

دراسة الخواص الفيزيائية لمضغوطات الوقود الحيوي المصنعة من

نبات القصب البري *Phragmites australis*

عبد القادر نداف* (1) وميساء كعكة (1) وخير الدين طرشة كردي (2) ومحمد زكريا زين الدين (3)

(1). قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية.

(2). قسم علم المواد الهندسية، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب، حلب، سورية.

(3). غرفة صناعة حلب، وزارة الصناعة، حلب، سورية.

(*) للمراسلة:م.عبد القادر نداف، البريد الإلكتروني: naddafabdalkadder@gmail.com

(+963931815499)

تاريخ القبول: 2024/06/11

تاريخ الاستلام: 2024/02/9

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة الخواص الفيزيائية كالمحتوى الرطوبي والكثافة لمضغوطات الوقود الحيوي المصنعة من نبات القصب البري *Phragmites australis* (ورق-ساق-كامل أجزاء النبات) وذلك بعد تصنيعها عن طريق فرم العينات النباتية وطحنها ثم كبسها بمكبس صغير محلي الصنع مكون من إطار من الحديد مع مكبس معدني قابل للتحكم وقالب لتحويلها إلى قوالب منتظمة الشكل وتعرضها لدرجة حرارة عالية 105°C لمدة تتراوح بين 20-30 دقيقة باستخدام مجفف كهربائي وبعد عملية تصنيع المضغوطات يتم حساب المحتوى الرطوبة والكثافة للعينات المصنعة من نبات القصب البري (الورق-الساق-كامل أجزاء النبات). وتم تصنيع هذه المضغوطات واختبارها في مخبر تكنولوجيا الأخشاب في كلية الزراعة وكان متوسط الرطوبة للمضغوطات يتراوح من (7.62 لـ 16.59) ومتوسط الكثافة يتراوح من (0.330 لـ 0.924).

الكلمات المفتاحية: القصب البري، مضغوطات الوقود الحيوي، الكثافة، المحتوى الرطوبي.

المقدمة:

مع انخفاض احتياطات الوقود الأحفوري ومع زيادة الطلب على استهلاك الطاقة كان من الضرورة البحث عن مصادر طاقة جديدة (Holubcik et al., 2012).

ويقدر الإنتاج العالمي للكتلة الحيوية الأرضية ما يقارب $10^{12} \times 200$ كغ سنوياً وهو ما يقارب خمسة أضعاف محتوى الطاقة من إجمالي استهلاك النفط الخام في جميع أنحاء العالم وعلى الرغم من هذه الأرقام الواسعة النطاق لا يزال استخدام الكتلة الحيوية في البلدان غير منتشر بشكل واسع (Mitic et al., 2011).

وتعد الطاقة الحيوية جزءاً ضرورياً للبلدان ذات الموارد المحدودة للتعويض عن النقص في الموارد المحلية (Schipfer et al., 2020).

ويزداد الطلب على المنتجات الخشبية بسبب فرق الأسعار بينها وبين أسعار الغاز بشكل عام ولدورها الحيوي إضافة لكونها منتجات صديقة للبيئة (Kaur, 2022).

مضغوطات الوقود الحيوي (Wood pellet) هي ناقلات الطاقة المتجددة التي يتم إنتاجها وتصنيعها من الخشب أو من المنتجات الثانوية للخشب: نشارة -رقائق خشبية (Thran et al., 2017).

المضغوطات الحيوية هي شكل من أشكال الوقود الحيوي وهي عبارة عن أسطوانات يبلغ قطرها (6-10) ملم وطولها (10-50) ملم وهي مصنوعة من الخشب الخام (رقائق ونشارة الخشب) وعادة بدون إضافات كيميائية وهي شكل حديث من أشكال ضغط الكتلة الحيوية والذي يوفر إمكانيات مثيرة للاهتمام لتطوير الطاقة المتجددة في جميع أنحاء العالم في استخدام الكتلة الحيوية المضغوطة (Holubcik et al., 2012).

ويعتمد مبدأ صناعة المضغوطات على الضغط والحرارة ويتم صناعة المضغوطات الحيوية ضمن معايير دولية (Holubcik et al., 2012).

تتمثل مزايا المضغوطات بالكثافة وكفاءة الطاقة مقارنة بحرق الأخشاب على الرغم من أن تكلفة الخشب المعالج تبلغ ضعف تكلفة الخشب غير المعالج فإن محتوى الطاقة في حبيبات الخشب هو أيضا ضعف محتوى الخشب الأخضر (Goetzl, 2015).

وتتكون الكتلة الحيوية الخشبية من ثلاث مكونات أساسية هي السيللوز والهيميسيللوز واللغنين، ويعتبر اللغنين أهم مكون يمكن اعتباره عامل ربط طبيعي مما يحافظ على الجزيئات الخشبية داخل الحبيبات معاً وبالتالي كلما زاد محتوى اللغنين في الخشب زادت متانة المضغوطات، ويعتبر اللحاء غير مرغوب فيه كمادة خام لتصنيع المضغوطات بسبب محتواه العالي من الرماد (Mitic et al., 2011). ويبلغ قطر الكريات في فلندا عادة 8 مم وبطول يبلغ 10-30 مم ومحتوى رطوبي منخفض (7-12%) ومحتوى رماد منخفض أيضاً وتتراوح قيمة الكثافة الظاهرية للكريات من 650-700 كغ/م³ (Saracoglu et al., 2009).

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في الاستفادة من نبات القصب (*Phragmites australis*) الذي ينتشر حول المجاري المائية ويسبب مشكلة بيئية نتيجة نموه السريع حيث نوهت وزارة الزراعة إلى ضرورة إيجاد حل للاستفادة من هذا النبات بطريقة مستدامة تهدف لحل مشكلة انتشاره السريع في التطبيقات الصناعية، ويعتبر مجال الاستفادة منه في تصنيع المضغوطات الحيوية حلاً اقتصادياً بدل من حرقه ضمن أكوام للتخلص منه في بيئاته والحصول على منتج محلي صديق للبيئة . وبذلك هدف البحث إلى:

1. تصنيع المضغوطات الحيوية من نبات القصب البري
2. اختبار المحتوى الرطوبي للعينات المصنعة
3. اختبار الكثافة للعينات المصنعة.

ينتمي نبات القصب لصف أحاديات الفلقة *Monocotyledon* ورتبة النجيليات *Poales* والفصيلة النجيلية *Poaceae* اسمه العلمي *Phragmites australis* وهو نبات عشبي معمر له عدة أسماء شائعة محلية مثل: القيصوب-الغاب-البوص-الحجنة. ويعتبر موئلاً بيئياً للحياة البرية حيث تتخذ منه الطيور مكاناً لبناء أعشاش لها ويتألف من ساق مجوفة عبارة عن عقد وسلاميات، والنبات ذو مجموع خضري وفير، وأوراقه رمحية تتكون الورقة من غمد ونصل، النبات يصل ارتفاعه 3-4 أمتار، الساق تنتهي بقمة تسمى الشمراخ الذي يحتوي على العديد من الفروع كل فرع ينتهي بتجمع زهري يسمى السنيبلات (بن صغير وآخرون، 2021) في دراسة قام بها (Holubcik et al., 2012) أثبتت الدراسة أن إضافة المواد المضافة تعمل على تحسين خواص المضغوطات الحيوية حيث تعمل المواد المضافة كالنشاء والزيت على تقليل المحتوى الرطوبي للمضغوطات المصنعة.

وبينت دراسة قام بها (Tarasov et al., 2013) أن المواد المضافة مثل زيت المحرك المحروق ونشاء الذرة وكربونات الصوديوم واليوريا والزيت النباتي تعمل على تقليل كثافة جزيئات المضغوطات الخشبية. وأثبتت دراسة قام بها (Tarasov et al., 2013) أن جميع أنواع النشاء المستخدم تعمل على تحسين خواص المضغوطات الخشبية وزيادة متانتها وكانت أفضل النتائج عند إضافة نشاء الذرة متفوقاً على باقي أنواع النشاء. تسمح معايير الجودة بمحتوى المواد المضافة في المضغوطات الخشبية بنسبة 2% ويسمح معيار الاتحاد الأوروبي المعد حديثاً بمحتوى المادة المضافة إلى 5% وينتج مصنعوا المضغوطات فقط باستخدام مواد خشبية خالية من المواد المضافة وتلتزم مجموعة معايير المحتوى من المواد المضافة بأمان حيث أن المادة المضافة تضاف إلى المادة المنتجة من أجل تحسين بعض خواصها (Holubcik et al., 2012) كما هو في الجدول (1). ونتيجة دراسة قام بها (Kofman, 2007) أوضحت النتائج أن الحرارة تحفز مادة اللغنين الموجودة في الخشب على التصاق الجزيئات الخشبية مع بعضها مما يزيد من تماسك المضغوطات الخشبية.

الجدول (1): المواد المضافة المستخدمة (Holubcik et al., 2012):

كمية المواد المضافة %	المضغوطات مع المواد المضافة
بدون إضافات	المضغوطات الخشبية
%(1-0.5)	زيت المحرك المحروق
%(5-2-0.5)	زيت نباتي
%(2-1-0.5)	نشاء الذرة
%(2-1-0.5)	الدولوميت
%(1-0.5)	كربونات الصوديوم
%(1-0.5)	اليوريا

منهجية البحث:

المادة النباتية:

تم الحصول على المادة لنبات القصب من مناطق انتشاره ضمن مدينة حلب (نهر قويق) في منتصف الشهر التاسع من العام 2023 وتم أخذ العينات النباتية (30 عينة بمتوسط طول العينات 1,5 متر ومتوسط قطر 1,4 سم) وبعدها تم تجفيف العينات تجفيفها هوائياً لمدة 24 ساعة ضمن مخابر كلية الهندسة الزراعية قسم الموارد الطبيعية المتجددة والبيئة بجامعة حلب وتجزئة النبات إلى ثلاثة أنواع من العينات (الأوراق-الساق-النبات الكامل)، حيث تم فرم العينات وطحنها وتجهيزها للقيام بعملية تصنيع مضغوطات الوقود الحيوي.

صناعة مضغوطات الوقود الحيوي (WOOD PELLET):

حيث تم الاعتماد عند القيام بتصنيع المضغوطات الحيوية على أخذ عينات من ساق القصب فقط ، وعينات من ورق القصب، وعينات أخرى من كامل النبات (ساق مع أوراق)

تم تجفيف النبات وفرمه وطحنه وبعدها تم تصنيع المضغوطات الخشبية عن طريق وزن 1 كغ نبات القصب (333 غرام أوراق- 333 غرام ساق- 333 غرام كامل النبات) وبعدها تم تصنيع عدة عينات من المضغوطات باستخدام عدة مواد رابطة مضافة وهي النشاء-اليوريا-كربونات الصوديوم (الماء-الزيت النباتي-زيت المحرك المحروق) وبعدها تم وضع العينة بمكبس محلي الصنع ذو قوالب اسطوانية الشكل وتعريضها للضغط بواسطة المكبس وحرارة 105 مئوية باستخدام المجفف الكهربائي لمدة 20-30 دقيقة للحصول على عينات متماسكة ومتجانسة من حيث الشكل الاسطواني.



مضغوطات الوقود الحيوي المصنعة من نبات القصب البري: (أوراق-ساق-كامل النبات).

الاختبارات الفيزيائية للمضغوطات المصنعة:

❖ **المحتوى الرطوبي:** عبارة عن النسبة المئوية لمحتوى الماء داخل المضغوطات المنتجة.

وقد تم حساب المحتوى الرطوبي بأخذ وزن العينة قبل التجفيف W_1 ، ثم وضعت في مجفف على درجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة

24 ساعة، ثم أخذ وزنها بعد التجفيف W_2 ، وتم حساب المحتوى الرطوبي باستخدام المعادلة:

$$H\% = (W_1 - W_2 / W_1) \times 100$$

❖ **تحديد الكثافة:** تعرف بأنها نسبة كتلة العينة على حجمها وتقدر ب غ/سم³ وتحسب باستخدام المعادلة:

$$D = M/V$$

حيث تعبر M عن كتلة العينة بال غ

وتعبر V عن حجم العينة ب سم³ (Holubcik et al., 2012).

التحليل الإحصائي:

تم إجراء التحليل الإحصائي ANOVA ومقارنة المتوسطات بأقل فروق معنوية عند مستوى معنوية 5% للعينات المصنعة من الأجزاء المختلفة للنبات.

النتائج:

نتائج الدراسة الفيزيائية:

كانت نتائج إختبارات متوسط المحتوى الرطوبي للعينات المصنعة من (أوراق-ساق-كامل نبات القصب) عند إضافة الماء (-15.72-13.87-14.15) % وعند إضافة الزيت النباتي (-8.87-10.72-9.23) % وعند إضافة زيت المحرك المحروق (-8.16-11.18-8.37) %.

ونتائج متوسط قيم الكثافة للعينات المصنعة من (أوراق-ساق-كامل نبات القصب) عند إضافة الماء (0.378-0.340-0.609) غ/سم³ وعند إضافة الزيت النباتي (0.623-0.548-0.723) غ/سم³ وعند إضافة زيت المحرك المحروق (0.584-0.616-0.835) غ/سم³.

الجدول (2): قيم المحتوى الرطوبي والكثافة للمضغوطات الحيوية

المحتوى الرطوبي %	الأوراق	الساق	كامل النبات
الماء	13.60	13.25	16.59
	14.85	13.32	15.15
	14.01	15.05	15.42
الزيت النباتي	8.63	8.66	9.51
	8.66	12.39	8.20
	9.33	10.20	10.00
	8.76	8.07	11.23

11.39	7.76	7.62	زيت المحرك المحروق
10.92	8.66	8.73	

الكثافة (غ/سم ³)	الأوراق	الساق	كامل النبات
الماء	0.659	0.350	0.421
	0.497	0.340	0.348
	0.672	0.330	0.366
الزيت النباتي	0.728	0.619	0.537
	0.736	0.408	0.689
	0.706	0.618	0.644
زيت المحرك المحروق	0.726	0.607	0.547
	0.856	0.610	0.585
	0.924	0.633	0.622

المناقشة:

أوضحت التجربة أنه بارتفاع محتوى اللغنين في العينات يزداد تجانس ومتانة العينات وترتفع قيم كثافتها وتتوافق هذه النتيجة مع نتائج (Kofman, 2007) الذي تبين أن مادة اللغنين الموجودة في الخشب تعمل على التصاق الجزيئات الخشبية مع بعضها مما يزيد من تماسك المضغوطات الخشبية.

وبينت التجربة انخفاض المحتوى الرطوبي للعينات عند استبدال الماء بالزيت النباتي والزيت المحروق والوصول لمحتوى رطوبي يتطابق مع المعايير الأوروبية للمضغوطات التي لا تتجاوز 12% (Holubcik et al., 2012).

وأوضحت التجربة تفوق العينات المعاملة بالزيت النباتي وارتفاع قيم كثافتها مقارنة بالعينات المعاملة بالماء وزيت المحرك المحروق وكذلك تفوق العينات المصنعة من الورق مقارنة بالعينات المصنعة من الساق وكامل أجزاء النبات بقيم الكثافة حيث أنه باستخدام

الزيت النباتي وزيت المحرك المحروق تم الوصول لقيم كثافة متقاربة مع المعايير الأوروبية المحددة بالقيمة $> 650 \text{ كغ/م}^3$

في حين أنه تبين انخفاض قيم كثافة العينات المعاملة بالماء مقارنة بالمعايير الأوروبية (Holubcik et al., 2012).

الاستنتاجات:

1- يمكن تصنيع مضغوطات وقود حيوي ذات خواص فيزيائية جيدة من نبات القصب البري سواء الساق أو الأوراق أو النبات كاملاً.

2- إن إضافة المواد المضافة مثل النشاء واليوريا وكربونات الصوديوم يزيد من جودة ومتانة العينات المصنعة

3- أدت إضافة زيت المحرك المحروق والزيت النباتي بدلاً من الماء إلى تحسين الخواص الفيزيائية للمضغوطات، إضافة الزيت النباتي وزيت المحرك المحروق يعمل على خفض المحتوى الرطوبي للعينات وارتفاع قيم الكثافة.

4- وجود علاقة عكسية بين المحتوى الرطوبي والكثافة فكلما ارتفعت قيم المحتوى الرطوبي للعينات انخفضت كثافتها.

5- تفوق العينات المصنعة من ورق القصب من حيث الكثافة مقارنة بالعينات المصنعة من الساق وكامل النبات.

التوصيات:

1- التوجه بالاستفادة من نبات القصب المنتشر على المجاري المائية صناعياً لإنتاج مضغوطات حيوية

2- الاستفادة من نبات القصب عن طريق خلطه مع أنواع نباتية أخرى بهدف تصنيع مضغوطات وقود حيوي

3- إضافة زيت المحرك المحروق عند تصنيع المضغوطات نظراً لتفوقه مقارنة بالماء والزيت النباتي

4- إضافة اليوريا وكربونات الصوديوم والنشاء عند تصنيع المضغوطات نتيجة لتحسين خواصها.

المراجع:

- بن صغير، آمال ؛ عريبي ، ناصر. (2021) ،اختبار استعمال نبات القصب في معالجة المياه المستعملة (دراسة نظرية).جامعة الشهيد حمه لخضر –الوادي . قسم هندسة طرائق والبتروكيمياء،كلية التكنولوجيا .
- Goetzl, A. (2015). Developments in the global trade of wood pellets. Working Paper-Office of Industries, US International Trade Commission, (ID-39).
- Holubcik, M., Nosek, R., & Jandacka, J. (2012). Optimization of the production process of wood pellets by adding additives. International Journal of Energy Optimization and Engineering (IJE OE), 1(2), 20-40.
- Kaur, P. (2022). Production of wood pellets from forest product waste (Doctoral dissertation).
- Kofman, P. D. (2007). Simple ways to check wood pellet quality. Coford Connect, 11(11), 8-9.
- MITIĆ, D., & STEFANOVIĆ, V. MILAN PROTIĆ¹ DRAGAN MITIĆ² VELIMIR STEFANOVIĆ³. INŽINJERSTVO ZAŠTITE, 23.
- Saracoglu, N., & Gunduz, G. (2009). Wood pellets—tomorrow's fuel for Europe. Energy Sources, Part A, 31(19), 1708-1718.
- Schipfer, F., Kranzl, L., Olsson, O., & Lamers, P. (2020). The European wood pellets for heating market-Price developments, trade and market efficiency. Energy, 212, 118636.
- Tarasov, D., Shahi, C., & Leitch, M. (2013). Effect of additives on wood pellet physical and thermal characteristics: A review. International Scholarly Research Notices, 2013.
- Thrän, D., Peetz, D., Schaubach, K., Backéus, S., Benedetti, L., & Bruce, L. (2017). Global wood pellet industry and trade study 2017 (No. ISBN: 978-1-910154-32-8). IEA Bioenergy Task 40.

Study of the physical properties of wood pellets manufactured from the wild reed plant *Phragmites australis*

Abd Ulkader Nadaf ^{(1)*}, Maissa Kakeh⁽¹⁾, Khair Al-Din Tarsha Kurdi⁽²⁾,
Muhammad Zakaria Zein Al-Din⁽³⁾

(1). Dept. of Renewable Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

(2). Dept. of Engineering Materials Science, Faculty of Mechanical Engineering, University of Aleppo, Aleppo, Syria.

(3). Aleppo Chamber of Industry, Ministry of Industry, Aleppo, Syria

(*Corresponding author: Abd Ulkader Nadaf. E-Mail: naddafabdalkadder@gmail.com Tel: +963931815499).

Received: 9/02/2024

Accepted: 11/06/2024

Abstract

This research aims to study the physical properties, such as moisture content and density, of wood pellet manufactured from the wild reed plant, *Phragmites australis* (leaf, stem, and entire parts of the plant), after manufacturing them by chopping and grinding plant samples, then pressing them with a small homemade press made up of an iron frame with A controllable metal press and a mold to transform them into regular shaped molds and expose them to a high temperature of 105°C for a period ranging between 20-30 minutes using an electric dryer. After the process of manufacturing the compresses, the moisture content and density of the samples made from the wild reed plant (leaf - stem - all parts of the plant) are calculated. These compresses were manufactured and tested in the wood technology laboratory at the College of Agriculture. The average humidity of the compresses ranged from (7.62 to 16.59) and the average density ranged from (0.330 to 0.924).

Keywords: wild reed, wood pellet, density, moisture content.