مجلة بحوث جامعة تعز – العدد 34 يناير 2023م ISSN: 2985-7848
جامعة تعـــــز
إصدار خاص بالمؤتمر الدولي الثاني للتكنولوجيا والعلوم والإدارة -2022
17-19 ديسمبر 2022، جامعة تعز، تعز، اليمن

تقييم تأثير استخدام الميكروويف على الخصائص الفيزيائية لتجفيف لطوب الطيني مقارنة بالطرق التقليدية

سالم صلاح باجابر [1،*] ، صبري محمد عبدهود[2]، أحمد منصور سالمين [3]، سالم صالح بن شهاب[1]

[1] قسم العلوم الهندسية، كلية المجتمع سيئون، حضرموت، اليمن
[2] قسم العلوم الحاسوبية، كلية المجتمع سيئون، حضرموت، اليمن
[3] قسم الاعلام والعلاقات العامة، كلية الاداب، جامعة حضرموت، حضرموت ، اليمن

البريد الالكتروني:
[*] sasalah2012@gmail.com

للاستشهاد بهذا المقال:
أسماء المؤلفين. عنوان المقال. المؤتمر الدولي للتكنولوجيا و العلوم و الآدارة -2021، 2021،

تاريخ إرسال المقال: 28 – 8 – 2022.

الملخص:

تحتل العمارة الطينية مكانة كبيرة في اليمن وخاصة في حضرموت، وتعتمد بالدرجة الاساسية على استخدام الطوب الطيني او مايعرف بالمدر. لا تزال الحالة الحالية لعملية تصنيع الطوب تقليدية جدًا حيث يستغرق تجفيف الطوب الطيني وقتًا طويلاً للغاية ويتطلب عمالة مكثفة. إضافة إلى هذه المشكلة ، فإن تسريع التجفيف باستخدام وسائل اخرى كالتسخين والحرق وغيره اظهر اشكاليات اخرى، فالتسخين غير المتكافئ أثناء التجفيف والحرق يؤثر كثيرًا على جودة الطوب والتي غالبًا ما تسبب تشققات. تهدف هذه الورقة البحثية إلى تقييم فعالية استخدام طاقة الميكروويف مقابل الطرق التقليدية لتجفيف الطوب الطيني. تم ضغط عينات من الطين الرطب في قالب بلاطه بتركيبات مختلفة. بعد ذلك ، تم تجفيف العينات الرطبة باستخدام أربع طرق حرارة مختلفة (طبيعية ، هواء ساخن قسري ، فرن كهربائي وميكروويف). تمت مقارنة جودة الطوب المجفف من حيث امتصاص الماء والكثافة والتشققات. خلاصة النتائج التي تم الحصول عليها ، نستنتج أن تقنية الميكروويف لديها إمكانات كبيرة ليتم تطبيقها كمصدر للتجفيف في إنتاج الطوب. من المتوقع أن يؤدي استخدام هذه التقنية إلى تقليل العمالة المكثفة التي تعتمد على انتاج الطوب وفي بيئة أكثر استدامة.

كلمات مفتاحية: الطوب الطيني (المدر)؛الميكروويف؛ تجفيف؛ تشقق؛أمتصاص الماء

1. المقدمة

حالياً أصبحت قضية الاستدامة في التصنيع من القضايا المهمة للغاية، فالتركيز الرئيسي في هذه الأيام ليس فقط على زيادة الإنتاجية ، ولكن أيضًا لجعل العمليات الصناعية اقل كلفة، أنظف ، وأقل استهلاكًا للطاقة وأكثر صداقة للبيئة. يمكن تعريف التنمية المستدامة على أنها عمليات الإنتاج التي تستخدم الموارد الطبيعية ، وتوفر الطاقة ، وتكون غير ملوثة ، وآمنة واكثر توفير للموظفين والمجتمع والمستهلكين. لخص تيجاني وباجابر[1] الاستدامة بانها نهج لتطوير منتجات مستدامة بأقل تأثير بيئي وإنتاجية عالية قدر الإمكان. يعد الميكروويف أحد مصادر الطاقة المستخدمة في التسخين والتجفيف الأنظف في القطاعات الصناعية. ان هذة الخصائص وغيرها من الخصائص كالعازلية لعملية الميكروويف سبب للنمو المستمر لتطبيق الميكروويف في مختلف مجالات التصنيع المتنوعة. ان مزايا التسخين بالميكروويف تشمل: تسخين واعادة تسخين موثوقة ، تكلفة منخفضة (من حيث التشغيل والصيانة) ، مصدر حرارة قوي، ويعمل بكفاءة تزيد عن 90٪ [2]. قد تشمل هذه التطبيقات: عمليات التلبيد (مزايا الميكروويف للاختراق العميق والتسخين المنتظم لإنتاج أدوات القطع المختلفة) [3]. تم التحقيق في تأثير التسخين عبر الميكروويف من قبل العديد من الباحثين. ذكرت العديد من الأبحاث أن التسخين باستخدام الميكروويف يوفر قدرة تسخين أفضل مقارنة بالتسخين التقليدي [4] [5]. أجرى **وونق** [6] تجربة لدراسة خصائص تجفيف لحوم البقر المستخدمة في الميكروويف والتجميد التقليدي والتجفيف للأطعمة ، حيث تمت المقارنة ، ووجدوا بعض مزايا الميكروويف مقارنة بالتجفيف التقليدي بالتجميد مع التسخين بالإشعاع. وأجرى مختبر أبحاث الأغذية في رايثون دراسات مستفيضة أدت إلى أول وحدة مصنع تجريبي للتجميد والتجفيف بالميكروويف [7]. في دراسات سابقة، تم تطبيق تسخين الميكروويف بنجاح في المجالات التالية: تقسية اللحم، والتسخين المسبق للرقاقات المطاطية، ومطاط الفلكنة، وتجفيف المعكرونة، وتجفيف البرتقال المسحوق، وغير ذلك من التطبيقات [8]. ولازال الباحثون يبحثون عن طرق متعددة للاستفادة من مزايا الميكروويف في التطبيقات الصناعية. حيث بدأ تسخين بالميكروويف للتطبيقات الصناعية بواسطة الفرن المحلي المنزلي. ثم سُجلت تطبيقات في تجفيف المواد من المنسوجات إلى السيراميك ومن الورق المطلي إلى الجلد. وهناك أمثلة أخرى مثل تجفيف البصل ، واغلفة الأطعمة الخفيفة ، والجلود ، ولب السيراميك والقوالب والأواني الخزفية [9]. درس حمودة [10] طين الكاولين باستخدام مصادر تسخين مختلفة ، وكانت النتيجة أن التجفيف بالحمل الحراري والميكروويف يعطي جودة جيدة للمنتج المجفف. ولاحظ ماكول [11] أن إشعاع الميكروويف المستخدم يحسن خصائص تدعيم الأسمنت ، وخاصة الأسمنت الملبد بالميكروويف عند 800 درجة مئوية. ايضاً تم تطبيق الميكروويف على خشب الصنوبر ودراسة خصائص تجفيف الحطب [12]. وفي (2012)، قام **مالافرونت** [13] بتوصيف الحمل الحراري / الميكروويف للمساعدة في عملية تجفيف المواد الغذائية (البطاطس – الفلفل الحار) ، حيث تم تأكيد أن زيادة طاقة الميكروويف وتقليل وقت التجفيف يمكن أن يحسن نسبة زيادة الوزن للفلفل الحار المجفف [14].

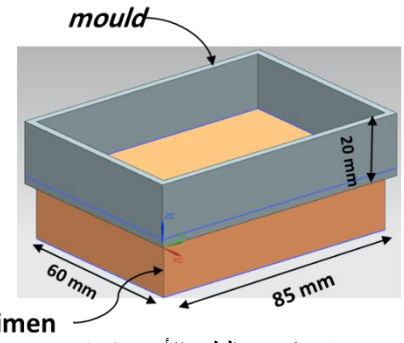
ان الطوب الطيني عبارة عن مواد بناء تم استخدامها منذ العصور القديمة وتظهر حاليًا حالات باشكال مختلفة في العديد من المباني التاريخية [15]. يستخدم الطوب الطيني للبناء بكثرة في حضرموت حيث يخلط المزيج ليصبح لدنا كالعجين وتشكل وحدات الطوب(المدر) [16]. عادة ما يتم حرق الطوب باستخدام الوقود أو

الغاز أو حتى الخشب الطبيعي. غالبًا ما ينتج عن هذه التسخين التقليدي تسخين غير متساوٍ في الطوب الطيني مما يسبب التشقق وقد يصل الى التكسير للمنتج. يعد التكسير أحد المشكلات الرئيسية التي تواجه مصنعي الطوب ويمكن أن تصل الخسائر إلى 20٪ من الإنتاج الشهري [17]. يمكن تصنيف إنتاج الطوب على أنه صناعة كثيفة العمالة [18]. ايضاً يتم استخدام الكثير من الطاقة في عملية التجفيف بالإضافة إلى العديد من العمليات اليدوية [19]. ان تقنية الميكروويف تعتبر طريقة أكثر استدامة لتقنيات التدفئة الحالية في مجال الصناعة. على الرغم من العديد من الدراسات التي تستخدم تقنية الميكروويف في عمليات التجفيف، إلا أنه لم يتم الفصح عن الكثير من الأبحاث والدراسات التي تطبق هذه التقنية في عملية تجفيف وانتاج الطوب وخاصة الطوب الطيني.

2. الأدوات و طرائق العمل

1.2. الادوات المستخدمة

في هذا القسم تم تحديد الطرق التجريبية والعملية للاختبار وتوصيف المواد. بدأ بتحضير المواد الخام لعمل عينات من الطين ، ثم تلاه تحضير عينات من الطوب الطيني. حيث تم تحضير العينات عن طريق خلط مكونات الطين على



النحو التالي: مسحوق جاف من الطين الأحمر 150 جم ممزوج مع 5 جم من الفحم في 30 جم ماء. الغرض من إضافة نسبة صغيرة من الفحم لتحسين امتصاص الميكروويف [25].ثم تم سكب الخليط في لبنه، بعدها تم ضغط الخليط في قالب مصنوع من الخشب المضغوط بقوة 1.2 كيلو نيوتن (122 كجم). وقد كان الشكل النهائي للطوب الطيني بحجم (85 × 60 × 20 مم). تتكون المكونات الرئيسية للطين الأحمر من Fe_2O_3 و TiO_2 و SiO_2 وكان متوسط حجم الجسيمات 0.75 ملم. تم اعتماد نطاق الميكروويف في الطيف الكهرومغناطيسي عند ترددات تشغيل أعلى بين 300 ميجاهرتز و 300 جيجاهرتز ، وتتراوح الأطوال الموجية المقابلة من 1 م إلى 1 مم.

شكل 1. عينة التجربة للطوب الطيني

2.2. اجراء التجربة

أجريت تجارب التجفيف لعينات الطوب الرطب. حيث تبدأ عملية التجفيف من خلال وضع العينات في مصادر تسخين تقليدية وتقنية عند باراميترات معينة. لقد تم تحديد طرق التجفيف الأربع وهي الفرن الكهربائي، والهواء الساخن القسري، والهواء الطبيعي ، والميكروويف. تم اختار عاملين متغيرين لهذه التجارب ، تتمثل في تغيير درجة الحرارة ووقت التسخين. يوضح الجدول 1 إعدادات الباراميترات لكل طريقة.

جدول 1. إعدادات الباراميتر لكل طريقة تجفيف

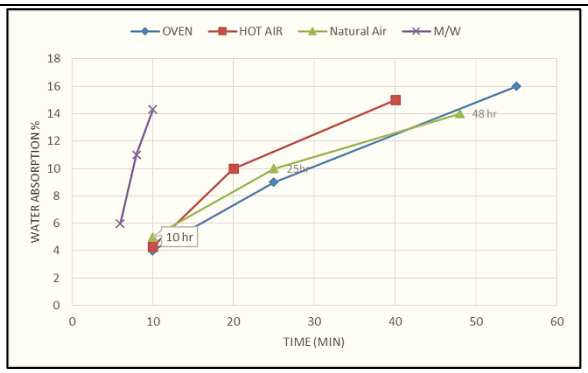
طرق التجفيف	درجة الحرارة (درجة مئوية)	الزمن (دقيقة/ساعة)
الميكروويف	60	6 د
	70	8 د
	80	10 د
الفرن الكهربائي	150	10 د
	200	30 د
	250	60 د
الهواء الحار القسري	40	10 د
	50	30 د
	60	55 د
الهواء الطبيعي	25	10 ساعة
	25	25 ساعة
	25	48 ساعة

تم تقييم عينات الطوب الرطب والطين المجفف بناءً على تغيرات محتوياتها من الرطوبة وامتصاص الماء والتشققات والكثافة. تم استخدام المجهر لمراقبة الشقوق الدقيقة على عينات الطوب. حيث تم قياس مقدار الشق الذي يحدث في العينة بناءً على كثافة الشق.

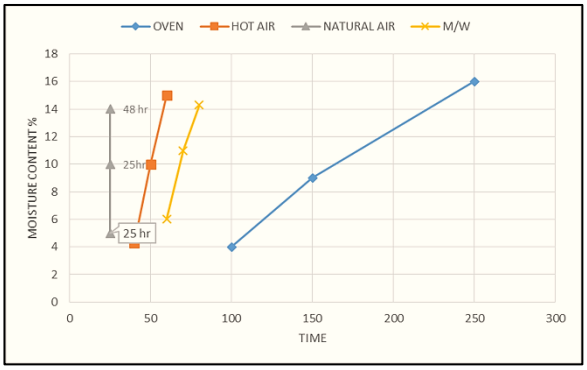
3. النتائج و المناقشة

خلال قسم النتائج، يتم تقييم الخصائص الفيزيائية للطوب الطيني والتي تتمثل في الرطوبة وامتصاص الماء والتشقق والكثافة أثناء عملية التجفيف. في هذه التجربة أعطت نتائج عينات الطوب المجففة مقارنة بين التجفيف بالميكروويف والتجفيف التقليدي سواء كان بالفرن الكهربائي أوالهواء الساخن أوالهواء الطبيعي.

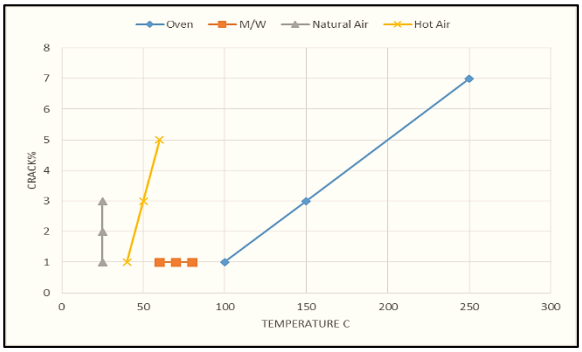
يوضح الشكل (2، 3، 4، 5) سلوك التجفيف لعينات الطين المسخنة بمصادر مختلفة وهي الفرن الكهربائي والهواء الساخن والهواء الطبيعي والميكروويف بناءً على وقت التجفيف وتغير درجة التسخين. حيث بينت النتائج ان استخدام مصدر طاقة الميكروويف لتجفيف الطوب الطيني ادى الى تقليل وقت التسخين لأكثر من نسبة 400 ٪ مقارنة بطرق التجفيف الاخرى. وأظهر أيضًا امتصاصًا أقل للماء ، وزيادة كثافة الطوب وبدون تشققات تذكر. ان السبب في ذلك يعود الى التجانس في توزيع الحرارة اثناء التسخين. وبينت النتائج ايضاً انه عند زيادة درجة حرارة التسخين ،فان النسبة المئوية تميل إلى زيادة التصدع والتشققات وخاصة بالتجفيف بالنسبة لطرق التسخين التقليدية. حيث تبين ان النسبة المئوية لكسر الطوب الذي تم تجفيفه بالفرن هي أعلى قيمة مقارنة بالمصادر الأربعة الأخرى. ان تقليل سرعة التجفيف وتوحيد التسخين في الميكروويف يؤدي الى عدم حدوث صدع او تشققات للعينات.

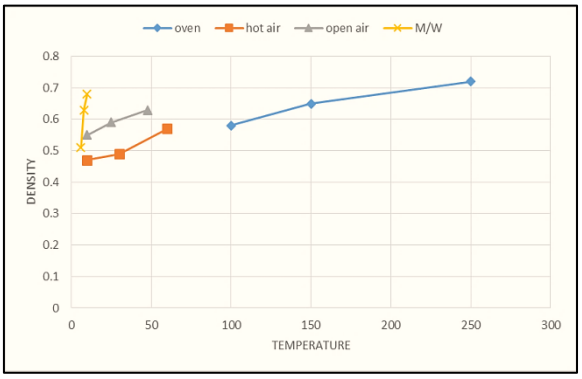


شكل 2. علاقة امتصاص الماء بالزمن



شكل 3. علاقة الرطوبة بالزمن

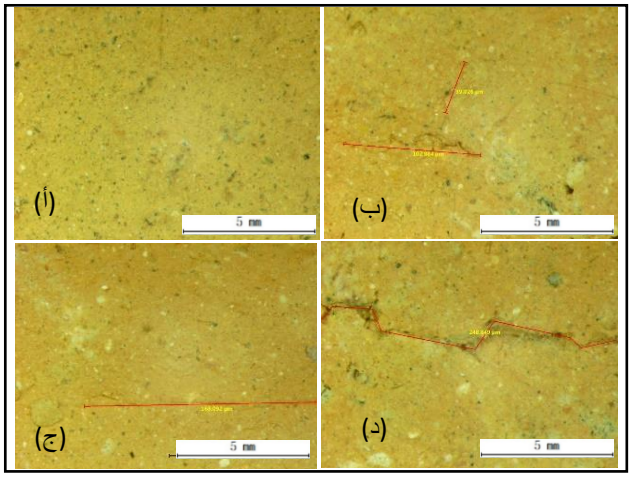




شكل 4. علاقة التشققات بدرجة الحرارة

شكل 5. علاقة كثافة العينة بدرجة الحرارة

يوضح الشكل 6 بنية المسح للطوب الطيني المجفف الذي تم تجفيفه باستخدام أربعة مصادر تسخين مختلفة. تم استخدام المجهر الضوئي لتوصيف تلك العينات وفحص الجزيئات المختلفة. أظهر الرسم المجهري في الشكل 6 صدعًا صغيرًا جدًا للعينات التي تم تجفيفها باستخدام مصدر ميكروويف بينما أظهرت العينات الأخرى حدوث صدع بنسب اكبر متفاوتة. لذلك ، وهذا يدل بوضوح إلى أن الميكروويف أفضل من حيث تقليل احتمالية حدوث تشقق محتمل وبالتالي كسر للمنتج.



شكل 6. بنية الطوب الطيني المجففة بواسطة (أ) الميكروويف(ب)الهواء الساخن(ج)الهواء الطبيعي (د) الفرن الكهربائي

4. الاستنتاج

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها من التجربة ، يمكن الاستنتاج أن تقنية الميكروويف اصبحت مثبتة ويمكن استخدامها لتجفيف الطوب وبكميات صناعية كبيرة اذا تم وضعها في خط الانتاج بشكل غرف ميكروويف كبيرة ولديها إمكانات كبيرة لاستبدال مصادر التجفيف الأخرى. ان درجة الحرارة والوقت الاكثر فعالية للتجفيف الطوب بالميكروويف هما 70 درجة مئوية و 8 دقائق على التوالي. إن التسخين السريع في الميكروويف قادر على تقليل وقت التسخين لأكثر من 400٪. يُظهر الطوب الطيني المجفف باستخدام مصدر طاقة الميكروويف امتصاصًا أقل للماء ، وزيادة كثافة الطوب وبدون تشققات مقارنة بطريقة التجفيف التقليدية. بالإضافة إلى ذلك ، تستهلك هذه التقنية طاقة أقل ، ومعدات منخفضة وتكاليف تشغيلية أقل ، وقادرة على توفير تسخين أكثر اتساقًا وتجانساً والذي ينتج عنه تشققات أقل. يفتح البحث الحالي لمزيد من البحوث والدراسات حول تصنيع الطوب ويتطلب مزيدًا من التحليل والتجارب. توصي الدراسة في المستقبل، ان يتم إجراء دراسة عددية تحليلية تاثير سلوك تسخين الميكروويف على الطوب الطيني. وهذا سيؤدي ذلك إلى تقليل الكثير من الموارد المطلوبة من خلال الأعمال التجريبية. من جهة أخرى، مستقبلاً ايضاً يُقترح استخدام الرماد في أعمال البناء أو تطبيقات التصنيع الأخرى من خلال استغلال طاقة الميكروويف لأغراض التجفيف والتلبيد، حيث يتوفر الرماد المتطاير بسهولة في العديد من محطات توليد الكهرباء القائمة على الفحم النباتي في شكل منتج ثانوي وفي كثير من مخلفات الحرق. حاليًا، لايزال الميكروويف ذو استخدام محدود للغاية في المنتجات المنزلية والصناعية البسيطة. ان البحث المستقبلي يجب ان يتم عمل أكثر من دراسة حول الاستدامة الشاملة لاستخدامات تسخين بالميكروويف ، وذلك لتحسين باراميتر التجفيف والتلبيد وغيره من أجل العثور على القيم المرغوبة التي تقلل من التأثير على البيئة وبالطبع دون التأثير على الجانب النهائي للمنتج كجودة واقل تكلفة.

شكر و عرفان

يشكر المؤلفون مؤسسة صلة وجمعية رعاية طالب العلم على دعمهم لهذا البحث.

المراجع

[1] سالم باجابر، تيجاني عبدالله (2015) "اعتبارات الاستدامة في التصنيع وإدارة العمليات ،" مجلة ijseas ، المجلد. المجلد -1 ، لا. 2395–3470 ، ص 490-497 .

[2] Lam, S. S., et al. (2010). "Pyrolysis using microwave heating: a sustainable process for recycling used car engine oil." Industrial & Engineering Chemistry Research 49(21): 10845-1085.

[3] Chiu, K., et al. (2005). "A preliminary study of cladding steel with NiTi by microwave-assisted brazing." Materials Science and Engineering: A 407(1): 273-281.

[4] Fernández, Y., et al. (2011). Microwave Heating Applied to Pyrolysis, Advances in Induction and Microwave Heating of Mineral and Organic Materials, Stanisław Grundas (Ed.), ISBN: 978-953-307-522-8, InTech, InTech.

[5] Appleton, T., et al. (2005). "Microwave technology for energy-efficient processing of waste." Applied energy 81(1): 85-113.

[6] Wang, Z. H. and M. H. Shi (1999). "Microwave freeze drying characteristics of beef." Drying Technology 17(3): 434-447.

[7] Stuerga, D. (2006). "Microwave-material interactions and dielectric properties, key ingredients for mastery of chemical microwave processes." Microwaves in Organic Synthesis (Loupy A, ed). 2nd ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag Gmbh & Co. KgaA: 1-61.

[8] Kamble, Y. and S. Patil (2015). "An Overview of Study of Microwave Heating Technique and Its Applications." IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development Vol. 3, Issue 02, 2015(2321-0613): 3.

[9] Metaxas, A. (1996). Foundations of electroheat: a unified approach, John Wiley & Sons Inc.

[10] Hammouda, I. and D. Mihoubi (2014). "Comparative numerical study of kaolin clay with three drying methods: Convective, convective–microwave and convective infrared modes." Energy Conversion and Management 87: 832-839.

[11] Makul, N., et al. (2014). "Applications of microwave energy in cement and concrete–A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews 37: 715-733.

[12] Todaro, L., et al. (2013). "Effect of combined steam and heat treatments on extractives and lignin in sapwood and heartwood of Turkey oak (Quercus cerris L.) wood." BioResources 8(2): 1718-1730.

[13] Malafronte, L., et al. (2012). "Combined convective and microwave assisted drying: Experiments and modeling." Journal of Food Engineering 112(4): 304-312.

[14] Tontand, S. and N. Therdthai (2009). "Preliminary study of chili drying using microwave assisted vacuum drying technology." Asian Journal of Food and Agro-Industry 2(2): 80-86

[15] حامد محمد حسن، ع.ل.، عبدا لرحيم، أحمد محمود رشدي، حامد عبد الفتاح and محمود، 2011. الاستفادة من الإمكانيات البنائية باستخدام دولاب الخزاف في إنتاج أشكال خزفية مبتكرة. مجلة بحوث التربية النوعية، 2011(23)، pp.597-628.

[16] طلعت، أ.، 2019. العمارة الطينية في وادي حضرموت مزارات قرية شعب نبي الله هود عليه السلام نموذجا. مجلة كلية الآثار. جامعة القاهرة، 5(2019)، pp.103-125.

[17] Musielak, G. and T. Śliwa (2015). "Modelling and Numerical Simulation of Clays Cracking During Drying." Drying Technology.

[18] Pirasteh, G., et al. (2014). "A review on development of solar drying applications." Renewable and Sustainable Energy Reviews 31: 133-148.

[19] إبراهيم الدسوقى متولى، م. and متولى، 2011. الطينات الحجرية من الخامات المحلية وإمكاناتها التشكلية فى مجال إنتاج البلاطة الفخارية. مجلة بحوث التربية النوعية، 2011(19)، .pp.223-246.