الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب: .....

رقم التسلسل: .....

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاعات وطاقة

من إعداد:

- مسعودي عون

- مسعودي نصر

الموضوع

تحقيق تجريبي جديد للتجفيف الشمسي في منطقه وادي سوف (الجزائر)

نوقشت يوم: 2024/06/24

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

- بوراس فتحي	أستاذ محاضر - أ -	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	رئيسًا
- عطية محمد الهادي	أستاذ محاضر - أ -	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	ممتحنا
- حاج عمار محمد علي	أستاذ محاضر - أ -	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مؤطرًا

الموسم الجامعي 2024/2023

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

﴿ ۞ وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا ۚ إِمَّا يَبْلُغَنَّ عِندَكَ الْكِبَرَ أَحَدُهُمَا أَوْ كِلَاهُمَا فَلَا تَقُل لَّهُمَا أُفٍّ وَلَا تَنْهَرْهُمَا وَقُل لَّهُمَا قَوْلًا كَرِيمًا﴾ الإسراء[23]

اهدي ثمرة هذا العمل إلى روح ابي الطاهرة ، راجيا من المولى عز وجل ان يتغمده بواسع رحمته وان يسكنه فسيح جناته مع النبيئين والصديقين والشهداء وحسن اولئك رفيقا.

وإلى نبع الحنان امي الغالية حفظها الله ورعاها وادام عليها موفور الصحة والعافية،

وإلى من تتقاسم معي لحظات الحياة زوجتي العزيزة

وإلى من هم من صلبي وقرة عيني ابنائي الاعزاء

محمد البشير وسندس ورقية ويسرى وعمار(ابايا) وآمنة .

وإلى من هم سندي في الدنيا اخوتي واخواتي

إلى كل الاصدقاء كل باسمه وجميل وصفه،

وإلى كل من ساعدونا في انجاز هذا العمل المتواضع

وخاصة صديقي ورفيق الدراسة الجامعية الاخ الذي لم تلده امي الاستاذ

المشرف حاج عمار محمد علي

وإلى جميع طلبة العلم اتمنى لكم النجاح والتوفيق .....

مسعودي عون

الإهداء

﴿ ۞ وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا ۚ إِمَّا يَبْلُغَنَّ عِندَكَ الْكِبَرَ أَحَدُهُمَا أَوْ كِلَاهُمَا فَلَا تَقُل لَّهُمَا أُفٍّ وَلَا تَنْهَرْهُمَا وَقُل لَّهُمَا قَوْلًا كَرِيمًا﴾ الإسراء[23]

اهدي ثمرة هذا العمل إلى الذين هما سبب وجودي في الدنيا والدي الغالي الذي منحني القوة ورعاني وتعب في تربيتي واحسست في كنفه بالامن والهناء .

وإلى نبع الحنان امي الغالية حفظها الله ورعاها وادام عليها موفور الصحة والعافية،

وإلى من تتقاسم معي لحظات الحياة زوجتي العزيزة

وإلى من هم من صلبي وقرة عيني ابنائي الاعزاء

مروان وإسراء و آية شفاها الله وسارة ومارية

وإلى من هم سندي في الدنيا اخوتي واخواتي

إلى كل الاصدقاء كل باسمه وجميل وصفه،

وإلى كل من ساعدونا في إنجاز هذا العمل المتواضع

وخاصة الاستاذ المشرف حاج عمار محمد علي

وإلى جميع طلبة العلم اتمنى لكم النجاح والتوفيق .....

مسعودي نصر

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات جل شأنه وعظم قدره وتقدست كلماته والذي بسط علينا وافر رحمنه وجزيل نعمه بان وفقنا لإنهاء هذا العمل المتواضع ،والصلاة والسلام على شفيعنا وحبيبنا محمد عليه افضل الصلاة وازكى التسليم .

وعملا بقول النبي ﷺ { **من لايشكر الناس لايشكرالله** } فإننانتوجه بالشكرإلى كل أساتذتنا الذين اناروا لنا طريق المعرفة والعلم طوال مشوارنا الدراسي من المستوى الابتدائي إلى الجامعي

وإلى من سار معنا خطوة بخطوة طوال مسيرتنا في إ نجاز هذا العمل، إلى من نصحنا ويسر لنا طريق التعلم والمعرفة الأستاذ الدكتور الغالي والمتميز والمحترم **"حاج عمار محمد علي"**

كما نتقدم بالشكر الجزيل الى كل من ساعدنا من قريب او بعيد في انجاز هذا العمل المتواضع الذي نتمنى ان يفيد القراء

كما يسعدنا أن نتقدم بالشكر الجزيل لأعضاء اللجنة كل باسمه ومقامه وجميل وصفه على موافقتهم مناقشة هذاالعمل

كما لايفوتنا ان نتقدم بالشكرالجزيل الى الزميل موساوي محمد الصالح على كل ما قدمه لنا من مساعدات طيلة هذا العام و سهره على تنسيق هذا العمل وتنظيمه من الناحية الشكلية

وفي الختام لايسعنا إلا أن نشكر وحدة البحث في الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق القاحلة التابعة لجامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي

فهرس المحتويات

الإهداء..... I
شكر وتقدير II
فهرس المحتويات IV
فهرس الأشكال..... VIII
فهرس الجداول..... X
فهرس الرموز XI
المقدمة العامة 1
قائمة مراجع المقدمة العامة..... 3

الجزء النظري

الفصل الأول: مفاهيم عامة حول التجفيف الشمسي

I-1- مقدمة..... 4
I-2- الشمس 4
I-3- الاشعاع الشمسي 4
I-3-1- مفهوم الاشعاع الشمسي 4
I-3-2- تركيب الاشعاع الشمسي 5
I-3-3- الثابت الشمسي 6
I-3-4- أنواع الإشعاع الشمسي 6
I-3-5- زاوية سقوط الاشعة..... 7
I-4-التجفيف 7
I-4-1- تعريف التجفيف..... 7
I-4-1-1- تجفيف طبيعي..... 8
I-4-1-2- تجفيف صناعي..... 8
I-4-2 الظواهرالفيزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف..... 8
I-4-2-1 الانتقال الحراري 9
I-4-2-2 الانتقال الكلي 9

I-4-3- أساليب التجفيف 9
I-4-3-1- التجفيف بالحمل 9
I-4-3-2- التجفيف بالتوصيل 9
I-4-3-3- التجفيف بالإشعاع 9
I-4-3-4- التجفيف بالتجميد 9
I-4-4- العوامل التي تؤثرعلى سرعة التجفيف 10
I-4-5- فوائد تجفيف الأغذية 10
I-4-6- شكل توزيع الماء داخل الجسم المسامي وكيفية التخلص منه 11
I-5- خلاصة 12
قائمة مراجع الفصل الأول 13

الفصل الثاني: أنواع المجففات وطريقة تجفيفها

II-1- مقدمة 16
II-2- المجففات الشمسية 16
II-2-1- المجففات الشمسية التقليدية 16
II -2-2- المجففات الشمسية المباشرة 17
II-2-2-1- المجففات الشمسيةالمباشرة ذات الحمل الطبيعي 18
II-2-2-2- المجففات الشمسية المباشرة ذات الحمل القسري 18
II-2-2-3- مميزات وعيوب المجففات المباشرة 19
II-2-3- المجففات الشمسية غيرالمباشرة 19
II -2-3-1-المجففات الشمسية غيرالمباشرة ذات الحمل الطبيعي 20
II-2-3-2- المجففات الشمسية غيرالمباشرة ذات الحمل القسري 20
II-2-3-3- مميزات وعيوب المجففات غيرالمباشرة 21
II-2-4– نفق مجففات الطاقة الشمسية 21
II-2-5– المجففات الشمسية المختلطة (الهجينة) 22
II-2-6– المجففات الشمسية ذات اللواقط المعدلة 24
II-2-6-1- مجففات شمسية بلواقط مسطحة 24

II-2- 6 -2- مجففات شمسية بلاقط مقعر (مكافئ) 26
II-2-6 -3- مجففات ذات لواقط نصف أسطوانية 27
II-2-6–4- مجفف ذو الماص المقلوب 27
II-3- المعاملات الاساسية لتقييم أداء المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب 28
II-4- خلاصة الفصل 29
قائمة مراجع الفصل الثاني 30

**** الجزء العملي****

الفصل الثالث: النتائج التجريبية ومناقشتها

III-1- مقدمة 34
III-2- التجربة الأولى 39
III-3- التجربة الثانية 47
قائمة مراجع الفصل الثالث 53
خاتمة عامة 55
الملخـص 56

فهرس الأشكال

ترتيب الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الأول	
(1-I)	الإشعاع الشمسي	5
(2-I)	توزيع الإشعاع الشمسي	5
(3-I)	الثابت الشمسي I_0 بدلالة اليوم من السنة	6
(4-I)	تغيرات الإشعاع داخل الغلاف الجوي	7
(5-I)	الأشعة المائلة والأشعة العمودية وأثرها على سطح الأرض	7
(6-I)	التجفيف الطبيعي للمحاصيل الزراعية	8
(7-I)	توزيع الماء داخل الجسم الصلب(منتج)	11
	الفصل الثاني	
(1-II)	تجفيف تقليدي للطماطم	16
(2-II)	مجففات شمسية تقليدية	17
(3-II)	صورة لمجففات شمسية مباشرة	18
(4-II)	صورة مجفف شمسي مباشر به مدخنة	18
(5-II)	صورة مجفف شمسي مباشر ذو حمل القسري	19
(6-II)	مجففات شمسية غير مباشرة ذات حمل طبيعي	20
(7-II)	مجفف شمسي غير مباشر ذو حمل قسري	21
(8-II)	رسم تخطيطي لنفق مجفف الطاقة الشمسية	22
(9-II)	مجففات الطاقة الشمسية المختلطة	22
(10-II)	مجفف شمسي هجين نشط	23
(11-II)	اللاقط الأول	24
(12-II)	اللاقط الثاني	24
(13-II)	اللاقط الثالث	24
(14-II)	لاقط بحواجز عمودية	25
(15-II)	لاقط بحواجز عمودية متعاكسة	25
(16-II)	لاقط بحواجز مبعثرة	25
(17-II)	لاقط بحواجز أفقية	26

(18-II)	مجففات شمسية بلاقط مكافىء	26
(19-II)	مجففات شمسية بلواقط نصف اسطوانية	27
(20-II)	صورة لمجفف شمسي ذو ماص مقلوب.	27

الفصل الثالث

(1-III)	متوسط الإشعاع الشمسي اليومي ودرجة الحرارة وزاوية الميل في منطقة الوادي-الجزائر	39
(2-III)	صورة المجفيفين على مستوى وحدة البحث في الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق القاحلة	39
(3-III)	صورة للمجمع الشمسي للمجفف ذو الماص المقلوب	28
(4-III)	صورة غرفة التجفيف للمجفف ذو الماص المقلوب	28
(5-III)	صورة لغطاء غرفة التجفيف للمجفف ذو الماص المقلوب	29
(6-III)	صورة لدرج المشبك للمجفف ذو الماص المقلوب	29
(7-III)	صورة لمروحة المجفف ذو الماص المقلوب	29
(8-III)	صورة لحامل التحكم في دوران المجفف ذو الماص المقلوب	30
(9-III)	صورة توضح كيفية إستعمال البوليستيران داخل غرفة التجفيف	30
(10-III)	صورة للوحة الشمسية المستعملة في التجربة	31
(11-III)	صورة للبطارية المستعملة في التجربة	31
(12-III)	صورة توضح كيفية وضع المجفيفين	40
(13-III)	صورة توضح أ)كيفية التقطيع ب)وضع شرائح الطماطم في غرفتي التجفيف	42
(14-III)	صورة لمقياس درجة الحرارة والمستشعر الحراري	42
(15-III)	صورة لمقياس سرعة الرياح	43
(16-III)	صورة للميزان الإلكتروني المستعمل	43
(17-III)	ضبط إتجاه المجفف الدوار باستمرار للحفاظ على الزاوية المثلى نحو الشمس خلال ساعات النهار	44
(18-III)	منحنى تغيرات شدة الاشعاع الشمسي ,درجات الحرارة ,سرعة الهواء ونسبة رطوبة المحيط خلال عملية التجفيف	44-43
(19-III)	تغير درجة حرارة هواء اللاقط للمجفيفين	44
(20-III)	درجة حرارة هواء الغرفة للمجفيفين	44

(21-III)	منحنى تغيرت كتلة العينة للحالات الثلاث	45
(22-III)	نتائج الإثبات والمقارنة من طرف رمضان وآخرون	46
(23-III)	منحنى تغيركفاء ة المجففين الدوار والثابت اثناء يوم تجريب	46
(24-III)	مراحل تثبيت الاسطوانات نحاسية على احد غرف التجفيف	47
(25-III)	صورة وضع المجفيفين على المحور الدوار	48
(26-III)	صورة العينات على مستوى المجفيفين أ)الغرفة ذات الزعانف ب (غرفة بدون زعانف.	48
(27-III)	منحنى تغيرات شدة الاشعاع الشمسي خلال عملية التجفيف	49
(28-III)	تغيرات درجة حرارة الغرفة للمجفيفين أ)الغرفة ذات الزعانف ب (غرفة بدون زعانف	50
(29-III)	منحنى تغيرات كتلة العينة في غرفتي التجفيف (أ الغرفة ذات الزعانف ب غرفة بدون زعانف)	51
(30-III)	منحنى تغيرات كفاءة المجفيفين خلال التجربتين	51

فهرس الرموز

الرمز	الاصطلاح	الوحدة
Mc	المحتوى الرطوبي	بدون
mi	الكتلة الابتدائية	Kg
mf	الكتلة النهائية	Kg
V_a	سرعة تدفق الهواء داخل المجفف	m/s
ρ_a	الكتلة الحجمية للهواء داخل المجفف	Kg/m^3
C_p	السعة الحرارية للهواء داخل المجفف	$J/^0C$
T	درجة الحرارة	^0C
G_a	متوسط تدفق الاشعاع الشمسي	W/m^2
P_{fw}	استطاعة المروحة المغذية للمجفف	W
η_d	كفاءة التجفيف	J/W
E_G	الطاقة المكتسبة لتبخير الرطوبة	J

المقدمة
العامة

مقدمة عامة

تعتبر الطاقة أهم الأشياء التي يحتاجها الإنسان في حياته، وقد استخدمها منذ القدم في التدفئة والطهي، من حلال استغلال حطب الأشجار، ثم انتقل الا نسان الى استعمال الفحم الحجري لأنه أكثر طاقة، وبعد اكتشاف البترول والغاز استخدمها بدلا منها و للحصول على مصادر الطاقة نشبت حروب واستعمرت دول وزاد الصراع بعد أزمة انقطاع البترول عام 1973 وكذا الارتفاع الشديد لأسعاره في السوق العالمية من خلال حقبة القرن الواحد والعشرين. خاصة عند فترة الأزمة المالية 2007 [1]، وما زاد الوضع تفاقما الحرب الروسية الأوكرانية حاليا، بدأ الاهتمام بموضوع توفير الطاقة، وكثفت جهود البحث العلمي لإيجاد مصادر للطاقات المتجددة.

تعتبر الطاقة الشمسية من اكبر الموارد المتجددة، فالأرض تستلم يوميا من طاقة الشمس ما يساوي 15ألف مرة من الطاقة التي ينتجها الإنسان من الأنواع كافة، حيث تقوم الشمس بإمداد الأرض بطاقة تزيد عن إجمالي احتياجات واستهلاك العالم لمدة عام، حيث أن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أشعة الشمس لمدة 105 دقيقة تكفي احتياجات واستهلاك لمدة طويلة، وهي مصدر معظم الطاقات المتجددة المتوفرة على سطح الأرض إلى الإشعاعات الشمسية فجميع أنواع الطاقات الغير متجددة تكونت بسبب أشعة الشمس وما تبع ذلك من حرارة وضغط عبر فترات زمنية طويلة، بالإضافة إلى مصادر الطاقة الثانوية طاقة الرياح وطاقة الأمواج والطاقة الكهرومائية تتميز الطاقة الشمسية بخصائص عدة منها [2]:

- متوفرة في جميع أنحاء العالم،
- توفر فرص عمل في مجالات الصناعية ذات النمو المستدا،
- تقليل من الاعتماد على موارد الطاقة،
- صديقة للبيئة مقارنة بالطاقات الأخرى.

ومن بين استعمالات الاشعاع الشمسي هو استغلاله في عملية التجفيف، وهي احد الطرق المستعملة للحفاظ على الفائض من الانتاج خاصة للمحاصيل الزراعية كما هو الحال في شعبة الطماطم وغيرها في ولاية الوادي. بالرغم من تواجد طرق اخرى للحفاظ على الفائض من الانتاج كالتبريد والمعالجة الوراثية، الا انها تعتبر طرق مكلفة اقتصاديا مقارنة بتقنية التجفيف الشمسي. يعتبر التجفيف الشمسي التقليدي الاكثرشيوعا عبر العالم باعتباره اسهل الطرق في تجفيف المنتجات الزراعية، الا انها في الغالب ما تعطي منتج ذو جودة منخفضة، وذلك يعود الى عدة عوامل اهمها التقلبات الجوية كتعرض المنتج للغبار والاتربة والحشرات والقوارض والاكثر من ذلك طول مدة التجفيف يجعل الفطريات والبكتيريا تنمو على المنتج خاصة في بداية العملية، ويستمر عمل الانزيمات والتفاعلات المصاحبة التي تؤثر على لون المنتج النهائي. وبناءا على هذا يعتبر استغلال الطاقة الشمسية التي تزخر بها منطقتنا الوادي امر بالغ الاهمية، فهي تمتلك امكانيات شمسية تأهلها الى القيام بعدة تجارب على الانظمة التى تشتغل بالاشعاع الشمسي حيث يصل معدل ساعات الاشعاع الشمسي الى 3500 ساعة / سنة في ولاية الوادي[3].

وفي هذا الصدد، اجريت العديد من التجارب في مجال التجفيف ومن ابرزها اعمال الباحث بوغالي واخرون [4] من جامعة ورقلة حيثو قامو بتجفيف الطماطم بواسطة مجفف شمسي هجين تحت ظروق طقس الحقيقة لمنطقة ورقلة الصحراوية 2009، حيث تم غسل الطماطم بالماء لإزالة الأوساخ من الجلد ثم تقطعها بعناية إلى شرائح بسمك 10 ملم. وابرز النتائج التى وصلو اليها هو مدة التجفيف التي دامت من 5 الى 6 ساعات تحت درجة حرارة غرفة التجفيف ما بين 50 الى 55 م^0. كذلك قام رمضان واخرون [5] من جمهورية مصر العربية بمقارنة بين نظامين للتجفيف ذو اللاقط المسطح، احدهما ثابت والاخر دوار متتبع للشمس تحت نفس شروط الحقيقة للطقس، وسنقوم بسرد مزيد من التحسينات على مستوي المجفف التي من شأنها الرفع من كفاءته و الحصول على نتائج جيدة وهذا كله من اجل اعطاء معلومات دقيقة للاستثمار في مجال التجفيف خاصة في ولايتنا التى اصبحت قطب فلاحي بإمتياز، وعلية كانت سيرورة التجارب بإدخال اولا محور دوار مثبت عليه المجفف ذو الماص المقلوب لتتبع الاشعاع الشمسي طيله مدة التجريب من اجل استقبال وامتصاص اكبر كمية من الاشعاع ومقارنة النتائج مع أداء مجفف ثابت متجة نحو الجنوب وكليهما يجففان نفس المادة (طماطم)، اما سير العملية الثانية وبعد الاثبات من نتائج المقارنة قمنا بدراسة تجريبية تتمثل في إدخال مادة مصممة على شكل انابيب نحاسية (زعانف) في مدخل غرفة احد المجفيفات ومقارنة ادائها بالغرفة الخالية من هذه الانابيب وكليهما موضوع على المحور الدوار والهدف من ذلك الرفع وتحسين من مردود غرفة التجفيف.

وقسمت الاعمال الى ثلاثة فصول محتواها التالي:

الفصل الاول: يتم التطرق فيه بصفة عامة إلى أهم المفاهيم العامة حول التجفيف والتجفيف الشمسي بصفة خاصة كذلك سلبيات وايجابيات كل نوع وطريقة حفظ الأغذية المجففة وفوائد تجفيف الغذاء.

الفصل الثاني: يتم التطرق فيه لمختلف أنواع المجففات الشمسية وطريق تجفيفها بالتفصيل ، كما تم التطرق الى المجفف ذو الماص المقلوب ومبدا عمله.

الفسل الثالث : خصص لعمل تجريبي قائم علىوضيح الادوات المستعملة في التجربة و سرد الخطوات الاساسية للتجارب المنجزة (الاولى والثانية) ودراسة النتائج وتحليلها.

قائمة مراجع المقدمة العامة

[1] هبة الرحمن أحمد، جبريل عبدالله عبد القادرلعيرج، الطاقة الشمسية التجارب و المعوقات ،المركز القومي لبحوث الإسكان والبناء مصر، مؤسسة الإسكان والمراف ليبيا ،2020 ، ص2.

[2] قادري شهرة ، دراسة مقارنة تجريبية وعددية لانتقال الحرارة في المجفف الشمسي ، مذكرة ماستر، كلية العلوم الدقيقة، قسم الفيزياء ، جامعة الشهيد حمة لخضر، الوادي، الجزائر،2019 ،ص7.

[3] مختار العاتي، المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية، رسالة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر (2011). ص32.

[4] S. Boughali, H. Benmouss, B. Bouchekima, D. Mennouche, H. Bouguettaia, D. Bechki, Crop drying by indirect active hybrid solar – Electrical dryer in the eastern Algerian Septentrional Sahara, Solar Energy 83 (2009) 2223–2232

[5] Ramadan ElGamal, Sameh Kishk, Salim Al-Rejaie, Gamal ElMasry , Incorporation of a Solar Tracking System for Enhancing 1 the Performance of Solar Air Heaters in Drying Apple Slices , Renewable Energy, 1481(20)31889-9

الجزء
النظري

الفصل الأول

مفاهيم عامة حول التجفيف الشمسي

I-1- مقدمة:

نعلم جميعنا أن الشمس هي المصدر الأساسي للطاقات المتجددة في الأرض وذلك عن طريق إشعاعها الشمسي الذي يصل إلى الأرض بكميات تختلف من منطقة إلى أخرى ويتعلق بموضعها بالنسبة للأرض وكذا فصول السنة وأحوال الطقس المختلفة، وسنتطرق في هذا الفصل إلى عموميات حول التجفيف الشمسي وأساليبه وأهميته في الحياة اليومية للإنسان.

I-2- الشمس:

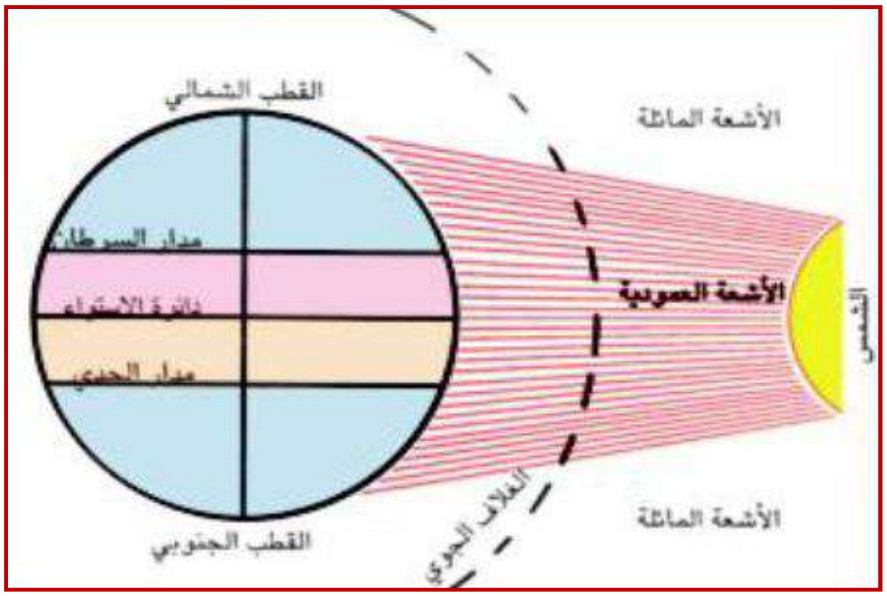
الشمس هي النجم المركزي للمجموعة الشمسية تقريبا كروية الشكل تشبه كرة غازية هائلة من الغازات الساخنة، وتتألف بنسبة 80٪ من الهيدروجين و 19 ٪ من الهيليوم ، بينما يشكل النسبة المتبقية 1 ٪ مزيجًا من أكثر من 100عنصر. [1]

يبلغ قطرها حوالي 1,392,684 كيلومتر، وهو ما يعادل 109 أضعاف قطر الأرض، وكتلتها 2×10^{30} كيلوغرام وهو ما يعادل 330,000 ضعف كتلة الأرض وهو ما يشكل نسبة 99.86 % من كتلة المجموعة الشمسية [2] وهي النجم الأقرب الى الأرض، حيث يستغرق ضوئها حوالي 8 دقائق ليصل إلينا. وهذا ما يجعلها تدعم الحياة عليها من الناحية البشرية، اذ تكتسي الشمس أهمية كبيرة لأنها تكون أصل الحياة على الأرض، حيث توفر كميات هائلة من الطاقة التي تمكن وجود الماء في حالة السائل وعملية التركيب الضوئي للنباتات. كما يعود الإشعاع الشمسي أيضا بالمسؤولية عن المناخ والظواهر الجوية[3].

I-3- الإشعاع الشمسي:

I-3-1- مفهوم الإشعاع الشمسي:

هو عبارة عن مجموعة من الموجات الكهرومغناطيسية، التي من الممكن رؤية جزء من هذه الموجات بالعين المجردة والتي تسمى بالضوء المرئي، أما الأجزاء المتبقية فلا يمكن رؤيتها لذلك تسمى بالضوء غير المرئي ، تمتلك الموجات الكهرومغناطيسية طاقة حرارية، حيث تقاس هذه الطاقة الكهرومغناطيسية بوحدة تسمى الحريرة يختلف مقدار هذه الطاقة تبعا للطول الموجي للموجة التي تكون الشعاع، حيث يزداد مقدار هذه الطاقة كلما زاد مقدار الطول الموجي .ومن الممكن أن يتم تعريف الشعاع الشمسي على أنه مقدار الأشعة الشمسية التي تسقط على مكان أو مساحة معينة كما يظهر في الشكل **(I-1)** بحيث لا يصيب الأرض إلا جزء صغير من أصل ملايين الأجزاء من أشعة الشمس، وهذا الجزء الصغير هو المسؤول عن كل طاقة سطح الأرض الحرارية وعن غلافها الجوي [4].

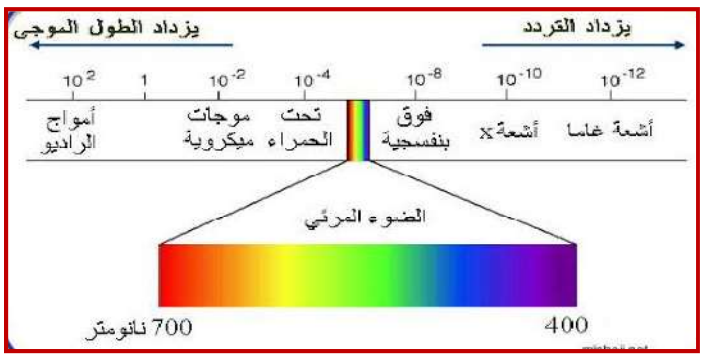


الشكل(I-1): الإشعاع الشمسي [4].

I-2-3- تركيب الإشعاع الشمسي :

يتكون الإشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض من عدة أنواع من الأشعة المختلفة في ألوانها وأطوال موجاتها وخصائصها فمن حيث ألوانها فإن الأشعة الشمسية والواصلة إلى جو الأرض تضم كل ألوان الطيف التي تظهر عند تحليل هذه الأشعة، تنطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجية متوازية مختلفة الأطوال. [5] و من هذه الأشعة المرئي و الغير مرئي. فالإشعاع المرئي له أطوال موجية بين0.35 و 0.75 ميكرومتر على الرغم من الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكون من مدى عريض من الحزم الموجية إلا أن ما يقارب 98% منه يتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة هي:

- **الأشعة تحت الحمراء:** هي أشعة غير مرئية طول موجتها بين 0.75 إلى 100 ميكرومتر حيث تشكل 43% من مجموع الأشعة التي تصل إلى سطح الأرض.
- **الأشعة فوق البنفسجية**: هي الأشعة التي يقل طولها الموجي عن طول أمواج الضوء المرئي و هي ذات طاقة كبيرة وتشكل 8% من مجموع الأشعة.
- **الأشعة المرئية:** يشكل 47% من مجموع الأشعة وهو شدة للإشعاع الشمسي الذي يمر إلى سطح الأرض [6]



الشكل(I-2): توزيع الاشعاع الشمسي[6]

I-3-3- الثابت الشمسي :

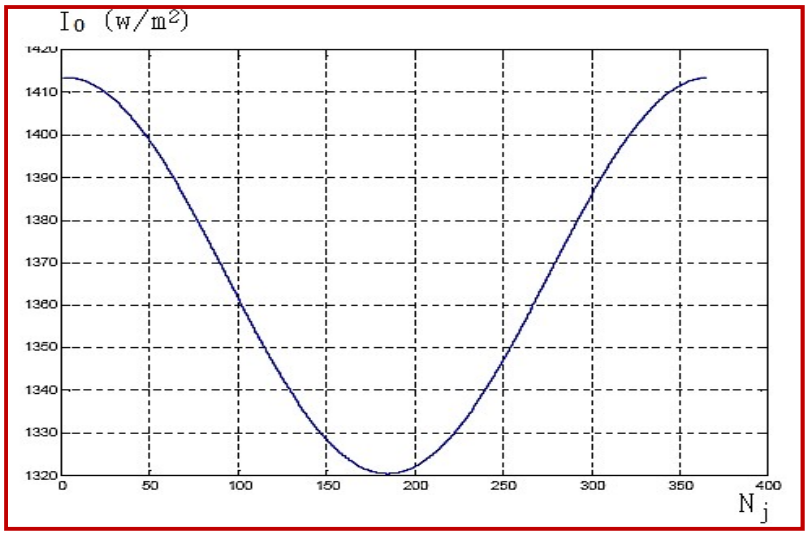
هو تدفق الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح مساحته $1m^2$ مثبت في نهاية الغلاف الجوي الأرضي في وضع يكون فيه عمودي على أشعة الشمس وذلك باعتبار المسافة بين الشمس والأرض على قيمتها المتوسطة خلال السنة والمقدرة بـ ($1,5 \times 10^8 Km$) [7].

كما نشر تقريرا مبينا من خلال قياسات أن الثابت الشمسي (I_0=1353 w/m^2) هي مقدار قيمتة المتوسطة. وتم اعتماد هذه القيمة من قبل وكالة نازا و الجمعية الأمريكية للمواد و الاختبارات.

وخلال أيام السنة تعطى علاقة التصحيح للثابت الشمسي [8].

$$I = I_0 \left[1 + 0{,}034 cos\left[(N_j - 2)\frac{360}{365}\right]\right] \qquad (1\text{-}I)$$

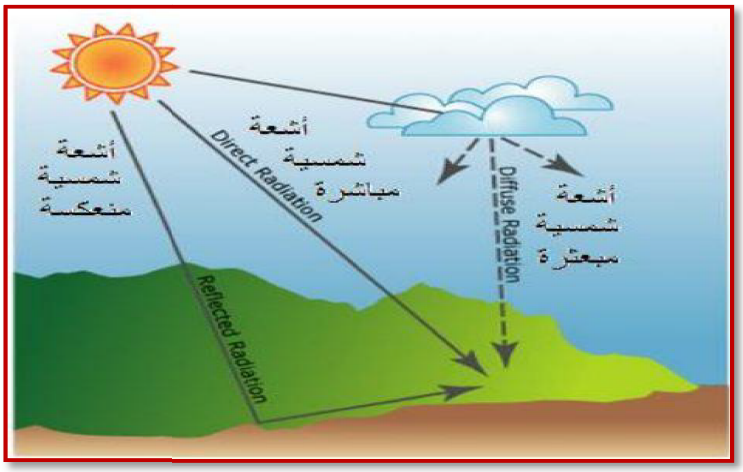
حيث Nj يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية (Nj = 1,2,…,365)



الشكل(I-3): الثابت الشمسي I_o بدلالة اليوم من السنة [7].

I-3-4- أنواع الاشعاع الشمسي:

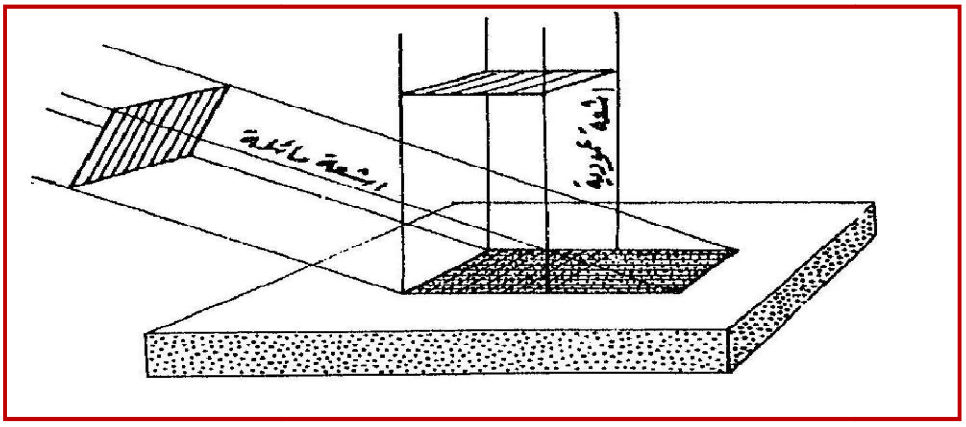
- **الإشعاع الشمسي المباشر:** وهو الإشعاع الساقط على سطح ما مباشرة من قرص الشمس.
- **الإشعاع الشمسي المنتشر أو المشتت:** وهو الإشعاع الساقط على سطح ما بعد أن تشتت خلال مروره طبقات الجو، أو هو الإشعاع الذي انعكس وسقط على ذلك سطح.
- **الإشعاع الشمسي الكلي:** وهو مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والإشعاع المشتت.



الشكل(I-4): تغيرات الإشعاع داخل الغلاف الجوي.

I-5-3- زاوية سقوط الأشعة :

تختلف زاوية سقوط أشعة الشمس باختلاف الموقع والتوقيت وفصول السنة، بسبب دوران الكرة الأرضية حول الشمس ودورانها حول نفسها، تسقط أشعة الشمس بشكل مباشر على بعض الأماكن فيكون الجو فيها حارا، هناك علاقة بين الزاوية التي تسقط بها الأشعة على سطح الأرض وبين كمية الأشعة التي تتلقاها كل وحدة مساحة، حيث كلما كانت أشعة الشمس عمودية أو شبه عمودية على خط الاستواء أو المدارين فإن سطح الأرض يستقبل كمية إشعاع شمسي كبير، أي ارتفاع في درجة حرارتها، وكلما اتجهنا شمال وجنوب خط الاستواء فإن الأشعة الشمسية تبدأ بالميلان لتصل إلى أقصى ميلان لها عند القطبين حيث أنها تقطع مسافة كبيرة وتتشتت الأشعة وتصل بكميات قليلة، وتغطي مساحة أكبر من تلك التي يغطيها الشعاع العمودي كما يوضحه الشكل(I-5).



الشكل(I-5): الأشعة المائلة والأشعة العمودية وأثرها على سطح الأرض[4].

❖ **الطاقة الشمسية:** ويمكن استعمالها لعدة أغراض إما لإنتاج الكهرباء وإما لتسخين المياه أو التجفيف والذي هو صوب دراستنا [4].

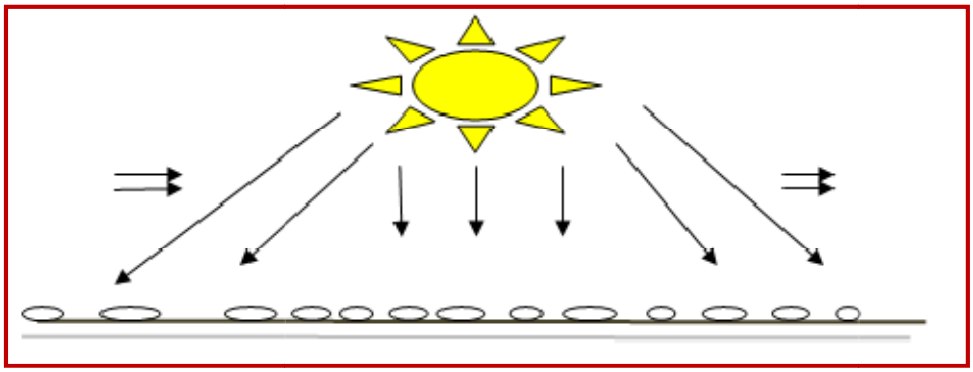
I-4- التجفيف:

I-4-1- تعريف التجفيف:

التجفيف هو عملية داخلية الهدف منها نزع السائل المتشرب من طرف جسم صلب أو سائل (غالبا ما يكون الماء) كليا أو جزئيا ، في هذه العملية نلاحظ نوعين من **الظواهر** : الانتقال الكتلي (السائل الموجود داخل المادة الصلبة يتحول إلى بخار) والانتقال الحراري (كمية الحرارة تسمح بانتقال السائل إلى غاز) [9].
وهو نوعان:

I-4-1-1- تجفيف طبيعي:

طريقة الأجداد المستخدمة حتى اليوم، تعتمد على نشر المنتجات المراد تجفيفها مقابل الشمس. وتعتبر تقنية سهلة وغير مكلفة، ومع ذلك يمكن أن تسبب خسائر كبيرة.



الشكل(I-6): التجفيف الطبيعي للمحاصيل الزراعية [10].

لتحسين هذه التقنيات التقليدية، تحول المحترفون إلى التجفيف الاصطناعي عن طريق تطوير عدة نماذج أولية من المجففات الشمسية.

I-4-1-2- تجفيف صناعي:

ظهرت سنة 1795 في فرنسا عندما تمكن ماسون وجاليت من تجفيف الخضار في مجفف ميكانيكي صغير عند درجة حرارة 6.40 درجة مئوية.تتم إزالة الرطوبة باستخدام الأجهزة الميكانيكية عن طريق التحكم في الحرارة والرطوبة وحركة الهواء[10].

I-4-2- الظواهر الفيزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف:

عملية التجفيف عبارة عن ظاهرتين فيزيائيتين متداخلتين فيما بينها، وهما ظاهرتي الانتقال الحراري والانتقال الكتلي، وهما حصيلة مشتركة بين تفاعل المنتج والهواء الذي يحتويه، بحيث نلاحظ تبادل حراري من الهواء باتجاه المنتج ونلاحظ أيضا تبادل كتلي (بخار الماء) من المنتج إلى الهواء [9].

I-4-2-1- الانتقال الحراري:

إن الفارق في درجة الحرارة بين الهواء و المنتج داخل الغرفة ينتج عليه انتقال للحرارة بسبب ارتفاع درجة حرارة هذه الاخيرة ،يؤدي هذا الانتقال الى خفض درجة حرارتها و بالتالي خفض ضغطها في غرفة التجفيف.

I-4-2-2- الانتقال الكتلي:

يتم انتقال الكتلة في الأوساط المادية التي يكون فيها فرق في التركيز (الكتلي أو المولي)، ويتم ذلك إما بالانتشار الجزيئي أو بالحمل إلى غاية تساوي التركيز. [11]

I-4-3- أساليب التجفيف:

تصنف أساليب التجفيف حسب طريقة تسخين المادة المراد تجفيفها، يوجد أربعة أساليب أو أنماط للتجفيف:

I-4-3-1- التجفيف بالحمل:

يعد هذا النوع من التجفيف الأكثر استعمالا في مجال الصناعة الكيميائية ، حيث التبادل الحراري يتم بالاتصال المباشر بين الهواء الساخن والمادة الرطبة مثل : تجفيف النباتات العطرية، الفواكه، الحبوب [9]. في هذا النوع من الانتقال الحراري نستطيع تمييز نوعين من الحمل :حمل طبيعي وحمل قسري [10].

I-4-3-2- التجفيف بالتوصيل:

أما في هذا النوع من التجفيف فيكون بالاتصال بين المادة الرطبة والجدار المعدني الساخن، تستعمل تقنية التوصيل في تجفيف السوائل والعجائن أو عندما يكون الجسم الصلب ممزوجا في محلول (جسم معلق).

I-4-3-3- التجفيف بالإشعاع:

الطاقة المستعملة في تجفيف المادة ناتجة عن الأمواج الكهرو مغناطيسية ، والإشعاعات المستعملة هي إما تحت الحمراء، أو الأمواج من صنف الميكرو [9].

I-4-3-4- التجفيف بالتجميد:

تعتبر هذه الطريقة من أفضل طرق التجفيف المستخدمة حاليا حيث تقل التغيرات الكيميائية غير المرغوبة وكذلك الفقد في العناصر الغذائية نظرا لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة هذه الطريقة غير شائعة نظرا لتكلفتها في درجات الحرارة المنخفضة، حيث يتحول الماء السائل إلى الحالة الصلبة، مما يسمح بحفظ المنتج لمدة أطول [12].

I-4-4- العوامل التي تؤثر على سرعة التجفيف:

❖ سرعة الهواء:

تزداد سرعة التجفيف بازدياد سرعة مرور الهواء داخل المجفف حيث يؤدى ذلك إلى سرعة انتقال الماء من داخل المادة الغذائية إلى خارجها ثم سرعة تبخير.

❖ الرطوبة النسبية للهواء:

أثبتت التجارب أن التجفيف يتم بصورة أسرع عند استخدام هواء رطوبته النسبية منخفضة إلا أنه قد لوحظ أن بعض الخامات الزراعية تتعرض لظاهرة الجفاف السطحي عند استخدام هواء رطوبته النسبية منخفضة عن اللازم.

❖ درجة حرارة الهواء المستخدم ومقدار الانخفاض فيها:

تتراوح درجات الحرارة المستخدمة فى التجفيف ما بين 80 – 50 درجة مئوية ، ويلاحظ أنه كلما زادت درجة حرارة الهواء الداخل للمجفف انخفضت حرارته عند خروجه وبالتالي كان التجفيف أسرع .

❖ نوع المادة المراد تجفيفها:

حيث لكل مادة ظروفها الخاصة فى التجفيف.

❖ شكل وحجم وسمك القطع المجهزة :

حيث زيادة السطح المعرض من المادة الغذائية المراد تجفيفها للهواء الساخن يؤدى لزيادة سرعة التجفيف.

❖ حمولة الصواني :

وحمولة الصواني تتناسب عكسيا مع سرعة التجفيف أي كلما زادت حمولة الصواني قلة سرعة التجفيف والعكس صحيح.

❖ الضغط :

إذا أجريت عملية التجفيف تحت ضغط منخفض تقل درجة تبخير الماء وتزداد سرعة التجفيف

I-4-5- الهدف من تجفيف الأغذية:

الفكرة الرئيسيّة هي كلّما خفّت كميّة المياه في المواد الغذائيّة كلّما كانت إمكانيّة الحفظ أكبر.

نذكر في هاته النقاط أهم أهداف عمليات التجفيف:

- ✓ الحفاظ على الأطعمة.
- ✓ تقليل الوزن والحجم لكي يسهل تصدير المنتجات وحفظها
- ✓ الحفاظ على المواد الفيتامينيّة والمعدنيّة والبروتينيّة في الطعام.
- ✓ تجفيف الطعام محليّاً(وهو أقل كلفة من تجليده أو تعليبه أو استيراده.)
- ✓ إطالة صلاحية استهلاك المنتجات، إذ تقلّ إمكانيّة نمو أنواع العفن والجراثيم فيها بنسبة كبيرة[13]
- ✓ التمكن من الشراء كميات كبيرة دون القلق بشأن التلف
- ✓ التمكن من تناول كميات أقل من الطعام والتقليل من النفايات[14]
- ✓ الحفاظ على فائض المحاصيل من التلف في ظل نقص غرف التبريد مما يزيد في دخل الفلاحين[3].

I-4-6- شكل توزيع الماء داخل الجسم المسامي وكيفية التخلص منه:

قبل التجفيف الماء الموجود في الجسم الصلب يكون في ثلاثة حالات:

❖ الماء المرتبط:

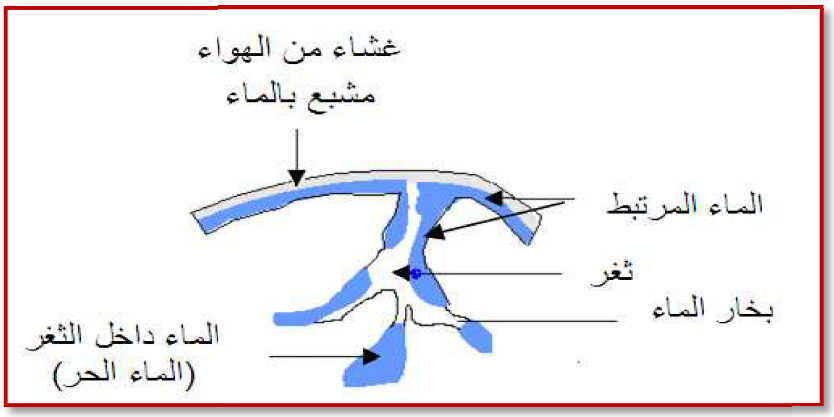
يشكل طبقة أو غشاء رقيق مع جدار الثغر داخل الخلية وهو موجود في شكل سائل يمكن إزاحته أو تجفيفه بتسليط بعض الطاقة الحرارية.

❖ الماء الحر:

هي المياه التي تكون على السطح(القشرة)التي يمكن تبخيرها بتعريض المادة لأي حرارة مباشرة كأشعة الشمس، وهذا النوع من المياه يفقد بسهولة.

❖ الماء المتحد:

وهو من أصل وتركيب الثمرة ونسبته بسيطة ،بحيث لا يمكن السيطرة عليه واذا ازيح غير من تركيب الثمرة.



الشكل(I-7): توزيع الماء داخل الجسم الصلب (منتج) [11].

I-5- الخاتمة:

من خلال دراستنا لهذا الفصل تعرفنا على أهم المفاهيم العامة حول التجفيف بصفة عامة والتجفيف الشمسي بصفة خاصة بحيث تطرقنا الى أهم ظاهرتين تحدثان أثناء عملية التجفيف وهما الانتقال الحراري والانتقال الكتلي في الاخير تطرقنا الى أهم العوامل المؤثرة في سرعة التجفيف.

وبناءا على هذه المعطيات والمعلومات سوف نتطرق في الفصل الموالي الى لمختلف أنواع المجففات الشمسية وطريق تجفيفها.

قائمة مراجع الفصل الأول:

[1] كشيدة محمد ،بكوش بشير ،نصري عبد الحميد، انجاز مجفف شمسي من اجل تحسين جودة المحاصيل الزراعية ، مذكرة ماستر، كلية التكنولوجيا، قسم الميكانيك ، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر، 2023، ص 4.

[2] الموسوعة الحره ويكيبيديا https://ar.wikipedia.org/wiki 23ماي 2024 00:00.

[3] داودي عبد العالي،شوشاني محمد علي ، دراسة تحسين أداء المجفف الشمسي بمساعدة مواد تخزين الطاقة تحت شروط طقس مدينة الوادي الجزائر- ، مذكرة ماستر، كلية العلوم الدقيقة، قسم الفيزياء ، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر2023، ص37.

[4] بوحنينة سماح ويمبعي هالة ، دراسة تجريبية لكفاءة المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب تحت شروط طقس مدينة الوادي ، مذكرة ماستر، كلية العلوم الدقيقة، قسم الفيزياء ، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر،2022، ص4.

[5] الجغرافيا المناخية والنباتية عبد العزيز طريح شرف+ كتاب مقدمة في نظم الطاقة الشمسية جمع وتنسيق سالم بن موسى 2012.ص3.

[6] مرفت تلاوي (تنمية استخدامات الطاقة الجديدة و المتجددة) مؤتمر القمة العالمي لتنمية المستدامة اللجنة الاقتصادية و الاجتماعية لغربي أسيا الأمم المتحدة . جوهانسبرغ من 26إلى 4 سبتمبر2002.ص25.

[7] أولاد سالم حليمة، تقدير الإشعاع الشمسي في منطقة ورقلة وتأثير طرق التتبع الشمسي وزوايا توجيه اللاقط على شدة الإشعاع، مذكرة ماستر، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.2016،ص6.

[8] سوداني محمد البار، تحقيق عملي ل مركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء، جامعة قاصدي مرباح ـ ورقلة، الجزائر2018 ص25.

[9] قمولي عبد المحسن و راشدي محمد السايح، دراسة أنواع اللواقط الشمسية المستعملة في تجفيف المحاصيل الزراعية، مذكرة ماستر، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء، جامعة قاصدي مرباح ـ ورقلة، الجزائر،2018،ص36.

[9] زعبي خديجة و حوامد عفاف و هرمس إكرام دراسة كفاءة مجفف شمسي في منطقة الجنوب الشرقي بالجزائر –الوادي- مذكرة ماستر، كلية العلوم الدقيقة قسم الفيزياء ، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر2021،ص16.

[10] سماحي سهيلة ، فعالية أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الإشعاع الشمسي و العوامل المناخية عليها، مذكرة ماستر، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء، جامعة قاصدي مرباح ـ ورقلة، الجزائر،2016،ص5.

[11] مختار العاتي، المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية، رسالة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 2011 ،ص 1.

[12] د.صلاح الدين بحيري،كتاب مبادىء الجغرأفيا الطبيعية، دار الفكر -دمشق، سوريا1996، ص208.

[13] الإسكوا، استخدام المجففات الشمسية في تجفيف الفواكه الخضر و التجفيف ،دليل التدريب ، مطبوعات بيروت، لبنان8575-11، :للأمم المتحدة تصدر عن ، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،صندوق بريد ،ص11.ص202112 .

[14]https://www.facebook.com/CFC.MILAGRO/posts/739983633232265/?locale=ms_MY 8sep2020

الفصل الثاني

أنواع المجففات
وطريقة تجفيفها

II-1- مقدمة:

إن الإنسان يفكر ويخترع ويصنع ليلبي حاجياته اليومية ومن بينها حفظ الأغذية التي تزبد عن حاجته من البكتيريا والكائنات المجهرية أطول مدة ممكنة،فاستخدم عدة طرق منها استغلال الأشعة الشمسية في تسخين المنتوجات الغذائية وتجفيفها أي نزع الماء منها للحد من التفاعلات الكيميائية كالتخمر والتأكسد وغيرها فبدا بتعريضها مباشرة للشمس ثم تعداها إلى صنع ما يسمى بالمجففات الشمسية[1] بمختلف أنواعها وإحجامها وذلك حسب طبيعة المواد المراد تجفيفها وطبيعة الإشعاع الشمسي في تلك المنطقة وهو ما سنتطرق له في هذا الفصل حيث سنعرج على مختلف المجففات الشمسية وطرق تجفيفها بالتفصيل.

II-2- المجففات الشمسية:

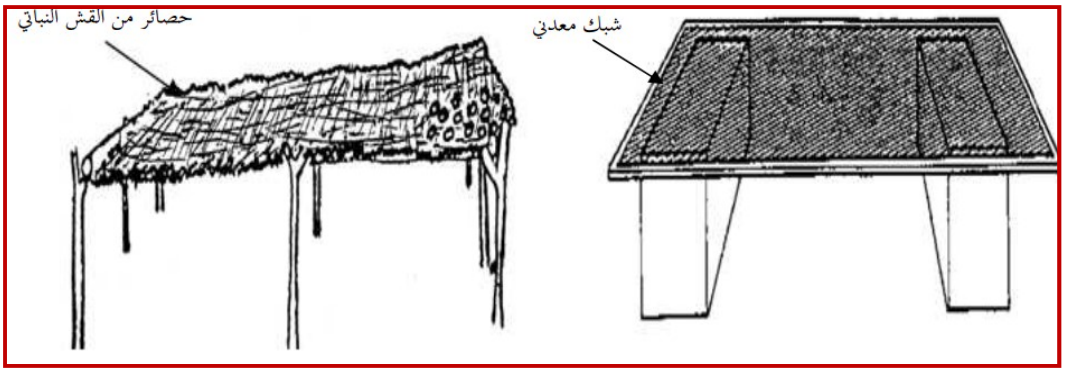
تعتمد المجففات الشمسية على الاستفادة من الإشعاع الشمسي وهي عدة أنواع:

II-2-1- المجففات الشمسية التقليدية:

يمكن تجفيف المحاصيل الزراعية بالاستخدام المباشر الأشعة الشمس وابسط طريقة للتجفيف الشمسي تتم بوضع المحصول مباشرة على سطح اسود مستوى بما يسمح للشمس والرياح بتجفيف هذا المحصول مع تقليبه باستمرار حتى يجف [2]. والشكل (II-1) يوضح هذه المجففات.

الشكل(II-1): تجفيف تقليدي للطماطم.

كما يمكن عمل مجففات بسيطة باستخدام شباك معدني أو حصائر من القش النباتي محملة على مكعبات حجرية أوأعمدة خشبية، لتسمح بمرور الهواء فوق وتحت المحصول مما من يزيد سرعة التجفيف ويغطى بطبقة قماش "الشاش" لحمايته من الحشراتلكن يجب إدخالهإلى مكان مغلق في حالة سقوط أمطار وهبوب الرياح وتكملة جفافه في الظل عند وصوله نسبة من التجفيف والشكل (II -2) يوضح ذلك .



الشكل(II-2): مجففات شمسية تقليدية [3].

يتميز التجفيف الطبيعي بعدة ايجابيات أهمها:

- ✓ طاقة شمسية متوفرة وبدون تكلفة.
- ✓ لا تتطلب وسائل و معدات باهظة.
- ✓ سهلة لا تتطلب معرفة ودراسة معمقة.
- ✓ يمكن لكل فرد القيام به.

رغم كل هذه المزايا إلا انه لا يخلو من عيوب نذكر منها:

- ☒ إحتمال بقاء رطوبة زائدة تؤدي للتخمر والتعفن.
- ☒ تعرضها للعوامل الخارجية مثل: المطر و الرياح والطيور، الحشرات و القوارض التي تؤدي إلى تشويه منظرها أو أتلافها كليا.
- ☒ إحتمال تغير البنية الميكروبيولوجية، اللون والطعم لتعرضها مباشرة لأشعة الشمس مما ينتج عنه نوعية رديئة.
- ☒ لا يمكن التحكم في سير عملية التجفيف، مثل درجة الحرارة و سرعة الهواء ورطوبته.
- ☒ طول فترة التجفيف إلى عدة أيام مما يتلف المنتج [4].

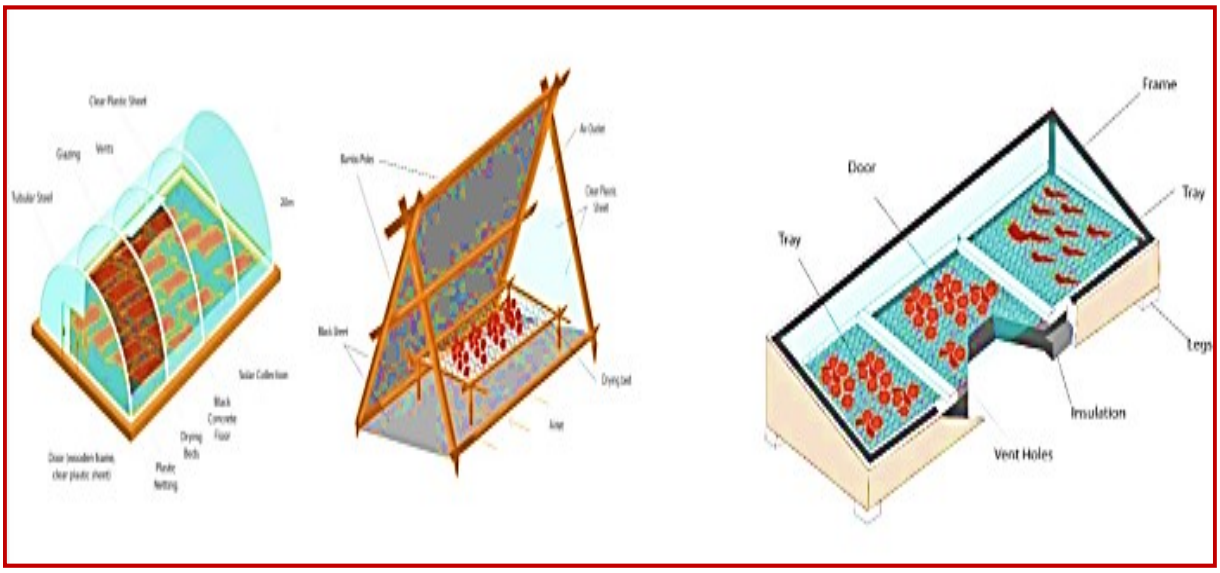
لهذه الأسباب تبقى هذه التقنية من التجفيف في إطار التقاليد المتعارف عليها بين المجتمعات خاصة الريفية والمعزولة. وهذا مأدى بالإنسان للبحث عن تقنيات لتفادي هذه السلبيات ولتحقيق زيادة كفاءة عملية التجفيف، فكر في صنع المجففات الشمسية المباشرة.

II-2-2- المجففات الشمسية المباشرة:

المجفف الشمسي المباشر ذو تجهيز بسيط وسهل، يتكون من جزء واحد يلعب دور مجمع الأشعة الشمسية وفي نفس الوقت غرفة تجفيف وتعتمد على الاحتباس الحراري الناتج من الإشعاع الشمسي مباشرة.

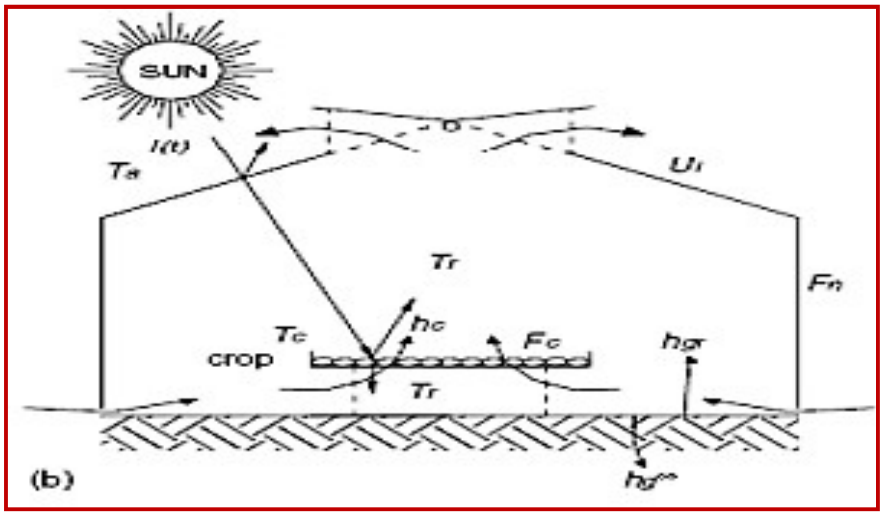
II-2-2-1- المجففات الشمسية المباشرة ذات الحمل الطبيعي:

يغطى من أعلى بصفيحة من الزجاج أو البلاستيك تسمح بمرور الأشعة الشمسية ومن الأسفل بصفيحة معدنية مطلية بالأسود. وتحتوي هذه المجففات على فتحة لخروج الهواء كما في الشكل (II -3).



الشكل(II-3): صورة لمجففات شمسية مباشرة [5].

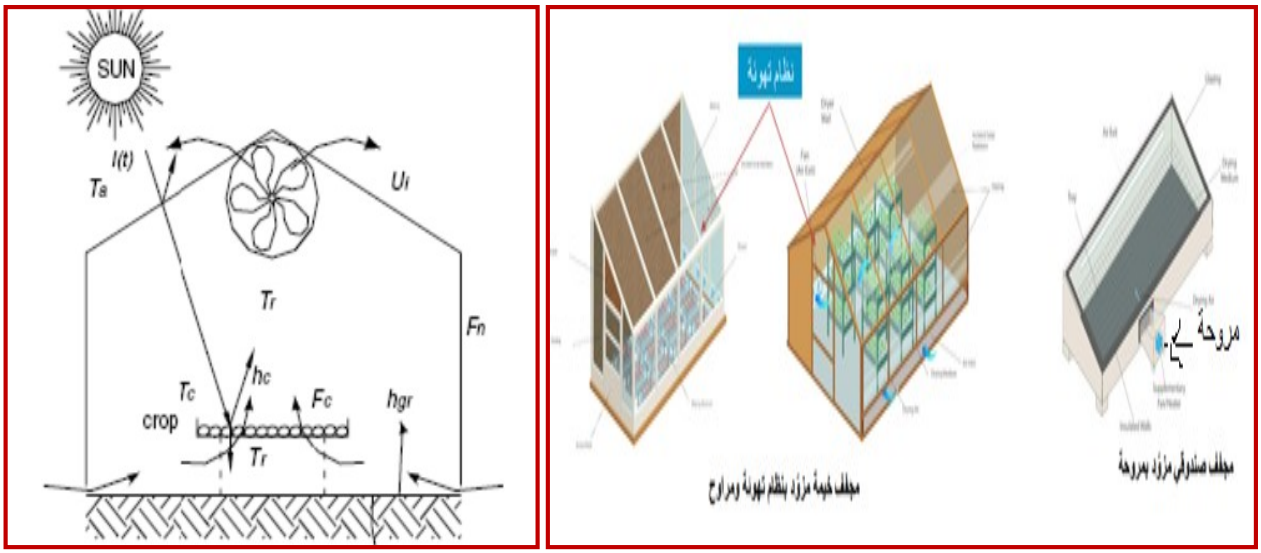
ويمكن الاستعانة بمدخنة في الاعلى كما في الشكل (II –4).



الشكل(II-4): صورة مجفف شمسي مباشربه مدخنة [6].

II-2-2-2- المجففات الشمسية المباشرة ذات الحمل القسري:

لتحسين أداء المجففات الشمسية المباشرة تتم إضافة مراوح لتحريك الهواءداخل المجفف وبالتالي زيادة مردرد المجفف وزيادة سرعة التجفيف والشكل (II –5) يوضح هذه المجففات.



الشكل(II-5): صورة مجفف شمسي مباشر ذو حمل القسري [5].

II-2-2-3- مميزات وعيوب المجففات المباشرة:

للمجففات المباشرة بنوعيها مزايا عديدة اهمها:

- ✓ قصر مدة التجفيف مقارنه بالتجفيف التقليدي.
- ✓ حماية جيدة للمنتج ضد الغبار، الحشرات، الحيوانات و المطر مقارنة بالتجفيف التقليدي.
- ✓ سهل التركيب وغير مكلف كثيرا.
- ✓ لا يحتاج إلى تقنية عالية أو يد عاملة مؤهلة لتسييره.
- ✓ طاقتة مجانية عكس المجففات الصناعية المكلفة.

رغم الايجابيات العديدة الا ان المجففات المباشرة لاتخلو من عيوب اهمها:

- ☒ انخفاض النوعية و تغير في اللون بسبب تعرض المنتج مباشرة لأشعة الشمس مما يتلف الفيتامينات خاصة AوC.
- ☒ سهولة كسر الزجاج وهذا ما يحتم تبديله كلما إقتضى الأمر.
- ☒ حرارة عالية مما يضر بالقيمة الغذائية.

II-2-3- المجففات الشمسية غير المباشرة:

في المجففات الشمسية غير المباشرة، لا يتعرض المنتج لأشعة الشمس المباشرة. ويتكون المجفف من ثلاث وحدات رئيسيتين هما: (1) **مجمع الطاقة الشمسية** الذي يجمع الإشعاع الشمسي من خلال أغطية شفافة و(2) **خزانةالتجفيف**، (3) **نظام تدفق الهواء** [7]، وهي مقصورة غير شفافة، حيث يتم وضع المنتج الذي سيتم تجفيفه. ويمكن أن يكون مجمع الطاقةً الشمسية مصنوعا إما من المعدن أو الخشب المغلف بشكل مناسب أو البولي ايثيلين الأسود، وهو الحل الأرخص.

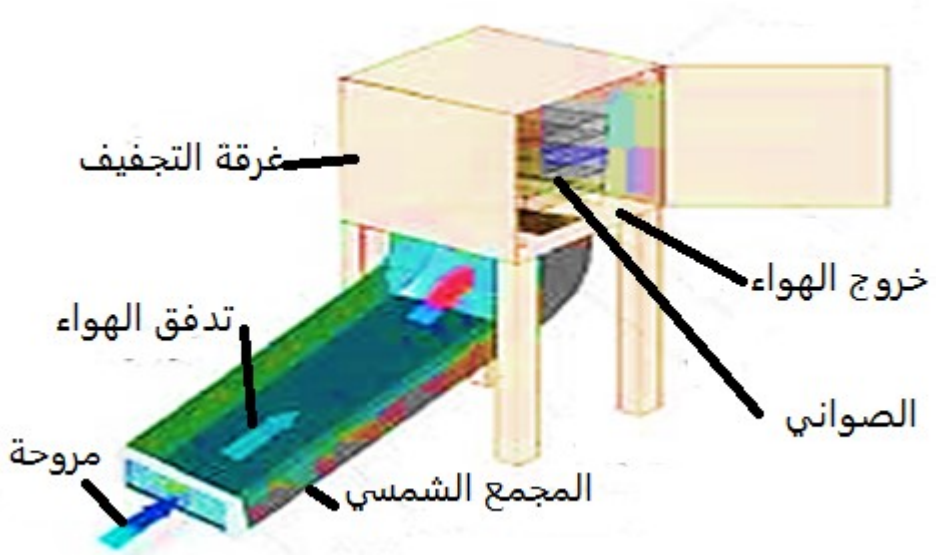
II-2-3-1- المجففات الشمسية غير المباشرة ذات الحمل الطبيعي:

يسخن الهواء داخل المجمع الشمسي الحراري، ويندفع إلى غرفة التجفيف بفعل الحمل الحراري الطبيعي ومنها إلى الجو حاملا معه جزءا من رطوبة المادة الغذائية ويتم تفريغه من خلال فتحات التهوية أو المدخنة لتسهيل الحركة الرأسية للهواء والشكل (II – 6) يوضح نموذج لمجفف شمسي غير مباشر ذو حمل طبيعي احدهما يحتوي على فتحة لخروج الهواء الساخن والاخر يحتوي على مدخنة ولزيادة سعة هذه المجففات، توضع الرفوف أوالصواني بطريقة عمودية وبشكل متباعد للسماح بالتدفق السليم للهواء الساخن بينها[8].

الشكل(II-6): مجففات شمسية غير مباشرة ذات حمل طبيعي[9]

II-2-3-2- المجففات الشمسية غير المباشرة ذات الحمل القسري:

في هذا النوع من المجففات تكون حركة الهواء قسرية أي يتم تدوير الهواء الساخن ضمن المجفف بواسطة منظومة المراوح يتم اختيارها بحسب كمية الهواء اللازمة لإتمام عملية التجفيف وسرعته المطلوبة،وتسمح هذه الفئة من المجففات الشمسية بالتحكم الجيد في عملية التجفيف وذلك بسبب سرعة واستمرارية الهواء الساخن. [6] والشكل (II – 7) يوضح هذه المجففات:



الشكل(II-7): مجفف شمسي غير مباشر ذو حمل قسري.

II-2-3-3- مميزات وعيوب المجففات غير المباشرة:

تتميز المجففات الغير مباشرة بعدة ايجابيات منها:

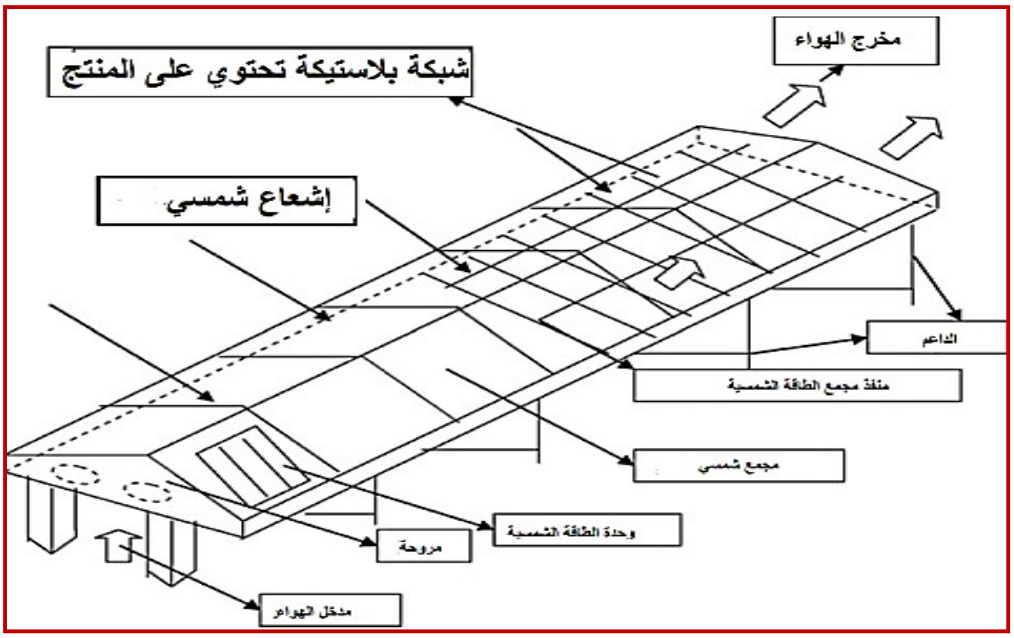
- ✓ عدم التعرض المباشر لأشعة الشمس يحافظ على اللون والقيمة الغذائية وخاصة الفيتامينات A.C.
- ✓ لا يحتاج إلى مصدر آخر للطاقة.

ولها عدة سلبيات منها:

- ☒ تركيبه مكلف.
- ☒ عملية التجفيف مرهونة بعوامل الطقس.
- ☒ ضعف مقاومة الزجاج يفرض تبديله باستمرار[9].

II-2-4- نفق مجففات الطاقة الشمسية:

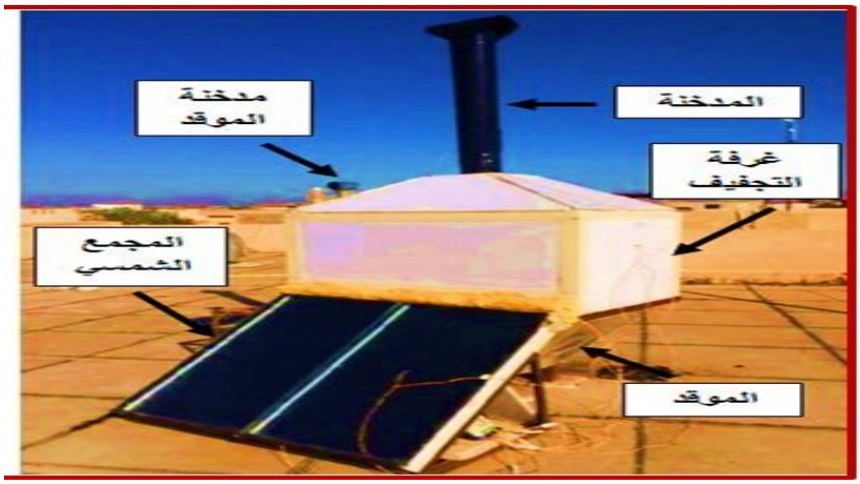
في مجفف النفق، يوجد على طول المجفف سلسلة متعاقبة من درجات الحرارة والرطوبة. يكون هذا النوع من المجففات الشمسية متهوي ميكانيكياً، إما مع مروحة بسيطة تقع خارج المجفف أو مع مراوح متعددة موضوعة داخل المجفف كما هو موضح في الشكل (II – **8**).



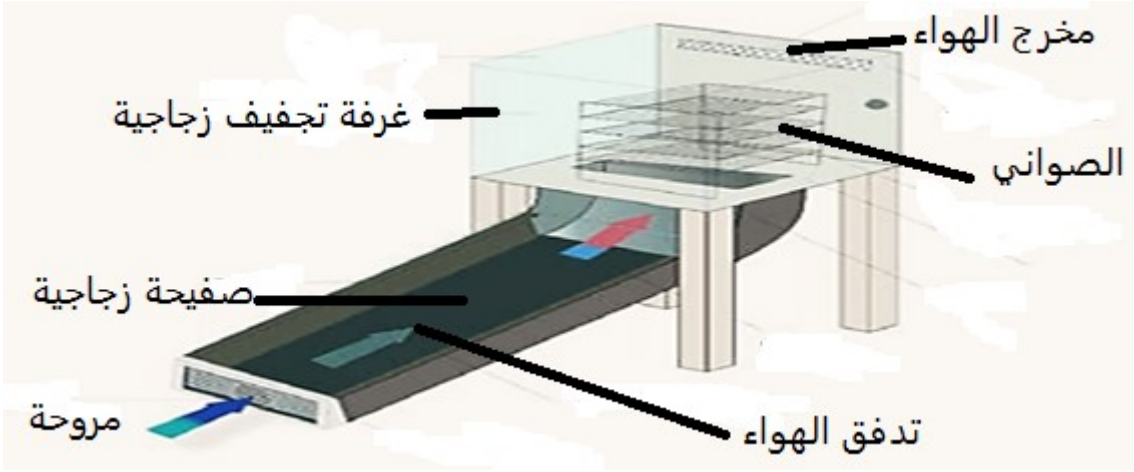
الشكل(II-8): رسم تخطيطي لنفق مجفف الطاقة الشمسية [10].

II-2-5- المجففات الشمسية المختلطة (الهجينة):

هذا التركيب عبارة عن مجفف يجمع بين المحفف الشمسي المباشر وغير المباشر ، فالهواء يسخن بواسطة المجمع الشمسي وعندما يدخل غرفة التجفيف تزداد سخونته فهو يساعد في رفع درجة الهواء بالنسبة للمجفف الغير مباشر، أما غرفة التجفيف فتغطى بصفيحة زجاجية شفافة اوتصنع من الزجاج مثل ما هو موجود في المجففات الشمسية المباشرة، لذلك فانه يمتلك نفس إيجابيات وسلبيات المجففات المباشرة والغير مباشرة والشكل (II – 9). يوضح ذلك وقد يتدخل فيه مصدراخر للطاقة إما طاقة كهربائية أو طاقة احتراق الفحم أو الغاز، حيث تعمل الطاقة الثانوية في الحفاظ على الحرارة الثابتة داخل غرفة التجفيف ،وتستعمل لتحريك الهواء في مجففات الحمل القسري، وتبقى الطاقة الشمسية مصدر أساسي ووحيد لتسخين الهواء [11] كما يوضحه الشكل (II – 10).



الشكل(II-9): مجففات الطاقة الشمسية المختلطة [12].



الشكل(II-10): مجفف شمسي هجين نشط [8].

1-ايجابيات المجففات الشمسية الهجينة:

- التحكم الجد في درجة الحرارة وسرعة التجفيف داخل المجفف، والتحرر من التبعية للعوامل المناخية المتبدلة
- إنتاج مرتفع بالنسبة للمجففات السابقة،وإمكانية التجفيف ليلا وفي المطر حسب الحاجة.
- استهلاك طاقة منخفضة مقارنة بالمجففات الصناعية.

2- سلبيات المجففات الشمسية الهجينة

- تكلفة التركيب والإنشاء جد باهظة مقارنة بالمجففات السابقة
- ضرورة قربها من شبكة الكهربائية او تخزين الطاقة الثانوية كالغاز والوقود وهذا مايزيد من تكلفتها الباهظة.
- يد عاملة مؤهلة للتسيير والصيانة.

العوامل التكنولوجية المؤثرة في اختيار المجففات الشمسية :

هناك عدة عوامل تتحكم في اختيار المجفف الشمسي أهمها:

1/ كمية المواد المراد تجفيفها علي طول الموسم.

2/ مدة التجفيف تحت ظروف العملية من درجات الحرارة المستعملة ،معدل تصرف الهواء الساخن والقدرة المستهلكة في دفع ،الرطوبة النسبية.

4/ كمية الرطوبة في المواد المراد تجفيفها والمحتوى الرطوبي المطلوبة في المواد الجافة
5/ درجة الحرارة العظمي التي يمكن استعمالها في تجفيف المواد المجففة ومدي تاثيرها بالضوء المباشر
6/ الظروف المناخية خلال موسم التجفيف . وتمثل شدة الاشعاع الشمسي ومدتة ودرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية وسرعة الرياح.[13].

II-6-2) المجففات الشمسية ذات اللواقط المعدلة:

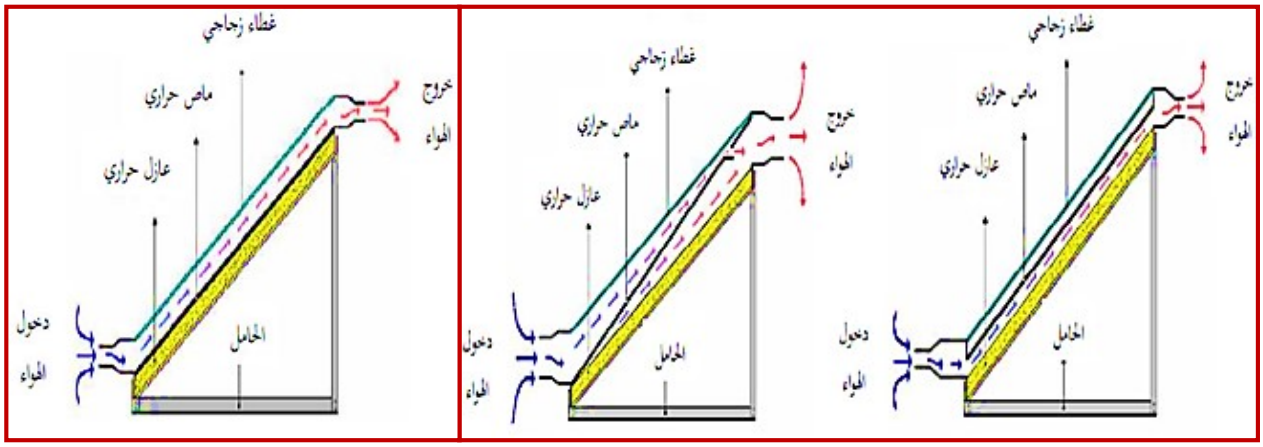
تطرقنا في الجزء الاول الى انواع المجففات من حيث التركيب وطريقة التجفيف ولان بعض المنتجات تتطلب درجة حرارة عالية نسبيا ليتم تجفيفها بشكل جيد والتي لا يمكننا الحصول إليها بواسطة اللاقط الشمسي المسطح البسيط ، لذلك نقوم ببعض التحسينات على مستوى اللاقط الشمسي وبالضبط على مستوى الصفيحة الماصة اما في طريقة ادخال الهواء او شكل اللاقط المستقبل للاشعاع الشمسي :

II -6-2- 1) مجففات شمسية بلواقط مسطحة :

II -6-2- 1-1) تغيير وضعية الماص الحراري:

لهذه المجففات لواقط مستوية لكن تم رفع مردود المجفف بتحسين تركيبة اللاقط الشمسي من خلال طريقة دخول الهواء الساخن[14] وهذا ما قام به عدة علماء منهم **F. Mokhtariet D. Semmar (2001)** [15] في هذه التجربة تم استعمال ثلاث أنواع من اللواقط الشمسية المسطحة متماثلة ، إلا انه تم تغيير وضعية الماص الحراري في كل لاقط حيث

في اللاقط الاول الهواء يمر تحت الماص الحراري الشكل (II– **11**) ، وفي اللاقط الثاني الهواء يمر فوق الماص الحراري ويخرج ثقب صغير الشكل (II– **12**) ، وفي اللاقط الثالث الهواء يمر فوق الماص الحراري الشكل (II – **13**). [14]



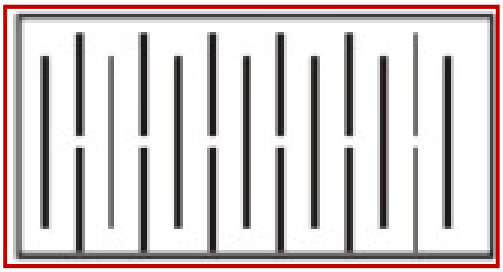
الشكل (II – 11): اللاقط الأول الشكل (II – 12): اللاقط الثاني الشكل(II – 13):اللاقط االثالث

من هذه الدراسة تم التوصل الى أن اللاقط الشمسي المزود بماص حراري مائل الشكل (II – **12**) : أكثر فائدة ، وذلك متعلق بدرجة الميلان والفتحة التي يمر منها الهواء ، لأنه يضيق خروج الهواء.

II -2-6 - 1- 2). وضع حواجز بوضعيات مختلفة

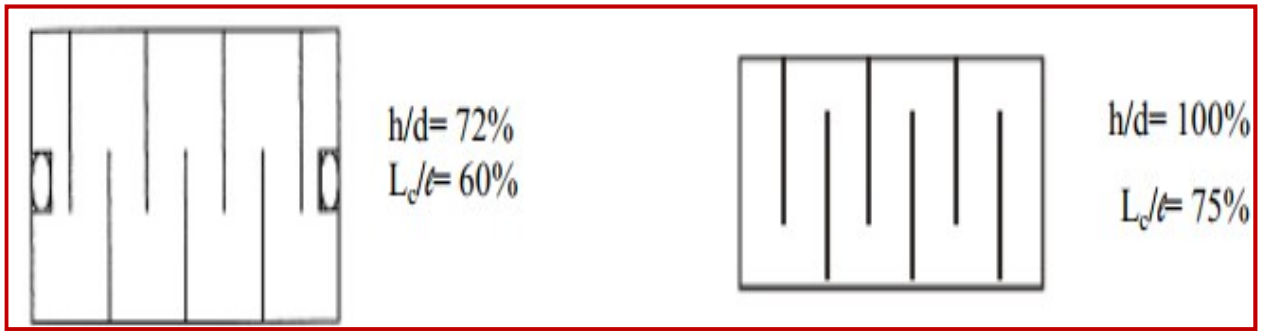
وهذا ما قام به **A. ABENE 1 et al 2003)** [16]. حيث ته تصميم ثلاث نماذج متماثلة في الحجم ولكنها تختلف في تركيبها وذلك بوضع حواجز بطرق مختلفة.

❖ **النموذج الأول** : الحواجز عمودية وهي نوعان صغيرة وكبيرة.كما في الشكل **(II – 14)**



الشكل(II-14): لاقط بحواجز عمودية [14].

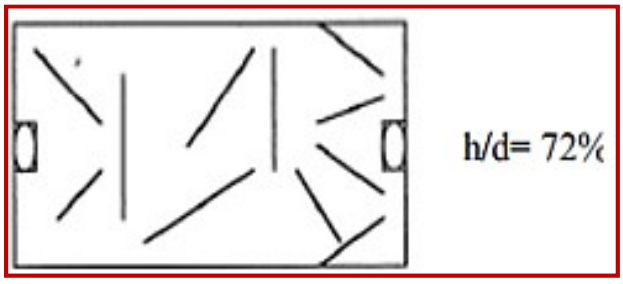
❖ **النموذج الثاني**: به عدد من الحواجز مركبة بطريقة تختلف عن النموذج الأول بحث تكون متعاكسة ولكنها تختلف في الطول والارتفاع الحواجزبالنسبة للحافة الخارجية كما في الشكل **(II – 15)**



الشكل(II-15): لاقط بحواجز عمودية متعاكسة [14].

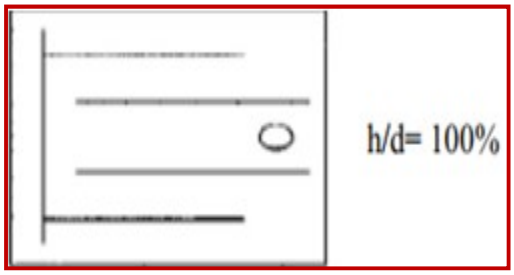
حيث: **h** يمثل ارتفاع الحاجزو**d** يمثل ارتفاع حافة اللاقط **L:** يمثل عرض اللاقط وℓ يمثل طول الحاجز

❖ **النموذج الثالث:** الحواجز مبعثرة غير منتظمة سمكها نفس سمك اللاقط كما في الشكل**(II – 16)**



الشكل(II-16): لاقط بحواجز مبعثرة [16].

❖ **النموذج الرابع:** الحواجز افقية سمكها نفس سمك اللاقط موضوعة كما في الشكل (II – 17)



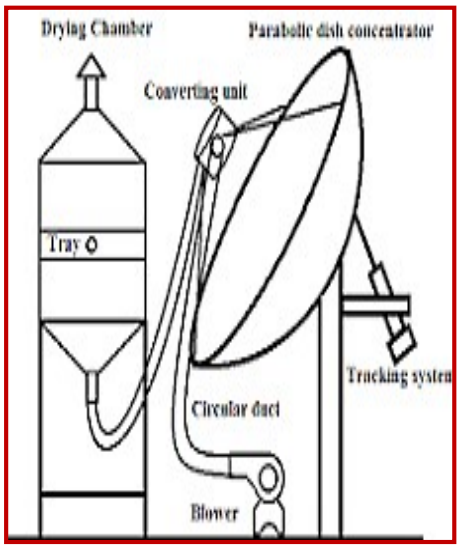
الشكل(II-17): لاقط بحواجز أفقية [16].

من هذه الدراسة التي قام الباحثين وبالمقارنة بين مردود النماذج المجربة يمكننا القول أن النموذج الثاني هو الأفضل من بين النماذج الأخرى وهذا راجع إلى وضعية الحواجز المستعملة فيه، التي ركبت على عرض اللاقط المثبتة من إحدى الجهتين وحرة من الجهة الثانية، ومنه نستنتج إن المردود له علاقة بما يلي[14]:

- ارتفاع الحواجز وعددها.
- طريقة توزيعها في اللاقط.
- كيفية دخول الهواء للاقط والخروج منه.

II -2-6-2) مجففات شمسية بلواقط مقعر (هوائي ، مكافىء).:

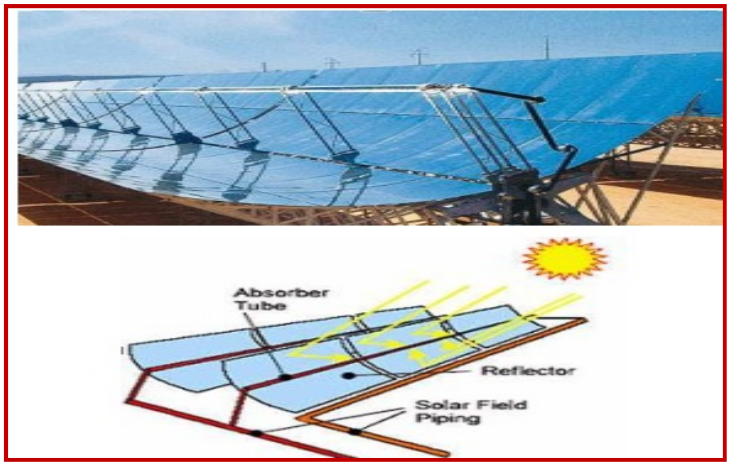
وهو عبارة عن لاقط ذو شكل مقعر بارابوليك على شكل هوائي حيث تغلف اللاقط بطبقة من الزجاج ليتم تركيز الاشعة في نقطة واحدة البؤرة يمر من خلالها الهواء البارد يسخن ثم يتجه بالحمل الطبيعي او القسري الى غرفة التجفيف كما في الشكل(II – 18). كما يمكن ان تستعمل للتسخين وغيرها[17] .



الشكل(II-18): مجففات شمسية بلاقط مكافىء [17].

II- 2-6 -3) المجففات ذات اللواقط النصف اسطوانية :

وهو عبارة عن مستشعر تركيز بؤري خطي يستخدم عاكس أسطواني قسم مكافئ. يتركز الإشعاع الشمسي على أنابيب خطية، سوداء اللون (ممتصة) لالتقاط أقصى قدر من الإشعاع، تحتوي عل سائل نقل الحرارة ، مثبت على طول الخط البؤري للمرايا متصل بغرفة التجفيف. اوتحتوي على مراوح لسحب الهواء البارد ودفع الهواء الساخنعبر الانابيب الى الى غرفة التجفيف [18].كما يوضحه الشكل(II – 19)



الشكل(II-19): مجففات شمسية بلواقط نصف اسطوانية [18].

II- 2-6 -4) المجفف ذو الماص المقلوب :

المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب هو مجفف غير مباشر يعمل بإدخال وجمع الهواء الساخن بواسطة شدة الإشعاع ونقلها الى المادة المراد تجفيفها والمتواجدة على مستوى غرفة التجفيف، تعمل المروحة التي تغذى بالطاقة الشمسية على إدخال الهواء بسرعة ثابتة إلى المجمع (لاقط شمسي) أين يسخن بالحرارة الناتجة عن طريق تحويل أشعة الشمس إلى حرارة، فالهواء الساخن يتمدد وتقل كثافته فيصعد نحو غرفة التجفيف، أين يتبادل الحرارة مع المنتج المراد تجفيفه، فتتبخر الرطوبة من المنتج وتنتقل إلى الهواء وعندما يتشبع بالرطوبة يتم طرده عبر المدخنة العلوية

الشكل(II-20): المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب

II -3) المعاملات الاساسية لتقييم أداء المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب:

هناك عدة مقادير لتحديد كفاءة المجفف الشمسي، ومن بينها: الطاقة المكتسبة، الفعالية (الكلية، الداخلية)، مقياس الفعالية [15].

1- تحليل الطاقة

- الطاقة المفيدة أثناء عملية التجفيف هي الطاقة المكتسبة (E_G) في نظام التجفيف الشمسي، ويمكن حسابها باستخدام التعبير التالي:

$$E_G = V_a \rho_a Cp_a (T_{Out} - T_{In})$$

حيث:

V_a: سرعة تدفق الهواء داخل المجفف

ρ_a: الكتلة الحجمية للهواء داخل المجفف

Cp: السعة الحرارية للهواء داخل المجفف

T_{Out} درجةلحرارةالهواء الساخن الخارج من المدخنة ، T_{int} درجة حرارة الهواء الساخن الداخل غرفة التجفيف.

- فلتبخير الرطوبة في أي فترة زمنية إلى الطاقة المقدمة إلى المجفف. يمكن حسابه لتدفق الهواء القسري من الصيغة الرياضية التالية:

$$\eta_d = \frac{E_G}{G_A + P_{fw}}$$

حيث:

G_A : متوسط تدفق الاشعاع الشمسي

P_{fw} : استطاعة المروحة المغذية للمجفف

- يتم إعطاء محتوى الرطوبة في الطماطم (M_C) بشكل عام على أساس وزن الماء والمواد الجافة الموجودة في الطماطم. يمكن حسابها على أساس النسبة المئوية باستخدام المعادلة التالية:

$$M_C = \frac{m_i - m_f}{m_f}$$

حيث:

m_i : الكتلة الابتدائية للعينة

m_f: الكتلة النهائية للعينة

II -4) خلاصة الفصل:

في هذا الفصل تم التعرف على انواع المجففات الشمسية بداية بالتقليدية ثم المجففات المباشرة ثم تطرقنا الى المجففات الغير مباشرة بنوعيها ذات الحمل الطبيعي وذات الحمل القسري ثم الى المجففات الهجينة او المختلطة وتعرضنا الى طريقة التجفيف وكيفية دخول الهواء في كل نوع على حدى مع ذكر مزايا وعيوب كل نوع ثم تطرقنا الى كيفية تحسين مردود اللاقط المستوي وتعديله من حيث طريقة ادخال الهواء وذكر الدراسات التي قامت عليها وكذا انواع اخرى من اللواقط المكافئة والاسطوانية وكيفية تركيزها للاشعاع الشمسي وكذا الاستفادة منها في تجفيف المواد.

قائمة مراجع الفصل الثاني

[1] Hadj Ammar Mohammed Ali , Rendement d'un capteur solaire a simple vitrage et a double vitrage "étude et comparaison" .10ème Séminaire International sur la Physique Énergétique. Bachar 2011.

[2] غياث حميد مجيد،اسعد رحمن الحنفي، الأداء الحراري للمجفف الشمسي وتأثيره في بعض الصفات الهندسية للتجفيف،قسم علوم الأغذية والثقافات الإحيائية،كلية الزراعة ،جامعة البصرة،2007 20(2) .BasrachJ.Agris,Sci,ص3.

[3] قادري شهرة،دراسة مقارنة تجريبية وعددية لانتقال الحرارة في المجفف الشمسي،مذكرة ماستر، قسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي ،2019/2018، ص13.

[4] العاتي مختار،المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيلالزراعية ،مذكرةلنيل شهادةالماجستير،كلية العلوم و التكنولوجيا و علوم المادة، قسم هندسة الطرائق ،جامعة قاصدي مرباح ،ورقلة ،2011،ص41,43 .

[5] ساره دانيال،المجففات الشمسية، ورشة عمل حول تعزيزاستخدام التكنولوجيات الخضراء من أجلقطاع زراعي منيعومستدام،الإسكوا، عمان في 17آب/أغسطس 2021،ص6 .

[6] إكرام هرمس ، خديجة زعبي، عفاف حوامد، دراسة-كفاءة-مجفف-شمسي-في-منطقة-الجنوب-الشرقي-بالجزائر-الوادي، مذكرة ماستر،قسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي ،2021/2020، ص12.ص13.

[7] محمد سليم علي اشتيه، رنا ماجد جاموس ،التجفيف الشمسي للفواكه والخضروات خبراتمن فلسطين ،مركز أبحاث التنوع الحيوي والبيئة (بيرك) تل، ص، ب، 696نابلس، فلسطين ص17.

[8] ريم النجداوي، لارا جدع، ساره دانيال، كتيب في التجفيف ، مطبوعات للأمم المتحدة تصدر عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح،صندوق بريد :،8575-11بيروت، لبنان،2021،ص11،ص12.

[9] داودي عبد العالي ،شوشاني محمد علي ، دراسة تحسين أداء المجفف الشمسي بمساعدة موادتخزين الطاقة تحت شروط طقس مدينةالوادي -الجزائر، مذكرة ماستر، قسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر ،الوادي ،2022/ 2023، ص8 ص32.

[10] مالك نبيل الكميم ،حمزة عبعوب،إنجاز و دراسة و كفاءة الطاقوية لنظام تخزين حراري باستخدام مواد ماصة مختلفة، مذكرة ماستر،كلية المحروقات والطاقات المتجددة وعلوم الأرض والكون،هندسة ميكانيكية،جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر،2019،ص30.

[11] سلمان بن يحي، صهيب هامل'جاسم قدوري،دراسة الكفاءة الطاقوية للمجفف الشمسي،مذكرة ليسانس،كلية المحروقات والطاقات المتجددة وعلوم الأرض والكون،جامعة قاصدي مرباح ،ورقلة2019 ،ص24.

[12] بكوش بشير، كشيدة محمد،نصري عبد الحميد،انجاز مجفف شمسي من اجل تحسين جودة المحاصيل الزراعية،مذكرة ماستر، شعبة الميكانيك، كلية التكنولوجيا، جامعة الشهيد حمه لخضر ،الوادي ،2023،ص31.

[13] عماد يحيى صديق عبد الله، مصعب مهدي سلوف،تصميم محفف شمسي لتجفيف الخضروات،بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف،قسم الهندسةالزراعية،كليةالدراسات الزراعية، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا2016،ص11.

[14] قمولي عبد المحسن، راشدي محمد السايح ، دراسة أنواع اللواقط الشمسية المستعملة في تجفيف المحاصيل الزراعية، مذكرة ماستر،كلية الرياضيات وعلوم المادة،قسم الفيزياء،جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر،2018، ص30.

[15] F.Mokhtari et D. Semmar <<L'influence de la configuration de l'absorbeur sur les performances thermiques d'un capteur solaire à air>>; Rev. Ene.ren.: Journées de Thermique .Pages (159-162),(2001

[16] A.Abene, V. Dubois, M. Le Ray et A. Ouagued <<Etude expérimentale des performances thermique de diverses configuration de chicanes place dans la veine d'écoulement >>;Technologies Avancées – Numéro 16.Pages(37-50).(2003).

[17] MEDIANI AHMEDA .mélioration Des Performances et Optimisation D'un Capteur Solaire. En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences. DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE.. FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE. UNIVERSITE AFRICAINE AHMED DRAIA ADRAR2020 page25

[18] سوداني محمد البار، تحقيق عملي لمركز شمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي، رسالة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، قسم الفيزياء، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر2018 ص38.

[19] بوحنينة سماح ويمبعي هالة ، دراسة تجريبية لكفاءة المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب تحت شروط طقس مدينة الوادي ، مذكرة ماستر، كلية العلوم الدقيقة، قسم الفيزياء ، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر.**2022،ص 44.**

الجزء
العملي

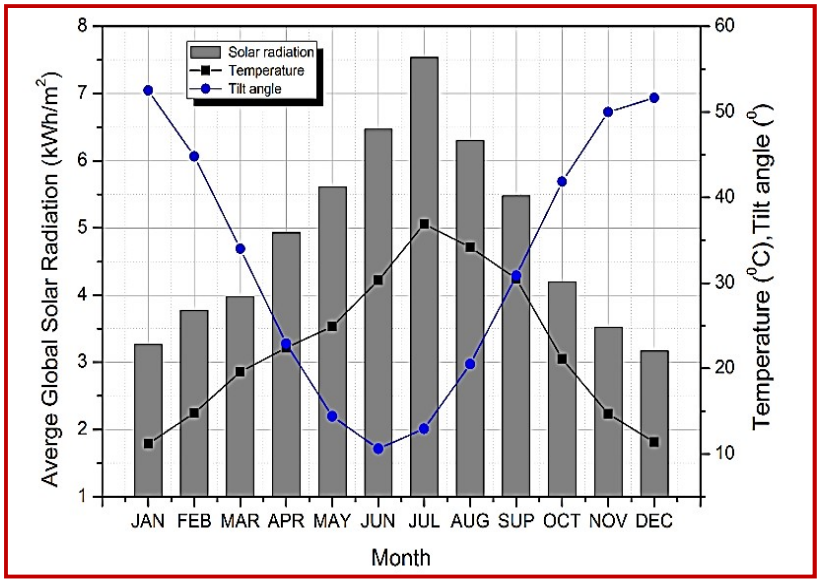
الفصل الثالث

دراسة النتائج التجريبية ومناقشتها

III-1- مقدمة:

بعد وصف البروتوكول التجريبي للتجفيف وكل العناصر الاساسية له ودور كل عنصر في عملية التجفيف الجيد،وبناءا على الاعمال السابقة (داودي وآخرون [1] ، هرمس وآخرون [2] ، يمبعي وآخرون [3]) ، التي انحصرت اولا على تجريب المجفف ذو الماص المقلوب والاداء والكفاءة ثانيا.

اقيمت التجارب على مستوى ساحة وحدة البحث في الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق القاحلة التابعة لجامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي الواقعة في الجنوب الشرقي للجزائر،تمتد أراضيها بين خطي طول 6˚- 8˚ شرقا و دائرتي عرض 31˚- 34 ˚ شمالا. تتميز هذه المنطقة بطابع صحراوي جاف حار صيفا وبارد شتاءا حيث يصل المتوسط الحراري في فصل الصيف إلى 34˚C وقد يتعدى في بعض الأحيان 50˚C وفي فصل الشتاء يكون المتوسط الحراري 10˚C، و قد تصل أحيانا إلى ما دون الصفر ليلا، التيارات الهوائية نشطة على مدار السنة في الوادي، فتهب رياح شمالية وشمالية شرقية من فيفري إلى أفريل، وتهب رياح شرقية من أوت إلى أكتوبر، وتهب رياح جنوبية حارة خلال الصيف، ونظرا لقلة هطول الأمطار بسبب بعد المنطقة عن البحر (يصل المتوسط السنوي للتساقط بالمنطقة إلى 80.3 ملم). فإن أغلب أيام السنة تكون مشمسة وهذا ما يجعلها منطقة غنية بالطاقة الشمسية كماهو مبين في الوثيقة (1)، من خلال الوثيقة [4] تتميز المنطقة بمتوسط إشعاع سنوي يبلغ 4.85 كيلو واط ساعة / م2 مع فترة تشمس كلي 3900 ساعة / سنة. يتضح من الوثيقة ان المتوسط الشهري لدرجات الحرارة المحيطة وزاوية الميل المناسبة لامتصاص اكبر كمية إشعاع الشمسي. كذلك نرى كذلك أن فترة الشتاء لديها إمكانيات شمسية أقل بمتوسط إشعاع شمسي يومي يتراوح بين3.17 و3.77 كيلو واط ساعة/ م2. ليصبح الإشعاع الشمسي مهمًا جدًا بين أفريل وسبتمبر عندها يختلف متوسط الإشعاع الشمسي اليومي من 4.93 إلى 7.54 كيلو واط ساعة / م2. يمكن أن يصل متوسط درجة الحرارة إلى 37 درجة مئوية في الصيف ولا تقل عن 10 درجة مئوية فيبقية العام.



الشكل(III-1): متوسط الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وزاوية الميل في منطقة الوادي- الجزائر[4].

وعليه إرتأينا أن تكون التجارب في المنطقة وفي الفترة التى يكون فيها الطقس الحقيقي ملائم لعملية التجفيف، لتقع التجربة في ايام من شهر ماي 2024 بناءا على البروتوكول الموضح في الشكل(III-2)، و في التالي يمكن عرض التجارب المنجزة والنتائج المتحصل عليها:

الشكل(III-2): صورة المجفيفين على مستوى وحدة البحث في الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق القاحلة.

و اهم المكونات الاساسية للمجففين نبينها كمايلي :

1. **المجمع الشمسي :** هو عبارة عن هيكل معدني له شكل هندسي خاص يتكون من صفيحة معدنية مقوسة مغلفة من الداخل بورق الالمنيوم لعكس الاشعة الشمسية ومغطاة بصفيحة زجاجية لتحقيق الاحتباس الحراري ابعادها 35سم × 75 سم تميل بزاوية 30°عن الافق متوافقة مع منطقتنا وادي سوف للاستقبال الامثل للاشعاع الشمسي كما يوضحه **الشكل(III-3)**

الشكل(III-3):صورة للمجمع الشمسي للمجفف ذ والماص المقلوب.

2 **غرفة التجفيف** : وهي المكان المخصص لتجفيف المنتجات وحمايتها من العوامل الخارجية وهي عبارة عن اسطوانة معدنية قطرها 5, 44 سم بها نافذة متحركة ابعادها11,5 سم×6 سم لتسهل اخراج العينة اثناء اجراء القياسات التجريبية وبها ثقوب في قاعدتها لدخول هواء التجفيف المنبعث من المجمع الشمسي واشعة الشمس المنعكسة كما يوضحه الشكل(III-4)

الشكل(III-4): صورة غرفة التجفيف للمجفف ذو الماص المقلوب.

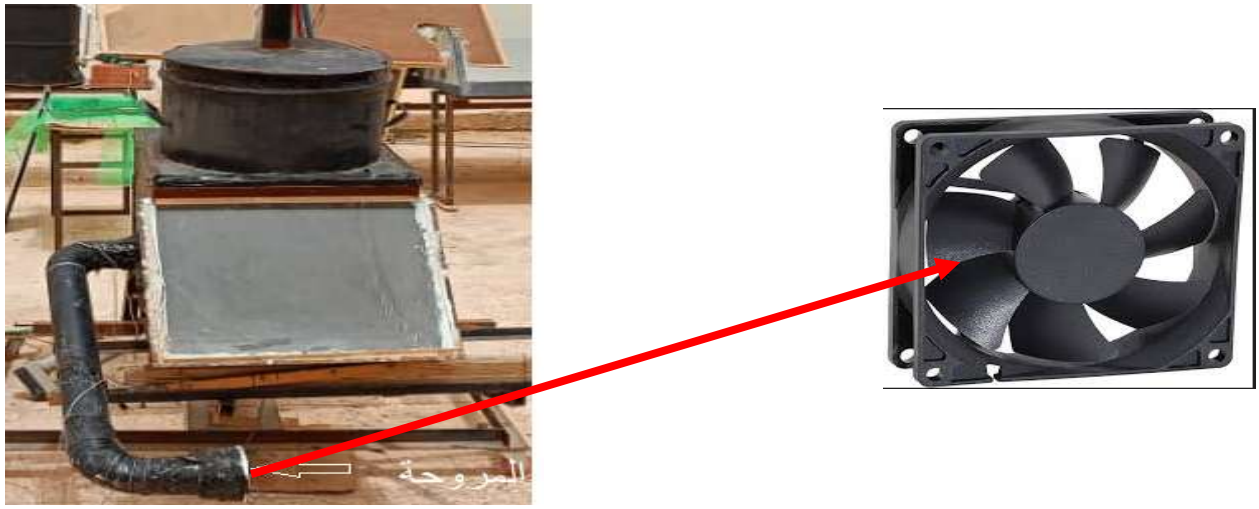
3 **غطاء غرفة التجفيف**: هوعبارة عن غطاء معدني يغطي غرفة التجفيف من الاعلى قطره 47 سم ويسمح بالتخلص من الهواء المشبع بالرطوبة عبر مدخنة قطرها 5, 7سم وارتفاعها 18 سم معزول بمادة البولسترين كما يوضحه **الشكل(III-5)**:

الشكل(III-5): صورة لغطاء غرفة التجفيف للمجفف ذو الماص المقلوب.

4 **درج مشبك (صينية)**: عبارة عن شبكة معدنية ذات قاعدة (ارجل) دائرية الشكل قطرها 42 سم توضع داخل غرفة التجفيف ويوضع عليها المنتج المراد تجفيفه كما يوضحه **الشكل(III-6)**

الشكل(III-6) صورة لدرج المشبك للمجفف ذو الماص المقلوب.

5 **المروحة**: مروحة تشتغل بالتيار الكهربائي المستمر DC بتوتر 12فولط مثبتة في اطار دائري تدفع الهواء داخل غرفة المجمع سرعة 1.6م/ثا للحصول على حمل قسري كما يوضحه **الشكل(III-7)**



الشكل (III-7) صورة لمروحة للمجفف ذو الماص المقلوب.

وقد اسنعملنا عدة وسائل تجريبية منها:

1. **حامل التحكم في ميل الزاوية وحركة المجفف:** عبارة عن عمود يمكنه الدوران بسهولة به حامل يمكن تثبيت المجفف عليه يسهل التحكم وتدوير المجفف الموضوع عليه للحصول على انسب وضعية تمكن من اكتساب اعلى قيمة للاشعاع الشمسي كما هو موضح في الشكل(III-8)

الشكل (III-8) صورة لحامل التحكم في دوران للمجفف ذو الماص المقلوب.

2. **مادة البولستيران**: مادة عازلة توضع على حواف غرفة التجفيف لعزلها عن الوسط الخارجي من جهة وعن المواد المراد تجفيفها من جهة اخرى لحمايتها كما يوضحه الشكل الشكل(III-9)

الشكل (III-9) صورة توضح كيفية استعمال البوليستيران داحل غرفة التجفيف للمجفف ذو الماص المقلوب

3. **لوحة شمسية:** لوح حساس يعمل على تحويل الاشعة الشمسية الى طاقة كهربائية لتغذية المراوحالمتصلة بالمجفف كما هو موضح في الشكل **الشكل(III-10)**

الشكل (III-10) صورة للوحة الشمسية المستعملة في التجربة

4. **البطارية:** تخزين الطاقة الكهربائية الفائضة المولدة من طرف اللوح الشمسي وتشغيل المراوح الموجودة في المجففين كما هو موضح في **الشكل(III-11)**

الشكل (III-11) صورة للبطارية المستعملة في التجربة

III-2- التجربة الأولى:

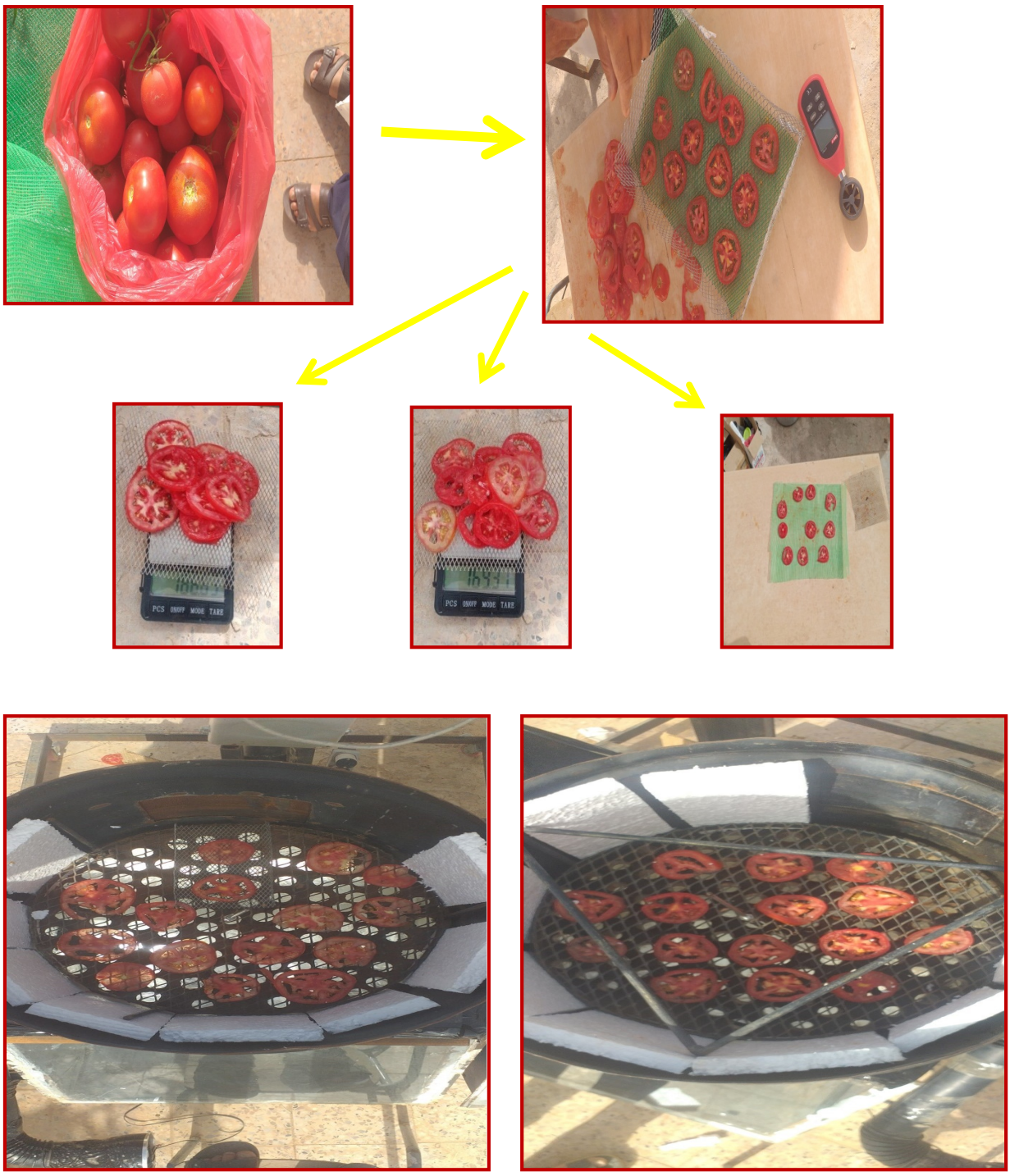
على الرغم من المزايا المؤكدة لاستخدام أجهزة تتبع الطاقة الشمسية لتحسين أداء الأنظمة الشمسية ، فإن دمج أجهزة تتبع الطاقة الشمسية مع الانظمة الشمسية خاصة في تجفيف المنتجات الزراعية لم يحظ باهتمام كبير تطبيقات عملية . ومن ثم، كان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تطوير نظام متكامل لتتبع الطاقة الشمسية لزيادة كفاءة التحويل لمجفف ذو الماص المقلوب المصمم مسبقًا لإعادة التدويرعن طريق ضبط اتجاهه باستمرار إلى الزاوية المثلى نحو الشمس خلال ساعات النهار . تم استكشاف الكفاءة الحرارية لمجمعات الطاقة الشمسية الثابتة والمتتبعة عند معدلات تدفق هواء مختلفة وتم دراسة سلوك التجفيف لشرائح الطماطم في كلا النظامين ومقارنتها بالتجفيف الشمسي التقليدي.

بهدف الوصول الى نتائج المقارنة بين أداء المجفف الثابت والاخر موضوع على المحور الدوار لاستقبال الاشعاع الشمسي، قمنا بإتباع الخطوات التجريبية التالية:

- وضعنا المجفيفين، الاول ثابت على طاولة متجة نحو الجنوب والاخر على المحور الدوار متجه مباشرة نحو الزاوية المثلى لاستقبال الاشعاع الشمسي، كما يوضحه الشكل(III-12). تعتبر هذة المرحلة مرحلة قبل وضع عينة الطماطم في المجفف ليتم فيها الرفع من درجة حرارة المجفيفين.

الشكل(III-12): صورة توضح كيفية وضع المجفيفين عند بداية التجربة.

- قمنا بتحضير عينة من الطماطم وذلك بتقطيعها إلى شرائح دائرية بسمك 2 مم تقريبا، بعد ذلك تم فصل العينة الكلية الى ثلاثة عينات لوضع واحد في المجفف الثابت والاخرى في المجفف الدوار والعينة الثالثة في الهواء المحيط (التجفيف الشمسي التقليدي) مع الابقاء والاحتفاظ بوزن عينة شاهدة لتتبع تغيرات النقص في محتوي الماء من الطماطم كما يوضحه الشكل III-13.

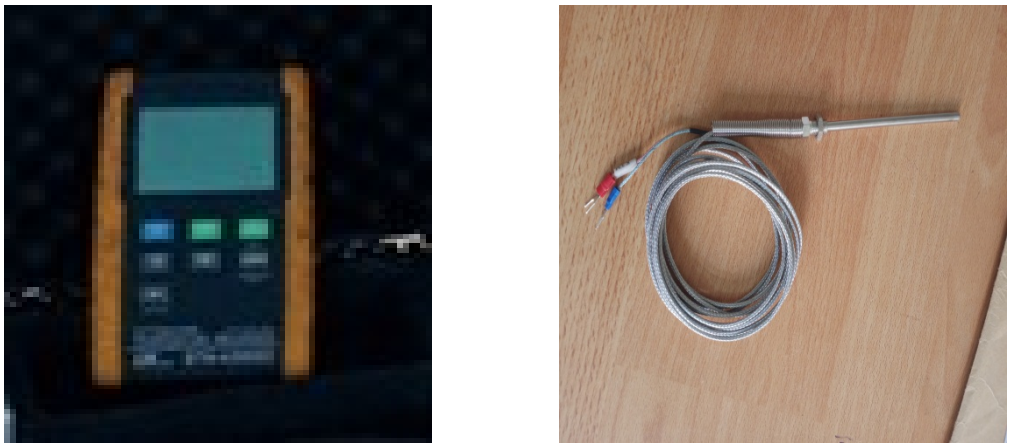


الشكل (III-13): صورة توضح كيفية التقطيع و وضع شرائح الطماطم في غرفتي التجفيف

وفي الاخير، ولتتبع تغيرات المعلمات المهمة (درجة الحرارة، سرعة الرياح و وزن العينة) في التجريب قمنا بربط اجهزة القياس في نقاط محددة من المجففات وكذا الوسط الخارجي واهم هذه الاجهزة :

1) جهاز قياس درجة الحرارة:

هو جهاز رقمي يقيس درجة حرارة الوسط الخارجي وفي المكان الذي يوضع فيه المستشعرالحراي مثل: المجمع ،غرفة التجفيف، المخرج..... كما هو موضح في **الشكل (III-14)**



الشكل (III-14): صورة لمقياس درجة الحرارة والمستشعر الحراري

2) **جهاز قياس سرعة الرياح:**

هو جهاز رقمي يقيس سرعة الرياح بـالمتر على الثانية اعتمادا على دوران عنفته في الاعلى عند تعريضها للهواء الجوي كما هو موضح في **الشكل(III-15):**

الشكل:(III- 15) صورة لمقياس سرعة الرياح

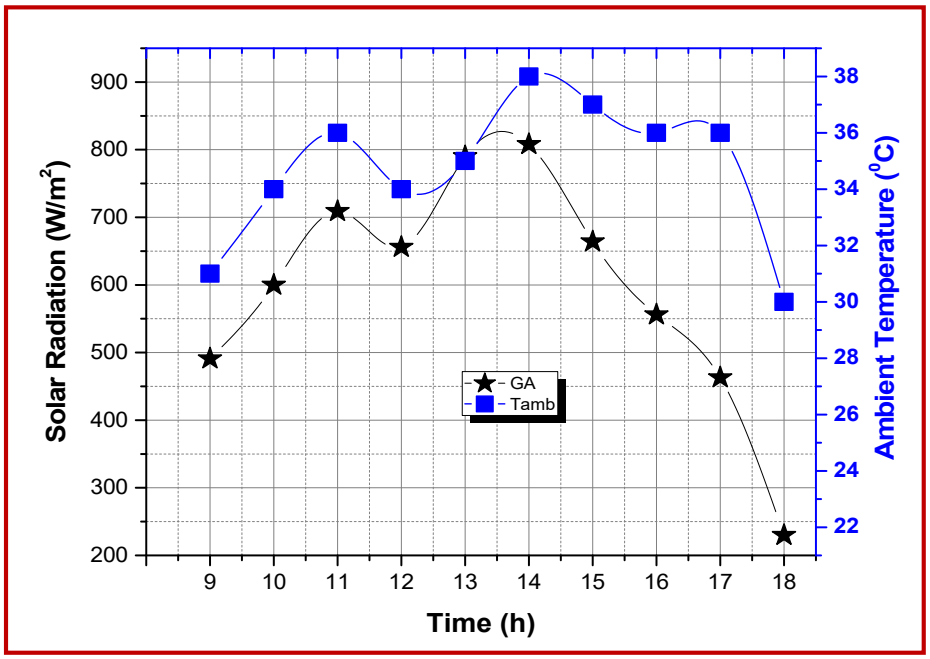
3) **ميزان الكتروني حساس** :
جهاز رقمي يقيس الكتلة بدقة كبيرة جدا يستعمل لقياس كتلة العينات عند الفترات الزمنية المختارة كما هو موضح في **الشكل (III- 16):**

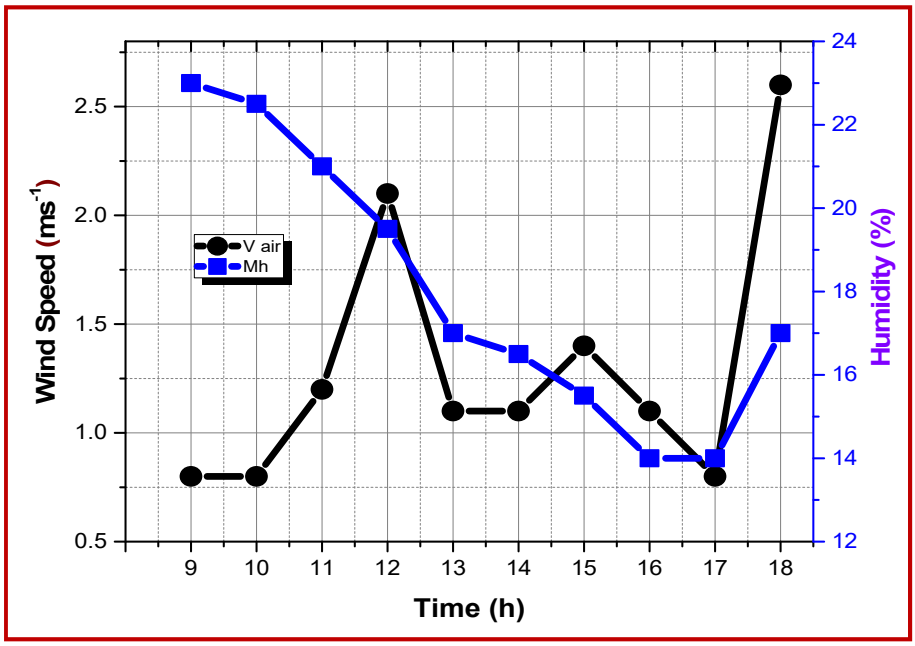
الشكل (III- 16):صورة للميزان الالكتروني المستعمل

تم وضع المجففين بعيدًا عن الظل أثناء عملية التجفيف .تم تنفيذ العملية في 19ماي 2024 تحت سماء صافية جزئيا من الساعة 8:00 صباحًا حتى 5:00 مساءً .تم سحب الهواء الساخن من الأنبوب بمعدل تدفق ثابت (1,6 م/ثانية) ونقله داخل المجمع .يتم توصيل الأخير مباشرة بغرفة التجفيف من خلال 101 فتحة من أجل الحصول على دوران موحد للهواء الساخن. ومن اجل الحفاظ على ضبط اتجاه المجفف الدوار نقوم باستمرار على حركة الجزء المسؤول على الحفاظ على الزاوية المثلى نحو الشمس خلال ساعات النهار كما هو مبين بالشكل الشكل.(III-17) حيث تحصلنا على النتائج التجريبية ليوم واحد كما يلي :

الشكل(III-17): ضبط اتجاه المجفف الدوار باستمرارللحفاظ على الزاوية المثلى نحو الشمس خلال ساعات النهار

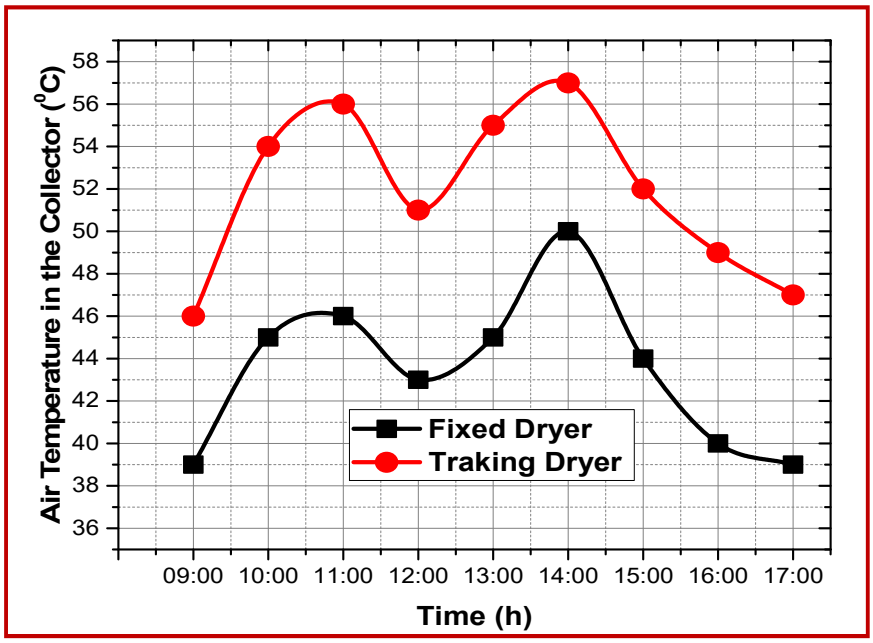
يمثل الشكل(III-18) تطور المعالم المهمة (الإشعاع الشمسي، درجة حرارة المحيط، سرعة الرياح ورطوبة الجو المحيط) خلال عملية تجفيف من وقت شروق الشمس الى غروبها. كما يتضح من الشكل أن القيمة الأعظمية للإشعاع الشمسي الساقط على المجمع تبلغ حوالي 800 واط/م^2 ما بين الساعة 13:00 و14:00، كما كانت أعلى قيمة لدرجة الحرارة المحيطة حوالي 38 درجة مئوية.كما نلاحظ كذلك القيمة الأعظمية لنسبة الرطوبة 23%. أما أعلى قيمة لسرعة الرياح فكانت 2.1 م/ثافي الزوال وأقل قيمة 0.8 م/ثا بمعدل 2.5م/ثا في يوم التجريب تقريبا.



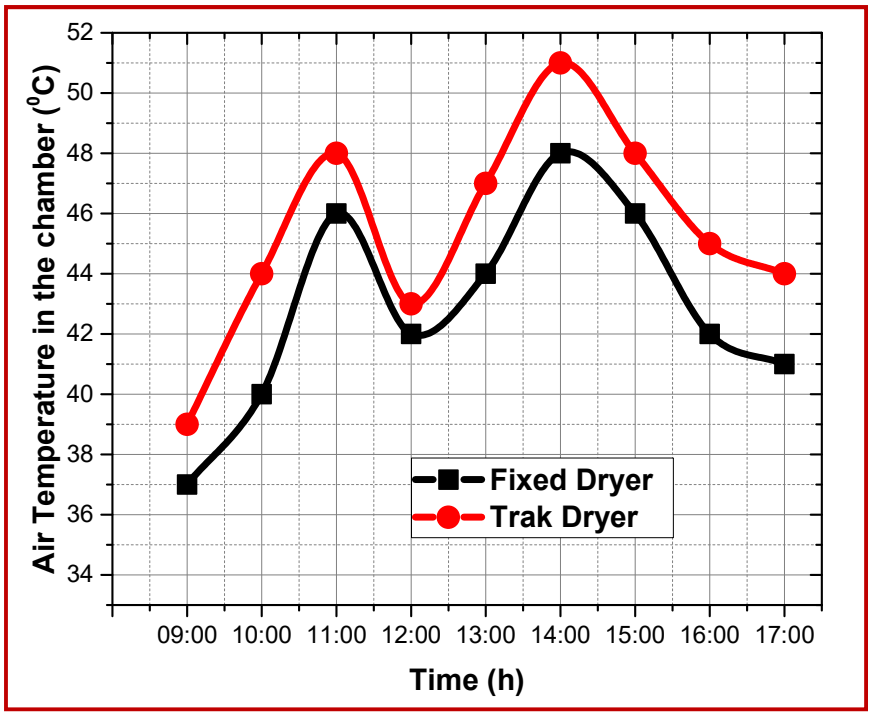


الشكل(III-18): منحنى تغيرات شدة الاشعاع الشمسي، درجات الحرارة، سرعة الهواء ونسبة رطوبة المحيطة خلال خلال ساعات التجفيف.

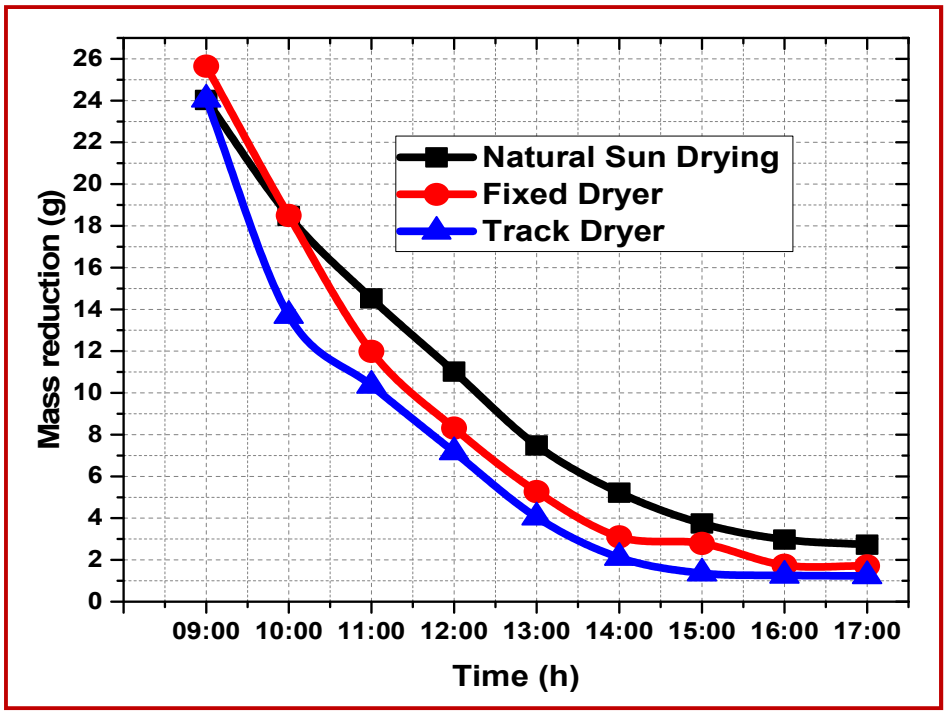
بناءا على مجموع الاعمال السابقة من طرف الباحث بوغالي واخرون [5] من جامعة ورقلة حيثو قامو بتجفيف الطماطم بواسطة مجفف شمسي هجين تحت ظروق طقس الحقيقة لمنطقة ورقلة الصحراوية 2009 ، يمكن القول والاثبات ان هذه الشروط الجوية الحقيقية تمكن من تتبع أداء المجفيفين و المقارنة بينهما بناءا على منحنى درجة حرارة المجمع الشمسي و درجة حرارة هواء الغرفة و كذلك مقدار كمية الماء المنزوعة من عينات الطماطم في كلا الغرفتين و في التجفيف الطبيعي التقليدي والنتائج مترجمة الى منحنيات كمايلي (الشكل III– 19 -20 و21).



الشكل(III-19): تغير درجة حرارة هواء اللاقط للمجفيفين.



الشكل(III-20): درجة حرارة هواء الغرفة للمجفيفين.



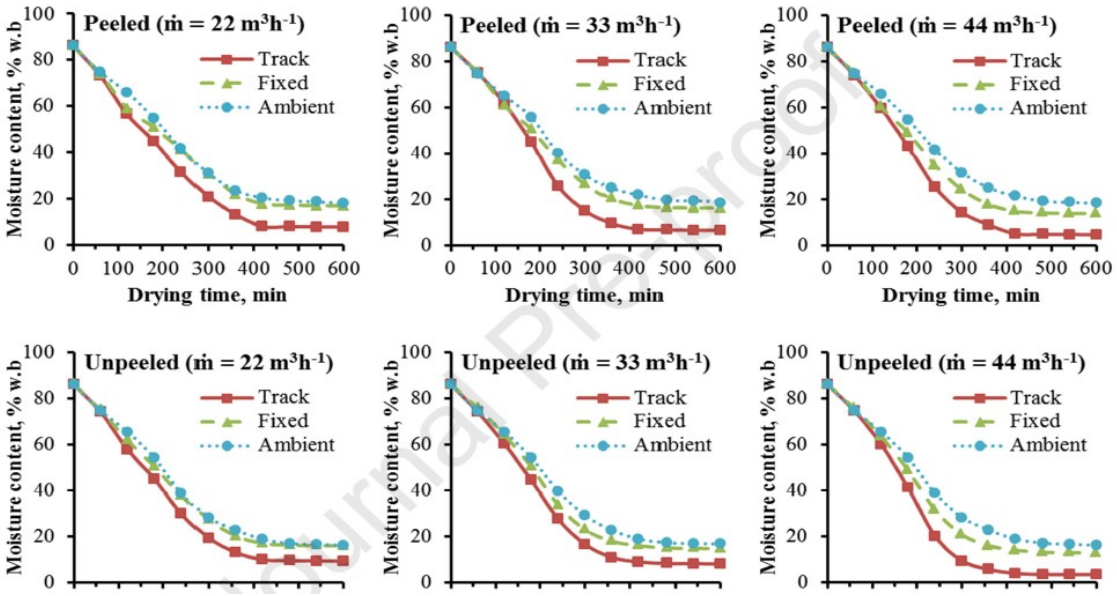
الشكل(III-21): منحنى تغيرت كتلة العينة للحالات الثلاثة

كما هو ملاحظ من خلال المنحنيات وعند بداية عملية التجفيف تزداد درجة حرارة المجمعين والغرفة بزيادة ارتفاع مستوي الاشعاع الشمسي، حيث يتضح الفارق في درجة حرارة بين النظامين الثابت والدوار، ويرجع ذلك الى الأسباب التالية:

زادت قيمة الاشعاع الشمسي من الساعة 09:00 الى 11:00 تقريبا، أدى الى زيادة درجة حرارة المجمع ومع تدفق الهواء بواسطة المراوح المغذات باللوح الشمسي أدى الى ارتفاع درجة حرارة تيار الهواء (تحرير الحرارة) داخل الغرفة. اما ما يلاحظ من الساعة 11:00 الى 12:00 تقريبا سقوط في مستوي درجة الحرارة بسبب مرور مضليلات الشمس (سحاب عابر) ، اي حجز كمية الاشعاع الساقطة على المجمع وهو موضح كذلك في الشكل (III-6)، ليعود الاشعاع بعد ذلك بالارتفاع حتي نهاية الفترة المسائية. اما بخصوص فارق في درجة حرارة بين النظامين يرجع الى زاوية الاستقبال المثلي التي يتميز بها نظام التجفيف الدوار فهو يستقبل اكبر كمية اشعاع شمسي تمكنه من الرفع من درجة حرارة الغرفة بوقت اسرع ومن ثما تدفق اكبر للهواء الساخن، وهذا ما يجعل العينة على مستوي هذا المجفف تجفف بوقت اقصر ونزل كمية الماء من الطماطم بكمية اكثر وهذا ما يوضحه الفارق في كتلة العينات الثلاث في منحنى الشكل (III-13).

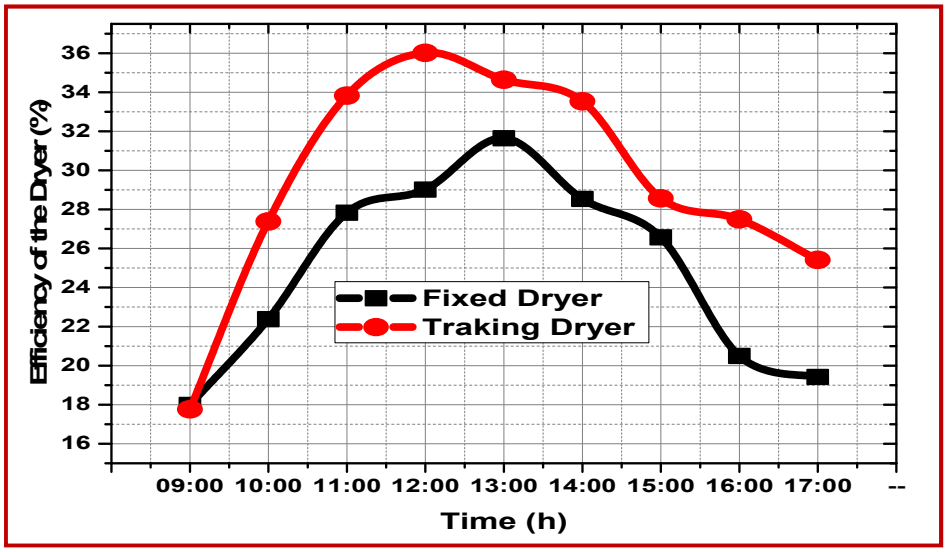
تم العثور على نفس السلوك من قبل بوغالي واخرون [5] ورمضان واخرون [6] من جمهورية مصر العربية بمقارنة بين نظامين للتجفيف ذو اللاقط المسطح، احدهما ثابت والاخر دوار متتبع للشمس تحت نفس شروط الحقيقة للطقس، وتم إثباته من خلال البحث التجريبي في تجفيف التفاح كما هو موضح

الشكل(III-22)



الشكل(III-22): نتائج الاثبات والمقارنة من طرف رمضان واخرون [6]

قمنا بحساب الكفاءة الحرارية للمجفف الدواروالثابت وترجمت النتائج الى المنحنى في **الشكل(III-23)**.



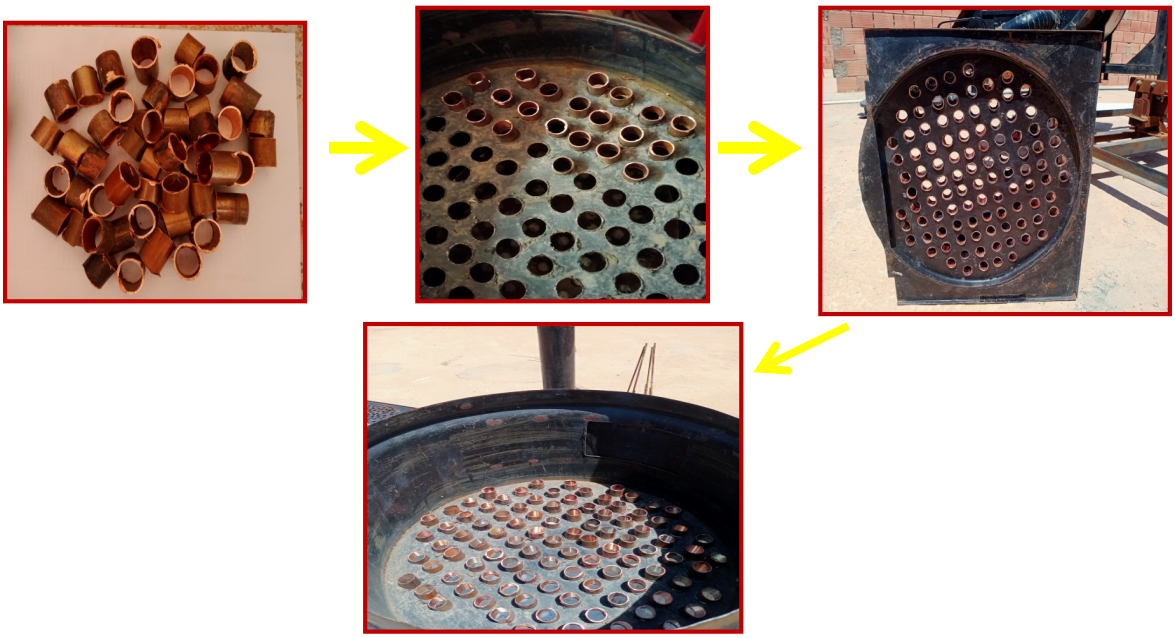
الشكل(III-23) : كفاء ة المجففين الدوار والثابت اثناء يوم تجريب

نلاحظ أن متوسط الكفاءة اليومية للمجفف الشمسي ذو الماص المقلوب أثناء التجارب يتراوح من 16 إلى 37٪. كذلك من خلال التجربة الاولى تتضح ان الكفاءة اعلى بالنسبة للمجفف على المحور الدوار مقارنتا بالمجفف الثابت.

III-3- التجربة الثانية:

بعد الاثبات التجريبي على ان نظام التجفيف المتتبع للشمس (الدوار) اعطي نتائج افضل مقارنة بنظام التجفيف الثابت، قمنا بدراسة تجريبية ثانية يوم الاثنين 20 ماي 2024 تحت سماء صافية تماما والمتمثلة في إدخال مادة مصممة على شكل انابيب نحاسية (زعانف) مثبتة في مدخل غرفة احد المجففات ومقارنة ادائها بالغرفة الخالية من هذه الانابيب وكلا المجففين موضوعين على المحور الدوار والهدف من ذلك متابعة ما اذا كانت هذه الاضافة تحسن من فعالية الغرفة حراريا للحصول على اداء افضل، وفي مايلي اهم الخطوات التجريبية المتبعة في ذلك:

- قمنا بتحضير الزعانف على شكل اسطوانات نحاسية ذات القطر 22 مم والطول تقريبا 4 سم، بعد ذلك ليتم تثبيتها في احد المجففات بالضبط على المساحة الماصة لمدخل غرفة التجفيف، بينما نبقي مساحة الماص للمجفف الثاني خالية من الزعانف (فارغة) للمقارنة كما يوضحه الشكل III-24.
- وضعنا المجففين على المحور الدوار متجهين مباشرة لاستقبال الاشعاع الشمسي، كما يوضحه الشكل III-25
- قمنا بتحضير عينة من الطماطم كما سبق في التجربة الاولى ليتم وضع عينة على مستوي غرفة تجفيف المجفف ذو الزعانف (الاسطوانات النحاسية) والاخرى في المجفف الخالي منها مع الابقاء والاحتفاظ بوزن عينة شاهدة لتتبع تغيرات النقص في محتوي الماء من الطماطم كما يوضحه الشكل III-26.

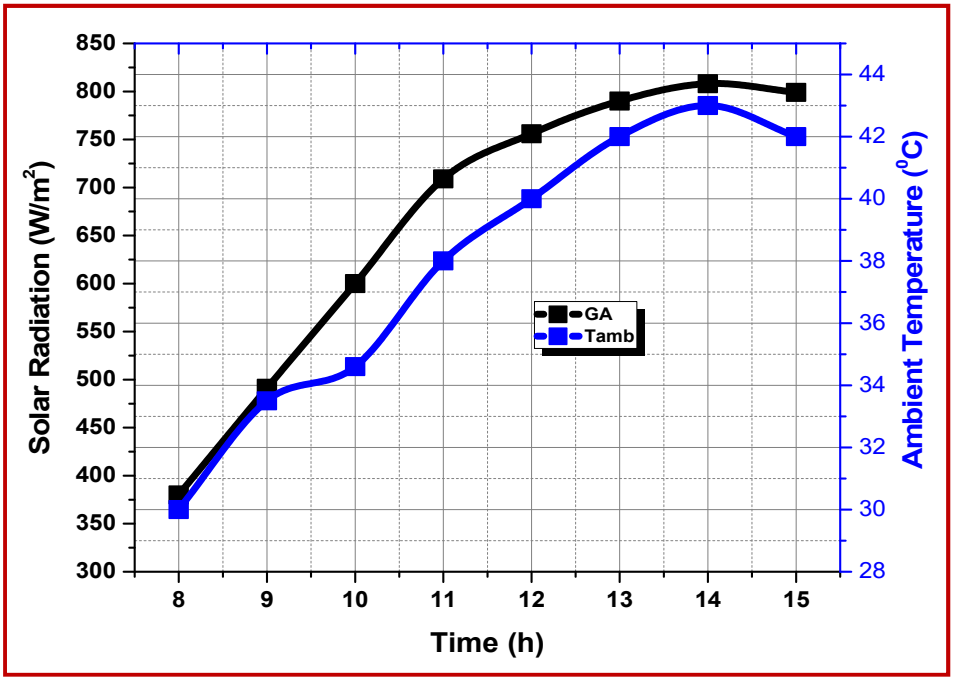


الشكل(III-24): مراحل تثبيت الاسطوانات النحاسية على احد غرف التجفيف.

الشكل(III-25): صورة وضع المجفيفين على المحور الدوار.

الشكل(III-26): صورة العينات على مستوي المجفيفين أ) الغرفة ذات الزعانف ب) غرفة بدون زعانف.

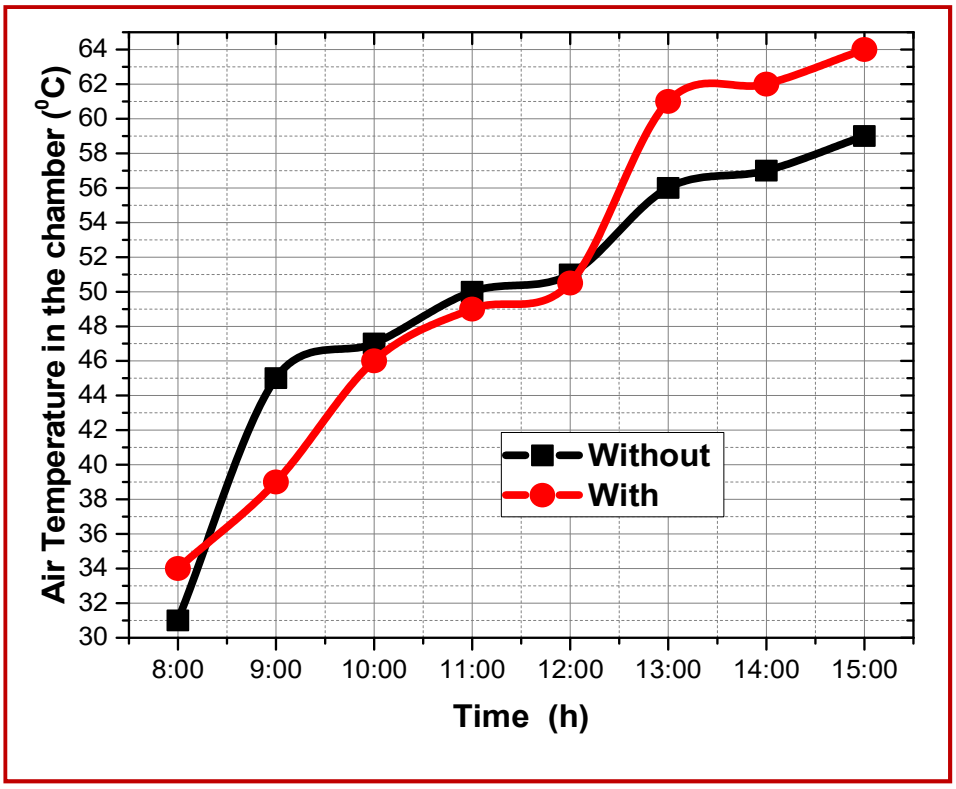
وفي الاخير، وليتتبع تغيرات المعلمات المهمة في التجربة قمنا بتحضير وربط اجهزة القياس مع جهاز جمع المعلومات كما هو الحال في التجربة الثانية، لنتحصل على النتائج التجريبية ليوم واحد كمايلي :



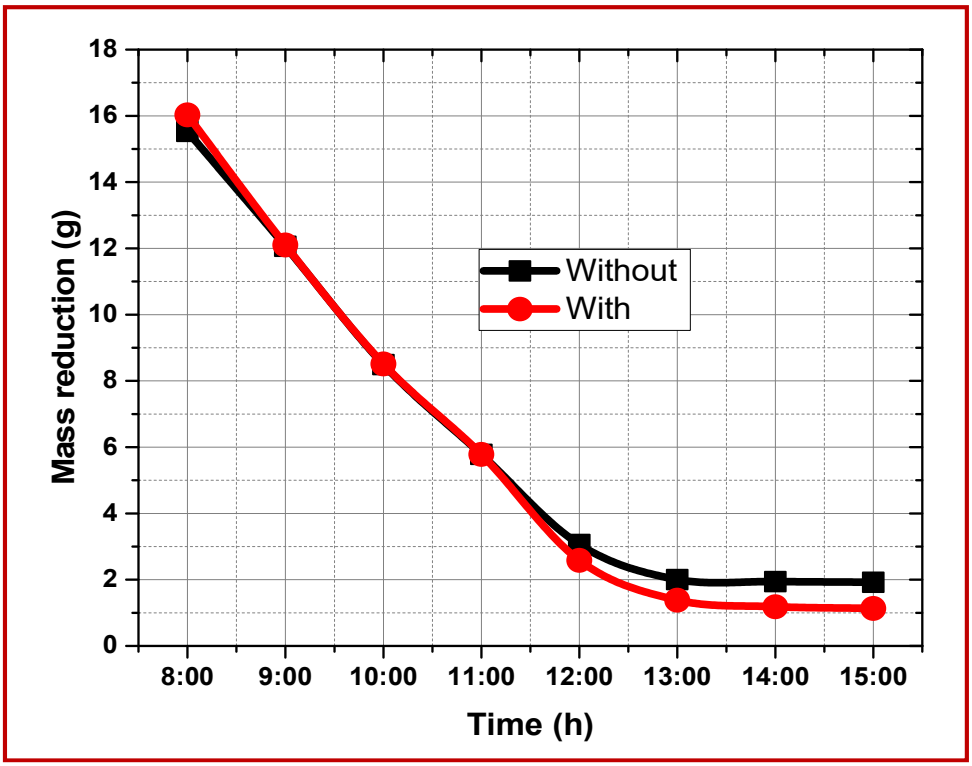
الشكل(III-27): منحنى تغيرات شدة الاشعاع الشمسي خلال فترة التجفيف.

يمثل الشكل(III-27) تطور الإشعاع الشمسي و درجة الحرارة المحيط خلال عملية تجفيف من وقت شروق الشمس الى غروبها. كما يتضح من المنحنى أن تغيرات الاشعاع الشمسي تمكن من تتبع أداء المجفيفين و المقارنة بينهما، وبناءا على ذلك نلاحظ من المنحنى الشكل (III–28 و 29) تغيرات درجة حرارة هواء الغرفة و كذلك مقدان كمية الماء المنزوعة من عينات الطماطم في كلا المجفيفين.

كما هو ملاحظ من خلال منحي تغير درجة الحرارة ان وفي بداية عملية التجفيف تزداد درجة حرارة الغرفة بدون زعائف اسرع مقارنة بالغرفة التي تحوى الزعانف والسبب في ذلك هو الانعكاس الكلي لكمية الاشعاع نحو الغرفة عبر الفتحات بدون زعائف، لتستمر الزيادة تقريبا الى منتصف النهار حيث نلاحظ قفزة في ارتفاع درجة حرارة الغرفة المزودة بالزعانف وهذا راجع الى دور هذه الاسطوانات النحاسية في زيارد مساحة التحول الحراري بين المجمع والغرفة وتحرير كمية حرارة اكبر داخل الغرفة مع مرور الوقت، وهذا ما نلاحظه من خلال تغير في نقصان كتلة العينة داخل غرفة الزعانف مقارنة بكتلة العينة داخل الغرفة بدون زعانف. هنا يمكن القول بان اضافة مثل هذه الانابيب النحاسية الى نظام التجفيف يلعب دور كبير في الرفع من كمية حرارة داخل الغرفة في اوقات مثلا يكون فيها الاشعاع الشمسي منخفض او سقوط في درجة حرارة الوسط المحاط.

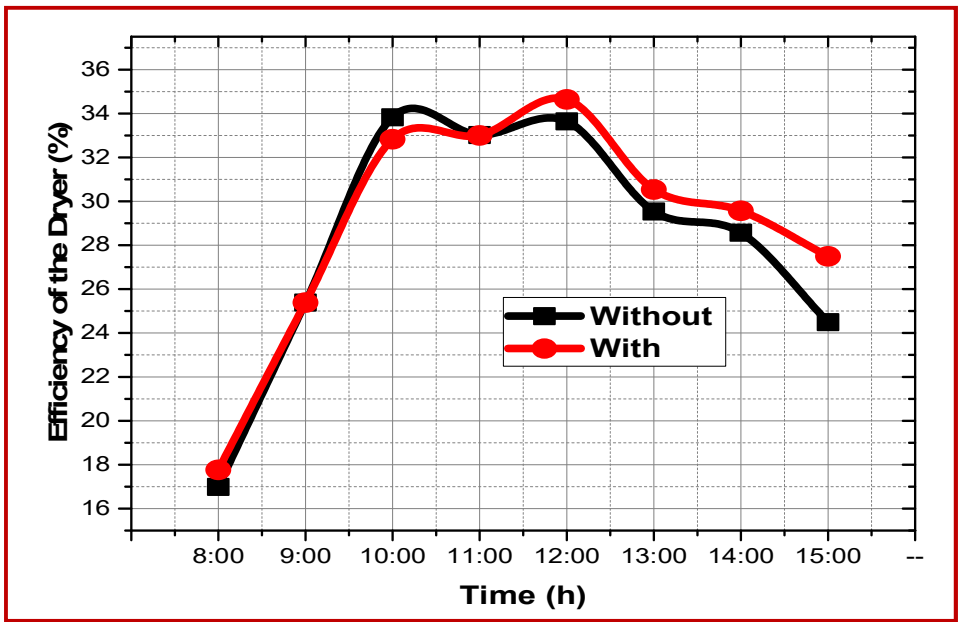


الشكل(III-28): تغيرات درجة حرارة الغرفة للمجفيفين أ) الغرفة ذات الزعانف ب) غرفة بدون زعانف.



الشكل(III-29): منحنى تغيرت كتلة العينة في غرفتي التجفيف أ) الغرفة ذات الزعانف ب) غرفة بدون زعانف.

الجدير بالذكر ومن خلال التجارب المنجزة (الاولى والثانية) يمكن اعطاء صورة واضحة عن دور الجزء الدوار للمجفف لاستقبال الاشعاع الشمسي بزاوية مثلي وامتصاص كمية اكبر من الاشعاع تمكنه من الرفع من درجة حرارة الغرفة بوقت اسرع ومن ثما تدفق اكبر للهواء الساخن، كذلك الدور الذي تلعبه الاسطوانات النحاسية (الزعانف) داخل غرفة التحفيف في زيارد مساحة التحول الحراري بين المجمع والغرفة وتحرير كمية حرارة اكبر داخل الغرفة مع مرور الوقت، قمنا بدراسة مقارنة بين كفاءة المجففين في كلا التجربتين، وذلك بحساب الكفاءة انطلاقا من المعطيات التجريبية والمعلمات الاساسية وترجمة النتائج الى منحنيات كما هو موضح في **الشكل(III-30)**.



الشكل(III-30): منحنى تغيرت كفاءة المجفيفين خلال التجربتين الاولى والثانية.

اما ما يشير اليه المنحنى الثاني هي نتائج الكفاءة بمساعدة الاسطوانات النحاسية (الزعانف) داخل غرفة التحفيف والتي تلعب دور كبير في زيارد مساحة التحول الحراري بين المجمع والغرفة وتحرير كمية حرارة اكبر داخل الغرفة مع مرور الوقت.

مراجع الفصل الثالث

[1] داودي عبد العالي ،شوشاني محمد علي ، دراسة تحسين أداء المجفف الشمسي بمساعدة موادتخزين الطاقة تحت شروط طقس مدينةالوادي -الجزائر، مذكرة ماستر، قسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر ،الوادي ،2022/ 2023، ص8 ص32

[2] إكرام هرمس ، خديجة زعبي، عفاف حوامد، دراسة-كفاءة-مجفف-شمسي-في-منطقة-الجنوب-الشرقي-بالجزائر-الوادي، مذكرة ماستر،قسم الفيزياء، كلية العلوم الدقيقة، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي ،2021/2020، ص12.ص13

[3] بوحنينة سماح ويمبعي هالة ، دراسة تجريبية لكفاءة المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب تحت شروط طقس مدينة الوادي ، مذكرة ماستر، كلية العلوم الدقيقة، قسم الفيزياء ، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر، **2022.**

[4] M.A. Hadj Ammar, B. Benhaoua, M. Balghouthi, "Simulation of tubular adsorber for adsorption refrigeration systempowered by solar energy in sub-Sahara region of Algeria". Energy Conversion and Management 106, 31–40 (2015).

[5] S. Boughali, H. Benmouss, B. Bouchekima, D. Mennouche, H. Bouguettaia, D. Bechki, Crop drying by indirect active hybrid solar – Electrical dryer in the eastern Algerian Septentrional Sahara, Solar Energy 83 (2009) 2223–2232

[6] Ramadan ElGamal, Sameh Kishk, Salim Al-Rejaie, Gamal ElMasry , Incorporation of a Solar Tracking System for Enhancing 1 the Performance of Solar Air Heaters in Drying Apple Slices , Renewable Energy, 1481(20)31889-9

الخاتمة
العامة

خاتمة عامة

بناءا على مجموع الابحاث التي اجريت على المجفف الشمسي ذو الماص المقلوب وما حققته من نتائج جيدة من تقليص مدة التجفيف والحفاظ على جودة المنتج المجفف بعد ادخال جملة من التحسينات عليه، لذا اخترناه موضوع لمذكرتنا للعمل على تحسين في الآداء والفعالية الحرارية للمجفف ذو الماص المقلوب تحت الشروط الحقيقية لطقس مدينة الوادي، التي من شأنها الرفع من كفاءته و الحصول على نتائج جيدة وهذا كله من اجل اعطاء معلومات دقيقة للاستثمار في مجال التجفيف خاصة في ولايتنا التى اصبحت قطب فلاحي بإمتياز.

تناولنا في هذه المذكرة تحقيق تجريبي جديد للتجفيف الشمسي بناء على البروتوكول التجريبي المصمم لذلك ارتأينا أن نقوم بتجربتين الاولى اثباتنا للثانية، حيث اعتمدنا خلال التجربة الأولى على إدخال محور دوار مثبت عليه المجفف ذو الماص المقلوب لتتبع الاشعاع الشمسي طيله مدة الاشعاع الششمسي من اجل استقبال وامتصاص اكبر كمية من الاشعاع ومقارنة النتائج مع أداء مجفف ثابت متجة نحو الجنوب وكليهما يجفيفان نفس المادة (طماطم)، اما العينة الثالثة كانت معرضة للاشعاع الشمسي المباشر والهواء المحيط.

تابعنا عملية التجفيف خلال يوم مشمس من شهر ماي 2024 على مستوى ساحة وحدة البحث في الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق القاحلة التابعة لجامعة الشهيد حمة لخضر بالوادي، بحيث قمنا بقياس درجة الحرارة في المجمع وغرفة التجفيف لكلا المجففين وكذا سرعة الرياح وشدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الوسط الخارجي وقياس كتلة عينة محددة إحداها موضوعة في المجفف المتحرك والثابت والعينة الموجودة في الهواء كل ساعة بداية من الساعة 9:00 صباحا إلى 17:00مساء وقد واجهتنا العديد من الصعوبات وخاصة بسبب تغيرات الجو (سحاب ، سرعة الرياح ، ...). وتوصلنا إلى نتائج مقبولة واستنتجنا مايلي :

- المجفف الدواركان أحسن أداء حراري من المجفف الثابت والتجفيف الشمسي التقليدي،
- زاوية سقوط الإشعاع الشمسي لها تأثير على مردود المجفف.

بعد الاثبات التجريبي على ان نظام التجفيف المتتبع للشمس (الدوار) اعطي نتائج افضل مقارنة بنظام التجفيف الثابت، قمنا بدراسة تجريبية ثانية يوم الأحد 2024/05/19 وتمثلة في إدخال تعديلات على احد المجففين بإضافة انابيب نحاسية (زعانف) مثبتة في مدخل غرفة احد المجفيفات ووضعنا المجففين على المحور الدوار لتتبع الإشعاع الشمسي ووضع عينات من الطماطم داخل المجففين قصد المقارنة ادائها ومتابعة ما اذا كانت هذه الاضافة تحسن من فعالية الغرفة حراريا للحصول على اداء افضل، وفي مايلي اهم النتائج المتحصل عليها :

- المجفف ذو الزعانف يكون ذو فعالية حرارية اكبر مقارنة بالمجفف دون زعانف،
- للزعانف دور كبير في زيادة مساحة التحول الحراري بين المجمع والغرفة،
- الزعانف يكون لها دور كبير ويظهر مفعولها عند انخفاض درجات الحرارة .

وأخيرا و من خلال مجموع التجارب يمكن القول وبناءا على النتائج المتحصل عليها انه مع اختيار الوقت الملائم للتجفيف يمكن ان نخلص الى:

- ❖ المجفف ذو الماص المقلوب مناسب جدا للتجفيف لتصميمه بسيط غير مكلف ولا يحتاج في تسييره ليد عاملة فنية مؤهلة، وهو كذلك صديق للبيئة ولا يصدر أي ضوضاء أو ضجيج
- ❖ تتبع الإشعاع الشمسي بتدوير اللاقط لاستقبال كمية مثلى من الإشعاع ينعكس إيجابا على سرعة التجفيف،
- ❖ إجراء التعديلات على غرفة التجفيف بإضافة محسنات كمواد حفظ الطاقة وزعانف لها تأثير جيد على سرعة التجفيف ومردود المجفف.

- ❖ المساهمة المزدوجة في الاقتصاد الوطني فهو غير مكلف يعتمد في عمله على الطاقة الشمسية بالإضافة لمساهمته في الحفاظ على الفائض في الانتاج الزراعي وعدم اتلافه.

تم بحمد الله

الملخص

تتميز منطقة الوادي في الجزائر بالطابع الصحراوي الجاف، حار صيفا وبارد شتاء، حيث تكون معظم أيام السنة مشمسة، مما يجعلها منطقة غنية بالطاقة الحرارية الشمسية .كما أصبحت هذه المنطقة قطباً زراعياً بامتياز، مما ينتج عنه في بعض الأحيان فائض كبير من الإنتاج الزراعي يجب الحفاظ عليه، وهذا ما دفع إلى التفكير في كيفية الحفاظ عليه باستخدام طرق التجفيف المختلفة .تهدف هذه الدراسة إلى تصميم بروتوكول تجريبي لمجفف شمسي جديد لتعزيز كفاءته الحرارية بمنطقة الوادي .تم تنفيذ الأعمال على تجربتين، ركزت الأولى على تطوير مجفف مدمج بنظام التتبع الشمسي لزيادة كفاءة التحويل للمجفف ودراسة سلوك المجفف لتجفيف شرائح الطماطم ومقارنته بأداء المجفف الثابت والتجفيف الشمسي التقليدي .بينما ركز العمل التجريبي الثاني على دمج أنابيب النحاس (الزعانف) في غرفة التجفيف ومقارنة أدائها بالغرفة بدون زعانف .الهدف من ذلك هو مراقبة ما إذا كانت هذه الإضافة تعمل على تحسين الكفاءة الحرارية لغرفة المجفف للحصول على أداء أفضل .وأدت التجربتان إلى نتائج جيدة أثبتتها الدراسات السابقة وأهمها: أن المجفف الشمسي المزود بنظام التتبع يتمتع بكفاءة حرارية أفضل من المجفف الثابت والتجفيف الشمسي التقليدي .كما أن المجفف ذو الزعانف يتمتع بكفاءة أكبر مقارنة بالمجفف بدون زعانف.

الكلمات المفتاحية: الشمس، المجفف الشمسي، كفاءة، تعزيز، أداء.

Abstract

El-Oued region in Algeria is characterized by a dry Sahara character, hot in summer and cold in winter, where most days of the year are sunny, which makes it a region rich in solar thermal energy. Also, this region become an agricultural pole par excellence, which sometimes results in a large surplus of agricultural production that must be preserved, and this is what led to thinking about how to preserve it using different drying methods. This study aims to design an experimental protocol for a novel solar dryer to enhance its thermal efficiency in the El-Oued region. The works was conducted on two experiments, the first focused on developing an incorporated dryer with tracking solar system to increase the conversion efficiency of the dryer and to study the behavior of the dryer for drying tomato slices and comparing it to the performance of the fixed dryer and traditional sun drying. Whereas, the second experimental work focused on incorporated copper tubes (fins) in dryer chamber and comparing its performance to the chamber without fins. The aim of this is to monitor whether this addition improves the thermal efficiency of the dryer chamber to obtain better performance.

The two experiments led to good results proven by previous studies, the most important of which are: The solar dryer with tracking system had better thermal efficiency than the fixed dryer and traditional solar drying. Also, the dryer with fins has greater efficiency compared to a dryer without fins.

Keywords: Sun, Solar dryer, Efficiency, Enhancement, Performance.