الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العالي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة نهاية الدراسة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان : التكنولوجيا

شعبة: ميكانيك

سنة ثانية ماستر

من إعداد الطلبة

كشيدة محمد

بكوش بشير

نصري عبد الحميد

الموضوع

انجاز مجفف شمسي من اجل تحسين جودة المحاصيل الزراعية

نوقشت في: / /2023

أمام لجنة المناقشة:

د. خشانة محمد	أستاذ محاضر ()	رئيسا	جامعة الوادي
د. بوصبيع سيف الدين	أستاذ محاضر ()	مناقشا	جامعة الوادي
د. لعويني عبد الجليل	أستاذ محاضر ()	مشرفا	جامعة الوادي

الموسم الجامعي:2023/2022

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

شكر وعرفان

.بسم الله الرحمان الرحيم :(قالوا سبحانك لا علم لنا إلا ما علمتنا إنك أنت العليم الحكيم) سورة البقرة 32
(صدق الله العظيم)

نحمد الله ونشكره أن هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أ، هدانا الله ونسأله أن يثبت قلوبنا وأقدامنا ويقوي حجتنا ويعيننا على طاعته ، و أشكر الله عز وجل الذي أنار طريقنا بمصباح العلم نتقدم بتشكراتنا إلى والدينا الأعزاء. نتقدم بالشكر والعرفان إلى كل من أشعل شمعة في دروب علمنا ، إلى من وقف على المنابر و أعطى من حصيلة فكره لينير دربنا إلى أساتذتنا الكرام الذين ساهموا في تعليمنا طيلة سنوات الدراسة بجامعة الوادي كما نتقدم بالشكر والتقدير إلى الأستاذ المشرف لعويني عبد الجليل و الزين علي على تقديم يد المساعدة والتسهيل والى كل من وقف وساهم في مساعدتنا على إتمام هذه المذكرة شكرا جـزيلا .

والحمد لله رب العالمين

إهداء

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

وفقنا لهذا العمل و لم نكن لنصل إليه لولا فضل الله علينا أما بعد: من دواعي السرور والاعتزاز أن نهدي ثمرة جهد هذا العمل المتواضع إلى من أوصانا الله بهما وقال وبالوالدين إحسانا، إلى من كانوا سندا لنا في كل خطوة من حياتي. إلى إخوتي وأخواتي وإلى أساتذتي الأفاضل وزملائي و أصدقائي وكل من ساعد على انجاز هذا العمل. ولكل من أنار لنا الطريق في سبيل تحصيل ولو قدر بسيط من المعرفة إلى كل من يقدر العلم ويسعى من اجله.

الملخص

هدف هذا البحث هو دراسة تأثير نموذج المجفف الشمسي من نوع الدفيئة على سرعة تجفيف الأعشاب الطبية، مثل النعناع، والحفاظ على جودتها. تمت مقارنة عملية تجفيف أوراق النعناع الأخضر بطريقة طبيعية مع تجفيفها باستخدام مجفف الدفيئة، وأظهرت

النتائج أن الفترة الزمنية المطلوبة لتجفيف أوراق النعناع الأخضر في يوم واحد، بمتوسط إشعاع شمسي قدره 680 واط/متر مربع، هي 6 ساعات في مجفف الدفيئة و9 ساعات في المجفف الطبيعي. يعتبر المجفف من نوع الدفيئة وسيلة فعالة حيث يقوم بتسريع عملية التجفيف ويحافظ على سلامة المنتج من العوامل الطبيعية التي قد تؤثر في جودته.
الكلمات المفتاحية:التجفيف الشمسي,الحمل القصري,حركية التجفيف,محتوى الماء.

Résumé :

L'objectif de cette étude est d'examiner l'impact d'un modèle de séchoir solaire de type serre sur la vitesse de séchage des herbes médicinales, telles que la menthe, et de préserver leur qualité. Une comparaison a été réalisée entre le séchage naturel des feuilles de menthe verte et le séchage à l'aide d'un séchoir à effet de serre. Les résultats ont montré que le temps nécessaire pour sécher les feuilles de menthe verte en une journée, avec une radiation solaire moyenne de 680 watts/mètre carré, était de 6 heures dans le séchoir à serre et de 9 heures dans le séchoir naturel. Le séchoir de type serre est un moyen efficace d'accélérer le processus de séchage et de préserver l'intégrité du produit contre les facteurs naturels qui pourraient affecter sa qualité.
Mots clés: séchage solaire, convection forcée, Cinétique de séchage, Teneur en eau.

Abstract :

The objective of this study is to examine the impact of a greenhouse solar dryer model on the drying speed of medicinal herbs, such as mint, and preserving their quality. A comparison was made between the natural drying of green mint leaves and drying them using a greenhouse dryer. The results showed that the time required to dry the green mint leaves in one day, with an average solar radiation of 680 watts per square meter, was 6 hours in the greenhouse dryer and 9 hours in the natural dryer. The greenhouse dryer is an effective method to accelerate the drying process and preserve the product's integrity against natural factors that may affect its quality.
Key words: solar drying, forced convection, Kinetics of drying, Moisture content.

قائمة المحتويات

قائمة المحتويات

شكر وعرفان i

إهداء i

الملخص ii

قائمة المحتويات v

قائمة الاشكال ix

قائمة الجداول xi

قائمة الوحدات xii

المقدمة: 1

الفصل الأول: موارد الطاقة الشمسية

I- مقدمة : 4

I-1 حقل الطاقة الشمسية : 4

I-1-1- الشمس : 4

I-1-2- عرض عام : 4

I-1-2-1- الخصائص الرئيسية للشمس 5

I-1-3- نظام الأرض-الشمس : 6

I-2- الطاقة الشمسية: 7

I-2-1- مصدر الطاقة الشمسية: 8

I-2-2- خصائص خاصة: 8

I-2-3- الاستقطاب: 9

I-2-3-1 الطاقة الشمسية الحرارية: 9

I-2-3-2 الطاقة الشمسية الديناميكية الحرارية: 9

I-2-3-3 الطاقة الشمسية الكهروضوئية: 9

I-2-4- ثابت الشمس: 10

I-3- الإشعاع الشمسي : 10

I-3-1- مكونات الإشعاع الشمسي : 11

I-3-2- الإشعاع الشمسي المباشر: 12

I-3-3- الإشعاع الشمسي المشتت : 13

I-3-4- الإشعاع الشمسي المعكوس: 14

I-3-5- الإشعاع الشمسي الشامل : 14
I-4- نقل الحرارة: 16
I-4-1- حقل الحرارة: 16
I-4-2- تدفق الحرارة: 16
I-4-3- نوعيات نقل الحرارة: 17
I-4-3-1 التوصيل الحراري: 17
I-4-3-2 الحمل الحراري: 17
I-4-3-3 الاشعاع الحراري : 18
I-5- الموارد الشمسية في الجزائر: 18
I-6- خاتمة..... 20

الفصل الثاني: عموميات حول التجفيف

II-1- مقدمة : 23
II-2 تاريخ التجفيف: 23
II-3 تعريف التجفيف: 23
II-3-1-التجفيف الطبيعي: 24
II -3-2-التجفيف الصناعي: 24
II -4 مبدأ عمل المجفف: 25
II-5 أنواع المجففات حسب طبيعة تدفق الهواء : 25
II-5-1- مجففات الحمل الطبيعي: 25
II-5-2- مجففات الحمل القسري: 26
II--6 أنواع المجففات الشمسية حسب طريقة تسخين الهواء: 27
II-6-1-المجففات الشمسية المباشرة : 27
II-6-2-المجففات الشمسية الغير مباشرة: 28
II-6-3-المجففات الهجينة: 29
II-6-4-المجففات المختلطة : 30
II--7 مميزات حفظ الاغذية بالتجفيف: 31
II-8 فوائد حفظ الاغذية: 31
II-9 التغييرات الغذائية التي تحدث على الغذاء بعد عملية التجفيف : 32
II-10 كيفية إزالة الماء من المنتجات الغذائية : 33
II -11 الشروط اللازمة للحصول على اعلى قيمة غذائية للمنتج المجفف : 34

II-12 خاتمة :.....35

الفصل الثالث: تصميم وانجاز المجفف الشمسي

III-1-مقدمة:.....37
III-2-تصميم المجفف الشمسي:.....37
III-3-الادوات المستعملة:.....38
III-3-1-الهيكل المعدني:.....38
III-3-2-صفائح الصوندويتش:.....38
III-3-3-الواح البولي كربونات:.....39
III-3-4-المواد العازلة السيليكون:.....40
III-3-5- الزوايا الحديدية:.....41
III-3-6-الدهان الاسود:.....41
III-3-7-الابواب:.....41
III-3-8-الارضية:.....42
III-3-9-المروحة:.....43
III-4-طريقة التركيب:.....43
III-5-خاتمة:.....44

الفصل الرابع: مناقشة ونتائج

IV-1-مقدمة:.....46
IV-2-تعريف النعناع:.....46
IV-3-التركيب الكيميائي للنعناع:.....47
IV-4-الأجهزة المستعملة في القياس:.....47
IV-4-1-قارئ درجة الحرارة:.....47
IV-4-2-جهاز قياس سرعة الرياح :.....48
IV-4-3-الميزان الرقمي:.....49
IV-4-4-البيرانومتر:.....50
IV-4-5-المزدوجة الحرارية:.....51
IV-5-تحضير النعناع:.....52
IV-6-مخطط بياني للاشعاع الشمسي.....56
IV-7-مخطط بياني لسرعة الرياح.....56
IV-8-مخطط بياني لدرجة الحرارة الداخلية والخارجية بدلالة الزمن.....55

IV-9-مخططات بيانية لمحتوى الماء في النعناع بدلالة الزمن.....56
IV-6-1 محتوى الماء بدلالة الزمن لعينة النعناع داخل المجفف.....56
IV-6-2 محتوى الماء بدلالة الزمن لعينة النعناع خارج المجفف.....57
IV-6-3 المحتوى المائي لعينتي النعناع بدلالة داخل وخارج المجفف.....58
IV-7-خاتمة: 59
خاتمة عامة: 61
قائمة المصادر والمراجع: 63

قائمة الاشكال

الفصل الأول: موارد الطاقة الشمسية

الشكل I-1: مكونات الشمس.....6
الشكل I-2: مدار الارض وفصول السنة 7
الشكل I-3: انبعاث الاشعاع الشمسي.....8
الشكل I-4: توزيع الاشعاع الشمسي 11
الشكل I-5: رسم تخطيطي وصفي يوضح الاشعاع الشمسي المشتت 14
الشكل I-6: عناصر الإشعاع الشمسي الساقط.....14
الشكل I-7: مكونات الإشعاع الشمسي الملقاة على مستوى الأرض 15
الشكل I-8: لتوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي على مستوى الأرض 15
شكل I-9: مبدأ تجربة ويليام هيرشل 18
الشكل I-10: خريطة العالم لمتوسط سطوع الشمس السنوي [15] 19
الشكل I-11: متوسط الإشعاع الشمسي العالمي السنوي الذي يتم تلقيه على مستوى مائل في خط عرض المكان.....20

الفصل الثاني: عموميات حول التجفيف

الشكل II-1: رسم تخطيطي للمجفف شمسي المباشر مع الحمل الطبيعي 26
الشكل II-2: رسم تخطيطي للمجفف الشمسي المباشر مع الحمل القسري 27
الشكل II-3: المجفف الشمسي المباشر.....28
الشكل II-4: مجفف شمسي غير مباشر.....29
الشكل II-5: مجفف شمسي هجين.....30
الشكل II-6: ايجابيات وسلبيات المجففات الهجينة.....30
الشكل II-7: المجففات المختلطة.....31
الشكل II-8: توزيع الماء 34

الفصل الثالث: تصميم وانجاز المجفف الشمسي

الشكل III -1: تصميم المجفف الشمسي 37
الشكل III-2 : الهيكل المعدني 38
الشكل III -3: صفائح صوندويتش.....39
الشكل III -4: الواح البولي كربونات.....40
الشكل III -5: غراء السيليكون 40

الشكل III -6 الزوايا الحديدية.....41
الشكل III -7: أبواب المجفف الشمسي 42
الشكل III -8: أرضية المجفف الشمسي.....42
الشكل III -9: المروحة.....43

الفصل الرابع: مناقشة ونتائج

الشكل IV -1- نبتة النعناع 47
الشكل IV -2- جهاز Lutron BTM4208SD.....48
الشكل IV -3- جهاز انونيمتر.....49
الشكل IV -4- ميزان رقمي.....50
الشكل IV -5- البيرانومتر 51
الشكل IV -6-جهاز التيرموكوبل 52
الشكل IV -7 تحضير النعناع.....53
الشكل IV -8 منحنى بياني للاشعاع الشمسي بدلالة الزمن 56
الشكل IV -9 منحنى بياني لسرعة الرياح بدلالة الزمن.....56
الشكل IV -10 منحنى بياني لدرجة الحرارة الدخلية والخارجية بدلالة الزمن.....56
الشكل IV -11 تغير المنحى الرطوبي بدلالة الزمن لعينة النعناع داخل المجفف.....56
الشكل IV -12 تغير المنحى الرطوبي بدلالة الزمن لعينة النعناع المجففة طبيعيا 57
الشكل IV -13 تغير المنحى الرطوبي بدلالة الزمن لعينة النعناع المجففة بمختلف التقنيات 58

قائمة الجداول

الفصل الأول: موارد الطاقة الشمسية

الجدول I-1: الخصائص الرئيسية للشمس.....5
الجدول I-2: التوزيع الطيفي للإشعاع الحراري.....10
الجدول I-3: انبعاث الاشعاع الشمسي 11
الجدول I-4: قيم معاملات الغيوم الجوية 12
الجدول I-5: تغير الضغط الجوي مع الارتفاع 12
الجدول I-6: تلقت أشعة الشمس في الجزائر حسب المنطقة المناخية.....19

الفصل الثاني: عموميات حول التجفيف

الجدول II-1: إيجابيات وسلبيات التجفيف الطبيعي 24
الجدول II-2: إيجابيات وسلبيات التجفيف الصناعي.....24
الجدول II-3: ايجابيات وسلبيات المجفف الشمسي المباشر.....28
الجدول II-4: ايجابيات وسلبيات المجفف الشمسي الغير مباشر 29
الجدول II-5: ايجابيات وسلبيات المجففات الهجينة.....30

الفصل الرابع: مناقشة ونتائج

الجدولIV-1 : التركيبة الكيميائية للنعناع 47

قائمة الوحدات:

aw: نشاط الماء (٪)

dx: رطوبة المنتج في بداية العملية وفي النهاية (كجم ماء / كجم جاف)

h: ارتفاع الشمس (درجة)

Ha: رطوبة مطلقة (كجم بخار/ثانية)

Humi: رطوبة الهواء المحيط (٪)

Hr: الرطوبة النسبية (٪)

Ic: الثابت الشمسي المعدل (واط/متر مربع)

Idif: إشعاع مشتت (واط/متر مربع)

Idir: إشعاع مباشر (واط/متر مربع)

IG: إشعاع شمسي إجمالي (واط/متر مربع)

L: خط الطول (درجة)

l: الارتفاع (كيلومتر)

m: رقم الشهر في السنة

mclaie: كتلة الشبكة (كجم)

Ma: رطوبة مطلقة (كجم)

Me: كتلة الماء (كجم)

Mh: كتلة المادة الرطبة (كجم)

Mr: الرطوبة النسبية (٪)

Mh0: الكتلة الرطبة الأولية (كجم)

Mhf: الكتلة الرطبة النهائية (كجم)

Mv: كتلة الماء المتبخرة (غرام)

N: رقم اليوم في السنة

P: القطب الجنوبي

P': القطب الشمالي

R: سرعة التجفيف (كجم ماء/متر مربع ثانية)

S: مساحة التجفيف (متر مربع)

P: قوة الشمس (واط)

Φs: تدفق الضوء (واط/متر مربع)

a، b: معاملات تعبر عن الاضطرابات الجوية

h: ارتفاع الشمس (متر)

P: ضغط الجو في الموقع (باسكال)

Pvp: الضغط الجزئي لبخار الماء في الهواء (باسكال)

Pvs: الضغط الجزئي للبخار المشبع (باسكال)

Gdirh: الإضاءة المباشرة الطاقوية المستقبلة على سطح أفقي (واط/متر مربع)

θ: زاوية سقوط أشعة الشمس (درجة)

Gdif1، Gdif2: الإشعاعات المنتشرة من السماء والأرض على التوالي (واط/متر مربع)

Alb: قدرة الأرض على الانعكاس.

i: زاوية ميل سطح المجمع بالنسبة للأفق (درجة)

Φst: تدفق الحرارة المخزنة (واط)

Φg: تدفق الحرارة المولدة (واط)

Φe: تدفق الحرارة الواردة (واط)

Φs: تدفق الحرارة الصادرة (واط)

λ: المتغير المسافة في اتجاه التدفق (متر)

Xr: محتوى الرطوبة على أساس الكتلة الرطبة (٪)

Xeq: معدل الرطوبة في التوازن

المقدمة

المقدمة:

تركز الأبحاث العلمية الحديثة على استخدام الطاقة المتجددة في مختلف المجالات، مثل إنتاج الكهرباء، تسخين وتحليل المياه وغيرها، حيث تعتبر الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة على الأرض[1]. يمكن استغلال الطاقة الشمسية بطرق مختلفة، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، من خلال تحويلها إلى أنواع مختلفة من الطاقة، مثل الطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية والكيميائية. وبالتالي، يمكن الحد من الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، مثل النفط والغاز والفحم الحجري والطاقة النووية، التي تتسبب في مشاكل بيئية[2].

يُستخدم التجفيف على نطاق واسع كطريقة لحفظ الأغذية، ولقد تم استخدامه منذ العصور القديمة، وقبل آلاف السنين، من قِبَل البابليون والمصريين واليونانيين والرومان، لحفظ بعض أنواع الخضروات والفواكه ومحاصيل الحبوب واللحوم والأسماك والحليب. يعمل التجفيف على إيقاف نشاط البكتيريا والتخمر والإنزيمات، مما يؤدي إلى وقف التلف وتركيز الأغذية والحفاظ على نكهتها وقيمتها الغذائية، كما أنها سهلة التخزين والتحضير وخفيفة الوزن[3].

من أنواع التجفيف المستخدمة في أنحاء العالم منذ ألاف السنين التجفيف الشمسي التقليدي المباشر حيث استعمل في تجفيف الحبوب و الخضر و الفواكه , يؤدي هذا النوع من التجفيف دائمًا إلى نتائج ذات جودة منخفضة بسبب تعرض المنتجات لعوامل مثل الحشرات والطيور والأتربة، ولطول فترة التجفيف واستخدام حرارة متوسطة. كما يزداد نمو الفطريات والبكتيريا خلال الفترات الأولى من عملية التجفيف بسبب ارتفاع الرطوبة النسبية. ويزداد تشكل الإنزيمات، مما يؤدي إلى استمرار بعض النشاطات غير المرغوب فيها، مما يؤثر على اللون ويؤدي إلى تأكسد الفيتامينات.

مع بداية التطور الصناعي، بدأ استخدام المجففات الصناعية، ولكنها تكلفة باهظة لاعتمادها على تسخين الهواء بالطاقة البترولية، والتي تعد أحد العوامل الرئيسية في تلويث البيئة. بالإضافة إلى ذلك، تؤدي طرق التجفيف الشمسية التقليدية إلى إنتاج منتجات ذات جودة منخفضة. ومن هنا، بدأ التفكير في تصميم مجفف يتميز بمواصفات المجففات الصناعية، باستخدام الطاقة الشمسية لتسخين الهواء. وتزخر الجزائر بهذا النوع من الطاقة بشدة، حيث يصل معدل ساعات الإشعاع السنوي في المناطق الصحراوية التي تشكل 86٪ من المساحة الكلية للبلاد إلى 3500 ساعة في السنة. وهذا يجعلها مصدرًا للطاقة لا يستهان به.

تهدف هذه الدراسة المفصلة التي قمنا بها الى انجاز مجفف شمسي مباشر من نوع الدفيئة وابراز مدى نجاعته.

والسؤال الذي يطرح نفسه ما هو التصميم الذي يضمن اقصى نجاعة ممكنة لتجفيف المحاصيل الزراعية؟

- الفصل الأول: مفاهيم عامة على الطاقة الشمسية وتطبيقاتها وطرق نقل الحرارة.

- الفصل الثاني: يقدم معلومات عامة حول عملية التجفيف ومجففات الطاقة الشمسية وكيفية عملها.

-الفصل الثالث: دراسة تجريبية على كيفية انجاز مجفف شمسي (الادوات المستعملة، طريقة التركيب، القياسات والابعاد...)

-الفصل الرابع: يتضمن هذا الفصل نتائج تجفيف النعناع ومناقشتها كما تطرقنا الي الوسائل المستخدمة في القياس.

الفصل الأول: موارد الطاقة الشمسية

I- مقدمة :

الطاقة الشمسية هي مصدر للطاقة النظيفة والمتوفرة في معظم أنحاء العالم، وهي أكثر مصادر الطاقة المتجددة شيوعًا والتي تستخدم في العالم. كانت كفاءة هذا النوع من الطاقة سببًا للدراسات في مجال الطاقة، مثل موضوعنا في هذا الفصل، الذي يتناول المفاهيم العامة للطاقة الشمسية والشمس.

I-1 حقل الطاقة الشمسية :

يمثل حقل الطاقة الشمسية شكلًا من أشكال الإشعاع. إن الطاقة الشمسية هي المحرك لجميع المصادر الكبرى للطاقة الطبيعية. يمكن تصنيف الموارد الطاقية العالمية إلى الشمس والطاقة الشمسية [1][2].

I-1-1- الشمس :

الشمس هي النجم الوحيد في النظام الشمسي وأقرب نجم إلى الأرض، ويستغرق ضوئها حوالي 8 دقائق ليصل إلينا. والنجم الثاني الأقرب هو بروكسيما المركزية ويبعد عن الشمس بمقدار 4.23 سنة ضوئية، ولكن المسافة الكبيرة التي تفصلنا عن هذا النجم تجعل الشمس النجم الوحيد الذي يدعم الحياة على الأرض [1][3].

من الناحية البشرية، تحمل الشمس أهمية أساسية لأنها تكون أصل الحياة على الأرض، حيث توفر كميات هائلة من الطاقة التي تمكّن وجود الماء في حالة السائل وعملية التركيب الضوئي للنباتات. كما يعود الإشعاع الشمسي أيضًا بالمسؤولية عن المناخ والظواهر الجوية[1].

I-1-2- عرض عام :

الشمس هي نجم قزم بشكل شبه كروي يشبه كرة غازية هائلة من الغازات الساخنة، وتتألف بنسبة 80٪ من الهيدروجين و19٪ من الهيليوم، بينما يشكل النسبة المتبقية 1٪ مزيجًا من أكثر من 100 عنصر، أي معظم العناصر الكيميائية المعروفة.

على الرغم من أن الشمس هي نجم متوسط الحجم، إلا أنها تمثل 99.9٪ من كتلة النظام الشمسي، حيث تتسبب الجاذبية القوية لكتلة الشمس الهائلة في سيطرتها على النظام الشمس [4].

القطر (كم)	1392000
الكتلة(كغ)	2.10^{30}
المساحة (كم^2)	$6.09 .10^{12}$
الحجم (كم^3)	$1.41.10^{18}$
الكتلة الحجمية المتوسطة (كغ/ م^3)	1408
السرعة (كم/ثانية)	217
المسافة من مركز درب التبانة(كم)	$2.5.10^{17}$

الجدول I-1 : الخصائص الرئيسية للشمس

I-1-2-1- الخصائص الرئيسية للشمس

الشمس ليست كروية ومتجانسة، إنها تتكون من:

• النواة: تحتوي على 40٪ من كتلة الشمس، وهنا يتم إنشاء 90٪ من طاقتها تحت شكل أشعة غاما وأشعة إكس. جميع الإشعاع الصادر في هذه المنطقة يتم امتصاصه تمامًا بواسطة الطبقات العليا. تمتد هذه المنطقة على سمك يبلغ 25 × 104 كيلومتر، وتتميز بالخصائص التالية:

- درجة حرارة تبلغ 15 × 106 درجة مئوية.
- كثافة تبلغ 1015 كيلوغرام/متر مكعب.
- ضغط يبلغ 109 أتمسفير.

المنطقة الإشعاعية هي المنطقة التي تنتشر فيها الحرارة المولدة عن طريق الانتشار الإشعاعي، وتتميز بالخصائص التالية [4]:

- سمك يبلغ 244160 كيلومتر.
- درجة حرارة تتراوح بين 10.106 درجة مئوية و50.104 درجة مئوية.

-منطقة التوالد: في هذه المنطقة، تنتشر الحرارة المولدة عن طريق التوالد التشويشي، وتتميز بالخصائص التالية:

• السطح الضوئي: هي طبقة غير شفافة، حيث يكون الغازات المكونة لها مؤينة بشكل قوي وقادرة على امتصاص وإصدار طيف مستمر من الإشعاعات، وتُشع 99٪ من الإشعاع الإجمالي بشكل رئيسي في المنطقة المرئية وهي التي يدركها العين البشرية. وتتميز بالخصائص التالية [4]:

انخفاض درجة حرارة السطح من 6400 درجة مئوية إلى 4500 درجة مئوية.

سمك يبلغ 500 كيلومتر.

ضغط يبلغ 100/1 أتمسفير.

- الغلاف الملون: تشكل مع الهالة الغلاف الجوي للشمس، وتتميز هذه الطبقة بالخصائص التالية [4]:

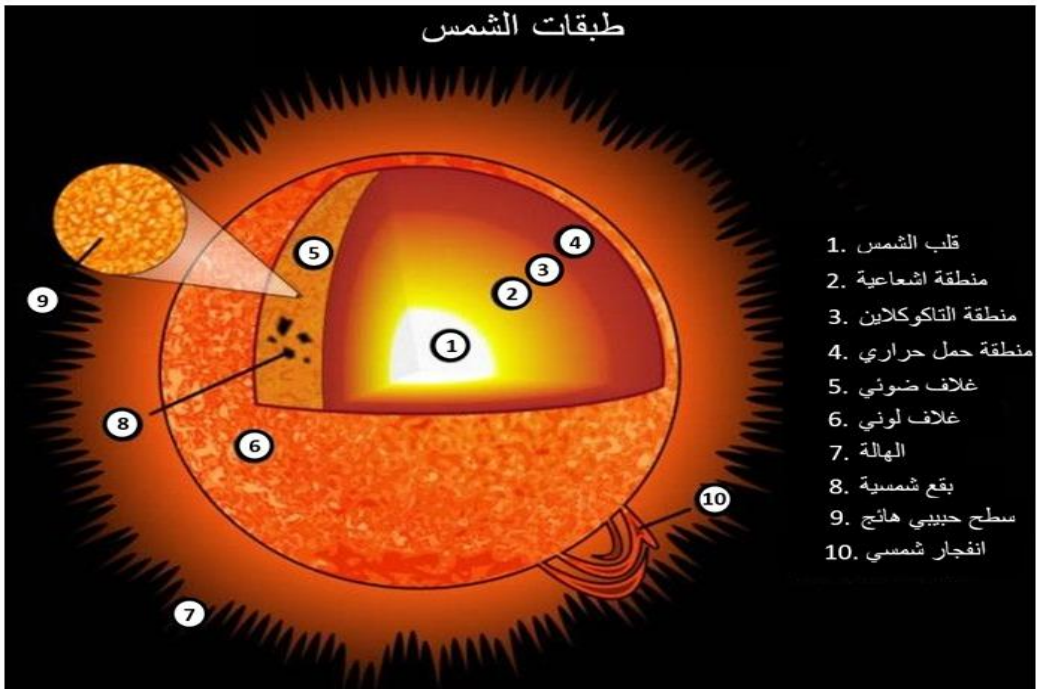
- سمك يبلغ 2000 كيلومتر.

- درجة حرارة تزداد من 4200 درجة مئوية إلى 104 درجة مئوية.

- الهالة: هي الطبقة الأخيرة في الشمس، وتتميز بالخصائص التالية [4]:

- ليس لها حدود محددة.

- تزداد درجة الحرارة من 106 درجة مئوية إلى 2 × 106 درجة مئوية.



الشكل I-1: مكونات الشمس

I-1-3- نظام الأرض-الشمس :

الشمس هي كرة من المادة الغازية، تتكون أساسًا من الهيدروجين والهيليوم، وقطرها يبلغ حوالي 1.4 مليون كيلومتر.

تدور الأرض حول الشمس على مدار بيضوي بسيط يحتل الشمس أحد التركيزات. المسافة المتوسطة بينهما تبلغ 149.6 مليون كيلومتر، مع تباين يصل إلى ±1.7٪.

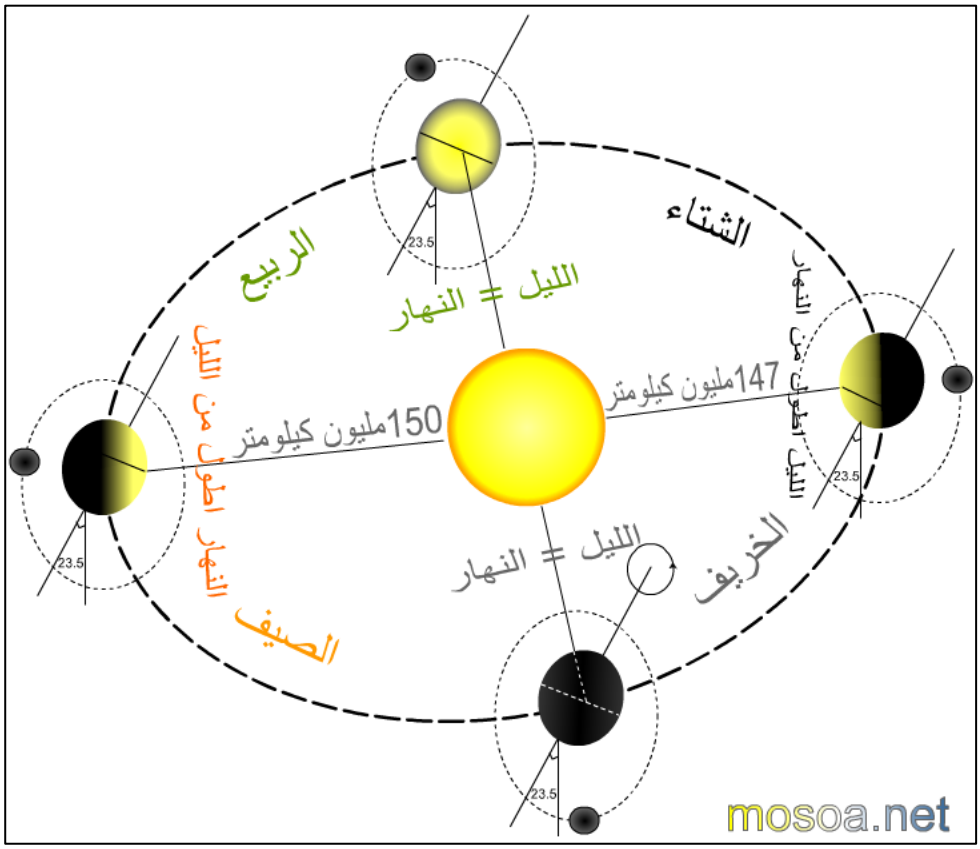
تعبر الأرض المحور الرئيسي البيضوي (القطع الناقص) في 2 يناير (الموقع الأقرب) وفي 2

يوليو (الموقع الأبعد عن الشمس). من الأرض، يُرى قطر الشمس الظاهري تحت زاوية 0.5 درجة.

يكون محور دوران الأرض حول نفسها مائلًا بزاوية 23° 27' بالنسبة لمستوى مدار الأرض. يُطلق على الزاوية التي يكونها المحور الأرض-شمس مع مستوى الاستواء في لحظة معينة من العام اسم الميل. تساوي الميل 27' 23° + 'd في استواء الصيف، - 23° 27' في استواء الشتاء، وصفر في الاعتداليين. في التقريب الدائري للمسار، يمكن كتابة الميل لكل يوم من العام على النحو التالي:

$$\sin \delta = 0,4 \times \sin t \quad \text{(I.1)}$$

حيث: تمثل t الإحداثيات الزاوية للأرض باستخدام اعتدال الربيع كنقطة البداية [4]



الشكل I-2: مدار الارض وفصول السنة

I-2- الطاقة الشمسية:

ما يُشار إليه بـ "الطاقة الشمسية" هو الإشعاع الذي يُنبعث من الشمس في جميع الاتجاهات. تنبع الطاقة الشمسية من إشعاع الشمس، حيث يتكون الأشعة من الفوتونات التي تصلنا كمحملين للطاقة. يُستخدم مصطلح "الطاقة الشمسية" اليوم للإشارة إلى الكهرباء الشمسية والطاقة الحرارية المُستحصلة من استغلال إشعاع الشمس بالتشكيلتين الضوئية الكهروضوئية والحرارية الضوئية[5].

مسافة الأرض عن الشمس هي (متر) $r = 1.496 \times 10^{11}$. إذا كان كل متر مربع يتلقى تدفقًا

ضوئيًا $\Phi s = 1368$ (واط/متر مربع)، فإن القدرة المستلمة من قبل كرة نصف قطرها R ومساحتها (متر مربع) $S = 2.81 \times 10^{23}$ هي:

$$P = \Phi s \times S$$

وبالتالي، قدرة الشمس P هي 3.84×10^{26} (واط) لسطح معتدل عمودي على اتجاه الأرض-الشمس.

يتم تخفيض هذا التدفق الشمسي أثناء مروره عبر الغلاف الجوي بسبب الامتصاص أو الانعكاس بناءً على خطوط العرض والظروف الجوية؛ على مستوى الأرض، يكون القدرة المتبقية في حدود 1 (كيلو واط/متر مربع) تحت خطوط عرضنا [5] [7].

الشكل I-3: انبعاث الاشعاع الشمسي

I-2-1- مصدر الطاقة الشمسية:

تُساعد الظروف القائمة في نبضة الشمس على تفاعل ذرات الهيدروجين المختلفة التي تتعرض لتفاعل الاندماج الحراري النووي. ونتيجة لهذه العملية، عند تكرارها، يتم دمج أربعة نوى هيدروجين في نواة واحدة من الهيليوم مع إطلاق طاقة بصورة إشعاعات غاما وأشعة إكس. في كل ثانية، يتحول 564 مليون طن من الهيدروجين إلى 560 مليون طن من الهيليوم. يُقابل هذا الفرق البالغ 4 ملايين طن في الثانية الواحدة فرق الطاقة المرتبطة بروتونات الهيدروجين وبروتونات الهيليوم، وهذه الطاقة تُصدر كإشعاع وتُقدر بحوالي 3.7×10^{26} (واط/ثانية).

I-2-2- خصائص خاصة:

تُعتبر الطاقة الشمسية المصدر الوحيد للطاقة الخارجية للأرض، وتتميز بالخصائص التالية [8]:

- إنها عالمية، حيث يكون كثافة الطاقة القصوى لها 1 (كيلو واط/متر مربع) في منتصف النهار تحت سماء صافية في جميع أنحاء الكوكب.

- كثافة الطاقة القصوى التي تصل إلى سطح الأرض 1 (كيلو واط/متر مربع) ضئيلة، وبالتالي يُطلق عليها طاقة مشتتة.

- إنها وفيرة، حيث يتلقى كوكبنا أكثر من 104 مرات الطاقة التي يستهلكها البشر.

- إنها متقطعة ومتغيرة بسبب تناوب النهار والليل والتغيرات الموسمية واليومية في الشمس.

- الطاقة التي تتلقاها سطح معين ليست قابلة للاسترداد بالكامل، وذلك بسبب خسائر الطاقة في شكل توصيلية أو انتقالية أو إشعاعية.

- نظيفة، حيث لا تسبب تلوثاً.

I-2-3- الاستقطاب:

هناك تقنيات مختلفة لاستقطاب جزء من هذه الطاقة، وتشمل:

I-2-3-1 الطاقة الشمسية الحرارية:

الطاقة الشمسية الحرارية هي عملية تحويل الطاقة الشمسية إلى شكل حراري يمكن استخدامه في:

في الاستخدام المباشر للحرارة: سخانات المياه الشمسية، أنظمة التدفئة الشمسية، أفران ومجففات شمسية.

في الاستخدام غير المباشر: حيث تستخدم الحرارة لأغراض أخرى محطات توليد الطاقة الشمسية الحرارية، التبريد الشمسي.

I-2-3-2 الطاقة الشمسية الديناميكية الحرارية:

الطاقة الشمسية الحرارية تستخدم الطاقة الحرارية الشمسية لإنتاج الكهرباء وفقًا لنفس مبدأ المحطة الكهربائية التقليدية، ولكن باستخدام محطات هليوثيرموإلكتريك[8][9]. تُستخدم ثلاثة أنواع رئيسية من المحطات [8]:

- المحطات ذات الحاصرات الأسطوانية الشبه قطبية للوصول إلى درجات حرارة تتراوح بين 300 و350 درجة مئوية.

- المحطات ذات الحاصرات القطعية للوصول إلى درجات حرارة تصل إلى 1000 درجة مئوية أو أكثر.

- المحطات ذات الأبراج للوصول إلى درجة حرارة 1000 درجة مئوية.

I-2-3-3 الطاقة الشمسية الكهروضوئية:

تسمح بإنتاج الكهرباء من خلال تحويل جزء من الإشعاع الشمسي باستخدام الخلية الكهروضوئية [8].

تعتمد الخلايا الشمسية على تأثير الفوتوفولتائيك، حيث تتكون من طبقة من مادة شبه موصلة وتقاطع شبه موصل. يتم استخدام السيليكون بشكل أساسي، على الرغم من أن مركب زرنيخ الفاليوم يوفر أداءً أفضل ولكنه أكثر تكلفة [8].

I-2-4- ثابت الشمس:

ثابت الشمس يمثل تدفق الإشعاع الشمسي الذي يتلقاه سطح وحدة موجود عمودياً على أشعة الشمس. إذا افترضنا أن كل الطاقة المنبعثة من الشمس تصل إلى الأرض (بدون وجود الغلاف الجوي)، فسيكون لدينا التالي [10]:

$$\text{ثابت الشمس} \quad = S_0 = {}^4_S T\ \sigma\ (\frac{R_s}{D_{st}})^2$$

R_s= نصف قطر الشمس، D_{st}= مسافة بين الأرض والشمس، $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$

(واط/م²·ك). قيمة هذا التدفق المقاس خارج الغلاف الجوي الأرضي S_0) ext =1353 (واط/م²). هذه القيمة هي قيمة متوسطة نظرًا لتغير مسافة الأرض عن الشمس (14,945,000 كم) بنسبة 1.7% خلال العام. لذا، يجب تطبيق تصحيح على ثابت الشمس بناءً على اليوم رقم n من السنة. تصحيح الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي لأي يوم معين يمكن تعبير عنه على النحو التالي:

S_0) ext = 1353(1 + 0.033cos(0.984n () حيث يمثل n اليوم السنوي (من 1 إلى 365)، مع الأخذ بعين الاعتبار أن اليوم الأول من يناير يُعتبر بداية العام.

I-3- الإشعاع الشمسي :

تتسبب التفاعلات النووية الحرارية في النواة الشمسية في إنتاج إشعاعات جسيمية وكهرومغناطيسية تنتشر في جميع الاتجاهات في الفراغ الفضائي بسرعة تصل إلى3.10 متر في الثانية، بما في ذلك الأشعة السينية والجاما وحتى الأشعة تحت الحمراء البعيدة. ومع ذلك، تقع 99.9٪ من الطاقة بين 0.2 و8 ميكروميتر [4].

يمكننا أن نفترض بدقة مقبولة أن الشمس تشع كجسم أسود محتمل بدرجة حرارة تبلغ 5762 كلفن، والتي تعرف بدرجة حرارة الشمس الظاهرة والتي لا تتوافق مع الواقع الفيزيائي [4].

توزيع الطاقة الشمسية في نطاقات طيف الإشعاع الحراري معطى في الجدول التالي:

طول الموجة (مايكرومتر)	0-0.38	0.38-0.78	0.78
النسبة (%)	6.4	48	45.6
الطاقة (واط/متر²)	87	656	623

الجدول I-2: التوزيع الطيفي للإشعاع الحراري.

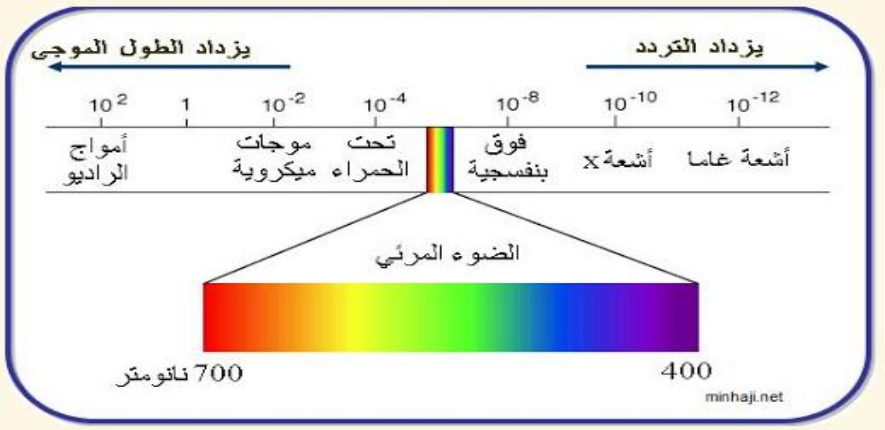
I-3-1- مكونات الإشعاع الشمسي :

يتم إصدار الإشعاع الذي يصلنا من الشمس من سطحه الخارجي الذي يبلغ تقريبًا درجة حرارة 6000 كلفن. في درجة حرارة مثل هذه، يتم إشعاع 40٪ من الطاقة في المجال المرئي، أي في نطاق طول الموجة من 0.3 ميكروميتر (اللون البنفسجي - الأزرق) إلى 0.7 ميكروميتر (الأحمر). يمكن تحليل إشعاع الشمس عن طريق تسليط شعاع ضوء على برزمة زجاجية أو شبكة تشتيت. ستظهر مجموعة واسعة من الألوان، من الأزرق إلى الأحمر مرورًا بالأخضر والأصفر. يتم ربط كل لون بإشعاع ذو طول موجة محدد. في حوالي عام 1800، لاحظ ويليام هيرشل (William Herschell) الذي كان يدرس الإشعاع الشمسي وضع ميزان حرارة خلف البريزمة الزجاجية. لاحظ أنه يشير إلى ارتفاع في درجة الحرارة (وبالتالي يستقبل طاقة) ليس فقط في المجال المرئي ولكن أيضًا في المنطقة وراء اللون الأحمر.

تم اكتشاف الإشعاع تحت الحمراء، وهو يمثل 50٪ من الإشعاع الذي ينبعث من الشمس. تشكل الـ 10٪ المتبقية من الإشعاع الشمسي الإجمالي يتم إشعاعها خارج المجال المرئي، على طول موجات أقصر من اللون البنفسجي (فوق البنفسجي).

أطوال الموجة التي تشكل الإشعاع الشمسي عند درجة حرارة 6000 (كلفن)		
النطاق فوق البنفسجي أقل من 0.3 (ميكروميتر) (اللون البنفسجي-الأزرق)	النطاق المرئي من 0.3 (ميكروميتر) (اللون البنفسجي-الأزرق) إلى 0.7 (ميكروميتر) (اللون الأحمر)	النطاق تحت الحمراء أعلى من 0.7 (ميكروميتر) (اللون الأحمر)
10%	40%	50%

الجدول I-3: انبعاث الاشعاع الشمسي



الشكل I-4: توزيع الاشعاع الشمسي

ينقسم الإشعاع الشمسي على الأرض إلى عدة أنواع من الإشعاعات، وهي الإشعاع المباشر، والإشعاع المنتشر، والإشعاع المعكوس، والإشعاع الشمسي الكلي. ويحدث ذلك بناءً على الظروف الفيزيائية بغض النظر عن الغلاف الجوي (مثل الخصائص الكتلية أو الحرارية) عبر العام.

I-2-3- الإشعاع الشمسي المباشر :

الإشعاع الشمسي هو الاشعاع الذي ينبعث بشكل متوازي قادما من الشمس دون أن يتم تشتيته بواسطة الغلاف الجوي. الإشعاع المباشر هو الإشعاع الواقع على سطح محدد قادم من زاوية صغيرة جدًا حول قرص الشمس، ويصل على خط مستقيم وفي ظروف جوية صافية .حالة السماء يتم تعريفها بواسطة معاملين، AوB، يرمزان لاضطراب الغلاف الجوي في الموقع الذي يوجد فيه مستقبل الطاقة الشمسية الجدول (I.4).

تُعطى النفاذية الكلية للغلاف الجوي للتدفق الشمسي الساقط المباشر بواسطة [4]:

$$\tau dir = \mathrm{a} \times exp\ \frac{-p*b}{1000*sinh}$$

- a ، b : معاملات تمثل الاضطرابات الجوية.
- h : ارتفاع الشمس.
- p : الضغط الجوي للمكان.

	سماء نقية	الظروف الطبيعية	المناطق الصناعية
A	**0.87**	**0.88**	**0.91**
B	**0.17**	**0.26**	**0.43**

الجدول I-4: قيم معاملات الغيوم الجوية [4]

يعطي الجدول I.5 تباين الضغط الجوي مع الارتفاع:

ارتفاع (m)	0	500	1000	1500	2000	5000
الضغط (Par)	1000	950	900	850	800	500

الجدول I-5: تغير الضغط الجوي مع الارتفاع [4]

الإشعاع المباشر الواصل إلى سطح أفقي يتم تعيينه من خلال:

$$Gdirh = C^* \times \tau dir \qquad (I.5)$$

الإشعاع الطاقوي المباشر الواقع على مستوى أفقي = Gdirh

يتم تعبير الإشعاع الطاقوي المباشر (Gdir) المستلم على مستوى مائل بواسطة

$$Gdir = Gdirh \times \cos\theta \qquad (I.6)$$

θ: زاوية سقوط الأشعة الشمسية.

I-3-3- الإشعاع الشمسي المشتت :

يشير هذا المصطلح الى جزء من إشعاع الشمسي الذي تعرض لعدة انعكاسات (تشتيت) بواسطة جزيئات الغلاف الجوي والجسيمات العالقة فيه، وبالنسبة للمراقب على الأرض، فإن الإشعاع المشتت يأتي من اتجاهات متعددة.

ينتج الإشعاع المشتت عن تشتت الضوء عن طريق جزيئات الغلاف الجوي وانكساره عن طريق الأرض، ويصل من سماء الكون بأكملها [4]. العلاقة بين معامل نقل التدفق المباشر والمشتت هي [4]:

$$\tau dif = 0.272 - 0.2939 \times \tau dir \qquad (I.7)$$

تعرّف التدفق المشتت المستلم على مستوى أفقي بواسطة المعادلة [4]

$$Gdifh = C^* \times \sin(h) \times \tau dif \qquad (I.8)$$

تعرّف التدفق المشتت المستلم على مستوى مائل بواسطة المعادلة [4]

$$Gdif = gdif1 + gdif2 \qquad (I.9)$$

$$Gdif1 = Gdif \times \frac{1+\cos(i)}{2} \qquad (I\text{-}10)$$

$$Gdif2 = alb \times \frac{1+\cos(i)}{2} \times (Gdifh \times \sin(h) + Gdifh) \qquad (I.11)$$

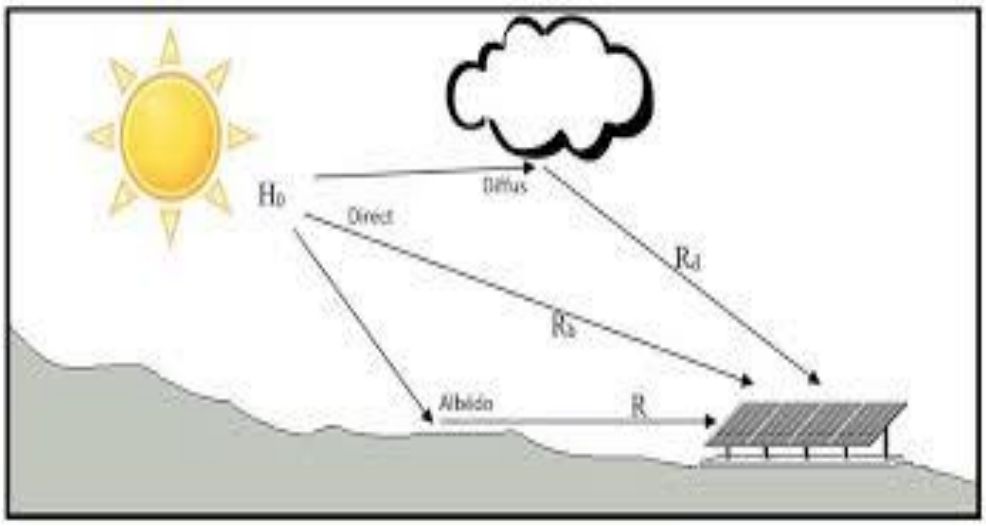
Gdif1 و Gdif2 : الإشعاع المشتت من السماء والأرض على التوالي.

Alb : عكس الأرض.

i : زاوية ميل مستوى المستشعر بالنسبة للأفق.

عكس الأرض هو الإشعاع الذي يعكسه الأرض أو الأجسام الموجودة على سطحها. يمكن أن يكون هذا العكس مهمًا عندما يكون الأرض عاكسة للضوء بشكل خاص.

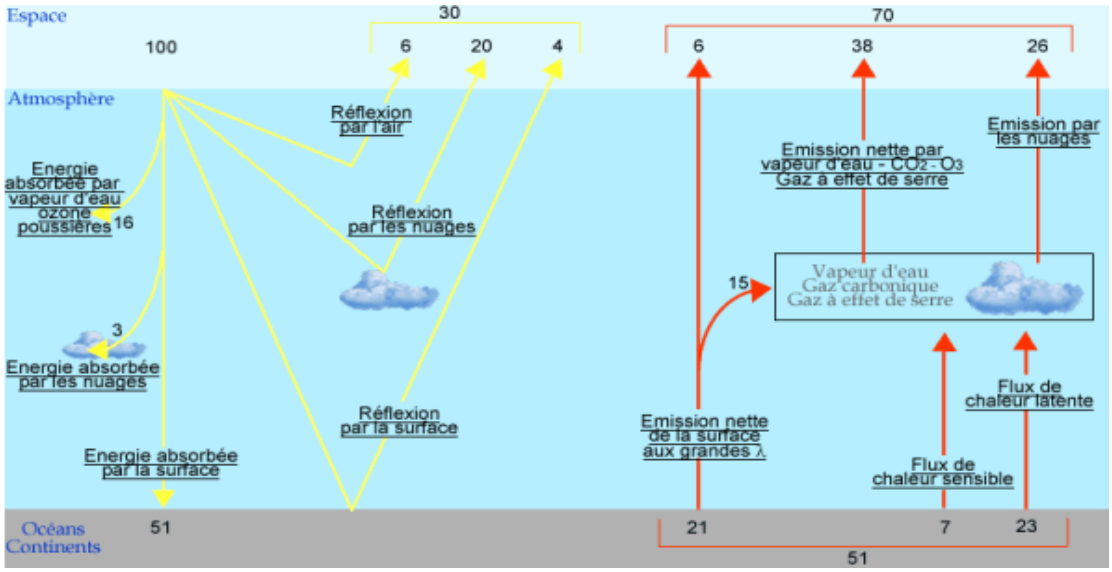
قدرة العكس: $Alb = \frac{\text{الطاقة المعكوسة}}{\text{الطاقة المستلمة}}$



الشكل I-5: رسم تخطيطي وصفي يوضح الاشعاع الشمسي المشتت

I-3-4- الإشعاع الشمسي المعكوس:

هو الإشعاع الناتج عن الأرض نتيجة الانعكاس. يعتمد هذا الجزء على طبيعة التربة ولونها.

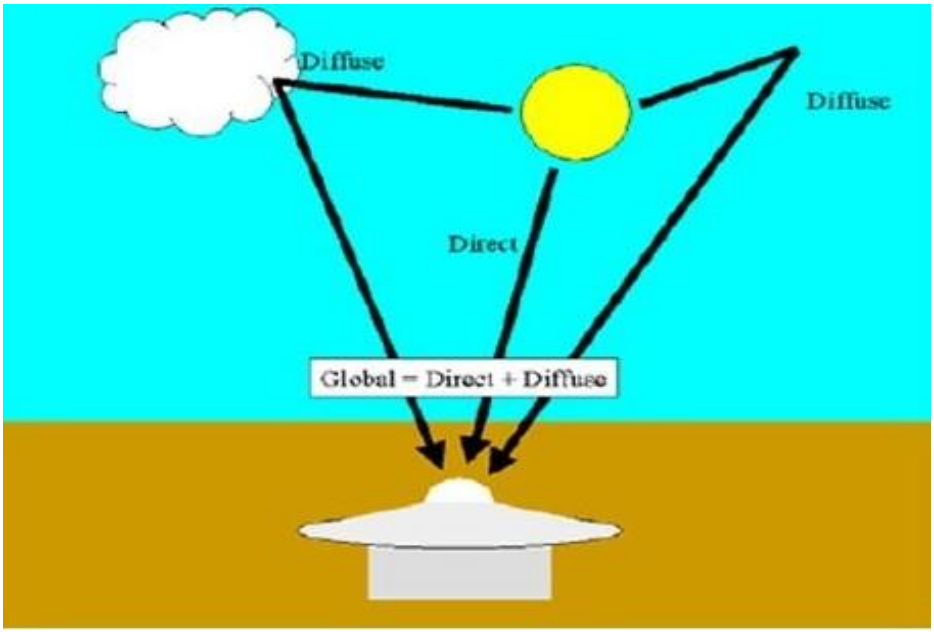


الشكل I-6: عناصر الإشعاع الشمسي الساقط.

I-3-5- الإشعاع الشمسي الشامل :

الإشعاع الشامل (G) هو مجموع الإشعاعات المشتتة والمباشرة [4].

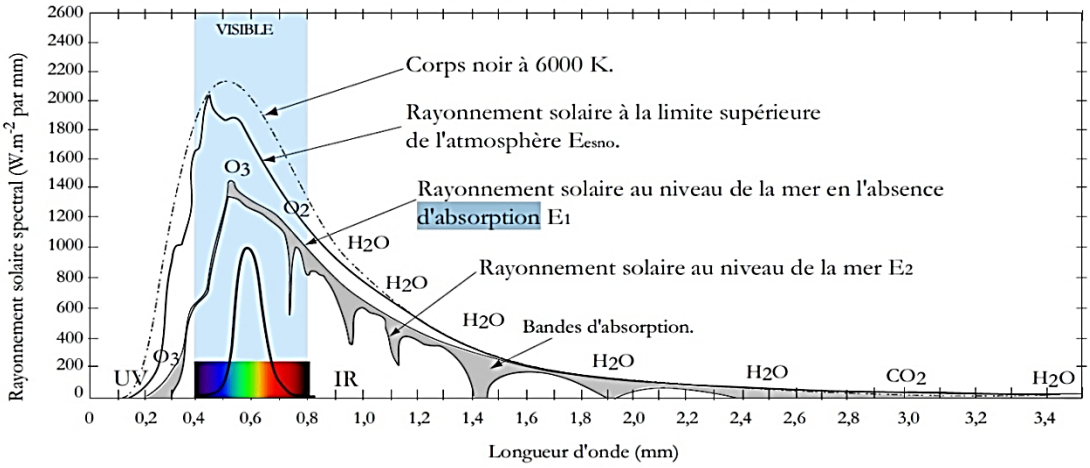
$$G = Gdir + Gdif \qquad (I.12)$$



الشكل I-7: مكونات الإشعاع الشمسي الملقاة على مستوى الأرض

مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والإشعاع المشتت يشكل الإشعاع الشمسي الشامل. الإشعاع الشمسي الشامل مكون من إشعاع بأطوال موجية وشدة مختلفة.

$$I_G = I_{DIR} + I_{DIF} \qquad (I.13)$$



الشكل I-8: لتوزيع الطيفي للإشعاع الشمسي على مستوى الأرض

الذروة القصوى للشدة تحدث في الإشعاع المرئي عند طول موجة قدره 0.5 ميكروميتر. يتم إطلاق الطاقة الكلية تقريبًا لطول الموجة المتواجدة بين 0.2 و3.0 ميكروميتر. تمثل المساحة تحت العنقود الطيفي الثابت الشمسي.

تتم مبادلة هذه الطاقة المطروحة مع الأرض أو أي جسم على مستوى سطح الأرض وتترجم إلى شعور بالحرارة.

يُطلق على التبادل الحراري الناتج عن إشعاع الموجات الكهرومغناطيسية بطول موجة يتراوح بين 0.1 و100 ميكروميتر بسبب درجة حرارة المادة اسم الإشعاع الحراري.

لا يحتاج إلى وجود وسط مادي ويخضع لقوانين الإشعاع الحراري.

I-4- نقل الحرارة:

I-4-1- حقل الحرارة:

تتم تحديد عمليات نقل الطاقة من خلال تطور درجة الحرارة في الفضاء وعبر الزمن: $T = f(x,y,z,t)$ حيث أن قيمة درجة الحرارة الفورية في أي نقطة في الفضاء تعتبر سكالار وتسمى حقل الحرارة. سنميز بين حالتين: حقل حراري غير معتمد على الزمن: يُعرف هذا النظام بأنه ثابت أو ثابت زمنياً. تطور حقل الحرارة مع مرور الوقت: يُعرف هذا النظام بأنه متغير أو عابر للزمن [11].

I-4-2- تدفق الحرارة:

تتدفق الحرارة تحت تأثير التدرج في درجات الحرارة من المناطق العالية إلى المناطق المنخفضة، والكمية من الحرارة المنقولة في وحدة الزمن ووحدة المساحة للسطح المتجانس تسمى كثافة تدفق الحرارة.

$$\Phi = \frac{1}{s}\frac{d\,q}{dt} \qquad (I.15)$$

حيث S هي مساحة السطح (متر مربع)

نسمي التدفق الحراري كمية الحرارة المنقولة على السطح S لكل وحدة زمنية.

$$\Phi = \frac{dq}{dt} \qquad (I.16)$$

أولاً يجب تحديد نظام (S) من خلال حدوده في الفضاء، ومن ثم يجب إعداد قائمة بمختلف تدفقات الحرارة التي تؤثر على حالة النظام والتي يمكن أن تكون على النحو التالي:

Φst: تدفق الحرارة المخزنة

Φg: تدفق الحرارة المولدة

Φe: تدفق الحرارة الواردة

Φs: تدفق الحرارة الصادرة

ثم نطبق القانون الأول للديناميكا الحرارية لإنشاء توازن الطاقة في النظام (S):

$$\Phi e + \Phi g = \Phi s + \Phi s \qquad (I.17)$$

بعد ذلك، يجب إقامة تعبيرات لمختلف تدفقات الطاقة، وعند تطبيق هذه التعبيرات في ميزان الطاقة، نحصل على المعادلة التفاضلية التي من خلال حلها يمكننا معرفة تطور درجة الحرارة في كل نقطة من النظام [11].

I-4-3- نوعيات نقل الحرارة:

يتم نقل الحرارة داخل مرحلة واحدة أو بشكل عام بين مرحلتين بثلاث طرق:

I-4-3-1 التوصيل الحراري:

التوصيل الحراري هو عملية فيزيائية لنقل الحرارة تعتمد على وجود وسط مادي (صلب، سائل، غاز) بدون حركة للمادة، وينقل الحرارة من المناطق الساخنة إلى المناطق الباردة باستخدام آليات على مستوى دقيق جداً (اهتزازات ذرية أو جزيئية، تشتت إلكتروني، ...).

التوصيل الحراري هو الآلية الوحيدة التي تسمح بنقل الحرارة في المواد الصلبة. ومع ذلك، إذا تعرضت سائل ما لفرق حراري كبير، فإن التوصيل الحراري يصبح تجاوزه سريعًا أمام الحمل الحراري الطبيعي. القانون الأساسي للتوصيل (قانون فوريه) يُعبر عنه بالشكل التالي:

$$\Phi = -\lambda S.\ grad\ (T) \qquad (I.18)$$

أو بشكل جبري :

$$\Phi = -\lambda S \frac{dt}{d} \qquad (I.19)$$

Φ : تدفق الحرارة المنتقل عن طريق التوصيل (واط)

λ : المتغير المكاني في اتجاه التدفق (متر)

S : مساحة مقطع مرور تدفق الحرارة (متر مربع)

يمثل الانحدار المحلي للحرارة (أي معدل التغير المكاني لدرجة الحرارة في النقطة المعنية)، وبالتعريف يكون المتجه الانحداري عموديًا على الخطوط الأيزوثرمية. (λ) هو معامل التوصيل الحراري لوسط النقل (واط/متر. كلفن)، تختلف قدرات التوصيل الحراري للمواد بشكل كبير من مادة إلى أخرى بحيث يمكن تمييز المواد الموصلة للحرارة عمومًا عن المواد المعزولة وفقًا لترتيب قدرة التوصيل الحراري لديها، وتعتمد قدرة التوصيل الحراري أيضًا على درجة الحرارة وحالة المادة المعنية (صلبة، سائلة أو غاز) [11] [12].

I-4-3-2 الحمل الحراري:

الحمل الحراري أو التسخين بالتواصل (الحمل بالتواصل) هو عملية فيزيائية لنقل الحرارة تستند إلى وجود وسط مادي يتحرك، وبالتالي لا يمكن وجود تسخين بالتواصل إلا في السوائل والغازات. يمكن تمثيل تدفق الحرارة المنتقل بالتواصل بين جدار بدرجة حرارة T_1 وسائل بدرجة حرارة T_∞(درجة الحرارة المقاسة بعيدًا عن الجدار) بالشكل التالي:

$$\Phi = h_s.S(T_1 + T_\infty)$$

(قانون نيوتن) حيث h_c هو معامل التبادل الحراري بالتواصل (واط/متر مربع. كلفن).

هذه الطبقة المجاورة للسطح مع حالة توقف التدفق على طول الجدار (سرعة صفر)، هناك نوعان من التواصل:

التواصل القسري:

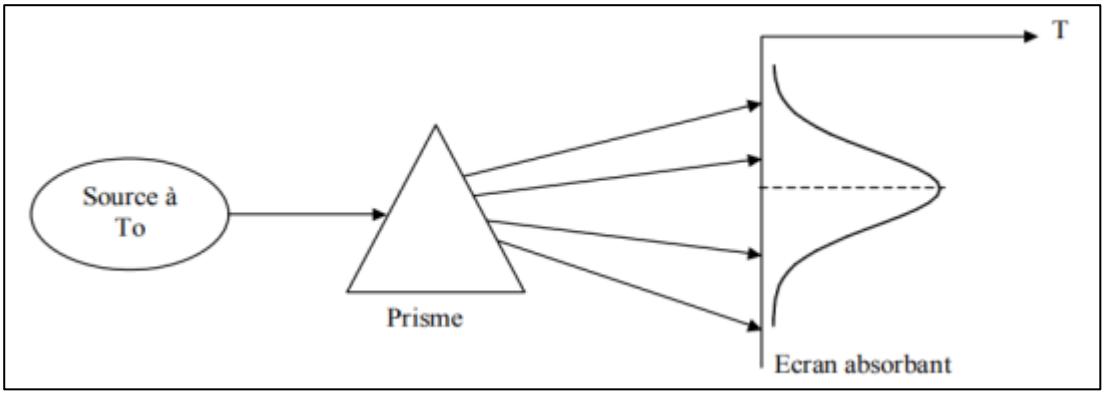
يتم تحريك السائل بواسطة عمليات ميكانيكية خارجية (مضخات، مراوح، إلخ)، وبالتالي يكون التدفق سلسًا أو مضطربًا.

التواصل الحر (أو الطبيعي):

ينتج هذا النوع من التواصل عن تغيرات في كتلة الكثافة للسائل نتيجة لتبادل الحرارة ذاته (قوة أرخميدس على عناصر السائل الساخن)، وبالتالي ينتج عنه تواصل سلس أو مضطرب [13].

I-4-3-3 الاشعاع الحراري :

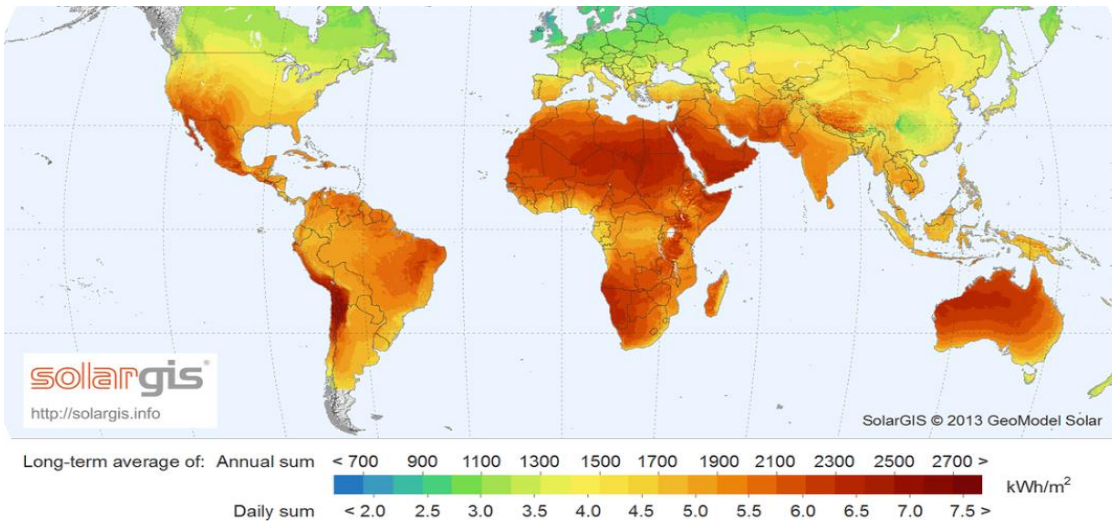
تشع جميع الأجسام، بغض النظر عن حالتها: صلبة، سائلة أو غازية، إشعاعًا من الطبيعة الكهرومغناطيسية. يحدث هذا الانبعاث من الطاقة على حساب الطاقة الداخلية للجسم المشع .ينتشر الإشعاع بشكل مستقيم بسرعة الضوء، وهو مكون من أشعة بطول موجي مختلفة كما أثبتت تجربة وليام هيرشل.



شكل I-9: مبدأ تجربة ويليام هيرشل

I-5- الموارد الشمسية في الجزائر :

تُعتبر الموارد الشمسية مجموعة من البيانات التي تصف تطور الإشعاع الشمسي المتاح خلال فترة زمنية معينة. يتم استخدامها لمحاكاة عملية تشغيل نظام طاقة شمسية ولتحديد أبعاد أدق قدر الإمكان، مع مراعاة الطلب اللازم لتلبية الاحتياجات [14] .من جهة أخرى، تتمتع الجزائر بموارد شمسية هائلة نظرًا لموقعها الجغرافي، كما يُظهر ذلك في (الشكل I -10):



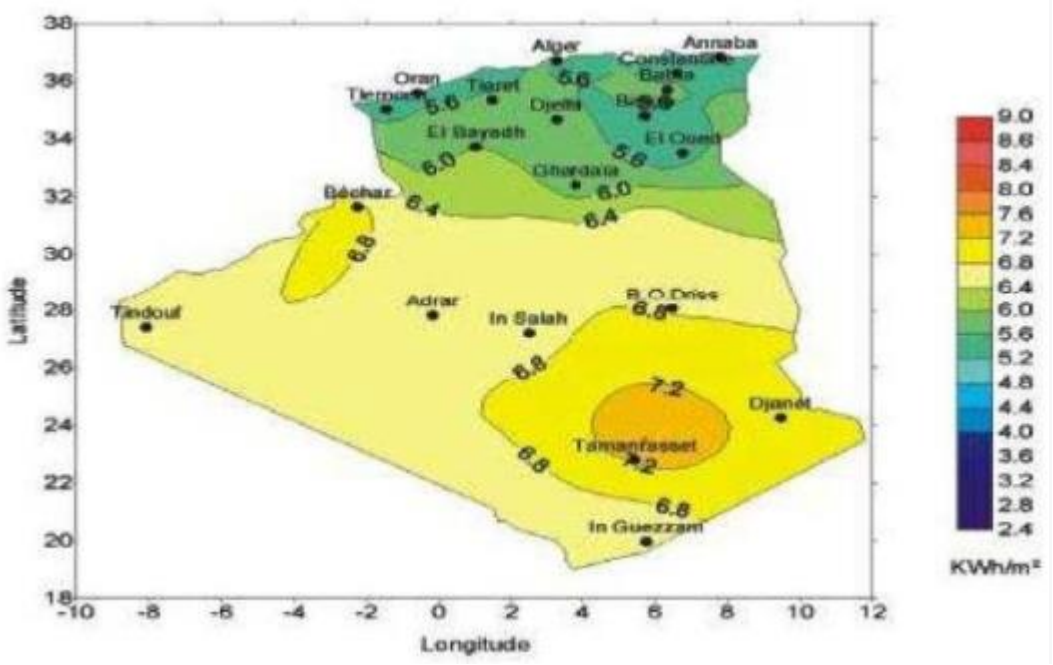
الشكل I-10: خريطة العالم لمتوسط سطوع الشمس السنوي [15]

بعد اجراء دراسة عن طريق القمر الصناعي توصلت وكالة الفضاء الالمانية الا ان الجزائر تمثل الإمكانات الشمسية الأكبر في منطقة البحر الأبيض المتوسط، وتبلغ 169,000 تيراواط ساعة في السنة للطاقة الشمسية الحرارية و13.9 تيراواط ساعة في السنة للطاقة الشمسية الكهروضوئية .إن الإمكانات الشمسية في الجزائر تعادل 10 حقول غاز طبيعي كبيرة قد تم اكتشافها في حاسي رمل. يتم توزيع الإمكانات الشمسية في الجزائر حسب المناطق المناخية في الجدول(I.6) وفقًا للإشعاع الشمسي

المناطق	المناطق الساحلية	المرتفعات	الصحراء
منطقة (٪)	4	10	86
متوسط مدة سطوع الشمس (ساعة/سنة)	2650	3000	3500
متوسط الطاقة المستلمة (كيلوواط ساعة / م 2 / سنة)	1700	1900	2650

الجدول I-6: تلقت أشعة الشمس في الجزائر حسب المنطقة المناخية

مدة التشمس في الصحراء الجزائرية تصل إلى حوالي 3500 ساعة في السنة وتعتبر الأطول على مستوى العالم، حيث تتجاوز دائمًا 8 ساعات في اليوم ويمكن أن تصل إلى 12 ساعة في اليوم خلال فصل الصيف، باستثناء أقصى الجنوب حيث تنخفض إلى 6 ساعات في اليوم خلال فصل الصيف [15] .جنوب الجزائر مشمس بشكل خاص ولديه أكبر الإمكانات من كل الجزائر (الشكل I-11)



الشكل I-11: متوسط الإشعاع الشمسي العالمي السنوي الذي يتم تلقيه على مستوى مائل في خط عرض المكان.

I-6- خاتمة

في الجزائر، هناك شبكة مكونة من 78 محطة لقياس الطقس تابعة للمكتب الوطني للأرصاد الجوية (O.N.M) ومنتشرة في جميع أنحاء البلاد [14] ومع ذلك، تقوم فقط 7 محطات بقياس المكونات المتناثرة والشمسية الكلية للإشعاع الشمسي الواقع على مستوى أفقي، وذلك بسبب عدم موثوقية أجهزة القياس أو التكلفة العالية لتجهيز مثل هذه الأجهزة .أما مدة التشمس، فتتم قياسها عادة بواسطة هيلوغراف في معظم المحطات التابعة للمكتب الوطني للأرصاد الجوية، بسبب سهولة تنفيذه

يقدم هذا الفصل بعض جوانب الطاقة مثل حقل الشمس والطاقة الشمسية وما إلى ذلك وتتعلق بنظام الإحداثيات على الأرض، مثل الوقت الشمسي والطول والارتفاع، حيث تكون لهذه المعايير معنى وتأثير على عملية التجفيف في البلدان المشمسة حول العالم (مثل الجزائر). تتم اعتماد هذه المعايير لنظام الشمس الأرضي (مثل الإشعاع الشمسي وما إلى ذلك) للعمل على تجفيف المنتجات والحفاظ في الوقت نفسه على الخواص الغذائية لهذه المنتجات [4]:

- السمات الرئيسية للشمس.
- توزيع الطيف الحراري للإشعاع.

- توزيع الطيف الحراري للإشعاع.
- انبعاث الإشعاع الشمسي.
- قيم معاملات الاضطراب الجوي.
- تغير الضغط الجوي مع الارتفاع.
- الإشعاع المستلم في الجزائر حسب المناطق المناخية.

.

الفصل الثاني: عموميات حول التجفيف

II-1- مقدمة :

إن تقنيات تجفيف الأغذية هي من بين أقدم الطرق المستخدمة لحفظ المنتجات الغذائية والزراعية بما في ذلك الحبوب والفواكه والخضار والأعشاب والأسماك ومنتجات الألبان وغيرها. ويهدف التجفيف إلى تقليل محتوى الرطوبة، وبالتالي نشاط الماء في المنتجات لإطالة مدة صلاحيتها عن طريق وقف نمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة التي تزدهر في بيئة رطبة وتتسبب بانحلال المنتج وتعفنه. وإن الطريقة التقليدية الأكثر استخداما لتجفيف الأغذية، وخاصة في البلدان النامية، هي طريقة التجفيف تحت أشعة الشمس في الهواء الطلق حيث يوضع الغذاء تحت أشعة الشمس المباشرة على أرض سطح من الخرسانة، أو أية مساحة مسطحة ملائمة أخرى ويترك لعدة أيام حتى يجف. ويعتبر التجفيف بأشعة الشمس في الهواء الطلق أرخص طريقة للتجفيف حيث لا حاجة لمعدات أو أي مصدر إضافي للطاقة غير الشمس. لكن هذه الطريقة لها مساوئ عدة؛ على سبيل المثال: الاعتماد الكلي على توافر أشعة الشمس وعدم القدرة على توقع جودة المنتج المجفف النهائي الذي قد يواجه العديد من العناصر الخارجية التي تعرضه للخطر (مثل الغبار وتلوث الهواء والحشرات والقوارض). وبذلك، توفر المجففات الشمسية بديلا مناسبا للتجفيف الشمسي في الهواء الطلق للتغلب على التحديات السابق ذكرها.

II-2 تاريخ التجفيف:

تم تطبيق تقنية تجفيف المحاصيل الزراعية في جميع أنحاء العالم لقرون عديدة. وعادة ما يتم تجفيف البذور والأوراق والفواكه بتعريضها لأشعة الشمس المباشرة لبضعة أيام على سطح صلب وأفقي، مع الابتعاد عن المطر والجرذان والحشرات. ثم يتم حفظ الأطعمة في حاويات ومخازن مختلفة بعد التأكد من حصولها على مستوى جيد من الجفاف باستخدام الحواس اللمسية، ويتم حمايتها من الندى لمنع إعادة الترطيب.

تعتبر تقنية تجفيف المحاصيل والأطعمة هذه طريقة فعالة وقديمة للحفاظ على الأطعمة وتفادي الهدر الناتج عن التلف والفساد الطبيعي للمنتجات القابلة للتلف. واستخدام هذه الطريقة لا يزال على نطاق واسع حتى اليوم[16] [17] .

II-3 تعريف التجفيف:

التجفيف هو عملية إزالة الرطوبة أو الماء من مادة اما عن طريق تعريضها للحرارة أو تدفق الهواء أو مزيج من الاثنين.

إنها طريقة شائعة تستخدم للحفاظ على الطعام والمواد الكيميائية وغيرها من المنتجات، وكذلك لتقليل وزن وحجم المواد للنقل أو التخزين. يمكن تحقيق عملية التجفيف من خلال طرق مختلفة، بما في ذلك التجفيف الطبيعي والتجفيف بالشمس والتجفيف بالهواء والتجفيف بالفرن والتجفيف بالتجميد والتجفيف

بالرش، اعتمادًا على طبيعة المادة والنتيجة المرجوة. الغرض الرئيسي من التجفيف هو إطالة العمر الافتراضي للمادة ومنع التلف والحفاظ على جودتها وخصائصها.

II-3-1-التجفيف الطبيعي:

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

ايجابيات التجفيف الطبيعي	سلبيات التجفيف الطبيعي
- عملية بسيطة وغير مكلفة - لا تتطلب أي مواد أو يد عمالة ماهرة - مصدر الطاقة الشمس مجانية وغير ملوثة - لا توجد نفقات على الطاقة - تجفيف لطيف بفضل تناوب الليل والنهار	- وقت تجفيف طويل (إمكانية حدوث تعفن). - ضعف جودة المنتج عن طريق الإشعاع الشمسي. - كفاءة العملية منخفضة بالنظر إلى العديد من المخاطر (الطقس، مكونات المنتج قد تكون حساسة للأشعة فوق البنفسجية والحشرات والقوارض، فقدان الفيتامينات...) - تحتاج الى مساحة شاسعة.

الجدول II-1: إيجابيات وسلبيات التجفيف الطبيعي

II -3-2-التجفيف الصناعي:

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.

ايجابيات التجفيف الصناعي	سلبيات التجفيف الصناعي
- تقليل زمن التجفيف - التحكم في محتوى الماء المطلوب في النهاية. - حماية المنتج ضد الأشعة فوق البنفسجية. - الحماية من سوء الأحوال الجوية، الحشرات والفطريات. - طاقة مجانية	- استهلاك الطاقة التقليدية (كهرباء، غاز، الخشب....) إذا كان النظام الهجين. - يتطلب يد عاملة ماهرة.

الجدول II-2: إيجابيات وسلبيات التجفيف الصناعي

II -4 مبدأ عمل المجفف:

تتكون عملية التجفيف من مجموعة من العمليات التقنية التي تهدف الى ازالة الماء من المحاصيل الزراعية بشكل كامل. وذلك للحد من نمو الاحياء الدقيقة والانزيمات المسؤولة عن تلف المحاصيل. كما يتيح التجفيف تركيز المادة الزراعية بشكل كبير مما يسهل نقلها وتخزينها وتعبئتها ويتيح توفيرها في غير موسمها دون الحاجة الى استخدام مواد حافظة.

يمكن تنفيذ عملية التجفيف باستخدام مجفف شمسي مباشر او الغير مباشر او باستخدام فرن عادي. يعمل المجفف الشمسي على ادخال الهواء الى الغرفة الموجود فيها المنتج المراد تجفيفه. يمر الهواء من خلال المادة المجففة بشكل منتظم ومتساوي في المقطع العرضي والطولي للمنتج المراد تجفيفه ليقوم بعملية التجفيف المطلوبة.

تحدث عملية التجفيف بفعل ظاهرتين فيزيائيتين وهما:

- الانتقال الحراري :يشير الى كمية الحرارة المتبادلة بين الهواء والمنتج المراد تجفيفه حيث يقوم الهواء الساخن برفع درجة حرارة المنتج.

-الانتقال الكتلي: وهي كمية بخار الماء المنتقل من المنتج الى هواء التجفيف

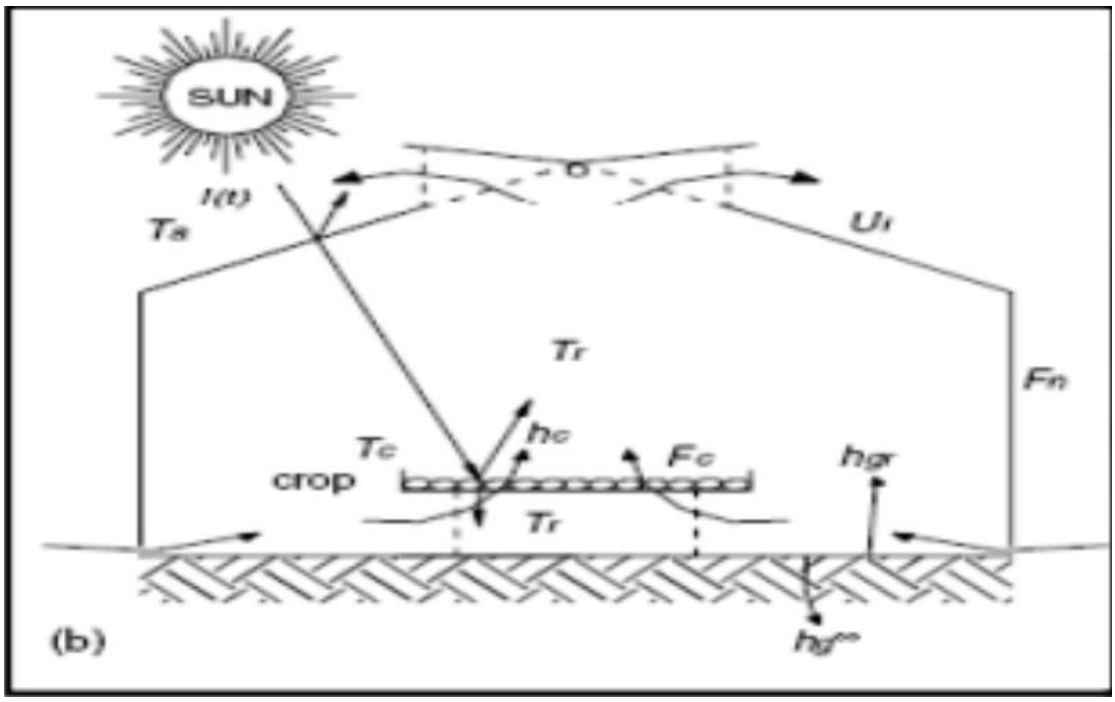
عندما يصبح الهواء مشبعا بالرطوبة يتم طرد قسم منه الى الخارج لتخفيض الضغط داخل المجفف. وبالتالي سيدخل هواء جديد الى الداخل ليتلامس مباشرة مع المنتج وهكذا حتى يتم تجفيف المنتج بالكامل [16].

II-5 أنواع المجففات حسب طبيعة تدفق الهواء :

يتم تصنيف المجففات الشمسية حسب طريقة تدوير الهواء المستخدمة فيها، فمن بين هذه الطرق توجد مجففات تستخدم الحمل الطبيعي لتدوير الهواء، وتوجد ايضا مجففات تستخدم دوران الحمل القسري في تدوير الهواء.

II-5-1- مجففات الحمل الطبيعي:

تعتمد عملية التجفيف في غرفة التجفيف على حركة الهواء الساخن، حيث يتم تسخين الهواء الذي ينخفض كثافته، مما يتيح له الصعود إلى الأعلى وتجفيف المنتجات المطلوبة. وعندما يمتص الهواء الرطوبة من هذه المنتجات ويتم تبريده، يتم إخراجه خارج الغرفة من خلال المدخن[18].

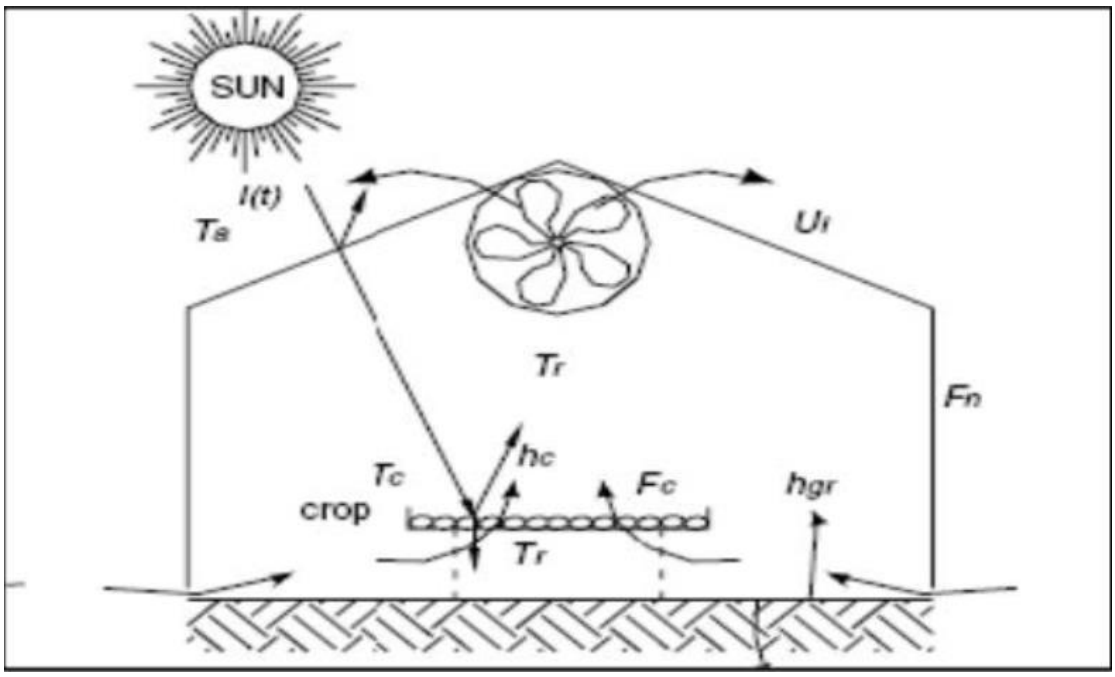


الشكل II-1: رسم تخطيطي للمجفف شمسي المباشر مع الحمل الطبيعي

II-5-2- مجففات الحمل القسري:

تعتمد مجففات الهواء القسرية على دوران الهواء الساخن داخل المجفف باستخدام المروحة، ويتم اختيار نوعية المروحة بناءً على كمية الهواء المطلوبة لإتمام عملية التجفيف بالسرعة المطلوبة [19] . وتوفر هذه النوعية من المجففات إمكانية التحكم بشكل أفضل في عملية التجفيف بفضل سرعة الهواء الساخن المستمر.

ومن بين العيوب الخاصة بهذا النوع من المجففات هي التكلفة العالية لإنتاجها وتشغيلها مقارنة بالمجففات ذات الحمل الطبيعي، كما أنه يتطلب الاعتماد على إمدادات كهربائية محلية تقليدية أو نظام طاقة شمسية لتشغيل المروحة. ويمكن اعتبار هذا الصنف من المجففات الهجينة لاستعماله مصدر آخر للطاقة غير الطاقة الشمسية [20].



الشكل II-2: رسم تخطيطي للمجفف الشمسي المباشر مع الحمل القسري

II--6 أنواع المجففات الشمسية حسب طريقة تسخين الهواء:

تم تطوير عدة أنواع من المجففات الشمسية لتلبية الحاجة المحلية والتوافر في تجفيف المنتجات الغذائية. يمكن تصنيف هذه المجففات وفقًا لطريقة استخدامها للإشعاع الشمسي إلى مجففات طبيعية ومجففات مباشرة ومجففات غير مباشرة.

يتم تعريف المجفف المباشر بأن الإشعاع الشمسي يصل مباشرةً إلى المنتجات المراد تجفيفها، في حين يتم تعريف المجفف غير المباشر بأن المنتجات محمية من الإشعاع.

يمكن تعريف المجفف الحراري الطبيعي عندما يتم ضمان دوران الهواء بواسطة مروحة، ويمكن تعريف المجفف الحراري القسري الجيد التهوية عندما يتم ضمانه بواسطة فعل ميكانيكي.[21]

II-6-1-المجففات الشمسية المباشرة :

تتميز استخدامات وبناء مجففات الطاقة الشمسية المباشرة بالبساطة. حيث تأتي بأشكال وأحجام متعددة، بدءًا من مجفف الصندوق مع منصة، الذي يعد مثاليًا للكميات الصغيرة، إلى مجفف الكابينة، الذي يمكنه معالجة حجوم ضخمة.

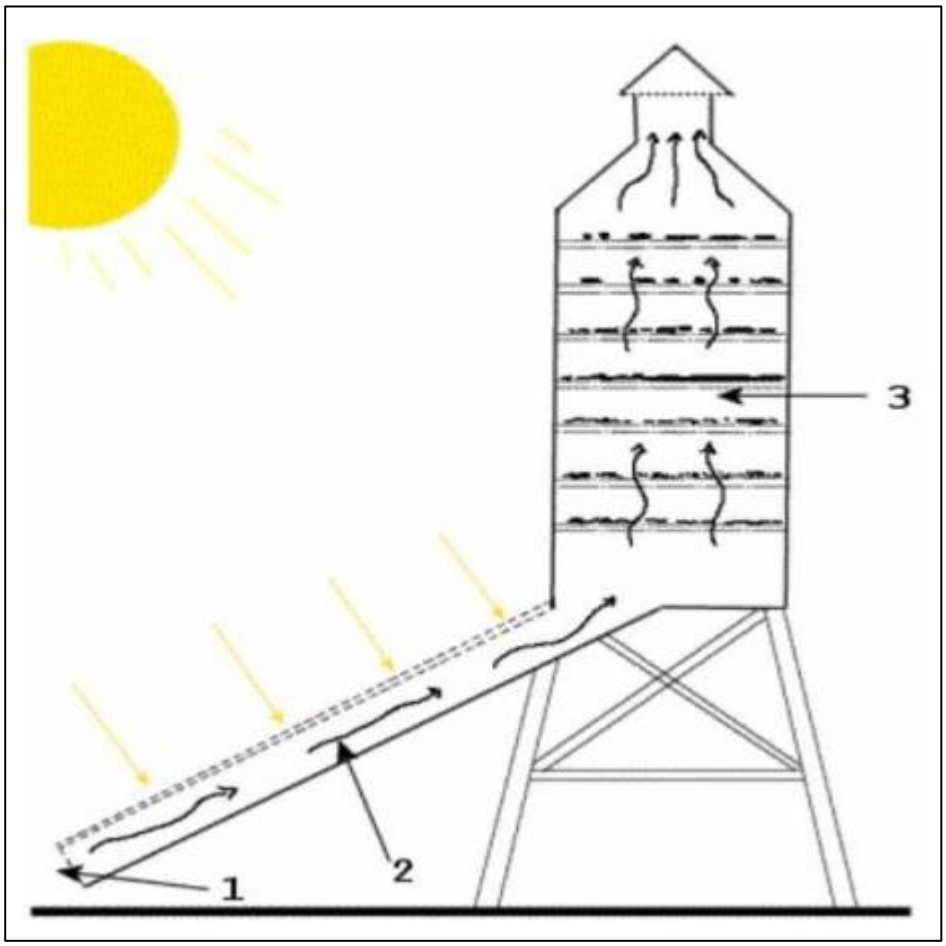
الشكل II-3: المجفف الشمسي المباشر

ايجابيات المجفف الشمسي المباشر	سلبيات المجفف الشمسي المباشر
- يوفّر الجفاف باستخدام مجففات الطاقة الشمسية حماية أفضل ضد الغبار والحشرات والحيوانات والأمطار. - لا يحتاج إلى عمالة مؤهلة. - يوفّر إمكانيات تصميم كبيرة.	- يتعرض المنتج لتدهور في الجودة بسبب التعرض المباشر للشمس، مما يؤدي إلى تدمير فيتامينات A وC والذبول والتغير في اللون. - تكون المواد المصنوعة من البولي إيثلين هشة ويجب تغييرها بانتظام. - تصل درجة الحرارة داخل المجفف إلى مستويات مرتفعة نسبيًا، مما يساهم مع التعرض للشمس في تدمير العناصر الغذائية.

الجدول II-3: ايجابيات وسلبيات المجفف الشمسي المباشر

II-6-2-المجففات الشمسية الغير مباشرة:

تعد هذه الأنظمة أكثر فعالية من المجففات المباشرة وتوفر ميزة الحفاظ على خصائص الأغذية بشكل أفضل، مثل اللون والمظهر والقيمة الغذائية. وبالتالي، فهي مناسبة بشكل خاص لتجفيف الأطعمة.



الشكل II-4: مجفف شمسي غير مباشر

ايجابيات المجفف الشمسي الغير مباشر	سلبيات المجفف الشمسي الغير مباشر
- يتم تجفيف المنتج بعيدًا عن أشعة الشمس المباشرة، مما يساعد على الحفاظ على لونه وقيمته الغذائية (وخاصة فيتامينات A وC). - يمكن بناء هذا النوع من المجففات محليًا بتكلفة منخفضة. - لا يتطلب تشغيلها استخدام الطاقة الكهربائية أو الوقود الأحفوري.	- سرعة التجفيف تختلف بشكل كبير حسب الظروف المناخية وتصميم المجفف. - الحاجة إلى تغيير المواد المصنوعة من البولي إيثلين بشكل منتظم، حيث أنها هشة وقابلة للتلف.

الجدول II-4: ايجابيات وسلبيات المجفف الشمسي الغير مباشر

II-6-3- المجففات الهجينة:

تركزت الأبحاث على المجففات الهجينة التي تستخدم مصادر طاقة إضافية مثل الوقود والكهرباء والحطب والغاز وغيرها. توجد مصادر الطاقة الإضافية في موقعين داخل المجفف. يمكن استخدام موقد الغاز أو المقاومة الكهربائية أو نار الحطب للحفاظ على درجة حرارة المجفف ثابتة. تُستخدم الطاقة

الشمسية فقط لتسخين الهواء في هذه الحالة. تزيد المروحيات الكهربائية من تدفق الهواء. يتم استخدام الطاقة الشمسية دائمًا لتسخين المجفف، ولكن قدرته على التبخير تزيد بسبب تحسين التهوية.

الشكل II-5: مجفف شمسي هجين

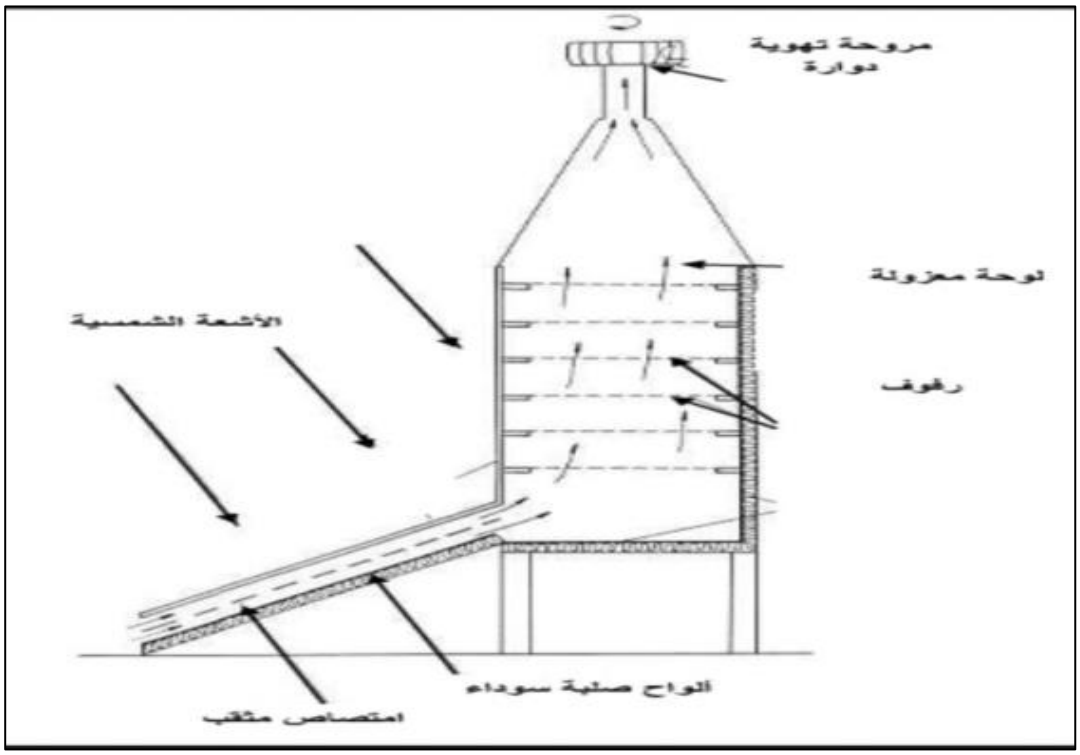
ايجابيات المجففات الهجينة	سلبيات المجففات الهجينة
- تحرر من القيود المفروضة من ظروف الطقس. - التحكم الأفضل في عملية التجفيف. - زيادة كبيرة في الإنتاجية مقارنة بأنواع أخرى من الأجهزة المستخدمة في التجفيف بالطاقة الشمسية، لأن الجهاز يمكنه العمل ليلاً أو خلال فصل الأمطار إذا لزم الأمر.	- تكلفة الإنتاج والاستثمار عالية. - الحاجة إلى توفير مصدر محلي للوقود والكهرباء وقطع الغيار. - الحاجة إلى عمالة مؤهلة للصيانة.

الجدول II-5: ايجابيات وسلبيات المجففات الهجينة

II-6-4- المجففات المختلطة :

يجمع هذا النوع من الأنظمة بين مزايا طرق التجفيف المباشر وغير المباشر. يتم توفير الحرارة اللازمة لعملية التجفيف في هذا النوع من الأجهزة عن طريق مزيج من الإشعاع الشمسي المباشر على المنتج المراد تجفيفه وجهاز الاستشعار الشمسي. يحتوي الجزء العلوي من جدار الغرفة على لوحات.

زجاجية، مما يسمح للإشعاع الشمسي بالتأثير مباشرةً على المنتج كما في الجهاز المباشر. الجهاز يحتوي على نفس العناصر الهيكلية الموجودة في الجهاز الغير مباشر (جهاز استشعار الشمس، وغرفة التجفيف، والمدخنة).



الشكل II-7: المجففات المختلطة

II--7 مميزات حفظ الاغذية بالتجفيف:

يتيح التجفيف الحفاظ على الأطعمة مثل الفواكه والخضروات والأعشاب العطرية والفطر، وكذلك الأسماك واللحوم، حيث يتم إزالة الماء الموجود وتركيز السكريات (في حالة الفواكه على وجه الخصوص) مما يمنع نمو البكتيريا والعفن والخميرة التي تسبب التدهور والتحلل. يتمتع التجفيف بالعديد من المزايا مقارنة بطرق الحفظ الأخرى:

-لا حاجة لثلاجة كبيرة لتخزين المنتجات المجمدة.

-الحفاظ على جزء كبير من الفيتامينات (فقط الفيتامينات C وB تتلف جزئيًا) وكامل المعادن.

-الحفاظ على النكهات التي لا تتغير بإضافة الزيت أو الخل أو الملح أو السكر أو الكحول أو التخمير... ولا يتم تخفيفها في الماء.

- تقليل وزن وحجم الطعام: تشغل المنتجات المجففة مساحة أقل بكثير من المنتجات الطازجة، مما يعد مفيدًا عند نقص المساحة للتخزين [22]

II-8 فوائد حفظ الاغذية:

يساعد حفظ الأطعمة على الاستفادة منها في أوقات غير موسمها الزراعي وتحضيرها للوجبات في أي وقت من السنة، ويوفر الكثير من الجهد والوقت بدلاً من قضائه في التسوق المتكرر لشراء المواد الغذائية للطهي.

ويمكن أيضًا توفير المال من خلال الاحتفاظ بالأطعمة الزائدة بدلاً من التخلص منها، وشراء الأطعمة بكميات كبيرة عندما تكون أرخص ثمناً وحفظها من التلف لاستخدامها فيما بعد.

ومن أهم الفوائد الأخرى لحفظ الأطعمة هو حمايتها من التلف والفساد، مع الحفاظ على قيمتها الغذائية [23].

II-9 التغييرات الغذائية التي تحدث على الغذاء بعد عملية التجفيف :

يجب أن تتم عملية التجفيف بطريقة تحافظ على جودة المنتج دون تغيير كبير في نهاية العملية.

تتأثر معظم المنتجات الزراعية والغذائية بالتجفيف، حيث يختلف المنتج المرطّب عن المنتج الأصلي لعدة أسباب موضحة أدناه:

التعديلات الفيزيائية والميكانيكية:

عملية إزالة الماء من المنتج تسبب انهيار المنتج على نفسه، ويختلف شكل المنتج النهائي المجفف عن المنتج الأصلي. تؤثر ظاهرة انتقال المحاليل إلى السطح، وانتقال المواد الدهنية، والتشقق، والانكماش على جودة المنتج بشكل سلبي.

التعديلات البيو كيميائية:

تسبب درجات الحرارة العالية لفترات طويلة في التغييرات الضارة على منتجات الأغذية، وتشمل التغييرات الرئيسية[24] :

- تفاعل ميلارد: وهو تفاعل حيوي غير إنزيمي ينتج عن تفاعل بين البروتينات والكربوهيدرات وينتج عنه منتج بني. ومع ذلك تؤدي هذه التفاعلات إلى فقدان التغذية.
- تكتل البروتينات: مما يحد من قدرة المنتج على الانتعاش بعد التجفيف.
- تفاعلات إنزيمية: تؤدي إلى تأثير تلوين المنتج. للحد من هذا التأثير، يجب إبطاء عملية الإنزيمات بمعالجة مسبقة مثل الغليان أو خفض درجة حرارة التجفيف.
- تدمير الفيتامينات.
- أكسدة الدهون (التعفن) .

فقدان الرائحة واللون:

يتم إزالة الماء الموجود في المنتج المراد تجفيفه عن طريق احتوائه على أي مواد أخرى قابلة للتطاير في المنتج، مثل النكهات في المنتجات الزراعية والغذائية. ويكون تأثير التجفيف على لون المنتج أقل بالمقارنة مع المنتج الأصلي عند درجات الحرارة المنخفضة وفي أنظمة التجفيف ذات الاضطراب القسري.

الجودة الحسية:

هو تركيبة من حواس التصميم المختلفة التي تحصل عليها من خلال اختيار واستهلاك المنتج. يتم تقييم المنتج من خلال الجانب الذي يراه العين، على سبيل المثال: اللون والحجم والشكل والتوحيد وعدم التشوه. وهذا الجانب مهم جدا في تقييم جودة المنتج. الحس الذوقي يقتصر على الحلاوة والحموضة والملوحة والمرارة. والنكهة تشمل حواس الذوق والرائحة والملمس. يتم غالبا فقدان النكهة في المنتجات الجافة بسبب فقدان المواد الطاردة، ومن خلال نفس العملية تحدث هجرة بخار الماء من المنتج إلى الخارج، وبالمثل، تساهم التفاعلات الكيميائية في التأكسد التي تسبب تدهور في النكهة [25].

الجودة الغذائية:

يشمل ذلك معايير كيميائية مثل محتوى السكر والحموضة وفيتامين س الأس كوربيك ومحتوى بيتا-كاروتين ومحتوى الحموضة قبل وبعد التجفيف. يتأثر فيتامين س بدرجات الحرارة العالية؛ وتشير الجودة الغذائية الأدنى إلى فقدان القيمة الغذائية بسبب درجات الحرارة الأعلى في عملية التجفيف وفترات التجفيف الأطول؛ وتشير الحموضة الأعلى إلى تدهور الجودة بسبب التخمر [24].

القدرة على معالجة الجفاف:

تتم استهلاك بعض الفواكه والخضروات المجففة بعد إعادة ترطيبها. عند إضافة الماء، يستعيد المنتج طعمه ورائحته وقوامه ومظهره الأصلي. ومع ذلك، لن يستعيد المنتج بالكامل حالته الأصلية. كلما اقترب المنتج من مستويات الرطوبة الأصلية، كلما كان نسيجه ومظهره أفضل. تؤثر أضرار الأنسجة في المنتج خلال عملية التجفيف على قدرة إعادة ترطيب المنتج المجفف. ومن الضروري إجراء معالجة مسبقة بالتحليل النسيجي قبل بدء عملية التجفيف، حيث يتم جعل جدران الخلايا أكثر نفاذية.

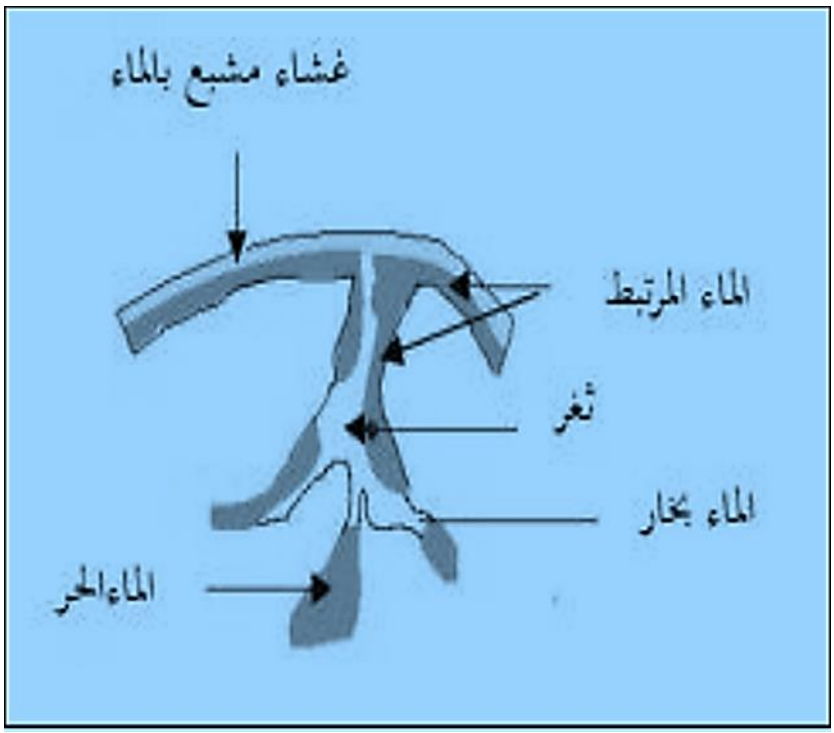
II-10 كيفية إزالة الماء من المنتجات الغذائية :

باعتبار المنتجات الزراعية اجسام مسامية فالماء يتواجد فيها على شكل طبقات ويمكن ازالته كالاتي:

- **الماء الحر:** هي المياه التي تكون قريبة من السطح والتي تتبخر من خلال السطح عندما تتعرض المادة ألي حرارة مباشرة كأشعة الشمس وهذا النوع من المياه يفقد ببساطة.

-**الماء المرتبط:** فهي المياه التي تتحرك وتنفذ من خلال الاغشية الخلوية من التركيز العالي إلى التركيز المنخفض، وعموما فإن هذا النوع من المياه يمكن بعملية التجفيف السيطرة عليها وإزاحتها باستعمال بعض الطاقة الحرارية [17].

-**الماء المتحد:** وهذه المياه التي يمكن السيطرة عليها وإزاحتها لأنها من أصل وتركيب الثمرة ونسبتها بسيطة ولا تحتاج إلى الازاحة لان بإزاحتها يتغير تركيب الثمرة وشكلها.



الشكل II-8: توزيع الماء

II -11 الشروط اللازمة للحصول على اعلى قيمة غذائية للمنتج المجفف :

ينبغي من اجل الضمان الحصول على اعلى قيمه غذائية للمنتج المجفف تحقق ما يلي:

- تجنب التبييض المفرد.
- اجراء عمليه التجفيف في أقصر وقت ممكن دون زيادة درجات الحرارة على 65 درجه مئوية في بداية التجفيف او 60 درجه مئوية في بقية فتره التجفيف.
- تجنب تحميل المجفف أكثر من اللازم.
- وضع قطع الغذاء على صواني التجفيف متباعدة بشكل جيد وغير متداخله معا.
- المحافظة على تدفق جيد للهواء في المجفف وذلك لحمل الرطوبة بعيدا عن الغذاء اثناء عمليه التجفيف.
- اجراء عمليه التجفيف عندما تكون الرطوبة النسبية للهواء منخفضه في كلما أمكن ذلك.
- فحص الغذاء لتأكد من انه قد أصبح جاف بما فيه الكفاية.
- تكييف الفواكه المجففة.
- تخزين الاغذية المجففة في مكان بارد مظلم وجاف.
- تخزين المواد المجففة بعبوات لا تسمح بوصول الرطوبة والاكسجين الى داخلها
- تخزين الغذاء المجفف بكميات يسهل استهلاكها في المرة الواحدة [26].

II-12 خاتمة :

تعرفنا في هذا الفصل على عمليه التجفيف من خلال تعريف التجفيف وانواع المجففات الشمسية ومبدأ عمل كل منها والفرق بينه في الاخير تطرقنا لأهميته والشروط اللازمة لحفظ الاغذية والتغيرات التي تطرأ عليها أثناء عملية التجفيف.

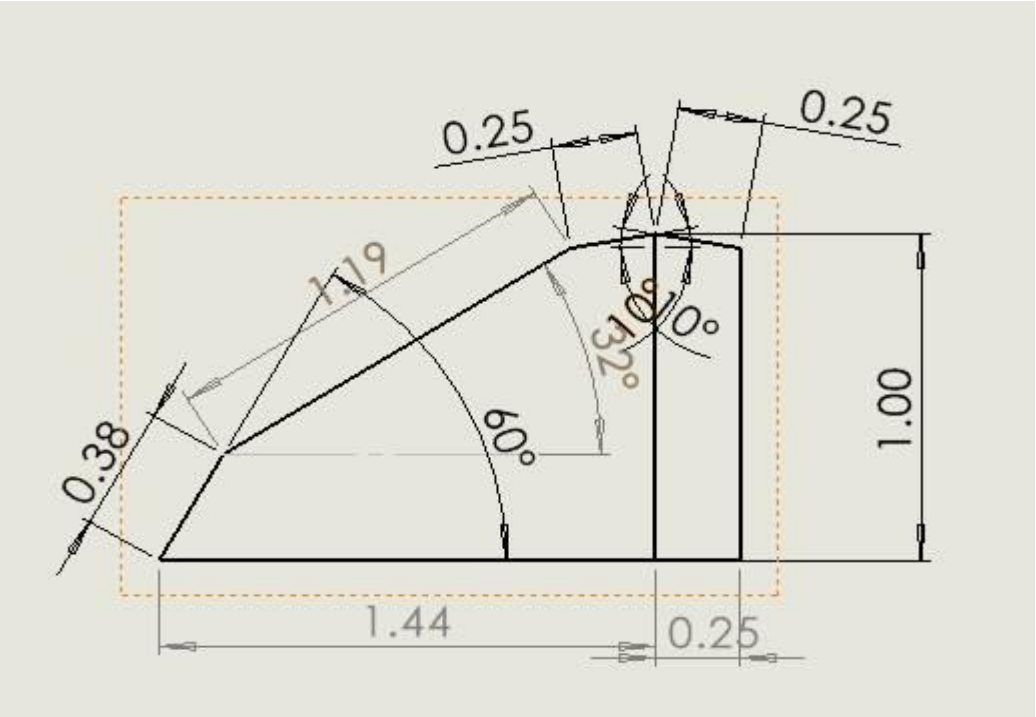
الفصل الثالث: تصميم وانجاز المجفف الشمسي

III-1-مقدمة:

يتناول هذا الفصل طريقة تصميم وانجاز المجفف المدروس وخطوات التركيب والمواد المستعملة في انجازه. والذي هو عبارة عن بيت بلاستيكي (green house) وذلك قصد استعماله في تجفيف المنتجات الغذائية.

III-2-تصميم المجفف الشمسي:

تم تصميم المجفف المدروس بطريقة تلائم الطبيعة الجغرافية لمنطقة واد سوف بحيث يكون راس البيت البلاستيكي عبارة عن زاوية حتى لا تتجمع الاتربة في السطح ولكي لا تتجمع مياه الامطار على السطح لان ذلك سيؤدي الى نقص كفاءة البيت كما ان واجهة المجفف والتي تكون متجهة نحو الجنوب مقسمة الى قطعتين قطعة كبيرة مائلة بزاوية 32 درجة لتلقط اكبر نسبة من اشعة الشمس المتساقطة وقطعة صغيرة مائلة في الاسفل بزاوية 60 درجة لزيادة ارتفاع البيت الشكل (III-1). كما ان خلفية البيت مصممة لان تكون جزء ماصا لأشعة الشمس وكذا ارضية البيت.



الشكل III -1: تصميم المجفف الشمسي

III-3-الادوات المستعملة:

لأجل انجاز المجفف الشمسي تم استعمال العديد من الادوات نذكر منها:

III-3-1-الهيكل المعدني:

وهو هيكل مصنوع من حديد ليكون دعامة لصفائح البولي كربونات وليضمن الشكل المرغوب للمجفف.

الشكل III-2 : الهيكل المعدني

III-3-2-صفائح الصوندويتش:

تلعب دورًا مهمًا في المجففات الشمسية. تستخدم المجففات الشمسية الطاقة الحرارية من أشعة الشمس لتجفيف المواد مثل الفواكه والخضروات والأعشاب والأغذية الأخرى. تعمل صفائح الصوندويتش كطبقة عازلة وموصلة للحرارة في هذه المجففات.

تتكون صفائح الصوندويتش من طبقتين خارجيتين معدنيتين، وفي الوسط توجد طبقة عازلة مثل البولسترين أو البولي يوريثان. هذه الطبقة العازلة تقوم بتقليل فقد الحرارة وتحسين كفاءة نقل الحرارة داخل المجفف الشمسي.

كما ان صفائح الصوندويتش تساعد في تحقيق العزل الحراري، حيث تقلل من تأثير درجات الحرارة الخارجية على درجة حرارة داخل المجفف والعكس كذلك. بالإضافة إلى ذلك، تعمل هذه الصفائح على امتصاص أكبر قدر من اشعة الشمس داخل البيت بواسطة الصفيحة المعدنية الداخلية مما يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة داخل البيت ويحسن عملية التجفيف ويقوم تسريعها.

الشكل III -3: صفائح صوندويتش

III-3-3-الواح البولي كربونات:

ألواح البولي كربونات تلعب أيضًا دورًا هامًا في المجففات الشمسية. البولي كربونات هي نوع من البلاستيك عالي الجودة وشفاف الطبقة. يتم استخدامها في المجففات الشمسية بسبب عدة مزايا لديها:

1. انتقالية الضوء: البولي كربونات تتميز بمرونة عالية وقدرة على النقل الجيد للضوء. يتم تركيب هذه الألواح في الجزء العلوي من المجفف الشمسي للسماح بمرور أشعة الشمس وتوجيهها نحو المواد المراد تجفيفها ونحو العناصر الماصة داخل البيت (Absorbeurs). تسمح هذه الخاصية بتحقيق أقصى استفادة من طاقة الشمس وتسريع عملية التجفيف.

2. العزل الحراري: يتمتع النوع المستعمل من البولي كربونات بقدرة جيدة على العزل الحراري. تساعد هذه الخاصية في الحفاظ على درجة حرارة داخل المجفف الشمسي ومنع ارتفاعها بشكل كبير نتيجة لظروف الجو الخارجية. بالتالي، يتم توفير ظروف حرارية مستقرة ومناسبة لعملية التجفيف، مما يسهم في الحفاظ على جودة المنتجات المجففة.

3. الحماية والمتانة: البولي كربونات مقاومة للتأثير والكسر، مما يجعلها مثالية للاستخدام في بيئات

خارجية متغيرة مثل المجففات الشمسية. تستطيع تحمل التغيرات الجوية والتأثيرات البيئية بشكل جيد، وتوفر حماية للمواد المجففة من العوامل الخارجية المضرة مثل الأمطار والرياح والأتربة.
بشكل عام، يمكن القول إن البولي كربونات تساهم في توجيه وتوزيع الضوء الشمسي، وتوفير العزل الحراري.

الشكل III -4: الواح البولي كربونات

III-3-4-المواد العازلة السيليكون:

السيليكون هو مادة عازلة تستعمل لسد الثغرات الصغيرة في المجفف للحفاظ على درجة الحرارة داخله.

الشكل III -5: غراء السيليكون

III-3-5- الزوايا الحديدية:

الزوايا الحديدية (Iron Angles) هي قطع معدنية تشتهر بشكلها الزاوي المستقيم (90 درجة) وتستخدم في العديد من التطبيقات الصناعية والإنشائية واستعملت في انجاز المجفف الشمسي المدروس لحماية حواف صفائح البولي كربونات من التلف وكذلك لمنع دخول الاتربة والغبار داخل صفائح البولي كربونات مما يؤدي الى نقصان مرور اشعة الشمس داخل المجفف.

الشكل III -6 الزوايا الحديدية

III-3-6-الدهان الاسود:

الدهان الأسود يلعب دورًا مهمًا في استقطاب الأشعة الشمسية واستيعابها. عندما يكون سطح مغطى بالدهان الأسود، يمتص السطح اللون الأسود الأشعة الشمسية بشكل أكبر مقارنة بالألوان الأخرى. وهي عبارة عن دهن غير لامع لكي لا يعكس اشعة الشمس.

III-3-7-الابواب:

أبواب المجفف الشمسي هي الأبواب التي تستخدم في أنظمة التجفيف بالطاقة الشمسية. يتم استخدام هذه الأبواب في المجففات الشمسية للسماح بدخول المنتوجات واخراجها.

وقد صممت ابواب المجفف المدروس من صفائح الصوندويتش وتم دهن الصفيحة الداخلية باللون الاسود لزيادة امتصاص اشعة الشمس المتساقطة عليها مما سيؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة داخل المجفف. كما ان هذه الابواب ستعمل على عدم السماح بخروج الحرارة الداخلية وذلك لاحتواء صفائح الصوندويتش على مواد عازلة وقد احيطت هذه الابواب بمادة بلاستيكية لمنع تسرب الحرارة.

الشكل III -7: أبواب المجفف الشمسي

III-3-8-الارضية:

هي مصممة من صفائح الصوندويتش بحيث تكون الصفيحة الداخلية المعدنية ملونة بالأسود لزيادة امتصاص اشعة الشمس المتساقطة عليها

.

الشكل III -8: أرضية المجفف الشمسي

III-3-9-المروحة:

وهي مروحة كهربائية تعمل بالتيار المتناوب (220فولط) وبشدة تيار (0.14 امبير) وتستعمل على شفط الهواء المشبع بالرطوبة خارج المجفف.

الشكل III -9: المروحة

III-4-طريقة التركيب:

يمكن شرحها في الخطوات التالية:

1- تصميم الشكل العام للمجفف بواسطة Solid Works.

2- انجاز الهيكل

3- تركيب الأرضية

4- تركيب صفائح البولي كربونات

5- تركيب الزوايا الحديدية

6- سد الثغرات الهوائية بواسطة مادة السيليكون

7- تصميم وانجار الابواب وتركيبها

8- تصميم مدخل ومخرج للهواء

9-صناعة الادراج الحاملة للمنتج المراد تجفيف

III-5-خاتمة:

تم في هذا الفصل شرح كيفية تصميم وانجاز المجفف المدروس وخطوات التركيب.

الفصل الرابع: مناقشة ونتائج

IV-1-مقدمة:

في هذا الفصل، سنقدم تفاصيل اختبار المجفف الجديد ومدى فاعليته وذلك باستعمال النعناع. بدءًا من تحضير النعناع واستخدام المعدات المناسبة، وصولاً إلى مراقبة وتسجيل البيانات المتعلقة بالتجفيف. سنناقش أيضًا النتائج المتحصل عليها، بما في ذلك الوزن النهائي للنعناع والتغير في الرطوبة النسبية، ونقدم تحليلًا لكفاءة عملية التجفيف وجودة المنتج النهائي.

IV-2-تعريف النعناع:

النعناع هو نبات عشبي معمر ينتمي إلى الفصيلة الشفوية (Lamiaceae) ويعرف علمياً بالاسم العلمي Menthe. ينمو النعناع في مناطق مختلفة حول العالم ويتميز برائحته العطرية القوية ونكهته النعناعية المنعشة.

توجد العديد من الأنواع المختلفة من النعناع، ومن بينها النعناع الأخضر (Mentha spicata) والنعناع البري (Mentha arvensis) والنعناع الفلفلي (Mentha x piperita)، وهو الذي يشتهر بشكل خاص بنكهته القوية والحارة.

يعتبر النعناع محبوباً وشهيراً في المطبخ المتوسطي والعالمي. يتم استخدامه في العديد من الأغراض الغذائية والعلاجية. ففي المجال الغذائي، يستخدم النعناع في تحضير العديد من الأطباق والمشروبات، مثل الشاي بالنعناع والمأكولات الطازجة والحلوى والأطعمة المملحة.

ومن الناحية العلاجية، يحتوي النعناع على مركبات نشطة مثل العنصر النعناعي (menthol) والميثيل ساليسيلات (methyl salicylate) والليمونين (limonene) والكافيكول (caryophyllene)، التي تعطيه خصائص علاجية مهمة. يعتبر النعناع مضاداً للتقيؤ والغثيان ويساعد في علاج الاضطرابات الهضمية مثل الانتفاخ والغازات الزائدة. كما يستخدم أيضاً كمضاد للالتهابات ومهدئ للصداع والتهاب الحلق والاحتقان الأنفي.

يمكن استخدام النعناع في عدة أشكال، بما في ذلك الاستخدام الطازج كنبات زينة أو إضافته إلى الأطعمة والمشروبات، وكذلك في صورة زيوت عطرية ومستخلصات للاستخدام العلاجي. يجب ملاحظة أنه قد يكون للنعناع بعض التأثيرات الجانبية المحتملة، لذا ينبغي استشارة الطبيب قبل استخدامه بشكل مكثف أو في حالة وجود حساسية معروفة للنعناع

الشكل IV -1- نبتة النعناع

IV-3-التركيب الكيميائي للنعناع:

الجدول يوفر معلومات حول المتوسط الكمي لكل 100 جرام من النعناع:

العنصر	الكمية
الماء	82.8 غ
البروتين	3.54 غ
الدهون	0.84 غ
الاحماض الدهنية	0.22 غ
الكربوهيدرات	5.3 غ
السكر	5.3 غ
الالياف	7.4 غ

الجدول IV -1: التركيبة الكيميائية للنعناع

IV-4-الأجهزة المستعملة في القياس:

هذه هي الأجهزة التي تسمح بقياس كميات العوامل الخارجية والداخلية المختلفة في المجفف الشمسي (درجة الحرارة، الإشعاع، الرياح، الكتلة).

IV-4-1-قارئ درجة الحرارة:

ال Lutron BTM4208SD هو ميزان حرارة رقمي بـ 12 قناة يحتوي على وظيفة تسجيل البيانات (datalogger). إليك بعض الميزات والوظائف الرئيسية لهذا الميزان الحرارة:

-يحتوي على 12 قناة تتيح قياس درجة الحرارة بنفس الوقت في نقاط مختلفة -يحتوي على وظيفة تسجيل البيانات (datalogger) التي تسمح لك بتخزين قراءات درجة الحرارة على بطاقة ذاكرة SD.

البيانات المسجلة محفوظة بتنسيق *.xls ، مما يعني أنه يمكن تحليلها ومعالجتها بسهولة في جدول بيانات مثل Microsoft Excel.

لا يلزم برنامج إضافي لتقييم البيانات المسجلة، ولكن يمكنك استخدام البرنامج الاختياري المرفق لعرض القيم في الوقت الحقيقي على جهاز الكمبيوتر الخاص بك.

يمكن تكوين تردد التسجيل بين 1 و 3600 ثانية، مما يتيح لك ضبط الدقة ومدة التسجيل وفقًا لاحتياجاتك.

شاشة الميزان الحرارة بحجم 4.5 بوصة مضاءة خلفيًا ، مما يسهل قراءة قيم القياس حتى في ظروف الإضاءة المنخفضة.

يدعم ما يصل إلى 6 أنواع مختلفة من مقاييس الحرارة: K و J و T و E و R و S ، مما يتيح لك قياس درجة الحرارة في مجموعة واسعة من التطبيقات.

يحتوي على وظائف إضافية مثل الحد الأدنى (القيمة الدنيا) والحد الأقصى (القيمة العظمى) والاحتجاز (الاحتفاظ بالقيمة الحالية) لمساعدتك في تحليل البيانات بشكل أسهل.

اختياريًا، يمكنك الحصول على شهادة المعايرة ISO، مما يضمن دقة القياسات التي يقوم بها الميزان الحرارة.

الشكل IV -2- جهاز Lutron BTM4208SD

IV-4-2-جهاز قياس سرعة الرياح :

الجهاز متعدد المهام كما له مستشعرات تتعامل مع تدفق الهواء وتقيس سرعته. يمكن أن يكون للأنيمومترات تصميمات وآليات مختلفة، ولكن الهدف الأساسي هو قياس سرعة الهواء بدقة.

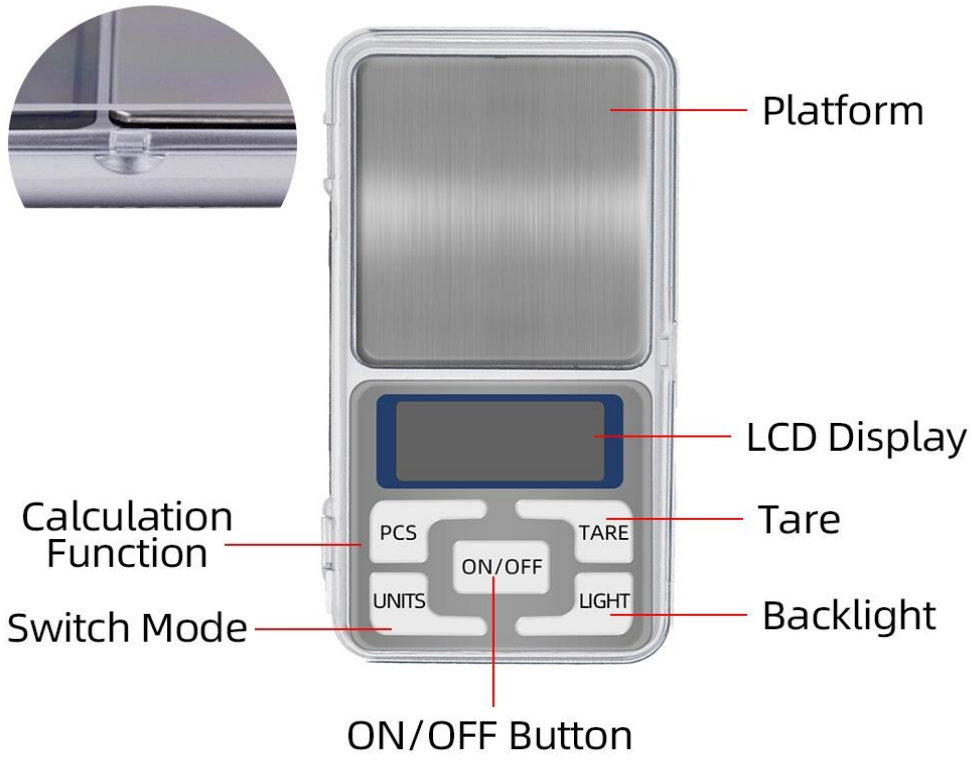
الشكل IV -3- جهاز انونيمتر

IV-4-3-الميزان الرقمي:

الميزان الرقمي هو جهاز يستخدم لقياس الكتلة بدقة وبصورة رقمية. يتكون الميزان الرقمي من منصة أو صينية توضع عليها المادة التي ترغب في قياس كتلتها، وشاشة رقمية تعرض القيمة الرقمية للكتلة بوحدة قياس محددة، مثل الغرام أو الكيلوغرام.

يعمل الميزان الرقمي عن طريق تحويل الكتلة إلى إشارة رقمية باستخدام مستشعرات دقيقة ودوائر إلكترونية. يتم قراءة القيمة الرقمية على الشاشة بدقة عالية، ويتم ضبط الميزان الرقمي بحيث يتم تصفير العرض قبل وضع المادة عليه للقياس.

يستخدم الميزان الرقمي في مجموعة واسعة من التطبيقات، مثل المختبرات والمطابخ والصيدليات ومتاجر التجزئة. يوفر الميزان الرقمي دقة عالية في القياسات، ويسهل الاستخدام والقراءة، مما يجعله أداة مفيدة في قياس الكتلة بدقة وسهولة.



الشكل IV -4- ميزان رقمي

IV-4-4-البيرانومتر:

Fluke IRR1-SOL هو جهاز قياس الطاقة الشمسية (مقياس الإشعاع الشمسي) من Fluke. يستخدم هذا الجهاز لقياس مستوى الإشعاع الشمسي وقوة الإشعاع على الأسطح المعرضة للشمس. إليك بعض الميزات والوظائف الرئيسية لـ Fluke IRR1-SOL:

- يوفر قياسًا دقيقًا لكمية الإشعاع الشمسي المستقبلة عند تعريض الأسطح لأشعة الشمس. - يتميز بشاشة كبيرة ومضيئة تعرض القيم المقاسة بشكل واضح ومفهوم.

- يتميز بتصميم صغير الحجم وخفيف الوزن مما يجعله محمولًا وسهل الاستخدام في الحقول.

- يمكن قراءة مستوى الإشعاع الشمسي بوحدة واحدة من وحدات القياس الشائعة مثل واط لكل متر مربع (W/m^2) أو برتقالي لكل سنتيمتر مربع ($\mu mol/m^2/s$).

- يتضمن وظائف مثل الحد الأدنى والحد الأقصى والمتوسط لتسجيل القيم المقاسة.

- يدعم وضع التسجيل (datalogging) لتسجيل القيم على مر الزمن والاحتفاظ بها للتحليل والتقييم لاحقًا.

- يتميز بمدخل USB لنقل البيانات إلى الكمبيوتر للتحليل والتوثيق.

- يحتوي على بطارية قابلة للشحن لاستخدام طويل الأمد دون الحاجة إلى تغيير البطارية بشكل متكرر.

الشكل IV -5- البيرانومتر

IV-5-4-المزدوجة الحرارية:

الثيرموكوبل (Thermocouple) هو جهاز قياس درجة الحرارة يستخدم في مجموعة متنوعة من التطبيقات. يتكون الثيرموكوبل من اتصال معدني بين اثنين من أسلاك المعادن المختلفة، وتكون النقطة الانتقالية (Junction) هي المكان الذي يتم فيه قياس درجة الحرارة.

يعتمد مبدأ عمل الثيرموكوبل على تأثير "التأثير الثيرموكوبل"، والذي يتلاشى فيه اختلاف درجات الحرارة في الثنائي المعدني إشارة كهربائية قابلة للقياس. هذه الإشارة الكهربائية تتغير بنسبة مباشرة مع تغير درجة الحرارة، مما يتيح قياس ومراقبة درجات الحرارة في العمليات المختلفة. يتم استخدام الثيرموكوبل في مجموعة واسعة من الصناعات مثل الأنظمة الصناعية، والعلوم المختبرية، والتحكم في درجة الحرارة في المجمدات والأفران، وقياس درجة حرارة السوائل والغازات، والأبحاث العلمية، وتطبيقات أخرى.

هناك أنواع مختلفة من الثيرموكوبل، وكل نوع له خصائصه وتطبيقاته المحددة. بعض الأمثلة على أنواع الثيرموكوبل المشهورة هي الثيرموكوبل من النوع K، J، T، وغيرها. يتم اختيار نوع الثيرموكوبل المناسب حسب نطاق درجات الحرارة والتطبيق المحدد.

يتطلب استخدام الثيرموكوبل قراءة وتفسير الإشارة الكهربائية باستخدام مقياس أو جهاز تحويل (Transmitter) خاص بالثيرموكوبل، والذي يقوم بتحويل الإشارة الكهربائية إلى قراءة درجة الحرارة بوحدة مناسبة مثل درجة مئوية أو فهرنهايت.

وباختصار، يعد الثيرموكوبل أحد الأجهزة الشائعة والموثوقة لقياس درجة الحرارة في مجموعة واسعة من التطبيقات الصناعية والعلمية.

الشكل IV -6-جهاز التيرموكوبل

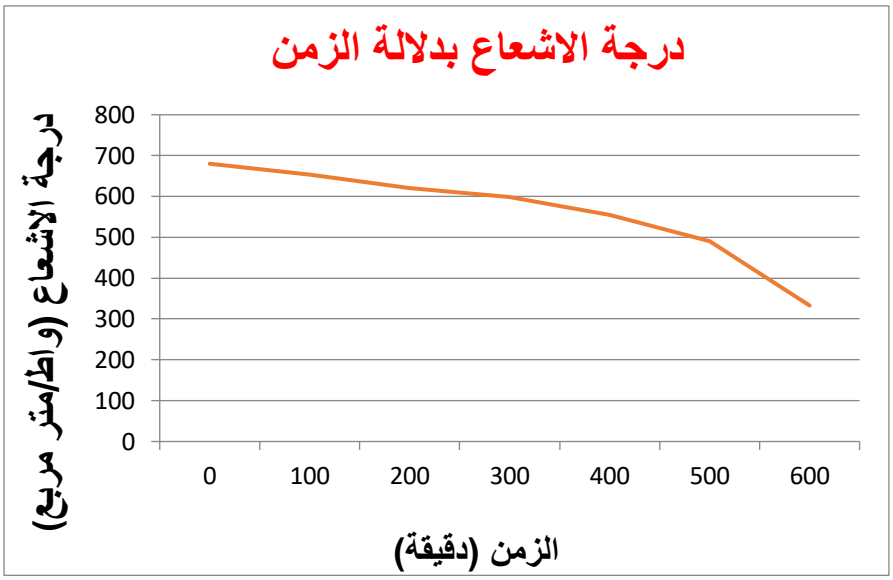
IV-5-تحضير النعناع:

تم جمع النعناع من المزارع المحلية، وتم اختيار النباتات ذات السيقان الطويلة والأوراق الرفيعة ذات الحجم الكبير. تمت عملية غسلها يدويًا باستخدام ماء نقي لإزالة الشوائب والمبيدات الحشرية وأي ملوثات أخرى. بعد ذلك، تم وضع النعناع على رفوف، حيث تم وضع عينة في كل رف لإجراء القياسات عليها.

تم وضع رف واحد داخل المجفف الشمسي، بينما تم وضع الرف الآخر في الهواء الطلق تحت أشعة الشمس المباشرة.

الشكل IV -7 تحضير النعناع

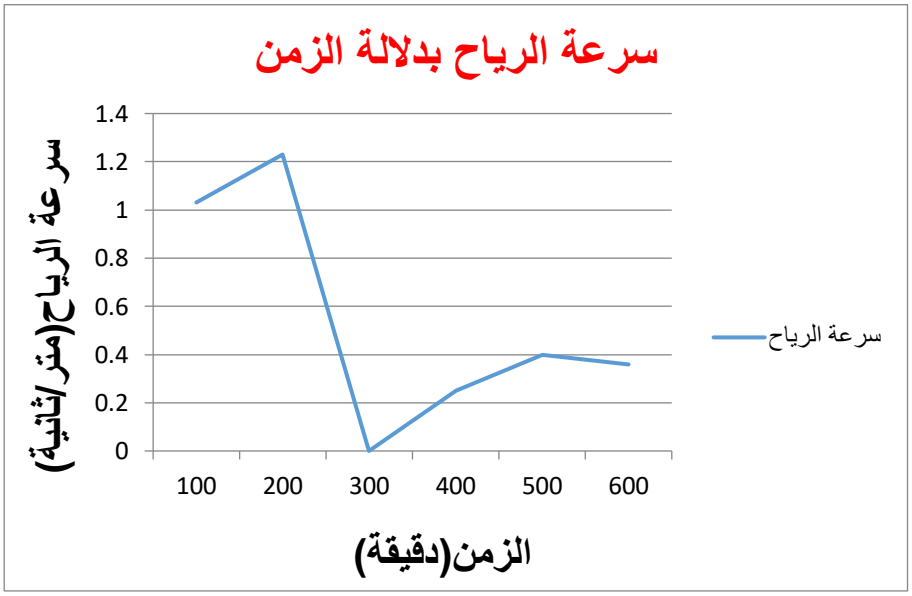
IV -6-مخطط بياني للإشعاع الشمسي :



الشكل IV -8 تغير الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن

يمثل المنحنى البياني درجة الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن أثناء القيام بعملية تجفيف النعناع ، حيث نلاحظ في بداية عملية التجفيف أن الاشعاع الشمسي أعظمي حيث تكون قيمته قريبة من 700 (واط/متر مربع) ثم يتناقص تدريجيا مع مرور الزمن ليصل في نهاية عملية التجفيف الى 320 (واط/متر مربع)

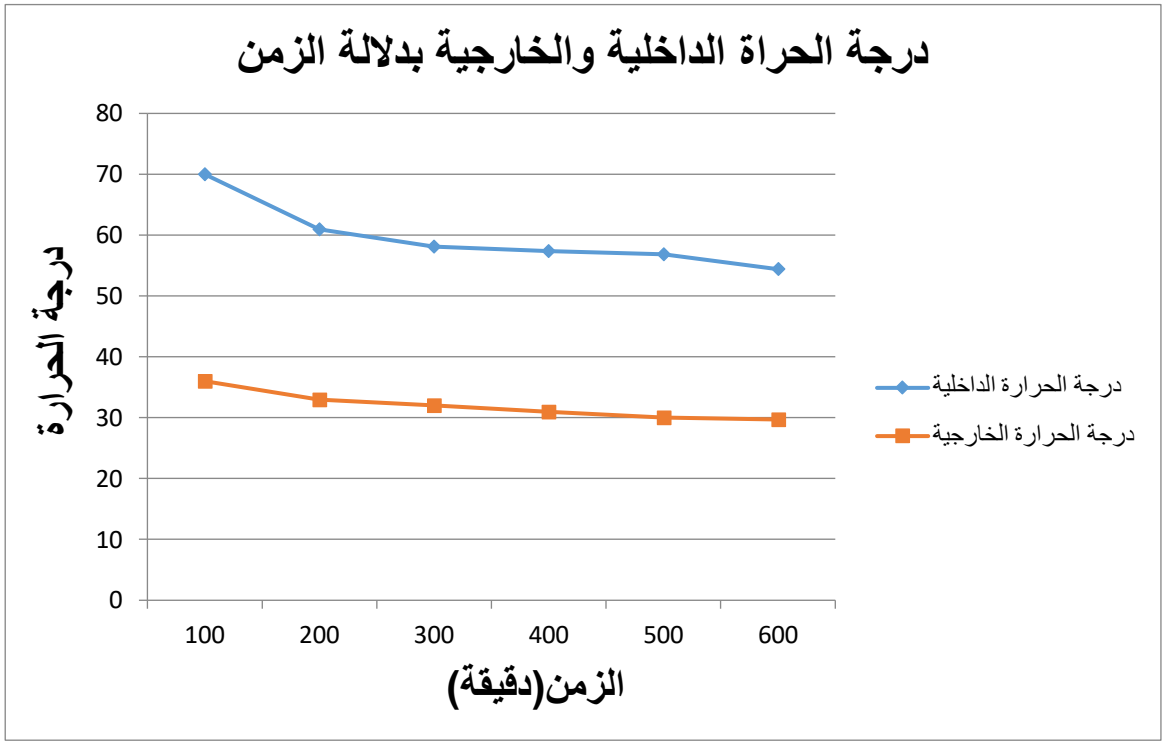
IV -7-مخطط بياني لسرعة الرياح :



الشكل IV -9 تغير سرعة الرياح بدلالة الزمن

يمثل المنحنى البياني تغير سرعة الرياح بدلالة الزمن أثناء القيام بعملية تجفيف النعناع ، حيث نلاحظ زيادة سرعة الرياح في بداية عملية التجفيف حتى وصلت الى قيمتها الاعظمية تقريبا 1.2 (متر/ثانية) بعد مرور 170 دقيقة وبعد مرور ساعة ونصف تقريبا نلاحظ انعدام سرعة الرياح ثم تبدأ ترتفع تدريجيا الى ان تصل الى 0.4 (متر/ثانية) ثم تقريبا تثبت عندها.

IV -8-مخطط بياني لدرجة الحرارة الداخلية والخارجية بدلالة الزمن :

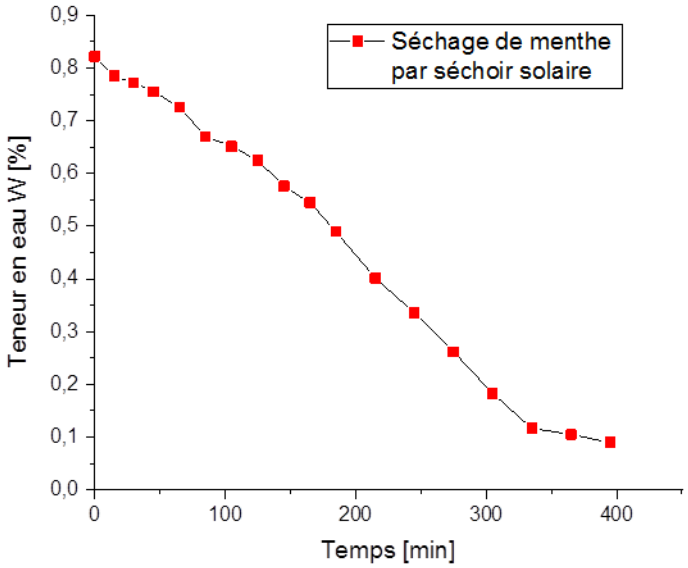


الشكل IV -10 تغير درجة الحرارة الداخلية والخارجية بدلالة الزمن

يمثل المنحنى البياني تغير درجة الحرارة داخل وخارج المجفف بدلالة الزمن حيث في بداية التجربة كانت درجة الحرارة داخل المجفف مرتفعة جدا مقارنة بالوسط الخارجي حيث كانت حوالي 70 درجة مئوية بينما في الوسط الخارجي كانت 36 درجة مئوية ومع مرور الوقت بدأت في التناقص حتى وصلت الى 55 داخل المجفف و الى 30 خارج المجفف في نهاية عملية التجفيف .

IV-9-مخططات بيانية لمحتوى الماء في النعناع بدلالة الزمن:

IV-9-1 محتوى الماء بدلالة الزمن لعينة النعناع داخل المجفف:



الشكل IV -11 تغير المنحى الرطوبي بدلالة الزمن لعينة النعناع داخل المجفف

يمثل المنحنى البياني (1) نسبة محتوى الماء في النعناع بدلالة الزمن للعينة التي داخل المجفف.

هناك انخفاض تدريجي في محتوى الماء في النعناع مع تزايد الزمن. يبدأ المحتوى المائي في النقطة الأولى بقيمة 0.8221 وينخفض إلى 0.09 في النقطة الأخيرة. هذا يشير إلى أن العملية تسببت في فقدان الماء بشكل مستمر.

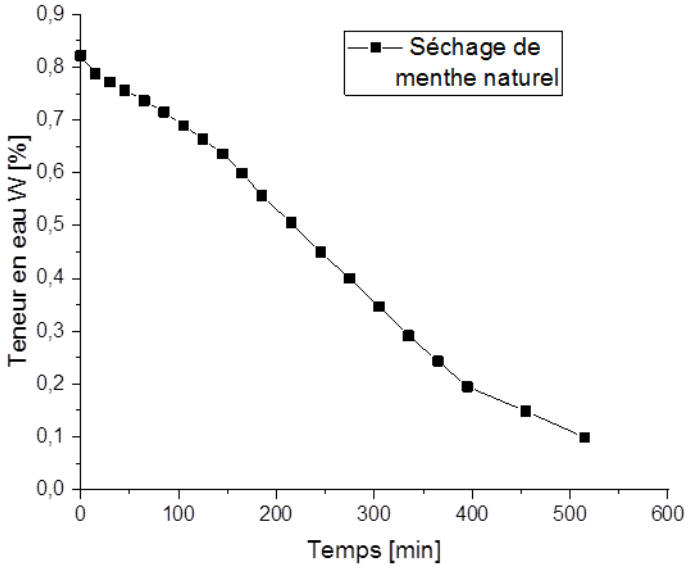
في بداية العملية (النقاط 0-45 دقيقة)، يكون معدل فقدان الماء متدنيًا حيث ينخفض المحتوى المائي بنسبة صغيرة.

تلاحظ زيادة في معدل فقدان الماء بين النقطة 45 والنقطة 85، حيث ينخفض المحتوى المائي بشكل ملحوظ خلال هذه الفترة.

يستمر الانخفاض المتسارع في المحتوى المائي مع تقدم الزمن بين النقطة 85 والنقطة 305. في هذه الفترة، يتم فقدان كمية كبيرة من الماء في فترة زمنية قصيرة.

في الفترة النهائية من النقطة 305 إلى النقطة 455، يلاحظ انخفاضًا أبطأ في معدل فقدان الماء. يشير ذلك إلى أن النعناع يقترب من الوضع الجاف النهائي.

IV-9-2 محتوى الماء بدلالة الزمن لعينة النعناع خارج المجفف:



الشكل IV -12 تغير المنحى الرطوبي بدلالة الزمن لعينة النعناع المجففة طبيعيا

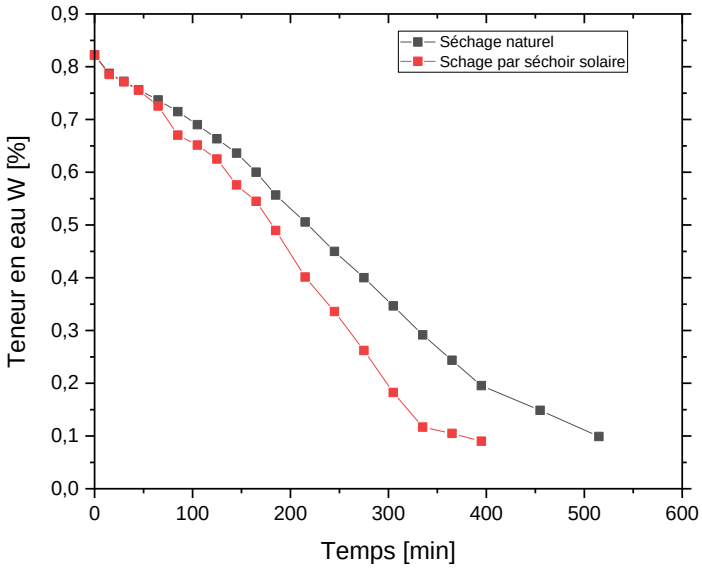
يمثل المنحنى البياني(2) نسبة محتوى الماء في النعناع بدلالة الزمن للعينة الخارجية في الزمن 0 دقيقة، يكون محتوى الماء في النعناع هو 0.8221. هذا يُعتبر مرجعًا للمحتوى المائي الأصلي للنعناع.

مع مرور الوقت، يمكن ملاحظة انخفاض تدريجي في المحتوى المائي. في البداية، يكون الانخفاض طفيفًا حيث يتراوح بين 0.015 و 0.01 خلال فترات زمنية قصيرة، مثل 15 و 30 و 45 دقيقة.

مع استمرار مرور الوقت، يزداد معدل الانخفاض في المحتوى المائي. على سبيل المثال، بين الزمنين 45 و105 دقيقة، يحدث انخفاض كبير في المحتوى المائي حيث يصبح 0.6899627.

بعد الزمن 105 دقائق، يبدأ معدل الانخفاض في المحتوى المائي بالتباطؤ التدريجي. يزداد التباطؤ عندما يقترب المحتوى المائي من القيمة المنخفضة للغاية، وهي 0.0989854 في الزمن 515 دقيقة.

IV-9-3 المحتوى المائي لعينتي النعناع بدلالة داخل وخارج المجفف:



الشكل IV -13 تغير المنحى الرطوبي بدلالة الزمن لعينة النعناع المجففة بمختلف التقنيات

منحنى بياني يمثل المحتوى المائي داخل النعناع بدلالة الزمن للعينة الخارجية والعينة الداخلية يتمثل المنحنى البياني لمحتوى الماء في عينتين من النعناع، العينة الأولى تجفف داخل المجفف الشمسي المنجز والعينة الثانية تجفف في الهواء الطلق.

نلاحظ في بداية عملية التجفيف (من 0 دقيقة إلى 80 دقيقة) أن نسبة انخفاض الماء في العينتين تكون تقريباً متساوية مع مرور الوقت.

ومع مرور الوقت، يمكن ملاحظة أن سرعة التجفيف في العينة التي تجفف داخل المجفف تكون أسرع من العينة في الهواء الطلق.

في النهاية، نلاحظ أن كلا العينتين وصلتا إلى القيمة المطلوبة 0.1 وثبتتا عند هذه القيمة. يجب ملاحظة أن العينة الأولى وصلت إلى المحتوى الرطوبي الآمن قبل العينة الثانية بثلاث ساعات.

IV-10-خاتمة:

تظهر النتائج المتحصل عليها أن التجفيف داخل المجفف الشمسي (Green House) المصنع محليا يستغرق وقتًا أقل بكثير من التجفيف الطبيعي في تجفيف عينة النعناع. ووفقًا للدراسات السابقة والمنحنيات المدروسة، نستنتج أن المبدأ الأساسي لتحقيق منتج جاف قابل للاستخدام هو معرفة نسبة الماء والعمل على تبخره تحت درجة الحرارة المناسبة.

خاتمة عامة

خاتمة عامة:

منذ قرون عديدة، يستخدم الإنسان التجفيف الطبيعي كوسيلة للحفاظ على المنتجات الغذائية، واللحوم، والأعشاب الطبية. ومع ذلك، فإن هذه الطريقة تعاني من بعض العيوب، بما في ذلك عرضتها للعوامل الطبيعية الملوثة، مما يؤثر على جودة المنتج ويطيل وقت عملية التجفيف. ولذلك، بذل الإنسان الجهود لتطوير مجففات تساعد في تحسين جودة المنتجات المجففة.

في هذا البحث، تمت دراسة نوعٍ من المجففات وهو مجفف الدفيئة. تمت مقارنة بين عملية تجفيف أوراق النعناع الأخضر بشكل طبيعي وتجفيفها في مجفف الدفيئة، وكانت النتائج جد مرضية حيث تم تحديد الوقت اللازم لتجفيف عينة من أوراق النعناع الأخضر في يوم حيث كان متوسط الإشعاع الشمسي 680 واط / متر مربع في مجفف الدفيئة بمدة 6 ساعات، بينما استغرق التجفيف الطبيعي 9 ساعات.

يُعتبر مجفف الدفيئة طريقة فعالة تسرع عملية التجفيف وتحافظ على سلامة المنتج من العوامل الطبيعية التي يمكن أن تؤثر على جودته.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع:

[1] J, Bernard. Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing. (2004).

[2] C, Vauge. Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniquesde l'Ingénieur, B263. (1982).

[3] A, H, Khedim. Energie solaire et son utilisation sous forme thermique et photovoltaïque, Centre de Publication Universitaire. (2003).

[4]BELAID, WAHIBA. Analyse des pertes thermiques de l'utilisation des matériaux sélectifs des convertissues de l'énnergie solaire. 2014. PhD Thesis.

[5] F. Dubois," La terre dans l'univers, la vie et l'évolution du vivant", vol.9, pp : 2, 4,7.

[6] A. Bonnier, Ph.d "Le soleil démystifié», vol.74, pp : 8, 9, 15, 36, 39.

[7] N. Poize," le gisement solaire", Rhônalpénergie-environnement-CNFPT-février 2007, vol.15, pp : 3, 4, 5, 9.

[8] J, Bonal; P, Rossetti. Les énergies alternatives, Omniscience. (2007).

[9] D, K, Edwards. Capteurs solaires, Edition SCM, paris. (1979).

[10] Ministère de l'énergie et des mines. www.mem.algeria.org

[11] A.Ricaud," Gisement solaire et transferts énergétiques", master énergies renouvelables université de Cergy-pontoise, jan 2011, vol.79, pp ; 66, 67, 69, 71.

[12] D.Wilgenbus," L'énergie solaire", La main à la pâte, société française de physique, vol.14, pp : 7, 9.

[13] D. Marchio et p. Reboux," Introduction aux transferts thermique", vol.40, pp : 11, 12,21.

[14] M,Capderou . Atlas solaire de l'Algérie, O.P.U,Alger (1985).

[15] A ,Mefti ; M , Y ,bouroubi ; H, Mimouni Evaluation du potentiel énergétique solair bulletin des Energies renouvelable ,N°2,p 12 ,décembre (2002).

[16] Hanitriniony, HARISOAMAHEFA : Étude de modalités de séchage de fruits et légumes au moyen du séchoir solaire BOARA ; qualité nutritionnelle et microbiologique des produits obtenu. Madagascar : Université d'Antananarivo, 31 Juillet 2013.

[17] مذكرة العاتي مختار – قسم هندسة الطرائق – عنوان المذكرة تحسين المجفف الشمسي للمحاصيل الزراعية 2011-06-08.

[18]Slimane Boughali, Etude et optimisation du séchage solaire des produits agroalimentaires dans les zones arides et desertiqves, diplôme de Doctorat, Hadj Lakhdar Batna, 2010, p 44-46.

[19] د. السيد مصطفى محمد، د. فتحي قدري أحمد، د. مجاهد إبراهيم السيد، النماذج الحسابية للنظم الحرارية الشمسية، مركز النشر العلمي في جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية، 2000.

[20] محمد سليم أشنبة، رنا ماجد جاموس، التجفيف الشمسي للفواكه و الخضروات، مركز ابحاث التنزع الحيوي و البيئة، نابلس، فلسطين (2016).

[21] Hadj Ammar Mohammed Ali, Étude et dimensionnement d'un réfrigérateur solaire à adsorption dans la région saharienne d'Algérie. Mémoire de Dotorat, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2020.

[22] د.سعد أحمد سعد حلابو، د. عادل زكى محمد بديع ، د. محمود على أحمد بخيت، تكنولوجيا الصناعات الغذائية ، أسس حفظ و تصنيع الأغذية .الناشر المكتبة الأكاديمية ، شركة مساهمة مصرية – 2008.

[23] https://adlat.net/showthread.php?t=389514 24/04/2021

[24]Jean-jacques Bimbenet. 2002. Génie des procèdes alimentaires RIA édition Dunod, Paris.

[25] M.A. Leon, S. Kumar, S.C. Bhattacharya, 2002. A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers. Renewable and Sustainable Energy Reviews 6 . .393-367.

[26]Speirs , C.I., & Coote , H.C.(1986). Solar drying: practical methods of food preservation.