الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم الهندسة الميكانيكية

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

التخصص: طاقات متجددة

من إعداد: خزازنه محمد الهادي

هرشة أنيس

فرج عبد الرحمان

دراسة أداء مجفف شمسي هجين في منطقة الوادي

نوقشت يوم 05/06/ 2024

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

بوصبيع سيف الدين	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي –	مؤطرا
منصر نور الدين	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي–	رئيسا
عون ياسين	جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي–	مناقشا

السنة الجامعية: 2024/2023

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمَّد .. وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد

فإني أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد أولاً وآخرًا.

ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يدَ المساعدة، خلال هذه الفترة، وفي مقدمتهم الأستاذ المشرف على الرسالة فضيلة الأستاذ الدكتور **بوصبيع سيف الدين** التي لم يدخر جهدًا في مساعدتي، فقد فتح لي بيته، كما هو عادته مع كل طلبة العلم، وكنت أجلس معه بالساعات الطوال أقرأ عليه ولا يجد في ذلك حرجًا، وكان يحثني على البحث، ويرغِّبني فيه، ويقوّي عزيمتي عليه فله من الله الأجر ومني كل تقدير حفظه الله ومتّعه بالصحة والعافية ونفعه بعلومه.

إهداء

أحمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا البحث

إلى صاحب السيرة العطرة الفكر المستنير، فلقد كان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي والدي الحبيب أطال الله في عمره

إلى من وضعتني على طريق الحياة، وجعلتني رابط الجأش وراعتني حتى صرت كبير أمي الغالية

إلى إخوتي الأعزاء كل واحد باسمه الذين كان لهم بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب

إلى جميع أساتذتي الكرام ممن لم يتوانوا في مد يد العون لي

إلى جميع أصدقائي الأعزاء

خزازنه محمد الهادي

إهداء

إلى كل أعزاءي واهلي واخوتي هؤلاء أهدي ثمرة جهدي هذا

أحمدك ربي حمدا يليق بجلال وجهك وعظيم سلطانك

إلى من وضع المولى سبحانه وتعالى الجنة تحت قدميها ووقرها في كتابه العزيز..

أمي الحبيبة

إلى أصدقائي ومعارفي الذين أحبهم وأحترمهم إلى أساتذي في الكلية.

هرشة أنيس

إهداء

أحمد الله عز وجل على منه وعونه لإتمام هذا البحث

إلى صاحب السيرة العطرة الفكر المستنير، فلقد كان له الفضل الأول في بلوغي التعليم العالي والدي الحبيب أطال الله في عمره

إلى من وضعتني على طريق الحياة، وجعلتني رابط الجأش وراعتني حتى صرت كبير أمي الغالية

إلى إخوتي الأعزاء كل واحد باسمه الذين كان لهم بالغ الأثر في كثير من العقبات والصعاب

إلى جميع أساتذتي الكرام ممن لم يتوانوا في مد يد العون لي

إلى جميع أصدقائي الأعزاء

فرج عبد الرحمان

الملخص

تركز هذه الدراسة على أداء المجفف الشمسي الهجين لتجفيف الشمندر في منطقة الوادي، حيث قمنا في هذه الدراسة بدمج مصدر طاقة إضافي مع النظام الشمسي وهذا لضمان فعالية التجفيف عند غياب الاشعاع الشمسي أي عند غروب الشمس.

يتكون النظام المستخدم من مجمعات حرارية لتجميع الطاقة الشمسية وتجفيف الشمندر، مع خيار استخدام طاقة إضافية عند انخفاض الإشعاع الشمسي وهذا في حالة الجو الغائم.

لقد أظهرت النتائج المتحصل عليها من خلال التجارب التي قمنا بها أن النظام المستخدم الهجين أسرع وأكثر فعالية من المجففات التقليدية، ويحافظ على جودة المنتوج المجفف، بحيث يساهم هذا النظام في تقليل استهلاك الطاقة الأحفورية، ويخفض التكاليف التشغيلية والانبعاثات الكربونية، ويعزز الاستدامة البيئية. وتوصي هذه الدراسة بمواصلة تطوير تقنيات التجفيف الهجينة وتحسين التصميمات، ودعم السياسات الحكومية للطاقة المتجددة في الزراعة لتحقيق فوائد اقتصادية وبيئية أكبر.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية، التجفيف، المجفف الشمسي، تجفيف هجين.

Abstract:

This study focuses on the performance of a hybrid solar dryer for drying beets in the El Oued region. In this study, we integrated an additional power source with the solar system to ensure drying efficiency in the absence of solar radiation, such as after sunset.

The system used consists of thermal collectors to gather solar energy and dry the beets, with the option of using an additional power source when solar radiation is low, such as during cloudy weather.

The results obtained from our experiments showed that the hybrid system is faster and more effective than traditional dryers and maintains the quality of the dried product. This system helps reduce fossil fuel consumption, lowers operational costs and carbon emissions, and enhances environmental sustainability. The study recommends continuing the development of hybrid drying technologies, improving designs, and

supporting government policies for renewable energy in agriculture to achieve greater economic and environmental benefits.

Keywords: solar energy, drying, solar dryer, hybrid drying

Résumé :

Cette étude se concentre sur la performance d'un séchoir solaire hybride pour le séchage des betteraves dans la région d'El Oued. Dans cette étude, nous avons intégré une source d'énergie supplémentaire au système solaire pour garantir l'efficacité du séchage en l'absence de rayonnement solaire, comme après le coucher du soleil.

Le système utilisé se compose de collecteurs thermiques pour capter l'énergie solaire et sécher les betteraves, avec la possibilité d'utiliser une source d'énergie supplémentaire lorsque le rayonnement solaire est faible, comme par temps nuageux.

Les résultats obtenus de nos expériences ont montré que le système hybride est plus rapide et plus efficace que les séchoirs traditionnels et maintient la qualité du produit séché. Ce système aide à réduire la consommation de combustibles fossiles, à diminuer les coûts opérationnels et les émissions de carbone, et à renforcer la durabilité environnementale. L'étude recommande de continuer à développer les technologies de séchage hybride, à améliorer les conceptions et à soutenir les politiques gouvernementales pour les énergies renouvelables dans l'agriculture afin d'obtenir de plus grands avantages économiques et environnementaux.

Mots-clés : énergie solaire, séchage, séchoir solaire, séchage hybride.

فهرس المحتويات

المحتـــــــوى	الصفحة
الإهـــــداء	–
شكـــر وتقديـر	–
الملخص باللغة العربيـة	I
فهرس المحتويات	II
قائمة الأشكال	V
قائمة الجداول	VII
قائمة الملاحـق	VII
مقدمـــة عامة	أ
الفصل الأول: عموميات حول الطاقات المتجددة	
مقدمة	–
1.1 مفهوم الطاقات المتجددة	1
2.1 تعريف الطاقات المتجددة	1
3.1 مصادر الطاقات المتجددة	1
1.3.1 الطاقة الشمسية	2
2.3.1 طاقة الرياح	13
3.3.1 الطاقة المائية	15
4.3.1 الطاقة الحيوية	16
5.3.1 الطاقة الحرارية الجوفية	17
6.3.1 طاقة الهيدروجين	18
4.1 خصائص الطاقات المتجددة	19
1.4.1 خصائص الطاقة الشمسية	19
2.4.1 خصائص طاقة الرياح	20
3.4.1 خصائص الطاقة المائية	20
4.4.1 خصائص الطاقة الحيوية	20

5.1 مميزات الطاقات المتجددة	20
1.6.1 عيوب الطاقة الشمسية	21
2.6.1 عيوب طاقة الرياح	21
3.6.1 عيوب الطاقة المائية	21
4.6.1 عيوب الطاقة الحيوية	21
5.6.1 عيوب الطاقة الحرارية الجوفية	22
6.6.1 عيوب طاقة الهيدروجين	22
7.1 أهمية الطاقات المتجددة في حماية البيئة	22
8.1 الخاتمة	23
الفصل الثاني: عموميات حول التجفيف	
مقدمة	–
1.2 تاريخ استخدام التجفيف	25
2.2 تعريف التجفيف	25
3.2 أنواع التجفيف	26
1.3.2 التجفيف الشمسي الطبيعي	26
2.3.2 التجفيف الصناعي	27
4.2 مبدأ التجفيف	30
5.2 الهدف من التجفيف	30
6.2 مزايا وعيوب الحفظ بالتجفيف	31
1.6.2 مزايا الحفظ بالتجفيف	31
2.6.2 عيوب الحفظ بالتجفيف	31
7.2 أنواع المجففات الشمسية	32
1.7.2 المجففات الشمسية حسب طريقة تدفق الهواء	32
2.7.2 المجففات الشمسية حسب طريقة تسخين الهواء	35
3.7.2 المجففات الشمسية الهجينة	38
4.7.2 المجففات الشمسية المختلطة	39
8.2 مجالات استعمال التجفيف الشمسي	39
9.2 مميزات حفظ الأغذية بالتجفيف	40

10.2 فوائد حفظ الاغذية	40
11.2 مراحل عملية التجفيف	40
12.2 الظواهر الفزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف	42
13.2 مردودية التجفيف	43
14.2 التغيرات الغذائية التي تحدث بعد عملية التجفيف	43
15.2 كيفية إزالة الماء من المنتجات الغذائية	45
16.2 العوامل التي تؤثر على سرعة التجفيف	46
7.2 الشروط اللازمة للحصول على اعلى قيمة غذائية للمنتج المجفف	46
18.2 تنقية المجفف	47
19.2 الخاتمة	47
الفصل الثالث: دراسة المجفف المحسن	
مقدمة	–
1.3 وصف منطقة التجربة	48
2.3 وصف المجفف الشمسي المستعمل	48
3.3 أجهزة القياس المستعملة	49
1.3.3 قياس درجة الحرارة	49
2.3.3 الميزان الرقمي	51
3.3.3 المزدوجة الحرارية	51
4.3 طريقة العمل التجريبي	52
5.3 طريقة تحضير عينات التجفيف	56
6.3 سبب اختيار المجال الحراري	58
7.3 الخاتمة	58
الفصل الرابع: نتائج ومناقشة	
مقدمة	–
1.4 منحنيات القياسات التجريبية	59
1.1.4 منحنى تغير الاشعاع الشمسي	59
2.1.4 مخطط بياني لدرجة الحرارة عند مدخل 1 للمجفف	60

3.1.4 مخطط بياني لدرجة الحرارة عند مدخل 2 للمجفف	**61**
4.1.4 مخطط بياني لدرجة الحرارة للوسط الداخل للمجفف	**62**
5.1.4 مخطط بياني لدرجة الحرارة الجو والاشعاع الشمسي	**62**
6.1.4 المحتوى المائي لعينتي الشمندر بدلالة الزمن داخل وخارج المجفف	**63**
2.4 نمذجة منحنيات التجفيف	**64**
الخاتمة.	65
قائمة المراجع.	-

قائمة الأشكال

الرقم	عنوان الشكـــــل	الصفحة
1-1	**الطاقة الشمسية.**	02
2-1	**تغيرات الاشعاع داخل الغلاف الجوي.**	05
3-1	**الانقلاب في شمال وجنوب الكرة الأرضية.**	06
4-1	**الاعتدال في جنوب وشمال الكرة الأرضية.**	07
5-1	**اختيار زاوية ميل اللاقط حسب الفصل.**	08
6-1	**كيفية توجيه اللاقط الشمسي**	09
7-1	**المسافة الدنيا بين اللواقط لتفادي التضليل.**	09
8-1	**أنظمة الخلايا الكهروضوئية.**	10
9-1	**استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية**	11
10-1	**استعمال الطاقة الشمسية للطبخ.**	11
11-1	**الية تحلية المياه بالطاقة الشمسية**	12

1-12	نظام تدفئة الشمسية في المنازل.	12
1-13	استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه.	13
1-14	طاقة الرياح.	13
1-15	الطاقة المائية.	15
1-16	الطاقة الحيوية.	16
1-17	طاقة الحرارة الجوفية.	18
1-18	طاقة الهيدروجين .	19
2-1	رسم توضيحي للتجفيف الشمسي	25
2-2	التجفيف الشمسي	26
2-3	فرن للتجفيف الصناعي	27
2-4	مخطط يوضح أنواع المجففات الشمسية	32
2-5	مجفف صندوقي	33
2-6	مجففات الدفيئة	34
2-7	مجفف صندوقي مزود بمروحة	35
2-8	المجفف الشمسي المباشر	36
2-9	مجفف شمسي غير مباشر	37
2-10	مجفف شمسي هجين	38
2-11	المجففات المختلطة	39
2-12	منحنى يوضح سرعة التجفيف بدلالة الزمن	41
2-13	توزيع الماء	45

1-3	جهاز Lutron BTM4208SD	50
2-3	ميزان رقمي	51
3-3	جهاز الثيرموكوبل	52
4-3	شرائح الشمندر	53
5-3	وزن السلة الفارغة فوق الميزان	53
6-3	تسجيل البيانات بواسطة جهاز قياس درجة الحرارة	54
7-3	شرائح الشمندر في السلة قبل التجفيف	54
8-3	وزن شرائح الشمندر في السلة بعد التجفيف	55
9-3	الخطوات المتبعة خلال عملية تجفيف عينة الشمندر	55
10-3	شرائح الشمندر مغسولة ومقشرة	56
1-4	تغيرات الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن	59
2-4	منحنى بياني لدرجة الحرارة عند مدخل 1 للمجفف بدلالة الزمن	60
3-4	منحنى بياني لدرجة الحرارة عند مدخل 2 للمجفف بدلالة الزمن	61
4-4	منحنى بياني لدرجة الحرارة في وسط المجفف بدلالة الزمن	62
5-4	المنحنيات المتغيرة للإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء أثناء مرحلة التجفيف.	62
6-4	منحنى بياني يوضح محتوى الماء في الشمندر بدلالة الزمن للعينات داخل وخارج المجفف	63

قائمة الجداول

الرقم	عنوان الجــدول	الصفحة
1-1	الجدول (1-1) يوضح الانعكاس في مختلف المواد.	5
1-2	الجدول (2-1) جدول يوضح المقارنة بين التجفيف الشمسي الطبيعي والتجفيف الصناعي	29

مقدمة

مقدمة

شهدت إنتاجية محصول الشمندر في ولاية الوادي تحسنًا كبيرًا في الكمية المنتجة، ومع ذلك تتلف كمية كبيرة لنقص في غرف التبريد ودرجات الحرارة المرتفعة التي تعرفها الولاية واستهلاك طاقة كهربائية كبيرة لتخزينها لمدة كبيرة وخفض في درجات الحرارة.

ولحماية هذه المادة لمدة أطول يجب إزالة الرطوبة الموجودة فيها وتسمى عملية إزالة الماء **بالتجفيف**.

يستخدم التجفيف على نطاق واسع كوسيلة لحفظ الطعام وقد استخدم منذ العصور القديمة للحفاظ على الخضروات والفواكه واللحوم. يوقف التجفيف نشاط البكتيريا والتخمير والإنزيمات، مما يؤدي إلى وقف التلف والتعفن وتركيز الطعام والحفاظ على النكهة والقيمة الغذائية، كما أنه سهل التخزين والتحضير وخفيف الوزن.

ومن أنواع التجفيف المستخدمة في أنحاء العالم منذ الالاف السنين التجفيف الشمسي التقليدي المباشر حيث استعمل في تجفيف الخضروات والفواكه واللحوم، إلا أنه دائما يؤدي إلى ناتج ذي صفات منخفضة، وذلك لتعرض المنتج إلى عوامل كثيرة منها الحشرات، القوارض، الطيور والأتربة. لطول فترة عميلة التجفيف، واستخدام حرارة متوسطة. يزداد نمو الفطريات والبكتيريا أيضا خلال الفترة الأولى من عملية التجفيف بسبب الرطوبة النسبية العالية. ويزداد تكوين الإنزيمات، مما يؤدي إلى استمرار نشاط معين غير مرغوب فيه، مما يؤثر على اللون ويؤدي إلى أكسدة الفيتامينات

مع بداية التطور الصناعي، بدأ استخدام المجففات الصناعية، لكنها باهظة الثمن وتعتمد على تسخين الهواء بالطاقة البترولية، وهو أحد العوامل الرئيسية التي تلوث البيئة، وطرق التجفيف الشمسية التقليدية (تعريض المنتج مباشرة لأشعة الشمس) تؤدي إلى منتجات جد رديئة من حيث النوعية. لذلك، بدأ النظر في فكرة استخدام الطاقة الشمسية لتسخين الهواء لتصميم مجفف بمواصفات مجفف صناعي. 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 مصدًرا للطاقة لا يستهان به.

تهدف هذه الدراسة الى تقييم أداء المجفف الشمسي الهجين في تحقيق تجفيف فعال عبر دمج مصدر طاقة إضافي مع النظام الشمسي لضمان الاستمرارية والفعالية في جميع الأحوال الجوية.

والسؤال الذي يطرح نفسه ما هو الوقت الأمثل اللازم لتجفيف الشمندر باستخدام المجفف الشمسي الهجين مقارنة بالطريقة التقليدية؟ كما تهدف الدراسة إلى استكشاف الفروق في كفاءة وأداء المجفف الهجين مقارنة بالطريقة التقليدية. وما مدى فعالية المجفف الهجين في تجفيف المحاصيل الزراعية مقارنة بالطريقة التقليدية؟

تنقسم هذه المذكرة إلى أربعة فصول وهي كالتالي:

الفصل الأول: في هذا الفصل، سيتم التطرق إلى تعريفات ومفاهيم الطاقة المتجددة، واستخداماتها المختلفة، بالإضافة إلى مميزات وعيوب هذه الطاقات. كما سيتم التركيز على الإشعاع الشمسي وكيفية التقاطه وتحويله إلى طاقة قابلة للاستخدام.

الفصل الثاني: يتناول هذا الفصل مفهوم التجفيف وأهميته في حفظ الأغذية، مع استعراض أنواع المجففات المختلفة وطرق عملها. كما سيتم مناقشة العوامل المختلفة التي تؤثر على عملية التجفيف مثل درجة الحرارة

الفصل الثالث: سيتم في هذا الفصل تقديم وصف تفصيلي للأجهزة المستخدمة في التجربة، مع التركيز على المجفف الشمسي الهجين المستعمل في تجفيف الشمندر. كما سيتم شرح طرق التجربة والخطوات المتبعة، بالإضافة إلى وصف منطقة التجربة والظروف المحيطة بها

الفصل الرابع: يتضمن هذا الفصل نتائج تجفيف الشمندر ومناقشتها

الفصل الاول : عموميات حول الطاقات المتجددة

1 مقدمة:

تعد الطاقات المتجددة أحد أبرز الموضوعات التي تحظى باهتمام عالمي متزايد، نظراً لما تمثله من حلول مستدامة لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية المرتبطة باستخدام الوقود الأحفوري. الطاقة المتجددة تشمل مصادر مثل الطاقة الشمسية، التي تتميز بقدرتها على التجدّد بشكل طبيعي ودوري، مما يجعلها خياراً استراتيجياً لتحقيق التنمية المستدامة. في العقود الأخيرة، شهدت تكنولوجيا الطاقات المتجددة تطورات هائلة، أدت إلى تحسين كفاءتها وتقليل تكلفتها، مما زاد من جدواها الاقتصادية وجعلها منافسة للطاقات التقليدية. التوجه نحو الطاقات المتجددة يعزز الاستقلالية الطاقية للدول ويقلل من الاعتماد على الواردات البترولية، مما يسهم في استقرار الاقتصاديات الوطنية، من المتوقع أن يستمر الاعتماد على الطاقات المتجددة في النمو بشكل ملحوظ في المستقبل، مدفوعاً بالابتكارات التكنولوجية والسياسات الحكومية الداعمة. مع تزايد الوعي البيئي والتقدم التكنولوجي، يمكن توقع أن تشهد الطاقات المتجددة دوراً متزايد الأهمية في تلبية احتياجات العالم من الطاقة. مستقبل الطاقات المتجددة يبدو واعداً مع الابتكارات المستمرة في مجالات تخزين الطاقة، وتحسين كفاءة تحويل الطاقة، وتطوير شبكات ذكية قادرة على دمج مصادر الطاقة المتجددة بكفاءة.

1.1 مفهوم الطاقات المتجددة:

يطلق مصطلح الطاقات المتجددة على مصادر الطاقة التي لها صفة التجدد والديمومة، أي أن مخزون غير قابل للنفاذ بحكم الاستهلاك الدائم.

2.1 تعريف الطاقات المتجددة:

هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد فهي طاقة لا تنضب ولا تنفذ، كما تسمى ايضا "الطاقة المستدامة" تشير تسميتها الى أنها كلما اوشكت على الانتهاء تتجدد، ويكون مصدرها من الموارد الطبيعية، وتتميز بأنها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة كونها لا تؤثر سلبا على البيئة المحيطة بها ولا تنشأ عنها مخلفات او غازات ضارة لا تعمل على زيادة الاحتباس الحراري، كما تنتج الطاقة المتجددة من الرياح والمياه والشمس، ويمكن إنتاجها من طاقة حرارية وكذلك من بعض المحاصيل الزراعية والاشجار المنتجة للزيوت.[1]

يعتبر الانتقال إلى الطاقات المتجددة ضرورة ملحة لتحقيق التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة، وهذا يتطلب تكاتف الجهود العالمية وتبني سياسات داعمة تضمن تحقيق هذا الانتقال بكفاءة وعدالة.

3.1 مصادر الطاقات المتجددة:

أهم مصادر الطاقات المتجددة نجد :

1.3.1 الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية هي واحدة من مصادر الطاقة المتجددة النظيفة التي لا تنضب طالما استمرت الشمس في السطوع. يمكن تحويل هذه الطاقة بشكل مباشر أو غير مباشر إلى حرارة أو برودة أو كهرباء أو طاقة محركة. وهي عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية، طيفها 49% مرئي و49% غير مرئي. وتجرى حاليًا أبحاث وتجارب لمحاولة الاستفادة منها في إنتاج الطاقة الكهربائية والتدفئة وتكييف الهواء وصهر المعادن وغيرها. تعتمد الأشعة تحت الحمراء على حركتها وبُعدها عن الأرض، ومعدل وصول الطاقة المشعة إلى السطح الخارجي للأرض تصل إلى السطح الخارجي للأرض بمعدل 1 كيلوواط/متر، ما يجعلها موردًا وفيرًا إذا أمكن جمعها والاستفادة منها.

الشكل (1-1) الطاقة الشمسية.[1]

1.1.3.1 تاريخ استخدام الطاقة الشمسية:

في عام 1973، أي قبل أشهر قليلة من أزمة النفط، عُقد في باريس مؤتمر لليونسكو بعنوان "الشمس في خدمة الإنسان"، حضره 822 عالمًا من 62 دولة. في سبعينيات القرن العشرين، تحولت الطاقة الشمسية فجأة من مجرد فضول علمي إلى حركة ثقافية، حيث اعتبرها النشطاء بديلًا رمزيًا للبنزين. في سبعينيات القرن العشرين، تحولت الطاقة الشمسية فجأة من فضول علمي إلى حركة ثقافية، حيث اعتبرها النشطاء بديلًا رمزيًا للوقود.

بدأت المنازل الشمسية الأولى في الظهور، لكنها لم تكن تستند إلى أي نظام قيمي عام معين، بل تم تحديدها مباشرة من خلال استخدامات الطاقة الشمسية نفسها. فقد صمم أول منزل شمسي من قبل مجموعة في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في عام 1939م. كما استخدمت الطاقة الشمسية في القرن العشرين، وشهد القرن العشرين أكبر تطور في استخدام الطاقة الشمسية. فقد تم بناء آلات بخارية تعمل بالطاقة الشمسية في نفس العام، وبين عامي 1920 و1928م تم بناء آلة شمسية بقوة 02 حصانًا في كاليفورنيا. وفي عام 1911 تم تصميم جهاز للاستفادة من الطاقة الشمسية في الزراعة وتم تشغيله في فيلادلفيا. وقد أنتج الجهاز 122 حصانًا على ارتفاع حوالي 4022م في الصحراء المصرية على بعد 16كم من القاهرة.[2]

2.1.3.1 الاشعاع الشمسي:

الإشعاع الشمسي هو الطاقة المنبعثة من الشمس في جميع الاتجاهات ويشمل الإشعاع المرئي وغير المرئي. وبعبارة أخرى، هو طاقة الضوء والحرارة على الأرض ومختلف الكواكب الأخرى.

ويتميز الإشعاع الشمسي بتوافره العالي في النهار وشدته المتغيرة، حيث يصل إلى أقصى حد له عند الظهيرة. إذا كانت زاوية سقوط الإشعاع الشمسي عمودية على سطح الأرض، فإن التغير في زاوية السقوط والارتفاع يكون عموديًا على سطح الأرض. يقلل الإشعاع الشمسي من الحرارة المخزنة في أي نظام حراري شمسي. ويقابل الاختلافات في الموقع الجغرافي تغيرات في شدة الإشعاع من موقع إلى آخر. بالإضافة إلى ذلك، تختلف مدة ضوء النهار باختلاف الفصول، حيث تكون ساعات النهار أطول خلال أشهر الصيف. وتعتبر كثافة الإشعاع الشمسي العالية من السمات المميزة، والتي تتزامن مع درجات الحرارة المتوسطة إلى المرتفعة جداً. يمكن حساب شدة الإشعاع الشمسي عملياً باستخدام مقياس البيرانومتر. يتم توصيل البيرانومتر بجهاز تكامل شمسي لقياس شدة الإشعاع الشمس .وهو عبارة عن كرة زجاجية تعمل على قياس موجات الإشعاع المختلفة. [3]

3.1.3.1 خصائص الاشعاع الشمسي:

تبعث الشمس طاقة في شكل إشعاع شمسي، ينعكس جزء منه إلى الفضاء الخارجي، ويتشتت جزء منه في الغلاف الجوي والباقي يخترق الغلاف الجوي. وبما أن جزءًا من الإشعاع الشمسي ينعكس إلى الفضاء الخارجي، وجزء آخر يتشتت في الغلاف الجوي والباقي ينتقل عبر الغلاف الجوي، فهناك ثلاثة أنواع من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض الإشعاع الشمسي من الغلاف الجوي الذي ينعكس إلى الفضاء الخارجي، ويتشتت في الغلاف الجوي وينتقل عبر الغلاف الجوي.

4.1.3.1 تركيب الاشعاع الشمسي:

تتألف أشعة الشمس التي تصل إلى الأرض من عدة أنواع من الأشعة ذات ألوان وأطوال موجية وخصائص مختلفة. وفيما يتعلق بالألوان، فإن الأشعة الشمسية التي تصل إلى الغلاف الجوي للأرض تحتوي على جميع

ألوان الطيف التي تظهر عند تحليل هذه الأشعة وتنبعث الأشعة الشمسية على شكل حزم موجية متوازية ذات أطوال مختلفة.[4]

وتشمل هذه الأشعة: الأشعة المرئية وغير المرئية. يتراوح الطول الموجي للأشعة المرئية من 0.35 إلى 0.75 ميكرو. وتتألف أشعة الشمس الساقطة على الغلاف الجوي من مجموعة واسعة من الأطوال الموجية، لكن ما يقرب من 98% من هذه الأشعة تتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة:

- **الأشعة تحت الحمراء:**

أشعة ضوئية غير مرئية ذات أطوال موجية تتراوح أطوالها بين 0.75 و100 مايكرومتر، وتمثل 43% من جميع الإشعاعات التي تصل إلى سطح الأرض.

- **الأشعة البنفسجية:**

أشعة ذات أطوال موجية أقصر وطاقة أكبر من الضوء المرئي، وتمثل 8% من جميع الأشعة.

- **الإشعاع المرئي:**

يمثل 47% من إجمالي الإشعاع ويمثل شدة الإشعاع الشمسي المار فوق سطح الأرض.[5]

5.1.3.1 الثابت الشمسي:

وهو معدل الطاقة الشمسية لكل وحدة مساحة تسقط على سطح موضوع عمودي على مسار أشعة الشمس خارج الغلاف الجوي للأرض. وقد أتاح توافر وسائل النقل على ارتفاعات عالية، مثل الطائرات والمركبات القضائية، إمكانية قياس الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي.

كما نشر تقريرا مبينا من خلال قياسات أن الثابت الشمسي مقداره 1353 وات لكل متر مربع وتم اعتماد هذه القيمة من قبل وكالة نازا والجمعية الأمريكية للمواد والاختبارات.

يتأثر الثابت الشمسي أثناء دخوله الغلاف الجوي ويطلق عليه حينئذ الإشعاع المباشر العمودي وهو معدل الإشعاع الشمسي لوحدة المساحة والساقط عموديا على سطح موجود داخل الغلاف الجوي.[4]

6.1.3.1 أنواع الاشعاع الشمسي:

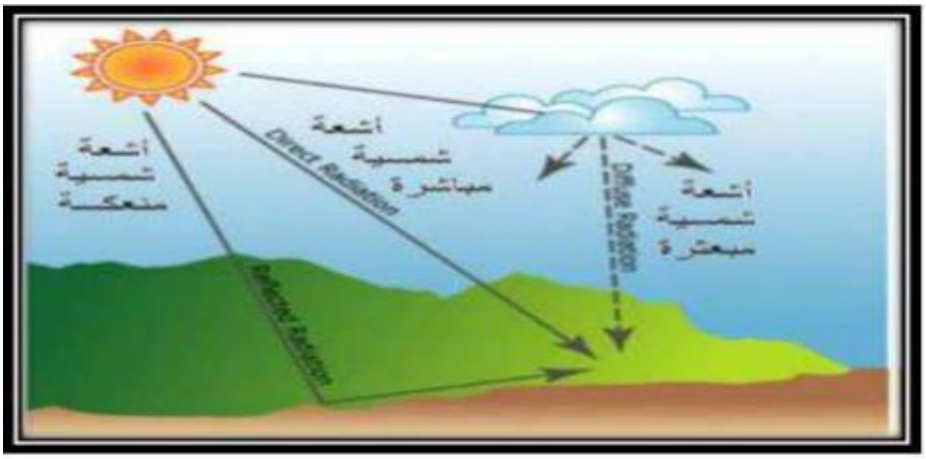
تبعث الشمس الطاقة التي تأتي على شكل إشعاع شمسي يتدفق عبر الغلاف الجوي للأرض. وينعكس جزء من الإشعاع الشمسي في الفضاء الخارجي، ويتشتت بعضه في الغلاف الجوي وينتقل الباقي عبر الغلاف الجوي

- **الاشعاع الشمسي المباشر:**

هو الإشعاع الذي يسقط مباشرة من الشمس على سطح الأرض، وتكون قيمته أعلى في الصيف عندما تكون السماء صافية. ويعرف بأنه كمية الإشعاع الشمسي لكل وحدة مساحة تسقط عمودياً على سطح الأرض.[5]

- **الاشعاع الشمسي المنتشر :**

وينتج عن انعكاس الإشعاع الشمسي المباشر في الفضاء بواسطة السحب وقطرات الماء والغازات في الغلاف الجوي للأرض. وتزداد هذه النسبة في أشهر الشتاء عندما يكون الغطاء السحابي مرتفعاً ويمثل النسبة الأكبر من إجمالي الإشعاع.



الشكل (1-2) تغيرات الاشعاع داخل الغلاف الجوي.[5]

- **الإشعاع الشمسي المنعكس :**

ينتج عن انعكاس الشعاع المباشر أو المتشتت على سطح الأرض والبحار وتختلف نسبته حسب السطح وقدرته على عكس الأشعة ويرتفع خاصة قرب البحار والارضيات العاكسة.

المادة	العاكسية(%)
المزروعات الخضراء	15-5
الرمل الأبيض	40-34
الثلج الحديث	90-75
الماء	5 ويعتمد على اتجاه الشمس
أنواع الغيوم	55-50

الجدول (1-1) يوضح الانعكاس في مختلف المواد.[5]

- **الإشعاع الشمسي الكلي :**

وهو مجموع الأشعة الشمسي المباشر والمنتشر

7.1.3.1 الانقلاب والاعتدال الموسمي:

1.7.1.3.1 تعريف الانقلاب:

ويحدث الانقلابان في شهري يونيو وديسمبر، حيث يواجه القطب الشمالي الشمس في نصف الكرة الشمالي، مما يؤدي إلى تلقي نصف الكرة الشمالي المزيد من أشعة الشمس المباشرة وساعات أطول من ضوء النهار. من ناحية أخرى، يواجه القطب الجنوبي القطب الجنوبي بعيدًا عن الشمس، مما يؤدي إلى فصل الشتاء في نصف الكرة الجنوبي. ونتيجة لذلك، يتلقى نصف الكرة الجنوبي أشعة شمس مباشرة أقل وساعات نهار أقصر.

الشكل (1-3)الانقلاب في شمال وجنوب الكرة الأرضية.[5]

- **الانقلاب الصيفي:**

موقع الحد الأقصى لطول النهار (نهار أطول، وليالٍ أقصر) عند ظهر يومي 21 و22 يونيو، تصل الشمس إلى نقطة السمت حيث تكون أشعتها عمودية على مدار السرطان عند خط عرض 27°23' شمالاً، وهو ما يسمى بالانقلاب الصيفي.

- **الانقلاب الشتوي:**

مع دوران الأرض حول الشمس الظاهرة إلى النصف الجنوبي من الكرة الأرضية لتتعامد أشعة الشمس مع مدار الجدي (عن خط عرض 27°23 جنوبا)22 آو 23 ديسمبر عند الزوال ويسمى هذا اليوم بالانقلاب الشتوي وهنا يبلغ طول الليل أقصاه.

2.7.1.3.1 *تعريف الاعتدال:*

ويحدث الاعتدال عندما لا يميل محور دوران الأرض نحو الشمس ولا يبتعد عنها، مما يعني أن الليل والنهار يتساويان خلال الاعتدال، ويكون الاعتدال يومين في السنة، في شهري مارس وسبتمبر.

الشكل (1-4) الاعتدال في جنوب وشمال الكرة الأرضية. [5]

- **الاعتدال الربيعي:**

في 21 أو 22 مارس، سيتساوى طول الليل والنهار للمرة الثانية في السنة، وسترتفع الحركة الظاهرية للشمس نحو نصف الكرة الشمالي وستتعامد أشعة الشمس مرة أخرى على خط الاستواء.

- **الاعتدال الخريفي:**

يتساوى الليل والنهار في الطول في 22 أو 23 سبتمبر، عندما تنخفض حركة الشمس الظاهرية إلى ارتفاع خط الاستواء وتتعامد أشعة الشمس على خط الاستواء، وهو ما يسمى بالاعتدال الخريفي.

8.1.3.1 زاوية سقوط الأشعة :

تشير زاوية سقوط الإشعاع الشمسي إلى كيفية سقوط الإشعاع الشمسي على سطح الأرض، والتي يمكن أن تكون عمودية أو مائلة. أما إذا كانت مائلة، فإن الإشعاع الشمسي يصل إلى الحد الأقصى وتكون الأشعة الشمسية عمودية على سطح الأرض. وبعبارة أخرى، فإن العلاقة بين كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض وزاوية الشعاع الساقط علاقة عكسية: فإذا كانت زاوية الشعاع الساقط تساوي 90 درجة يصل الإشعاع إلى أقصى حد، أما إذا كانت الزاوية مائلة بمقدار 30 درجة فإن الإشعاع يقل بنسبة 50%. وبافتراض أن الأشعة نفسها لها نفس الطاقة الحرارية، فإنها تتوزع على مساحة أكبر في حالة الأشعة المائلة وعلى مساحة أصغر في حالة الأشعة العمودية. وتتجلى نتائج هذا القانون على سطح الأرض، حيث تكون درجات الحرارة في

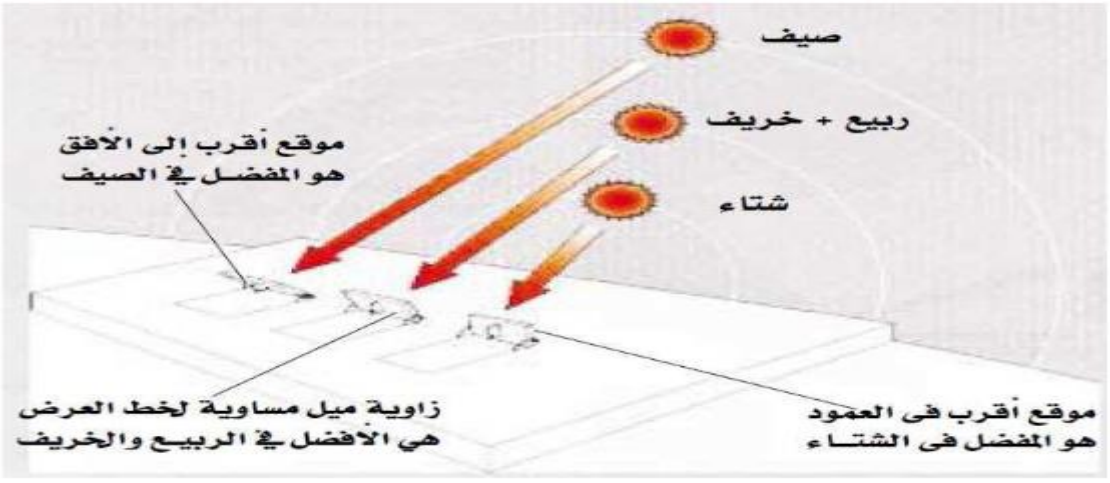
المناطق الاستوائية التي تستقبل أشعة الشمس عمودياً أعلى في المناطق الاستوائية التي تستقبل أشعة الشمس عمودياً والمناطق القطبية التي تستقبلها بشكل مائل أقل.[6]

9.1.3.1 الاعتبارات الفنية لوضع اللواقط الشمسية :

1.9.1.3.1 زاوية ميل اللاقط:

لكي نحصل على أقصى فائدة من اللاقط الشمسي يجب أن ندرك أنه بالنسبة للمكان الواحد سيتغير ميل أشعة الشمس بالنسبة لليوم الواحد تبعا للتوقيت، فبينما تكون الشمس متعامدة على الأفق أما في الظهيرة لا تكون كذلك قبل أو بعد ذلك الوقت .[7].

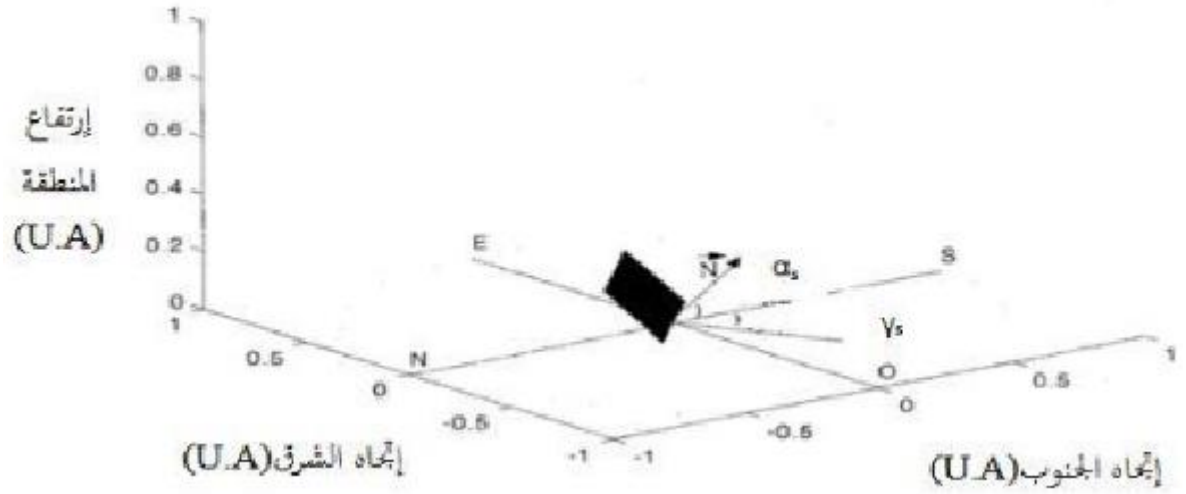
ولكي يتلقى السطح أقصى قدر من الإشعاع من الشمس من خلال سطوعها، يجب على الملقط تغيير زاوية ميله بالنسبة لفترة ضوء النهار، والتي تختلف أيضًا من سنة إلى أخرى، حيث يمكن أن تكون فترة النهار أقصر أو أطول من شهر إلى آخر، ويمكن أن تختلف ساعات ضوء النهار في اليوم أو الأسبوع أو الشهر، وبالتالي هناك حاجة إلى نظام تحكم وتوجيه لتحريك الملقط على مدار العام، مما يؤدي إلى استخدام المجففات الشمسية بشكل كبير جدًا، مع إمكانية وصول الطلب إلى الذروة في أوقات معينة من اليوم. ولذلك، وجد أن أفضل حل اقتصادي وهندسي للمجففات الشمسية هو توجيه الملقط جنوبًا نحو الشمس إذا كان الموقع في نصف الكرة الشمالي. وفي هذه الحالة، يجب تثبيت الملقط في زاوية ميل محددة حسب موقع التركيب، بحيث يتم استقبال أعلى كمية من الإشعاع الشمسي خلال فصل الشتاء، وتكون تلك الزاوية (زاوية ميل الملقط الشمسي) هي القيمة المتوسطة لفصل الشتاء .أما إذا كان المطلوب هو الحصول على أفضل إشعاع خلال فترة الصيف، فإننا نلاحظ ارتفاع الشمس أثناء حركتها بالمقارنة بفترة الشتاء، مما يعنى الحاجة إلى خفض زاوية الميل لاستقبال أفضل الأشعة.



الشكل (1-5) اختيار زاوية ميل اللاقط حسب الفصل.[7]

2.9.1.3.1 *توجيه اللاقط:*

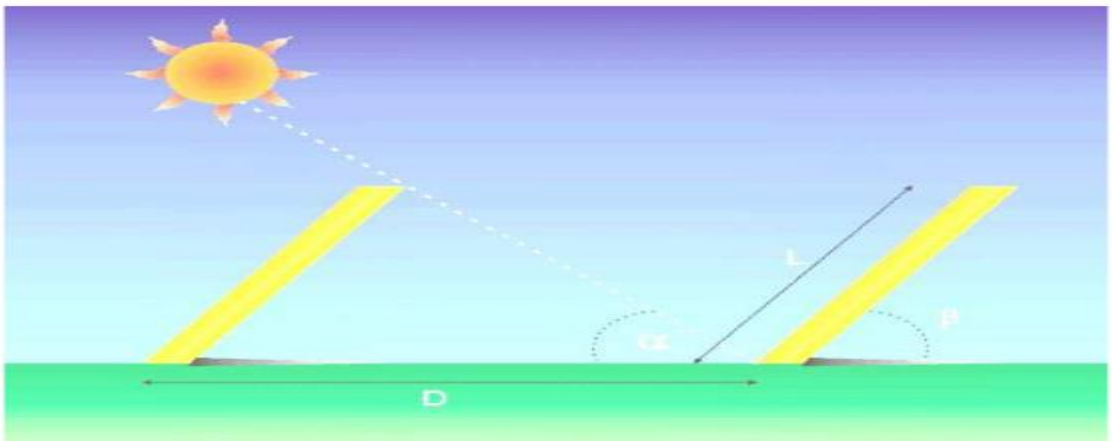
لنفترض أن اللاقط موضوع على مبدأ المعلم O. من أجل استقبال الإشعاع الشمسي، يجب أن يواجه الملقط الجنوب إذا كانت المنطقة في النصف الشمالي، ويجب أن يواجه الملقط الشمال إذا كانت المنطقة في النصف الجنوبي.



الشكل (1-6) كيفية توجيه اللاقط الشمسي.

3.9.1.3.1 *المسافة الفاصلة بين اللواقط:*

عند تركيب تركيبات إضاءة متعددة، اختر موقعاً يتلقى ضوء الشمس لمعظم ساعات النهار وأبعدها عن العوائق مثل المباني العالية أو الأشجار العالية في الجوار التي من شأنها أن توفر الظل.[7]



الشكل (1-7) المسافة الدنيا بين اللواقط لتفادي التضليل.[7]

10.1.3.1 استخدامات الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية طاقة نظيفة ويمكن استخدامها في العديد من القطاعات:

1.10.1.3.1 توليد الطاقة الكهربائية بالطاقة الشمسية:

وتعتمد عملية تحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى كهرباء باستخدام الألواح الكهروضوئية (المصنوعة من مواد معينة لها القدرة على تنفيذ عملية التحويل الكهروضوئي) على ظاهرة انبعاث الإلكترونات من سطح معادن معينة تسمى أشباه الموصلات، مثل الجرمانيوم.

الشكل (1 -8) انظمة الخلايا الكهروضوئية.[8]

2.10.1.3.1 الطاقة الشمسية الحرارية:

الطاقة الشمسية الحرارية الشمسية هي تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية من خلال المجمعات الشمسية الحرارية الشمسية ومواد نقل الحرارة.

وهناك ثلاثة أنواع من المجمعات الشمسية الحرارية المستخدمة لهذا الغرض: المجمعات الشمسية الحرارية الشمسية متحدة المركز، والمجمعات الشمسية الحرارية الشمسية الفراغية، والمجمعات الشمسية الحرارية الشمسية المسطحة، ولكل منها تطبيقات محددة.[9.10]

3.10.1.3.1 تجفيف المحاصيل:

في الواقع، التجفيف هو عملية إزالة جميع السوائل، بما في ذلك الماء، من المواد المختلفة. وهو من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية بشكل عام وتجفيف المحاصيل بشكل خاص، حيث اعتمد الناس قديماً على تجفيف الأطعمة والخضروات والفواكه المعرضة للتلف أو التي تكون خارج الموسم لفترة زمنية قصيرة، لإزالة بعض

السوائل الموجودة في المحاصيل ومنعها من التلف وجعلها مناسبة للتخزين طويل الأمد وهذه مسألة قديمة لضمان أن تكون في حالة مناسبة للتخزين طويل الأجل.[10]

الشكل (1-9) استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية[10].

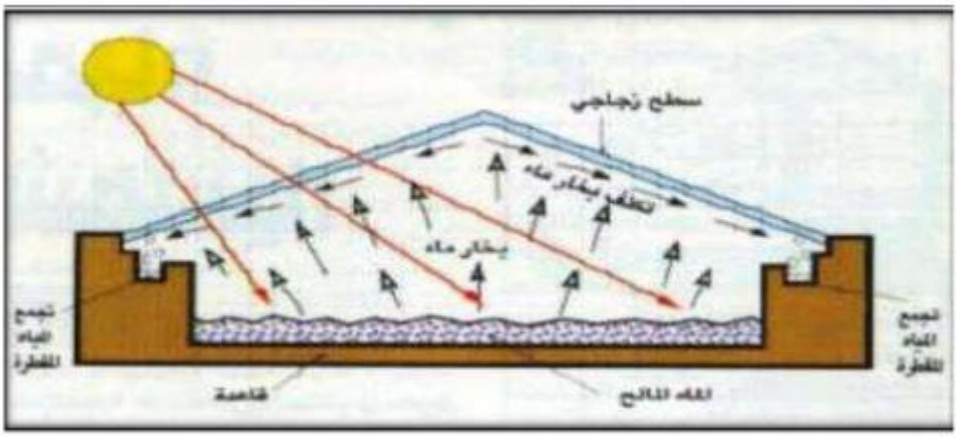
4.10.1.3.1 الطبخ الشمسي:

يعد استخدام الطاقة الشمسية في الطهي أحد الحلول الرئيسية لتجنب استخدام الحطب. ويستند الطهي بالطاقة الشمسية على أدلة علمية ويستخدم مبدأ سقوط الإشعاع الشمسي في صندوق مغطى من جميع الجوانب بعوازل، باستثناء الجانب العلوي المواجه للشمس، والذي يسبب الاحتباس الحراري. تُغطى أجهزة الطهي بالطاقة الشمسية من جميع الجوانب بعازل، باستثناء الجانب العلوي المواجه للشمس، الذي يُغطى بالزجاج. يتم طلاء السطح الداخلي باللون الأسود لامتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع، كما هو موضح في الرسم البياني أدناه. على سبيل المثال، يتطلب الأرز ساعتين واللحم 3 ساعات، يتم تغيير زاوية الانحراف لخفض درجة الحرارة وتقليل وقت الطهي. هناك مجمعات أحادية ومزدوجة وثلاثية وبؤرية، وهذه الأخيرة يمكن أن ترفع درجات الحرارة إلى أكثر من 150 درجة. [11]

الشكل(1-10) استعمال الطاقة الشمسية للطبخ.[11]

5.10.1.3.1 تحلية المياه :

عملية تحلية المياه المالحة هي تحويل المياه المالحة إلى مياه عذبة باستخدام أجهزة التقطير الشمسية المختلفة. وباستخدام الإشعاع الشمسي المباشر كمصدر للحرارة، يتم رفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة التبخر وتكثيفها على سطح بارد باستخدام التقطير الشمسي.[12]



الشكل (1-11) الية تحلية المياه بالطاقة الشمسية.[12]

6.10.1.3.1 التدفئة:

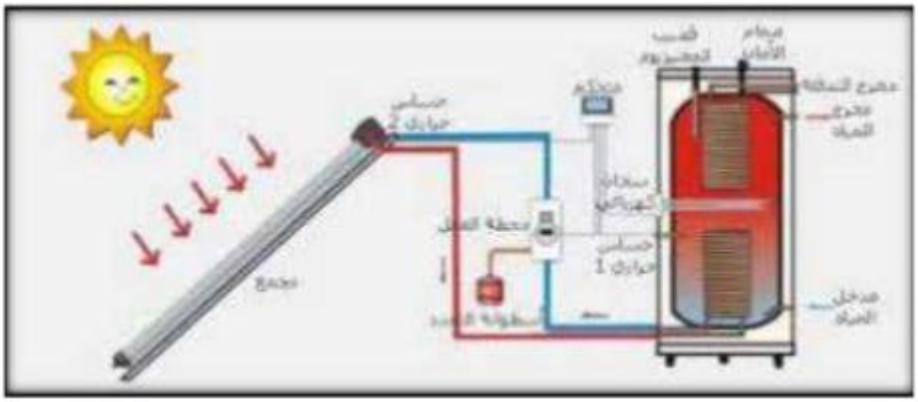
تختلف أنظمة التسخين الشمسي من حيث أساليبها وكفاءتها. فبعضها، بما في ذلك التسخين الشمسي المباشر، يعتمد على الزجاج الشفاف لأجزاء كبيرة من واجهة المنزل، والبعض الآخر يستخدم أنظمة تسخين تعتمد على الهواء أو الماء، باستخدام مجمعات الطاقة الشمسية وبعض المعدات أو الأجهزة لنقل التأثير الحراري من المجمعات الشمسية إلى المنطقة المراد تسخينها.

الشكل (1-12) نظام تدفئة الشمسية في المنازل.[12]

7.10.1.3.1 تسخين المياه:

تم استخدام أنظمة المياه الساخنة بالطاقة الشمسية لسنوات عديدة في المنازل والقواعد العسكرية والبيئات الصناعية الخ...

تُستخدم أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية بشكل أساسي عندما لا يمكن استخدام الغاز الطبيعي أو الكهرباء لتسخين المياه، ومعظم أنظمة تسخين المياه بسيطة ورخيصة التركيب، وتمر بشكل عام من خلال مجمّع حيث يتم امتصاص أشعة الشمس وتحويلها إلى حرارة في وسط تحويل سائل، كما يمكن استخدامها لتسخين المياه مباشرة.



الشكل (1-13) استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه.[12]

2.3.1 طاقة الرياح:

طاقة الرياح هي الطاقة المستمدة من حركة الهواء والرياح، وتستخدم طاقة الرياح منذ فترة طويلة في تشغيل السفن الشراعية وطحن الحبوب عن طريق تحريك طواحين الهواء وضخ المياه من الآبار. تستخدم وحدات طاقة الرياح لتحويل طاقة الرياح إلى طاقة ميكانيكية للاستخدام المباشر أو إلى طاقة كهربائية من خلال المولدات.

الشكل (1-14) طاقة الرياح.[13]

1.2.3.1 تاريخ استخدام طاقة الرياح :

استخدمت طاقة الرياح قديما واستغلها الانسان في تحريك القوارب الشراعية كما استخدمت في طحن الحبوب ورفع المياه بجانب طاقة الحيوان، وقد بدا اليونانيون باستخدامها لعدة قرون قبل الميلاد وبحلول عام 722 ميلادي كانوا قد بنوا طاحونة هواء ذات عمود راسي وأطلقوا عليها panemomes وذلك لإدارة حجم الطحن [15].

وفي عام 1852م بدأت طاقة الرياح وقام العالم دانيال هاليداي بتطوير هذه الأفكار واستخدمت طواحين الهواء الزراعية الأمريكية لإنزال المياه، وفي عام 1932م في بداية القرن العشرين أدخل دانيال بعض التحسينات وبلغ عدد الشركات الأمريكية في مجال تصنيع وبيع طواحين الهواء 10 شركات، وفي عامي 1952 1962، قام الفرنسيون ببناء نماذج متطورة تولد 122–322 كيلوواط/ساعة والألمان 122 كيلوواط/ساعة.[15]

إلا أن استخدامها لتوليد الكهرباء، يعتبر جديدا ونسبيا وجاء هذا الاهتمام بتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح خلال السبعينات وشهد تطورا لا بأس به، وادخلت في الخدمة الحالية تور بينات هوائية تختلف عن الطواحين الهوائية التقليدية لتوليد الكهرباء وهي تتألف من شفرات دوارة يتم تركيبها على محور عمودي وهي بحركتها تستغل محركا قادر على تحويل طاقة الرياح.[16]

2.2.3.1 استخدامات طاقة الرياح:

تُستخدم طاقة الرياح كمصدر بديل لتوليد الطاقة عن الوقود الأحفوري مثل النفط والغاز الطبيعي. وذلك لأن مصادر الوقود هذه تعتبر ضارة بالبيئة لأنها تنتج غازات سامة عند احتراقها. تُستخدم الطاقة الحركية التي تولدها الرياح لتوليد الطاقة الكهربائية عندما يتم تحويلها إلى طاقة ميكانيكية عن طريق تحريك تور بينات الرياح ثم إلى طاقة كهربائية تشغل الأجهزة وتصل إلى المنازل. وتستخدم هذه الطريقة بشكل شائع لتوليد الكهرباء في المناطق الريفية البعيدة عن محطات الطاقة العادية، حيث تتطابق الطاقة الكهربائية المولدة من طاقة الرياح. استخدمت الدول والحضارات القديمة طاقة الرياح بطرق مختلفة. فقد استخدم المصريون القدماء هذه الطاقة لدفع القوارب في النيل، واستخدمها المسلمون في طحن الحبوب المختلفة، واستخدمها الصينيون خاصة في ضخ المياه والمياه الجوفية. ويعتمد الكثير من الناس على تور بينات الرياح، التي تمثل قوة تكنولوجية مبتكرة وإبداعية تستخدم طاقة الرياح. وطاقة الرياح مصدر طاقة نظيفة ومتجددة ولا حدود لها، مما يدل على أن هذه الطاقة معروفة منذ القدم على مختلف مستويات الحضارات.[17]

3-2-3-1 أهمية طاقة الرياح :

طاقة الرياح هي مصدر متجدد للطاقة المستمدة من الهواء المتدفق فوق سطح الأرض. تقوم تور بينات الرياح بتحويل هذه الطاقة الحركية إلى طاقة قابلة للاستخدام يمكن أن تزود المنازل أو المزارع أو المدارس أو تطبيقات الأعمال التجارية على نطاق صغير أو متوسط أو كبير على المستوى السكني أو المجتمعي أو على مستوى المرافق. وتعد طاقة الرياح إحدى الطفرات التكنولوجية الرائدة في زيادة كفاءة إنتاج الطاقة ومستقبلها واعد.[18]

3.3.1 الطاقة المائية:

في القرن العشرين، تم بناء العديد من السدود على الأنهار الرئيسية في العالم لتوليد الطاقة الكهرومائية، وهي الطاقة التي تنتجها الشلالات والسدود المصممة لهذا الغرض.

إن تكاليف بناء محطات الطاقة الكهرومائية أقل من تكاليف محطات الطاقة الحرارية والنووية، ليس فقط بسبب انخفاض تكلفة وحدة الكهرباء المولدة من الطاقة الكهرومائية لكل وحدة كهربائية مولدة من الطاقة الكهرومائية، ولكن أيضاً بسبب المرونة في التشغيل والصيانة. أهم العقبات التي تحد من انتشار مصدر الطاقة هذا هي انخفاض مستوى البحث العلمي مقارنة بالمصادر الأخرى، ونقص الكوادر المهنية المؤهلة تأهيلاً عالياً، وعدم وجود دعم مالي كافٍ في البلدان النامية.

الشكل (1-15) الطاقة المائية.

1.3.3.1 تاريخ استخدام الطاقة المائية:

تم تسخير قوة المياه لعدة قرون. ففي الإمبراطورية الرومانية، استُخدمت قوة المياه في مطاحن الدقيق وإنتاج الحبوب، واستُخدمت الحركة الهيدروليكية للمياه لتحريك العجلات لضخ المياه في قنوات الري المعروفة باسم النواعير. وفي الثلاثينيات من القرن الثامن عشر، عندما كان بناء القنوات في ذروته، استُخدمت المياه لنقل المياه إلى أعلى وأسفل التلال بواسطة السكك الحديدية، وفي عام 1939م حصلت ما تسمى بدائرة كلود الحرارية في كوبا على حوالي 22 كيلو وات من الكهرباء كتطبيق عملي لتحويل طاقة المياه إلى كهرباء، والتي تمت دراستها في الولايات المتحدة الأمريكية، دارة كلود ونفذ مشروع لتوليد حوالي 10 ميجا وات من الكهرباء. أما اليوم، فإن أهم تطبيق للطاقة الكهرومائية هو توليد الكهرباء، حيث توفر طاقة منخفضة التكلفة بعيداً عن المجاري المائية.

2.3.3.1 استخدامات الطاقة المائية:

- عمليات تشغيل المحطات والآلات من بناء نوى.
- توليد الطاقة الكهرومائية من السدود والمنشآت النهرية المخصصة.
- تشغيل الآلات والمعدات مثل التور بينات المائية والرافعات البحرية والمصاعد المنزلية.

4.3.1الطاقة الحيوية:

الطاقة الحيوية هي الطاقة التي يمكن استخلاصها من النباتات والحيوانات والنفايات بعد تحويلها إلى سوائل أو غازات بالطرق الكيميائية أو التحلل الحراري. كما يمكن أيضاً احتراق الطاقة العضوية مباشرة ويمكن استخدام الحرارة لتسخين المياه أو توليد البخار الذي يمكن استخدامه بعد ذلك في تشغيل توربين لتوليد الكهرباء.

الشكل (1-16) الطاقة الحيوية.[19]

1.4.3.1 استخدامات الطاقة الحيوية:

– التدفئة والإضاءة: كانت الطاقة الحيوية تستخدم بشكل رئيسي لتدفئة وإنارة المنازل والمباني قبل تطوير مصادر الطاقة الأخرى

– النقل: قبل تطوير محرك الاحتراق الداخلي، كانت الطاقة الحيوية تستخدم في السفن والقوافل وسلاسل نقل البضائع.[20]

– توليد الطاقة: يجري تطوير تقنيات لتحويل الطاقة الحيوية إلى كهرباء باستخدام محطات توليد الطاقة التي تستخدم موارد مثل القش والنفايات العضوية.

– الوقود الحيوي: يُستخدم الغاز الحيوي والديزل الحيوي كوقود حيوي للمركبات والآلات، مما يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري.

5.3.1الطاقة الحرارية الجوفية:

تشير الحرارة الجوفية الحرارية إلى الطاقة الحرارية الموجودة في أعماق الأرض. ومع ذلك، فإن الحرارة التي يتم تطويرها بالوسائل التكنولوجية المتاحة هي المياه الحرارية والبخار الحراري، في حين أن مجال الصخور ذات الحرارة العالية لا يزال قيد البحث والتطوير ولا تزال معدلات الاستفادة منها منخفضة، لذلك لم يتم حتى الآن إجراء دراسات شاملة حول حجم ونطاق إمكانية استغلال هذه الموارد.

ولا تزال هذه الموارد غير مستغلة بالقدر الكافي، وهناك حاجة إلى التطوير التكنولوجي والبحث والاستكشاف المستقبلي لزيادة مساهمة هذه الموارد في تلبية الاحتياجات البشرية. يمكن استخدام هذه الطاقات في توليد الطاقة، وكذلك في التدفئة المركزية والزراعة والصناعة والطب وتجفيف المحاصيل في صناعات الورق والمنسوجات، كما تستخدم الينابيع الحارة في الجزيرة في الطب والسياحة.

الشكل (1-17) طاقة الحرارة الجوفية.[21]

1-5-3-1 استخدامات الطاقة الحرارية الجوفية :

تتنوع استخدامات الطاقة الحرارية الأرضية من توليد الطاقة إلى تدفئة وتبريد المباني، ولكن استخدامها يتحدد بعاملين رئيسيين: درجة الحرارة وتدفق السوائل.

- تستخدم للأغراض الحرارية في العمليات الصناعية والزراعية.
- أنظمة التدفئة والتبريد
- تستخدم بشكل ثانوي لتوليد الكهرباء.
- يستخدم أيضاً في أنظمة التدفئة التي تتطلب درجات حرارة عالية.[21]

6.3.1 طاقة الهيدروجين:

يتم إنتاج الهيدروجين حالياً عن طريق التحليل الكهربائي للماء وتخزينه كغاز أو سائل مضغوط. ويقتصر استخدام الهيدروجين اليوم بشكل شبه حصري تقريباً على محركات المركبات، ويستخدم الهيدروجين أيضاً لتشغيل خلايا الوقود وبطاريات متعددة تنتج الكهرباء اللازمة لتشغيل المحركات الكهربائية.

يستخدم الهيدروجين أيضاً لتشغيل خلايا الوقود وخلايا الوقود المتعددة التي تنتج الكهرباء اللازمة لتشغيل المحركات الكهربائية. ويُعد الهيدروجين مصدر طاقة غير ملوث لأنه لا ينبعث منه سوى الماء وبخار الماء،

ولكنه مصدر قابل للاشتعال، كما أنه ليس مصدر طاقة تنافسي بسبب تكلفته العالية، والبنية التحتية للطاقة الهيدروجينية مختلفة تمامًا عن البنية التحتية الحالية للطاقة، والتحول إلى الطاقة الهيدروجينية سيستغرق وقتًا طويلاً وكبيرًا تواجه العديد من الصعوبات، مثل الحاجة إلى الاستثمار.

الشكل (1-18) طاقة الهيدروجين[22] .

1.6.3.1 استخدامات طاقة الهيدروجين:

يُستخدم الهيدروجين على نطاق محدود بشكل مباشر كمصدر وقود أو كحامل للطاقة في خلايا الوقود، بينما يُستخدم أيضًا كمادة وسيطة في صناعات مثل الأسمدة والكيماويات والتكرير، أو لتوفير الحرارة في الصناعات كثيفة الطاقة مثل صناعة الصلب. يمكن استخدام الهيدروجين مباشرةً كوقود للتور بينات وهذه العملية متاحة تجاريًا حاليًا ولكنها تعتمد على استخدام مزيج الهيدروجين مع الغاز الطبيعي.

إن الهيدروجين يمكن استخدامه بصفته وقودًا بشكل مباشر في محركات الاحتراق الداخلي أو في توليد الكهرباء أو في خلايا الوقود باعتباره مادة تتفاعل مع الأكسجين، وهو التطبيق الأكثر نجاحًا حتى هذه اللحظة بل الأكثر شيوعًا كذلك.[23]

4.1 خصائص الطاقات المتجددة:

1.4.1 خصائص الطاقة الشمسية:

- مورد متجدد لا ينضب وبأسعار معقولة.
- يسهل إنشاء مشاريع مستدامة تعتمد على الطاقة الشمسية لتلبية احتياجاتها من الطاقة.

- سهولة تحويل الطاقة الشمسية إلى معظم أشكال الطاقة الأخرى.
- توفر عنصر السليكون اللازم لاستخدام الطاقة الشمسية بكميات كبيرة في الأرض.
- تعتبر طاقة نظيفة وغير ملوثة.[24]

2.4.1 خصائص طاقة الرياح:

- أنها طاقة نظيفة ولا تنتج عنها مواد ملوثة ولا ضارة بالبيئة .
- تستخدم في ضخ المياه وفي طحن الحبوب وفي توليد الكهرباء.
- تستخدم الطاقة الهوائية في تسيير المراكب والسفن الشراعية.

3.4.1 خصائص الطاقة المائية:

- سرعة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية ومرونتها التي لا مثيل لها في الاستخدام.
- سهولة التحكم في الطاقة الكهربائية وتقسيمها حسب الحاجة مما له أهمية في الصناعة الحديثة.
- لا تحتاج إلا لعدد قليل من اليد العاملة للإشراف على تشغيلها وإدارتها.

4.4.1 خصائص الطاقة الحيوية:

- مصدر طاقة متجدد لا ينفد.
- لا يعتمد على الوقود الأحفوري بشكل كبير.
- مصدر طاقة متعدد الاستخدامات.

5.1 مميزات الطاقات المتجددة:

- الطاقة المتجددة متاحة بسهولة في جميع أنحاء العالم.
- الطاقة المتجددة صديقة للبيئة ونظيفة.
- تساعد في خلق فرص عمل جديدة.
- تتميز الطاقة المتجددة بسهولة استخدامها واقتصادية للغاية نظراً لاعتمادها على تقنيات وآليات بسيطة.
- الطاقة المتجددة دائمة ومتجددة.
- يمكن الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.
- وهي عامل مهم في التنمية البيئية والاجتماعية في جميع القطاعات.

- يستخدم تكنولوجيا بسيطة ويمكن إنتاجه محلياً في البلدان النامية.[25]

6.1 عيوب الطاقات المتجددة:

1.6.1 عيوب الطاقة الشمسية:

– تكاليف الصيانة والتنظيف في المناطق الصحراوية.

– ارتفاع تكلفة البطاريات لتخزين الطاقة الكهربائية لتشغيل الأجهزة ليلاً.

– عدم القدرة على استخدام الطاقة الشمسية ليلاً أو عندما تكون الأحوال الجوية غير مستقرة.

2.6.1 عيوب طاقة الرياح:

– الطاقة الناتجة عن الرياح ليست ثابتة، حيث تختلف باختلاف الوقت من اليوم والموسم والموقع.

– الأضرار التي تلحق بالتنوع البيولوجي بسبب التور بينات الضخمة التي تقتل أعداداً كبيرة من الطيور المهاجرة أثناء دوران ريشها بسرعات عالية.

– بُعد مناطق إنتاج واستهلاك طاقة الرياح، مما يستلزم إنشاء شبكات ربط ضخمة. [26]

3.6.1 عيوب الطاقة المائية:

– هناك أماكن قليلة يوجد فيها فرق كبير بين مستويات المد والجزر، ولا توجد قطرات مياه إلا في مناطق معينة، كما أن عمر السدود قصير لأنها مليئة بالطين.

– تم تدمير الحياة البرية نتيجة بناء السدود وإجبار الناس على الرحيل.

– كما أن بُعد محطة الإنتاج عن اليابسة يجعل من الصعب نقل الكهرباء المولدة من البحر، ويجعلها أيضاً عرضة للتخريب من العواصف ومياه العواصف.

4.6.1 عيوب الطاقة الحيوية:

وتشمل الانتقادات الموجهة لمصدر الطاقة هذا ما يلي:

– تؤدي زيادة استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج الطاقة إلى اختلال التوازن البيئي.

– فقدان خصائص التربة بسبب استخدام مخلفات الماشية كوقود بدلاً من الأسمدة.

– انخفاض صافي إنتاج الطاقة الصافية من الإيثانول.

5.6.1 عيوب الطاقة الحرارية الجوفية:

– مشاريع الطاقة الحرارية الجوفية التجارية غالية الثمن ويأتي استكشاف وحفر الخزانات الجديدة بسعر باهظ

– بناء محطات الطاقة الحرارية الأرضية يمكن أن يؤثر على استقرار الأرض ويمكن أن تحدث الزلازل

– من الصعب الوصول إلى خزانات الطاقة الحرارية الأرضية الجيدة. [27]

6.6.1 عيوب طاقة الهيدروجين:

- تكلفة إنتاجه مرتفعة.
- غاز الهيدروجين مادة خطرة وسريعة الاشتعال.
- احتمالية إنتاج الكربون اثناء عملية توليده، وأكسيد النتروجين عند احتراقه.

7.1 أهمية الطاقات المتجددة في حماية البيئة:

تعد الطاقة إحدى القوى الرئيسية المحركة للاقتصاد العالمي وأهم العناصر التي تعتمد عليها جميع التطورات. ومع ذلك، ونتيجة للتقدم التكنولوجي والعلمي المتزايد، ازداد الطلب على مصادر الطاقة المختلفة وانعكس ذلك على الموارد من خلال الاستهلاك المفرط وغير الرشيد لمصادر الطاقة الأحفورية، حتى بات الجميع يدرك أن مصادر الطاقة التي يعتمد عليها على نطاق واسع قد وصلت إلى ذروة إنتاجها وقد برزت مشكلة النضوب، وتذبذبت الأسعار في السوق الدولية، وظهرت معها العديد من المشاكل والضغوطات البيئية، مثل التلوث البيئي والاحتباس الحراري وتغير المناخ. ونتيجة لذلك، ظهرت في العقود الأخيرة العديد من الدعوات لحماية البيئة والبحث عن موارد بديلة يمكن الاعتماد عليها في المستقبل.

ومن بين الموارد الطبيعية التي أصبحت ذات أهمية قصوى لكل من التنمية الاقتصادية المستدامة وحماية البيئة على حد سواء، تعتبر الطاقة المتجددة أهم البدائل المتاحة، حيث أن إمداداتها عامل أساسي في دفع عجلة الإنتاج والاستقرار والنمو، وتوفير فرص عمل دائمة والمساهمة في تحسين مستويات المعيشة والحد من الفقر في جميع أنحاء العالم وتعتبر من أهم البدائل المتاحة. فبالإضافة إلى كونها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة، تعد الطاقة المتجددة أيضاً بتحقيق التوازن البيئي والنمو المستدام وأمن الطاقة للأجيال الحالية والمستقبلية. وخلصت الدراسة إلى أن موارد الطاقة المتجددة وتكنولوجياتها تعد عنصراً أساسياً في التنمية الاقتصادية المستدامة، وبالتالي فإن

الطاقة المتجددة لديها القدرة على تلبية احتياجات التنمية في كل من البلدان المتقدمة والنامية على حد سواء، فضلاً عن قدرتها على زيادة التنمية والنمو على نطاق واسع. وخلصت الدراسة أيضاً إلى أن استخدام مصادر الطاقة المتجددة يسبب أضراراً بيئية أقل من مصادر الطاقة الأخرى ويمكن استخدامها أولاً كمصدر طبيعي لا ينضب، مثل الشمس والرياح، وثانياً كمصدر مستدام وموثوق به. وخلصت الدراسة إلى أن الجزائر لديها القدرة على أن تصبح رائدة عالميًا في مجال الطاقة المتجددة، ليس فقط على المستوى الإقليمي، بل على المستوى العالمي أيضًا، إذا ما اعتمدت ونفذت سياسات أكثر فعالية لتحقيق هذا الهدف.[28]

الخاتمة:

تم في هذا الفصل الإشارة الى أنواع ومصادر الطاقات المتجددة، حيث تطرقنا الى أهم أنواع الطاقات المتجددة المتمثلة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، الطاقة المائية بالإضافة الى مميزاتها وخصائصها ومزاياها وسلبياتها وإلى تعدد استخداماتها، والتي ذكرنا من بينها تجفيف المحاصيل عن طريق الطاقة الشمسية والتي هي مدخل لموضوع بحثنا. كما درسنا الإشعاع الشمسي والعوامل المؤثرة فيه، والاعتبارات المختلفة المتعلقة بوضع اللاقط الشمسي للحصول على أفضل عائد للمجفف الشمسي، كما درسنا دور الطاقة المتجددة في حماية البيئة.

الفصل الثاني : عموميات حول التجفيف

2 مقدمة:

يعد التجفيف أحد أقدم وأساليب حفظ الأغذية، وهو عملية تهدف إلى إزالة الماء من المواد الغذائية بهدف تقليل محتواها الرطوبي، وبالتالي منع تكاثر الكائنات الدقيقة والحد من التفاعلات الكيميائية التي قد تسبب تلفها. تعتبر عملية التجفيف أساسًا في صناعة الأغذية، إذ تساعد في زيادة مدة صلاحية المنتجات الغذائية وتحسين إمكانية نقلها وتخزينها

تتعدد طرق التجفيف وتشمل التجفيف بالشمس، التجفيف الصناعي باستخدام الهواء الساخن، التجفيف بالتجميد، والتجفيف باستخدام المجففات الكهربائية. كل طريقة لها مميزاتها وعيوبها، وتُختار بناءً على نوع المادة المراد تجفيفها، والتكلفة، والجودة المطلوبة للمنتج النهائي

في الآونة الأخيرة، شهدت تكنولوجيا التجفيف تطوراً كبيراً، حيث تم تطوير مجففات أكثر كفاءة وصديقة للبيئة، مثل المجففات الشمسية والهجينة التي تستخدم الطاقة المتجددة لتقليل استهلاك الطاقة التقليدية وتقليل الأثر البيئي، يمثل التجفيف تقنية حيوية في صناعة الأغذية، ويعتمد نجاحه على فهم العوامل المؤثرة فيه واختيار الطرق الملائمة لكل نوع من المواد الغذائية، مما يساهم في تحسين جودة المنتجات النهائية وزيادة استدامتها

1.2 تاريخ استخدام التجفيف:

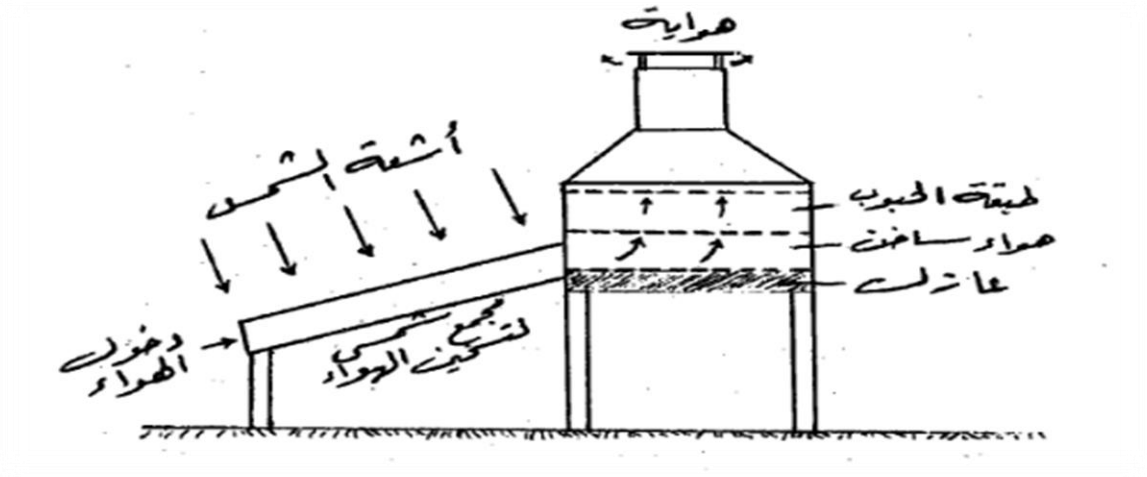
تم تطبيق تقنية تجفيف المحاصيل الزراعية في جميع أنحاء العالم لقرون عديدة. وعادة ما يتم تجفيف البذور والأوراق والفواكه بتعريضها لأشعة الشمس المباشرة لبضعة أيام على سطح صلب وأفقي، مع الابتعاد عن المطر والجرذان والحشرات. ثم يتم حفظ الأطعمة في حاويات ومخازن مختلفة بعد التأكد من حصولها على مستوى جيد من الجفاف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

2.2 تعريف التجفيف:

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

هذه طريقة شائعة تستخدم لتخزين المواد الغذائية والمواد الكيميائية وغيرها من المنتجات، ويتم تحقيق عملية التجفيف من خلال مجموعة متنوعة من الطرق بما في ذلك التجفيف الطبيعي، والتجفيف بالشمس، والتجفيف بالهواء، وتجفيف الفرن، والتجفيف بالتجميد والتجفيف بالرش، اعتمادا على طبيعة المادة والنتيجة المرجوة، والغرض الرئيسي من التجفيف هو إطالة العمر الافتراضي للمادة ومنع التلف. هو الحفاظ على جودتها وخصائصها.[29] [30]



الشكل (2-1) رسم توضيحي للتجفيف الشمسي

3.2 أنواع التجفيف:

يقسم التجفيف حسب الطرق المتبعة في إجرائه إلى نوعين هما:

1.3.2 التجفيف الشمسي الطبيعي:

في هذا النوع من التجفيف تستخدم الحرارة الناتجة من أشعة الشمس لتبخير كمية كبيرة من الماء أو الرطوبة التي تحتويها المواد الغذائية. وتحتاج هذه العملية إلى شمس ساطعة وحرارة مناسبة وبجانب ذلك تحتاج إلى مناشر" حوشات للتجفيف " ويشترط في هذه المناشر قربها من البستان وأن تقع في الجهة القبلية منه بعيدة عن الأتربة والرياح الممتلئة بالرمال .[30]

الشكل (2-2) التجفيف الشمسي

1.1.3.2 إيجابيات التجفيف الشمسي الطبيعي:

- طريقة سهلة لا تتطلب موظفين مؤهلين.
- طريقة غير مكلفة لأن الطاقة الشمسية مجانية.
- لا تحتاج إلى وسائل باهظة الثمن.

2.1.3.2 عيوب التجفيف الشمسي الطبيعي:

- استخدام عدد كبير من العمال لحمل الصواني وتقليبها.
- عدم التحكم في نسبة الرطوبة النهائية للمادة المجففة.
- تعرض الأغذية المجففة لفقد بعض مكوناتها من الفيتامينات كما تتعرض إلى تغير اللون.

- تتعرض بعض المواد المجففة لعبث الحشرات والطيور عند التجفيف في المنشر وتعرضها إلى الأتربة والندى مما يؤدى إلى تلفها.
- تحتاج الثمار المراد تجفيفها على مناشر كثيرة مما يعطل مساحة كبيرة من الأرض عن الاستغلال.
- الأغذية المجففة شمسياً أقل جودة من المجففة صناعياً.

2.3.2 التجفيف الصناعي:

تجفيف المواد الغذائية صناعياً لهواء سبق تسخينه بحرق الوقود أو الكهرباء أو غيرها، ويتم ذلك في أفران خاصة تعرف بالمجففات وهي متعددة الأشكال والألوان وقد تكون هذه المجففات مخلخلة الهواء للمحافظة على أكبر قدر ممكن من القيمة الغذائية للمادة.

ويتميز التجفيف الصناعي عن التجفيف الطبيعي بجودة الناتج ونظافته وارتفاع قيمته الغذائية، كما أنه يمكن اجراؤه في أي وقت وفي أي بلد وفى مدة قصيرة من مصنع يحتاج إلى مساحة صغيرة وإنتاجه ضخم، والاساس الأول في التجفيف الصناعي استخدام درجة حرارة مناسبة لتعطى مادة مجففة ذات طعم مقبول ولون جذاب وتقلل من نسبة فقد المواد الغذائية والفيتامينات. وتتراوح درجة الحرارة المناسبة للتجفيف ما بين 50 – 80 درجة مئوية.

الشكل (2–3) فرن للتجفيف الصناعي

1.2.3.2 إيجابيات التجفيف الصناعي:

- تتم عملية التجفيف على مدار اليوم بحيث لا تكون مستقلة عن تقلبات الطقس.
- حماية المنتجات من الملوثات وتغير المناخ.
- التحكم في عملية التجفيف.
- وقت تجفيف قصير.

2.2.3.2 سلبيات التجفيف الصناعي:

- ارتفاع تكلفتها يرجع إلى حقيقة أن تسخين الهواء يعتمد على الطاقة الكهربائية.
- خاصة بعد بعض المناطق الريفية على الشبكة الكهربائية في المناطق النامية.
- تصلب الطبقة الخارجية لبعض المنتجات يعيق عملية التجفيف ويقلل من جودة المنتج.

3.2.3.2 كيفية استخدام درجة الحرارة في التجفيف الصناعي:

تولد الحرارة المطلوبة للتجفيف من الكهرباء أو الخشب أو المازوت أو السولار أو من الديزل، وتعتبر الكهرباء أفضلها إلا أنها اكثرها تكلفة، وتستخدم الحرارة أما عن طريق تسخين المادة تسخيناً مباشراً أو تسخيناً غير مباشر

ففي التسخين المباشر يتم إمرار الهواء الساخن – الناتج من مصادر الحرارة المشار إليها – على المواد المراد تجفيفها مباشرة بدون وجود حائل يمنع اتصال الهواء الساخن بهذه المواد، ويعاب على هذه الطريقة تعرض المواد الغذائية المجففة للاحتراق أو الاسمرار أو الانتساخ بذرات الاحتراق، وتمتاز هذه الطريقة بانخفاض تكاليف التجفيف.

أما في التجفيف بالتسخين غير المباشر يتم رفع درجة حرارة الهواء الملامس للمادة الغذائية عن طريق ملامسته لأسطح الأفران المستعملة أو الأنابيب المسخنة بالكهرباء أو بالبخار المضغوط.

4.2.3.2 وظائف الحرارة المستخدمة في عملية التجفيف:

- تسخين المادة الغذائية إلى درجة الحرارة التي يتم عليها التجفيف، وهذا يؤدى إلى سهولة فصل الماء عن باقي مكونات المادة الغذائية وسهولة انتقاله إلى سطح المادة الغذائية مما يسهل تبخيره. وتعرف كمية الحرارة

المستخدمة لهذا الغرض بالحرارة الظاهرة وفى الإنتاج العملي فإن حرارة التجفيف تتراوح بين 50 – 80 درجة مئوية وزيادة درجة الحرارة عن ذلك تؤدى لحدوث ظاهرة الجفاف السطحي. ويلاحظ أن نسبة رطوبة المادة الغذائية وطبيعتها وتركيبها من العوامل المحددة لدرجة حرارة التجفيف، وتحسب كمية الحرارة المستخدمة في التجفيف من المعادلة التالية: (وزن المادة * الحرارة النوعية * عدد درجات الحرارة النوعية التي ارتفاعاتها المادة الغذائية)

- تحويل المادة الموجودة من المادة الغذائية إلى بخار على نفس درجة الحرارة وهذا ما يعرف بالحرارة الكامنة للتبخير وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لتبخير 1.0 كجم من الماء.
- زيادة قدرة الهواء على حمل بخار الماء حيث أنها تتناسب طردياً مع درجة حرارته.
- تعويض الحرارة المفقودة من المجففات بالإشعاع والتسرب حيث يتم فقد حوالي 50 % من كمية الحرارة المتولدة في المواقد مع الهواء الخارج من المجفف، ويقلل هذا الفقد بإعادة إدخال جزء من الهواء الخارج من المجفف بعد خلطة بهواء جديد إلى المجفف مرة أخرى، وعادة يكون معدل الخلط ما بين 50 – 75%

5.2.3.2 المقارنة بين التجفيف الطبيعي والتجفيف الصناعي:

أساس المقارنة	نظام التجفيف الشمسي	نظام التجفيف الصناعي
١- مصدر الحرارة	الشمس	مصدر حراري صناعي
٢- المساحة	يحتاج مساحات كبيرة	لا يحتاج إلى مساحات كبيرة
٣- المدة	تستغرق مدة أطول (أسابيع)	خلال ساعات أو دقائق أو ثواني حسب الطريقة
٤- العمالة	تحتاج لأيدي عاملة أكثر	عمالة أقل لأنها تعتمد على الأفران
٥- التكلفة	لا تحتاج تكلفة عالية	مكلفة
٦- اللون	فاتح	غامق نسبياً
٧- الفاقد	نسبة الفاقد أعلى	نسبة الفاقد أقل
٨- حدوث تغيرات	أكثر تعرضها للفقد في القيمة الغذائية و التغيرات الكيميائية	
٩- عوامل جوية	تتعرض للأتربة و العوامل الجوية	لا تتعرض للعوامل الجوية

الجدول (2–1) جدول يوضح المقارنة بين التجفيف الشمسي الطبيعي والتجفيف الصناعي

4.2 مبدأ التجفيف:

تتكون عملية التجفيف من سلسلة من العمليات الفنية التي تهدف إلى الإزالة الكاملة للمياه من المحاصيل الزراعية. هذا لأنه يقلل من نمو الكائنات الحية الدقيقة والإنزيمات التي تسبب تلف المحاصيل. يسمح التجفيف أيضا بتركيز المواد الزراعية بشكل كبير، مما يسهل النقل والتخزين والتعبئة ويسمح بتوريدها في غير موسمها دون الحاجة إلى استخدام المواد الحافظة.

يمكن إجراء عملية التجفيف باستخدام مجفف شمسي مباشر أو غير مباشر أو باستخدام فرن عادي. يدخل المجفف الشمسي الهواء إلى الغرفة حيث يوجد المنتج المراد تجفيفه. يمر الهواء عبر المادة، التي يتم تجفيفها بشكل موحد وموحد في المقاطع العرضية والطولية للمنتج المراد تجفيفه، من أجل إجراء عملية التجفيف اللازمة. تحدث عملية التجفيف بسبب الظواهر الفيزيائية التالية:

– **نقل الحرارة:** يشير إلى كمية الحرارة المتبادلة بين الهواء والمنتج المراد تجفيفه، حيث يزيد الهواء الساخن من درجة حرارة المنتج.

– **نقل الكتلة:** كمية بخار الماء المنقولة من المنتج إلى الهواء الجاف عندما يكون الهواء مشبعا بالرطوبة، ويتم تفريغ بعضها خارجيا لتقليل الضغط في المجفف.

لذلك، يدخل الهواء النقي إلى الداخل ليتلامس مباشرة مع المنتج وما إلى ذلك حتى يجف المنتج تماما [29]

5.2 الهدف من التجفيف:

- التجفيف يضمن بقاء المنتج أطول فتره ممكنه للاستهلاك بمعني أنه يضمن استمراريه المنتج طوال العام ولأعوام طويلة حيث تصل مدة صلاحية بعض المنتجات المجففة الى 5 أعوام.
- التجفيف يقلل مساحة التخزين للمنتجات حيث أن أغلب المنتجات المجففة تكون نسبه تجفيفها 1 كيلو جاف لكل 10 كيلو خام أي أنه بدلا من تخزين كميه خام 10 طن يتم تخزين 1 طن مجفف مما يعمل على توفير مساحات كبيره بالمخازن.
- تقليل تكلفه التصدير بتقليل الكمية المصدرة كما سبق شرحه بالنسبة للتخزين.
- المادة الفعالة أعلى بكثير في المنتج الجاف عنه في الخام حيث يعمل التجفيف على تركيز المادة الفعالة بالمنتج بالتخلص من الماء الزائد الذي يحل محله ماده جافة تحتوي على نسبة اعلى من المادة الفعالة.
- تقليل المحتوي الميكروبي للمادة المجففة نظرا لقله المحتوي الرطوبي وتعرض المادة المجففة لمعاملات حرارية كافيه لقتل أو تثبيط العديد من الميكروبات.

- أمكانية وصول المادة المجففة للاستهلاك الي المناطق التي لا تلائم ظروفها الجوية زراعه هذه المنتجات مع المحافظة على القيمة الغذائية لهذه النباتات.

إمكانية طحن النبات المجفف وتعبئته في أقراص او عمل شراب منه للاستخدام الطبي حيث لا يمكن طحن النبات الأخضر واستخدامه لهذا الهدف

6.2 *مزايا وعيوب الحفظ بالتجفيف:*

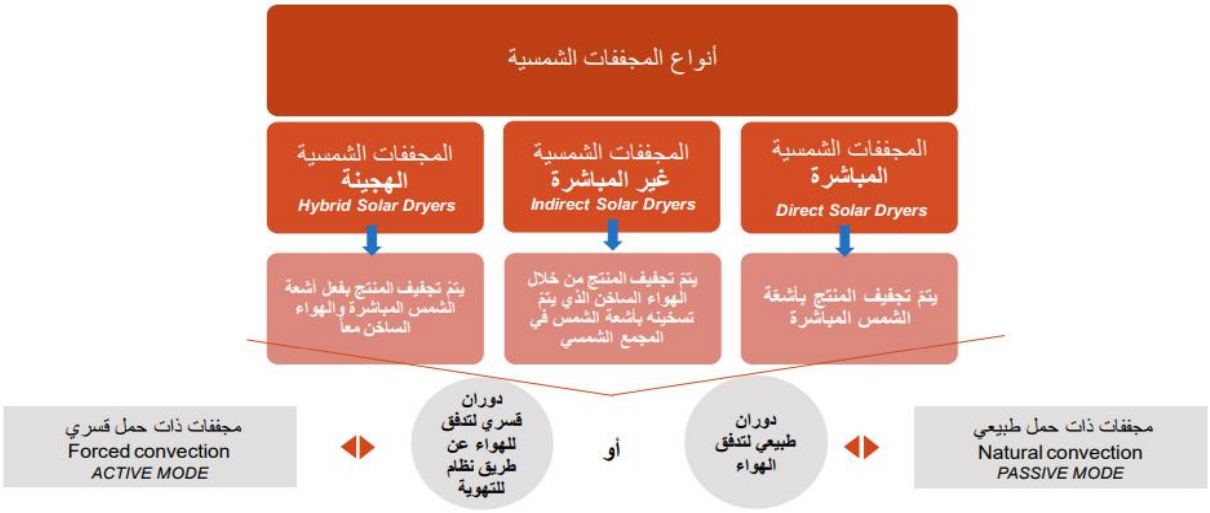
1.6.2 مزايا الحفظ بالتجفيف:

- يعتبر الحفظ بالتجفيف من أكثر طرق الحفظ استخداماً لانخفاض التكاليف ورخص ثمن العبوات وعدم الحاجة إلى التخزين داخل مخازن مجهزة تجهيز خاص كالثلاجات.
- الرخص النسبي لثمن المواد الجافة تبعاً لانخفاض نفقات صناعتها وعدم الحاجة لاستعمال مواد ثانوية تزيد قيمتها مثل السكر والعلب وخلافها.
- قلة وزن وحجم المواد المجففة وبالتالي سهولة النقل والتخزين.
- احتفاظ بعض المواد الغذائية المجففة بصفاتها الطبيعية وصلاحيتها للتخزين وبقاءها بدون تلف خصوصا عند العناية بتصنيعها وتخزينها.
- بعض الأغذية المجففة أصبحت مألوفة للمستهلك مثل الشاي واللبن والبن والنعناع.
- تفيد في إعداد وجبات الطوارئ والحروب والكوارث.
- الاحتفاظ بالمادة الغذائية عند ندرتها وبالتالي تنظيم عمليات العرض والطلب.

2.6.2 عيوب الحفظ بالتجفيف:

- تختلف صناعات الأغذية المجففة عن الطازجة من حيث الطعم والمظهر والقوام بقدر يختلف حسب نوع المادة وطريقة تجفيفها.
- لها تأثير فسيولوجي سيئ عند مداومة التغذية عليها.
- قصر مدة حفظها لتعرضها لفتك الحشرات عند عدم العناية بالتخزين أو التصنيع.
- تفقد بعض المواد المجففة بعض صفاتها الحسية وبعض من قيمتها الغذائية سواء اثناء التجفيف أو التخزين.
- شدة تغير لون المنتجات واكتساب معظم الخضروات الجافة طعم غريب.
- تحتاج الأغذية المجففة عند تحضيرها للاستهلاك إلى عملية نقع لتتشرب بالماء ثانية ويستغرق ذلك مدة تطول أو تقل حسب نوع المادة وطريقة التجفيف.
- مدة حفظ الأغذية بالتجفيف قليلة بالمقارنة بطرق الحفظ الأخرى خاصة عند ارتفاع نسبة الرطوبة بها.

7.2 *أنواع المجففات الشمسية:*



الشكل (2-4) مخطط يوضح أنواع المجففات الشمسية

1.7.2 المجففات الشمسية حسب طريقة تدفق الهواء :

تصنف المجففات الشمسية حسب طريقة تدفق الهواء إلى نوعين:

1.1.7.2 المجففات ذات حمل طبيعي:

- تتكون هذه المجففات من غرفة تجفيف مغطاة بغطاء شفاف (بولي إيثلين أو زجاج أو غيرها) يسمح للإشعاع الشمسي بالتسخين المباشر للمنتج المخزن بالداخل.
- تتضّمن هذه المجففات فتحات تسمح بدخول وخروج الهواء، يمكن إضافة مدخنة لتسهيل خروج الهواء.
- نظام بسيط ورخيص يحمي المنتجات المجففة من المطر والملوثات الخارجية، ولكن قد يؤثر على جودة المنتج بسبب زيادة في ارتفاع الحرارة في بعض الحالات
- مناسبة لتجفيف الفواكه والخضروات والأعشاب والتوابل والمكسرات ...

أ – مجفف صندوقي:

الشكل (2–5) مجفف صندوقي

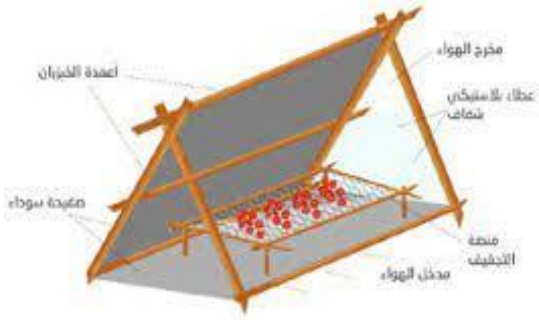
- جيد لاستخدام المنزلي وتجفيف الفواكه والخضار والتوابل والأعشاب على نطاق صغير .
- عادة ما يتم طلي الجزء الداخلي من حجرة التجفيف باللون الأسود أو استخدام مواد سوداء في تصميمها لتعزيز امتصاص الاشعاع الشمسي.
- يمكن إضافة تعديلات إلى التصميم لتعزيز دوران الهواء وزيادة معدل التجفيف عن طريق إضافة مساحة خشبية على سبيل المثال لتوجيه مدخل الهواء أو مدخنة طويلة لتسهيل خروج الهواء الرطب.

ب –مجففات الدفيئة:

- المعروفة أيضا باسم مجففات الخيمة، وهي دفيئات معدلة .
- جيدة لتجفيف منتجات زراعية متعددة على نطاق واسع
- .يمكن تزويدها بمدخنة للدوران الطبيعي للهواء الساخن .
- يمكن عادة استخدام الصفائح البلاستيكية أو المعدنية الداكنة لتغطية أرضية الخيمة لزيادة امتصاص الاشعاع الشمسي.
- يمكن أن تكون المواد المستخدمة إطار الخيمة معدنيةً على أو خشبية أو من الخيزران اعتمادا النموذج المعتمد :
- مجفف خيمة من البولي إيثلين ذو الدورانً عادة الطبيعي (أ): يكون إطار الخيمة مصنوعا من الخيزران المغطى بصفيحة/غشاء من البوليُ إيثلين الشفاف. ويسمح للهواء بالدخول من القاعدة

السفلى للخيمة عن طريق لف الغطاء وفكه ويخرج من الخيمة من خلال فتحات التهوية في الجزء العلوي .

- مجفف شمسي على شكل قبة أو نفق ذو الدوران الطبيعي (ب): هذا النموذج له شكل شبه أسطواني ويتكون من إطار معدني مغطى بغشاء من البولي إيثلين الشفاف .ويدخل الهواء الخيمة من خلال فتحات دخول موجودة في قاعدة كال الجانبين على طول الخيمة بأكملها ويخرج من فتحات التهوية الموجودة في الجزء العلوي. وتتم إضافة مادة شبكية إلى فتحات التهوية لمنع الحشرات والآفات من الدخول وتقليل التلوث الخارجي .ويمكن إضافة مدخنة لهذا النوع من المجففات.

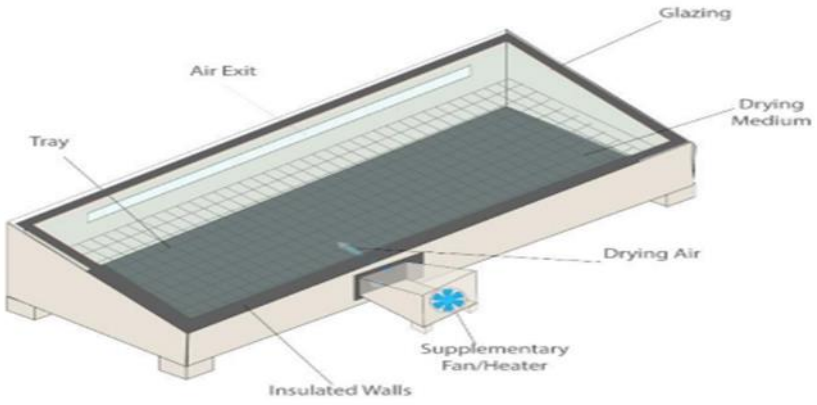


(أ) (ب)

الشكل (2-6) مجففات الدفيئة

2.1.7.2 مجففات ذات حمل قسري:

- في هذه المجففات، يتم تحسين دوران الهواء بواسطة نظام تهوية ومراوح التي يمكن تشغيلها على الطاقة الشمسية أو الكهرباء
- كلفتها أغلى من المجففات ذات الحمل الطبيعي وتتطلب بعض المهارات للتشغيل والصيانة.
- أكثر ملاءمة للمحاصيل ذات المحتوى العالي من الرطوبة (الكيوي، الملفوف، القرنبيط، البابايا، الطماطم، المانجو)



الشكل (2-7) مجفف صندوقي مزود بمروحة

2.7.2 المجففات الشمسية حسب طريقة تسخين الهواء:

1.2.7.2 المجففات الشمسية المباشرة:

وهو عبارة عن صندوق خشبي معزول حراريا من أسفل ومثبت أسفله لوح مدهون باللون الأسود، ويغطى الصندوق بلوح زجاجي أو بلاستيك شفاف، حيث تعمل ثقوب أسفل الصندوق وفي اللوح الأسود على تمرير الهواء إلى المجفف كما تعمل الثقوب في الجدران الصندوق بغرض السماح للهواء الساخن المحمل بالرطوبة بالخروج من المجفف، ويمكن تحسين الأداء بوضع كمية من الصخور بين اللوح الأسود والقعر حيث تعمل كخزان حراري يطلق حرارته بعد غروب ويعمل كذلك كمنظم لدرجة الحرارة داخل المجفف ويتكون من:

- الزجاج يعمل كحاجز للحرارة داخل الصندوق ويساعد الميل في تدفق الهواء
- الثقوب أسفل الصندوق) مدخل الهواء إلى الصندوق (والثقوب في الجوانب) مخرج الهواء من الصندوق (كلما زادت المساحة الإجمالية للثقوب كلما زاد تدفق الهواء وازدادت الكفاءة الحرارية للمجفف ولكن قلت درجة الحرارة
- – جودة العزل الحراري أسفل الصندوق تزيد من كفاءة المجفف .تعمل بوابة في أحد الجوانب للمناولة ويمكن ان يكون السقف الزجاجي هو بوابة المناوله.[31]

الشكل (2-8) المجفف الشمسي المباشر

إيجابيات المجففات الشمسية المباشرة

-تركيبها بسيط وغير مكلف.

- تقنيتها سهلة في متناول الجميع.

- الطاقة في التجفيف مجانية.

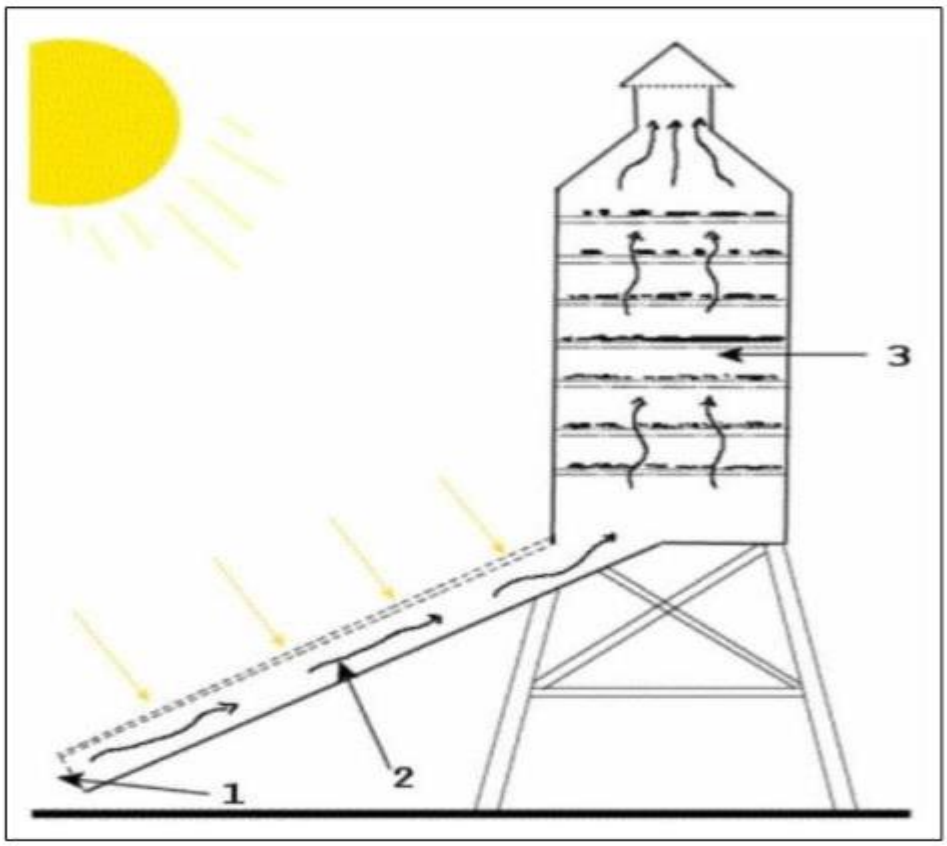
سلبيات المجففات الشمسية المباشرة:

- انخفاض جودة المنتج المجفف وتغير لونه.

- الحرارة العالية داخل المجفف تؤدي إلى فقدان بعض الفيتامينات منها الفيتامينB وC.

2.2.7.2 المجففات الشمسية غير المباشرة:

ويشبه المجفف المباشر غير انه أفضل. وفي هذه الطريقة تبقى عملية التجفيف معتمدة على حالة الجو، ولكن يتم تركيز أشعة الشمس بواسطة المجمع الشمسي مما ينتج عنه درجات حرارة أعلى، الأمر الذي يقلل من فترة اللازمة للتجفيف. وكلما كانت فترة التجفيف أقصر، قلت فرص تمكن الكائنات الدقيقة لإتلاف المادة الغذائية، وأيضا من مميزاته انه لا تتعرض المواد المراد تجفيفها الأشعة الشمسية مباشرة بل يسخن الهواء بواسطة المجمع الشمسي الحراري، ويدفع إلى غرفة التجفيف ومنها إلى الجو حاملا معه جزءا من رطوبة المادة الغذائية[32]



الشكل (2-9) مجفف شمسي غير مباشر[32]

ايجابيات المجففات الشمسية غير المباشرة:

- عدم التعرض المباشر لأشعة الشمس يحافظ على اللون والقيمة الغذائية للمنتج.

- لا حاجة لمصدر آخر للطاقة.

سلبيات المجففات الشمسية غير المباشرة:

-تركيبه مكلف.

-عملية التجفيف مرهونة بعوامل الطقس.

- ضعف مقاومة الزجاج يفرض تبديله باستمرار

3.7.2 المجففات الشمسية الهجينة:

في هذا النوع من المجففات يستعمل فيه مصدر آخر للطاقة (طاقة كهربائية أو طاقة احتراق الفحم أو الغاز) إضافة إلى المصدر الرئيسي للطاقة وهو الشمس، ويتمثل دور مصدر الطاقة الثانوي في المحافظة على ثبات درجة الحرارة داخل المجفف عند التقلبات الجوية، كما تغذي المراوح التي تدير هواء التجفيف[34]

الشكل (2-10) مجفف شمسي هجين[34]

إيجابيات المجففات الشمسية الهجينة:

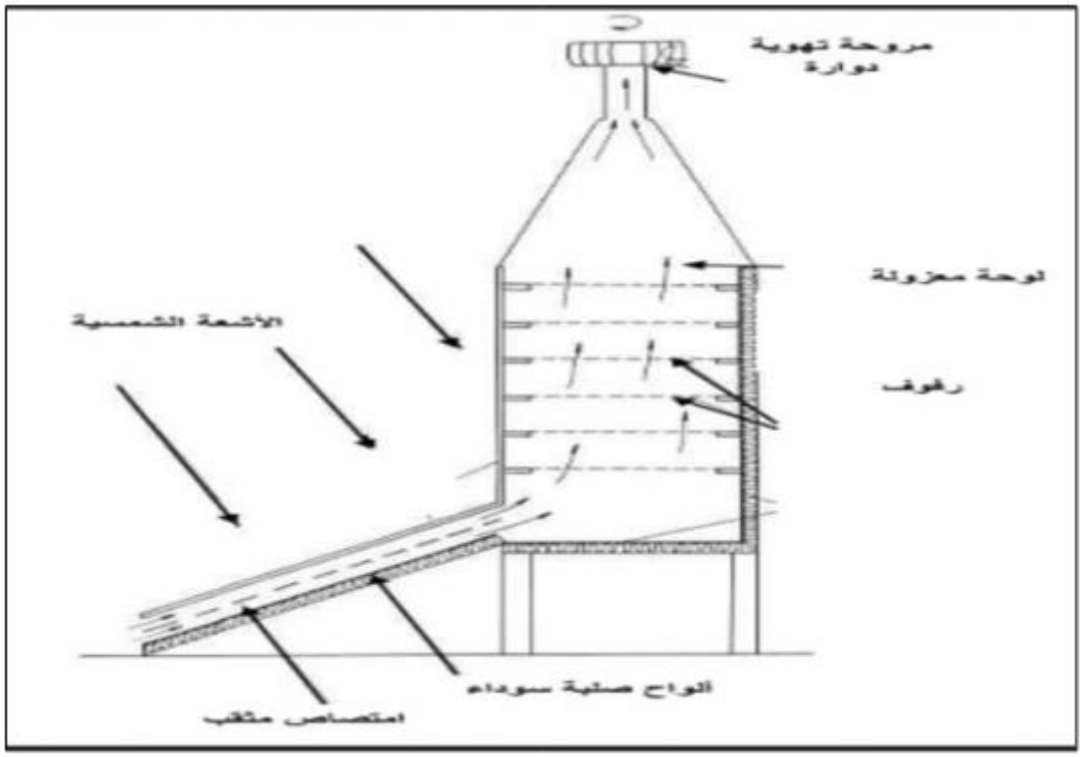
- التحكم في درجة الحرارة جيدة وسرعة التجفيف.
- عائد جيد، حيث تستمر عملية التجفيف ليلا ونهارا.
- استهلاك أقل للطاقة مقارنة بالمجففات الصناعية.

سلبيات المجففات الشمسية الهجينة:

- تكلفتها أكثر تكلفة مقارنة بالمجففات الشمسية الأخرى.
- الحاجة إلى القرب من مناطق ربط الطاقة الأخرى مثل شبكات الطاقة.
- يتطلب تشغيلها قوة عاملة مؤهلة.

4.7.2 المجففات الشمسية المختلطة:

هذا النوع يجمع في طريقة عمله بين المجفف الشمسي المباشر والغير المباشر، حيث يتم تسخين الهواء بواسطة مجمع شمسي كما في المجففات الشمسية غير المباشرة، أما غرفة التجفيف فتغطى بصفيحة زجاجية شفافة مثل ما هو موجود في المجففات الشمسية المباشرة، لذلك فانه يمتلك نفس إيجابيات وسلبيات المجففات المباشرة والغير مباشرة[33]



الشكل (2-11) المجففات المختلطة

8.2 *مجالات استعمال التجفيف الشمسي:*

استعمل الإنسان التجفيف بواسطة الطاقة الشمسية في أنحاء العالم في عدة ميادين نذكر منها:

- تجفيف السمك واللحم
- تجفيف الخضر: الفلفل –البصل، الطماطم والجزر
- تجفيف الفواكه: الموز والعنب، البلح والمنجا والمشمش، العنب ...
- تجفيف المحاصيل الزراعية: الأرز –الحبوب، البن والفول السوداني، الذرة، الزنجبيل، الفاصوليا والكاكاو....
- تجفيف الأعلاف لتغذية قطعان الماشية.

9.2 مميزات حفظ الأغذية 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 و Bتتلف جزئًيا) 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[35]

10.2 فوائد حفظ الاغذية:

– عملية التجفيف بالطاقة الشمسية أرخص من الطرق الأخرى لتخزين الطعام، مثل التعليب والتجميد، ولا تتطلب إضافة مواد حافظة.

– تقليص تكلفة التخزين والتعبئة والنقل لأن التجفيف يخفض من حجم وكتلة المواد المجففة لفقدها لمعظم رطوبتها.

– استهلاك أغذية في غير موسمها بأسعار معقولة.

– زيادة دخل المزارعين للحفاظ على فائض المحاصيل من التلف في ظل عدم وجود غرف التبريد.

– سهولة تخزين المواد المجففة، وهي لا تتطلب مساحات كبيرة مقارنة بالأغذية المعلبة.

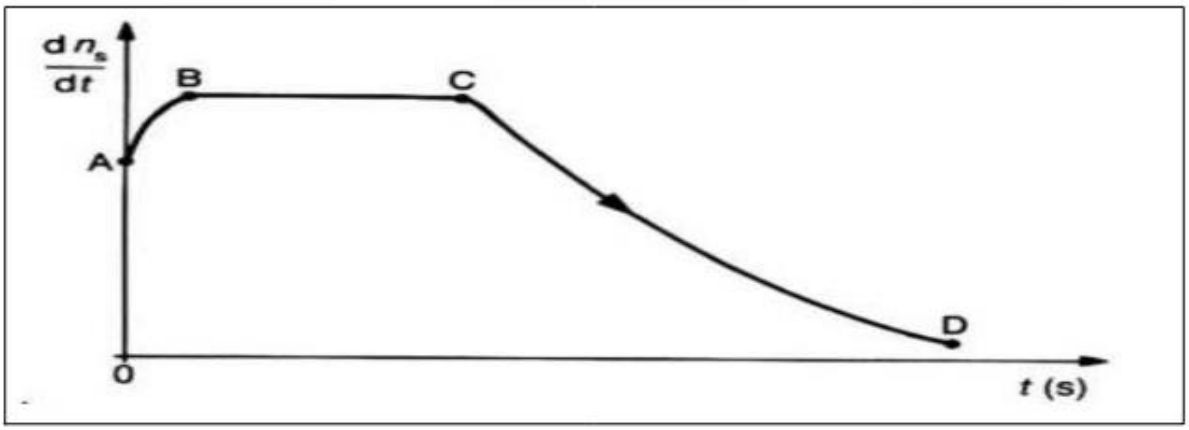
11.2 مراحل عملية التجفيف:

خصائص تجفيف المنتج لها وصف أفضل عندما تكون ممثلة بمنحنيات.

واحدة من التمثيلات الأكثر توضيحا لمراحل عملية التجفيف هو محتوى الرطوبة للمنتج ns كدالة للزمن t المعطى في الشكل، أو سرعة تجفيف dns / dt كدالة للزمنt الوارد في الشكل وقد اقترح كريشر طريقة أخرى للتمثيل سرعة تجفيف dns / dt ومحتوى الرطوبة ns هو موضح في الشكل [36]

A : هي القيمة الأولية للرطوبة

c : هي النقطة الحرجة في التجفيف



الشكل (2-12) منحنى يوضح سرعة التجفيف بدلالة الزمن

تبرز هذه الأنواع الثلاثة من التمثيل وجود عدة مراحل في مسار التجفيف. ليست كلها قابلة للملاحظة بشكل منهجي. نميز منها:

المرحلة الأولى: مرحلة التزايد (AB)

عادة، إذا كانت طبقة صغيرة من الماء عبارة عن مادة ذات حجم تنفيس على سطح، فإن إزالة هذه الطبقة عن طريق التجفيف هي بالضبط نفس تبخر الماء من سطح حاوية تحتوي على ماء.

الوقت اللازم لإكمال المرحلة الأولى يعتمد بشكل مباشر على سمك طبقة الماء على سطح المادة، هذه الفترة قصيرة، في هذه المرحلة تتغير الرطوبة ببطء، ولكن على العكس من ذلك، ترتفع درجة الحرارة حتى تقترب من الحرارة الجافة، هذه المرحلة قصيرة جدا، من غير الواضح ما إذا كان المنتج كبير الحجم أو المنتج كبير الحجم. [36]

المرحلة الثانية: مرحلة التجفيف الثابت (BC)

في هذه المرحلة، يظل معدل التجفيف ثابتا لمعظم المواد، وتتحرك الرطوبة إلى السطح في شكل سائل تحت تأثير قوى الشعيرات الدموية، مما يخلق توازنا بين آلية انتشار الغشاء ونقل الرطوبة الداخلية إلى السطح، وتبقى درجة الحرارة موحدة في جميع أنحاء المادة، حيث تم استخدام الحمل الحراري لتبخير الماء إلى السطح.[37]

المرحلة الثالثة: مرحلة انخفاض سرعة التجفيف (CD)

خلال هذه المرحلة تنخفض سرعة التجفيف بحيث يصبح من صعب تبخير الماء من المنتج ويفسر هذا الانخفاض ب:

– اختفاء الماء الحر من سطح المادة .

– تحرك الماء وانتشاره داخل المادة المراد تجفيفها إلى أن تصل الى السطح الخارجي[36] .

12.2 *الظواهر الفزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف:*

يلاحظ خلال عملية التجفيف ظاهرتين فزيائيتين ناتجتين عن التفاعل بين المنتج المراد تجفيفه والهواء. فالظاهرة الاولى الانتقال الحراري الذي يؤثر عن المنتج انطلاقا من الهواء .والظاهرة الثانية وهي الانتقال الكتلي (بخار الماء) من المنتج باتجاه الهواء

– **الانتقال الحراري:**

إن الفرق في درجة الحرارة بين الهواء والمنتج ينتج عليه انتقال للحرارة. أي بسبب ارتفاع درجة الحرارة في الغرفة، ويؤدي هذا الانتقال الى خفض درجة الحرارة فيها وبالتالي خفض الضغط في غرفة التجفيف، يحدث الانتقال الحراري بأنواعه الثلاثة: التوصيل، الحمل والإشعاع، تحدث هذه الأنواع بفردها او مع بعضها البعض

- **الحمل الحراري:**

الطاقة الحركية تحمل بعيدا بواسطة جسيمات المائع من خلال تغيير مواقعها كمثال: الهواء المجاور للسطح الساخن يستقبل الحرارة من الجسم الصلب. جزيئات الهواء المجاورة للسطح الساخن تتحرك بسرعة بعيدة عن بعضها البعض بسبب زيادة الطاقة الحركية.

تيار الحمل يمكن أن يحدث في السوائل والغازات فقط ولا يمكن أن يحدث في المواد الجامدة، لأن الجزيئات ليست حرة الحركة، وكذلك لا يحدث في الفراغ بسبب عدم وجود جزيئات.

عندما يكون لدينا جسم صلب مساحته ودرجة حرارته على اتصال مع وسط مائع درجة حرارته إذن كمية الحرارة التي اجتازت المساحة تكتب بالعلاقة، ويعرف هذا القانون بقانون نيوتن

في الانتقال الحراري بالحمل نستطيع تمييز نوعين:

- **الحمل الطبيعي:**

في هذه الحالة حركة المائع متعلقة بالتغير في كتلته الحجمية مع درجة الحرارة، هذا التغير يخلق قوة جاذبة تساعد في انتقال جزيئات المائع[30]

- **الحمل القسري:**

حركة المائع في هذه الحالة مستقلة تماما عن الظاهرة الحرارية، حيث تجرى بطريقة ميكانيكية مثل مضخة أو مروحة

- **الاشعاع الحراري:**

هذا النوع من الانتقال يحدث في المجففات الشمسية المباشرة، حيث ان سطح المادة المجففة يسخن مباشرة بواسطة الأشعة القادمة من الشمس. [40] حيث وجد العالمان "ستيفان– بولتزمان" أن الطاقة الإشعاعية (0) تتناسب تناسبا طرديا مع درجة حرارة السطح المطلقة

التوصيل الحراري:

يتم عن طريق الاتصال المباشر بين المنتج والجدار الساخن، يتم امتصاص الأبخرة الناتجة عن التجفيف أو المدفوعة بغاز متدفق يكون معدل تدفقه منخفضا دائما مقارنة مع ذلك المطلوب لتجفيف الحمل الحراري[40]

13.2 *مردودية التجفيف:*

- **المردودية التكتلية:**

المردود الكتلي يعتمد بشكل كبير على طبيعة وحجم المنتج والمحتوى الرطوبي ودرجة الحرارة وسرعة الهواء حول المنتج

- **المردودية الطاقوية :**

في عملية التجفيف يتم تعريف كميتين تميزان الطاقة المستهلكة:

- متوسط استهلاك الطاقة هو مقدار الطاقة اللازمة لتبخير 1 كغ من المياه الموجودة في المنتج.
- نسبة استهلاك الطاقة[42] .

14.2 *التغيرات الغذائية التي تحدث بعد عملية التجفيف:*

يجب أن تتم عملية التجفيف بطريقة تحافظ على جودة المنتج دون تغييرات كبيرة في نهاية العملية. نظرا لأن المنتجات المرة تختلف طبيا عن المنتج الأصلي بعدة طرق، فإن معظم المنتجات الزراعية والغذائية تتأثر بالجفاف.

التغيرات الفيزيائية والميكانيكية:

تؤدي عملية إزالة الماء من المنتج إلى تفكك المنتج من تلقاء نفسه، ويختلف شكل المنتج النهائي المجفف عن الشكل الأصلي. تؤثر ظاهرة نقل المحلول إلى السطح ونقل المواد الدهنية والتكسير والانكماش سلبا على جودة المنتج.

تعديل الكيمياء الحيوية:

درجات الحرارة المرتفعة لفترات طويلة تسبب تغيرات ضارة في الطعام.

التغييرات الرئيسية:

– تفاعل ميلارد: هو تفاعل بيولوجي غير إنزيمي ينتج عن التفاعل بين البروتينات والكربوهيدرات وينتج عنه منتجات بنية. لكن ردود الفعل هذه تؤدي إلى فقدان التغذية.

– تجميع البروتين: يحد من قدرة المنتج على التعافي بعد التجفيف.

– التفاعلات الأنزيمية: لها تأثير تلوين على المنتج. لتقليل هذا التأثير، يجب إبطاء عملية الإنزيم بالمعالجة المسبقة، مثل الغليان أو خفض درجة حرارة التجفيف.

– تدمير الفيتامينات

– أكسدة (تلف) الدهون

فقدان الرائحة واللون:

تتم إزالة الماء الموجود في المنتج المراد تجفيفه عن طريق احتواء مواد متطايرة أخرى في المنتج، مثل المنكهات في المنتجات الزراعية والغذائية. تأثير التجفيف على لون المنتج أقل في نظام التجفيف مع درجة حرارة منخفضة واضطراب قسري مقارنة بالمنتج الأصلي.

الجودة الحسية:

إنه مزيج من حواس التصميم المختلفة التي تحصل عليها من خلال اختيار واستهلاك المنتج. يتم تقييم المنتجات من خلال الجوانب المرئية، مثل اللون والحجم والشكل والتوحيد وعدم التشوه. وهذا الجانب مهم جدا في تقييم جودة المنتج. يقتصر حاسة التذوق على الحلاوة والحموضة والملوحة والمرارة. والنكهة تنطوي على حاسة التذوق والرائحة والملمس. غالبا ما تفقد النكهة في المنتجات الجافة بسبب فقدان المواد الطاردة للحشرات، حيث تمر بنفس العملية التي يحدث فيها نقل بخار الماء من المنتج إلى الخارج، وبالمثل، يتسبب التفاعل الكيميائي في فقدان النكهة. [43]

الجودة الغذائية:

وهذا يشمل المعلمات الكيميائية مثل محتوى السكر والحموضة وفيتامين س وحمض الكوربيك ومحتوى بيتا كاروتين ومحتوى الحموضة قبل التجفيف وبعده. يتأثر فيتامين ج بارتفاع درجات الحرارة؛ انخفاض الجودة

الغذائية يشير إلى فقدان القيمة الغذائية بسبب ارتفاع درجات الحرارة في عملية التجفيف وفترات التجفيف الأطول؛ ارتفاع الحموضة يشير إلى تدهور الجودة بسبب التخمير

القدرة على معالجة الجفاف:

يتم استهلاك بعض الفواكه والخضروات المجففة بعد الترطيب. مع إضافة الماء، سيستعيد المنتج مذاقه الأصلي ورائحته وملمسه ومظهره. ومع ذلك، لن يتم استعادة المنتج بالكامل إلى حالته الأصلية. كلما اقترب المنتج من مستوى الرطوبة الأصلي، كان نسيجه ومظهره أفضل. يؤثر تلف الأنسجة للمنتج أثناء عملية التجفيف على قدرة معالجة الجفاف للمنتج الجاف. نظرا لأن جدران الخلايا تصبح أكثر نفاذية، فمن الضروري معالجتها مسبقا بالتحليل النسيجي قبل بدء عملية التجفيف.

15.2 *كيفية إزالة الماء من المنتجات الغذائية:*

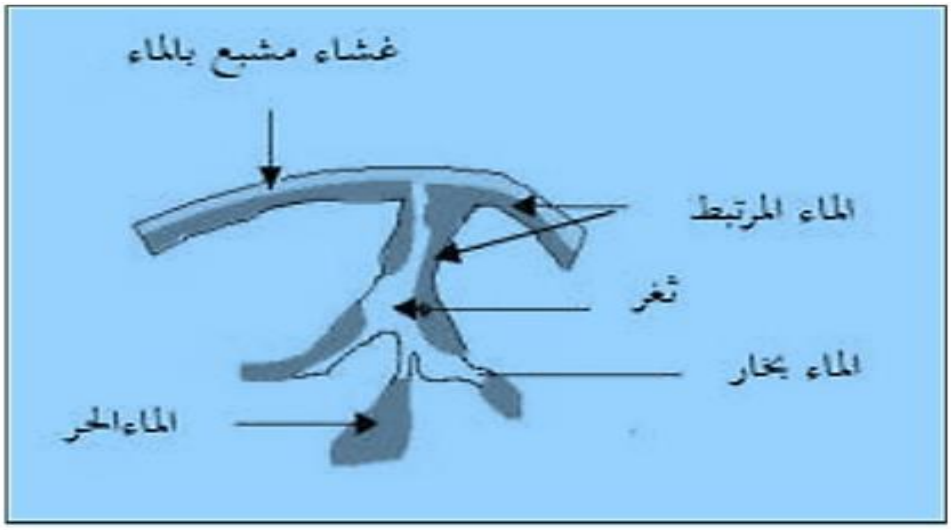
نظرا لأن المنتجات الزراعية عبارة عن أجسام مسامية، فإن الماء موجود فيها على شكل طبقات ويمكن إزالته على النحو التالي:

– **ماء الحر:** هو ماء قريب من السطح ويتبخر عبر السطح.

تتعرض المادة للحرارة المباشرة، مثل ضوء الشمس، ويفقد هذا النوع من الماء ببساطة.

– **الماء المرتبط:** هو الماء الذي يتحرك عبر غشاء الخلية من تركيز عال إلى تركيز منخفض ويمر عبره، بشكل عام، يتم التحكم في هذا النوع من الماء من خلال عملية التجفيف ويتطلب بعض الطاقة الحرارية.

– **الماء المتحد:** يتم التحكم في هذه المياه ويمكن إزاحتها بسبب أصل الثمرة وتكوينها، ونسبتها بسيطة، ومن خلال إزاحتها، يتغير تكوين الفاكهة وشكلها، لذلك لا تحتاج إلى إزاحتها.[30]



الشكل (2–13) توزيع الماء

16.2 العوامل التي تؤثر على سرعة التجفيف:

سرعة الهواء : تزداد سرعة التجفيف مع زيادة سرعة مرور الهواء في المجفف، مما يؤدي إلى سرعة حركة الماء من داخل الطعام إلى الخارج، ثم معدل تبخره.

درجة حرارة الهواء المستخدم ومقدار تخفيضه: درجة الحرارة المستخدمة للتجفيف في حدود 50–80 درجة مئوية، وتجدر الإشارة إلى أنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء الداخل إلى المجفف، كلما كان التجفيف أسرع بسبب انخفاض درجة الحرارة عند المخرج.

نوع المادة المراد تجفيفها: إذا كانت لكل مادة ظروف تجفيف خاصة بها

شكل وحجم وسمك القطع المصنعة: تؤدي زيادة السطح المكشوف للطعام المراد تجفيفه في الهواء الساخن إلى زيادة سرعة التجفيف.

تحميل الدرج: يتناسب حمل الدرج عكسيا مع سرعة التجفيف، أي الحمل الأعلى على الدرج، وسرعة التجفيف المنخفضة، والعكس صحيح.

الضغط: إذا تم تنفيذ عملية التجفيف تحت ضغط منخفض، فإن درجة تبخر الماء ستنخفض وسيزداد معدل التجفيف.

17.2 الشروط اللازمة للحصول على اعلى قيمة غذائية للمنتج المجفف:

لضمان أفضل قيمة غذائية للمنتج المجفف، من الضروري تحقيق ما يلي:

– تجنب التبييض الفردي.

– إجراء عملية التجفيف في أقصر وقت ممكن دون زيادة درجة الحرارة فوق 65 درجة مئوية أو 60 درجة مئوية المتبقية في فترة التجفيف في بداية التجفيف.

– تجنب تحميل المجفف أكثر من اللازم.

– ضع قطع الطعام في صواني تجفيف متباعدة جيدا ولا تتداخل معا.

– الحفاظ على تدفق جيد للهواء في المجفف لنقل الرطوبة من الطعام أثناء عملية التجفيف.

– تنفيذ عملية التجفيف عندما تكون الرطوبة النسبية للهواء منخفضة قدر الإمكان.

– افحص الطعام للتأكد من أنه جاف بدرجة كافية.[44]

– تكيف الفواكه المجففة.

– يجب تخزين الطعام الجاف في مكان بارد ومظلم وجاف.

– تخزين المواد المجففة في حاويات لا تسمح للرطوبة والأكسجين بالوصول إلى الداخل

– تخزين الطعام الجاف بكميات يسهل استهلاكها دفعة واحدة

18.2 *تنقية المجفف:*

للحفاظ على الأداء الجيد للمجفف ينصح بتنقية المجمع دوريا أو كل صباحا خاصة الزجاج من الغبار، الذي تتميز به المناطق الجافة يعيق نفاذ الأشعة الشمسية والذي يؤثر على مردود المجمع، كذلك تنقية غرف التجفيف من بقايا المنتج والحشرات ويستحسن غسل أطباق التجفيف بمادة معقمة. إن أهم مشكلة تواجه الباحثين في مجالات استخدام الطاقة الشمسية هي وجود الغبار ومحاولة تنظيف أجهزة الطاقة الشمسية، منه وقد برهنت البحوث الجارية حول هذا الموضوع أن أكثر من نصف من فعالية الطاقة الشمسية تفقد في حالة عدم تنظيف الجهاز المستقبل لأشعة الشمس لمدة شهر. إن أفضل طريقة للتخلص من الغبار هي استخدام طرق التنظيف المستمر أي على فترات لا تتجاوز ثلاثة أيام لكل فترة وتختلف هذه الطرق من بلد إلى آخر معتمدة على طبيعة الغبار وطبيعة الطقس في ذلك البلد.

الخاتمة:

تم في هذا الفصل الإشارة الى التجفيف، حيث تطرقنا الى أهم أنواع التجفيف الشمسي المتمثلة في التجفيف المباشر والغير المباشر، والهجين بالإضافة الى أنواع التجفيف وإلى مبدأ عمل التجفيف والهدف منه والسلبيات وإيجابيات كل من أنواع التجفيف المذكورة كما تطرقنا الى معرفة مراحل التجفيف ومزاياه، كما تعرفنا على اهم المراحل التي تحدث اثناء عملية التجفيف وإزالة الماء وبعد إزالته. كما تعرفنا على العوامل الظواهر التي تؤثر على المنتج المراد تجفيفه أثناء عملية التجفيف والى الشروط اللازمة للحصول على اعلى قيمة للحفاظ على المنتوج.

الفصل الثالث :دراسة المجفف المعني بالتحسينات

مقدمة

بعد وصف أنواع المجففات ووصف المجفف الذي تم استخدامه المتمثل في المجفف الشمسي الهجين وبعد التحدث على اهم خصائصه ومكوناته وإيجابياته وسلبياته. يمكننا الان ضمن هذا الفصل سرد الخطوات التجريبية لعمل المجفف تحت طقس منطقة الوادي. ومن ثما الحصول على النتائج المراد تحقيقها لتجفيف بعض المحاصيل الزراعية المحلية وفي التالي يمكن عرض التجربة المنجزة.

1.3 وصف منطقة التجربة:

تم إجراء هذه الدراسة التجريبية في منطقة الوادي الواقعة بين °6.8479682خط الطول و°33.3713397 خط العرض [1] **تتميز** ولاية الوادي بمناخ صحراوي قاسٍ، حيث ترتفع درجات الحرارة في الصيف إلى متوسط 34°م وقد تصل إلى أكثر من 50°م في بعض الأحيان، بينما تكون درجات الحرارة في الشتاء أقل من 10°م. تكون الأمطار قليلة ونادرة بسبب بعد المنطقة عن البحر، ويبلغ المتوسط السنوي للهطول حوالي 80.3 ملم فقط[2]. لذلك موقعًا مواتي لاستخدام الطاقة الشمسية بسبب وجود العديد من الأيام المشمسة خلال السنة.

2.3 وصف المجفف الشمسي المستعمل:

المجفف الشمسي الهجين هو جهاز يستخدم الطاقة الشمسية بشكل أساسي، ولكنه يحتوي أيضًا على مصادر طاقة بديلة لضمان استمرارية عملية التجفيف في الظروف الجوية غير الملائمة. تتكون المجففات الشمسية الهجينة عادةً من المكونات التالية

الهيكل الأساسي

الهيكل الأساسي يدعم جميع المكونات الأخرى ويوفر الحماية اللازمة. يمكن أن يكون مصنوعًا من مواد مثل الخشب أو المعدن أو البلاستيك يتكون هذا الجزء من

الألواح الشمسية: تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية

مجمعات الهواء الساخن تجمع وتحجز الحرارة الناتجة عن الألواح الشمسية وتسخن الهواء الذي سيتم استخدامه في التجفيف

غرفة التبريد هي المنطقة التي توضع فيها المنتجات المراد تجفيفها، وتشمل :

أرفف أو صواني لوضع المنتجات بشكل متساوٍ للسماح بتدفق الهواء بشكل جيد

مواد تغطية شفافة مثل الزجاج أو البلاستيك الشفاف، للسماح بمرور أشعة الشمس وزيادة درجة الحرارة داخل الغرفة

نظام تهوية يضمن تدفق الهواء داخل وخارج المجفف للحفاظ على كفاءة عملية التجفيف، ويشمل

مراوح لتحريك الهواء داخل المجفف وضمان توزيعه بالتساوي

فتحات تهوية تسمح بدخول الهواء البارد وخروج الهواء الساخن والرطب

نظام التوزيع الحراري يضمن توزيع الحرارة بشكل متساوٍ داخل غرفة التجفيف، ويمكن أن يشمل

موزعات الهواء الساخن لنقل الحرارة إلى جميع أجزاء غرفة التجفيف

عواكس حرارية لتحسين توزيع الحرارة داخل المجفف

.**مستشعرات** لقياس درجة الحرارة والرطوبة داخل المجفف

وحدات تحكم لضبط وتشغيل مصادر الطاقة الإضافية عند الحاجة

3.3 *أجهزة القياس المستعملة:*

هذه هي الأجهزة التي تسمح بقياس كميات العوامل الخارجية والداخلية المختلفة في المجفف الشمسي

1.3.3 قياس درجة الحرارة:

D4208BTM Lutronهو ميزان حرارة رقمي بـ 12 قناة يحتوي على وظيفة تسجيل البياناتdatalogger 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 SDالبيانات المسجلة محفوظة بتنسيق* .xls ، مما يعني أنه يمكن تحليلها ومعالجتها بسهولة في جدول بيانات مثل Excel Microsoft.

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 و3600 ثانية، مما يتيح لك ضبط الدقة ومدة التسجيل وفقً احتياجاتك.

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

يدعم ما يصل إلى 6 أنواع مختلفة من مقاييس الحرارة K و Jو Tو Eو Rو 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 المعايرةISO ، مما يضمن دقة القياسات التي يقوم بها الميزان الحرارة.

الشكل (3-1) جهاز Lutron BTM4208SD

		10,15	213,41	223,82	203,44	214,3	209,41	219,16
		12,15	212,54	220,36	202,47	213,45	208,94	218,58
		14,15	211,96	219,94	202,04	213,24	208,66	218,31
		16,15	211,72	219,72	201,84	212,92	208,4	218,15

التاريخ	التوقيت	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
22/04/2024	10,15	49,3	49,3	36	35,1	38,6	35,8	75,4
	10,45	50,3	50,2	37,9	37,1	41,2	39,4	75,4
	11,15	50,6	50,7	40,3	38,6	43,2	40,2	57,8
	11,45	46,6	46,1	33,9	33,6	35,4	35,7	51,9
	12,15	49,7	49,7	38,4	39,4	41,3	41,6	59,5
	12,45	68,6	77,6	46,2	45,3	46,6	46,6	61,4
	13,45	75,1	76,8	52,7	46,8	52,7	49,6	64
	14,45	58,8	58,5	49,7	47,2	47,9	49,8	63,9
	15,45	51	49,9	45,9	44,9	45,5	46,5	58,1
	16,45	43,3	41,7	40,7	41,7	40,9	40,8	51,2
23/05/2024	8,15	39,9	32,4	35,1	35,6	35,2	35,6	30,7
	10,15	67,8	67,5	51,3	49,2	54	49,7	75
	12,15	97	78,4	62,4	54,9	56,1	59,4	62,6
	14,15	77,1	73,2	56,5	55,4	57,2	60,8	70,2
	16,15	60,08	59,2	54,2	48	55	49,3	66

حيث:

T_1 و T_2 : مدخل المجفف الكبير

T_3 : وسط المجفف الكبير

T_4 : وسط المجفف الصغير

T_5 : مخرج المجفف الكبير

T_6 : مخرج المجفف الصغير

T_7 : لاقط المجفف الكبير

6.3 *سبب اختيار المجال الحراري:*

في فصل الصيف تصل درجة حرارة الهواء في منطقة الوادي الى 50 درجة أو أكثر بقليل وباستعمال اللاقط الشمسي يمكن أن تصل إلى 60 درجة، وفي أغلب الأبحاث يبدأ المجال الحراري لتجفيف الشمندر من 50 درجة. ويحكم عينات الشمندر مركب حي يشترط عدم إخضاعه الحرارة جد مرتفعة لهذه الاسباب اخترنا مجال الدراسة من 50، 55 و60 درجة مئوية.

الخاتمة:

تم في هذا الفصل الإشارة وصف منطقة الوادي وتحديد موقعها الجغرافي ومعرفة تفاصيل مناخها، كما تطرقنا الى وصف المجفف المستعمل في الدراسة التجريبية، وذكرنا الأجهزة المستعملة في التجربة المتمثلة في (جهاز قياس درجة الحرارة والميزان الرقمي والمزدوجة الحرارية). وتم ذكر اهم عنصر وهو طريقة العمل التجريبي المتمثلة في طريقة احضار المعينة المراد تجفيفه وهو الشمندر حيث يتم غسله وتقشيره الى شرائح رقيقة وتحضيره في سلات لوضعه في المجفف الشمسي وتركيب وتشغيل اجهزة القياس وفحص المجفف وتشغيله والتأكد من صحة عمله وعمل كل الأجهزة والأدوات من اجل الحصول على نتائج جيدة.

الفصل الرابع : نتائج ومناقشة

خاتمة

خاتمــة عامة:

تُعد دراسة أداء المجفف المحسن الهجين ومقارنته بالطريقة التقليدية للتجفيف في منطقة الوادي خطوة هامة نحو تحسين كفاءة عمليات التجفيف وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية. من خلال هذه الدراسة، تمكنا من تسليط الضوء على الفروق الجوهرية بين استخدام المجفف الهجين والتجفيف التقليدي من حيث الوقت المستغرق، الكفاءة الطاقية، وجودة المنتج النهائي.

أظهرت النتائج أن المجفف الهجين يوفر وقتاً أقل لتجفيف الشمندر مقارنة بالطرق التقليدية، مما يعكس كفاءته العالية في تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة مفيدة، وتقليل الفاقد من الرطوبة بشكل أسرع. هذا الأمر لا يعزز فقط من إنتاجية عملية التجفيف، بل يسهم أيضاً في تحسين جودة المنتجات المجففة والحفاظ على قيمتها الغذائية.

علاوة على ذلك، يساهم استخدام المجفف الهجين في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، مما يقلل من الانبعاثات الكربونية ويعزز من الاستدامة البيئية في منطقة الوادي. تعتبر هذه النتيجة ذات أهمية خاصة في ظل التحديات البيئية الحالية والحاجة الملحة للانتقال إلى مصادر طاقة أكثر استدامة.

بناءً على نتائج هذه الدراسة، يمكن التوصية بتبني تكنولوجيا المجففات الهجينة على نطاق أوسع في المناطق الزراعية، ليس فقط لتحسين كفاءة عمليات التجفيف، بل أيضاً لدعم الاقتصاد المحلي من خلال توفير حلول طاقية مستدامة ومنخفضة التكلفة. كما يُنصح بإجراء المزيد من الدراسات المستقبلية لتطوير وتحسين هذه التقنية، واستكشاف إمكانيات استخدامها في تجفيف أنواع أخرى من المحاصيل الزراعية.

تعكس هذه الدراسة أهمية الابتكار والتطوير التكنولوجي في تحسين العمليات الزراعية، وتشجع على الاستمرار في البحث عن حلول مستدامة تلبي احتياجات المجتمع وتساهم في الحفاظ على البيئة للأجيال القادمة.

المراجع:

[1] R. Tripathi and G.N. Tiwari،Effect of water Depth on internal heat and mass Transfer for active solar distillation،Desalination 173 (2005).

[2] H.Boutebila ،"Etude et conception d'un distillateursolaire à usage agricole"،thèse de magister،universitéde Constantine ،P. 19-27،Algérie (2012).

[3] المعهد العالي للمهن الشاملة الاستاذ نبيل شهد –تخصص الطاقة و الحياة –صيف يونيو2011

[4] عبد العزيز طريح شرف +كتاب مقدمة في نظم الطاقة الشمسية جمع و تنسيق سالم بنموسى الجغرافيا المناخية والنباتية 2012 –

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

[6] حساب وتحليل كمية الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الأفقي لمدينة الناصرية رسول رمضان عتاب –كلية العلوم – كانون الثاني 2012

[7] C.Zidani , F . Benyarou et B. Ben youcef<<Simulation de la position apparente de soleil etestimationde l'énergie solaire incidente sur un capteur plan pour la ville de Tlemcen en Algérie >>, Université de Tlemcen ; Rev.Energ.Ren. Pages (69-76).(2003)

[8] H.Boudjerir ،"Etude de l'impact de l'ecart de température (Ambiance-Eau) sur le rendement d'un distillateursolaire à effet de serre"،thèse magister،universitéde Constantine ،P. 33-35،Algérie (2010).

[9] Z.A. Benarima،Amélioration de la capacité de l'absorbeur d'un distillateursolaire simple par l'ajout d'une Couche de sable،thèse master Académique،Université de Ouargla ،P. 7-12 Algérie (2012).

[10] N.Smakdji،"Impact de l'écart de température (eau-capteur) sur l'efficacité Globale d'un distillateursolaire "thèse de magistère،Université de Constantine،Départementgénieclimatique،P. 41- 48،Algérie (2002)

[11] M.H. Selami ،"Utilisation de l'énergiesolaire pour la déminéralisation des eaux saumâtre dans les sud Algérien" thèse de magistère،Université de Ouargla،P. 9-13Algérie(2000).

[12] M. El Haimer ،M. Barkaoui ،A. Irhzo ،H. Legofl،Distillateursolairerustique a film capillaire et a multiples effets. Essaisexpérimentaux a Casablanca Maroc،(2002).

[13] https://dalilataqah.com

[14] https://gloriousalgeria.dz/Ar/Achievements/show/93

[15] N.Smakdji،"Optimisation et modélisation d'un distillateursolaire a ailettes avec stockage de chaleur"،thèse deDoctorat،Université de Constantine،Départementgénieclimatique،P. 24-27،Algérie (2002).

[16] Manokar A.M., Winston D.P., Mondol J.D., Sath yamurthy R., Kabeel A.E., &Panchal H., Comparative study of an inclined solar panel basin solar still in passive and active mode. Solar Energy, 169 (2018) 206-216, https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.04.060.

[17] H.Mokdadi،N.Messai Ahmed"،Contribution à l'étude de la qualitéphysicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilayad'El-Oued،"thèse master Académique،universitéEL oued ،P. 19-24،Algérie (2014).

[18] محمد سوداني (تحقيق علمي لمركز الشمس أسطواني مكافيء ذي غطاء زجاجي) مذكرة الدكتوراه جامعة ورقلة 2018

[19] https://x.com/alsokhiry/status/1287690676466061313

[20] https://pub103.ayam.news/229517

[21] https://www.gea-jordan.academy/ar

[22] https://www.sabqpress.dz

[23] https://attaqa.net/2022/07/25

[24] أسعد رحماني الحلفي، هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية. مكتبة الزهراء للطباعة، العراق، 2101، ص 12.

[25] محمود يوسف عبد العالي، التعاون العربي في مجال الطاقة المتجددة. دار الإسكندرية للنشر، القاهرة، ص 10 20 224.

[26] M.A. Samee, U.K. Mirza, T. Majeed and N. Ahmad,"Design and performance of a simple single

[27] https://www.tagepedia.org/Entry.aspx?id=1034623&lang=ar

[28] تقرير جديد يربط بين الطاقة المتجددة وحلول مشكلة التغير المناخي ،تاريخ التصفح،12/8/2008

[29] 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.

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

[31] D. Mennouche, Valorisation des produits agro-alimentaires et des plantes médicinales par les procèdés de séchage solaire, Mémoire de magistère, Université Kasdi Merbah Ouargla. 2006

[32] M. A. Basunia& T. Abe. J. of Food Eng., Great Britain, V.47,pp.295-301.(2001 .)

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

[34] P. Dudez. Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes : expériences et procédés, Edition du Greth. France (1999.

[35] د. سعد أحمد سعد حالبو، 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.

[36] boumediene TOUATI) etude théorique et expérimentale du séchage solaire des feuilles de la menthe verte (thése de doctorat. Université abdoubeker belkaid ; tlemcen 2008.

[37] philippe dudez ,andréthémeilin et max reynes(le séchage solaire a petite échelle des fruitse et légumé)guide pratique .paris France 1991

[38] the United States Agency for International Development (USAID),"drying fruits and vegetables with the chimney solar dryer ", FEED THE FUTURE, section 2, U.S.A, (2018)

[39] Boumediene Touati, "etude theorique et experimentale du sechage solaire des feuilles de la menthe verte (Mentha viridis)", Thése de doctorat, Université Abou-Bekr Belkaid – Tlemcen, Algerie, 2008

[40] A. Charreau, R. Cavaille, "séchage théorie et pratique technique de l'ingénieur", génie des procédés, 2480-1;2480-23, (1991).

[41] H, BEN CHEIKCH, M, OULD SIDI MED, Y, DRAOUI, " Conception et réalisation d'un séchoir solaire indirect opérant en mode convectif ", Mémoire d'ingénieur d'état en génie mécanique, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algerie 2011

[42] Yves JANNOT, "Thermique Solaire", edilivre, France, (Janvier 2007).

[43] 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

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