الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

كلية الـــتـكـنـولـوجـيـا

مذكرة مقدمة لنيل شهادة:

مـــاســـــتر أكـــاديـمـــــي

ميدان :علوم وتكنولوجيا

شعبة : هندسة ميكانيكية

التخصص: طاقات متجددة في الميكانيك

من تقديم:

صنديد إبتهال تركية

دحدة عمر

بن الشايب عماره

عجيبة أيمن

بعنوان

دراسة تجريبية لاستخدام البيوت البلاستيكية في التجفيف الشمسي

تمت مناقشة المذكرة في: 2023/06/13

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

د. زين علي	مؤطرا	جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي
د. منصر نور الدين	رئيسا	جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي
د. لعويني عبد الجليل	مناقشا	جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي

السنة الجامعية: 2023/2022

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

الحمد لله فالق الأنوار وجاعل الليل والنهار ثم الصلاة والسلام على سيدنا المختار.

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل عليه لولا فضل الله علينا من دواعي الفخر والاعتزاز

أن أهدي ثمرة جهد هذا العمل المتواضع إلى

أبي وأمي العزيزين حفظهما الله ورعاهما.

إلى أخواتي الذين هم سندي في الدنيا وإلى كل من ساعدوني في انجاز هذا العمل وإلى رفقاء

الدراسة والزملاء وإلى كل من ترك أثرا طيبا في حياتي.

وإلى كل طالب للعلم ومحب للمعرفة.

عماره * ابتهال تركية *** عمر *** أيمن**

شكر وعرفان

قال تعالى: ".....لأن شكرتم لأزيدنكم "

أحمد الله وأشكره على إتمام هذا العمل ونأمل أن يسجله في ميزان حسناتنا

كما نتقدم بالشكر الجزيل إلى الأستاذ المشرف

"الدكتور علي زين"

الذي كان العون لنا والسند في إنجاز هذا العمل ولم يبخل علينا لا بالقليل ولا بالكثير

كما نتقدم بالشكر إلى **تي محمد لطفي وسخري اسماعيل**

وكما نتقدم بخالص الشكر إلى **زلاسي مسعود** الذي كان عونا لنا في هذا العمل

وشكرا إلى كل من وجهنا في هذا البحث حتى لو بكلمة طيبة...

الملخص

تضمنت المذكرة شرح عملية التجفيف وأهميتها في الحفاظ على جودة المواد والمنتجات، وتم التركيز على أهمية استخدام البيوت الدفيئة كأدوات لعملية التجفيف. تم تصميم وتنفيذ مجفف شمسي ملائم للظروف المناخية في وادي سوف، حيث تم استخدام بولي كربونات لتشكيل الهيكل وصفائح الساندويتش في القاعدة والأبواب لزيادة درجة الحرارة داخل المجفف وتحقيق عزل حراري، بهدف تسريع عملية التجفيف. وتم إجراء اختبارات وقياسات لأداء المجفف، حيث تم تسجيل درجات حرارة مرتفعة في نقاط مختلفة داخل المجفف. يعمل ، ويمكن القول بأنه يعمل بكفاءة عالية في الظروف المثالية. وقد يكون هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات والتجارب لتقييم أداء المجفف في ظروف التشغيل الفعلية في وادي سوف. قد تتأثر كفاءة المجفف بعوامل مثل التغيرات المناخية وكمية ونوعية المواد المراد تجفيفها. لذلك، يوصى بإجراء دراسات مستقبلية لتحسين أداء المجفف وتحقيق أفضل النتائج في ظروف التشغيل الفعلية.

الكلمات المفتاحية : التجفيف الشمسي ، الطماطم ، بولي كربونات ، المجففات الدفيئة ،الطاقة الشمسية ،درجة الحرارة

Résumé

Le mémoire a inclus une explication du processus de séchage et de son importance dans la préservation de la qualité des matériaux et des produits, en mettant l'accent sur l'importance de l'utilisation de serres comme outils de séchage. Un séchoir solaire adapté aux conditions climatiques de la EL-OUED SOUF a été conçu et mis en œuvre, utilisant du polycarbonate pour former la structure et des panneaux sandwich à la base et aux portes pour augmenter la température à l'intérieur du séchoir et assurer une isolation thermique, dans le but d'accélérer le processus de séchage. Des tests et des mesures ont été effectués pour évaluer les performances du séchoir, en enregistrant des températures élevées à différents points à l'intérieur du séchoir. Il fonctionne efficacement dans des conditions idéales. Cependant, des études et des expériences supplémentaires peuvent être nécessaires pour évaluer les performances du séchoir dans les conditions de fonctionnement réelles de la vallée du Souf. L'efficacité du séchoir peut être affectée par des facteurs tels que les variations climatiques et la quantité et la qualité des matériaux à sécher.

Mots-clés : séchage au soleil, tomates, polycarbonate, séchoirs à effet de serre, Énergie solaire, Température

Abstrct

The memorandum included an explanation of the drying process and its importance in preserving the quality of materials and products, with a focus on the significance of using greenhouses as tools for the drying process. A solar dryer suitable for the climatic conditions in the Souf Valley was designed and implemented, utilizing polycarbonates for structure formation and sandwich panels for the base and doors to increase the temperature inside the dryer and achieve thermal insulation, aiming to accelerate the drying process. Tests and measurements were conducted to assess the performance of the dryer, recording high temperatures at various points inside the dryer. It operates efficiently under ideal conditions. However, further studies and experiments may be needed to evaluate the dryer's performance under actual operating conditions in the Souf Valley. The efficiency of the dryer may be influenced by factors such as climate variations and the quantity and quality of the materials to be dried. Therefore.

Keywords: sun drying, tomatoes, polycarbonate, greenhouse dryers, solar energy, temperature

فهرس المحتويات

الإهداء II

شكر وعرفان III

الملخص I

فهرس المحتويات III

قائمة الأشكال VI

قائمة الجداول VIII

قائمة الرموز VIII

مقـــدمة عامة: 2

الفصل الأول: عموميات حول التجفيف

I.1. تعريف التجفيف: 5

I.2. أساسيات التجفيف الشمسي: 5

I.3. أنواع المجففات: 6

I.3.1. التجفيف الطبيعي: 6

I.3.2. التجفيف الصناعي: 7

I.4. أنواع المجففات الشمسية حسب طريقة تسخين الهواء: 8

I.4.2. المجففات الشمسية المباشرة: 8

I.4.3. المجففات الشمسية الغير مباشرة: 9

I.4.4. المجففات الشمسية المختلطة: 11

I.4.5. المجففات الشمسية الهجينة: 11

I.5. مجالات استعمال المجفف الشمسي: 13

I.6. طرق التجفيف: 14

I.6.1. الطرق الميكانيكية: 14

I.6.2. الطرق الفيزيائية– الكيميائية: 14

I.3.6. الطرق الحرارية: 14
الخلاصة: 14
الفصل الثاني: المجففات الدفيئة 15
المقدمة: 16
II.1. المجففات الدفيئة: 16
II.2. مبدأ عمل مجفف الدفيئة: 16
II.3.1. تصنيف المجففات الدفيئة: 17
II.3.2مجفف الدفيئة تحت الوضع السلبي: 17
II.3. مجففات الطاقة الشمسية النشطة: 18
II.4. إيجابيات مجفف دفيئة: 19
II.5. أهمية تجفيف الدفيئة: 19
II.6. أشكال مجفف الدفيئة: 20
الخلاصة: 20
الفصل الثالث: تصميم وانجاز المجفف الشمسي
مقدمة: 23
III.1. تصميم المجفف الشمسي: 23
III.2. الأدوات المستعملة: 24
III.2.1. الهيكل: 24
III.2.2. صفائح السندويتش: 24
III.2.3. البولي كربونات: 25
III.2.4. المواد العازلة السليكون: 26
III.2.5. الدهن الأسود: 27
III.2.6. الزاوية الحديدية: 27
III.2.7. الأبواب: 28
III.2.8. المروحة: 28
III.2.9. فتحة أدخال الهواء: 29
III.2.10. خطوات التركيب: 30

الخلاصة: **34**

الفصل الرابع: النتائج والتحاليل

مقدمة: **36**

IV.1. أجهزة القياس: **36**

IV.1.1. جهاز قياس الأشعة الشمسية Fluke IRR1-SOL: 36

IV.1.2. جهاز قياس سرعة الرياح ANEMOMETER AM-4206M:..... 37

IV.1.3. ميزان رقمي صغير:..... 38

IV.1.4. مقياس الرطوبة الحرارية:..... 39

IV.2. عملية التحضير:..... **39**

IV.3. عملية القياس:..... **40**

IV.4. النتائج والتحاليل: **42**

IV.4.1. تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن: 42

IV.4.2. تغيرات الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن..... 43

اليوم الأول:..... 43

IV.5. النتائج **45**

•عيوب التجفيف في الخارج (التجفيف الطبيعي) **45**

•عينة من التجفيف داخل المجفف..... **45**

الخلاصة: **46**

خاتمة عامة..... **47**

خاتمة عامة:..... **48**

قائمة المراجع **49**

قائمة الأشكال

الشكل(I-1): مخطط التجفيف الطبيعي للمحاصيل الزراعية. 6
الشكل(I-2): مجفف صناعي يعمل بالكهرباء. 7
الشكل(I-3): التجفيف الشمسي المباشر. 8
الشكل(I-4): التجفيف الشمسي الغير مباشر 10
الشكل(I-5): رسم تخطيطي يوضح مجففات الطاقة الشمسية المختلطة. 11
الشكل(I-6): المجففات الشمسية الهجينة. 12
الشكل(I-7): مبدأ عمل المجفف الشمسي الهجين. 12
الشكل(II-2): التجفيف بالشمس المفتوحة في البيوت الزجاجية في الوضع السلبي 17
الشكل(II-3): التجفيف الدفيئة في الوضع النشط. 18
الشكل(II-4): الأشكال الأساسية للبيوت البلاستيكية. 20
الشكل(III-1): أبعاد عناصر المجسم الشمسي 23
الشكل(III-2): هيكل المجفف 24
الشكل(III-3): صفائح السندويتش 25
الشكل(III-4): صفائح البولي كربونات. 26
الشكل(III-5): مادة عازلة (السيليكون). 26
الشكل(III-6): علبة الدهن الأسود. 27
الشكل(III-7): الزاوية الحديدية وتركيبها. 28
الشكل(III-8): أبواب المجفف الشمسي. 28
الشكل(III-9): المروحية. 29
الشكل(III-10): فتحة إدخال الهواء. 30
الشكل(III-11): تصميم الهيكل. 30
الشكل (III-12): طلاء الهيكل باللون الأسود. 31
الشكل (III-13): تثبيت الهيكل على القاعدة. 31
الشكل (III-14): إحاطة الهيكل بمادة البولي كربونات. 32
الشكل (III-15): تثبيت الزاوية الحديدية. 32
الشكل (III-16): تركيب الأبواب. 33
الشكل (III-17): تركيب الهويات والقواطع. 33
الشكل (IV-1): جهاز قياس الأشعة الشمسية Fluke IRR1-SOL. 37
الشكل (IV-2): جهاز قياس سرعة الرياح ANEMOMETER AM-4206M. 38
الشكل (IV-3): ميزان رقمي صغير. 38
الشكل (IV-4): مقياس الرطوبة الحرارية. 39
الشكل (IV-5): التحضير الأولي للطماطم 39
الشكل (IV-6): وضع الطماطم على الرفوف داخل المجفف الشمسي. 40
الشكل (IV-8): تتبع درجة الحراة في المجفف 40
الشكل (IV-9): مراقبة الإشعاع الشمسي 41
الشكل (IV-10): قياس سرعة الرياح. 41

الشكل (IV-11): مراقبة وزن عينة الطماطم..... 42
الشكل (IV-12): منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن. 42
الشكل (IV-13): منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن. 43
الشكل (IV-14): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن. 43
الشكل (IV-15): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن. 44
الشكل (IV-16): صورة توضح نتيجة التجفيف الطبيعي 45
الشكل (IV-17): صورة توضح نتيجة التجفيف داخل المجفف الشمسي 45

قائمة الجداول

الجدول (I-1): بعض المواد التي تم تجفيفها عبر أنحاء العالم. 13

قائمة الرموز

الرمز	التسمية
GHD	مجففات الدفيئة
HC	معامل نقل الكتلة الحرارية

مقدمة عامة

مقـــــدمة عامة:

مع تزايد عدد السكان في العالم، يزداد الطلب على الطاقة والغذاء. ومن المعروف أن الاستهلاك المتزايد للطاقة التقليدية مثل البترول والغاز يؤدي إلى زيادة نسبة التلوث وانبعاث غازات ثاني أكسيد الكربون ((CO_2)، مما يتسبب في كوارث مثل الفيضانات وارتفاع درجة حرارة الأرض. والجزائر ليست مستثناة من هذه الكوارث، وتستهلك كميات كبيرة من الوقود سنوياً، مثل 17.7 مليون طن من البترول و49 مليون واط من الغاز في عام 2022.

واحتراق الوقود الأحفوري يساهم في زيادة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ويؤثر على المناخ بشكل سلبي. ومنطقة وادي سوف في الجزائر لديها إمكانية استغلال كمية عالية من الطاقة الشمسية، حيث تتمتع بمعدل إشعاع شمسي عالٍ يقدر بـ 61000 واط/متر مربع سنوياً. وتعتبر المنطقة أيضًا موردًا رئيسيًا للمنتجات الزراعية، مثل البطاطس والطماطم.

ومع ذلك، يواجه المزارعون تحديات في التعامل مع زيادة العرض عن الطلب، مما يجعلهم يبحثون عن حلول فعالة لحفظ الفائض من المنتجات الزراعية، مع الحرص على تجنب استخدام الطاقة التقليدية وضمان الصحة وتكلفة منخفضة.

ومن بين الحلول الممكنة، يمكن استخدام المجففات الشمسية، حيث تتميز بتكلفة منخفضة وقدرتها على الحفاظ على جودة المنتجات بسهولة. وفي هذا البحث، نهدف إلى تحسين أداء المجففات.

تعزيز المجففات الشمسية الدفيئة لزيادة فعاليتها. وسنقوم أيضًا بتصميم مجفف شمسي دفيء يأخذ بعين الاعتبار الظروف الجوية والجغرافية في منطقة وادي سوف.

❁**الفصـــــــل الأول:** عموميات حول عملية التجفيف حيث تطرقنا إلى أنواع المجففات طرق ومبدأ عملها وميزاتها وعيوبها وأساسياتها.

❁ **الفصـــــــل الثاني:** تجفيف الدفيئة حيث تطرقنا إلى تصنيف الدفيئة تحت الوضع النشط وتحت الوضع السلبي وأهمية مجفف الدفيئة وأشكال مجففات الدفيئة.

❁**الفصـــــــل الثالث:** دراسة تجريبية حول المجفف الشمسي حيث تطرقنا فيه إلى كيفية تصميم المجفف الشمسي وإنجازه وعملية تركيبه ودور كل عناصره.

❁**الفصـــــــل الرابع:** نتائج وتحليل التجربة التي قمنا بها داخل المجفف الشمسي.

➢ **السؤال المطروح:** هل يمكن لهذا المجفف الجديد أن يقدم الإضافة المرجوة والمنتظرة أم لا؟

الجزء النظري

الفصل الأول:

عموميات حول التجفيف

1.I. تعريف التجفيف:

التجفيف هو وسيلة سهلة وفعالة من حيث التكلفة للحفاظ على الأغذية ومنع تلفها. يعمل عملية التجفيف على تقليل محتوى الرطوبة في الأغذية وتبطئ التغيرات الكيميائية الطبيعية، وبالتالي تمنع نمو العفن في المنتجات الغذائية وثمار المحاصيل الزراعية. يتم تجفيف الحبوب والخضروات والفواكه لتخزينها واستخدامها في المستقبل. بواسطة إزالة الماء من الأغذية، يمكن تمديد مدة صلاحيتها والحفاظ على قيمتها الغذائية ونكهتها. وبالإضافة إلى ذلك، فإن التجفيف يسهل أيضًا حمل الأغذية ونقلها بشكل أكثر فعالية. **[1]**

2.I. أساسيات التجفيف الشمسي:

يتألف المجفف الشمسي من ثلاثة أجزاء رئيسية، وهي حجرة التجفيف، والمجمع الشمسي لتحسين الهواء، ونظام تدفق الهواء.

تعمل حجرة التجفيف على حماية الغذاء من الحيوانات والحشرات والغبار والأمطار، وغالبًا ما يتم عزلها حراريًا لزيادة كفاءتها. يجب أن تكون صواني التجفيف آمنة لوضع الغذاء فيها، ويفضل تغطية الصواني بالبلاستيك لتجنب وجود متبقيات ضارة على الغذاء.

عادةً، يكون المجمع الشمسي عبارة عن صندوق باللون الداكن مع غطاء شفاف، ويعمل المجمع على زيادة درجة حرارة الهواء داخله بمقدار 10-30 درجة مئوية مقارنة بدرجة حرارة الجو الخارجي. يُنصح باستخدام الزجاج كغطاء للمجمع الشمسي في الجهاز، وذلك بناءً على درجة حرارة الجو الخارجي وشدة أشعة الشمس والرطوبة الجوية.

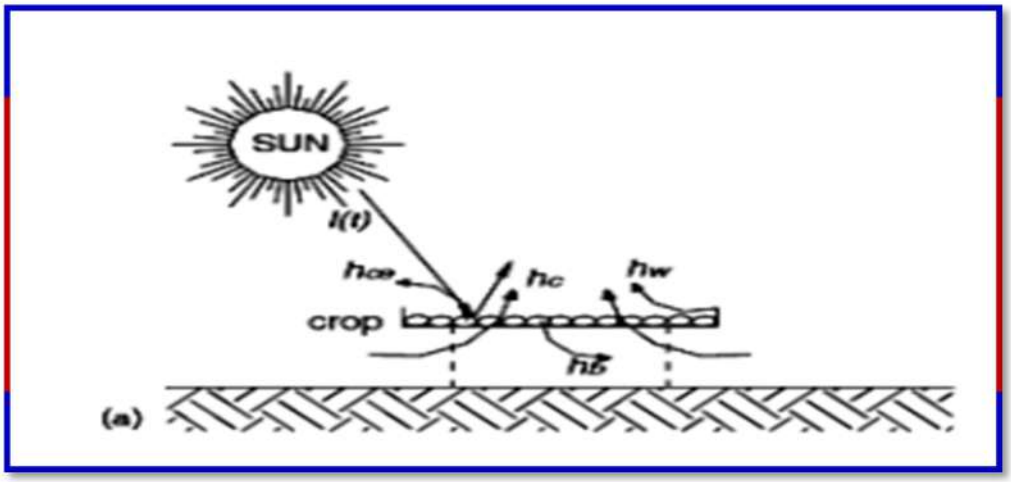
تستخدم المجففات الشمسية نظامين لتدفق الهواء، الأول يعتمد على تدفق الهواء بشكل طبيعي عن طريق الحمل الحراري، والثاني يعتمد على تدفق الهواء عن طريق إضافة مروحة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون الرياح الموجودة في المكان مفيدة كذلك. يتطلب استخدام المجففات ذات التدفق الهوائي الطبيعي رعاية أكبر، حيث يؤدي وضع المنتج في طبقات سميكة في الصواني أو نقص كمية أشعة الشمس إلى تراكم الهواء في المجفف وتأثيره على عملية التجفيف. **[2]**

I.3. أنواع المجففات:

للتجفيف نوعان هما:

I.3.1. التجفيف الطبيعي:

التجفيف الطبيعي من أقدم طرق حفظ الأغذية وأبسط طريقة للتجفيف، وتعمد هذه الطريقة على تعريض المحصول للهواء وحرارة الشمس الطبيعية، وهي ابسط طريقة للتجفيف الشمسي، ويتم وضع المحاصيل على سطح أسود مما يسمح للشمس والرياح تجفيف المنتج، والموضح في الشكل 1. **[3]**



الشكل(I-1): مخطط التجفيف الطبيعي للمحاصيل الزراعية. **[4]**

أ. مزايا التجفيف الطبيعي:

لتجفيف الطبيعي العديد من المزايا نذكر منها: **[5]**

- ❖ يمكن أي فرد القيام بها لأنها تقنية سهلة وبسيطة.
- ❖ توفر الطاقة الشمسية طوال السنة وبدون تكلفة.
- ❖ إعطاء نوعية لا بأس بها من الأغذية التي تم تجفيفها.
- ❖ قليلة التكلفة لأنها لا تحتاج إلى معدات باهظة الثمن.

ب. العيوب التجفيف الطبيعي:

لهذه الطريقة العديد من العيوب نذكر منها: **[6]**

عدم التحكم في الرطوبة النهائية للمادة المجففة.

- ➢ التعرض للأتربة نهارا والندى ليلا والإصابة بالحشرات مما يؤدي إلى تشويه منظرها.
- ➢ تعرض الأغذية إلى تغير لونها الطبيعي بفعل الأنزيمات المؤكسدة مما ينتج عنه نوعية رديئة.

➢تحتاج إلى مساحة كبيرة.

➢من الصعب الحصول على مستوى منخفض من الرطوبة في الثمار.

I.2.3. التجفيف الصناعي:

وهذا النوع من المجففات يتم ملامسة الهواء الساخن مع المادة الرطبة، وتستخدم هذه الطريقة في الأماكن التي يقل فيها الإشعاع الشمسي وكانت تعتمد على الكتلة الحيوية، وذلك بوضع المحصول في وعاء خاص ويتم تعرضه إلى الهواء حار نتيجة حرق الأخشاب أو غيرها من الكتلة الحيوية . وبالرغم من توفر العديد من المجففات الصناعية في السوق إلا أنها تشترك على مصدر الحرارة، ومنظم للحرارة، ونظام لتدفق الهواء. وقد تطورت هذه الطريقة باستخدام الأفران الحرارية التي تعتمد عن الطاقة الكهرباء أو الغاز) **[7]**. وهذا ما يوضحه الشكل 2.

الشكل(I-2): مجفف صناعي يعمل بالكهرباء. **[8]**

أ. مزايا التجفيف الصناعي:

يتميز التجفيف الصناعي بعدة مزايا نذكر منها: **[9]**

- ❖ تتوفر فيه النظافة والشروط الصحية.
- ❖ يستغرق وقت أقل من التجفيف الطبيعي.
- ❖ الأغذية المجففة المتحصل عليها تكون أكثر جودة من الأغذية المجففة طبيعيا.
- ❖ الحفاظ على المنتج من عوامل التلوث.
- ❖ إمكانية استمرار عملية التجفيف ليلا، كذلك في الأيام التي تشهد تقلبات جوية.

ب. عيوب التجفيف الصناعي:

كما يوجد في هذه الطريقة عدة عيوب نذكر منها: **[5]**

- لا يمكن استخدامها في المناطق الريفية لبعدها عن المحطات التزويد بالطاقة والشبكة الكهربائية.
- لاعتمادها في تسخين الهواء على الغاز أو الطاقة الكهربائية مما جعل تكليف التشغيل باهظة.

I.4. أنواع المجففات الشمسية حسب طريقة تسخين الهواء:

I.4.2. المجففات الشمسية المباشرة:

التجفيف الشمسي المباشر يعتمد على حالة الجو، إذا كان الجو مشمسا في أحد الأيام و غائما في اليوم التالي، فقد يصبح لزاما على المرء أن يكمل عملية التجفيف باستخدام طريقة أخرى ,وذلك لأن الغذاء قد يفسد أثناء التجفيف بسبب احتوائه على رطوبة كافية لنمو الكائنات الدقيقة . ولهذا السبب أيضا ينصح بإدخال الغذاء إلى داخل المبنى في الليالي الباردة.

ومن العيوب الرئيسية لطريقة التجفيف الشمسي المباشر أنها تستغرق وقتا طويلا نسبيا في التجفيف. فالمادة الغذائية التي تحتاج إلى 6-10 ساعات لتجفيفها باستخدام طريقة تجفيف أخرى قد تحتاج إلى 3- 5 أيام لتجفيفها في الشمس. ومن أجل تجنب "احتراق" المواد الغذائية أثناء التجفيف ينصح بنقل المواد الغذائية إلى الظل لاستكمال عملية التجفيف عندما يصل مستوى التجفيف فيها إلى 65% **[8]**، كما هو موضح في الشكل 3.

الشكل(I-3): التجفيف الشمسي المباشر. **[10]**

أ. مبدأ عمل التجفيف الشمسي المباشر:

وفي هذه المجففات يتم وضع المواد المراد تجفيفها على صواني مثقبة ويتم حفظها داخل صندوق، حيث أن المواد تتلقى أشعة الشمس مباشرة. ونتيجة الفراغ الجزئي للهواء داخل الصندوق، كما يسعى إلى امتصاص الهواء من خلال الثقوب السفلية. وقد تؤدي درجة الحرارة الممتصة إلى تسخين الهواء الداخل للمجفف ومن الممكن أن تسجل حتى 90° درجة مئوية وفي عدم تحمل "المجفف" خروج الهواء من فتحات التهوية العلوية. **[3]**

ب. مزايا المجفف الشمسي المباشر:

- ❖ حماية أفضل بكثير من الغبار والحشرات والحيوانات والمطر مقارنة بالتجفيف التقليدي.
- ❖ إمكانيات التصميم رائعة.
- ❖ غير مكلفة كثيرا وسهلة التركيب.
- ❖ سهلة لا تحتاج مهارة في اليد العاملة. **(Rechia Messaoudi 2021)**

ج. عيوب المجفف الشمسي المباشر:

- ➢ تدهور الجودة عن طريق التعرض المباشر لأشعة الشمس التي تدمر الفيتامينات (أ و ب) .
- ➢ هشاشة مواد البولي إيثيلين التي يجب تغيرها بانتظام.
- ➢ تغير لون الخضروات
- ➢ ضعف دوران الهواء مما تحد من سرعة التجفيف. **(Rechia Messaoudi 2021)**

3.4.I. المجففات الشمسية الغير مباشرة:

وتشبه التجفيف الشمسي المباشر غير أنه أفضل، وفي هذه الطريقة تبقى عملية التجفيف معتمدة على حالة الجو ولكن يتم تركيز أشعة الشمس بواسطة المجمع الشمسي مما ينتج عن درجات حرارة أعلى، الأمر الذي يقلل من الفترة اللازمة للتجفيف. وكلما كانت فترة التجفيف أقصر قلت فرص تمكن الكائنات الدقيقة لإتلاف المادة الغذائية **[8]**، كما هو موضح في الشكل 4.

الشكل(I-4): التجفيف الشمسي الغير مباشر. **[8]**

أ. مبدأ عمل التجفيف الغير مباشر:

يتم تسخين الهواء النقي من الخارج في المستشعر الذي يسمح تلامس الشمسي والهواء الماص والنقل بالحمل الحراري وكذلك الحواجز لرفع درجة حرارة الهواء. يصل الأخير إلى مدخل غرفة التجفيف وقبل المرور عبر الرف يتم تسخين الهواء بواسطة مصدر حرارة الذي يوفر، إذا لزم الأمر، طاقة إضافية لضمان درجة حرارة تجفيف عالية، تقوم المروحة الكهربائية بسحب هواء التجفيف، وإخلائها إلى الخارج **[11]**.

ب. مزايا المجفف الشمسي الغير مباشر:

يتميز المجفف الشمسي الغير مباشر بالمزايا التالية: **[12]**

- ❖ تكلفة بناء هذا النوع من المجففات منخفضة.
- ❖ حماية المنتج وعدم تعرضه لأشعة الشمس المباشرة.
- ❖ لا يتطلب تشغليه لأي طاقة خارجية مثل الكهرباء والوقود.
- ❖ يحافظ منتوج على قيمته الغذائية ولونه وخاصة الفيتامينات (أ و ج).

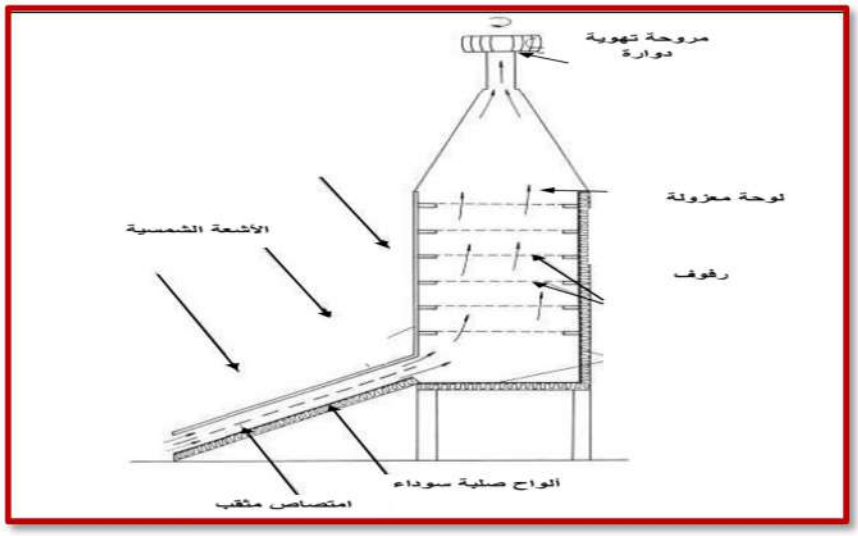
ج. عيوب المجفف الشمسي الغير مباشر:

ولهذا المجفف عدة عيوب نذكر منها: **[12]**

- ➢ سرعة التجفيف متغيرة جداً حسب الظروف المناخية وتصميم المجفف.
- ➢ معقد في عملية تركيبة.
- ➢ مكلف بالنسبة لمجفف الشمسي المباشر.

I.4.4. المجففات الشمسية المختلطة:

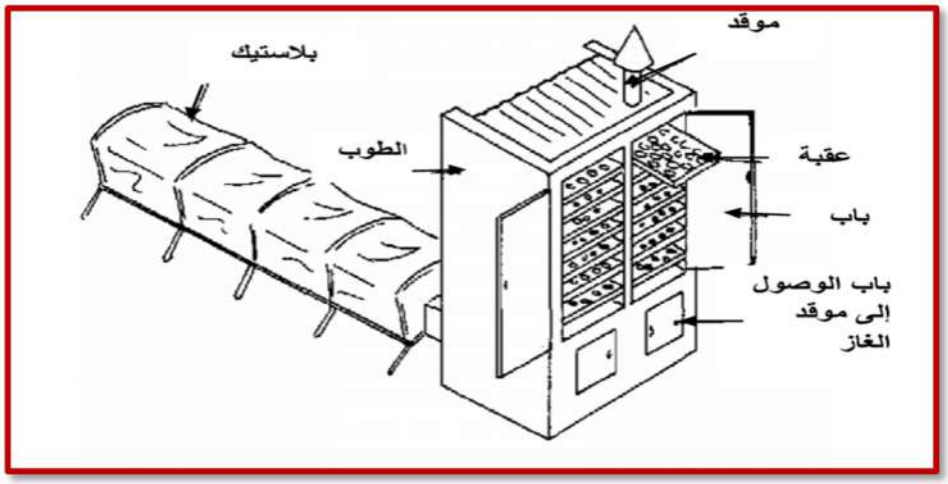
هذا التركيب عبارة عن مجفف مباشر وغير مباشر في نفس الوقت، فالهواء يسخن بواسطة المجمع الشمسي وعندما يدخل غرفة التجفيف تزداد سخونته فهو يساعد في رفع درجة الهواء بالنسبة للمجفف الغير مباشر، لهذه المجففات نفس تركيبة المجففات الغير مباشرة (مجمع شمسي، غرفة التجفيف، مدخنة). لها نفس عيوب المجففات المباشرة لتعرض المنتج إلى الإشعاعات الشمسية المباشرة والتي تؤثر على القيمة الغذائية. **[13]** كما هو موضح في الشكل 5 :



الشكل(I-5): رسم تخطيطي يوضح مجففات الطاقة الشمسية المختلطة. **[13]**

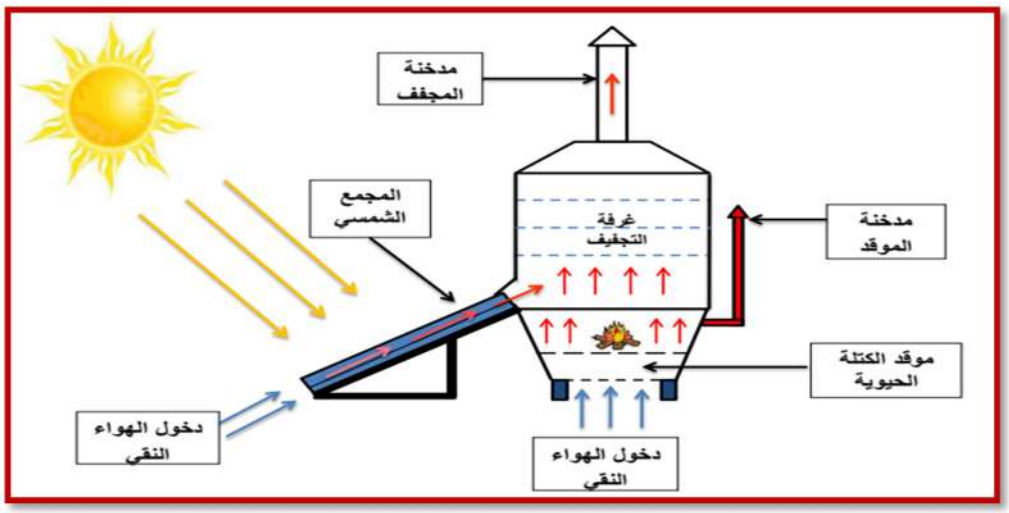
I.5.4. المجففات الشمسية الهجينة:

في هذا النوع من المجففات يتم جمع بين خصائص كل المجففات الشمسية المباشرة والمجففات الغير مباشرة، حيث تكون عملية التجفيف عن طريق جمع الشعاع الشمسي وتدفق الهواء المسخن في مجمع الطاقة الشمسية. قد يستغرق المجفف الهجين وقت أقل من المجففات الأخرى، ومع ذلك فإن تكلفة الصيانة لديه عالية جدا. وتستخدم هذه الطريقة عادة للمنتجات التي تتطلب تجفيف سريع مع الحفاظ على الجودة**[14]** الموضحة في الشكل 6.



الشكل(I-6): المجففات الشمسية الهجينة. **[15]**

أ. مبدأ عمل المجفف الشمسي الهجين:



الشكل(I-7): مبدأ عمل المجفف الشمسي الهجين. **[16]**

ب. مزايا المجففات الهجينة:

- ❖ لا يستهلك الكثير من الطاقة مقارنة بالمجفف الصناعي.
- ❖ التحكم الجيد في سرعة الحرارة داخل المجفف وكذلك درجة الحرارة.
- ❖ زيادة بكثرة في نسبة الإنتاج مقارنة بالمجفف الشمسي. **(منصر لندة، العبيد سندس2018)**

ج. عيوب المجففات الهجينة:

- ➢يحتاج إلى يد عاملة ماهرة للصيانة.
- ➢ارتفاع تكليف الإنتاج والاستثمار.
- ➢ضرورة تزويده بمصادر الطاقة (الكهرباء والوقود).**(منصر لندة، العبيد سندس2018)**

I.5. مجلات استعمال المجفف الشمسي:

قد استغل الإنسان الطاقة الشمسية المتواجدة عبر أنحاء العالم لعملية التجفيف ، الموضحة في الجدول التالي : **[5]**

الجدول (I-1): بعض المواد التي تم تجفيفها عبر أنحاء العالم.

المادة المجفيفة	البلد
- الموز - أوراق الألمنيوم - الفلفل - البصل - الطماطم - الجزر	مـــالي
- الأرز	تايلاند / الفلبين
- العنب - المشمش - المنجا	المغرب
- اللحـــم - السمك	الكنغو / السنغال
- تجفيف الأعلاف	/
- البن - الزنجبيل - الكاكاو - الفول السوداني - الفاصوليا - الذرة	/ / /

6.I. طرق التجفيف:

1.6.I. الطرق الميكانيكية:

تُستخدم الطرق الميكانيكية في تجفيف المحاصيل، حيث يتم استخدام الأفران. تُعتبر هذه الطريقة فعّالة من حيث الوقت المستغرق في التجفيف وجودة المنتج النهائي، ولكنها تكلفة مرتفعة. لذلك، يُفضل استخدامها في حالات محددة، مثل الأحوال الجوية غير الملائمة لعملية التجفيف.

2.6.I. الطرق الفيزيائية– الكيميائية:

تعتمد الطرق الفيزيائية-الكيميائية على استخدام مواد تمتص الرطوبة، ولكن هذه الطريقة غير مناسبة للأغراض الصناعية عندما يتعلق الأمر بتجفيف المواد الصلبة.

3.6.I. الطرق الحرارية:

في الطرق الحرارية، يتم إزالة الرطوبة عن طريق تسخين المادة المبللة، سواء كان ذلك عن طريق التسخين المباشر، أو تمرير غازات ساخنة، أو استخدام الأشعة تحت الحمراء. **[17]**

الخلاصة:

في هذا الفضل، تم تعريف المفاهيم حول المجففات الشمسية فيها ذكرنا أنواعها وهي مباشرة وغير مباشرة ومختلطة بمزاياها وسلبياتها. لقد قمنا أيضا بتغطية تعريف المجففات الشمسية التقليدية يستخدمها الإنسان اليوم بالرغم من التطورات في هذا الوقت، خاصة في المناطق النائية وبسبب ندرة الموارد، والتي تتميز بسرعة تجفيف عالية ونظافة.

الفصل الثاني:

المجففات الدفيئة

المقدمة:

يعتبر Greenhouse Dryer تقنية زراعية مبتكرة تساعد على تحسين إنتاجية الزراعة وجودة المحاصيل في بيئة داخلية .مجفف الدفيئة هو نظام تقني مصمم لتحسين وتنظيم عملية التجفيف في الدفيئة من خلال تنظيم العوامل البيئية الهامة مثل درجة الحرارة والرطوبة والتهوية .تعتمد هذه المجففات على استخدام التهوية ودوران الهواء وتنظيم الحرارة لتجفيف المحاصيل بكفاءة في بيئة مغلقة في فترة زمنية قصيرة. توفر مجففات الدفيئة العديد من الفوائد المهمة للمزارعين والصناعة الزراعية بشكل عام .ومن هذه المزايا تحسين جودة المحصول المجفف، حيث يتم تعديل الظروف البيئية داخل المجفف للحفاظ على خصائص طعم المحصول ولونه وقيمته الغذائية .بالإضافة إلى ذلك، تساعد هذه التقنية في تقليل خسائر المحاصيل بسبب التعفن أو التلف الناتج عن ظروف التجفيف غير المناسبة

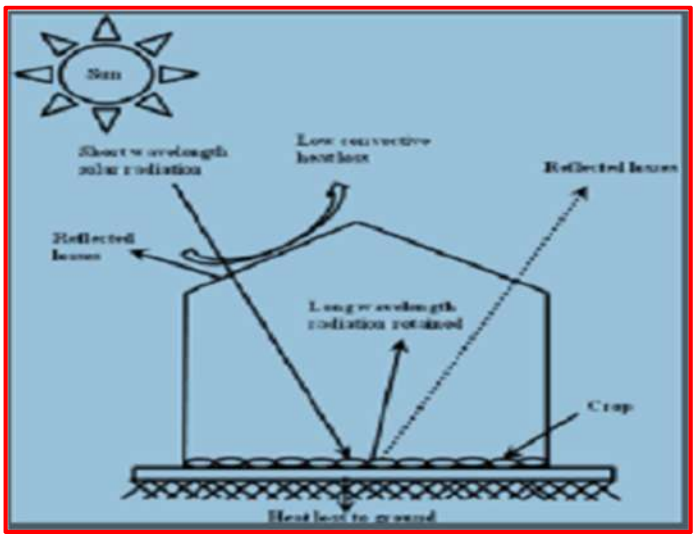
II.1. المجففات الدفيئة:

يمكن تصنيف مجففات الدفيئة إما على أنها مجففات شمسية مباشرة أو في بعض الأحيان مجففات مختلطة. مجفف الدفيئة منخفض التكلفة وسهلا لتصنيع وبسيط التصميم. يمكن استخدام هذا في أي جزء من العالم. بناءً على طريقة دوران الهواء.

II.2. مبدأ عمل مجفف الدفيئة:

ظاهرة عمل تجفيف الدفيئة كما هو موضح في الشكل 1 تتمثل في وضع المنتج في صواني داخل المجفف، حيث تستقبل الصواني الإشعاعات الشمسية من خلال الغطاء البلاستيكي. يتم إزالة الرطوبة من المنتج بواسطة الحمل الحراري الطبيعي أو الحمل الحراري الجبري.

تقنية تجفيف الدفيئة تساهم في تحسين جودة المنتج المجفف وتقليل فترة التجفيف **.[18]**



الشكل(II-1):ظاهرة تجفيف الدفيئة**[18]**

1.3.II. تصنيف المجففات الدفيئة:

قدم kumar وآخرون تصنيفا مفصل للدفيئة. ينقسم مجفف الدفيئة بشكل أساسي إلى قسمين:

يعتمد النوع على الهيكل (1) شكل القبة و (2) نوع السقف المزدوج. الغرض من مجفف الدفيئة من نوع القبة هو تحقيق أقصى قدر استفد من الإشعاع الشمسي العالمي. وميزة السقف حتى في نوع Greenhouse Dryer هو المزيج الصحيح للهواء بالداخل مجفف. ومع ذلك، وفقًا لطريقة نقل الحرارة، يتم تقسيمها إلى:

النوعان هما (1) مجففات الدفيئة في الوضع السلبي و(2) مجففات الدفيئة في الوضع النشط.

يمكن أن يعمل كل مجفف في أي مجفف سلبي (الحامل الحراري طبيعي) أو الوضع النشط (الحمل الحراري القسري). **[19]**

2.3.IIمجفف الدفيئة تحت الوضع السلبي:

اقتراح JAIN وTiwariمجفف دفيئة تحت الوضع الحامل الحراري الطبيعي لعملية تجفيف في نفس الوقت ، وقد تم تجفيف في الشمس المفتوحة نفس الكمية كما هو مبين في الشكل 2 **[20]** ، تم حساب معامل نقل الكتلة الحرارية (hc) في كل وضع التجفيف ، كما ظهرت دراسة عندما يكون مجفف تحت الوضع السلبي (hc) أقل من التجفيف بشمس المفتوحة . كانت في بداية العملية التجفيف قيمة (hc)أعلى وتنخفض مع مرور الوقت .

الشكل(II-2): التجفيف بالشمس المفتوحة في البيوت الزجاجية في الوضع السلبي**[20]**

كما اقترح فرحات وآخرون مجفف الدفيئة تحت الوضع الحمل الحراري الطبيعي للبولي اثيلين لتجفيف. وفي نهاية عملية التجفيف قد تصل نسبة التقلقل إلى 83 %.

كما اقترح koyuncn مجففات دفيئة جديدة للخدمة الشاقة تحت وضع الحامل الطبيعي**[21]**. قد أجريت اختبار لتجفيف في هذه المجففات وقد تم مقرنتها بالتجفيف الطبيعي تحت نفس الظروف المناخية، المادة المجفف كان أعلى جودة وأكثر كفاءة بمرتين ونصف من التجفيف الطبيعي.

3.II. مجففات الطاقة الشمسية النشطة:

قدم Condori و Sarvavia معدل التبخر إلى قسمين مختلفين من مجففات الدفيئة الحرارية القسرية (غرفة مفردة وغرفة مزدوجة)**[22]** .ولمجفف الدفيئة تحت الوضع النشط هنالك نوعان من مصادر الطاقة هما الهواء و الإشعاع الشمسي.

تم إجراء تجربة لعملية التجفيف. وكانت النتائج تكشف أن هذا المزدوج لمجفف الدفيئة بالغرفة أكثر إنتاج بنسبة 87 % من مجفف الدفيئة لغرفة نفس المنطقة كما أن مجفف الدفيئة منخفض التكلفة كما تحت الحامل الحراري الإجباري، وتستقبل الصينية التجفيف الإشعاع الشمسي على الرغم من جدران البلاستيك الشفافة للمجفف.

النموذج المختبري الذي تم إنشاء فيه مجفف في شمال الأرجنتين، قد تم إجراء تجربة في ظروف السماء صافية، وكانت نتائج التجربة سلوك التجفيف جيدة مع معدل تجفيف جيد، مع حد مقبول للرطوبة.

يتم حساب أداء المجفف على أنه وظيفة إمكانية التجفيف، تم إجراء تجربة لتجفيف في الأنماط الثلاثة للتجفيف – التجفيف المفتوح بالشمس، مجفف دفيئة تحت حرارة الطبيعة وتحت الحامل الحراري القسري في الهند **[20]**.

تم حساب معامل الكتلة الحرارية لجميع أوضاع التجفيف الثلاثة في المرحلة الأولى من التجفيف، في الوضع الحامل الحراري قيمة المعامل نقل الكتلة مضاعفة بقوة مما هو عليه في الوضع الحامل الحراري الطبيعي لمجفف الدفيئة. (الشكل 3)

الشكل(II-3): التجفيف الدفيئة في الوضع النشط.

- **المواد الغذائية التي يمكن تجفيفها في مجفف الدفيئة:**

يمكن باستخدام مجفف الدفيئة تجفيف العديد من الفواكه والخضر بكفاءة كبيرة. **[8]**

II.4. إيجابيات مجفف دفيئة:

تم تحسين عملية التجفيف بشكل كبير عن طريق استخدام المجفف الدفيء بدلاً من المجفف الشمسي التقليدي. حيث أدى استخدام المجفف الدفيء إلى تسريع عملية التجفيف إلى الضعف مقارنةً بالمجفف الشمسي التقليدي. ونتيجة لذلك، تم التغلب على مشاكل تجفيف الخضروات والفواكه ذات المحتوى العالي من الرطوبة.

تم تصميم المجفف الدفيئة ليعمل كمجفف شمسي، حيث يمكن الحصول على أقصى كمية منتج مجفف ممكنة مع أقل تكلفة في البناء والصيانة والتشغيل. تم تصميمه بطريقة تتيح تجفيف مجموعة متنوعة من المنتجات الزراعية بسرعة، خاصةً تلك التي تحتوي على نسب عالية من الرطوبة. وبفضل هذه الميزات، يتمكن المزارعون من تسويق منتجاتهم بشكل مستمر لفترة طويلة.

بالإضافة إلى ذلك، يستخدم المجفف الدفيء تقنية شمسية، مما يقلل من استهلاك الطاقة وبالتالي من تكاليف الإنتاج. وبالتالي، يتم تحقيق هدف تحسين الشروط الصحية للمنتجات المجففة بشكل كبير عند استخدام المجفف الدفيء في تجفيف الخضروات والفواكه، حيث لم تعد مشكلة تلوث المنتجات المجففة بالغبار والحشرات قائمة، نظرًا لعدم إجراء عملية التجفيف في الهواء الطلق. وبالإضافة إلى ذلك، تحتفظ المنتجات المجففة بخواصها الغذائية ولونها الجذاب، حيث لا تتعرض مباشرة لأشعة الشمس. **[8]**

II.5. أهمية تجفيف الدفيئة:

تعتبر تقنية التجفيف الدفيئة بواسطة أشعة الشمس هي الأكثر انتشارا واستخدامًا في البلدان النامية للحفاظ على المنتجات الزراعية. ومع ذلك، قد لا تؤدي هذه الطريقة إلى نتائج مرضية في ظل الظروف الجوية غير الملائمة، مما يؤدي إلى تدهور جودة وموثوقية المنتجات **[23]**. تحدث هذه الخسائر بسبب وجود الغبار والأوساخ وكذلك تأثير البكتيريا والحشرات. ومن الممكن تجنب هذه الخسائر من خلال استخدام أساليب تجفيف بديلة أفضل (GHD) استخدام مجففات الدفيئة لتجنب مشاكل التجفيف بواسطة أشعة الشمس المفتوحة **[24].**

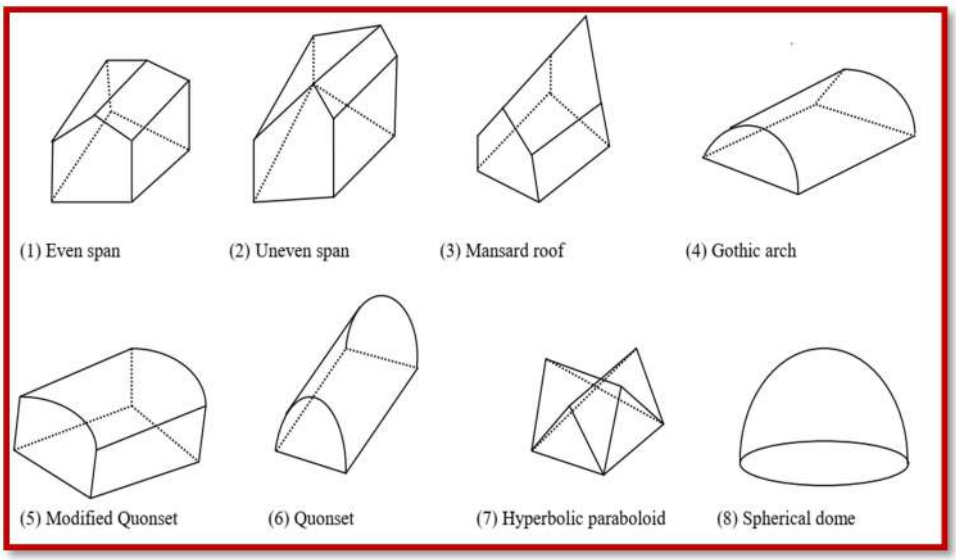
في مجففات الدفيئة، يتم وضع المحاصيل داخل رفوف في هيكل مغلق، وتتم عملية إزالة الرطوبة سواء عن طريق التسخين الطبيعي أو القسري. وتعتمد طريقة نقل الحرارة على إزالة هواء الرطب من المجفف. المزايا الرئيسية لاستخدام GHDهي:

- تكلفة التصنيع منخفضة.

- يمكن استخدام هيكل مجففات الدفيئة على مدار العام، مما يساعد على زيادة إنتاج المحصول المجففة.
- يساهم استخدام مجففات الدفيئة في تحسين استغلال الطاقة الشمسية من حيث الكفاءة.

II.6. أشكال مجفف الدفيئة:

تصميم الدفيئة وشكلها واتجاهها يلعبون دورا حاسما في أداء الدفيئة وتتوفر العديد من الاشكال للبيوت البلاستيكية، والأشكال الاساسية المعتمدة لتلك البيوت موضحة في الشكل 4 **[18]**.



الشكل(II-4): الأشكال الأساسية للبيوت البلاستيكية. **[18]**

الخلاصة:

يمكن القول إن المجففات الدفيئة هي تقنية مهمة في مجال تجفيف المواد والمنتجات. تتميز هذه المجففات بتصميمها الخاص الذي يتيح استخدام الطاقة الشمسية لتسخين وتجفيف المنتجات. تصنف المجففات الدفيئة عمومًا إلى وضعين رئيسيين وهما الوضع السلبي والوضع النشط. كما تعد المجففات الدفيئة ذات أهمية كبيرة في تجفيف المنتجات الزراعية والغذائية. وتتوفر المجففات الدفيئة بأشكال مختلفة، بما في ذلك المجففات الشمسية الدفيئة والمجففات الهوائية الدفيئة ،ويعتبر استخدام المجففات الدفيئة أمرًا مهمًا في تجفيف المواد والمنتجات، حيث يمكن تحسين جودة المنتجات وتقليل فترة التجفيف وتوفير الطاقة. يجب اختيار الشكل المناسب للمجفف الدفيئة بناءً على احتياجات وظروف.

الجزء التطبيقي

الفصل الثالث: تصميم وانجاز المجفف الشمسي

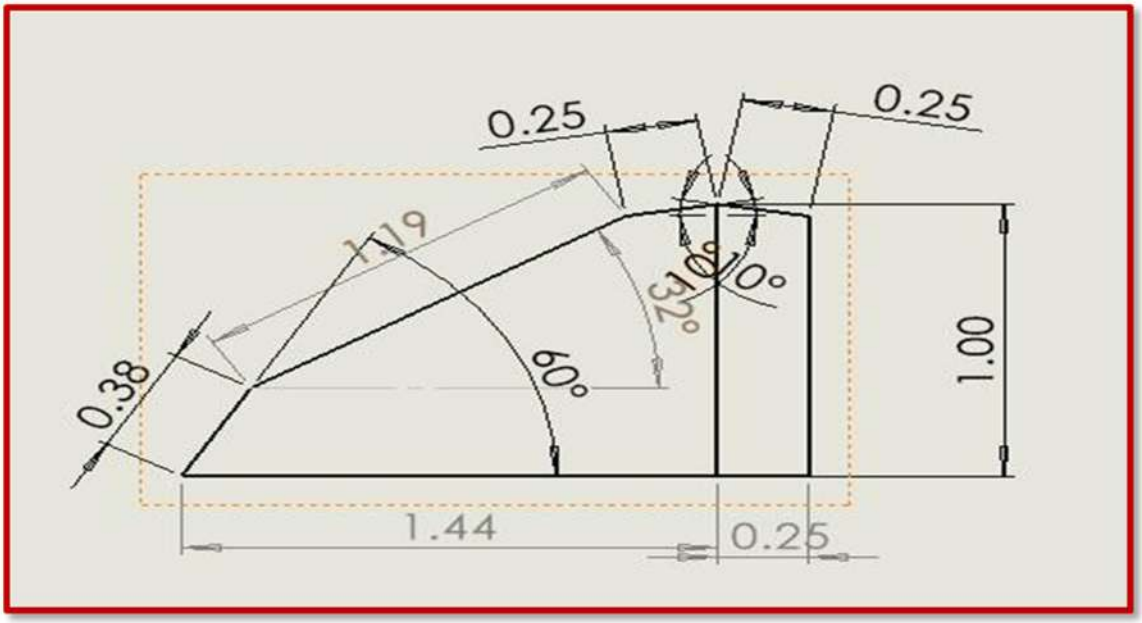
مقدمة:

تم تصميم مجفف شمسي متقدم يلبي احتياجات عملية التجفيف بكفاءة عالية. يتألف هذا المجفف من عدة عناصر مهمة تعمل معًا لتحقيق أداء ممتاز في تجفيف المواد. سنستعرض هنا العناصر المكونة لهذا المجفف الشمسي المبتكر.

1.III. تصميم المجفف الشمسي:

بعد الدراسة للعوامل المناخية والجغرافيا لمنطقة وقصد تصميم مجفف شمسي من نوع الدفيء تم الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- المساحة الجنوبية تكون أكبر ومائلة زاوية 32° حتى تتلقى أكبر قدر من الأشعة الشمسية مما تساعد في زيادة كفاءة المجفف الدفئي.
- سطح المجفف والذي يكون مائل بزاويتين نحو الشمال والجنوب وذلك لتجنب تراكم الأتربة واحتقان الماء عند نزول الامطار.
- يجب أن يكون الجدار الشمالي عازل ويتميز بلون الأسود من الداخل لزيادة امتصاص الاشعة الشمسية مما سيسعدنا في رفع درجة حرارة المجفف.
- تم الأخذ بعين الاعتبار أن تكون المواد المستخدمة في صناعة المجفف الجديد متين ومناسب لتحمل الظروف المناخية والجغرافية للمنطقة.



الشكل(III-1): أبعاد عناصر المجسم الشمسي.

2.III. الأدوات المستعملة:

1.2.III. الهيكل:

يعتبر الهيكل الحديدي أحد العناصر الأساسية والحيوية في صناعة مجفف شمسي داخل البيوت الدفيئة. يتمتع الهيكل الحديدي بأهمية كبيرة وذلك للأسباب التالية:

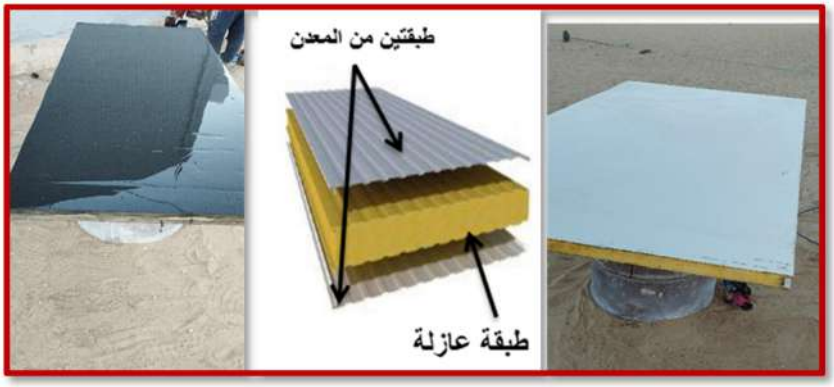
يوفر الهيكل الحديدي دعمًا قويًا ومتينًا للمجفف ومكوناته الأخرى. كما يتحمل الأحمال الميكانيكية والوزن الكبير للبنية والمعدات المستخدمة في عملية التجفيف. بفضل قوته وصلابته، ويمكن تحمل الظروف الجوية القاسية مثل الرياح القوية والعوامل البيئية الأخرى. ويسهم في تحقيق استقرار وتوازن المجفف داخل البيوت الدفيئة. ويعمل كذلك على توزيع الأحمال بالتساوي ومنع الاهتزازات والحركات غير المرغوب فيها، مما يحافظ على سلامة المجفف ويضمن استمرارية عملية التجفيف بكفاءة. ويمكن تصميم وتعديل الهيكل الحديدي بسهولة وفقًا لاحتياجات ومتطلبات المجفف. يتيح الهيكل المرونة في تعديل أبعاد وارتفاع المجفف، مما يسمح بتكييفه لمتطلبات المساحة المتاحة ويتم تصنيعه من مواد مقاومة للتآكل مثل الحديد المجلفن أو الفولاذ المقاوم للصدأ. هذا يساهم في زيادة عمر الهيكل ومقاومته للتآكل الناجم عن الرطوبة والعوامل الجوية المتغيرة في منطقة وادي سوف.

الشكل(III-2): هيكل المجفف.

2.2.III. صفائح السندويتش:

في صناعة هذا المجفف الشمسي، تم استخدام صفائح الساندويتش كطبقة عازلة من الأسفل. تتكون صفائح الساندويتش من طبقتين خارجيتين من المعدن، مثل الصاج المجلفن، وطبقة عازلة بينهما، مثل البولي يوريثين أو البوليسترين. توفر هذه الصفائح عزلاً حراريًا فعالًا وتقلل من فقد الحرارة من الأسفل. علاوة على ذلك، يتم طلاء الوجه الداخلي للصفائح بالدهن الأسود لزيادة امتصاص الأشعة الشمسية. اللون الأسود يعتبر ممتازًا في امتصاص الطاقة الحرارية من الشمس، حيث يساعد في تحويل الأشعة الشمسية

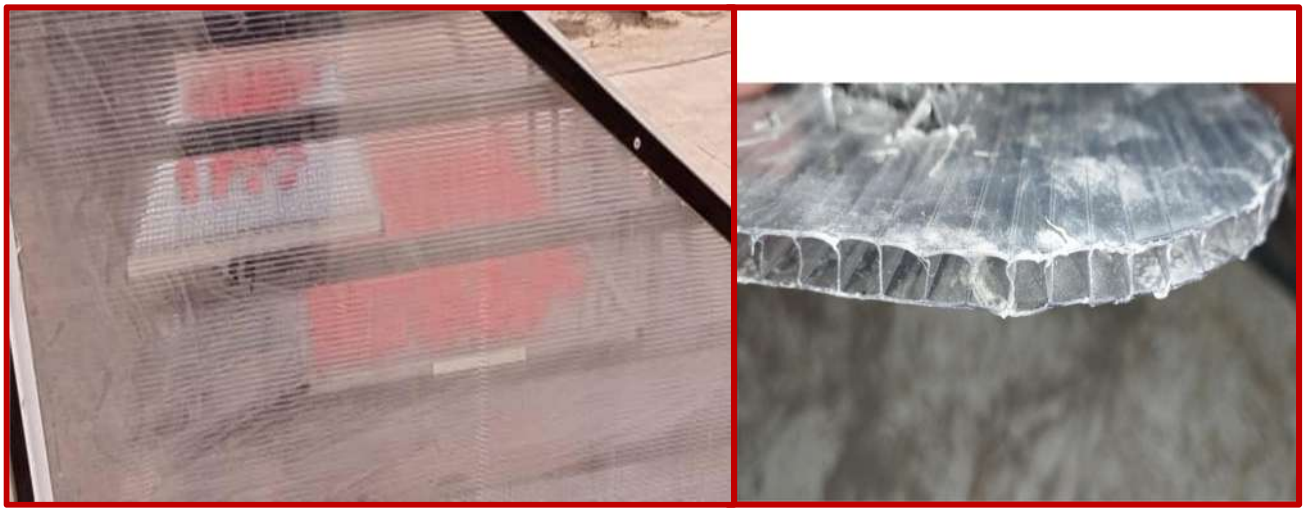
إلى حرارة بشكل أكبر. هذا الدهان الأسود يساهم في زيادة درجة الحرارة داخل المجفف نتيجة لظاهرة الاحتباس الحراري، حيث يعمل على تقليل خروج الحرارة المتولدة داخل المجفف ويحتفظ بالحرارة بشكل فعال. وباستخدام صفائح الساندويتش عازلة من الأسفل وتطبيق الدهن الأسود على الوجه الداخلي، يتم تحسين كفاءة عمل المجفف الشمسي وزيادة درجة الحرارة داخله، مما يسهم في تسريع عملية التجفيف وتحقيق نتائج أفضل.



الشكل(III-3): صفائح السندويتش

III.3.2. البولي كربونات:

في هذا المجفف الشمسي، تم استخدام البولي كربونات كمادة لتكون واجهة الغلاف الخارجي للمجفف. يتميز البولي كربونات بخصائصه الفريدة التي تتيح تمرير أشعة الشمس داخل المجفف وتوفير الحماية للمنتج من العوامل الخارجية. ويعتبر البولي كربونات شفافًا للضوء ويسمح بتمرير أشعة الشمس بكفاءة. هذا يعني أن الضوء الشمسي يمكنه اختراق المجفف والوصول إلى النباتات أو المنتجات الموجودة بداخله، مما يساعد في عملية التجفيف. كما يتمتع بمقاومة عالية للعوامل الجوية والتآكل. ويحمي الغلاف النباتات أو المنتجات الموجودة داخل المجفف من التأثيرات الخارجية مثل الرياح القوية والأمطار والغبار. بالإضافة إلى ذلك، يمتاز البولي كربونات بمقاومته للأشعة فوق البنفسجية، مما يحمي المنتجات من تأثيرات أشعة الشمس الضارة. كما يتمتع بقدرة جيدة على الاحتفاظ بالحرارة داخل المجفف. ويساهم هذا في ظاهرة الاحتباس الحراري، حيث يمنع تسرب الحرارة إلى الخارج ويحتفظ بالحرارة المتولدة داخل المجفف، مما يعزز عملية التجفيف ويساعد في تحقيق درجات حرارة مرتفعة تعزز فعالية التجفيف.



الشكل(III-4): صفائح البولي كربونات.

III.4.2. المواد العازلة السليكون:

يتم استخدام مادة السيليكون في صناعة هذا المجفف لعدة أغراض مهمة. واحدة من هذه الأغراض هي زيادة احكام وتثبيت صفائح البولي كربونات وصفائح الساندويتش على الهيكل الحديدي. كما يستخدم السيليكون كمادة لاصقة قوية ومرنة. عند وضع طبقة من السيليكون بين الهيكل الحديدي وصفائح البولي كربونات وصفائح الساندويتش، يمكن تحقيق اتصال قوي ومحكم بينهما. يساهم السيليكون في تثبيت الصفائح بشكل آمن ومنع حدوث حركة أو تسرب في المجفف. بالإضافة إلى ذلك، يساعد السيليكون في منع تسرب الحرارة من خلال سد الثغرات أو الفجوات بين الصفائح والهيكل الحديدي. يتم تطبيق السيليكون بشكل متساوٍ ومتساهل على طول حواف الصفائح لضمان عدم وجود فجوات تسمح بتسرب الحرارة.

الشكل(III-5): مادة عازلة (السيليكون).

III.5.2. الدهن الأسود:

في صناعة هذا المجفف، تم استخدام الدهن الأسود لطلاء صفائح الساندويتش من الجهة الداخلية، بالإضافة إلى طلاء الأبواب الداخلية. يتم ذلك بهدف زيادة درجة الحرارة داخل المجفف. اللون الأسود يعتبر لونًا ممتازًا في امتصاص الطاقة الحرارية من الشمس. عندما يتعرض الدهن الأسود للأشعة الشمسية، فإنه يمتص كمية كبيرة من الطاقة الحرارية ويحولها إلى حرارة. هذا يساعد في زيادة درجة الحرارة داخل المجفف. ومن خلال طلاء صفائح الساندويتش والأبواب الداخلية بالدهن الأسود، يتم زيادة معدل امتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة داخل المجفف. هذا يعزز عملية التجفيف ويساعد في تحقيق درجات حرارة مرتفعة وثابتة داخل المجفف.

الشكل(III-6): علبة الدهن الأسود.

III.6.2. الزاوية الحديدية:

تم استخدام الزوايا الحديدية في تصميم المجفف الشمسي بهدف تحقيق عدة أهداف مهمة. أولاً، تساعد الزوايا الحديدية في إحكام الهيكل وتوفير استقرار للمجفف. تعمل الزوايا على تثبيت صفائح البولي كربونات وصفائح الساندويتش بإحكام على الهيكل الحديدي، مما يمنع حدوث حركة أو انزلاق غير مرغوب فيه. وبالإضافة إلى ذلك، تساهم في منع تسرب الغبار والجسيمات الأخرى إلى داخل المجفف. عندما يتم تركيب الزوايا بشكل صحيح ودقيق، تشكل حاجزًا مانعًا لتسرب الغبار من الخارج إلى داخل المجفف. هذا يحمي النباتات أو المنتجات الموجودة داخل المجفف من التلوث ويحافظ على نقاء المنتج. كذلك بالنسبة للحرارة، تسهم في منع تسرب الحرارة من داخل المجفف. عندما يتم تثبيت الصفائح والبانو الساندويتش بإحكام في الهيكل الحديدي باستخدام الزوايا، يتم تقليل الفجوات والمساحات الفارغة التي يمكن أن تؤدي إلى تسرب الحرارة. هذا يعزز كفاءة التجفيف ويسمح بالاحتفاظ بالحرارة المولدة داخل المجفف، مما يساعد على تحقيق درجات حرارة مرتفعة وثابتة.

الشكل(III-7): الزاوية الحديدية وتركيبها.

III.7.2. الأبواب:

ولقد تم استخدام الأبواب المصنوعة من صفائح الساندويتش في هذا المجفف الشمسي بغرض تحقيق عزل حراري فعال وتسهيل عملية إدخال وإخراج المواد المراد تجفيفها. هذا التصميم يسمح بتحقيق عزل حراري فعال حيث يتم تقليل انتقال الحرارة من الخارج إلى الداخل والعكس. وبالنسبة للطلاء الأسود الذي تم وضعه على الأبواب، يهدف إلى زيادة امتصاص الحرارة من الأشعة الشمسية ويتم امتصاص كمية كبيرة من الطاقة الحرارية وتحويلها إلى حرارة. هذا يساعد في زيادة درجة الحرارة داخل المجفف وتعزيز عملية التجفيف.

الشكل(III-8): أبواب المجفف الشمسي.

III.8.2. المروحة:

تم تركيب المروحة في المجفف الشمسي بهدف تحسين تدفق الهواء داخل المجفف وتعزيز عملية التجفيف. المروحة تعمل على تحريك الهواء وتوجيهه للمناطق المراد تجفيفها، مما يزيد من تدفق الهواء

وتناقل الحرارة داخل المجفف. وتوجد عدة فوائد لتركيب المروحة في المجفف الشمسي. تعزز المروحة تدفق الهواء بشكل مستمر داخل المجفف، مما يساعد في إزالة الرطوبة من المادة المراد تجفيفها. يتم سحب الهواء الرطب وتدفقه خلال المواد المجففة، مما يعزز عملية التبخر وتجفيفها بشكل أسرع. وتعمل المروحة على تسريع توزيع الحرارة في المجفف. عندما يتم تشغيل المروحة، يتم تحريك الهواء الساخن المتراكم في المجفف وتوجيهه نحو المناطق التي تحتاج إلى التجفيف. هذا يساعد في توزيع الحرارة بشكل متساوٍ في المجفف، مما يعني أن جميع المواد الموجودة ستتلقى حرارة متساوية وتجف شكل متجانس.

الشكل(III-9): المروحية.

III.9.2. فتحة أدخال الهواء:

لقد تم تصميم فتحات الدخول والخروج في المجفف الشمسي بعناية لضمان توجيه وتدفق الهواء بشكل مناسب. تم وضع فتحة دخول الهواء في الجانب الأيمن السفلي من المجفف للسماح بدخول الهواء الخارجي من الوسط وتوجيهه نحو المناطق التي تحتاج إلى التجفيف. هذا يسمح بتدفق الهواء بشكل متوازن ومتجانس داخل المجفف. بالمثل، تم وضع فتحة الخروج في الجانب الأيسر وسط المجفف للسماح بخروج الهواء الساخن المحمل بالرطوبة. بتوجيه فتحة الخروج في هذا الموضع، يتم تجنب تجمع الهواء الساخن في الأعلى وضياعه، حيث يميل الهواء الساخن إلى الصعود إلى الأعلى نتيجة لاحتراره. بالتالي، يتم ضمان إخراج الهواء الساخن المحمل بالرطوبة بكفاءة وتجنب فقدانه في الأعلى.

الشكل(III-10): فتحة إدخال الهواء.

10.2.III. خطوات التركيب:

1. تصميم الهيكل:

قمنا بتلحيم الهيكل باستخدام مادة الحديد أو أي مادة أخرى قوية ومتينة. يجب أن يتم تصميم الهيكل بحيث يكون مستويًا وثابتًا.

الشكل(III-11): تصميم الهيكل.

2. طلاء الهيكل باللون الأسود:

قمنا بطلاء الهيكل بلون أسود لاستيعاب أكبر قدر من الحرارة من أشعة الشمس. يمكن استخدام طلاء الأسود المطفي أو الطلاء الشمسي الخاص لهذا الغرض.

الشكل (III-12): طلاء الهيكل باللون الأسود.

3. تثبيت الهيكل على القاعدة:

تثبيت الهيكل بإحكام على القاعدة. و استخدام البراغي أو الأسلاك لتثبيت الهيكل بشكل آمن.

الشكل (III-13): تثبيت الهيكل على القاعدة.

4. إحاطة الهيكل بمادة البولي كربونات:

يتم إحاطة الهيكل بمادة البولي كربونات الشفافة لحماية الأغراض الموجودة داخل المجفف من العوامل الجوية وللمساعدة في خلق تأثير الدفيئة داخل المجفف.

الشكل (III-14): إحاطة الهيكل بمادة البولي كربونات.

5. تثبيت الزاوية الحديدية:

تم تثبيت الزاوية الحديدية على المجفف الشمسي لإحكام الهيكل وتوفير استقرار للمجفف وتساهم في منع تسرب الغبار

الشكل (III-15): تثبيت الزاوية الحديدية.

6. تركيب الأبواب:

لقد قمنا بتركيب الأبواب في الجزء الأمامي من المجفف لتمكين دخول وخروج الهواء والأغراض بسهولة.

الشكل (III-16): تركيب الأبواب.

7. تركيب الهويات والقواطع:

تركيب هويات صغيرة في الجزء العلوي من المجفف للسماح بتدفق الهواء. كما قمنا بثبيت قواطع لزيادة ونقصان تدفق الهواء وتسهيل التجفيف

الشكل (III-17): تركيب الهويات والقواطع.

الخلاصة:

يمثل تصميم المجفف الشمسي الذي تمت مناقشته هنا نموذجًا متميزًا لتحسين عملية التجفيف. تم تضمين العناصر المهمة مثل الهيكل الحديدي المتين، وصفائح السندويتش والبولي كربونات للعزل الحراري وحفظ الحرارة، والأبواب المصمّمة للعزل الحراري وسهولة الوصول إلى المواد، والمروحة لتعزيز تدفق الهواء وتسريع عملية التجفيف، وفتحات إدخال وخروج الهواء لضمان توجيه صحيح للتدفق والتخلص من الرطوبة الساخنة. ويجمع هذا التصميم بين الكفاءة والعملية والعزل الحراري، مما يسمح للمجفف بالعمل بشكل فعال في مختلف الظروف الجوية، بفضل التصميم الدقيق والمواد ذات الجودة العالية، يتم تحقيق تجفيف فعال للمواد المختلفة بداخل المجفف. وباستخدام هذا المجفف الشمسي المتقدم، يمكن تحقيق مستويات عالية من الكفاءة والإنتاجية في عمليات التجفيف. يعد هذا التصميم الابتكاري خيارًا مثاليًا للمزارعين والمنتجين الذين يبحثون عن طرق فعالة ومستدامة لتجفيف المواد الزراعية والمنتجات الأخرى.

الفصل الرابع: النتائج والتحاليل

مقدمة:

عملية تجفيف الطماطم داخل غرفة التجفيف بمراقبة درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والأشعة الشمسية تهدف إلى إزالة الماء من الطماطم بطريقة متحكمة وفعالة. يتم تحقيق ذلك عن طريق ضبط الظروف البيئية داخل الغرفة ومراقبتها باستخدام أجهزة قياس ومراقبة مختلفة. يتم تجهيز الطماطم ووضعها على رفوف داخل الغرفة، ويتم ضبط درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وكمية الأشعة الشمسية وفقًا للمتطلبات المحددة. يتم مراقبة الظروف البيئية باستمرار وتسجيل البيانات المتعلقة بها. بتوفير هذه الظروف المناسبة والمراقبة الدقيقة، يمكن الحصول على طماطم مجففة ذات جودة عالية وفترة صلاحية طويلة، مما يسهم في الحفاظ على قيمتها الغذائية واستخدامها في مجموعة متنوعة من الأطباق.

1.IV. أجهزة القياس:

1.1.IV. جهاز قياس الأشعة الشمسية Fluke IRR1-SOL:

هو المصمم خصيصًا لقياس شدة الإشعاع الشمسي وقوة الضوء في تطبيقات الطاقة الشمسية. يتم استخدام هذا الجهاز لقياس الإشعاع الشمسي الواقع على الأسطح الشمسية، مثل الألواح الشمسية والمراكب الشمسية والأجهزة الأخرى التي تعتمد على الطاقة الشمسية.

يحتوي جهاز Fluke IRR1-SOL على مستشعر بصري مدمج يقيس الإشعاع الشمسي بوحدة الواط/المتر المربع (W/m^2). يوفر الجهاز قراءات دقيقة وسريعة لشدة الإشعاع الشمسي، ويعرض القيمة على شاشة العرض الرقمية.

يحتوي الجهاز على مدى قياس واسع يتراوح من 0 إلى 2000 واط/متر مربع، مما يسمح بقياس الإشعاع الشمسي في مجموعة متنوعة من الظروف الإضاءة. كما يتميز الجهاز بدقة عالية وثبات في الأداء، مما يجعله مثاليًا للاستخدام في تطبيقات الطاقة الشمسية وقياس الأداء والتحقق من الكفاءة.

يتم تشغيل جهاز Fluke IRR1-SOL بواسطة بطارية قابلة للشحن، مما يجعله محمولًا وسهل الاستخدام في الحقول والمواقع الخارجية. يتضمن الجهاز أيضًا وظيفة تسجيل البيانات لتسجيل القراءات على مدى فترة زمنية محددة.

الشكل (IV-1): جهاز قياس الأشعة الشمسية Fluke IRR1-SOL.

IV.2.1. جهاز قياس سرعة الرياح ANEMOMETER AM-4206M:

هو جهاز محمول ودقيق يستخدم لقياس سرعة الرياح في مختلف التطبيقات، ويعتبر أداة مفيدة للرصد الجوي والطاقة الرياحية والأنشطة الأخرى التي تتطلب قياس سرعة الرياح.

يتميز جهاز AM-4206M بتصميم محمول وسهل الاستخدام، مما يتيح للمستخدم قياس سرعة الرياح بسهولة في أي مكان. يحتوي الجهاز على شاشة عرض رقمية لعرض القراءات بوحدات السرعة المناسبة مثل متر في الثانية (m/s) وغيرها.

يتم قياس سرعة الرياح باستخدام المراوح الداخلية الموجودة في الجهاز. يقوم المراوح بتحويل حركة الهواء إلى إشارة كهربائية، وبناءً على هذه الإشارة يتم حساب سرعة الرياح. يتم توفير الجهاز عادةً مع مجموعة من القرصنة القابلة للتبديل بأطوال مختلفة، مما يسمح للمستخدم بتحديد الطول المناسب وفقًا للاحتياجات.

لديه وظائف إضافية مثل قياس درجة الحرارة، وقياس الرطوبة، ووظائف تخزين البيانات ونقلها إلى الكمبيوتر للتحليل والتوثيق.

الشكل (IV-2): جهاز قياس سرعة الرياح ANEMOMETER AM-4206M.

3.1.IV. ميزان رقمي صغير:

يستخدم لقياس وزن المجوهرات بحمولة تصل إلى 500 جرام. هذه الأنواع من الميازين الرقمية المحمولة تعتبر شائعة في مجال المجوهرات والصياغة وغيرها من التطبيقات الصغيرة التي تتطلب قياس دقيق للأوزان الخفيفة.

تعمل هذه الميازين عادةً بتقنية الاستشعار الإلكتروني، حيث يتم وضع العنصر المراد قياس وزنه على منصة الوزن ويتم قراءة القيمة على الشاشة الرقمية. يتم عرض الوزن بوحدات القياس الشائعة مثل الجرام (g) وغيرها.

ميزان الجيب الرقمي يتميز عادةً بالحجم الصغير والخفيفة الوزن، مما يجعله سهل الحمل والاستخدام أثناء التنقل. كما أنها تتميز بدقة عالية وقدرة على إعطاء قراءات سريعة وموثوقة.

تم الاعتماد على هذا الميزان الرقمي الصغير في تجربتنا من أجل حصول على نتائج دقيقة.

الشكل (IV-3): ميزان رقمي صغير.

4.1.IV. مقياس الرطوبة الحرارية:

المستخدم داخل غرف التجفيف هو جهاز يستخدم لقياس مستوى الرطوبة ودرجة الحرارة داخل الغرفة. يعتبر هذا النوع من المقاييس أداة هامة في عمليات التجفيف والتهوية ومراقبة البيئة في مختلف التطبيقات.

يتكون مقياس الرطوبة الحرارية من مستشعرات تقوم بقياس الرطوبة النسبية في الهواء ودرجة الحرارة. وتقوم الأجهزة الحديثة بتحويل القراءات إلى قيم رقمية وعرضها على شاشة العرض. كما يوفر بعض المقاييس وظائف إضافية مثل تسجيل البيانات والتنبيهات عند تجاوز حدود محددة.

تطبيقات مقاييس الرطوبة الحرارية داخل غرف التجفيف تشمل التجارب العلمية، والمختبرات، والصناعات التحويلية، وصناعة الأغذية، وصناعة الأدوية. يساعد قياس ومراقبة الرطوبة ودرجة الحرارة على ضمان الحفاظ على ظروف تجفيف مثالية للمواد والمنتجات وضمان الجودة والكفاءة.

الشكل (IV-4): مقياس الرطوبة الحرارية.

2.IV. عملية التحضير:

تم تنفيذ تجربتنا هذي التي تتضمن عملية التجفيف في مركز البحث في الطاقات المتجدد بالملحق الجامعي لجامعة الشهيد حمه لخضر بحي الشهداء بالوادي.

1. قمنا بإحضار الطماطم وتنظيفها بلطف وازالة الأوساخ.

الشكل (IV-5): التحضير الأولي للطماطم

2. ثم وضعنا الطماطم على الرفوف المخصصة. ووضعها داخل المجفف الشمسي.

الشكل (IV-6): وضع الطماطم على الرفوف داخل المجفف الشمسي.

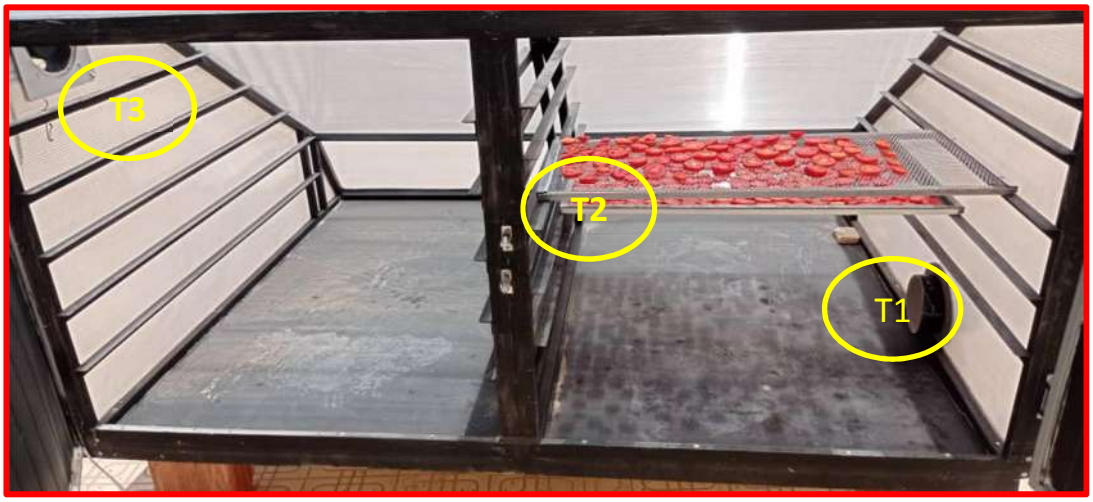
3.IV. عملية القياس:

1. تتبع درجة الحرارة في أماكن مختلفة

T1 عند المدخل.

T2 مركز المجفف.

T3 عند المخرج .



الشكل (IV-8): تتبع درجة الحراة في المجفف

2. قمنا بمراقبة الإشعاع الشمسي بانتظام في كل خطوة.

الشكل (IV-9): مراقبة الإشعاع الشمسي.

3. قمنا بقياس سرعة الرياح بشكل منتظم في كل مرحلة.

الشكل (IV-10): قياس سرعة الرياح.

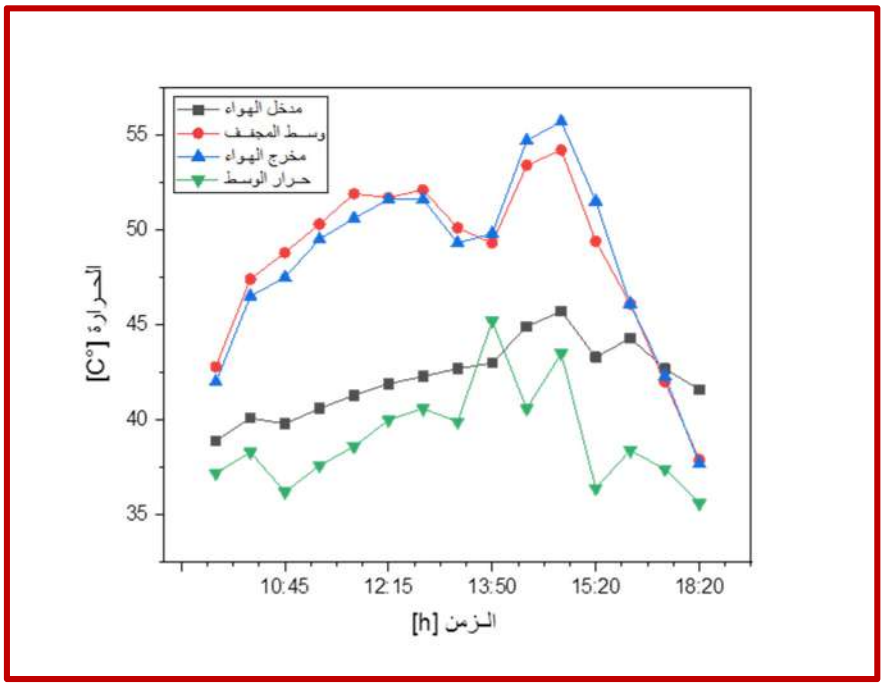
4. قمنا بمراقبة وزن عينة من الطماطم بانتظام للتأكد من تجفيفها بشكل صحيح.

الشكل (IV-11): مراقبة وزن عينة الطماطم.

4.IV. النتائج والتحاليل:

1.4.IV. تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن:

اليوم الأول :

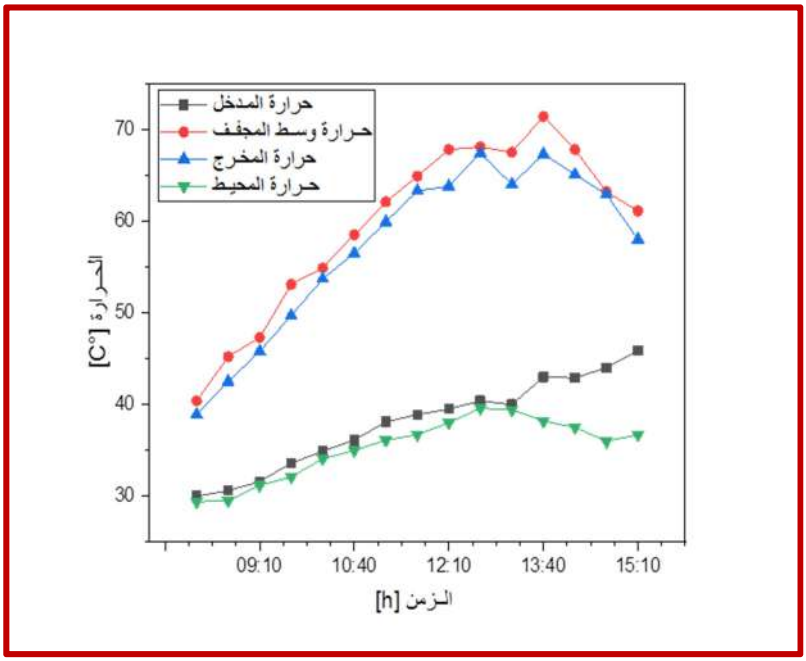


الشكل (IV-12): منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن.

التحليل:

منحنى اليوم الاول أعلاه يوضح درجات الحرارة لعدة نقاط من المجفف كالمدخل والوسط والمخرج بالإضافة الي درجة حرارة المحيط حيث كانت درجة الحرارة القصوى 45.7 و 54.2 و 55.7 و 45.2 على التوالي، تعتبر درجات الحرارة التي يوفرها المجفف جد مرضية لتجفيف المنتجات.

اليوم الثاني :



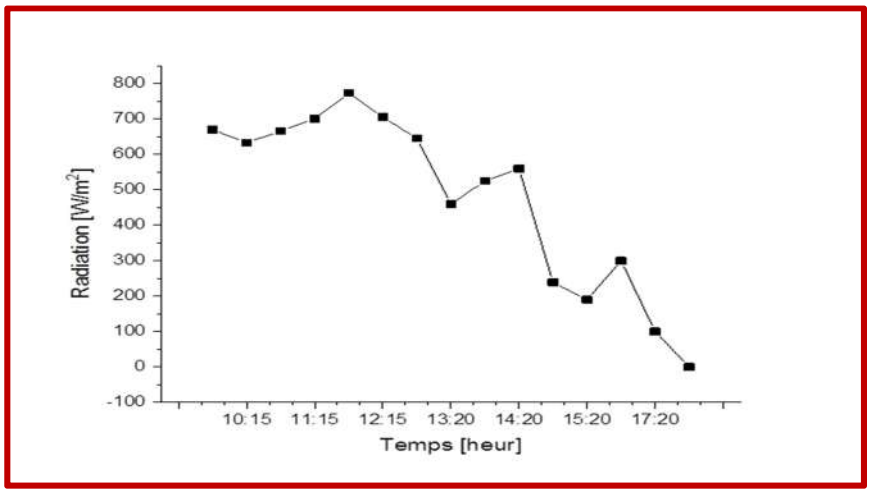
الشكل (IV-13): منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن.

التحليل :

منحنى اليوم الثاني أعلاه يوضح درجات الحرارة لنقاط المذكورة آنفا حيث كانت درجة الحرارة القصوى 45.9 و 71.4 و 67.4 و 39.4 على التوالي، تعتبر درجات الحرارة التي يوفرها المجفف مرتفعة نوعا ما لتجفيف المنتجات.

IV.2.4. تغيرات الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.

اليوم الأول:



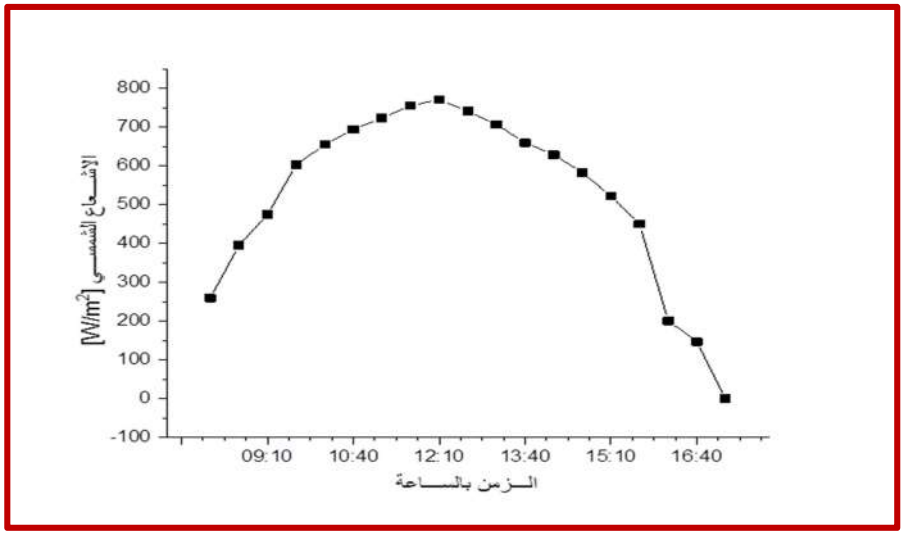
الشكل (IV-14): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.

التحليل:

هذه المنحنى يعبر عن قوة الإشعاع الشمسي المستلمة بواط/م² في يوم الجمعة 9 جوان 2023. نلاحظ أن القوة الإشعاع تتراوح بين 0 و773 واط/م²، حيث تصبح أقل في فترات الصباح والمساء وتصبح أعلى في فترة الظهيرة هناك بعض النقاط التي تكون فيها الاشعاع منخفض وذلك راجع الي السحب التي تحجب الاشعاع من حين لآخر.

- نلاحظ انخفاض قوة الإشعاع بين الساعة 13:20 دقيقة و الساعة 14:20 دقيقة بسبب وجود الغيوم خلال هذه الفترة ، حيث تتراوح قوة الإشعاع بين 400 و 550 واط/م².

اليوم الثاني :



الشكل (IV-15): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.

التحليل:

هذه المنحنى يعبر عن قوة الإشعاع الشمسي المستلمة بواط/م² في يوم الجمعة 10 جوان 2023. نلاحظ أن القوة الإشعاع تتراوح بين 0 و771 واط/م²، حيث تصبح أقل في فترات الصباح والمساء وتصبح أعلى في فترة الظهيرة، المنحنى الموضح يشبه الي حد بعيد المنحنى المثالي.

5.IV. النتائج

- **عيوب التجفيف في الخارج (التجفيف الطبيعي)**

الشكل (IV-16): صورة توضح نتيجة التجفيف الطبيعي

- **عينة من التجفيف داخل المجفف**

الشكل (IV-17): صورة توضح نتيجة التجفيف داخل المجفف الشمسي

الخلاصة:

يمكن القول إن عملية تجفيف الطماطم داخل غرفة التجفيف تعتبر عملية متحكمة وفعالة تهدف إلى إزالة الماء من الطماطم بطريقة متحكمة ومراقبة. يتم تحقيق ذلك عن طريق ضبط ومراقبة درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والأشعة الشمسية داخل الغرفة. ويتم تجهيز الطماطم ووضعها على رفوف داخل الغرفة، وتتم مراقبة وتسجيل درجة الحرارة عند المدخل والمخرج ومركز المجفف وسرعة الرياح وكمية الأشعة الشمسية وفقًا للمتطلبات المحددة. يتم مراقبة الظروف البيئية باستمرار وتسجيل البيانات المتعلقة بها، من خلال توفير الظروف المناسبة والمراقبة الدقيقة، يمكن الحصول على طماطم مجففة ذات جودة عالية وفترة صلاحية طويلة. تحافظ هذه العملية على قيمة الطماطم الغذائية وتتيح استخدامها في مجموعة متنوعة من الأطباق. وباستخدام تقنيات التحكم والمراقبة الحديثة، يمكن للمزارعين والمصنعين تحقيق تجفيف طماطم فعال ومحسّن لتلبية الاحتياجات السوق وتعزيز قدرتهم على توفير منتجات مجففة ذات جودة عالية.

خاتمة عامة

خاتمة عامة:

يعد تحسين أداء المجفف الشمسي الدفيء في المناطق الصحراوية تحديًا هامًا لتعزيز الاستدامة الزراعية وتحقيق كفاءة الطاقة. بعد إجراء هذا البحث، يمكن تلخيص نتائجه على النحو التالي:

- أثبت تصميم المجفف الحديدي كفاءة عالية من خلال استخدام مواد عازلة مثل صفائح الساندويتش والزوايا الحديدية، مما يمنع تسرب الحرارة إلى البيئة الخارجية.

- زيادة المساحة المائلة في واجهة المجفف بزاوية °32درجة لتعزز كفاءته.

- التكلفة المعقولة للمجفف يجعله بديلاً جيدًا للمجففات المتاحة في السوق التي تعمل بالكهرباء.

- سهولة تصنيع واستخدام هذا المجفف تشجع على زيادة الوعي لدى الفلاحين.

- وصلت أعلى درجة حرارة داخل المجفف إلى 97.5 درجة مئوية.

- سُجلت أعلى درجة حرارة للبيئة الخارجية أثناء أخذ القياسات وبلغت 45.2 درجة مئوية.

- الوقت المطلوب لتجفيف الطماطم هو...

الوقت اللازم لتجفيف مادة الطماطم يتم تحديده حسب عدة عوامل، مثل سماكة الشرائح وحجم المادة المراد تجفيفها وظروف البيئة. يمكن أن يتراوح الوقت المطلوب لتجفيف الطماطم في المجفف الشمسي الدفيء بين عدة ساعات إلى عدة أيام، حسب هذه العوامل. يجب أن يتم ضبط وتحديد فترة الزمن بعناية للحصول على نتائج تجفيف مثالية والحفاظ على جودة المنتج النهائي.

قائمة المراجع

المراجع بالغة العربية

[1] محمود عبد الرحمن ياسين، تطوير وفحص أداء مجفف شمسي هجين لتجفيف المحاصيل الزراعية في العراق، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة تكريت كلية الهندسة , 2020م.

[4] مالك نبيل الكميم ، حمزة عبعوب ، إنجاز ودراسة وكفاءة الطاقوية لنظام التخزين الحراري باستخدام مواد ماصة مختلفة ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، كلية المحروقات والطاقات المتجددة وعلوم الأرض ، مذكرة تخرج ماجستير أكدمي ، 2018-2019. صورة

[5] مختار العاتي, المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعة , رسالة ماجستير , جامعة قاصدي مرباح ورقلة ,الجزائر , 2011م.

[6] طارق إسماعيل كاخيا , الكيمياء الصناعية الجزء الأول تكنولوجيا الصناعات الكيميائية اللاعضوية ,علم الكيمياء, الصفحة 22.

[7] م. حمد الفارس , الطاقة الشمسية ,مجلة العلوم و التقنية , الجزء الأول العدد ISSN10173056.34 ربيع آخر 1416ه/ سبتمبر 1995م.

[8] محمد سليم أشنبة، رنا ماجد جاموس، التجفيف الشمسي للفواكه والخضروات، مركز ابحاث التنزع الحيوي والبيئة، نابلس فلسطين (2016).

[9] أ .د نصر أبو فول , التجميد والتجفيف , مركز العمل التنموي/ معا , الطبعة الأولى , غزة- 2009 م.

[12] منصر لنده، العبيد سندس، توزيع درجة الحرارة في المجفف الشمسي، جامعة شهيد حمه لخضر بالوادي، كلية علوم دقيقة، مذكرة تخرج ماستر أكدمي، 2018.

[14]كتيب فني المجففات الشمسية ، ازدهار البلدان كرامة الناس ، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا ، الأمم المتحدة ، بيروت .

[15] قادري شهرة، دراسة مقارنة تجريبية وعددية لانتقال الحرارة في المجفف الشمسي، مذكرة تخرج مـاستر أكاديمي علوم المادة، جامعة الشهيد حمة لخضر ،2019.

[16]محمود عبد الرحمن ياسين، تطوير وفحص أداء مجفف شمسي هجين لتجفيف المحاصيل الزراعية في العراق، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي جامعة تكريت كلية الهندسة، 2020م.

[17] محمود شاكر عبد الحسين ، عبد الله عبد الشكور ، العمليات الصناعية – الامن الصناعي إدارة محطات الخدمة ، القاهرة ، 2006.

المراجع بالغة الأجنبية

[2] Green, M., & Schwarz, D. (2001a). Solar drying technology for food preservation. Eschbom, Germany: Gate Information Service infogate GTZ.

[3] Boussalia Amar . Contribution a L' etude de shchage solire de produits agricoles locaux diplôme de magister . universite mentouri – constantine . algeria. 2010.

[10]Rechia Messaoudi .Hayat Bcadi. etude th eorique du sechage solaire directe. Université Ahmed draia –Adrar. faculté des sciences et de la Tecgmologie Département des sciences de la matiére Mémoire de fin d'étude. en vue de l'ibtention du diplomemaster en ohydique énergétique et energies renovelables. 2021

[11]Yacine Cheradide , Samira Chouicha, Abdelghani Boubekri. Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire de développement des Energies Nouvelles et Renouvelables dans les Zones Arides et sahariennes, Faculté des Sciences Appliquées, Ouargla, du 22 au 24 Novembre, 2015.

[13]Ahmed BAHADJ,"Etude expérimentale de séchage solaire de la pomme de terre" ,Mémoire de Master academique , Université Kasdi Merbah Ouargla ,Algerie ,2014.

[18]R. K. Sahdev, Open sun and greenhouse drying of agricultural and food products: A Review, International Journal of Engineering Research& Technology, 3, 2014, 2278-0181**.**

[19] Kumar A, Tiwari GN, Kumar S, Pandey M. Role of greenhouse technology in agricultural engineering. International Journal of Agricultural Research 2006;1 (4):364–72.

[20] Jain D,Tiwari GN. Effect of greenhouse on crop drying under natural and forced convection I: evaluation of convective mass transfer coefficient. Energy Conversion and Management2004;45:765–83.

[21] Koyuncu T.An Investigation on the performance Improvement of greenhousetype agricultural dryers. Renewable Energy 2006;31:1055–71.

[22] Condori M, Saravia L. The performance of forced convection greenhouse driers. Renewable Energy 1998;13(4):453–69.

[23] Agrawal, S Tiwari, S, , Tiwari, G. PVT air collector integrated greenhouse dryers . Renew .Sustain. Energy Rev .2018,90,142-159.

[24] Saravia ,L . Condori, M .Echazu ,R . Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. R Energy 2001, 22,447-460.