كلية الزراعة
قسم الهندسة الزراعية

جامعة الفيوم

البحث الثانى

مشترك - منشور بمجلة دولية ((غير مستخلص من رسالة))

عنوان البحث:

Machine learning, mathematical modeling and 4E (energy, exergy, environmental, and economic) analysis of an indirect solar dryer for drying sweet potato

تعلّم الآلة، والنمذجة الرياضية، والتحليل الرباعي (الطاقة، إكسيرجي، البيئي، والاقتصادي) لمجفف شمسي غير مباشر لتجفيف البطاطا الحلوة

الملخص:

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجه قطاع التجفيف الغذائي بسبب استهلاك الوقود الأحفوري وارتفاع الانبعاثات الكربونية، تأتي الحاجة لتطوير نظم تجفيف مستدامة وفعالة. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الأداء الشامل لمجفف شمسي غير مباشر مطوّر، باستخدام تحليل رباعي الأبعاد (4E) وتطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي والنمذجة الرياضية لتحديد جدواه التقنية والبيئية والاقتصادية. تم أجراء الدراسة لتقييم أداء مجفف شمسي غير مباشر لتجفيف مكعبات البطاطا الحلوة تحت إشعاع شمسي جزئي، مزوّد بوحدة تخزين حراري تعتمد على شمع البارافين. شمل التقييم تحليلًا رباعيًا وفق منهجية 4E (الطاقة، الإكسرجي، البيئي، والاقتصادي)، مع تطبيق خوارزميات تعلم آلي ونمذجة رياضية لحركيات التجفيف وتوقّع أداء النظام. تكوّن النظام من سخان هواء ممموج مطلي بطبقة انتقائية مخشنة، مما نتج عنه فروق حرارية بين المدخل والمخرج تراوحت بين 8.4 و31.7 درجة مئوية تحت متوسط إشعاع 661 وات/م². حقق المجمع كفاءة حرارية 72.9%، وإكسرجية 5.6% عند تدفق هواء 2.28 م³/د. وحدة التخزين (غلاف وأنبوب) استمرت في التفريغ الحراري 5.5 ساعات، بفارق حرارة حتى 8.7° عن الهواء المحيط. في غرفة التجفيف، تراوحت الكفاءة الحرارية بين 21.9–97.2%، والإكسرجية بمتوسط 46.1%، بينما بلغت الكفاءة الكلية 15% مع استهلاك طاقة نوعي 4.509 ك.و.س/كجم رطوبة. تم تطبيق أربع خوارزميات تعلم آلي: أشجار القرار (DT)، التدرج المعزز (GBR)، الانحدار الخطي المتعدد (MLR)، والغابة العشوائية (RF)، وذلك لتوقّع أداء المجفف من حيث الكفاءة الحرارية والإكسرجية لكل من المجمع الشمسي وغرفة التجفيف. ساعدت هذه النماذج في تقليل الاعتماد على الحسابات المعقدة وتحسين دقة التنبؤ. وقد حققت خوارزمية الغابة العشوائية أفضل أداء إحصائي (R^2 حتى 0.994)، ما يؤكد جدوى استخدام التعلم الآلي كنموذج تنبؤي دقيق وذكي في مثل هذه الأنظمة. كما أظهر نموذج Page أفضل تطابق لحركيات التجفيف مقارنة بعشرة نماذج رياضية. واظهر التقييم الاقتصاديّ، ومع افتراض عمر تشغيلي للنظام يبلغ 35 عامًا، بلغت فترة استرداد الطاقة 8.8 سنوات. ساهم النظام في تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 20.2 طن، مما أنتج رصيدًا كربونيًا بقيمة 56,771 يوان (≈ 374,689 جنيه مصري). أما التكلفة الإجمالية للنظام فبلغت 11,568 يوان (≈ 76,349 جنيه مصري)، مع تحقيق إيرادات سنوية قدرها 8,464 يوان (≈ 55,862 جنيه مصري)، وفترة استرداد مالي 29.2 شهرًا، بعائد استثماري موجب. وأكدت النتائج الجدوى التقنية والبيئية والاقتصادية للمجفف الشمسي المقترح، وتوصي باستخدامه في تجفيف محاصيل غذائية أخرى ضمن ظروف مناخية مماثلة، مع إمكانية تعزيز التحكم والموثوقية من خلال دمج خوارزميات الذكاء الاصطناعي.

الباحثون:

Tarek Kh. Abdelkader[a,b], Hassan A.A. Sayed[c], Mohamed Refai[d], Mahmoud M. Ali[b], Yanlin Zhang[f], Q. Wan[f], Ibrahim Khalifa[e,h], Qizhou Fan[f], Yunfeng Wang[a], Mahmoud A. Abdelhamid[g]

a *Solar Energy Research Institute, Yunnan Normal University, Kunming, 650500, China*
b *Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Fayoum University, 63514, Fayoum, Egypt*
c *Agricultural Power and Machinery Engineering Department, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Azhar University, Cairo, 11751, Egypt*
d *Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Cairo University, 12613, Giza, Egypt*
e *Food Technology Department, Faculty of Agriculture, Benha University, 13736, Moshtohor, Egypt*
f *College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Shizishan Street, Hongshan District, 430070, Wuhan, China*
g *Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Cairo, 11241, Egypt*
h *Department of Food Science, College of Agriculture and Veterinary Medicine, United Arab Emirates University, Al-Ain, 15551, United Arab Emirates*

المجلة وتاريخ النشر:

Renewable Energy (**2024**),227, 120535.
https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120535