11.6(50)	26(442)	<1(1)	2(18)	40(16)	41.6(37)
	pendulous		72(93)	69(232)	87(377)	73.7(1245)	99.6(271)	98(870)	55(22)	49(44)

significance of eight out of eleven traits ($P < 0.0001$). Head Length followed by Body length, High at wither and Chest girth have more discriminant power than the others as shown by their and F-value, this attribute that takes these four traits would be more important in differentiating Libyan sheep sub-population. The other traits (Tail length, Ear length, staple length and Horn length) were removed from the final model due to their lowest discriminant power.

The raw canonical coefficients for the first canonical variable (Can1), showed that the classes differ on the linear combination of the centered variables:

All pairwise Mahalanobis distances, presented in Table 6, were statistically significant ($P < 0.001$) and ranged from 0.8 to 3.62. The Mahalanobis distances revealed substantial differentiation, with the greatest distances observed between the southern region and both the eastern (3.62) and western regions (3.38). In contrast, the distance between the southern and central regions was relatively small (0.8).

Table:(3). The quantitative morphological characteristics of Libyan Barbary sheep.

Source of variations	Head length (cm)	Horn length(cm)	High at wither (cm)	Chest girth (cm)	Canon circumference (cm)	Body length (cm)
The region	P< 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P< 0.0001
Eastern	13.51±2.28(467) ^a	47.99±13.26(143) ^b	75.65±7.11(467) ^a	94.33±13.96(464) ^a	9.43±2.37(465) ^a	70.23±8.49(464) ^c
Western	11.79±1.63(2123) ^b	59.74±10.27(427) ^a	72.35±6.54(2124) ^c	95.79±11.45(2121) ^a	8.18±1.12(2118) ^b	73.55±7.54(2120) ^a
Central	11.48±0.65(1160) ^c	58.00±6.74(272) ^a	71.74±5.17(1159) ^c	85.70±10.25(1160) ^b	8.28±1.01(1157) ^b	70.09±5.37(1159) ^c
southern	11.65±0.98(109) ^{bc}	28.80±13.00(20) ^c	73.72±7.17(109) ^b	81.12±8.11(109) ^c	7.39±0.81(109) ^c	71.41±5.49(108) ^b
The gender	P< 0.0001	P < 0.0001	P< 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001
Male	12.82±1.86(853)	57.74±9.32(832)	80.17±5.67(851)	105.37±10.58(851)	9.68±1.68(848)	78.39±7.84(849)
Female	11.63±1.44(3006)	22.63±16.90(30)	70.46±4.70(3008)	88.42±10.05(3008)	7.96±0.98(3001)	70.25±5.92(3002)
Overall mean	11.90	56.52	72.65	92.14	8.33	72.06
Min.	8.00	6.00	35.00	43.00	5.00	47.00
Max.	23.00	96.00	99.00	143.00	19.00	115.00
Std. deviation	1.62	11.62	6.39	12.36	1.36	7.23
C.V%	13.58	20.55	8.79	13.40	16.43	10.03

Continue...

Source of variations	Ear length (cm)	Staple length (cm)	Tail length(cm)	Teat length(cm)	Scrotum circumference (cm)
The region	P < 0.0001	P< 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001
Eastern	13.19±1.51(467) ^b	7.30±3.11(462) ^b	41.93±8.02(466) ^b	3.30±0.97(335) ^a	25.69±5.38(126) ^c
Western	13.95±1.78(2121) ^a	8.55±3.47(2096) ^a	41.79±6.53(2120) ^b	2.57±1.02(1687) ^c	29.01±4.37(424) ^b
Central	14.14±1.45(1160) ^a	8.46±4.11(100) ^a	44.41±6.11(1154) ^a	2.47±0.45(887) ^c	30.54±2.12(271) ^a
Southern	13.92±1.80(109) ^a	6.28±2.79(47) ^c	40.46±8.18(109) ^c	2.79±0.43(89) ^b	30.60±4.83(20) ^a
The gender	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0001
Male	13.71±1.63(852)	9.89±4.34(613)	47.32±6.62(851)	----	29.04±4.29(841)
Female	13.97±1.69(3005)	7.83±3.01(2092)	41.20±6.18(2998)	2.63±0.90(2998)	-----
Overall mean	13.92	8.29	42.55	2.63	29.08
Min.	7.00	3.00	23.00	1.00	14.00
Max.	19.00	24.00	93.00	2.9	78.00
Std. deviation	1.68	3.46	6.78	0.9	4.30
C.V%	12.81	41.82	15.92	34.25	14.80

Table:(4). Variance components according regions for quantitative traits

Character	Variance Component		
	Inter-location	Proportion of Inter-location variability	Intra-location
Head Length	0.861	0.277	2.242
Horn Length	2.325	0.004	584.116
Wither high	3.437	0.080	39.308
Chest girth	42.829	0.249	129.000
Canon circumference	0.652	0.278	1.691
Body length	2.648	0.051	49.464
Ear length	0.183	0.062	2.750
Staple length	1.089	0.085	11.703
Tail Length	2.320	0.050	44.439
Teat Length	0.137	0.154	0.751
Scrotum Circumference	5.130	0.242	16.102

Multivariate

Table:(5). summarizes the results of the stepwise discriminant analysis, demonstrating the

Table (5): summary of stepwise selection of traits

Step	Variable Entered	Partial R^2	F-value	$p>F$	Wilk's lambda	P>Lambda	ASCC	p>ASCC
1	Head Length	0.1228	124.1	<0.0001	0.877	<0.0001	0.041	<0.0001
2	Body length	0.0665	63.15	<0.0001	0.819	<0.0001	0.061	<0.0001
3	Wither high	0.0566	53.18	<0.0001	0.772	<0.0001	0.077	<0.0001
4	Chest girth	0.0433	40.02	<0.0001	0.739	<0.0001	0.091	<0.0001
5	Tail Length	0.0133	11.92	<0.0001	0.729	<0.0001	0.095	<0.0001
6	Ear length	0.0055	4.86	0.0023	0.725	<0.0001	0.096	<0.0001
7	Staple length	0.0041	3.68	0.0116	0.722	<0.0001	0.098	<0.0001
8	Horn Length	0.0052	4.61	0.0032	0.718	<0.0001	0.099	<0.0001

ASCC= Average squared canonical correlation

Table:(6). Mahalanobis distance between sub-populations in each environmental region

Region	East	Central	south
Central	2.42***		
south	3.62***	0.80***	
west	2.57***	1.14***	3.38***

DISCUSSION

Morphological description is based on quantitative and qualitative traits and essential for defining Libyan Barbary Sheep in the present study, since all traits showed significant differences between sub-populations. This may be due to two reasons, the 1st: was the large sample size taken; the 2nd: the influence of environmental factors (such as climate and feed availability), management practices, and genetic variation on the physiological adaptation of sheep sub-populations.

Qualitative traits: The main morphological features which are traditionally used to characterize breeds of sheep are concerned with the outside appearance of the animal. Large variations were not observed among the other qualitative characteristics of population; however, the sheep in the southern region are more distinct than the sheep in other regions. All studied traits were significantly affected by environmental regions and sex; as expected that all sheep sub-populations have certain variability between regions due to specific feeding and vegetation of each region in the present study, a relative high variability was observed; the coefficient of variation was (41.82%) and (34.25%) for staple length and teat length respectively. The moderate CVs ranged between (8.79%) and (20.55%) for other traits.

Like most sheep breeds of north Africa, Libyan Barbary Sheep belongs to the fat - tailed and carpet wool type characterized by the body, legs and tail which are mostly white in color, while the head is brown or reddish brown, or black. Sometimes, the color extends from the head to the neck. In many animals, nozzle, tips of the ears and a ring around each eye are black; however, entirely white heads are not common. The ears are long, flat and pendulous. Rams nearly carry large horns that are strongly striated and spiral to curve backward with tips directed outward. The Nose of the Libyan Barbary sheep is usually straight in profile, though it may be slightly convex. This is in agreement

with (Magid & Mursy, 1992) for the same breed and (ACSAD, 2018) for most breeds of North Africa. Rams have heavy horns, curved around the ears while ewes are polled, and rarely have small horns, which is associated with a single genomic region on chromosome 10 that controls the presence or absence of horns in domestic breeds, and that the horn absence is now common among many modern breeds (Kijas, et al., 2021). However, large variations were not observed among other qualitative characteristics of sheep in western, eastern and central regions which were in agreement with most breeds of North Africa (ACSAD, 2018). The white coat is the predominant and distinctive for sheep sub-populations, seems to be an adaptation to the hot environment where white coat enhances heat tolerance by minimizing the absorption of solar radiation, with the southern sheep being distinguished in speckled color. The animal owners prefer the white wool because of its importance in industrial processing and accepting different dyes.

Quantitative traits: In accordance with (ARC/ICARDA, 2008), the assessment of body conformation should include at least these linear measurements: body length, height at withers, heart girth, ear length, and horn length. As for sex-related characteristics, teat length is the only characteristic among ewes, and scrotal circumference among rams, both of which are affected by regions, the CV% values for staple length and teat length were 41.82 % and 34.25%, respectively, which were the highest in comparison with other traits; it may be due to the difference between animals in the period of shearing wool to take measurements, and the difference in the stages of lactation and suckling effect among ewes. In many cases qualitative traits are related to quantitative traits, Magid and Mursy (1992) observed significant differences in fleece weight and post-weaning weights between black, brown and white faces of Libyan Barbary sheep, while no significant differences in fertility, birth weight, survival of lambs to weaning and weaning weights.

In comparison with the Libyan Barbary Sheep with breeds located in North African states to highlight differences and similarities with those related breeds, the overall mean of height at withers (72.65cm), chest girth (92.14 cm), body length (72.06 cm), presented in this study as traits related to body mass were lower than the values reported by (Dekhili, 2014) for Sétif area ewes in Algeria, while greater than the values reported by ACSAD (2018) for Barbary sheep located around the Algerian-Tunisian border area. The results of this study correspond to some extent to the characteristics of Rembi and Beni Guil sheep in Algeria and Morocco (ACSAD, 2018).

The tail is relatively short (42.55 cm), wide, pendulous without sigmoid flexure, mostly ending above the hocks. The fat content reflects animal's condition which is affected by the availability of feeds (Magid & Mursy 1992).

As expected that all sheep sub-populations have certain variability between regions, these differences could be attributed to the specific feeding and vegetation cover of each region. Although body measurements of sheep in the four regions show a relatively moderate degree of variance in traits related to body mass, but there are wide variation between male and female in these traits, this might be related to the differences in growth rate and reproductive activities, since the observed higher measurements in males compared to females can be attributed to the influence of androgens, which stimulate muscle and skeletal development in males, whereas estrogen may have an inhibitory effect on growth in females (Baneh & Hafezian, 2009 and Hailu et al., 2020).

Multivariate analysis : The restricted maximum likelihood method was used to estimate the components of variance showed that all traits had high degree of Intra-locality (residual) variation; this residual variance component can be attributed to random environmental or genetic factors. This was a preliminary indicator to similarity in Libyan sheep population.

While all pairwise Mahalanobis distances were significant (table, 6), these differences were not sufficient to statistically distinguish the populations as separate genetic groups or breeds; these results support the hypothesis of homogeneity in the Barbary sheep common in Libya. Differences in agro-climatic conditions and management practices may contribute to the observed morphological divergence between sub-populations. The canonical discriminant analysis demonstrated a high degree of efficacy in distinguishing between individuals from the four studied regions; this analysis provided a comprehensive understanding of the distribution of the studied sheep population, revealing four distinct zones.

CONCLUSION

It was concluded that Libyan Barbary Sheep are medium in size, belongs to the carpet wool, fat-tailed type which varies greatly in staple length between flock. The coat is mostly white in color. Despite their geographical separation, the four populations in this study exhibit limited morphological diversity. Analysis revealed that head length, body length, wither height, and chest girth were significant discriminatory variables between sheep subpopulations in the different Libyan regions. The combination of Univariate and multivariate analyses facilitated the successful discrimination between Libyan Barbary Sheep sub-populations based on their morphometric characteristics. The incorporation of molecular genetic analysis utilizing diagnostic marker loci is recommended for future investigations.

ACKNOWLEDGEMENT

I extend my thanks to the Agricultural Research Center for the efforts they made to complete this study, including logistical and technical support.

ETHICS

Scientific Research Ethics Committee at the University of Tripoli, based on the Scientific Research Ethics Document issued by the University of Tripoli

Duality of interest: The authors declare that they have no duality of interest associated with this manuscript.

Author contributions: Example, A.B. developed the theoretical formalism, performed the analytic calculations and performed the numerical simulations. Both A.B and B.C. authors contributed to the final version of the manuscript. B.C. supervised the project.

Funding: A funding statement indicates whether or not the authors received funding (institutional, private and/or corporate financial support) for the work reported in their manuscript.

REFERENCES

- ACSAD, (2018). Atlas of agriculture animals in Arab countries. League of Arab state 2ed edition.
- Ahtash, A., Hermas, S., Azaga, I. & Kurdi, A.(2010). Face color effects on growth rate of Libyan Barbary lambs. *Egyptian Journal for sheep and goat sciences*.1(1), 101 – 111.
- Animal Genetic Resources Committee (2020). A technical report – Ministry of Agriculture and Animal wealth, Libya.
- ARC /ICARDA, (2008). Phenotypic and molecular characterization of small ruminant breeds in Libya – field guide. Agriculture research center – Libya and International center for Agricultural research in the Dry Areas collaborative program. <https://www.researchgate.net/publication/304490110>
- Baneh, H., & Hafezian, S. H. (2009). Effect of environmental factor on growth traits in Ghezel sheep. *Afric. J. Biotech.* 8, 2903–2907.
- Dekhili, M. (2014). A morphometric study of sheep reared in north-east Algerian. *Arch. Zootec.* 63 (244): 623-631.
- Delgado, J. V., Barba, C., Camacho, M. E., Sereno F. T. P. S., Martinez, A., & Vega-Pla J. L. (2001). Livestock characterization in Spain. *Animal Genetics Resources Information*, 29:7–18.
- FAO, (1999). AGRI. Paper No. 25, Rome, Italy.
- FAO, (2006). The Economic Efficiency of Cereals Production in Libya. A Technical Report.
- FAO, (2012). Phenotypic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines No. 11. Rome.
- Hailu, A., Amine, M., Tesfalem, A., Abraham, A., Seble, S., & Semere, T. (2020). Phenotypic characterization of sheep populations in Tahtay Maichew district, Northern Ethiopia. *Genetic Resources*, 1(2):12 - 22.
- Ihtash, A. M., & Magid, A. F. (1999). Environmental factors affecting weaning weight of Libyan Barbary lambs under range conditions. *Libyan J. Agr.*,14, 45-56.
- Kijas, J. W., Lenstra, J. A., Hayes, B., Boitard, S., Porto Neto, L. R., San Cristobal, M., Servin, B., McCulloch, R., Whan, V., & Gietzen, K. (2021). Genome-wide analysis of the world's sheep breeds reveals high levels of historic mixture and strong recent selection. *Plos Bio.* 10, 1–14.
- Lanari, MR., Taddeo, H., Domingo, E., Centeno, MP., & Gallo L. (2003). Phenotypic differentiation of exterior traits in local Criollo goat population in Patagonia (Argentina). *Archiv Tierzucht Dummerstorf.* 46:347–356.
- Magid, A. F., Zaied, A. A., & Sheraha, A. M. (1992).The Libyan Barbary Sheep. I . reproductive traits. *Libyan. J. Agr.* 13:5-12.

Doi: <https://doi.org/10.54172/xhyn3e85>

Magid, A. F., & Mursy, M. A. (1992). Productivity of the Libyan Barbary sheep in Relation to face color. *Libyan J. Agr.* 13:23-31.

Pasture development project (2020). Pasture Development Project Report of the Ministry of Agriculture and Animal Resources, Libya.

SAS, (2002). User's guide: Statistics, version 9.1, SAS Ins., Inc., Cary., NC, USA.



Pollen viability in natural populations of *Thymus capitatus* the south Al-Jabal Al-Akhdar area, Cyrenaica, Libya.

Ali, Ezzudin S., Khansa² A. Omar., Hesaen M. Mustafa³

¹Faculty of Agriculture, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

² Faculty of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

³ Faculty of Natural Resources, Omar Al-Mukhtar University, Libya.

*Corresponding author: E-mail: Hussein.mohammad@omu.edu.ly
Environmental Sciences, Omar Al-mkhtar University elbayda, Libya

Received:
08. 05. 2025
Accepted:
31.08 .2025

Publish online:

.....

الباحث الأول¹: عز الدين شعيب علي،
البيستة، جامعة عمر المختار، ليبيا .

الباحث الثاني: خنساء عبدالنبي عمر، علوم
البيئة، جامعة عمر المختار، ليبيا .

الباحث الثالث: حسين محمد مصطفى،
علوم البيئة، جامعة عمر المختار، ليبيا .

Abstract: Viable pollen plays a crucial role in the process of seed formation and acts as the principal mechanism for gene transfer in outcrossing species such as thyme (*Thymus capitatus*). There is a lack of information on the pollen viability of natural populations of Libyan thyme that grow in the south El-Jabal El-Akhdar area. This research estimated pollen viability using acetocarmine staining method. It was possible to distinguish between viable pollen (non-aborted) and non-viable (aborted) pollen using acetocarmine stain. The viability of pollen percentage in *T. capitatus* accessions was found to be significantly different. The viable pollen recorded as highest was obtained from the white-flowered population (67.61%) followed by dotted white-flowered population (57.24%), while the lowest viable pollen was obtained from mosaic-flowered population (29.86%). The remaining two populations, violet-flowered and purple-flowered showed 55.73% and 42.38% respectively as pollen viability percentage. Variation was also observed in the pollen viability among different collection periods. These results suggested that pollen viability may be under both environmental and genetic control.

Keywords: Pollen viability; acetocarmine staining method; *Thymus capitatus*; El-Jabal El-Akhdar; Libya.

حيوية حبوب اللقاح في المجتمعات الطبيعية لنبات الزعتر البري *Thymus capitatus* في منطقة جنوب الجبل الأخضر، برقة، ليبيا.

المستخلص: حبوب اللقاح الخصبة والحية ضرورية لتكوين البذور، وتعمل بمثابة وسيلة أساسية لتدفق الجينات في الأنواع النباتية مفتوحة التلقيح مثل نبات الزعتر (*Thymus capitatus* L.). هناك نقص في المعلومات عن خصوبة حبوب اللقاح (حيوية حبوب اللقاح) في العشائر الطبيعية للزعتر البري، والذي ينتشر بصورة طبيعية في منطقة جنوب الجبل الأخضر. في هذا البحث قدرت حيوية حبوب اللقاح باستخدام صبغة الأسيتوكارمين. وقد بينت الدراسة فاعلية هذه الطريقة، فقد كان من الممكن التمييز بين حبوب اللقاح الخصبة (الحية) وحبوب اللقاح غير الخصبة (المجهضة). أشارت النتائج إلى أن الاختلافات في نسب حيوية حبوب اللقاح في العشائر الطبيعية للزعتر الليبي (*Thymus capitatus* L.) كانت ذات فروق معنوية. فقد سجلت عشيرة النباتات ذات الأزهار البيضاء أعلى نسبة لحبوب اللقاح الخصبة (67.61%)، تليها مباشرة عشيرة النباتات ذات الأزهار البيضاء المنقطعة (57.24%)، بالمقابل سجلت عشيرة النباتات ذات الأزهار المبرقشة أقل نسبة لحبوب اللقاح الخصبة (29.86%). العشيرتين: عشيرة النباتات بنفسجية الأزهار وعشيرة النباتات أرجوانية الأزهار سجلت النسب 55.73% و 42.36% على التوالي. أيضاً بينت النتائج أن هناك تباين في حيوية حبوب اللقاح بين مختلف فترات التجميع. هذه النتائج تشير بأن حيوية حبوب اللقاح في عشائر الزعتر تخضع لفعل العوامل البيئية والعوامل الوراثية.

الكلمات المفتاحية: حيوية حبوب اللقاح، طريقة اختبار صبغة أسيتوكارمين، الزعتر البري، الجبل الأخضر - ليبيا.



INTRODUCTION

Effective pollination is essential for the successful development of fruits and seeds in the majority of plant species. Understanding pollen biology, particularly aspects related to pollen quality, is crucial for implementing strategies aimed at enhancing agricultural productivity (Shivanna, 2003). Pollen quality plays a significant role in the overall fitness of plants and marks a vital phase in their life cycle. It is commonly associated with pollen viability, which refers to the percentage of pollen grains that remain viable (Stanley and Linskens, 1974; Heslop-Harrison *et al.*, 1984).

The extensive body of literature concerning pollination ecology and pollen biology reveals a considerable diversity in the terminology and definitions associated with the functional capabilities of pollen. Viability is commonly defined as the "capacity to live, grow, germinate, or develop" (Lincoln *et al.*, 1982). Additionally, the concept of viability has been employed to refer to pollen grains that can germinate on the stigma (Morse, 1987; Niesenbaum, 1992), those that can germinate in vitro (Beardsell *et al.*, 1993; Lindgren *et al.*, 1995), as well as those that can absorb specific stains (Becker and Ewart, 1990; Nyman, 1992), and to indicate successful seed set following the process of pollination (Smith-Huerta and Vasek, 1984).

Research into the variability of pollen grains plays a crucial role in elucidating the mating systems of plants. The diversity of these mating systems significantly affects the variability and differentiation processes observed within populations of both wild and cultivated species (Grant, 1981; Richards, 1997). Furthermore, pollen viability is a key factor in addressing issues related to sterility, hybridization initiatives (Stone *et al.*, 1995), and the field of evolutionary ecology (Thomson *et al.*, 1994). This viability is particularly vital for understanding genetic variability in plants where cross-fertilization is more prevalent than self-fertilization (Divakara *et al.*, 2010). Generally, a direct correlation exists between pollen viability and the germination potential of pollen across numerous plant species (Stanley and Linskens, 1974). Numerous methodologies have been established to assess pollen viability, utilizing either the dimensions of pollen grains (Kelly *et al.*, 2002) or the dielectric characteristics of cellular membranes (Heidmann *et al.*, 2016; Heidmann and Di-Berardino, 2017). Nevertheless, even with the advent of innovative techniques, a significant portion of the scientific community continues to depend on traditional methods that necessitate only basic staining processes and a microscope for manual enumeration (Shivanna and Tandon, 2014).

Staining methods serve as effective tools for assessing the physiological condition of mature pollen grains. The appropriateness of a pollen viability test is contingent upon the specific species, as variations in optimal staining techniques have been documented (Rodriguez-Riano and Dafni, 2000). A range of staining methods has been utilized to evaluate the viability of pollen grains. Among these, acetocarmine, Alexander's stain, and aniline blue are the most commonly employed techniques for estimating pollen viability (Alexander, 1969; Migdalek *et al.*, 2014; Radovid *et al.*, 2017). The underlying principle of these staining reactions is based on the acidic nature of certain plant cell components, which exhibit a preference for basic dyes. The acetocarmine technique is extensively employed to assess pollen viability in both cultivated and wild plant species (Amkul *et al.*, 2016; Rathod *et al.*, 2018). Acetocarmine functions as a basic dye, with iron serving as a mordant. The nucleic acids, which possess a strong negative charge due to the phosphate groups present in the DNA structure, readily interact with basic dyes. Consequently, this method is utilized for swift evaluations of nuclear conditions and for in-depth in-

vestigations of chromosomes (Ali, 2008).

In Libya, Thyme (*Thymus capitatus*) is native to Al-Jabal Al-Akhdar area where it has been used for flavoring and medicinal purpose. Thyme is a candidate for large scale as a source of nectar for honey bees, and as an aromatic plant containing essential oils, which are important to the flavoring and medicinal applications (Ali and Mustafa, 2019).

Furthermore, an understanding of reproductive biology, particularly regarding pollen viability, is crucial for the conservation, management, and restoration of endangered species (Kuniyal *et al.*, 2003; Murugan *et al.*, 2006). Given that thyme (*Thymus capitatus*) holds significant medicinal and ecological value, it has garnered substantial research interest (Ali and Mustafa, 2019; Ali and Mustafa, 2021; Ali *et al.*, 2022). However, studies on the floral biology of *T. capitatus* have not been performed. Therefore, the objective of this research is to estimate the pollen viability of *T. capitatus* accessions (populations) that are growing in the south El-Jabal El-Akhdar area, Libya.

MATERIALS AND METHODS

Pollen samples of *Thymus capitatus* were collected from southern parts of El-Jabal El-Akhdar area, aiming to cover as much of the geographic range as possible. *Thymus capitatus* that growing in southern parts of Al-Jabal Al-Akhdar shows flower color polymorphism. There are five different accessions (phenotypes); white-flowered, dotted white-flowered, purple-flowered, violet-flowered and flowered, and mosaic-flowered accessions (Ali and Mustafa, 2019; Ali and Mustafa, 2021).

Thymus capitatus began to flower on in mid-july and generated pollen for approximately four weeks. Branches containing several inflorescences were harvested from 25 plants per accession (genotype) at three distinct periods during the pollination period: 1 week, 2 weeks, and 3 weeks. They were collected between 8:30 and 10:30 a.m. on sunny day mornings. The branches with inflorescences were placed in jars filled with tap water and maintained at room temperature (25 °C ±5 °C).

Pollen viability was determined by staining with acetocarmine (Ali and Bataw, 2014). Acetocarmine stains the pollen grain nuclei, and weakly stains the cytoplasm, and gives a good contrast between the grain and surrounding medium. The pollen nucleus is rich in chromatin material and live pollen stains pink to deep red with acetocarmine, whereas sterile (nonviable) pollen does not take any stain and thus remains almost white and transparent (McKellar and Quesenberry, 1992; Marutani, *et al.*, 1993). To prepare the acetocarmine stain, weigh 1 gram of carmine powder and dissolving it in 95 milliliters of glacial acetic acid. Subsequently, add distilled water to achieve a final volume of 100 milliliters. The solution should then be boiled, allowed to cool, filtered, and stored in a refrigerator. For the analysis of pollen viability, two to three drops of stain were applied to a slide, onto which pollen grains were subsequently sprinkled. A cover slip was then placed over the preparation, and the viability of the pollen was assessed after a duration of 5 to 10 minutes. For each of the five accessions (genotypes), at least 50 pollen grains were randomly counted in each visual field on the slide using a light microscope at a magnification of 100X. Each accession is analyzed using ten slides, from which images are obtained. That are red are identified as viable pollen. The average quantity of pollen for each accession is calculated, and the viability of the pollen is expressed as a percentage. The percentage of pollen viability is determined using the following formula:

$$\text{Pollen Viability (\%)} = \frac{\text{Number of stained pollen grains}}{\text{Total number of pollen grains on slide}} \times 100$$

Utilizing a completely randomized design (CRD), the experiment was set up. Analysis of variance

(ANOVA) was performed on the experimental data. The significant F test (P 0.05) was used to determine the least significant differences.

RESULTS

According to the color of flower, there are five accessions that growing in south of Al-Jabal Al-Akhdar region, Cyrenaica, Libya: white-flowered, dotted white-flowered, violet-flowered, purple-flowered and mosaic-flowered accession (Ali and Mustafa, 2019; Ali and Mustafa, 2021; Ali, *et. al.* 2022).

In the current investigation, pollen viability was tested using acetocarmine stain which yielded a sufficiently clear result as shown in Figure 1. Since nonviable pollen didn't absorb the stain, which contrasted sharply with the red color of viable pollen, aceto-carmine stain was a dependable way to determine whether thyme pollen was viable (non-aborted) or nonviable (aborted); more significantly, the stain never colored aborted pollen (Fig. 1).

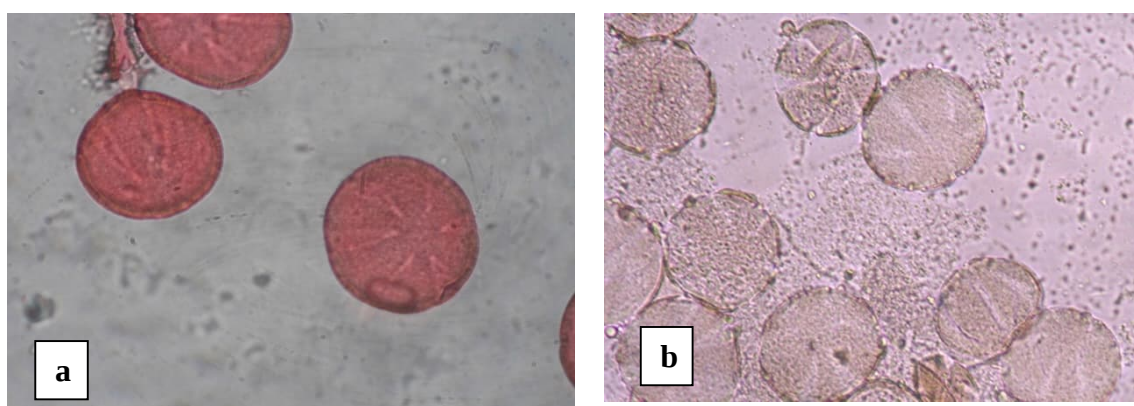


Figure: (1). Pollen grains of Libyan thyme (*Thymus capitatus*) tested by aceto-carmine stain;(a viable pollen, and non-viable pollen b).

Table 1 shows the results of pollen viability of the 5 accessions (genotypes) of Libyan thyme (*Thymus capitatus*) which growing in southern parts of Al-Jabal Al-Akhdar area, evaluated with aceto-carmine stain. The specimens examined generally produced well-formed pollen which had a high stain ability. The viability of pollen percentage in *T. capitatus* accessions was found to be significantly different (LSD=1.19 at $P \leq 0.05$) in the acetocarmine method. The viable pollen recorded as highest was obtained from the white-flowered population (67.61%) followed by dotted white-flowered population (57.24%), while the lowest viable pollen was obtained from the anthers of mosaic-flowered population (29.86%) in the acetocarmine stain test. The remaining two populations; violet-flowered and purple-flowered showed 55.73% and 42.38% respectively as pollen viability percentage (Table 1 and Fig. 2).

Table:(1). Viability percentages of pollen in libyan thyme (*Thymus capitatus*) accessions

Period of time	Means LSD = 2.08					Means LSD= 0.93
	White-flowered	Dotted white-flowered	Violet-flowered	Purple-flowered	Mosaic-flowered	
1week	78.08 ^a	70.83 ^b	64.45 ^c	52.15 ^f	38.30 ^h	60.74 ^A
2weeks	70.34 ^b	59.34 ^d	61.31 ^d	43.19 ^g	29.91 ⁱ	52.86 ^B
3weeks	54.48 ^e	41.60 ^g	43.48 ^g	34.89 ⁱ	21.18 ^k	38.10 ^C
Means LSD=1.19	67.61 ^A	57.24 ^B	55.73 ^C	42.38 ^D	29.86 ^E	

(a-b-c-d-e-f-g-h-i-j-k) These symbols indicate significant differences. If they differ, there is a significant difference. If the symbols are similar, there

are no significant differences.

Variation was also observed in the pollen viability among different collection periods. The current results indicated that, pollen viability percentage of five accessions (populations) was significantly affected by the collection period (Table 1). The pollen viability percentage began with 60.74% for the first week, then recorded 52.86% for the second week. After three weeks, the pollen viability percentage sharply decreased to 38.10%. Those results were significantly different at the value of $L.S.D = 0.93$, $P \leq 0.05$.

Furthermore, the three collection periods within each single population (accession) showed different pollen viability (Fig. 2). For each accession, pollen viability was highest in the first collection period (the 1st week) and lowest in the third collection period (the 3rd week). The highest values of pollen viability occurred in the first period of collection (the 1st week) recording 78.08% (white-flowered), 70.83% (dotted white-flowered), 64.45% (violet-flowered), 52.15% (purple-flowered), and 38.30% (mosaic-flowered). In the second period of collection (the 2nd week), the values of pollen viability were 70.34% (white-flowered), 59.34% (dotted white-flowered), 61.31% (violet-flowered), 43.19% (purple-flowered) and 29.91% (mosaic-flowered). The lowest percentages of pollen viability occurred after three weeks (the 3rd period of collection) recording 54.48% (white-flowered), 41.61% (dotted white-flowered), 43.48% (violet-flowered), 34.89% (purple-flowered) and 21.18% (mosaic-flowered). Those results were significantly different at the value of $L.S.D = 0.93$, $P \leq 0.05$.

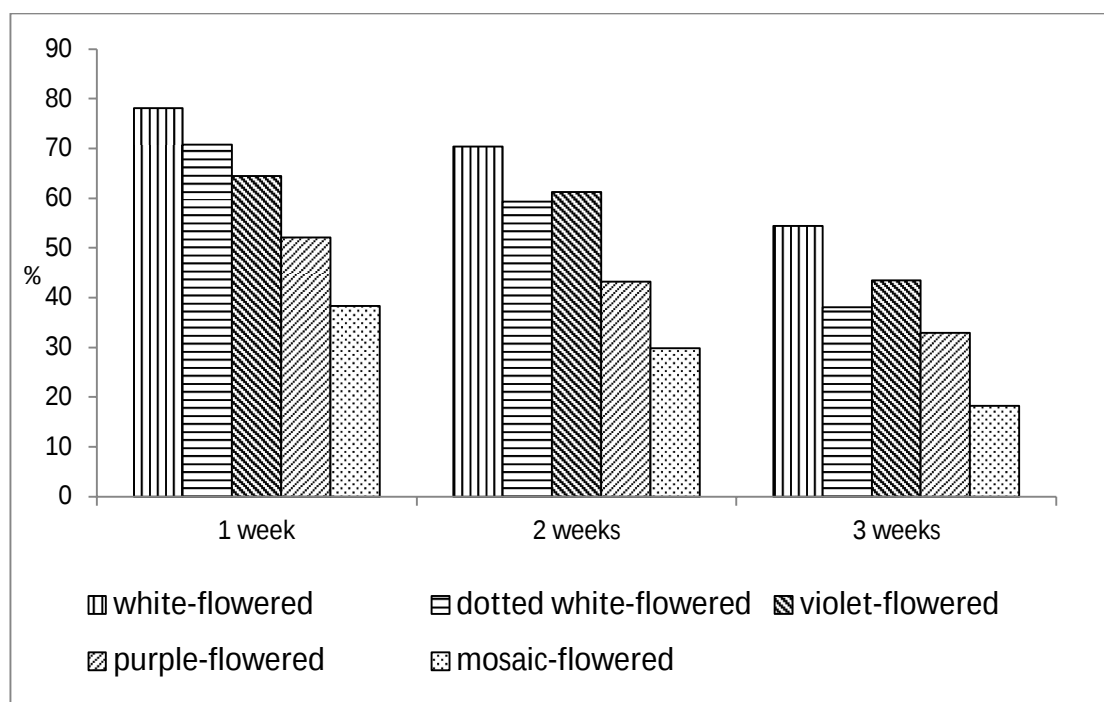


Figure: (2). Viability percentages of pollen during the three collection periods in Libyan thyme accessions

DISCUSSION

The results clearly showed that pollen viability using acetocarmine stain was effective in identifying fertile pollen grains, thus obtaining an early indication of pollen quality. According to several

previous studies (Thomson, 1989; Dafni and Firmage, 2000; Bots and Mariani, 2005; Ali and Batao, 2014), pollen viability is a crucial indicator of pollen quality. The viability of pollen grains, which can be evaluated using a variety of techniques, including staining with non-vital dyes, is typically a prerequisite for successful seed set (Dafni and Firmage, 2000; Dafni *et al.*, 2010; Guoren He *et al.*, 2017). One typical method for assessing pollen viability is acetocarmine staining (Migdalek *et al.*, 2014; Maryam *et al.*, 2015; Vijayakumar *et al.*, 2018).

The findings of the current research indicated that the acetocarmine staining technique effectively distinguishes between viable (non-aborted) and non-viable (aborted) pollen grains in populations of Libyan thyme (*T. capitatus*). Also, the results corresponded well with that of Tiwari *et al.* (2014) who evaluated pollen viability in members of *Euphorbiaceae* family using several dyes and concluded that acetocarmine staining method was efficient for distinction of viable and nonviable pollen grains and provided clear results. Thus, acetocarmine staining method can be recommended for testing pollen viability. Results were also in agreement with other studies indicating that the use of different colorants to test pollen viability may give comparable results (Parfitt and Ganeshan, 1989; Ali and Bataw, 2014).

Temperature, moisture, genotypic variations, plant vigor, physiological stage, and flower age all have a significant impact on pollen survival (Adhikari and Campbell, 1998; Ali and Batao, 2014; Shivashankara *et al.*, 2019; Parashuram *et al.*, 2021). In the current investigation, the rates of pollen viability were significantly differed among all accessions (genotypes) of libyan thyme. The highest viable pollen rate was recorded from the white-flowered population (67.61%), while the lowest was obtained from the mosaic-flowered population (29.86%). Analysis of variance confirmed the significance of these differences, suggesting high variation in pollen viability among accessions with a 95% confidence interval. The different percentage of pollen viability can be attributed to the genotype, since male inflorescences were sampled from the same site and at the same physiological stage. Genotypic differences among accessions in others plant species for pollen viability have been previously reported (Sharafi, 2011; Ali and Bataw, 2014; Lankinen *et al.*, 2018).

Pollen viability is a crucial factor that can restrict seed production (Fritz and Lukaszewski, 1989; Dafni and Firmage, 2000). The findings of the current study revealed that in natural populations of Libyan thyme, pollen viability can significantly decrease after a period of three weeks. Consequently, if pollen arrives at the pistil more than three weeks later, successful pollination may not occur. In general, percentages of pollen viability were decreased with time in all accessions of Libyan thyme. Similar results were reported in many previous studies indicating that pollen viability decreased with time (Beyhan and Serdar, 2008; Ali and Bataw, 2014; Slomka, *et al.*, 2014; Mantiquilla *et al.*, 2018; Robles-Gonzalea *et al.* 2019).

CONCLUSION

The main conclusions of the experimental work should be presented. The contribution of the work to the scientific community and its economic implications should be emphasized.

REFERENCES

- Adhikari K. and Campbell C. (1998). *In vitro* germination and viability of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) pollen. *Euphytica* 102(1): 87–92. DOI: [10.1023/A:1018393425407](https://doi.org/10.1023/A:1018393425407)
- Alexander MP (1969). Differential staining of aborted and non-aborted pollen. *Stain Technology* 44: 117-122. DOI: [10.3109/10520296909063335](https://doi.org/10.3109/10520296909063335)

- Ali, E. S. (2008). Behavior of chromosomes during meiosis in wild olive. Journal of Agricultural Research, Kafrelsheikh University, 34(3): 808-819. DOI: <https://doi.org/10.37375/bsj.vi17.2751>
- Ali, E. S. and Bataw, M. (2014). Pollen grains viability in *Thapsia garganica* from Al-jabal Al-akhder region, Libya. Al-Mukhtar Journal of Sciences, 29(1):140-148. (in Arabic, with English abstract).
- Ali, E. S. and Mustafa, H. M. (2019). Polymorphism in thyme (*Thymus capitatus*) at southern region of El-Jabal El-Akhdar, Libya. Bayan Scientific journal, 4:47-62. (in Arabic, with English abstract).
- Ali, E. S. and Mustafa, H. M. (2021). Isoenzyme diversity for peroxidase among Libyan thyme (*Thymus capitatus*) populations. Bayan Scientific journal, 9:658-664.
- Ali, E. S., Mustafa H. M. and K. A. Omaar (2022). Phylogenetic Analysis of Libyan Thyme (*Thymus Capitatus*) Inferred from The Morphological Traits. Al-Mukhtar Journal of Sciences 37 (4): 385-393. DOI: [10.54172/mjsc.v37i4.978](https://doi.org/10.54172/mjsc.v37i4.978)
- Amkul, K., Panngam, M., Tanya, P., Srinives, P. and Laosatit, K. (2016). Pollen viability and seed set of interspecific hybrids between *Jatropha curcas* × *Jatropha integerrima*. Genomics and Genetics, 9(1): 50-55. DOI: [10.14456/gag.2016.7](https://doi.org/10.14456/gag.2016.7)
- Beardsell, D. V., Knox, R. B. and Williams, E. G. (1993). Breeding system and reproductive success of *Thryptomene calycina* (Myrtaceae). Australian Journal of Botany, 41:333-353.
- Becker, W. A. and Ewart, L. C. (1990). Pollination, seed set and pollen tube growth investigation in *Viola redata* L. Acta Horticulture, 272:33-36. DOI: [10.17660/ActaHortic.1990.272.3](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.272.3)
- Beyhan N. and Serdar U. (2008). Assessment of pollen viability and germinability in some European chestnut genotypes (*Castanea sativa* L.). Hort. Sci. 35(4): 171–178. DOI: [10.17221/23/2008-HORTSCI](https://doi.org/10.17221/23/2008-HORTSCI)
- Bots M. and Mariani C. (2005). Pollen viability in the field. Radboud Universiteit Nijmegen. Report COGEM. p. 13–15.
- Dafni A. and Firmage D. (2000). Pollen viability and longevity: Practical, ecological and evolutionary implications. Plant Syst. Evol. 222(1–4): 113–132. <https://doi.org/10.1007/BF00984098>
- Dafni, A., Kevan P., Gross L. and K. Goka (2010). *Bombus terrestris*, pollinator, invasive and pest: An assessment of problems associated with its widespread introductions for commercial purposes. Appl. Entomol. Zool. 45 (1): 101–113. DOI: [10.1303/aez.2010.101](https://doi.org/10.1303/aez.2010.101)
- Divakara, B. N., Upadhyaya, H. D., Wani, S. P., Laxmipathi-Gowda, C. L. (2010). Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: a review. Appl. Energy, 87: 732-742. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.07.013>
- Firtz S.E. and Lukaszewski A.J. (1989). Pollen longevity in wheat, rye and triticale, Plant Breeding, 102:31-34. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.1989.tb00311.x>

Grant, V. (1981). Plant Speciation. 2nd edition. New York, Columbia Univ. Press.

Guoren He, Fengrong Hu, Jun Ming, Chun Liu and Suxia Yua (2017). Pollen viability and stigma receptivity in *Lilium* during anthesis *Euphytica*, (1): 213-231. DOI: [10.1007/s10681-017-2019-9](https://doi.org/10.1007/s10681-017-2019-9)

Heidmann, I., and Di-Berardino, M. (2017). Impedance flow cytometry as a tool to analyze microspore and pollen quality. *Methods Mol. Biol.*, 1669: 339–354. DOI: [10.1007/978-1-4939-7286-9_25](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7286-9_25)

Heidmann, I., Schade-Kampmann, G., Lambalk, J., Ottiger, M., and Di Berardino, M. (2016). Impedance flow cytometry: a novel technique in pollen analysis. *PLoS One*.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165531>

Heslop-Harrison, J., Heslop-Harrison, Y. and Shivanna, K. R. (1984). The evaluation of pollen quality, and a further appraisal of the fluorochromatic (FCR) test procedure. *Theor. Appl. Genet.*, 67: 367-375. doi.org/10.1007/BF00272876

Kelly, J. K., Rasch A. and Rasch, S. Rasch. (2002). A method to estimate pollen viability from pollen size variation. *American Journal of Botany*, 89: 1021–1023. DOI: [10.3732/ajb.89.6.1021](https://doi.org/10.3732/ajb.89.6.1021)

Kuniyal, C. P., Rajsekaran, C. Prasad, P. and Bhadula, S. K. (2003). Multiplication of *Aconitum atrox* (Bruhl) Muk., via tuber segments. *Int. Plant Genet. Resour. Newsletter*, 135:59-62.

Lankinen A., Sandra A. M., Lindstrom and Tina D'Hertefeldt (2018). Variable pollen viability and effects of pollen load size on components of seed set in cultivars and feral populations of oilseed rape. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204407>.

Lincoln, R. J., Boxshall, G. A. and Clark, P. F. (1982). A dictionary of ecology, evolution and systematics. Cambridge University Press.

Lingren, D., Paule, L., Xihuan, S., Yazdani, R., Segerstrom, U., Wallen, J. and Lijdebro, M. L. (1995). Can viable pollen carry Scots pine genes over long distances? *Grana*, 34:64-69. DOI: [10.17660/ActaHortic.2001.561.13](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.561.13)

Mantiquilla J. A., Elumba M., Adtoon1 J. A., Abad R. G., Cyrose S., Millado S., and Gilda C. R. (2018). *In vitro* germination and viability testing of Nipa(*Nypa fruticans* Wurmb.) pollen under different storage conditions. *Philippine Journal of Science* 147 (4): 617-627.

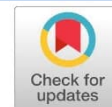
Maryam, M, Jafar, J., Bilques, F., Salman, H., Summar, A., Naaqvi, N., Rashid, A., and Iqrar, A. Khan (2015). Evaluation of pollen viability in date plum cultivars under different storage temperatures. *Pak. J. Bot.*, 47(1): 377-381.

Marutani, M., Sheffer, R. D. and Kameto, H. (1993). Cytological analysis of *Arithurium andraenum* (Araceae), its related taxa and their hybrids. *American Journal of Botany*, 80:93-103. <https://doi.org/10.1002/J.1537-2197.1993.TB13772.X>

McKellar, M. A and Quesenberry, K. H. (1992). Chromosome pairing and pollen viability in *Desmodium ovalifolium* Wall x *Desmodium heterocarpon* (L.) DC hybrids. *Australian Journal of Botany*, 40:243-247. <https://doi.org/10.1071/BT9920243>

- Migdałek, G., Kolczyk, J., Pliszko, A., Kościńska-Pająk, M. and Słomka, A. (2014). Reduced pollen viability and achene development in *Solidago* × *niederederi* Khek from Poland. *Acta Soc. Bot. Pol.*, 83(3):251–255. [DOI: 10.5586/asbp.2014.025](https://doi.org/10.5586/asbp.2014.025)
- Morse, D. H. (1987). Roles of pollen and ovary age in follicle production of the common milkweed *Asclepias syriaca*. *American Journal of Botany*, 72: 527-536.
- Murugan, R., Shivanna, K. R. and Rao, R. R. (2006). Pollination biology of *Aristolochia tagala*, a rare species of medicinal importance. *Curr. Sci.*, 91(6):795-798.
- Niesenbaum, R. A. (1992). Sex ratio, components of reproduction and pollen deposition in *Lindera benzoin* (Lauraceae). *American Journal of Botany*, 79(5):495-500. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1992.tb14584.x>
- Nyman, Y. (1992). Pollination mechanisms in six *Campanula* species (Campanulaceae). *Pl. Syst. Evol.*, 181:97-108. <https://doi.org/10.1007/BF00937589>
- Parfitt D.E. and Ganeshan S. (1989). Comparison of procedures for estimating viability of *Prunus* pollen. *HortScience* 24:354–356
- Parashuram, M., Pavan Kumar, P., Raghavendra, G., Shirol, A., Bapuraygouda, P, Jameel M. and Shankar, M. (2021). Assessment of pollen viability and *in vitro* pollen germination in *Nerium* cultivars (*Nerium oleander* L.). *International Journal of Chemical Studies*, 9(2): 724-728. [DOI: https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i2k.11898](https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i2k.11898)
- Radovid, A., Nikolid, D., Milatovid, D., Rakonjac, V. and Bakid, I. (2017). Pollen viability in some Quince cultivars. 3rd International Symposium for Agriculture and Food (ISAF). 72(1):68-71. [DOI: 10.55302/JAFES18721068r](https://doi.org/10.55302/JAFES18721068r)
- Rathod V., Behera T., Munshi A., Durgesh K., Krishnan B. and Sharma N. (2018). Pollen viability and *in vitro* pollen germination studies in *Momordica* species and their intra and inter-specific hybrids. *International Journal of Chemical Studies*, 6(6): 32-40.
- Richards, A. J. (1997). *Plant Breeding Systems*. Chapman and Hall, London.
- Robles-González, M., Cortez-Arroyo, A., Carrillo-Medrano, S. and Medina-Urrutia, V. (2019). Viability and longevity of pollen in Mexican lemon genotypes estimated by *in vitro* germination. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 10 (4):911-920. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1780>
- Rodriguez-Riano, T. and Dafni, A. (2000). A new procedure to assess pollen viability. *Sex. Pl. Repr.*, 12:241-244.
- Sharafi, Y. (2011). Investigation on pollen viability and longevity in *Malus pumila* L., *Pyrus communis* L., and *Cydonia oblonga* L., *in vitro*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(11): 2232-2236.
- Shivanna, K. R. (2003). *Pollen Biology and Biotechnology*. Science Publishers, Inc., USA, pp. 181–182.

- Shivanna, K. R. and Tandon, R. (2014). Reproductive Ecology of Flowering Plants: A Manual; Springer. New Delhi, India. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2003-9>
- Shivashankara, K. S., Geetha, G. A. and Roy, T. K. (2019). Metabolite profiling in Mango (*Mangifera indica* L.) pollen grains in relation to viability. J. Hortl. Sci., 14(1) : 33-42.
- Słomka A, Bohdanowicz J, Poznańska E, Kwiatkowska M, Pilarska M and Struebig M (2014). Usefulness and limitations of pollen characters in environmental studies based on *Viola* L. species (sect. *Melanium* Ging.). Mod Phytomorphology, 5:31–34.
- Smith-Huerta, N. L. and Vasek, F. C. (1984). Pollen longevity and stigma pre-emption in *Clarkia*. American Journal of Botany, 71(9):1183-1191.
- Stanley, R. and Linskens, H. (1974). Pollen. Biology, biochemistry, management. -Springer. Berlin, Heidelberg.
- Stone, J. L., Thomson, J. D. and Dent, A. S. J. (1995). Assessment of pollen viability in hand-pollination experiments: A review. American Journal of Botany, 82:1186-1197. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1995.tb11591.x>
- Thomson, JD (1989). Germination schedules of pollen grains: implications for pollen selection. Evolution; 43: 220-223. <https://doi.org/10.1111/j. PMID: 28568494>
- Thomson, JD., Rigney, L. P, Karoly, K. M. and Thomson, B. A. (1994). Pollen viability, vigor, and competitive ability in *Erythronium grandiflorum* (Liliaceae). American Journal of Botany, 81:1257–1266.
- Tiwari A., Kamble RB., and Chaturvedi A. (2014). Pollen biology of some members of Euphorbiaceae family. Asian J Plant Sci Res, 4: 8–14.
- Vijayakumar, R., TK B., Munshi, A. Kumar, D., G. Jat, Boopala Krishnan, G. and N. Sharma (2018). Pollen viability and *in vitro* pollen germination studies in *Momordica* species and their intra and interspecific hybrids. International Journal of Chemical Studies, 6(6): 32-40.



Range Condition in Relation to Climate, Energy Variables, and Beef Cattle Population Dynamics in New Mexico

Zaied, A. J.*¹, Almalki Y. A.², Mahmoud A. M.³, Idhirij S. I.⁴, Akraym A. A.⁵, Essa O. E.⁶

^{1,2} Department of Agriculture, Faculty of Environmental Science, King Abdul Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia.

³ Department of Range Science, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al Mukhtar University, EL-Beyda, Libya.

⁴ Water Science and Management Program, New Mexico State University, Las Cruces, United State of America.

⁵ Department of Range Science, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al Mukhtar University, EL-Beyda, Libya.

⁶ Department of Natural Resources, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al Mukhtar University, EL-Beyda, Libya.

*Corresponding author:

ashraf.zaied@omu.edu.ly, Department of Range Science, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Omar Al Mukhtar University, EL-Beyda, Libya.

Received: 03. 07. 2025

Accepted: 31.08. 2025

Publish online:

Abstract: Understanding the relationship between range condition and economic, environmental, and biotic factors and providing a description of the range condition cycle plays an important role in promoting the sustainability of ranching in New Mexico State (NM). This study aimed to understand the linkages between range condition and crude oil production, crude oil prices, mean annual precipitation, mean annual temperatures, and beef cattle population as well as to describe the fluctuation in range condition cycle. Data for all study variables were collected for the period 1958–2017 period. The generalized autoregressive conditional heteroscedasticity (GARCH) and its exponential version (EGARCH) models were used to examine the relationships between range condition and all study variables. Range condition cycle was identified by using spectral analysis and seasonal adjustment function. Crude oil prices ($\beta = -0.2669$), mean annual precipitation ($\beta = 0.0963$), and mean annual temperatures ($\beta = -13.2914$) were the only predictors of range condition. The length of range condition cycle was 10 years. Range condition began to decline from the second year and continued through the third year and then began to increase from the fourth year and continued through the tenth year. Generally, range condition showed a declining trend between the 1970s and the mid of 2010s.

Keywords: Range condition cycle, crude oil, temperatures, precipitation, beef cattle population.

*1: أشرف زيد، قسم المراعي الطبيعية، جامعة عمرالمختار، البيضاء، ليبيا.

2: ياسر المالكي، قسم الزراعة، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، السعودية.

3: عادل محمود، قسم المراعي الطبيعية، جامعة عمرالمختار، البيضاء، ليبيا.

4: صالح ادحيريش، برنامج ادارة وعلم الماء، جامعة نيو مكسيكو، لاس كروس، امريكا.

5: السنوسي اكرم، قسم المراعي الطبيعية، جامعة عمرالمختار، البيضاء، ليبيا.

6: علا عيسى، قسم الموارد الطبيعية، جامعة عمرالمختار، البيضاء، ليبيا.

حالة المراعي وعلاقتها بالمناخ ومتغيرات الطاقة وديناميكيات أعداد الماشية في نيو مكسيكو

المستخلص: إن فهم العلاقة بين حالة المراعي والعوامل الاقتصادية والبيئية والحيوية وتقديم وصف لدورة حالة المراعي يلعب دورًا مهمًا في تعزيز استدامة تربية الماشية في ولاية نيو مكسيكو. تهدف هذه الدراسة إلى فهم الارتباطات بين حالة المراعي وإنتاج النفط الخام وأسعار النفط الخام ومتوسط هطول الأمطار السنوي ومتوسط درجات الحرارة السنوية وتعداد ماشية اللحم بالإضافة إلى وصف التقلب في دورة حالة المرعى. كانت بيانات جميع متغيرات الدراسة متاحة للفترة 1958-2017. تم استخدام نماذج التباين غير المتجانس الشرطي الانحداري التلقائي المعمم (GARCH) ونسخته الأسية (EGARCH) لفحص العلاقات بين حالة المراعي وجميع متغيرات الدراسة. تم تحديد دورة حالة المراعي باستخدام التحليل الطيفي ودالة التعديل الموسمي. كانت أسعار النفط الخام ($\beta = 0.2669$) ومتوسط هطول الأمطار السنوي ($\beta = 0.0963$) ومتوسط درجات الحرارة السنوية ($\beta = -13.2914$) هي المتنبئات الوحيدة لحالة المراعي. بلغت مدة دورة حالة المراعي 10 سنوات. بدأت حالة المراعي في الانحدار من السنة الثانية وحتى السنة الثالثة ثم بدأت في الارتفاع من السنة الرابعة وحتى السنة العاشرة، وبشكل عام، أظهرت حالة المراعي اتجاهًا تنازليًا بين السبعينيات ومنتصف العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.

الكلمات المفتاحية: دورة حالة المراعي، النفط الخام، درجات الحرارة، هطول الأمطار، أعداد الماشية.



INTRODUCTION

Range forage is considered a critical natural resource for the production of red meat essential for human consumption (Holechek et al., 1989; Stoddart & Smith, 1955). At the beginning of the last century, rangeland was heavily grazed without control (Stoddart & Smith, 1955). This was due to the lack of knowledge of range science, delays in starting research in this field, and giving priority to forest research (Sayre, 2019). Until 1935, management of rangelands was carried out by experts from related fields such as agronomy and forestry (Campbell, 1948). Today, much range research has been conducted, and methods of scientific management that can be utilized to promote range resources and ensure the sustainability of rangelands ecosystem (Campbell, 1948; Stoddart & Smith, 1955). However, many debates are still being held about several subjects such as grazing capacity and a public land management, indicating that more research have to be conducted (Campbell, 1948). This highlights the importance of range condition, which is considered a measure of the efficiency of management in the long term (Holechek et al., 1989). Also, range condition is a term used widely in the range management, and it refers to amount of vegetation remaining on the unit of land (Holechek et al., 1989). Furthermore, range condition cycle refers to the behavior of range production that repeats itself in regular manner over a period of years. Understanding this cycle helps managers to make a good management decision-increase or decrease their herd's size. (Zaied et al., 2021). Range condition can be affected by several factors, including, production and prices of energy (Allred et al., 2015; Holechek & Sawalhah, 2014), climate change (precipitation, temperature) (Stoddart & Smith, 1955), and stocking rates (Sayre, 2019).

Crude oil production might affect range condition. The loss of land to crude oil production is a big issue, impacting rangelands (Allred et al., 2015). About 3 million hectares of land have been utilized for crude oil pads, roads, and other supporting infrastructures in North America during the 2000-2015 period (Allred et al., 2015). In addition, since 1920s, cheap fossil fuels (oil) have led to rapid increase in tractors' utilization (Holechek, 2009). As result, vast area of rangelands was plowed although it was not suitable for sustained cultivation (Holechek, 2009). However, in USA, agricultural sector highly relies on fossil fuels (oil) to power agricultural machineries, produce nitrogen fertilizer, and goods transportation (Holechek, 2006). Therefore, low oil prices lead to decline forage crops prices (Zaied et al., 2020). This makes raising cattle using harvested forage and feed grains economically feasible (Holechek, 2006). This may result in decreased pressure on rangelands. Furthermore, the several range management procedures require fossil fuel inputs, but these are lower compared to pasturelands (Holechek, 2006).

In New Mexico State (NM), drought and high temperatures may have a negative effect on range condition. Since the 1970s, severe and longer droughts and higher temperatures have been observed (CHANGE, 2007). This will have intense impacts on rangeland, especially those located in semiarid and arid areas (CHANGE, 2007; Sawalhah et al., 2019). When drought lasts more than one year, severe mortality among forage plants-such as black grama-will occur, leading to decline carrying capacity to 50-60% (Herbel et al., 1972). After this event, restoration of the indigenous ecosystem may require at least 5-15 years (Boykin et al., 1962; Stoddart & Smith, 1955). Moreover, high temperatures lead to lose water from plant and soil through high evaporation-reaches 250 cm annually in NM. This results in requiring greater amount of water that may not be met, affecting plant performance (Stoddart & Smith, 1955).

Beef cattle population may impact range condition in NM. One of the most significant potential effects of climate change on livestock ranching is the reduction in rangelands carrying capacity (Polley et al., 2013; Woodworth-Jefcoats et al., 2017), to levels at which ranching is economically unviable (Holechek et al., 2020). For instance, the carrying capacity-in Chihuahua Desert, NM, USA- has declined by approximately 43% between 1967–2018 (McIntosh et al., 2019). It has been esti-

mated that financial loss is the only results when forage production of one acre drops to less than 45.3 kg (Holechek, 1996b). To ensure range condition improvement, conservative stocking rate is 10-30% below grazing capacity should be applied (Holechek, 1996b; Holechek et al., 1998). NM is one of the driest states in the USA (Driest States in the US - Current Results, 2024), so poor practices such as using incorrect stocking rates may lead to rangelands degradation, while its recovery may be extremely difficult (Holechek et al., 1989).

A change in pastoral society and rangelands will be empty is predicted in the future (Reid et al., 2014). The income from rangelands cannot longer meet the demand for needed services such as schools, health care, and media, resulting in moving young people to cities where job opportunities are available (Reid et al., 2014). This trend will be further accelerated due to drought and increased temperatures caused by global warming that makes it very difficult to continue ranching beef cattle on rangelands (Reid et al., 2014). Therefore, understanding the linkages between range condition and climatic, economic, and biological factors and providing quantitative descriptions of forage production is essential to enhance resilience to drought and economic impacts (Zaied et al., 2021). The objectives of this study were to understand the relationships between range condition and production and prices of crude oil, mean annual precipitation, mean annual temperatures, beef cattle population and provide a description of range condition cycle.

MATERIALS AND METHODS

Study Area: The study focused on range condition in NM that is located in southwestern USA. About 92% of NM's area is classified as suitable rangelands. The average of oil production in 1958-2017 period was 78,625,815 barrels, consisting of 5% of USA total oil production (Federal Reserve Economic Data | FRED | St. Louis Fed, 2024). In this State, there are 4 types of climates which are mild, arid or semiarid, and continental climate. Mean annual precipitation varies from less than 254 mm in the south to more than 508 mm at higher elevations in the State. Most of the precipitation falls in July and August. The average annual temperatures vary from 17° C in the southeast to 4.4° C in the northern high mountains and valleys (New Mexico Weather, 2024). Between 1979-2017, the average of beef cattle population was 525,589 head (USDA - National Agricultural Statistics Service - New Mexico, 2024).

Data Retrieval and Documentation: The data used in this paper cover the 60-years period from 1958 to 2017. These data included biological, environmental, and economic variables. The biological data included annual range condition (%) and beef cattle population (numbers of cows that were more than two years old) that were retrieved from (USDA - National Agricultural Statistics Service - New Mexico, 2024). The environmental data consisted mean annual precipitation (mm) and mean annual temperature (°C) that were downloaded from (Western Regional Climate Center, 2024). The economic data including crude oil production (barrel), crude oil prices (\$/barrel), and consumer price index (CPI) were obtained from (Federal Reserve Economic Data, 2024).

Data Analysis: The CPI was used to adjust crude oil prices to reflect their value in 2017 dollars. Normal distribution, heteroscedasticity, and autocorrelations were tested by using Shapiro-wilk test, portmanteau test statistics and the Engle-Lagrange multiplier tests at time lags (years) 1-12, and Durbin-Watson tests, respectively. Our data exhibited both heteroscedasticity and autocorrelation. Therefore, to examine the linkages between mean annual range condition and all study variables the generalized autoregressive conditional heteroscedasticity (GARCH) and its exponential version (EGARCH) models were utilized at alpha level of 0.05. SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, US) was used to obtain these objectives. These models are particularly suitable for time-series data

exhibiting heteroscedasticity and volatility clustering, which are common in ecological and economic datasets. The choice of GARCH/EGARCH was based on preliminary tests (e.g., ARCH effect test, stationarity check) that confirmed the presence of time-varying variance in the data. The duration of the annual range condition cycle was assessed through spectral analysis, a feature accessible within the SPSS software. The variations within the mean annual range condition cycle were analyzed using the seasonal adjustment function, which is available in the EViews software. This study did not involve any human participants or experimental use of animals. All data were obtained from publicly available sources or official databases, and the research complies with institutional and international ethical standards.

RESULTS AND DISCUSSION

Variables Predicting Range Condition: A summary of simple regression analysis for variables predicting mean annual range condition was reported in Table 1. As can be seen, mean annual crude oil prices, mean annual precipitation, and mean annual temperatures were the only predictors of mean annual range condition. GARCH model revealed that mean annual crude oil prices were negatively correlated with mean annual range condition ($\beta = -0.2669$) and explain about 28% of its variations. This can be attributed to increased fossil fuel prices that may limit range management procedures-such as brush control-that aim to improve rangeland production (Holechek, 2006; Holechek et al., 1989). Another possible explanation for this relation is that increased fossil fuel prices might lead to increased relay on alternative energy sources such as wind and bio fuels (Brown, 2008; Holechek et al., 1989). This may require vast area of rangelands and considerable amount of range plants material, respectively, resulting in a decline in range condition.

Table:(1).. Results of simple regression analyses of independent variables used to forecast mean annual range condition (%) in NM between 1958 and 2017 using GARCH or EGARCH model.

Independent Variables	Intercept	Estimate (β)	P-value	AR1	R ²
Crude oil production ¹	54.328	1.5835E-7	0.248		
Mean annual crude oil prices ¹	81.7138	-0.2669	0.026	-0.4283	0.28
Mean annual precipitation ²	35.1144	0.0963	0.0001	-0.5822	0.33
Mean annual temperatures ¹	229.0969	-13.2914	0.0017	-0.4067	0.34
Beef cattle population ²	40.9809	0.000051	0.489		

¹ GARCH model; ² EGARCH model

Mean annual precipitation ($\beta = 0.0963$) and mean annual temperatures ($\beta = -13.2914$) contributed significantly to variations in mean annual rang condition. And they both explained 33% and 34%, respectively, of the variation in mean annual range condition. Table 1. shows that mean annual range condition was positively linked to mean annual precipitation, whereas it negatively correlated with mean annual temperatures. Adequate precipitation can result in luxuriant plant growth (Stoddart & Smith, 1955), leading to increased mean annual range condition. However, drought can cause mortality among plant forage (Herbel et al., 1972), resulting in decreased mean annual range condition. In New Mexico, prolonged drought (4-6 years) plagues rangeland every 40 years (Holechek, 1996a). To make matters worse, high temperatures cause high rate of evaporation-reaches 250 cm in NM-resulting in a decline in the water required for plant growth (Stoddart & Smith, 1955). This could be the reason for the declining trend in mean annual range condition between 1970_s and the middle of 2010_s (Figure 2).

The findings of this study partially support the study hypotheses. As expected, crude oil prices and climatic variables were significantly correlated with changes in range condition, aligning with the

hypothesis that climate is a primary driver of rangeland dynamics. On the other hand, contrary to expectations, beef cattle population did not show a significant relationship with range condition. This may be attributed to the consistent use of conservative stocking rates in the study region, which may have mitigated grazing pressure on rangelands (Holechek, 1996b; Holechek et al., 1998). These results suggest that while climatic variables remain a dominant factor, effective rangeland management practices may buffer against some biological pressures.

Annual Range Condition Cycle: Based on the periodogram in Figure 1, the length of the mean annual range condition cycle was 10 years, which was used to decompose its timeseries. As can be seen in Figure 2, the seasonal pattern of mean annual range condition specified that mean annual range condition in each cycle began to decrease from the second year and continued through the third year and then began to increase from the fourth year and continued through the tenth year which was the peak of mean annual range condition. In general, mean annual range condition was below average for 6 years in each cycle. Zaid et al. (2021) studied the annual cycle of drought in NM, and their results were not consistent with our results, in other words, their results could not explain the behavior of mean annual range condition, especially since, when our regression model showed that mean annual precipitation and the mean annual temperatures significantly correlated with mean annual range condition, highlighting the need for further research to understand the behavior of these factors and their potential interactions.

In spite of the meaningful insights obtained, this study has several limitations. First, the analysis depended on aggregated annual data, which might hide short-term variations or localized impacts in range condition. Second, the study focused on arid and semi-arid region in NM, limiting the generalizability of findings to other ecosystems with different management practices or climatic features. Finally, it is important to highlight that rancher should be aware of the potential risks involved in relying on these predictions, as natural and social systems can behave unpredictably.

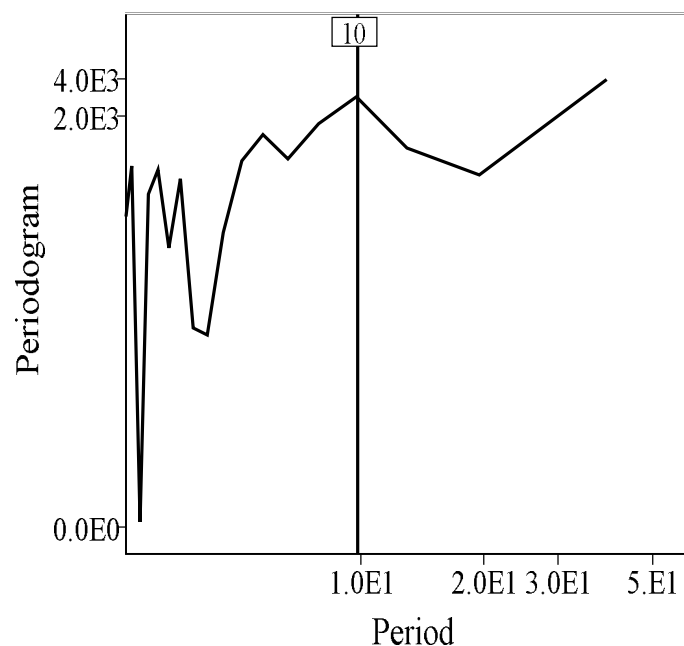


Figure: (1). The periodogram of mean annual range condition was obtained from spectral analysis in SPSS. The x-axis represented the period (years) in logarithmic scale. The y-axis represented the periodogram values (unitless). Peak value indicated the length of mean annual range condition cycle in 1958-2017 period in NM.

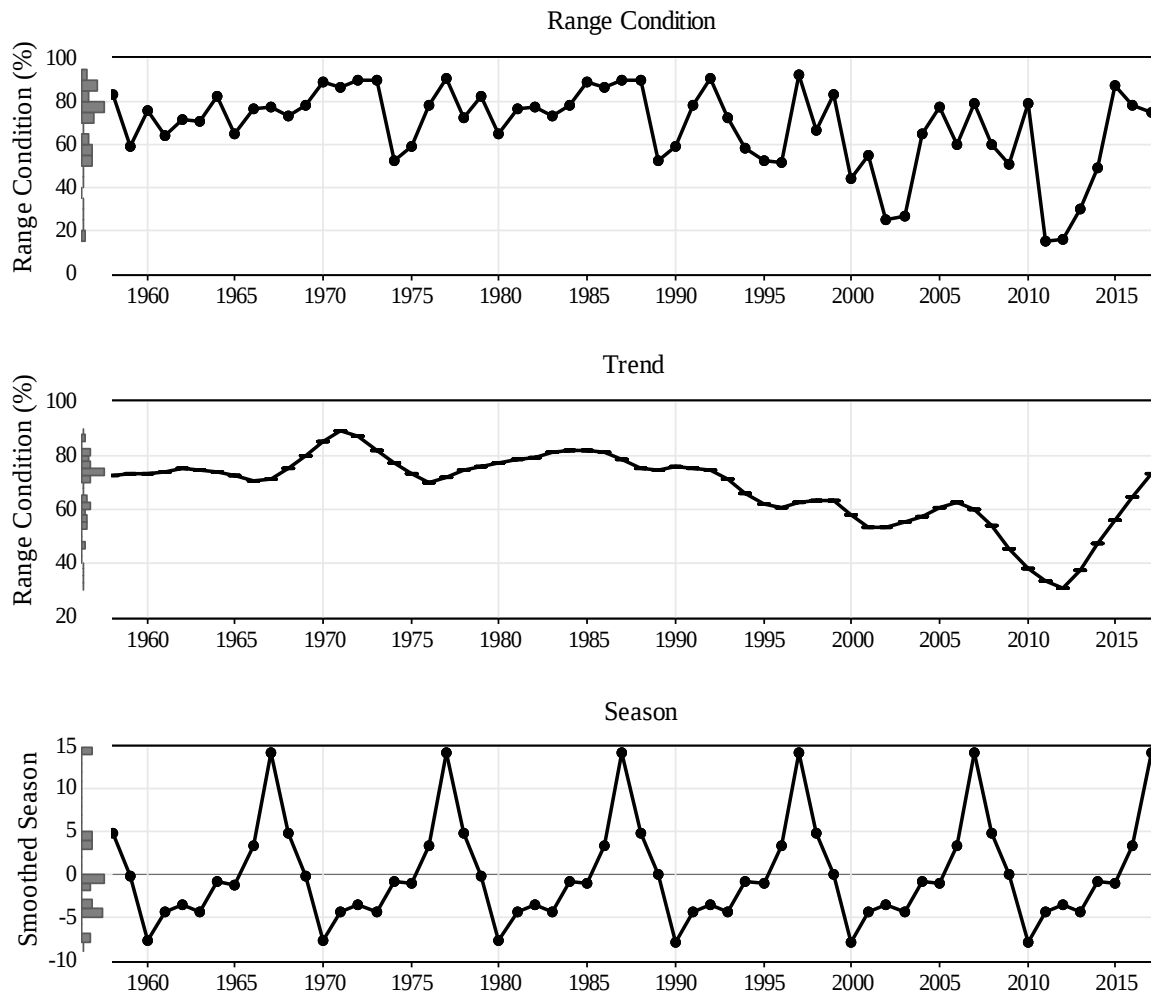


Figure: (2). The seasonal adjustment function output included 3 panels. The top panel showed actual mean annual range condition (%). The middle panel showed mean annual range condition trend. Smoothed seasonality for mean annual range condition was showed in the bottom panel. 10 years was the length of each cycle. Mean annual range condition data of 60 years (1958-2017) in NM used to conduct this analysis.

Conclusions

This study highlighted the response of range condition to crude oil production, crude oil prices, mean annual precipitation, mean annual temperatures, and beef cattle population and described the behaviour of the range condition cycle in NM. Both crude oil prices and mean annual temperatures had negative relationship with it, whereas mean annual precipitation had positive relationship with the mean annual range condition. In each cycle, range condition declined gradually from the second year through the third year and then increased from the fourth year through the tenth year. The findings of this paper can help ranchers develop effective and workable plans for the future. For instance, a rancher can reduce their herd size when a decrease in range condition is predicted for the coming years. Conversely, they can increase their herd size if an increase in range condition is anticipated. Furthermore, we emphasize that research is trying to predict the nature, but nature, sometimes, does not follow consistent behavior. Therefore, ranchers should be careful and consider the risk when using such findings.

ACKNOWLEDGEMENT: The authors would like to extend our heartfelt gratitude to the reviewers who generously dedicated their time and expertise to provide valuable feedback on this manuscript.

ETHICS: The idea of this research was inspired from FEWS project. We declare that the consent of using the same study design was taken from the chief of this project-Dr. Hatim Geli.

Duality of interest: The authors declare that they have no duality of interest associated with this manuscript.

Author contributions: Conceptualization, A.Z., A.D., and O.E.; methodology, A.Z., Y.M. and S.I.; software, A.Z., Y.M., and S.I.; validation, A.Z., A.M., and S.A.; formal analysis, A.Z. and Y.M.; investigation, A.Z., O.E., and A.M.; writing—original draft, A.Z.; writing—review and editing, A.Z., Y.M., A.M., S.I., and S.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

REFERENCES

- Allred, B. W., Smith, W. K., Twidwell, D., Haggerty, J. H., Running, S. W., Naugle, D. E., & Fuhlendorf, S. D. (2015). Ecosystem services lost to oil and gas in North America. *Science*, 348(6233), 401–402. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4785>
- Bourne Jr, J. K., & Clark, R. (2007). Green dreams. *National Geographic*, 212(4), 38–59. <https://doi.org/10.1093/anb/9780198606697.article.0600057>
- Boykin, C. C., Gray, J. R., & Caton, D. D. (1962). Ranch production adjustments to drought in eastern New Mexico; New Mexico State University: Las Cruces, NM, USA. <http://contentdm.nmsu.edu/cdm/ref/collection/AgCircs/id/69939>
- Brown, L. R. (2008). Plan B 3.0: Mobilizing to save civilization (substantially revised). William Ward Norton & Company. <https://doi.org/10.1017/s0376892908004992>
- Campbell, R. S. (1948). Milestones in range management. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 1(1), 4–8. <https://doi.org/10.2307/3894372>
- CHANGE, O. C. (2007). Intergovernmental panel on climate change. *World Meteorological Organization*, 52, 1–43. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511546013>
- Driest States in the US - Current Results. (2024). Retrieved December 14, 2024, from <https://www.currentresults.com/Weather-Extremes/US/driest-states.php>
- Federal Reserve Economic Data | FRED | St. Louis Fed. (2024). Retrieved November 22, 2024, from <https://fred.stlouisfed.org/>
- Herbel, C. H., Ares, F. N., & Wright, R. A. (1972). Drought Effects on a Semidesert Grassland Range. *Ecology*, 53(6), 1084–1093. <https://doi.org/10.2307/1935420>
- Holechek, J. L. (1996a). Drought in New Mexico: Prospects and management. <https://repository.arizona.edu/bitstream/handle/10150/640432/11315-10857-1-PB.pdf?sequence=1>
- Holechek, J. L. (1996b). Financial returns and range condition on southern New Mexico ranches. *Rangelands Archives*, 18(2), 52–56.

- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (1989). Range management. Principles and practices. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19920753158>
- Holechek, J. L., Gomes, H. D. S., Molinar, F., & Galt, D. (1998). Grazing intensity: Critique and approach. *Rangelands Archives*, 20(5), 15–18.
- Holechek, J. L. (2006). Changing Western Landscapes, Debt, and Oil: A Perspective: Rapidly rising consumer debt, a real estate bubble, and depletion of world oil reserves could greatly affect western rangelands and ranching. *Rangelands*, 28(4), 28–32. [https://doi.org/10.2111/1551-501x\(2006\)28\[28:cwldao\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2111/1551-501x(2006)28[28:cwldao]2.0.co;2)
- Holechek, J. L. (2009). Range livestock production, food, and the future: A perspective. *Rangelands*, 31(6), 20–25. <https://doi.org/10.2111/1551-501x-31.6.20>
- Holechek, J. L., Geli, H. M., Cibils, A. F., & Sawalhah, M. N. (2020). Climate change, rangelands, and sustainability of ranching in the Western United States. *Sustainability*, 12(12), 4942. <https://doi.org/10.3390/su12124942>
- Holechek, J. L., & Sawalhah, M. N. (2014). Energy and rangelands: A perspective. *Rangelands*, 36(6), 36–43. <https://doi.org/10.2111/rangelands-d-14-00033>
- McIntosh, M. M., Holechek, J. L., Spiegel, S. A., Cibils, A. F., & Estell, R. E. (2019). Long-term declining trends in Chihuahuan Desert forage production in relation to precipitation and ambient temperature. *Rangeland Ecology & Management*, 72(6), 976–987. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.06.002>
- New Mexico Weather. (2024). Retrieved December 18, 2024, from <https://weather.nmsu.edu/climate/about/>
- Polley, H. W., Briske, D. D., Morgan, J. A., Wolter, K., Bailey, D. W., & Brown, J. R. (2013). Climate change and North American rangelands: Trends, projections, and implications. *Rangeland Ecology & Management*, 66(5), 493–511. <https://doi.org/10.2111/rem-d-12-00068.1>
- Reid, R. S., Fernández-Giménez, M. E., & Galvin, K. A. (2014). Dynamics and Resilience of Rangelands and Pastoral Peoples Around the Globe. *Annual Review of Environment and Resources*, 39(1), 217–242. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020713-163329>
- Sawalhah, M. N., Holechek, J. L., Cibils, A. F., Geli, H. M., & Zaid, A. (2019). Rangeland livestock production in relation to climate and vegetation trends in New Mexico. *Rangeland Ecology & Management*, 72(5), 832–845. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.03.001>
- Sayre, N. F. (2019). *The politics of scale: A history of rangeland science*. University of Chicago Press. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.7208/9780226083391/html>
- Stoddart, L. A., & Smith, A. D. (1955). *Range management*. McGraw-Hill: New York, NY, USA, 532.
- USDA - National Agricultural Statistics Service—New Mexico. (2024). Retrieved November 22, 2024, from https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/New_Mexico/index.php
- Western Regional Climate Center. (2024). Retrieved November 22, 2024, from <https://wrcc.dri.edu>
- Woodworth Jefcoats, P. A., Polovina, J. J., & Drazen, J. C. (2017). Climate change is projected to reduce carrying capacity and redistribute species richness in North Pacific pelagic marine ecosystems. *Global Change Biology*, 23(3), 1000–1008. <https://doi.org/10.1111/gcb.13471>

- Zaied, A. J., Geli, H. M., Sawalhah, M. N., Holechek, J. L., Cibils, A. F., & Gard, C. C. (2020). Historical trends in New Mexico forage crop production in relation to climate, energy, and rangelands. *Sustainability*, 12(5), 2051. <https://doi.org/10.3390/su12052051>
- Zaied, A. J., Geli, H. M., Cibils, A. F., Sawalhah, M. N., Holechek, J. L., Gard, C. C., Idhirij, S. A., Gedefaw, M. G., & Torell, G. L. (2021). Beef Cattle Price and Production Patterns in Relation to Drought in New Mexico. *Sustainability*, 13(18), 10420. <https://doi.org/10.3390/su131810420>



The Allelopathic Effects of Aqueous Extracts from *Vachellia nilotica* On the Germination and development of *Citrullus lanatus* L

Mohamed Bogelil^{1*}, Mohamed Ali A Salim²

² mohamed.salim@su.edu.ly Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Sirte, Libya.

*Corresponding author:
Email: mohmeduthm@gmail.com
Department of Plant Production Technology, Higher Institute of Agricultural Technologies, Derna, Libya

Received:
29. 04. 2025

Accepted:
31. 08. 2025

Publish online:
.....

محمد بوجليل، قسم تكنولوجيا الإنتاج النباتي، المعهد العالي للتقنيات الزراعية، درنة، ليبيا.
محمد علي سليم، قسم الانتاج النباتي، كلية الزراعة، جامعة سرت، سرت، ليبيا.

Abstract: This study aims to evaluate the allelopathic effect of leaf extracts from the thorny acacia tree (*Vachellia nilotica*) on the germination and seedling growth of watermelon (*Citrullus lanatus* L). The experiment was conducted using three different concentrations of the aqueous extract of acacia leaves extract which are (0%, 20%, 40%, or 60%), in addition to a control group treated with distilled water. The effects of these extracts were assessed by measuring the parameters of Germination percentage, plumule and radicle length, seedling dry weight, and imbibition percentage. The results showed that the extracts at 40% and 60% concentrations enhanced the imbibition percentage compared to the control group, while for these concentrations (20%, and 60%) has no significant effect on the germination rate. Lower concentrations (20% and 40%) significantly stimulated plumule growth, whereas the highest concentration (60%) resulted in a reduction in plumule and radicle length. Moreover, the 60% concentration exhibited an inhibitory effect on radicle root growth, suggesting that the plant extracts may contain allelopathic compounds that influence seedling development. These findings confirm that the allelopathic effect of *V. nilotica* extracts is concentration-dependent (what are the allelopathic active compounds of *V. nilotica*), with a stimulatory effect at low doses and an inhibitory effect at higher doses. Further studies are needed to understand the mechanisms of allelopathic influence and its potential applications in mixed agricultural systems.

Keywords: Allelopathy; plumule and radicle length; Sustainable Agriculture; acacia tree.

التأثير الأليلوباثي للمستخلص المائي لنبات *Vachellia nilotica* في إنبات وقوة بادرات نبات البطيخ الأحمر *Citrullus lanatus*

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التأثير الأليلوباثي لمستخلصات أوراق شجرة السنط الشوكي *Vachellia nilotica* على إنبات ونمو بادرات البطيخ الأحمر *Citrullus lanatus* تم تنفيذ التجربة باستخدام أربعة تراكيز من ضمنها الكنترول (0%، 20%، 40%، 60%)، حيث تم قياس تأثير هذه المستخلصات على صفات النبات والتي هي (معدل الإنبات، طول الرويشة والجذر، الوزن الجاف للبادرات، ونسبة التشرب). أظهرت النتائج أن مستخلص نبات الأكاسيا عزز من نسبة التشرب المستخلصات عند التراكيز 40% و 60% مقارنة بمعاملة المقارنة، في حين لم يكن لها تأثير معنوي على نسبة الإنبات. كما تبين أن التراكيز (20% و 40%) حفزت نمو الرويشة بشكل ملحوظ، بينما أدى التركيز الأعلى (60%) إلى انخفاض في طول الرويشة والجذر. علاوةً على ذلك، أظهر التركيز 60% تأثيراً مثبطاً على نمو الجذور، مما يشير إلى إمكانية احتواء المستخلصات النباتية على مركبات أليلوباثية تؤثر على تطور البادرات. تؤكد هذه النتائج أن التأثير الأليلوباثي لمستخلصات *Vachellia nilotica* يعتمد على التركيز، حيث يمكن أن يكون له دور تحفيزي عند الجرعات المنخفضة وتأثير مثبط عند الجرعات العالية، مما يشير ذلك إلى إجراء مزيد من الدراسات لفهم آليات التأثير الأليلوباثي وتطبيقاته المحتملة في النظم الزراعية المختلطة.

الكلمات المفتاحية: الأليلوباثي؛ طول الريشة والجذر الجذري؛ الزراعة المستدامة؛ شجرة الأكاسيا.



INTRODUCTION

Allelopathy is a natural ecological process in which interactions among plants significantly contribute to the stability of agroforestry ecosystems. It involves the effect of one plant or associated microorganisms on the growth and development of neighboring plants through the release of chemical compounds into the environment (Alshareef & M. A. A., 2019). Agricultural crops are significantly affected by windbreaks planted in their vicinity, leading to reduced yields due to direct competition for essential resources such as water, minerals, and light. In addition to physical competition, windbreaks also release allelopathic compounds that inhibit crop growth, thereby exacerbating the damage to agricultural production (Yanar & Kadioglu, 2004; Abu-Romman, 2016; Kluthe et al., 2018). However, these effects are visibly manifested through several symptoms, including general stunted growth, leaf wilting and yellowing, root browning, and the absence of root hair development. In some cases, this may lead to partial or complete plant desiccation (Appleton et al., 2000). Furthermore, these allelopathic compounds are secondary metabolites produced by various plant parts, including leaves, roots, stems, flowers, and seeds, with leaves being the primary source (Kumari et al., 2016). Acacia species are known to produce a wide range of secondary metabolites, including amines, alkaloids, cyanogenic glycosides, cyclitols, fatty acids, seed oils, fluoroacetic acid, gums, non-protein amino acids, and various types of terpenes such as essential oils, diterpenes, phytosterols, triterpenes, and saponins, in addition to hydrolyzable tannins, flavonoids, and condensed tannins (Seigler, 2003). According to Alshareef and Alaib (2018), *Vachellia nilotica* (commonly known as thorny acacia) exhibits strong allelopathic effects on squash seed germination and seedling growth. Similarly, findings were reported by Al-Wakeel et al., (2007), who observed that aqueous extracts of *V. nilotica* reduced fresh and dry weight, plant height, chlorophyll content, and Nitrogen and phosphorus levels in peas. According to (Mohamed Bogelil et al. 2024), watermelon is a primary summer crop in the Al-Fataeh agricultural region. Watermelon (*Citrullus lanatus*) is one of the most important agricultural crops of the Cucurbitaceae family. It is widely cultivated worldwide due to its refreshing taste, particularly during the summer season. Given the extensive use of *Vachellia nilotica* trees as windbreaks in this area, it is essential to investigate their impact on watermelon cultivation. Therefore, this study aims to analyze the effects of aqueous extracts from *V. nilotica* on the germination and seedling vigor of watermelon (*Citrullus lanatus*) using filter paper as a germination medium.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the laboratory of the Department of Plant Production Techniques at the Higher Institute of Agricultural Technologies Derna, during the 2024 season. Its primary aim was to investigate the effect of aqueous extracts from *Vachellia nilotica* leaves on the germination and vigor of watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds of the Germa F1 cultivar. To achieve this, three distinct concentrations of the extract (20%, 40%, and 60%) were prepared and tested. Each treatment was replicated three times, along with a control treatment using distilled water. For the preparation of the extract, leaves exhibiting healthy morphological characteristics were carefully selected. The leaves were initially washed with tap water, then thoroughly rinsed again with distilled water. Subsequently, the leaves were left to dry in the shade under natural conditions. Once dried, they were ground using an electric grinder. The extraction process followed the protocol outlined by Masoud et al, (2022). Specifically, an initial stock extract at 100% was prepared by mixing 100 grams of dried leaf powder with 500 mL of distilled water in a 1-liter flask. This mixture was stirred on a shaker for 24 hours. The resulting extract was first filtered through three layers of sterile gauze to

Doi: <https://doi.org/10.54172/53z2y290>

remove solid residues, and then further filtered using Whatman filter paper No. 1. Finally, the filter was centrifuged at 2000 rpm for 15 minutes to produce a 100% stock extract. From this concentrated stock, working concentrations were prepared by dilution with distilled water. Germination tests were conducted using 10 cm diameter Petri dishes, with a total of twelve dishes, including the control. For each treatment, five seeds were weighed to determine their initial dry weight, placed in Petri dishes, and treated with 20 mL of the appropriate aqueous plant; distilled water was used for the control. Seeds were soaked for 24 hours, then blotted dry with clean filter paper and weighed again to calculate water absorption percentage. Subsequently, the seeds were placed on two layers of moistened filter paper inside Petri dishes, which were re-moistened with the corresponding extract as needed to prevent drying out (Othman et al., 2018). The filter paper was replaced every 48 hours to prevent seed rot. Seeds were considered germinated when the radicle length reached 2 mm, and daily germination counts continued until a stable germination rate was achieved (Murray et al., 1979). In this experiment, this period lasted for two weeks. Various growth parameters were calculated as follows:

- **Water absorption percentage:** Calculated using the formula: Water absorption percentage = $[(\text{Weight after soaking} - \text{Weight before soaking}) / \text{Weight before soaking}] \times 100$ (Ban & Hussain, 2022).
- **Germination percentage (GP):** Expressed as the percentage of germinated seeds relative to the total seeds. The final germination percentage was calculated by dividing the number of germinated seeds by the total number of seeds and multiplying by 100 (Yousif et al., 2020).
- **Radicle and plumule length (cm):** The length of the radicle and plumule was measured in centimeters for each seedling in each Petri dish after the germination period. The average lengths were calculated using a ruler (Abdulhussein, 2016).
- **Seedling dry weight (mg):** The seedlings used for measuring length were also placed in perforated bags and dried in an electric oven at 80°C for 24 hours. After drying, their dry weights were recorded, and the average dry weight was determined (Ahsyee et al., 2021).
- **Statistical analysis:** Data from all measured traits were analyzed statistically using a Completely Randomized DESIGN (CRD). Treatment differences were evaluated using analysis of variance (ANOVA) at a significance level of 5%, and means were compared using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test through the SPSS software package.

RESULTS AND DISCUSSION

Imbibition Rate : The results in Table 1 showed that treating watermelon seeds with aqueous extract of the Acacia prickly plant in concentrations of 40% and 60% led to a significant increase in the rate of imbibition compared to the control treatment. This may be attributed to the increased diffusion potential and attractive forces between water molecules and adsorbent molecules, as indicated by a previous study (Ahsyee et al., 2021). However, no significant difference was observed between the 20% concentration and the control treatment, indicating equal potency and effectiveness in imbibitions.

Doi: <https://doi.org/10.54172/53z2y290>**Table: (1).** Impact of various concentrations of the aqueous extract of acacia prickly leaves on the rate of imbibition of watermelon seeds.

Aqueous extract concentrations (%)	Imbibition rate (%)
Control	12a $\pm$ 0.57
20	11a $\pm$ 0.01
40	23b $\pm$ 0.33
60	14c $\pm$ 0.33

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test at 5% level.

Germination Percentage: The results presented in Table 2 showed that aqueous extracts of acacia leaves do not significantly affect the germination percentage. All concentrations had an approximately similar effect, with no stimulating or inhibitory effect on germination compared to controls. These results confirm the observations of Saeed et al. (2013), who revealed that wheat germination was not significantly affected by the aqueous extract of (*Syzygium cumini* L.) leaves.

Table: (2). Impact of various concentrations of the aqueous extract of acacia prickly leaves on the germination percentage of watermelon seeds.

Aqueous extract concentrations (%)	Germination rate percentage (%)
Control	100.0 $\pm$ 0.01
20	93.3 $\pm$ 6.7
40	86.7 $\pm$ 6.7
60	100.0 $\pm$ 0.01

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test at 5% level.

Plumule Length: Table 3 shows that the low concentration of aqueous extract from acacia prickly leaves stimulated the growth of the plumule length, but the high concentration of the extract (60%) led to a significant decrease compared to 20%. This indicates that the stimulatory or inhibitory action is concentration-dependent (Saxena, 1996). Similarly, Reigosa et al. (1999) found that certain allelochemicals may either stimulate or fail to affect various plant species when applied at low concentrations. Supporting these observations, Khan et al., (2005) also reported that bark extracts exhibited similar behavior. Promoted the germination of *Asphodelus tenuifolius*. On the other hand, our outcomes differ from those of Mehmood et al. (2011), who noted that the aqueous bark extract of *Acacia nilotica* improved germination and shoot and root growth across various concentrations, except at 20%, where it had an inhibitory effect.

Table: (3). Impact of various concentrations of the aqueous extract of acacia prickly leaves on the plumule length of watermelon seeds.

Aqueous extract concentrations (%)	Plumule length (cm)
Control	1.42a $\pm$ 0.20
20	10.47b $\pm$ 0.17
40	10.95b $\pm$ 0.28
60	8.33c $\pm$ 0.19

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test at 5% level.

Radicle Length: In Table 4 the results show the radicle length of the red watermelon plant using different concentrations of the aqueous extract of the acacia prickly plant. The inhibitory effect of leaf filtration on the radicle length of the seedling was observed, as the of 20% and 40% did not show any significant effect compared to the control. However, which indicates that these concentrations of the extract did not significantly affect the length of the radicles. However, which indicates that these concentrations of the extract did not significantly affect the length of the radicles. In contrast, the 60% concentration caused to a significant decrease in radicle length compared to the control. This result is consistent with previous studies that showed that increasing the concentration of plant extracts often leads to radicle growth inhibition, as pointed out by Javaid and Shah (2007), Roots are the first part of the plant to come into contact with the soil and its chemicals, so they are

Doi: <https://doi.org/10.54172/53z2y290>

particularly vulnerable to the effects of plant extracts. A study by Djurdjevic et al. (2004), showed that *Acacia nilotica* extracts rich in phenolic compounds such as gallic acid and catechin can inhibit root growth. These compounds are believed to inhibit vital processes within the cell, such as cellular respiration, which leads to obstructing root growth (Abraham et al., 2000).

Table:(4). Impact of various concentrations of the aqueous extract of acacia prickly leaves on the radicle length of watermelon seeds.

Aqueous extract concentrations (%)	Radicle length (cm)
Control	4.30 ±0.30
20	4.30 ±0.30
40	4.56 ±0.19
60	3.76 ±0.27

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test at 5% level.

Dry Weight of Seedlings: Table 5 shows the results of the dry seedling weight of red watermelon plants using different concentrations of aqueous extract of the acacia prickly plant. The dry seedling weight was significantly higher at concentrations of 20% and 40% compared to the control, and significantly lower at the 60% concentration. Meanwhile, the results obtained are consistent with those of Tripathi et al. (1998). This consistency may be attributed to the biphasic response phenomenon, also known as hormesis, where low doses stimulate growth and high doses inhibit it. This effect is attributed to the allelopathic compounds, such as tannins and phenolics, present in the extract (Saleha et al., 2018).

Table: (5). Impact of various concentrations of the aqueous extract of acacia prickly leaves on the dry weight of watermelon seedlings.

Aqueous extract concentrations (%)	Dry weight of seedlings (g)
Control	0.03a ±0.01
20	0.82b ±0.01
40	0.09b ±0.01
60	0.03a ±0.01

Means followed by the same letter are not significantly different by Tukey's HSD test at 5% level.

CONCLUSION

In this study, an applicable that the aqueous extracts of *Vachellia nilotica* leaves exhibit a variable allelopathic effect on the germination and early growth of *Citrullus lanatus* seedlings, primarily depending on the extract concentration. The results indicated that low concentrations (20% and 40%) did not significantly affect germination percentage but stimulated shoot growth and increased seedling dry weight, suggesting a positive influence on early developmental stages. In contrast, the higher concentration (60%) resulted in a significant reduction in shoot and root length, reflecting an inhibitory effect on root growth. This suppression may be attributed to allelopathic compounds in the extract that interfere with cell division or nutrient uptake essential for growth. Furthermore, higher concentrations (40% and 60%) enhanced seed imbibition compared to the control group, which may be linked to alterations in seed membrane permeability due to bioactive compounds present in the extract. Based on these findings, it is evident that the allelopathic effect of plant extracts is dose-dependent, exerting a stimulatory effect at lower concentrations and an inhibitory effect at higher concentrations. These results open new avenues for exploring the bioactive chemical constituents of *V. Nilotica* and their mechanisms of action, potentially contributing to the development of agricultural strategies that leverage allelopathy for weed management and sustainable crop production systems.

REFERENCES

- Abdulhussein, T. M. (2016). Effect of Water Extracts of Some Medicinal Plants on Germination Percentage and Development of Plumule and Radicle Growth *Anethum graveolens* L. *Ibn Al-Haitham Journal for Pure and Applied Sciences*, 29(3), 395-303.
- Abraham, D., Braguini, W. L. Kelmer-Bracht, A. M., & Ishii-Iwamoto, E. L. (2000). Effects of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. *Journal of Chemical Ecology*, 26, 611–624. <https://doi.org/10.1023/A:1005467903297>
- Abu-Romman, S. (2016). Differential allelopathic expression of different plant parts of *Achillea biebersteinii*. *Acta Biologica Hungarica*, 67(2), 159-168. <https://doi.org/10.1556/018.67.2016.2.4>
- Ahsyee, R., Abu Zakhar, F., & Marqab, S. (2021). Allelopathic effect of some aqueous plant extracts and pesticides on germination and seedling vigor of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Pure & Applied Sciences*, 20(4), 202–205. <https://doi.org/10.51984/jopas.v20i4.1832>
- Alshareef, B. B., & Alaib, M. A. (2018). Investigation of allelopathic potential of *Acacia nilotica* L. *The Third International Conference on Basic Sciences and Their Applications*. <https://doi.org/10.53555/eijas.v5i1.121>
- Al-Wakeel, S., Gabr, M., Hamid, A., & Abu El-Soud, W. (2007). Allelopathic effects of *Acacia nilotica* leaf residue on *Pisum sativum* L. *Allelopathy Journal*, 19(2), 411.
- Appleton, B., Harris, R., Alleman, D., & Swanson, L. (2000). Trees for problem landscape sites – The walnut tree: Allelopathic effects and tolerant plants. *Virginia Cooperative Extension*, Publication Number: 430-021.
- Djurdjevic, L., Dinic, A., Pavlovic, P., Mitrovic, M., Karadzic, B., & Tesevic, V. (2004). Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32, 533–544. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2003.10.001>
- Idan, B., A & Hussain W, S. (2022). Effect of Aqueous Extracts of Pumpkin Leaves and Vita-min B12 on some Growth and Physiological Characteristics of Types of Legumes. *Al-Mukhtar Journal of Sciences*, 37(3), 308–297. <https://doi.org/10.54172/mjsc.v37i3.741>
- Javaid, A., & Shah, M. B. M. (2007). Phytotoxic effects of aqueous leaf extracts of two *Eucalyptus* spp. against *Parthenium hysterophorus* L. *Scientific International (Lahore)*, 19(4), 303-306.
- Khan, M. A., Marwat, K. B., Hassan, G., & Hussain, Z. (2005). Bioherbicidal effects of tree extracts on seed germination and growth of crops and weeds. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 11(3-4), 179-184.
- Kluthe, B., Ali, M., & Stephenson, S. (2018). Allelopathic influence of *Eucalyptus* on common Kenyan agricultural crops. *Journal of Agronomy and Agricultural Sciences*, 1(1), 2-6. <https://doi.org/10.24966/AAS-8292/100002>
- Kumari, N., Srivastava, P., Mehta, S., & Das, B. (2016). Allelopathic effects of some promising agroforestry tree species on different annual crops. *Ecology, Environment and Conservation*, 22(1), 225-236.
- Masoud, M., Omar, A. K., & Abugarsa, S. (2022). Allelopathic effects of aqueous extract from

Doi: <https://doi.org/10.54172/53z2y290>

Satureja thymbra L. on seed germination and seedling growth of *Pinus halepensis* Mill. and *Ceratonia siliqua* L. *Libyan Journal of Science & Technology*, 7(1).

Mehmood, K., Asif, H. M., Bajwa, R. B., Shafique, S., & Shafique, S. (2011). Phytotoxic potential of bark extracts of *Acacia nilotica* and *Syzygium cumini* against *Parthenium hysterophorus*. *Pakistan Journal of Botany*, 43(6), 3007-3012.

Mohamed Bogelil, Omar. M. A. K., & Mohammed. H. (2024). The allelopathic effects of aqueous extracts from *Pinus halepensis* Mil. on the germination and development of red watermelon (*Citrullus lanatus* L.) seeds. *Journal of Total Science*, 9(34), 2518-5799.

Murray, D. R., Peoples, M. B., & Waters, S. P. (1979). Proteolysis in the axis of the germinating pea seed: I. Changes in protein-degrading enzyme activities of the radicle and primary root. *Planta*, 147, 111-116. <https://doi.org/10.1007/BF00389510>.

Othman, B., Haddad, D., & Tabbache, S. (2018). Allelopathic effects of *Sorghum halepense* (L.) Pers. and *Avena sterilis* L. water extracts on early seedling growth of *Portulaca oleracea* L. and *Medicago sativa* L. *International Journal of Medical Science*, 5(10), 7-12. DOI: <https://doi.org/10.14445/23939117/IJMS-V5I10P103>

Reigosa, M. J., Souto, X. C., & Gonzalez, L. (1999). Effect of phenolic compounds on the germination of weed species. *Plant Growth Regulation*, 28, 83-88. <https://doi.org/10.1023/A:1006269716762>

Saeed, H. S., Rasul, F. S. M., Mubeen, M., & Nasim, W. (2013). Allelopathic potential assessment of *Syzygium cumini* L. on wheat. *International Poster Journal of Science & Technology*, 3(1), 09-14.

Saleha, M., Hawad, A., Alam, M., & Ali, A. (2018). Preliminary qualitative phytochemical analysis of *Acacia nilotica* fruits collected from Majdool Town, Southern of Libya. *Journal of Pure & Applied Sciences*, 17(1). <https://doi.org/10.51984/jopas.v17i1.93>

Saxena, A. (1996). Allelopathic potential of *Acacia tortilis* in agroforestry systems of arid regions. *Allelopathy Journal*, 3, 81-84.

Seigler, D. S. (2003). Phytochemistry of *Acacia* – *sensu lato*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31, 845-873. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(03\)00082-6](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00082-6)

Tripathi, S., Tripathi, A., Kori, D. C., & Tiwari, S. (1998). Effect of tree leaves aqueous extracts on germination and seedlings growth of soybean. *Allelopathy Journal*, 5(1), 75-82.

Yanar, Y., & Kadioglu, I. (2004). Allelopathic effects of plant extracts against seed germination of some weeds. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(4), 472-475. <https://doi.org/10.3923/ajps.2004.472.475>

Yousif, M. A. I., Wang, Y. R., and Dali, C. (2020). Seed dormancy overcoming and seed coat structure change in *Leucaena leucocephala* and *Acacia nilotica*. *Forest Science and Technology*, 16(1), 18-25. <https://doi.org/10.1080/21580103.2019.1700832>