

التعرف على بعض خصائص طحلب *Cladophora sp.* واختبار كفاءته كمصدر لإنتاج الوقود الحيوي

هيا عبد شاكر¹، مريم فوزي البيضاني^{2*}، احمد عبد برغال¹

1 قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة البصرة

2 مركز علوم البحار، جامعة البصرة

البحث مسجل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول



<https://doi.org/10.54153/sjpas.2023.v5i2.527>

الخلاصة:

ساهم الاعتماد المفرط على الوقود الاحفوري في زيادة انبعاث غازات الاحتباس الحراري والعديد من التأثيرات البيئية الضارة لذلك دعت الحاجة الى ايجاد مصادر طاقة حيوية بديلة وامنة يعد الوقود الحيوي احد المنتجات البديلة الصديقة للبيئة ينتج من مواد حيوية مثل الطحالب التي يمكن استخدامها كمصدر لإنتاج الوقود الحيوي تم في هذه الدراسة التي ادرت مختبرياً اختبار كفاءة طحلب *Cladophora sp.* لإنتاج وقود الديزل الحيوي اظهرت نتائج دراسة المحتوى الكيميائي للكثلة الحيوية للطحلب بأن نسبة الزيت كانت 11.40% والكاربوهيدرات 47.36% والبروتينات 12.07% وتم استخدام الزيت لإنتاج الديزل الحيوي بعد اجراء عملية الاسترة باستخدام نوعين من المحفزات هما المحفزات الحامضية (H_2SO_4) القاعدية (KOH) وتم تشخيص الاحماض الدهنية والاسترات بلغت النسب 45.25% و6.42% و1.53% للاسترات والهيدروكاربونات والاحماض الدهنية على التوالي، كما شخصت الخصائص الفيزيائية للديزل الحيوي الناتج وبينت النتائج انخفاض محتوى الكبريت والمحتوى المائي فيه وعدم وجود اي كاربون متخلف بالمقارنة مع الديزل التقليدي.

معلومات البحث:

تأريخ الاستلام: 2023/00/00

تأريخ القبول: 2021/00/00

الكلمات المفتاحية:

الوقود الحيوي، الديزل الحيوي، الطحالب الكبيرة، المحفزات الحامضية، المحفزات القاعدية

معلومات المؤلف

الايميل:

mariam.hameed2005@yahoo.com

الموبايل:

المقدمة

يعد الوقود الاحفوري (المشتق من بقايا الكائنات الحية التي عاشت منذ ملايين السنين وتعرضت الى ضغط وحرارة عاليين) هو المصدر الاساسي للطاقة الا انه مصدر غير متجدد وان الاستخدام العشوائي له ادى الى خلق المخاطر البيئية المتمثلة باختلال التوازن البيئي ورياءة نوعية الهواء [1]، وزيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري التي ادت الى تغيرات مناخية في البيئة بأكملها كالأطمار الحامضية [2]، وانحسار مستويات الانهار وجفافها [3]، اضافة الى تأثيراته على صحة الانسان [4]، لذلك اقتضت الحاجة الى ايجاد مصادر طاقة بديلة نظيفة ومتجددة.

تعد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الارضية Geothermal والطاقة المائية والوقود الحيوي من مصادر الطاقة الحيوية الشائعة والتي من الممكن استخدامها كبديل للوقود الاحفوري كونها طاقة نظيفة وامكانية انتاجها على نطاق واسع [5]، واطهرت العديد من الكتل الحيوية امكانية انتاج مجموعة متنوعة من المنتجات الاساسية الصديقة للبيئة مثل الطاقة الحيوية والمواد الكيميائية المختلفة [7]، والوقود الحيوي هو احد منتجات الطاقة الحيوية التي يتم انتاجها من الكتلة الحيوية [8]. وبناءً على المواد الاولية المستخدمة يصنف الوقود الحيوي الى وقود الجيل الاول والذي يصنع من المواد التي تكون مصدر للاستهلاك البشري والجيل الثاني يصنع من المواد غير الصالحة للأكل مثل المخلفات الزراعية ومخلفات المحاصيل الغذائية والمحاصيل الخشبية التي لا تتنافس مع المحاصيل الغذائية اما الوقود من الجيل الثالث فتعد الموارد البحرية كالأعشاب البحرية والطحالب مصدر مهم للجيل الثالث وربما تكون الطحالب الكبيرة هي أكثر مصادر الوقود الحيوي غير القابلة للاستهلاك المحتملة [9].

اذ شكلت الطحالب في الأونة الاخيرة مادة اساس لإنتاج الوقود المستقبلي البديل او الوقود الاخضر [10]، وتمتاز الطحالب المستخدمة لإنتاج الوقود الحيوي بالعديد من المزايا مثل النمو السريع [11] ، والتركيب الضوئي الفعال وقدرتها على الاستفادة من ثاني اوكسيد الكربون المتخلف من المنشآت الصناعية [12]، والانتاجية العالية من الكتلة الحيوية اذ يمكنها ان تنمو في بيئات مختلفة دون الحاجة الى الاراضي الزراعية لإنتاجها وهذا يمكن حل مشكلة التنافس بين الغذاء والوقود اضافة الى ذلك يمكنها النمو في مصادر مختلفة من المياه مثل المياه العذبة والمالحة ومياه الصرف الصحي [13]. تحتوي الكتلة الحيوية للطحالب على البروتينات والكربوهيدرات والدهون والاحماض الدهنية بنسب متفاوتة وتختلف النسب باختلاف نوع الطحلب وتعد الكربوهيدرات والدهون مواد خام لإنتاج مجموعة من الوقود الحيوي والمواد الحيوية الاخرى [14].

اذ يمكن الاستفادة من الاحماض الدهنية وجلسريد الاسيل Acylglycerides لإنتاج الديزل الحيوي اضافة الى امكانية استخدام الكتلة الحيوية المتبقية والغنية بمحتوى السكر لإنتاج الايثانول الحيوي [15،16]. تمتاز البيئة العراقية بظروف مثالية لنمو الطحالب من توافر اشعة الشمس والوفرة في المغذيات التي ادت الى توفر انواع عديدة ومتنوعة من الطحالب لذلك جاءت هذه الدراسة لتقييم كفاءة بعض الانواع الموجودة كأدوات واعدة لإنتاج الطاقة الحيوية المستدامة وخفض الانبعاثات.

المواد وطرائق العمل

جمع العينات

جُمعت عينات الطحالب المستخدمة في الدراسة من بعض البرك المفتوحة في محافظة البصرة للفترة من شهر كانون الاول 2019 الى شهر شباط 2020 وشهر تشرين الاول 2020 الى شهر شباط 2021 ونُظفت العينات من الشوائب والمواد العالقة بها اولاً وغُسلت بالماء الجاري عدة مرات ثم غسلت بالماء المقطر عدة مرات وبعدها جففت وطحنت للحصول على مسحوق ناعم بعدها حفظت في عبوات لحين الاستعمال [17].

التحليل الكيموحيوي للطحلب

قُدرت نسبة الزيت حسب طريقة [18] المحورة وتم حساب وزن الزيت الناتج حسب المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية} = (\text{وزن الدورق مع الزيت} - \text{وزن الدورق} / \text{وزن العينة}) \times 100$$

وقُدرت الكربوهيدرات الكلية حسب طريقة Phenol-Sulphuric acid [19] و البروتينات الكلية حسب طريقة كلدهل [20] وحُسبت النسبة المئوية للبروتين بالمعادلة التالية :

$$\text{النسبة المئوية للبروتين} = (6.25 \times 14.007 \times \text{عدد مرات التسحيح} / \text{وزن العينة} \times 1000) \times 100$$

استخلاص الزيت

طريقة الاستخلاص البارد

استخدمت طريقة [21] مع بعض التعديلات مُزج 10غم من مسحوق الطحلب مع 100مل من خليط المذيبات (كلوروفورم : ميثانول) بنسبة (1:2 حجم/حجم) ووضع الخليط على جهاز القلاب الممغنط Magnetic stirrer لمدة اربع ساعات وبعد انتهاء الاستخلاص رشح الخليط باستخدام اوراق ترشيح (11سم / 15. ملم) وتم اعادة الاستخلاص بـ 25 مل من الكلوروفورم مرتين لاستخلاص الزيوت المتبقية في المسحوق الجاف ثم نُقل المستخلص الى قمع فصل وغُسل بـ 25 مل من المحلول المائي لكلوريد الصوديوم NaCl 0.88%) بعدها جُمعت الطبقة العضوية وتم التخلص من المذيب للحصول على زيت الطحالب الذي تم وزنه لتحديد كمية الزيت الناتج من الكتلة الحيوية.

طريقة الاستخلاص الحار

اجريت حسب طريقة [22] المحورة وُضع 20 غم من مسحوق الطحلب الجاف في Thimble جهاز الاستخلاص المستمر Soxhlet extractor وُضع 250 مل من خليط المذيبات كلوروفورم: ميثانول (1:2 حجم/حجم) بعدها رُشح الخليط بأوراق ترشيح وبُخر المزيج الى 100 مل ثم نُقل الى قمع فصل وغُسل بـ 25 مل من المحلول المائي لكلوريد الصوديوم NaCl (0.88%) بعدها جُمعت الطبقة العضوية وتم التخلص من المذيب للحصول على الزيت الذي تم وزنه لتحديد كمية الزيت الناتج من الكتلة الحيوية [21] .

عملية انتاج الديزل الحيوي

تحضير المعاملات

مُزج زيت الطحلب مع ثلاثة حجوم مختلفة من كحول الميثانول (40 و 60 و 80) مل عملية الاسترة الحامضية اجريت باستعمال حامض الكبريتيك (2 مل حجم /حجم) عند 60-55 °م لمدة 5-6 ساعات اما عملية الاسترة القاعدية فتمت باستعمال المحفز KOH 0.3 غم واستمرت العملية لمدة ساعتين عند درجة حرارة 60-55 °م [23].

عملية الاسترة التبادلية **Trans-esterification**:

وُضع 0.3 غم من الزيت المستخلص من الطحلب في دورق زجاجي سعة 250 مل وتم مزج الميثانول مع هيدروكسيد البوتاسيوم في وعاء اخر ووضع على جهاز القلاب الممغنط ثم أُضيف الى الزيت في الوعاء الاخر وُضع الدورق الحاوي على الزيت والكحول على جهاز القلاب الممغنط وبعد انتهاء المدة المقررة تُرك الدورق الزجاجي الحاوي على خليط التفاعل لمدة ساعة ليستقر بعدها رُشح الخليط ، وُغسلت المادة المتخلفة على ورقة الترشيح مرتين بـ 10 مل من الميثانول لمدة 10 دقيقة لازالة اي اثار من الاحماض الدهنية (FAME) المتبقية والراشح الناتج أُضيف الى الراشح السابق الذي أُضيف له 15 مل من الماء المقطر ثم نُقل الى الطرد المركزي 5000 دورة / دقيقة لمدة 15 دقيقة و نُقل الى قمع الفصل وأُضيف له 10 مل من الهكسان وكررت العملية عدة مرات جُمعت طبقة الهكسان وُغسلت بالماء المقطر ثم جُففت طبقة الهكسان وحُفظت لحين تقدير الصفات الفيزيائية والكيميائية للناتج [24] .

عملية الاسترة الحامضية **Esterification**

تمت بنفس الخطوات للطريقة المذكورة في الفقرة السابقة مع استبدال المحفز بحامض الكبريتيك 2مل لجميع حجوم الميثانول المستخدمة (كلا على حدة).

تقدير جودة المنتج

تقدير الصفات الفيزيائية

هنالك العديد من الصفات التي درست منها الكثافة **Kinematic Viscosity , Pour Point , Density** , محتوى الكبريت **Sulfur content** و نسبة الكربون المتخلف ومحتوى الماء ومؤشر الديزل **Diesel index** في مختبرات الكيمياء لقسم البحوث والسيطرة النوعية / نهر بن عمر شركة نفط البصرة وتم مقارنة النتائج مع الصفات القياسية لوقود الديزل حسب [25] .

تشخيص الاحماض الدهنية

شُخص نوع الاحماض الدهنية واسترات الاحماض الدهنية بجهاز **Gas Chromatography** في قسم البحوث والسيطرة النوعية /نهر بن عمر شركة نفط البصرة.

التحليل الاحصائي

خُللت النتائج احصائياً باستخدام البرنامج الاحصائي **SPSS (V.24) (Two way ANOVA test)** تحت مستوى احتمالية ($P \leq 0.05$) وتم تحديد اقل فرق معنوي **LSD**.

النتائج والمناقشة

وصف الطحلب

يعد من الطحالب الخيطية المتفرعة احيانا وتكون الفروع اصغر من المحور الرئيس او تتناقص نحو القمم وخلاياه طويلة اسطوانية الشكل او منتفخة سمكة الجدران تحتوي كل خلية على بلاستيدات شبيكية وتحتوي على البيرونويد صورة 1 [26]، ويتواجد بشكل حصائر خضراء خشنة.

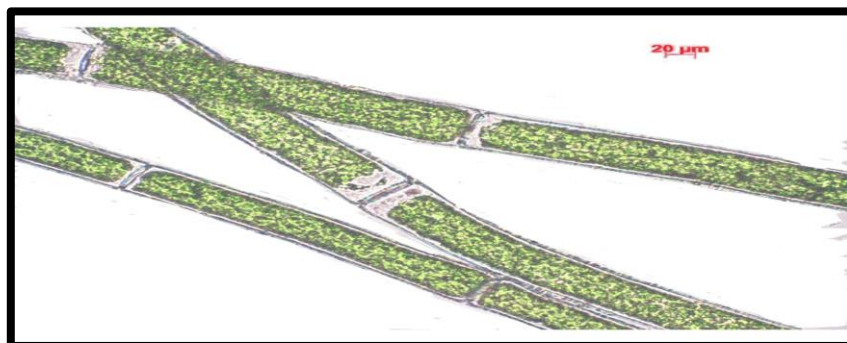
Division : Chlorophyta

Class :Chlorophyceae

Order : Chladophorales

Family : Cladophoraceae

Genus : *Cladophora* sp.



صورة 1: شكل الطحلب الاخضر *Cladophora* sp. (قوة التكبير 400X)

يوضح الجدول 1 نسبة المركبات الكيميائية الموجودة في طحلب *Cladophora* sp. وكانت الكربوهيدرات هي الاعلى نسبة وبلغت 47.36% و الكربوهيدرات في حالة التحلل المائي هو الاقل 8.03% وكانت نسبة الزيت 11.40%.

جدول 1: المحتوى الكيموحيوي لطحلب *Cladophora* sp.

النسبة المئوية %SD+	نوع المادة
11.40±0.04	الزيت
12.07±0.04	البروتينات
8.03±0.03	الكربوهيدرات / تحلل مائي
47.36±0.11	الكربوهيدرات / تحلل حامضي

يوضح الجدول 2 كمية الزيت الناتج من عملية الاستخلاص الحار والبارد وكان الاستخلاص الحار اعلى في كمية الزيت مقارنة مع الاستخلاص البارد عند $P \leq 0.05$.

جدول 2: كمية الزيت الناتجة

نوع الاستخلاص	كمية الزيت (غم/20غم) + SD
الاستخلاص الحار	0.216±0.015
الاستخلاص البارد	0.1667±0.020

LSD للاستخلاص = 0.0125

كمية الاستر الناتج يوضحها الجدول 3 ونلاحظ ان حجم 40 مل كحول هو الاعلى في نسب الاسترات في نوعي الاستخلاص الحار والبارد للمحفز الحامضي والقاعدي.

جدول 3: كمية الاستر الناتج من طحلب *Cladophora* sp.

حجم الميثانول			نوع الاستخلاص	نوع المحفز
08 مل	60 مل	40 مل		
2.105	5.22	6.35	بارد	قاعدي
3.305	2.805	2.565	حار	حامضي
6.865	9.325	13.245	بارد	
9.375	9.88	11.02	حار	

الخصائص الفيزيائية

الخصائص الفيزيائية لطحلب *Cladophora sp.* يوضحها الجدول 4 وبلغت الكثافة 0.66 (g /Cm³) لجميع المعاملات اما اللزوجة فكانت مرتفعة فقط في حالة المحفز القاعدي عند 40 مل كحول للاستخلاص البارد وبلغت 4.4 اما محتوى الكبريت فتراوح بين 0.01-0.003 وبلغ المحتوى المائي 0.01 لجميع المعاملات

جدول 4: الخصائص الفيزيائية للديزل الحيوي الناتج من طحلب *Cladophora sp.*

الديزل التقليدي	<i>Cladophora sp.</i> حامضي بارد 40 مل	<i>Cladophora sp.</i> حامضي حار 40 مل	<i>Cladophora</i> قاعدي بارد 40 مل	الطريقة	الصفات
0.87	0.6645	0.6646	0.6641	ASTM D-4052	Density (g/cm ³)@15.6 c
12-18	0.530	0.576	4.402	ASTM D-445	Kinematic viscosity @40 c
+9	Bellow -30	Bellow -30	Bellow -30	ASTM D-97	Pour point
2.5	0.0106	0.0036	0.007	ASTM D-4294	Sulpher content
1.5	NIL	NIL	NIL	ASTM D-4530 IP-13	Carbon residue ,wt%
0.5	0.01	0.01	0.01	ASTM D-6304	Water content By karl Fisher ,vol. %

المركبات الهيدروكاربونية

يبين الجدول 5 المركبات الهيدروكاربونية للاستخلاص البارد ونلاحظ ان حجم 40 مل بالمحفز الحامضي في الاستخلاص البارد هو الاعلى في نسب المركبات بمعدل بلغ 20.61% تلاه الحجم 60 مل للمحفز القاعدي بمعدل 16.36%

جدول 5: المركبات الهيدروكاربونية للاستخلاص البارد

المحفز القاعدي			المحفز الحامضي			المركبات الهيدروكاربونية
80مل	60مل	40مل	80مل	60مل	40مل	
0.1718	-	0.0812	0.035	-	0.0345	Undecane
-	-	-	0.7015	-	-	Cyclotetradecane
-	-	-	0.9404	-	-	Z-5-Nonadecene
-	0.0717	-	0.1517	0.3895	-	1-Docosene
-	-	-	0.7998	-	-	Decane, 1,1-diethoxy-
1.1878	0.3235	-	0.0229	-	5.4433	Tricosane
-	0.3936	0.753	2.5189	1.3968	0.3773	1-Hexacosene
-	-	0.6285	0.1341	0.2763	-	Pentacosane
-	0.2235	0.3267	0.4742	-	-	1-Eicosene
-	-	-	0.3575	-	-	Eicosane, 2,6,10,14,18- pentamethyl-
0.217	0.1995	-	0.2702	-	-	Z-12-Pentacosene
-	-	-	0.808	-	-	Heptacosane, 1- chloro-
-	-	-	-	0.025	-	Cyclododecane, ethyl-
-	-	-	-	0.797	-	1-Octadecene
-	-	-	-	0.2697	-	1-Tricosene
-	1.8248	0.3408	-	0.046	4.8703	Hexacosane
-	-	0.0885	-	0.7573	2.1561	1-Nonadecene
-	-	-	-	-	0.0585	Nonane
0.0587	-	-	-	-	0.0723	Decane
-	-	-	-	-	0.0254	1-Tridecene
-	-	-	-	-	0.0205	2-Tetradecene, (E)-
-	-	-	-	-	2.0642	10-Heneicosene (c,t)
0.5639	0.6053	-	-	-	3.532	Docosane
-	0.9993	-	-	-	1.9652	Nonacosane
0.0993	-	0.0841	-	-	-	Dodecane
0.0406	-	0.1101	-	-	-	Pentadecane
0.1078	-	0.05	-	-	-	Tridecane
0.0508	-	0.0347	-	-	-	Copaene
0.1331	-	0.0788	-	-	-	Tetradecane
0.2541	-	-	-	-	-	1-Decene
0.7439	0.0778	0.3062	-	-	-	Hexadecane
0.1219	-	-	-	-	-	Pentadecane
0.0491	-	-	-	-	-	2-Bromo dodecane
0.0485	-	0.0619	-	-	-	Cyclohexadecane
0.5766	-	-	-	-	-	8-Heptadecene
0.0973	-	0.1382	-	-	-	1-Heptadecene
0.1291	-	0.2091	-	-	-	Heptadecane, 4- methyl-
0.1775	-	-	-	-	-	Decane, 3,8-dimethyl-
0.3868	0.1596	0.3079	-	-	-	Octadecane
0.1014	-	-	-	-	-	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-

1.7302	0.8031	-	-	-	-	Tetracosane
-	0.03	-	0.0942	-	-	Dodecane, 2,6,10trimethyl-
-	0.0412	-	-	-	-	2-Undecanone, 6,10- dimethyl-
-	0.0867	-	-	-	-	2,6,10- Trimethyltridecane
-	0.1098	-	-	-	-	7-Hexadecene, (Z)-
-	0.2471	1.2132	-	-	-	3-Heptadecene, (Z)-
-	0.0854	-	-	-	-	7-Tetradecene, (E)-
-	0.0386	-	-	-	-	Heptadecane, 2- methyl-
-	0.1551	-	-	-	-	1-Octadecene
-	0.0463	-	-	-	-	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-
-	0.0651	-	-	-	-	Cyclohexadecane, 1,2 diethyl-
-	0.0292	-	-	-	-	Cyclotetradecane, 1,7,11-trimethyl-4- (1methylethyl)-
-	0.052	-	-	-	-	1-Nonadecene
-	0.3551	-	-	-	-	Tricosane, 2-methyl-
-	0.1071	-	-	-	-	Eicosane
-	1.0374	-	-	-	-	9-Tricosene, (Z)-
-	0.1549	-	-	-	-	Z-14-Nonacosane
-	0.8342	0.3012	-	-	-	Neophthydiene
-	-	0.0227	-	-	-	Dodecane, 2,6,11trimethyl-
-	-	0.3121	-	-	-	5-Tetradecene, (E)-
-	-	0.2364	-	-	-	3-Tetradecene, (E)-
-	-	0.2091	-	-	-	Heptadecane, 4- methyl-
-	-	0.3698	-	-	-	Cetene
-	-	0.0761	-	-	-	Cyclopentadecane
-	-	0.2007	-	-	-	Heptadecane, 9-octyl-
-	-	0.4917	-	-	-	Hexadecane, 7,9- dimethyl-
8.2248	13.6333	8.3748	8.1992	3.9576	20.6196	Total

من الجدول 6 نلاحظ ان نسب المركبات الهيدروكاربونية أقل مقارنة مع الاستخلاص البارد (جدول 4) وكان حجم 80 مل للمحفز الحامضي هو الأعلى بنسبة 8.77% والمحفز القاعدي أقل في جميع التراكيز.

جدول:6 المركبات الهيدروكاربونية للاستخلاص الحار

المحفز القاعدي			المحفز الحامضي			المركبات الهيدروكاربونية
80مل	60مل	40مل	80مل	60مل	40مل	
-	-	-	1.4427	-	-	Nonane
-	-	-	0.3586	-	-	Cycloheptanone, 4-methyl-, (R)-
-	-	-	0.1657	-	-	5-Eicosene, (E)-
-	-	-	0.3225	-	-	Nonane, 4-methyl-
-	-	-	0.1798	-	-	Nonane, 2-methyl-
-	-	-	1.5914	-	0.0438	Decane
-	-	-	0.1116	-	-	Decane, 4-methyl-
-	-	-	0.1991	-	-	Decane, 3-methyl-
-	-	-	3.4181	-	0.189	Undecane
-	-	-	0.0823	-	0.0429	Cyclododecane
-	-	-	-	-	2.9354	1-Nonadecene
-	-	-	0.1398	-	-	Dodecane
-	-	-	-	0.2656	-	Heptacosane
-	-	0.35232	-	-	-	Nonadecene
-	-	0.302449	-	-	-	Docosane
0	0	0.654769	8.7777	1.4164	3.2111	Total

ومن نتائج التحليل الاحصائي بينت تفوق الاستخلاص البارد في كمية المركبات الهيدروكاربونية كما اظهرت نتائج التحليل الاحصائي عند مستوى احتمالية $P \leq 0.05$ عدم وجود فروق معنوية بين حجم الكحول المستعمل وكمية الهيدروكاربونات الناتجة اذ لم تؤد زيادة كمية الكحول المستعمل الى زيادة كمية الهيدروكاربونات الناتج، وكذلك الحال في نوع المحفز المستخدم اذ لم يُلاحظ وجود فروق معنوية في كمية الهيدروكاربونات عند تغيير نوع المحفز.

الاحماض الدهنية لطحلب *Cladophora sp.*

كانت نسب الاحماض الدهنية في الطحلب للاستخلاص البارد منخفضة لجميع المعاملات ويوضحها الجدول 7.

جدول 7: الاحماض الدهنية الاستخلاص البارد

القاعدي			الحامضي			الاحماض الدهنية
80 مل	60 مل	40 مل	80 مل	60 مل	40 مل	
-	0.1491	-	-	-	-	22-Tricosenoic acid
-	-	1.3118	-	-	-	Arachidonic acid
0	0.1491	1.3118	0	0	0	Total

يوضح الجدول 8 نسب الاحماض الدهنية للاستخلاص الحار لطحلب *Cladophora sp.* وكانت النسب أعلى من الاستخلاص البارد وان أعلى نسبة بلغت 10.33% عند حجم كحول 80 مل للمحفز القاعدي أما أقل نسبة هي 0% للمحفز الحامضي عند الحجمين 40 مل و 60 مل على التوالي وكان حامض Hexadecanoic acid هو الأعلى نسبة وبلغت 1.832%.

جدول 8: الاحماض الدهنية الاستخلاص الحار

القاعدي			الحامضي			الاحماض الدهنية
80 مل	60 مل	40 مل	80 مل	60 مل	40 مل	
-	-	-	1.2462	-	-	Erucic acid
1.63037 7	-	-	-	-	-	cis-Vaccenic acid
1.83225 3	-	1.16139 5	-	-	-	Hexadecanoic acid
1.80970 8	-	0.30734 9	-	-	-	cis5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid
1.69124 7	-	0.53701 3	-	-	-	cis-13-Eicosenoic acid
1.73736 1	0.55642	1.15224 5	-	-	-	9-Octadecenoic acid, (E)-
1.63058 2	0.2022	1.41613 4	-	-	-	Oleic Acid
10.3315 3	0.75862	4.57413 6	1.2462	0	0	Total

استرات الاحماض الدهنية (الديزل الحيوي)

نسب الاسترات الكلية الناتجة يوضحها الجدول 9 وكان المحفز القاعدي عند الحجم 80 مل من الكحول هو الاعلى بنسبة بلغت 68.3% للاستخلاص البارد كما يلاحظ تفاوت النسب بين النوعين من الاستخلاص عند نفس المحفز.

جدول 9: النسبة المئوية لاسترات الكلية للاستخلاص البارد والحار لطحلب *Cladophora sp.*

المحفز القاعدي			المحفز الحامضي			نوع الاستخلاص
80 مل	60 مل	40 مل	80 مل	60 مل	40 مل	
51.1550	54.9260	37.5293	29.4216	47.3699	22.4088	الحار
68.3692	63.2501	39.2231	46.0391	46.7186	36.6202	البارد

المناقشة

يلاحظ من نتائج الجدول 1 نجد ان نسبة الزيت لطحلب *Cladophora sp.* بلغت 11.40% وهذه النسبة اعلى من النسبة التي ظهرت في دراسة [27] اذ بلغت 4.5% ودراسة [28] التي بلغت نسبة الزيت فيها 0.3% وايضاً كانت نسبة الزيت منخفضة لطحلب *Cladophora sp.* في دراسة [29] وبلغت فيها 2%، وكذلك الدراسة التي اجريت من قبل [30] على عينات لطحالب جُمعت من البحيرة والعينات المستزرعة مختبرياً وبلغت نسب الزيت فيها 0.78% و1.87% على التوالي وكانت جميع النسب منخفضة في هذه الدراسات مقارنة بالدراسة الحالية بينما في دراسة [13] كانت نسبة الزيت 11.76% وهي مقاربة لما ظهر في الدراسة وربما يعزى السبب ان كمية الزيت تتأثر بعدة عوامل منها ظروف النمو ودرجة الحرارة وشدة الضوء [31] او ربما يعزى السبب الى الاختلاف في الموقع الجغرافي والظروف البيئية لنمو كل طحلب اضافة الى اختلاف فترة جمع العينات ، اما نسبة البروتينات فبلغت 12.07% وأشار [32] ان الطحالب الخضر تحتوي على نسبة عالية من البروتينات تصل الى 40.3% مما يشير الى امكانية استخدامها كمصدر لغذاء الانسان اما في دراسة [33] فتراوحت نسبة البروتينات في طحلب *Cladophora glomerata* بين (16-21.5)% وهي اعلى مما ظهر في الدراسة الحالية وكذلك كانت النسبة مرتفعة في دراسة [30] التي اجريت على نوع من *Cladophora* عزل من البحيرة والاخر مستزرع داخل المختبر وبلغت 14.45% و26.59% للعينات المعزولة من البحيرة والمستزرعة مختبرياً على التوالي، اما دراسة [28] فبلغت النسبة فيها 3.1%، ونسبة الكربوهيدرات بلغت 47.36% وهي تتفق مع دراسة [34] اذ كانت اعلى نسبة للكربوهيدرات في طحلب *Cladophora crispate* وبلغت 280 مايكروغرام /غم وكانت نسبة الكربوهيدرات الكلية منخفضة في دراسة [35] التي اجريت على طحلب *Cladophora sp.*

وكانت 8.77 ± 0.25 وكلا الدراستين كانت اقل من الدراسة الحالية وقد يعود السبب الى تأثير المناخ وخاصة درجات الحرارة المرتفعة طوال العام اذ يؤدي الارتفاع في درجات الحرارة الى ارتفاع نسب الكربوهيدرات في المناطق المعتدلة [36] كما ان للنشاط الضوئي تأثير ايجابي على تراكم الكربوهيدرات نظراً لوجود ارتباط ايجابي بين الزيادة في الكربوهيدرات وطول اليوم ودرجة الحرارة [37].

اما كمية الزيت الناتج لنوعي الاستخلاص فبينت النتائج في جدول 2 ارتفاع معدل نسبة الزيت بالاستخلاص الحار (Soxhlet extractor) 0.2 (غم/20 غم مسحوق) مقارنة بالاستخلاص البارد (على جهاز القلاب المغنط Magnetic stirrer) اذ بلغ معدله 0.16 (غم/20 غم مسحوق) وربما يعزى السبب الى ان الدهون الموجودة في الغشاء الخلوي تحتوي على روابط مع جزيئات البروتين لذلك عند ارتفاع درجات الحرارة سوف يؤدي الى كسر هذه الروابط وهذا سيؤدي الى زيادة كمية الزيت وأشار [38] ان طريقة الاستخلاص بجهاز Soxhlet اعطت اعلى نسبة للزيت مقارنة بالعصر البارد كما بين [39] تأثير طريقة الاستخلاص على كمية والخصائص الفيزيائية والكيميائية للزيت الناتج وبلغت اعلى نسبة بجهاز Soxhlet 34.47% مما يشير ان الاستخلاص بجهاز Soxhlet الاكثر فاعلية لاستخلاص الزيت النباتي [40] وربما يعزى السبب هو تكرار الاتصال بين العينة مع المذيب لضمان الاستخلاص الكامل اضافة الى ان الحرارة الموجودة في الدورق تنتقل الى الثامبل الى حد معين للحفاظ على درجة حرارة عالية اثناء الاستخلاص [41]

بينت النتائج جدول 3 كمية الاستر الناتج للاستخلاصين الحار والبارد ولكلا النوعين من المحفزات وان المحفز الحامضي كان الافضل في الحصول على كمية عالية من الديزل الحيوي مقارنة مع المحفز القاعدي وربما يعزى السبب الى وجود نسبة عالية من الاحماض الدهنية الحرة في زيت الطحالب وهذا سيؤدي الى تفاعل هذه الاحماض مع المحفز القاعدي في تفاعل الاسترة لتكوين الصابون مما يسبب انخفاض ناتج الديزل الحيوي [42] ويؤدي الى زيادة صعوبة فصل الجلسرين عن الديزل الحيوي [43] لذلك يستبدل بالمحفز الحامضي وهذه المحفزات لا تتأثر بالمستويات العالية من الاحماض الدهنية الحرة، وكذلك لوحظ انخفاض ناتج استرات الاحماض الدهنية الناتج من الاستخلاص الحار وهذا لا يتفق مع دراسة [44] اذ وفرت درجة الحرارة المرتفعة تحفيز لانتاج الديزل الحيوي مما ادى الى زيادة انتاجية الديزل الحيوي [45].

وكذلك تأثير الزيادة في حجم الكحول المستخدم على كمية الديزل الحيوي الناتج اذ ان عملية الاسترة هي تفاعل متوازن يتطلب كمية عالية من الميثانول لتحويل التوازن نحو اتجاه المنتج بينما تؤدي الزيادة في كمية الميثانول الى ما هو ابعد من المستوى الامثل الى احداث تأثير تخفيف يخل بتركيبية الدهون الثلاثية مما يؤدي الى تكوين احادي الجلسريد من الدهون الثلاثية لزيت الطحالب وهذا يزيد من ذائبية الجلسرين في المنتج النهائي وبالتالي يصبح فصل وقود الديزل الحيوي عن الجلسرين امراً صعباً في ظل وجود فائض من الميثانول [17] وهذا ما لوحظ في دراسة [46] التي اجريت لانتاج الديزل الحيوي من طحلب *Chlorella pyrenoidosa* اذ ان الزيادة في كمية الميثانول لم تود الى زيادة كمية الاسترات (FAME) الناتج وهو ما ظهر ايضاً في دراسة [47] اذ كانت النسبة 1:7 هي المثالية لتحويل الزيت الى استرات وبلغت النسبة انتاج الديزل الحيوي 97% وبعد زيادة نسبة الكحول عن النسبة المثالية واستخدام 1:9 و 1:15 انخفضت كفاءة التحويل الى 85% و 87% على التوالي وهذا ما وجد في الدراسة الحالية .

من خلال ملاحظة نتائج الخصائص الفيزيائية في الجدول 4 نجد ان الكثافة بلغت 0.66 وهي اقل من معيار الديزل الحيوي القياسي الذي كان بين 0.87-0.89 وهو اعلى من الكثافة في الدراسة الحالية وكذلك كانت اللزوجة منخفضة لمعاملتين ومرتفعة لمعاملة واحدة وهذا يتفق مع ما اشارت اليه دراسة [29] اذ كانت اللزوجة لطحلب *Cladophora glomerata* اقل من 0.6 وفي هذه الحالة لا يمكن استخدامه بشكل مباشر كوقود ولكنه يستعمل كمادة مضافة للوقود التقليدي ، كما لوحظ انخفاض نسبة الكربون المتخلف وربما يعزى السبب في ذلك الى انخفاض نسبة المركبات الاروماتية وان هذا الانخفاض يؤدي الى انخفاض الكربون المتخلف اذ ان المركبات الاروماتية تكون رواسب كاربونية بدلاً من التبخر [48] ولنفس السبب اعلاه يمكن ان يعزى السبب في انخفاض نسبة الكبريت او يعزى السبب الى احتواء عينة الزيت المستخلص على دهون قطبية وان وجود هذه الاحماض يمكن ان تختزل جودة ونوعية الديزل من خلال زيادة نسبة الكبريت [49].

يوضح الجدول 5 و 6 المركبات الهيدروكاربونية لطحلب *Cladophora sp.* وتراوحت النسبة في جميع المعاملات بين (3.95-20.61)% وهذا ايضاً ما وجد في دراسة [29] اذ بلغ نسبة الهيدروكاربونات في طحلب *Cladophora glomerata* 20% بين C17 و C29 وان هذه المركبات يتم تخليقها من عملية Decarboxylation للامحماض الدهنية بواسطة انزيم وجد حديثاً في الطحالب [50] وكذلك دراسة [51] التي بينت وجود المركبات Octadecane و Hexadecane و مركب 1-Nonadecane و 1-Pentadecene وهذه المركبات وجدت في الدراسة الحالية ايضاً واشير الى ان هذه المركبات هي السلائف لحمض Eicosapentanoic وكذلك كانت المركبات الهيدروكاربونية مرتفعة في دراسة [52] التي بينت وجود تغيرات فصلية

في تراكيز الهيدروكربونات الكلية . كما نلاحظ انخفاض نسب المركبات الهيدروكربونية في الاستخلاص الحار لجميع الانواع الطحلبية وربما يعزى السبب في ذلك الى تدمير بعض المركبات الحساسة للحرارة او تحويل قسم من الهيدروكربونات الى مركبات وسطية لتكوين مركبات اخرى [39] .

اما الاحماض الدهنية لطحلب *Cladophora sp.* فموضحة في الجدول 7 و8 وكانت نسبة الاحماض الدهنية الغير مشبعة اعلى من الاحماض الدهنية المشبعة وهو لا يتفق مع دراسة [29] اذ اظهر تركيب الاحماض الدهنية لطحلب *Cladophora glomerata* ارتفاع نسبة الاحماض الدهنية المشبعة مقارنة مع الاحماض الدهنية الغير مشبعة وان الحامض الدهني الاكثر شيوعاً في خلايا الطحالب هو حامض (Palmitic(Hexadeconic acid) والذي يشكل بين 35-40% من اجمالي الدهون وظهر هذا الحامض في هذه الدراسة بنسبة 38% وحامض Oleic بنسبة 2.31% وهذه النسب اعلى مما ظهر في الدراسة الحالية واطهرت النتائج ان حامض Hexadeconic acid وحامض Cis -5,8,11,14,17-Eicosapentanoic acid وحامض Oleic هي الاعلى نسبة وهذا يتفق مع دراسة [28] التي اجريت على طحلب *Cladophora* وبلغت النسب 5.35 ملغم و 10 ملغم و 7.5 ملغم وظهرت هذه الحوامض ايضاً في دراسة [53] على طحلب *Cladophora glomerata* ودراسة [54] اذ شخص وجود هذه الحوامض في طحلب *Cladophora vagabunda*، وكذلك دراسة [55] التي تم فيها تحديد الاحماض الدهنية لزيت طحلب *Cladophora sp.* بواسطة GC ووجد ان هنالك نوعين من الاحماض الدهنية المشبعة وحامض البالمتيك C16:0 والبيتاديكونيك C15:0 و3 احماض دهنية غير مشبعة حامض الاوليك C18:1 والاسكوريبيك C6:1 واللينوليك C18:2 في زيت الطحالب، وفي الدراسة الحالية احتوت على حامض البالمتيك (Hexadeconic) ولكن بنسبة اقل فقط من الاحماض المشبعة للدراسة السابقة اما الاحماض الغير مشبعة وجد في الدراسة الحالية حامض الاوليك Oleic acid وربما يعزى الاختلاف في نسب او محتوى الاحماض الدهنية في هذه الدراسة والدراسات الاخرى كون التباين في محتوى الاحماض الدهنية شائع في الطحالب الكبيرة خصوصاً الماخوذة من مناطق جغرافية مختلفة وهذا يؤدي الى اختلاف محتوى الاحماض الدهنية ويمكن تفسير ذلك بتعرض الطحلب لعوامل غير حيوية متنوعة مثل توافر المغذيات ودرجة الحرارة حيث تقوم الطحالب بتغيير الخصائص الفيزيائية والاستجابات الحرارية للدهون الغشائية وهذا يمثل استراتيجية لتعزيز التأقلم الفسيولوجي على مدى درجات الحرارة ، وبشكل عام يمكن ان يعزى الاختلاف في محتويات الاحماض الدهنية الى كل من العوامل البيئية (الموقع ،درجة الحرارة للماء والضوء وتركيز النتروجين والمركبات الاخرى والاختلاف بين الانواع او جمع الطحالب في مراحل نمو مختلفة [56-57] كما يعتمد الاختلاف في تركيب الاحماض الدهنية على طريقة الاستخلاص ونوع المذيب المستخدم [58] .

جدول 9 يوضح نسب الاسترات لطحلب *Cladophora sp.* وتراوحت النسب بين (46.03-68.36)% وظهر في دراسة [59] ان نسبة الاسترات الكلية لطحلب *Cladophora glomerata* 57.09% وفي دراسة [60] التي بلغت فيها نسبة الاسترات الكلية المشخصة من زيت الطحالب الدقيقة 77% ، كما نلاحظ ان زيادة حجم الكحول الى 80 مل في المحفز الحامضي للاستخلاص الحار لم تؤد الى زيادة نسب الاسترات وقد يكون السبب ان زيادة حجم الكحول ادت الى تخفيف تأثير المحفز او ان وجود الماء في العينة ساهم في التكوين التنافسي للاحماض الكربوكسيلية التي تقلل انتاجية استرات الالكيل [61]، اما نسب الاسترات في المحفز القاعدي فزادت بزيادة حجم الكحول المستخدم وربما يعزى السبب الى وجود دهون ثلاثية اكثر وساهمت الزيادة في كمية الكحول بارتباطها مع الدهون لتكوين الاسترات [62].

الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها يتبين ان الكربوهيدرات هي الاعلى نسبة في الطحلب، وان الاستخلاص الحار كان الافضل في الحصول على اعلى كمية من الزيت. وان المحفز الحامضي الاكثر تأثيراً على كمية الاستر الناتج مقارنة مع المحفز القاعدي. كما بينت دراسة الخصائص الفيزيائية للديزل الحيوي انخفاض نسبة الكبريت وعدم وجود اي كاربون متخلف مما يشير الى انه امن للبيئة وليس له تأثيرات ضارة. اما استرات الاحماض الدهنية كانت الاعلى نسبة مقارنة مع الهيدروكربونات والاحماض الدهنية.

References

1. Low, Sze Shin, Kien Xiang Bong, Muhammad Mubashir, Chin Kui Cheng, Man Kee Lam, Jun Wei Lim, Yeek Chia Ho, Keat Teong Lee, Heli Siti Halimatul Munawaroh, and Pau Loke Show.

2021. 'Microalgae cultivation in palm oil mill effluent (POME) treatment and biofuel production' *J Sustainability*, 13(6): 3247.
2. Ganesan, Ramya, S Manigandan, Melvin S Samuel, Rajasree Shanmuganathan, Kathirvel Brindhadevi, Nguyen Thuy Lan Chi, Pham Anh Duc, and Arivalagan Pugazhendhi. 2020. 'A review on prospective production of biofuel from microalgae', *Biotechnology Reports*, 27: e00509.
 3. Abomohra, Abd El-Fatah, Mahdy Elsayed, Sivakumar Esakkimuthu, Mostafa El-Sheekh, and Dieter Hanelt. 2020. 'Potential of fat, oil and grease (FOG) for biodiesel production: A critical review on the recent progress and future perspectives', *J Progress in Energy Combustion Science*, 81: 100868.
 4. Box-Steffensmeier, Janet M, Jean Burgess, Maurizio Corbetta, Kate Crawford, Esther Duflo, Laurel Fogarty, Alison Gopnik, Sari Hanafi, Mario Herrero, and Ying-yi Hong. 2022. 'The future of human behaviour research *J Nature Human Behaviour* ', 6(1): 15-24.
 5. Singh, Reena, Faizal Bux, and Yogesh Chandra Sharma. 2020. 'Optimization of biodiesel synthesis from microalgal (*Spirulina platensis*) oil by using a novel heterogeneous catalyst, β -strontium silicate (β -Sr₂SiO₄)', *J Fuel*, 280: 118312.
 6. Lin, Chiu-Yue, Wai Siong Chai, Chyi-How Lay, Chin-Chao Chen, Chun-Yi Lee, and Pau Loke Show. 2021. 'Optimization of hydrolysis-acidogenesis phase of swine manure for biogas production using two-stage anaerobic fermentation', *Processes*, 9(8): 1324.
 7. Bhatia, Shashi Kant, Sujit Sadashiv Jagtap, Ashwini Ashok Bedekar, Ravi Kant Bhatia, Anil Kumar Patel, Deepak Pant, J Rajesh Banu, Christopher V Rao, Yun-Gon Kim, and Yung-Hun Yang. 2020. 'Recent developments in pretreatment technologies on lignocellulosic biomass: effect of key parameters, technological improvements, and challenges', *J Bioresource technology*, 300: 122724.
 8. Khoo, Kuan Shiong, Kit Wayne Chew, Guo Yong Yew, Wai Hong Leong, Yee Ho Chai, Pau Loke Show, and Wei-Hsin Chen. 2020. 'Recent advances in downstream processing of microalgae lipid recovery for biofuel production', *J Bioresource technology*, 304: 122996.
 9. Mat Aron, Nurul Syahirah, Kuan Shiong Khoo, Kit Wayne Chew, Pau Loke Show, Wei-Hsin Chen, and The Hong Phong Nguyen. 2020. 'Sustainability of the four generations of biofuels—a review', *J International Journal of Energy Research*, 44(12): 9266-82.
 10. Khorshed, Badr Hussein, and Mira Ausama Al-Katib. 2021. 'Screening of some algal oils to select the best algal biodiesel resource', *J Egyptian Journal of Aquatic Biology Fisheries*, 25: 571-88.
 11. Kumar, Manish, Yuqing Sun, Rashmi Rathour, Ashok Pandey, Indu Shekhar Thakur, and Daniel CW Tsang. 2020. 'Algae as potential feedstock for the production of biofuels and value-added products: Opportunities and challenges', *Science of the Total Environment*, 716: 137116.
 12. Peter, Angela Paul, Kuan Shiong Khoo, Kit Wayne Chew, Tau Chuan Ling, Shih-Hsin Ho, Jo-Shu Chang, and Pau Loke Show. 2021. 'Microalgae for biofuels, wastewater treatment and environmental monitoring', *J Environmental Chemistry Letters*, 19: 2891-904.
 13. Khan, Sikandar, and Pengcheng Fu. 2020. 'Biotechnological perspectives on algae: a viable option for next generation biofuels', *J Current opinion in biotechnology*, 62: 146-52.
 14. Kumar, Pankaj, MR Suseela, and Kiran Toppo. 2011. 'Physico-chemical characterization of algal oil: a potential biofuel', *Asian J Exp Biol Sci*, 2(3): 493-97.
 15. Robak, Katarzyna, and Maria Balcerek. 2018. 'Review of second generation bioethanol production from residual biomass', *J Food technology biotechnology*, 56(2): 174.

16. Chew, Kit Wayne, Kuan Shiong Khoo, Hui Thung Foo, Shir Reen Chia, Rashmi Walvekar, and Siew Shee Lim. 2021. 'Algae utilization and its role in the development of green cities', *J Chemosphere*, 268: 129322.
17. Wang, Kexin, Kuan Shiong Khoo, Kit Wayne Chew, Anurita Selvarajoo, Wei-Hsin Chen, Jo-Shu Chang, and Pau Loke Show. 2021. 'Microalgae: the future supply house of biohydrogen and biogas', *J Frontiers in Energy Research*, 9: 660399.
18. Nageswara , L, and SSS Al Riyami. 2018. 'Experimental Investigation on Production of Biodiesel from *Padina boergesenii* Sp. Macro Algae', *Austin Chemical Engineering*, 59(1): 1-7.
19. Harborne, J.B. (1984). *Phytochemical method*, 2nd ed., Chapman and Hall, London.
20. Dubois, Michel, Kyle A Gilles, Jean K Hamilton, PA t Rebers, and Fred Smith. 1956. 'Colorimetric method for determination of sugars and related substances', *Anal chem.*, 28: 350-56.
21. American Association of Cereal Chemists. 2000. *Approve methods of AACC, method 46-13*, (10th ed.). St. Paul, Minnesota, USA.
22. Kumar, Pankaj, MR Suseela, and Kiran Toppo. 2011. 'Physico-chemical characterization of algal oil: a potential biofuel', *Asian J Exp Biol Sci*, 2(3): 493-97.
23. Subramanian, Nambirajan, Dharmendira Kumar Mahendradas, Ramachandran Kasirajan, and Renganathan Sahadevan. 2015. 'Bio-oil separation from potential non-edible urban waste source *Putranjiva roxburghii*', *J Separation Science Technology*, 50(13): 2066-74.
24. El-Shimi, HI, Nahed K Attia, ST El-Sheltawy, and GI El-Diwani. 2013. 'Biodiesel production from *Spirulina-platensis* microalgae by in-situ transesterification process', *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 3(03): 224.
25. Kim, Ga Vin, WoonYong Choi, DoHyung Kang, ShinYoung Lee, and HyeonYong Lee. 2014. 'Enhancement of biodiesel production from marine alga, *Scenedesmus* sp. through in situ transesterification process associated with acidic catalyst', *J BioMed research international*, 2014.
26. دليل المواصفات التسويقية للمنتجات النفطية العراقية (2013) جمهورية العراق. وزارة النفط.
27. Prescott, G. 1975. *Algae of the Western great lake area*. Ellion C., Brown Co. Pub., Dugugue, Iowa, USA. 977p.
28. Ruangrit, Khomsan, Supakit Chaipoot, Rewat Phongphisutthinant, Kritsana Duangjan, Kittiya Phinyo, Itthipon Jeerapan, Jeeraporn Pekkoh, and Sirasit Srinuanpan. 2021. 'A successful biorefinery approach of macroalgal biomass as a promising sustainable source to produce bioactive nutraceutical and biodiesel', *J Biomass Conversion Biorefinery*: 1-11.
29. El-Swaify, ZA 2017. 'Phytochemical studies on *Cladophora* species from the Nil River Edges, Egypt', *International Journal of Chemical Science*, 1(2): 13-22.
30. Rani Swaroopa, Kiran Kumar, 2021. 'Biodiesel production from Macroalgae *Cladophora glomerata*', *international Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 8: 56-59.
31. Messyasz, Beata, Boguslawa Leska, Joanna Fabrowska, Marta Pikosz, Edward Roj, Adam Cieslak, and Grzegorz Schroeder. 2015. 'Biomass of freshwater *Cladophora* as a raw material for agriculture and the cosmetic industry', *J Open Chemistry*, 13(1).
32. Fakhry, Eman M, and Dahlia M El. 2013. 'Fatty acids composition and biodiesel characterization of *Dunaliella salina*', *Journal of Water Resource protection*, 2013.

33. Athbi, A. Muhsin;, D. Salman; Ali, and Al-LaftaA. Noory. 2009. 'Extraction identification of total proteins and some of fatty acids from alga cladophora crispata. ', *Mesop. J. Mar. Sci.*, 2: 140-47.
34. Nutautaitė, Monika, Vilma Vilienė, Asta Racevičiūtė-Stupelienė, Saulius Bliznikas, Jūratė Karosienė, and Judita Koreivienė. 2021. 'Freshwater cladophora glomerata biomass as promising protein and other essential nutrients source for high quality and more sustainable feed production', *J Agriculture*, 11(7): 582.
35. Athbi, Ahmed, Dawwood Ali, and Anfal Abaas. 2012. 'The quantity determination of total carbohydrates and monosaccharides from some green algae (Chlorophyta)', *J Marsch Bull*, 7(1) : 27-38.
36. Ismail, Mona M, Gehan A Ismail, and Mostafa M El-Sheekh. 2020. 'Potential assessment of some micro-and macroalgal species for bioethanol and biodiesel production', *J Energy sources, part a: recovery, utilization, environmental effects*: 1-17.
37. Meng, Jianxin, and Lalit M Srivastava. 1993. 'variations in floridoside content and floridoside phosphate synthase activity in porphyra perforata (rhodophyta) 1', *J Journal of phycology*, 29(1): 82-84.
38. Margret, R Jothibai, S Kumaresan, VR Mohan, and G Indra Jasmine. 2008. 'Studies on biochemical constituents of some macro algae along Tuticorin coast, Tamilnadu, India', *J Plant Archives*, 8(1) : 65-68.
39. Alrashidi, Moneer, Darfizzi Derawi, Jumat Salimon, and Mohamad Firdaus Yusoff. 2020. 'An investigation of physicochemical properties of Nigella sativa L. Seed oil from Al-Qassim by different extraction methods', *Journal of King Saud University-Science*, 32(8): 3337-42.
40. Zhang, Huijun, Yushu Yuan, Xiuxiu Zhu, Runzhe Xu, Huishan Shen, Qian Zhang, and Xiangzhen Ge. 2022. 'The effect of different extraction methods on extraction yield, physicochemical properties, and volatile compounds from field muskmelon seed oil', *J Foods*, 11(5): 721.
41. Teixeira, Gerson Lopes, Saeed M Ghazani, Marcos Lúcio Corazza, Alejandro G Marangoni, and Rosemary Hoffmann Ribani. 2018. 'Assessment of subcritical propane, supercritical CO₂ and Soxhlet extraction of oil from sapucaia (Lecythis pisonis) nuts', *J The Journal of Supercritical Fluids*, 133: 122-32.
42. Satriana, Satriana, Muhammad Dani Supardan, Normalina Arpi, and Wan Aida Wan Mustapha. 2019. 'Development of methods used in the extraction of avocado oil', *J European Journal of Lipid Science Technology*, 121(1): 1800210.
43. Sudhakar, K, R Mamat, M Samykan, WH Azmi, WFW Ishak, and Talal Yusaf. 2018. 'An overview of marine macroalgae as bioresource', *J Renewable Sustainable Energy Reviews*, 91: 165-79.
44. Mujeeb, MA, AB Vedamurthy, and CT Shivasharana. 2016. 'Current strategies and prospects of biodiesel production: a review', *J Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*, 7(1): 120-33.
45. Whangchai, Kanda, Vannasinh Souvannasouk, Prakash Bhuyar, Rameshprabu Ramaraj, and Yuwalee Unpaprom. 2021. 'Biomass generation and biodiesel production from macroalgae grown in the irrigation canal wastewater', *Water Science Technology*, 84(10-11): 2695-702.
46. Jayakumar, Saravanan, Prakash Bhuyar, Arivalagan Pugazhendhi, Mohd Hasbi Ab Rahim, Gaanty Pragas Maniam, and Natanamurugaraj Govindan. 2021. 'Effects of light intensity and nutrients on the lipid content of marine microalga (diatom) Amphiprora sp. for promising biodiesel production', *J Science of the Total Environment*, 768: 145471.

47. D'oca, Marcelo G Montes, Carolina V Viêgas, Juliana S Lemoes, Eriksen K Miyasaki, Joaquín A Morón-Villarreyes, Ednei G Primel, and Paulo C Abreu. 2011. 'Production of FAMEs from several microalgal lipidic extracts and direct transesterification of the *Chlorella pyrenoidosa*', *J Biomass bioenergy*, 35(4): 1533-38.
48. نجم، يوسف حسن، العبدريه، وليد محمد شيت واحمد ، حسن احمد(2016). تأثير درجة الحرارة ونوع العامل المحفز القاعدي والنسبة المولية للكحول الى الزيت على كفاءة انتاج وقود الديزل الحيوي من زيت الخروع. مجلة جامعة كركوك الدراسات العلمية 11(4): 56-69.
49. طعمة، لمى طاهر (2008). تحسين مواصفات وقود الديزل Diesel Oil باستعمال طريقة الاستخلاص بالمذيبات. مجلة ابحاث البصرة (العلميات) 34 الجزء 1: 49-58 .
50. Krasowska, Anna, Slawomir Jablonski, Piotr Biniarz, Malgorzata Plachetka, and Marcin Lukaszewicz. 2013. 'Microalgae–biodiesel potential producers: a review', *J European Scientific Journal*, 9(21) .
51. Sorigué, Damien, Bertrand Légeret, Stéphan Cuiné, Pablo Morales, Boris Mirabella, Geneviève Guédeney, Yonghua Li-Beisson, Reinhard Jetter, Gilles Peltier, and Fred Beisson. 2016. 'Microalgae synthesize hydrocarbons from long-chain fatty acids via a light-dependent pathway', *Plant Physiology*, 171(4) : 2393-405.
52. Karuppaswamy ,A,Sridhar and Pandi.2022. Comparative analysis of fatty acid profiles through transesterification in macroalgae from Gulf of Mannar reveal *Ulva lactuca* for potent edible oil synthesis. *International Journal of HealthSciences*, 6(S8), 5493-5503. <https://doi.org/10.53730/ijhs.vönS8.1350>.
53. Al-Bidhani M. , Al-Saad , H. , & Athbi , A. M. (2021). Assessment and diagnosis of total and aromatics hydrocarbons in selected areas of Shatt al-Arab. *Samarra Journal of Pure and Applied Science*, 2(3), 105–119.
54. Ghazala, B, Sara Arjumand, and Ehsan Elahi Valeem. 2013. 'investigation of saturated and unsaturated fatty acids in *Cladophora glomerata* collected from lahore', *J Int. J. Phycol. Phycochem*, 9(1): 13-20.
55. Ivanova, Veselina, Mona Stancheva, and Albena Merdzhanova. 2012. 'Fatty acids composition of macroalgae from Bulgarian Black Sea coast', *J Ovidius University Annals of Chemistry*, 23(1): 35-40.
56. Yuvarani, Mani, Devaraj Kubendran, Abdur Rawoof Salma Aathika, Periyasamy Karthik, Manickam Periyaraman Premkumar, Velayutham Karthikeyan, and Subramanian Sivanesan. 2017. 'Extraction and characterization of oil from macroalgae *Cladophora glomerata*', *J Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, Environmental Effects* 39(23): 2133-39.
57. Kumari, Puja, AJ Bijo, Vaibhav A Mantri, CRK Reddy, and Bhavanath Jha. 2013. 'Fatty acid profiling of tropical marine macroalgae: an analysis from chemotaxonomic and nutritional perspectives', *J Phytochemistry*, 86: 44-56.
58. Astorga-España, M^a S, and Andrés Mansilla. 2014. 'Sub-Antarctic macroalgae: opportunities for gastronomic tourism and local fisheries in the Region of Magallanes and Chilean Antarctic Territory', *J Journal of Applied Phycology*, 26: 973-78.
59. Rincón, LE, JJ Jaramillo, and CA Cardona. 2014. 'Comparison of feedstocks and technologies for biodiesel production: An environmental and techno-economic evaluation', *Renewable Energy*, 69: 479-87.
60. Shah, Zahir, Syed Lal Badshah, Arshad Iqbal, Zamarud Shah, Abdul-Hamid Emwas, and Mariusz Jaremko. 2022. 'Investigation of important biochemical compounds from selected

freshwater macroalgae and their role in agriculture', *J Chemical Biological Technologies in Agriculture*, 9(1): 9.

61. Thao, Nguyen Thi Phuong, Nguyen Thanh Tin, and Bui Xuan Thanh. 2013. 'Biodiesel production from microalgae by extraction–transesterification method', *J Waste technology*, 1(1): 6-9.
 62. Mahanta, P, and A Shrivastava. 2004. 'Technology development of bio-diesel as an energy alternative', *J Department of Mechanical Engineering Indian Institute of Technology*: 1-19.
-

Identifying some Characteristics of *Cladophora sp.* and testing its efficiency as a source for biofuel Production

Haya Abd Shaker¹, Mariam fawzi Al-Bidhani^{2*}, Ahmed Abd Burghal³

1 Biology department , College of Science, University of Basrah, Iraq

2 Marine Science Center, University of Basrah, Iraq

Article Information

Received: 00/00/2021

Accepted: 00/00/2021

Keywords:

Biofuel, Biodiesel, Macroalgae, Cladophora sp., Acid catalyse ,Base catalyse

Corresponding Author

E-mail:

Mobile:

Abstract

Excessive reliance on fossil fuel has contributed to the increase in greenhouse gas emissions and many harmful environmental effects, Therefore, there was a need to find alternative and safe bioenergy sources. Biofuel is one of the alternative and environmentally friendly products that is made from biological materials, Algae is one of these materials that can be used as a source of production biofuel in this study, the efficiency of *Cladophora sp.* for the production of biodiesel was tested and the results of the chemical content study showed that the percentage of oil was 11.40, carbohydrates 47.36%, and proteins 12.07%. The oil was used to produce biodiesel after conducting the esterification process using two types of catalysts, the acid catalyst (H₂SO) and the base catalyst (KOH). Fatty acids and esters were identified, and the percentage of esters was 45.25%, 6.42%, and 1.53% for hydrocarbons and fatty acids, respectively.