الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي
كلية الـــتـكـنـولـوجـيـا

مذكرة مقدمة لنيل شهادة:
مـــاســـــتر أكـــاديـمـــــي
ميدان :علوم وتكنولوجيا
شعبة : هندسة ميكانيكية
التخصص: طاقات متجددة في الميكانيكية

الموضوع:

تصميم وانجاز مجفف بالغاز الطبيعي

تمت مناقشة المذكرة في:..../../2023

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

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

من اعداد:
- قادي يونس
- بن عمر جابر

السنة الجامعية 2023/2022

بسم الله الرحمن الرحيم

الشكر والعرفان

قال تعالى: أعوذ بالله من الشيطان الرجيم

"الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي هَدَانَا لِهَذَا وَمَا كُنَّا لِنَهْتَدِيَ لَوْلَا أَنْ هَدَانَا اللَّهُ"

سورة الأعراف الآية 43

الهي لا يطيب الليل إلا بشكرك، ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ، ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك ، ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ، ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك لك الشكر أولا وأخيرا على نعمة العلم التي منحتنا إياها وعلى عونك وتسديد خطانا في إتمام هذا البحث.

أوجه اسمى معاني الشكر و الامتنان إلى والدتي العزيزة و روح ابي الغالي رحمه الله، لما قدموه لني من مساندة ومجهود في تثبيت خطانا في مشوارنا التعليمي نسأل الله لهم الجنة .

و اذا كان الاعتراف بالجميل من شيم النفوس الكريمة ، فإننا نتقدم بأخص تعابير الشكر وأسمى معاني التقدير إلى الدكتور المشرف " **الزين علي** " لما قدمه لنا من جهد ونصائح ومعرفة طيلة انجازنا هذا البحث.

كما نتوجه بالشكر الجزيل إلى جميع أعضاء لجنة المناقشة.

كما نشكر كل من ساندنا خلال مشوارنا التعليمي من أساتذة و طلبه وكل عمال كلية التكنولوجيا ومختبر كلية العلوم الدقيقة لما قدموا لنا من مساعدات وتسهيلات و معلومات فلهم منا كل الشكر.

وقبل بعد فالشكر لله والله الحمد في الأول والآخر

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى حل مشكل كبير تعاني منه معظم الدول وخاصة الجزائر في قلة طرق حفظ المحاصيل الزراعية عند حدوث فائض في الانتاج، نقترح استعمال المجففات التي تعمل بالغاز الطبيعي. وفي هذه الدراسة، قمنا بعمل تجريبي لتصميم مجفف بالغاز الطبيعي لمعرفة مدى كفاءته. تمت الدراسة على مرحلتين تجربتين، الأولى في يوم 23 ماي 2023 خصصت لتصميم المجفف، فكانت النتائج جد مرضية، أما في المرحلة الثانية، تم تجفيف مادة الطماطم المعروفة بالإنتاج المحلى الوفير، حيث كذلك تمت عملية التجفيف في غضون 6 ساعات فقط، أي نزع ما يقارب نسبة 72.31% من محتوى الرطوبة.

الكلمات المفتاحية: التجفيف، المجففات، تصميم المجفف.

Abstract

This study aims to solve a major problem that most countries, especially Algeria, suffer from in the lack of methods for preserving agricultural crops when there is a surplus in production. We suggest the use of natural gas dryers. In this study, we conducted an experimental work to design a natural gas dryer to see its efficiency. The study was carried out in two experimental phases, the first on May 23, 2023 was devoted to the design of the dryer, and the results were very satisfactory. In the second phase, the tomato material known for abundant local production was dried, where the drying process was also completed within 6 hours only, i.e. the removal of approximately 72.31% moisture content.

Keywords: drying, desiccants, dryer design.

Résumé:

Cette étude vise à résoudre un problème majeur dont souffrent la plupart des pays, notamment l'Algérie, dans le manque de méthodes de préservation des cultures agricoles en cas de surplus de production. Nous suggérons l'utilisation de sécheuses au gaz naturel. Dans cette étude, nous avons mené un travail expérimental pour concevoir un séchoir à gaz naturel afin de voir son efficacité. L'étude s'est déroulée en deux phases expérimentales, la première le 23 mai 2023 a été consacrée à la conception du séchoir, et les résultats ont été très satisfaisants. Dans la deuxième phase, le matériel de tomate connu pour sa production locale abondante a été séché, où le processus de séchage a également été achevé en 6 heures seulement, c'est-à-dire l'élimination d'environ 72,31 % d'humidité.

Mots-clés: séchage, déshydratants, conception de séchoirs, séchage de tomates

الفهرس

فهرس المحتويات

الشكر والعرفان I
الملخص II
فهرس المحتويات IV
قائمة الاشكال VII
قائمة الجداول IX
مقدمة عامة 1

الفصل الأول: عموميات حول التجفيف

مقدمة: 4
1.I تعريف التجفيف: 5
2.I أنواع التجفيف: 6
1.2.I التجفيف الطبيعي: 6
I. 2. 2 التجفيف الصناعي 6
3.I. العوامل المؤثرة في عملية التجفيف: 7
1.3.I تأثير العوامل المتعلقة بالهواء على حركية التجفيف: 7
1.1.3.I تأثير درجة حرارة الهواء على عملية التجفيف: 7
2.1.3.I تأثير سرعة الهواء على عملية التجفيف 7
3.1.3..I تأثير رطوبة هواء التجفيف: 7
2.3.I العوامل المتعلقة بالمادة المراد تجفيفها المؤثرة في عملية التجفيف: 8
4.Iالوصف والظواهر الفيزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف: 8
1.4.Iالتجفيف ظاهرة فيزيائية: 8
2.4.I الوصف الفيزيائي للتجفيف: 9
5.I. متطلبات التجفيف: 12
6.I الهدف من التجفيف: 12
7.Iطرائق التجفيف: 14
I. 8 مميزات وفوائد حفظ الأغذية بالتجفيف: 15
I. 8. 1. مميزات حفظ الأغذية بالتجفيف: 15
2.8.I. فوائد حفظ الأغذية بالتجفيف: 15
خاتمة: 16

الفصل الثاني: أنواع المجففات

مقدمة: 18
1.II تصنيف المجففات الشمسية 19
1.1.II المجففات الشمسية المباشرة: 19
2.1.II المجففات الشمسية الغير مباشرة: 20
3.1.II تعريف المجففات الشمسية المختلطة (متعددة الأنظمة) 21

1.4.II. تعريف المجففات الشمسية الهجينة 22
2.II أهم الطرق الشائعة في التجفيف:..... 24
2.II. 1. مجففات الشمسية الطبيعية (مجففات الهواء الطلق): 24
2.2.II.المجففات الصناعية: 25
2.3.II.أنواع المجففات الصناعية:..... 27
1.3.2.II مجففات الأنفاق 27
2.3.2.II مجففات الرذاذ 28
3.3.2.II المجففات الأسطوانية 29
4.3.2.II مجففات الضغط المنخفض:..... 29
5.3.2.II مجففات تستعمل الطاقة الناتجة عن الموجات القصيرة:..... 30
3.II أنظمة تدفق الهواء في المجففات الشمسية:..... 30
1.3.IIمجففات الحمل الطبيعي (مجففات السلبية)..... 30
2.3.IIمجففات الحمل القسري (مجففات النشطة):..... 31
خاتمة:..... 32

الفصل الثالث: تصميم مجفف

مقدمة:..... 35
1.III تصميم المجفف المدروس: 36
2.III مكونات المجفف:..... 37
1.2.III الهيكل:..... 37
2.2.III الصفائح:..... 37
3.2.III صمام:..... 38
4.2.III قنوات تحاسية:..... 38
5.2.III غرفة التسخين:..... 39
6.2.III الحارق:..... 39
7.2.III الشرارة:..... 40
8.2.III مروحة: تعمل المروحة على تحسين تدفق الهواء داخل المجفف وتحسين عملية التجفيف 40
9.2.III غرفة التسخين: وهي الغرفة التي يتم فيها وضع المنتج المراد تجفيفه..... 41
10.2.III الطلاء: لوقاية الهيكل من التآكل..... 41
3.IIIخطوات انجاز المجفف بالغاز: 42
خاتمة:..... 43

الفصل الرابع: عرض نتائج التجربة

مقدمة:..... 45
1.IV اجهزة القياس:..... 46

- جهاز قياس درجة الحرارة: 46
2.IV الخطوات التجريبية : 48
3.IV نتائج التجربة: 51
الخاتمة: 54
الخاتمة 57
قائمة المصادر والمراجع 59
الملخص 62

قائمة الاشكال

الشكل I -01 : التجفيف الطبيعي للمحاصيل الزراعية..... 6

الشكل I -02: مختلف ظواهر الانتقال الحراري والكتلي التي تحدث خلال التجفيف..... 8

الشكل I -03: منحنى التجفيف..... 9

الشكل II-1- : صورة للمجفف الشمسي المباشر..... 20

الشكل II-2- : صورة للمجفف الشمسي الغير مباشر..... 21

الشكل II-3- : مجففات الطاقة الشمسية المختلطة مع الدوران القسري..... 22

الشكل II-4- : الطاقة الشمسية الهجينة مجفف الغاز..... 23

الشكل II -5- : صورة و مبدأ عمل مجففات التقليدية..... 24

الشكل II -6- : نماذج المجففات التقليدية..... 24

الشكل II -7- : صورة للمجفف صناعي..... 25

الشكل II -8- : مجففات النفق المتوازية..... 27

الشكل II -9- : مجففات النفق المتعاكسة الجريان..... 28

الشكل II -10- : مجففات النفق المزدوجة..... 28

الشكل II -11- : مجففات الرذاذ..... 29

الشكل II -12- : رسم تخطيطي وبياني للمجفف الشمسي المباشر مع الحمل الطبيعي..... 30

الشكل II -13- : رسم تخطيطي للمجفف المباشر مع الحمل الحراري القسري..... 31

الشكل III -1- : تصميم المجفف المدروس..... 36

الشكل III -2-: ا هيكل مجفف الغاز..... 37

الشكل III -3 -: صفائح معدنية..... 37

الشكل IV-4 - : الصمام..... 38

الشكل III -5-: قنوات نحاسية..... 38

الشكل III -6 -: غرفة التسخين..... 39

الشكل III -7 -: الحارق..... 39

الشكل III -8 -: الشرارة..... 40

الشكل III -9 -: المروحة..... 40

الشكل III -10 -: غرفة التجفيف..... 41

الشكل III -11 -: الطلاء..... 41

الشكل III -12 -: المجفف المصمم..... 42

الشكل IV -1 -: جهاز قياس الحرارة 46
الشكل IV -2 -: مزدوج الحرارة..... 46
الشكل IV-3 - : الميزان..... 47
الشكل IV -4 - : اختيار الطماطم..... 48
الشكل IV -5 -: غسل الطماطم..... 48
الشكل IV -6 -: تقطيع الطماطم. 49
الشكل IV-7- : ترتيب شرائح الطماطم..... 49
الشكل IV-8- : وضع الرفوف في غرفة التسخين..... 50
الشكل IV-9- : منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن..... 51
الشكل IV-10- : تغير المحتوى المائي بدلالة الزمن لعينة الطماطم المجففة بالغاز..... 52
الشكل IV-11- : تغيرات محتوى المائي بدلالة الزمن..... 53

قائمة الجداول

الجدول I -01 - **:** يوضح متطلبات تجفيف بعض المحاصيل..... 12

الجدول I -02 **:** يوضح أهم الاختلافات بين المجففات الصناعية والمجففات الطبيعية..... 26

مقدمة عامة

مقدمة عامة

إن ازدياد عدد السكان في الجزائر أدى إلى زيادة الطلب عن الغذاء مما شجع الفلاحين على زيادة الإنتاج لكن عدم التوازن بين العرض والطلب في كثير من الأحيان أدى إلى كساد المنتوجات الفلاحية وخسائر كبيرة للمنتجين مما جعل التفكير في حلول ناجحة لتفادي تلف المنتوجات الفلاحية ومن بين هذه الحلول التجفيف وهو عملية تخفيض الرطوبة في المادة إلى نسب دنيا حسب كل منتوج ومع عدم توفر الطاقات البديلة في كثير من الأحيان وجب التفكير في مصدر ثان للطاقة ويكون غير مكلف، ويعتبر الغاز الطبيعي مصدرا أقل تلوثا من غيره من الطاقات الأحفورية وأقل ثمنا كذلك .

في هذا العمل سيتم تصميم وانجاز مجفف يعمل بالغاز الطبيعي ليكون بديلا للطاقة الشمسية في الليل أو عند التقلبات الجوية وفي سبيل ذلك تم تقسيم المذكرة إلى عدة محاور، المحور الأول ويتضمن عموميات حول التجفيف والثاني به عرض لبعض أنواع المجففات والثالث تصميم والمجفف المدروس وخطوات تركيبه وصولا إلى النسخة الأولية من المجفف، وأخيرا تجريب المجفف بأخذ بعض القياسات مع تحليلها وتفسيرها.

الجانب النظري

الفصل الأول:

عموميات حول التجفيف

مقدمة:

يستخدم التجفيف لإزالة الماء من الأغذية لمنع نشاط الأحياء المجهرية ولحفظ الغذاء مدة أطول، كما تساعد هذه العملية على تقليل من وزن وكثافة الغذاء لتسهيل عمليات النقل والتخزين.

يعتبر التجفيف الشمسي التقليدي من أكثر الطرق شيوعا في حفظ المنتجات الزراعية في المناطق الاستوائية وشبه استوائية وهي طريقة غير مكلفة، حيث تتم هذه العملية بنشر الفواكه أو الخضروات على شكل طبقة واحدة على الأرض مع ترك مسافة بين كل قطعة ومن ثم يتم تعريضها إلى أشعة الشمس والرياح بصورة مباشرة. ويحدث في هذه الطريقة تلوث للأغذية بالغبار والأتربة وبعض المواد الغريبة بسبب العديد من التأثيرات مثل العواصف والقوارض والأمطار.

وفي ظل العديد من المساوئ التي تسببها المجففات الشمسية تم اختراع مجففات صناعية تستعمل الطاقة الغاز الطبيعي من اجل التجفيف والتي تعطي منتجات مجففة ذات قيمة غذائية أفضل مقارنة بالمجففات الأخرى. لذلك سيتم التطرق في هذا الفصل إلى عموميات شاملة حول التجفيف.

1.I تعريف التجفيف:

يعرف التجفيف على أنه: عملية خفض نسبة الرطوبة التي تحتويها المادة الغذائية ورفع تركيز المادة الصلبة بالقدر الكافي لتثبيط الميكروبات و الإنزيمات و التفاعلات الكيميائية مع المحافظة على قيمتها الغذائية و المعادن والفيتامينات التي تحتويها ، فالخضروات على سبيل المثال تجفف حتى تصبح نسبة الرطوبة بها من 4 – 6 % ، بينما تجفف الفاكهة إلى مستوى رطوبة من 16- 22 % [1]، كما يعمل أيضا على تقليل وزن المنتج وتصغير حجمه [2].

ويمكن تعريفه أيضا بأنه عملية فعل جماعي الهدف منها إزالة الماء والمذيبات الأخرى عن طريق التبخر تستخدم هذه العملية كآخر خطوة قبل البيع او التغليف وتعبئة المنتجات ولكي نطلق عليه اسم (مجففة) يجب أن يكون المتوج في حالة صلبة أو على شكل ورقي (الورق) أو قطعة طويلة مثل الخشب أو جسيمات صغيرة مثل (الحبوب) أو رقائق الذرة أو مسحوق مثل الرمل .ومن الضروري وجود مصدر حرارة ومادة لإزالة البخار التي تنتج عن عملية التجفيف.

إن الحالة الأكثر استعمالا هي تيار الغاز والهواء الساخن الذي يطبق الحرارة عن طريق الحمل الحراري، ويحمل بعيدا البخار كرطوبة.

الاحتمالات الأخرى هي تجفيف الفراغ حيث يتم تزويد الحرارة عن طريق التوصيل أو الإشعاع أو موجات صغيرة بينما يتم إزالة البخار المنتج على هذا النحو من قبل نظام (التخلية) .

وهناك أسلوب آخر غير مباشر هو تجفيف التربة المستخدمة (تصنيع رقائق البطاطس مثلا)،حيث يتم استخدام سطح ساخن لتوفير الطاقة وسحب البخار خارج الغرفة وبدوره فان استخراج المذيب ميكانيكيا بالمياه يكون عن طريق الطرد المركزي وهذا لا يعتبر تجفيفا.[3]

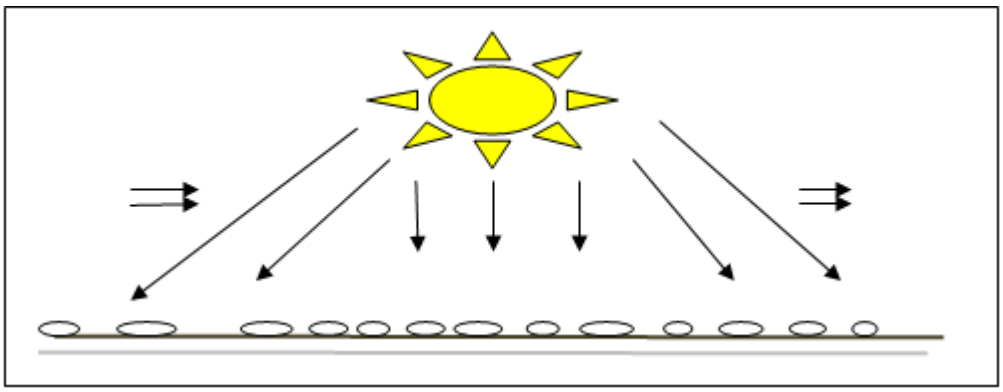
التجفيف هو عبارة على عملية داخلية الهدف منها القضاء جزئيا أو كليا على الماء الموجود في الجسم الرطب عن طريق تبخر هذا الماء، تنطوي هذه العملية على نقل للحرارة (إمداد حراري) ونقل للكتلة (السائل الموجود في المادة الصلبة يتحول إلى حالة بخار في هواء التجفيف)[4].

2.I أنواع التجفيف:

وللتجفيف نوعان هما:

1.2.I التجفيف الطبيعي:

يعتبر التجفيف الطبيعي من أقدم طرق حفظ الأغذية التي مارسها الإنسان وابسط طريقة للتجفيف تتم بوضع المحصول مباشرة على سطح أسود مستوي مما يسمح للشمس و الرياح بتجفيف هذا المحصول ،وهذا في البلدان التي تتميز بدرجة حرارة عالية وهواء جاف كما في الشكل (1.1) [2]. لكن لهذه العملية العديد من السلبيات نذكر منها [5]:



الشكل (1.I): التجفيف الطبيعي للمحاصيل الزراعية [2].

- الحاجة إلى أيدي عاملة كثيرة لتحميل و تقليب الصواني.
- عدم التحكم في الرطوبة النهائية للمادة المجففة.
- تعرض الأغذية للأتربة نهارا و الندى ليلا مما يسبب تخسيرها قبل تجفيفها.
- تعرض الأغذية لتغير لونها الطبيعي بفعل الإنزيمات المؤكسدة.

تحتاج إلى مساحة واسعة كمناشر .

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

I. 2. 2 التجفيف الصناعي

في هذا النوع من المجففات يتم ملامسة الهواء الساخن مع المادة الرطبة لتسهيل انتقال الحرارة، حيث يوضع المحصول فوق أرضية مثقوبة للسماح بمرور الهواء الساخن من خلالها[6]، كما تعطي هذه المجففات منتجات ذات نوعية أفضل وبذلك تعتبر الطريقة الأكثر شيوعا. فهي تمنح قدرا اكبر من المرونة مقارنة بالتجفيف التقليدي والمجففات الأخرى. وبالرغم من توافر العديد من المجففات الصناعية في السوق إلا أنها تشترك جميعها على مصدر للحرارة، ومنظم للحرارة، ونظام لتدفق الهواء. للمجففات الصناعية عدة محاسن مقارنة بالمجففات الشمسية الطبيعية منها [7]:

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

هناك العديد من أنواع المجففات الصناعية نذكر منها [8.9]: مجففات الأنفاق، مجففات النفق المتوازية مجففات النفق المتعاكسة الجريان مجففات النفق المزدوجة، مجففات الرذاذ، المجففات الأسطوانية، مجففات الضغط المجفف مجففات تستعمل الطاقة الناتجة عن الموجات القصيرة.

I.3. العوامل المؤثرة في عملية التجفيف:

يوجد ثلاثة أنواع من العوامل التي تؤثر ايجابا أو سلبا في سير عملية التجفيف منها ما يتعلق بهواء التجفيف ومنها ما يتعلق بالمادة المراد تجفيفها و كذلك تصميم المجفف يستطيع أن يؤثر على سير العملية.

I.3.1 تأثير العوامل المتعلقة بالهواء على حركية التجفيف:

تتمثل عوامل هواء التجفيف التي يمكن ان تتغير خلال عملية التجفيف هي: درجة الحرارة، والسرعة (التدفق)، الضغط والرطوبة.

I.3.1.1 تأثير درجة حرارة الهواء على عملية التجفيف:

لدرجة حرارة هواء التجفيف تأثير مباشر في سرعة عملية التجفيف، هذا التأثير متعلق بكمية الحرارة التي تكتسبها المادة وكذلك بدرجة حرارة المادة ذاتها، أي سرعة انتشار الماء داخل المادة تزداد بالحرارة و بالتالي ينخفض زمن التجفيف.

I.3.1.2 تأثير سرعة الهواء على عملية التجفيف

لسرعة هواء التجفيف كذلك تأثير في خفض زمن التجفيف، غير أن هذا التأثير يكون جليا و واضحا في درجات الحرارة المنخفضة بالمقارنة بالدرجات المرتفعة كما بينه.

I.3.1.3. تأثير رطوبة هواء التجفيف:

نسبة الماء في الهواء تلعب دور مهم في سير حركية التجفيف في عدد من المواد مثل سرعة الهواء،هذا التأثير يكون واضحا في بداية التجفيف وينخفض بارتفاع درجة حرارة الهواء. غير أن هذا العامل طبيعي و لا يمكن التحكم فيه.[10]

2.3.I العوامل المتعلقة بالمادة المراد تجفيفها المؤثرة في عملية التجفيف:

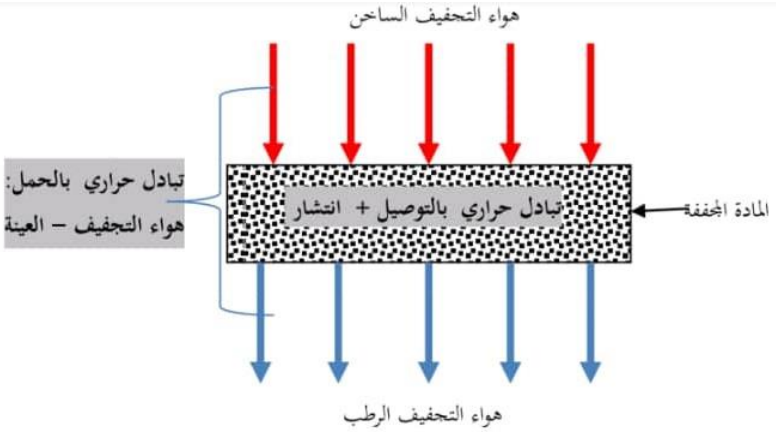
يوجد العديد من العوامل المتعلقة بالمادة المراد تجفيفها التي تؤثر في سير عملية التجفيف منها:

- **رطوبة المادة الابتدائية:** في نفس المادة تتغير الرطوبة الابتدائية من عينة إلى أخرى، لذا يجب اختيار عينات لها نفس الرطوبة الابتدائية.
- **سمك المادة:** كلما زاد سمك عينات التجفيف زادت مدة التجفيف، وهذا ما أثبتته العديد من الدراسات.
- **شكل المادة:** بينت بعض الدراسات أن بنفس مساحة عينة التجفيف التي تقدر 20 سم^2، شرائح البطاطس المربعة كانت اسرع تجفيفا من الشرائح الدائرية وهذا راجع لتوفيرها مساحة جانبية اكبر من الشكل الدائري. [10]

4.I الوصف والظواهر الفيزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف:

1.4.I التجفيف ظاهرة فيزيائية:

عملية التجفيف ظاهرة فيزيائية جد معقدة بين الانتقال الحراري والانتقال الكتلي، وهما حصيلة مشتركة بين تفاعل المنتج والهواء الذي يحتويه، بحيث يحصل انتقال الحرارة بالحمل بين سطح العينة ومحيط تجفيفها بينما يحصل انتقال الحرارة بالتوصيل وانتقال الرطوبة بالانتشار داخل العينة بدون حدوث تغير بالطور للسائل الرطروبي (التبخر يحصل على السطح فقط) والشكل التالي يوضح ذلك.[11]



الشكل (2.I):مختلف ظواهر الانتقال الحراري والكتلي التي تحدث خلال التجفيف.

2.4.I الوصف الفيزيائي للتجفيف:

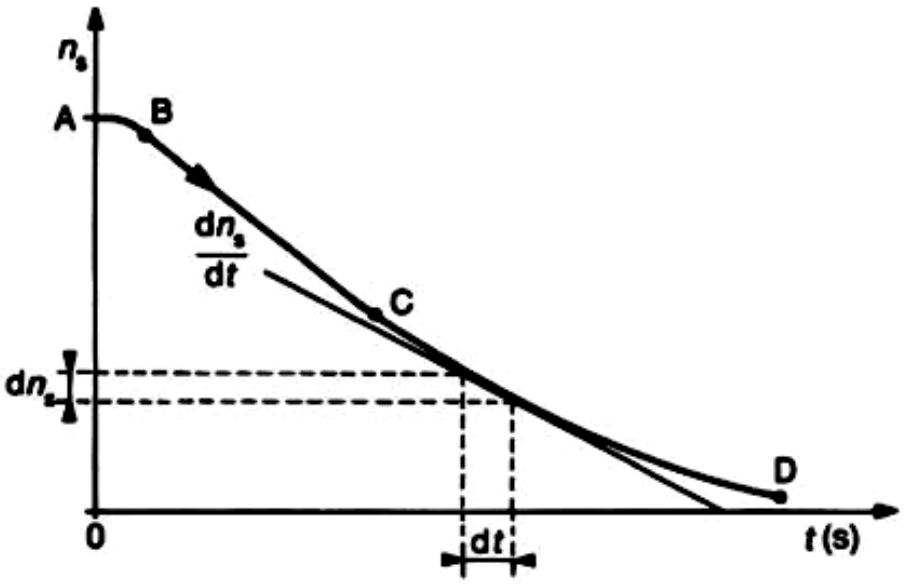
خصائص التجفيف للمنتج لها وصف أفضل عندما تمثله المنحنيات أحد أكثر الأشكال إثارة للاهتمام والتي لا غنى عنها هو محتوى رطوبة المنتج n_s بدلالة الزمن t الوارد في الشكل، أو سرعة تجفيف dt/ dn_s بدلالة الزمن t معطى في الشكل منحنيات التجفيف هذه ذات الشكل الأكثر اكتمالا (وهذا يعني عند وجود جميع مراحل التجفيف).

اقترح Krisher طريقة أخرى للتمثيل؛ و هو سرعة تجفيف dt / dn_s بدلالة محتوى الرطوبة ns كما هو موضح في الشكل.

تبرز هذه الأنواع الثلاثة من التمثيل وجود عدة مراحل خلال عملية التجفيف. ليست كلها قابلة للملاحظة بشكل منهجي. في حالة تحديدها وهي كالتالي:

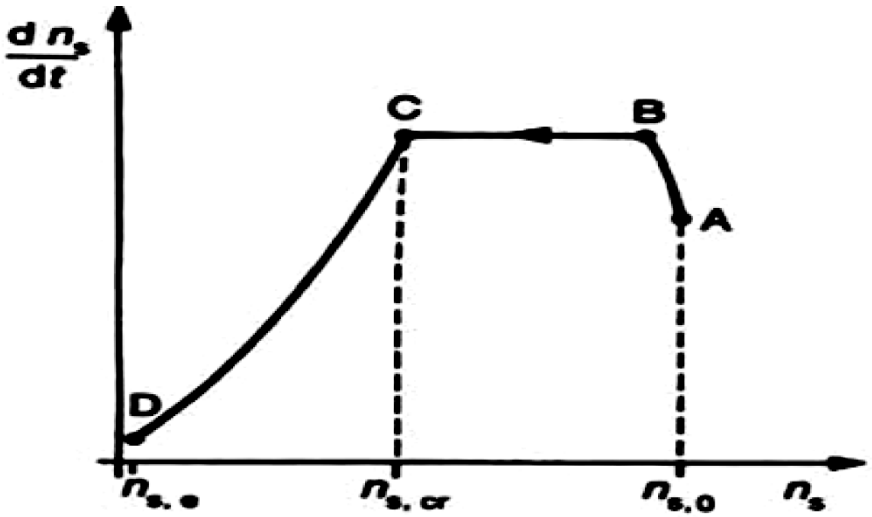
- المرحلة الانتقالية لتسخين المنتج المراد تجفيفه (AB).
- مرحلة ثبوت سرعة التجفيف (BC).
- مرحلة انخفاض سرعة التجفيف (CD).

C: هي النقطة الحاسمة في التجفيف.



n_s: (كيلو جرام من الماء لكل كيلو جرام من المادة اللاماتية) وهو محتوى الرطوبة للمنتج ليتم تجفيفه.

الشكل (3.I): منحنى التجفيف



$n_{s,e}$: معدل الرطوبة عند التوازن في نهاية التجفيف.
$n_{s,cf}$: معدل الرطوبة الحرجة.
$n_{s,0}$: معدل الرطوبة الأولي للمنتج.

الشكل (3.I): منحنى التجفيف

- **المرحلة الانتقالية (AB)**

A هي القيمة الأولية للرطوبة.

عند وضع منتج ذو درجة حرارة ورطوبة ثابتة في وسط التجفيف، يضبط المنتج درجة حرارته على درجة الحرارة الرطبة للمادة الصلبة، لأن المنتج أبرد من الهواء والضغط الجزئي للبخار الماء على سطح المنتج ضعيف. في هذه الحالة، يتسبب الهواء الساخن في ارتفاع درجة حرارة المنتج حتى يعوض نقل الحرارة تماما عن نقل المواد.

- **مرحلة ثبات سرعة التجفيف** [(BC)

خلال هذه المرحلة، التي تستمر حتى النقطة الحرجة، يكون سطح المنتج مشبعا بالماء. على شكل طبقة حدودية، حيث يكون ضغط بخار الماء مساويًا تقريبا لضغط الماء النقي في نفس ظروف درجة الحرارة والضغط. ينتج هذا الموقف إما عن وجود الماء بكميات كبيرة على سطح المنتج، أو من انتشار الماء، داخل المنتج إلى سطحه الخارجي. هذه المرحلة هي مماثلة لتبخر السائل.

تظل درجة حرارة المنتج ثابتة ومساوية لدرجة الحرارة الرطبة لسائل التجفيف خلال هذه الفترة لا تتدخل طبيعة المنتج، على عكس شكل المادة الصلبة يمكن أن يؤثر على سرعة التجفيف خلال هذه المرحلة، بحيث:

$$\frac{dw}{dt} = \mathrm{M}\,\frac{dn_s}{dt} = K_G.A.(P_S - P_W)$$

يساوي:

M كتلة المنتج المراد تجفيفه (kg).

Aالسطح الذي يتم من خلاله نقل الرطوبة (m).

P_A: ضغط بخار الماء عند درجة الحرارة T وعلى سطح المنتج، خلال هذه المرحلة، هذا الضغط يساوي ضغط البخار المشبع عند درجة حرارة المنتج أو درجة الحرارة الرطبة (Pa).

P_w ضغط جزئي لبخار الماء في الهواء (Pa).

KG: المعامل الكلي لنقل المواد (s/m).

تنتهي هذه الفترة عندما يصل المنتج إلى ما يسمى المحتوى المائي، وهو المحتوى المائي الحرج.

- **مرحلة انخفاض سرعة التجفيف (CD)**

إنها فترة التباطؤ، حيث تنخفض سرعة التجفيف يسمى المحتوى المائي المقابل للانتقال بين المرحلتين BC و CD " المحتوى المائي الحرج أو نقطة التجفيف الحرجة.

لم يعد يتم تعويض تدفق الحرارة المتبادل مع الهواء بالكامل بواسطة الحرارة الكامنة المستخدمة في التبخير وبالتالي هناك زيادة في درجة حرارة المنتج.[12]

5.I. متطلبات التجفيف:

يمكن توضيح متطلبات تجفيف بعض المحاصيل من خلال الجدول التالي:

الجدول رقم (I-01): يوضح متطلبات تجفيف بعض المحاصيل

المحصول	محتوى الرطوبة الأولى(في المائة)	محتوى الرطوبة النهائي(في المائة)	الحد الأقصى من الحرارة المسموح بها للتجفيف(درجة مئوية)
الارز الخام	24-22	11	50
الأرز المسلوق	35-30	13	50
الذرة الصفراء	35	15	60
القمح	20	16	45
الذرة	24	14	50
الأرز	24	11	50
البقول	22-20	10-9	60-40
بذور الزيت	25-20	9-7	60-40
البازلاء	80	5	65
القرنبيط	80	6	65
الجزر	70	5	75
الفاصوليا الخضراء	70	5	75
البصل	80	4	55
الثوم	80	4	55
الملفوف	80	4	55
البطاطا الحلوة	75	7	75
البطاطا	75	7	75
التوابل	80	5	65
المشمش	85	18	65
التفاح	80	24	70
العنب	80	20-15	70
الموز	80	15	70
الجوافة	80	7	65
البامية	80	20	65
أناناس	80	10	65
الطماطم	96	10	60
الباذنجان	95	6	60

المصدر: ريم النجداوي وآخرون، كُتيِّب فني المجففات الشمسية، الأمم المتحدة الاسكوا، بيروت، 2021، ص 13.

6.I الهدف من التجفيف:[13]

يهدف التجفيف إلى التخلص من الماء الحر الموجود في المادة الغذائية بشكل تام و بالتالي يتم:

- ✓ إزالة الماء اللازم لنمو الأحياء الدقيقة و الإنزيمات المسئولة عن تلف الغذاء.
- ✓ تركيز المادة الغذائية ضمن وحدة الوزن مما يسهل نقلها و تخزينها و كذلك تعبئتها.
- ✓ توفير الغذاء في غير موسمه الذي ينتج فيه.
- ✓ عدم الحاجة إلى مواد حافظة لتثبيت الغذاء من التلف.
- ✓ ضمان بقاء المنتوج لأطول فترة ممكنة للاستهلاك بمعنى يضمن استمرارية المنتج لأطول فترة معينة قد تصل لعدة أعوام .
- ✓ التقليل من مساحة التخزين للمنتجات، حيث أن أغلب المنتجات المجففة تكون نسبة تجفيفها 1كيلوجاف لكل 10كيلوخام، أي أنه بدلا من تخزين كمية 10 طن يتم تخزين 1طن مجفف مما يعمل على توفير مساحات كبيرة بالمخازن .
- ✓ التقليل من تكلفة التصدير
- ✓ المادة الفعالة أعلى بكثير في المنتج الجاف عنه حيث يعمل على تركيز المادة الفعالة بالمنتج بالتخلص من الماء الزائد الذي يحل محله مادة جافة تحتوي على نسبة أعلى من المادة الفعالة.
- ✓ التقليل من المحتوى المكروبي للمادة المجففة نظرا لقلة المحتوى الرطوبي وتعرض المادة المجففة لمعاملات حرارية كافية لقتل العديد من المكروبات
- ✓ إمكانية وصول المادة المجففة للاستهلاك الى المناطق التي لا تلائم ظروفها الجوية زراعة هذه المنتجات.
- ✓ إمكانية طحن النبات المجفف وتعبئته في أقراص او عمل شراب للاستخدام الطبي .

I.7طرائق التجفيف: [14]

هناك عدة طرائق للتجفيف ولكل طريقة ميزاتها الخاصة كما أنا الفقد الذي يحدث في المكونات الغذائية تحدده مجموعة من العوامل أهمها طريقة التجفيف المستخدمة، ويمكن تصنيف نوع التجفيف حسب طريقة تسخين المادة المراد تجفيفها وهي :

- **التجفيف بالحمل**

في هذا النوع من التجفيف تسلط الحرارة بصورة مباشرة على المادة الرطبة أو المادة السائلة بواسطة الهواء الساخن وفي نفس الوقت يحمل الهواء الرطوبة منه.

- **التجفيف بالتوصيل**

أما في هذا النوع من التجفيف فيكون الاتصال بين المادة الرطبة والجدار المعدني الساخن من طرف تيار الهواء الساخن، تستعمل تقنية التوصيل في تجفيف السوائل والعجائن وعندما يكون الجسم الصلب ممزوج في محلول (جسم معلق).

- **التجفيف بالأمواج القصيرة**

من الطرق الحديثة التي بدأ استخدامها في السنوات الأخيرة هو التجفيف باستخدام الموجات القصيرة (micro one) حيث يعرض المنتج إلى مجال كهربائي و مغناطيسي و بترددات جد عالية مما تؤدي إلى زيادة حركة جزيئات الماء فتتسبب في ارتفاع درجة حرارتها و بالتالي تحولها إلى بخار ماء، علما أن هذه الترددات تصل بسهولة إلى أعماق المادة العضوية. وباستعمال هذه الطريقة من التجفيف يمكن أن ينخفض زمن التجفيف البطاطا الحلوة ستة مرات مقارنة بطريقة التجفيف بالهواء الساخن .مما يؤدي إلى منتجات جافة ذات تغيرات لونية أقل.

I. 8 مميزات وفوائد حفظ الأغذية بالتجفيف:

I. 8. 1. مميزات حفظ الأغذية بالتجفيف:

✓ انخفاض كتلة وحجم المواد المجففة نتيجة لإزالة جزء كبير من رطوبتها مما يؤدي إلى انخفاض تكاليف التعبئة و النقل والتخزين وتبدو أهمية ذلك بصفة خاصة أثناء الحروب أو المجاعات.

✓ انخفاض التكاليف اللازمة لإجراء عملية التجفيف مقارنة بطرق الحفظ الأخرى مثل التعليب أو التجميد خاصة في حالة التجفيف الطبيعي (الشمسي) بالإضافة إلى عدم الحاجة إلى استعمال خامات أخرى مثل السكر كما في حالة الأغذية المعلبة.

✓ سهولة تخزين الأغذية المجففة حيث لا يتطلب الأمر أكثر من مكان تخزين نظيف و جاف و خالي من الحشرات و القوارض بينما تحتاج الأغذية المحفوظة بالتجميد مثلا إلى تخزينها في المجمدات و التحكم تماما في درجة الحرارة و الرطوبة طوال فترة التخزين و إلا تعرضت إلى التلف أو الفساد إذا ارتفعت درجة الحرارة وأدى ذلك الى انصهارها.

I.2.8. فوائد حفظ الأغذية بالتجفيف:

✓ الاحتفاظ بالخضراوات والفاكهة لتناولها في غير مواسمها الزراعية و إتاحة الفرصة لاستخدامها في إعداد الطعام في معظم أوقات السنة.

✓ يساعد في توفير النقود، حيث أن الاحتفاظ بالأغذية الفائضة عن حاجتنا وعدم التخلص منها يمنحنا الفرصة لتناولها وقتما نرغب.

✓ البعض يقوم بشراء السلع و الأغذية عندما تكون أرخص ثمنا بكميات كبيرة فيلزمهم حفظها من التلف لحين استخدامها.

✓ يوفر الكثير من الوقت و الجهد بدلا من تضييع الوقت في التسوق كل مرة في شراء الأطعمة لإعداد الوجبات.

✓ من أهم فوائد حفظ الأغذية هو حمايتها من التلف أو الفساد مع الحفاظ على القيم الغذائية بداخلها.[15]

خاتمة:

من خلال هذا الفصل تم عرض العديد من المفاهيم المتعلقة بالتجفيف كتعريفه وأنواعه والعوامل التي تؤثر في عملية التجفيف، وكذلك الوصف والظواهر الفيزيائية التي تحدث خلال عملية التجفيف، ومتطلبات التجفيف، الهدف منه ومميزات وفوائد حفظ الأغذية بالتجفيف.

الفصل الثاني:
أنواع المجففات

مقدمة:

يعتبر تجفيف المحاصيل أحد الحلول الفعالة للحد من فقد وهدر الأغذية. وبالمقارنة مع التجفيف تحت أشعة الشمس في الهواء الطلق، المعتمد على نطاق واسع في المناطق الريفية وخاصة في البلدان النامية، تعتبر المجففات أكثر صحية وكفاءة، كما يمكن استخدامها لمجموعة متنوعة من المحاصيل.

إنها تكنولوجيا خضراء تعتمد على الطاقة المتجددة وبالتالي تخفف فاتورة الطاقة على المزارع وتساهم في الحد من انبعاثات غازات الدفيئة.

تقدم المجففات تصاميم مختلفة يمكن تكييفها مع مختلف الظروف المناخية وخصائص المنتجات. كما أنها مناسبة جداً للمنطقة العربية التي تنعم بأشعة الشمس لساعات طويلة ويمكن تنفيذها وتشغيلها بسهولة من قبل المجتمعات الريفية شرط تقديم الإرشاد المناسب. وعلى الرغم من أن التكلفة الأولية لتركيب المجفف الشمسي قد تكون أعلى من اعتماد التجفيف تحت أشعة الشمس في الهواء الطلق، الإ أن المنتج النهائي باستخدام المجففات الشمسية يكون أكثر أماناً، وذا جودة أعلى ويتم تسويقه بشكل أفضل، مما يسمح باسترداد تكلفة المجفف بسرعة. وانطلاقا مما سبق سيتم التطرق في هذا الفصل إلى أنواع المجففات.

1.II تصنيف المجففات الشمسية

تصنف أنظمة التجفيف الشمسي تبعا لأسلوب التسخين الهواء وكيفية الاستفادة من حرارة الشمس وتنقسم أنظمة التجفيف الشمسي إلى مجموعتين:

- أنظمة التجفيف بالطاقة الشمسية النشطة تمثل أغلب المجففات الهجينة.
- أنظمة التجفيف بالطاقة الشمسية الساكنة تدعى بأنظمة التجفيف ذات الحركة الطبيعية للهواء الساخن.

وبسبب الاختلاف الموجود بين الأنظمة النشطة والأنظمة الساكنة نميز اربع فئات فرعية لأنظمة التجفيف الشمسي والتي تختلف تماما من ناحية تصميم مكونات النظام وطريقة استغلال أشعة الشمس وهي:

- المجففات الشمسية المباشرة.
- المجففات الشمسية الغير مباشرة.
- المجففات الشمسية المختلطة.
- المجففات الشمسية الهجينة.

1.1.II المجففات الشمسية المباشرة:

المجفف الشمسي المباشر ذو تجهيز بسيط وسهل، يتكون من جزء واحد يلعب دور مجمع الأشعة الشمسية وغرفة تجفيف في نفس الوقت مغطى من الأعلى بطبقة من الزجاج تسمح بمرور الأشعة الشمسية ومن الأسفل بصفيحة معدنية (غالبا ما تكون من الألمنيوم مطلية بالأسود [16]، حيث تمتص الحرارة بواسطة أسطح المنتجات التي يتم تجفيفها ثم عبر الأسطح الداخلية لها، تؤدي الحرارة الممتصة إلى تسخين الهواء الداخل إلى المجفف نتيجة لحركة الهواء البارد ليدفع الهواء الساخن تحت تأثير فرق الكثافات إلى الأعلى حاملا معه بخار الماء الناتج عن التجفيف، ثم يخرج من الفتحات العلوية بالغرفة. فكلما كانت فتحات تصريف الهواء مرتفعة تكون حركة الهواء أكثر فاعلية نتيجة لزيادة قدرة السحب لوجود فرق بين الكتلة وعمود الهواء البارد خارج المجفف وعمود الساخن داخله [17]. كما هو موضح في الشكل (1.II)

الشكل (II-1): صورة للمجفف الشمسي المباشر [18،19].

✓ **سلبيات المجففات الشمسية المباشرة:**

للمجففات الشمسية المباشرة عديدا من سلبيات ومساوئ نذكر منها: [16،20،21]

•ارتفاع درجات الحرارة في نهاية التجفيف. القضاء على الفيتامينات بأشعة الشمس فوق البنفسجية.

•تغير لون الخضروات إلى اللون الأصفر.

• انخفاض دوران الهواء الذي يتسبب في تباطؤ سرعة التجفيف.

✓ **إيجابيات المجففات الشمسية المباشرة:**

• حماية أفضل من الغبار والحشرات والبكتيريا مقارنة مع التجفيف الطبيعي.

•لا تحتاج هذه المجففات إلى اليد العاملة والماهرة.

• قصر مدة التجفيف بالمقارنة بالمجففات الطبيعية.

•سهولة تركيبها وغير مكلفة كثيرا.

•طاقة مجانية عكس المجففات الصناعية.

2.1.II المجففات الشمسية الغير مباشرة:

هذا النوع من المجففات يتكون من جزئين مجمع الأشعة الشمسية مغطى من الأعلى بطبقة من الزجاج، ومن الأسفل بصفيحة معدنية مطلية بالأسود تسمح بتزويد غرفة التجفيف بالحرارة اللازمة للتجفيف. حيث يسخن الهواء بواسطة المجمع الشمسي ويدفع إلى غرفة التجفيف ومنها إلى الجو حاملا معه جزءا من رطوبة المادة [17]. كما هو موضح في الشكل **(2-II)**

الشكل (II-2): صورة للمجفف الشمسي الغير مباشر [22].

✓ **سلبيات المجففات الشمسية الغير مباشرة**

بالرغم من ايجابيات المجففات غير المباشرة إلا أنه لها بعض السلبيات نذكر منها:[21،22]

- تكلفتها المادية كبيرة مقارنة بالتجفيف المباشر.
- سرعة الجفاف متذبذبة جدا وفقا للحالة الجو وتصميم المجفف.
- ضعف مقاومة هذا النوع من المجففات للزجاج وهذا ما يحتم تبديلها دوريا.

✓ **إيجابيات المجففات الشمسية الغير المباشرة:**

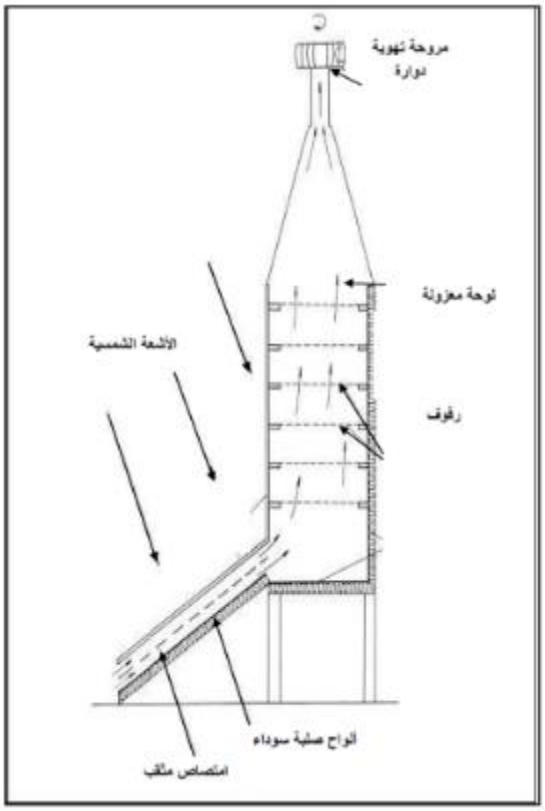
تعتبر المجففات الغير مباشرة من الأنواع التي لها عدة مزايا من ناحية التركيب وسير عملية التجفيف نذكر منها:

- لا يتم تعريض المنتج مباشرة إلى أشعة الشمس.
- الحفاظ على جودة ولون المنتج المجفف وقيمته الغذائية.
- محدودية درجة الحرارة (55 درجة مئوية).

3.1.II تعريف المجففات الشمسية المختلطة (متعددة الأنظمة)

هذا التركيب عبارة عن مجفف مباشر وغير مباشر في نفس الوقت، فالهواء يسخن بواسطة المجمع الشمسي وعندما يدخل غرفة التجفيف تزداد سخونته فهو يساعد في رفع درجة الهواء بالنسبة للمجفف الغير مباشر [16]، لهذه المجففات نفس تركيبة المجففات الغير مباشرة (مجمع شمسي، غرفة التجفيف، مدخنة) [24].

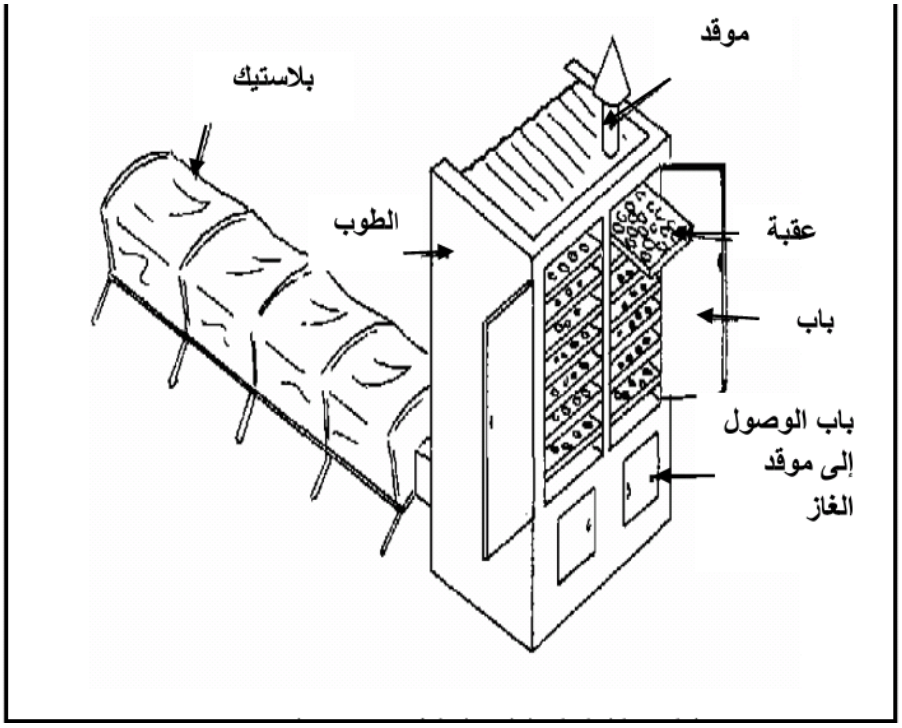
ولكن لها نفس سلبيات المجففات المباشرة لتعرض المنتج إلى الإشعاعات الشمسية المباشرة والتي تؤثر على القيمة الغذائية [16] كما هو موضح في الشكل (II-3)



الشكل (II-3): مجففات الطاقة الشمسية المختلطة مع الدوران القسري [20،21].

II.1.4. تعريف المجففات الشمسية الهجينة

في هذا النوع من المجففات يتم جمع بين خصائص كل المجففات الشمسية المباشرة والمجففات الغير مباشرة ، حيث تكون عملية التجفيف عن طريق جمع الشعاع الشمسي وتدفق الهواء المسخن في مجمع الطاقة الشمسية . قد يستغرق المجفف الهجين وقت أقل من المجففات الأخرى ، ومع ذلك فإن تكلفة الصيانة لديه عالية جدا . وتستخدم هذه الطريقة عادة للمنتجات التي تتطلب تجفيف سريع مع الحفاظ على الجودة. **[22]**



الشكل (II-4): الطاقة الشمسية الهجينة مجفف الغاز [27].

✓ **سلبيات المجففات الشمسية الهجينة**

ولكن لهذه المجففات عديد من السلبيات في التركيب والتسيير منها:[16]

- تكلفة الإنتاج والاستثمار مرتفعة جدا.
- الحاجة إلى تزويد المحلي بالوقود والكهرباء.
- تتطلب يد عاملة مؤهلة للصيانة.

✓ **إيجابيات المجففات الشمسية الهجينة**

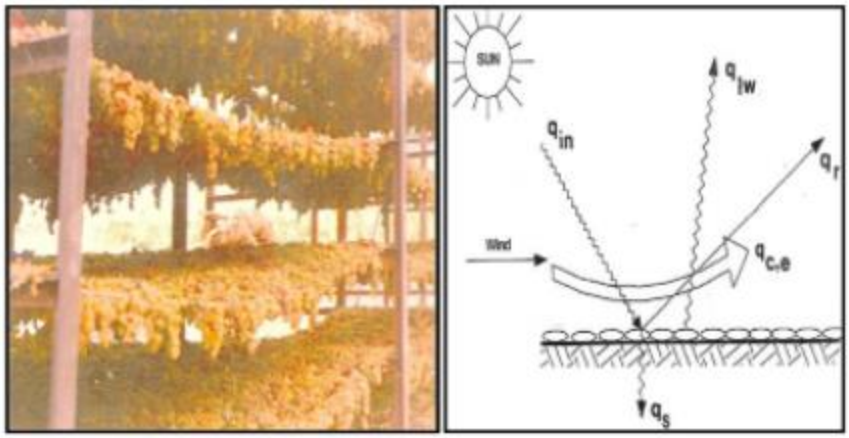
لهذا النوع من المجففات العديدات من الفوائد مقارنة بالمجففات الأخريات:

- زيادة نسبة الإنتاج مقارنة بالمجفف الشمسي.
- استهلاك منخفض للطاقة مقارنة بالمجفف الصناعي.
- التحكم الجيد في درجة الحرارة وسرعة التجفيف داخل المجفف.

2.II أهم الطرق الشائعة في التجفيف:

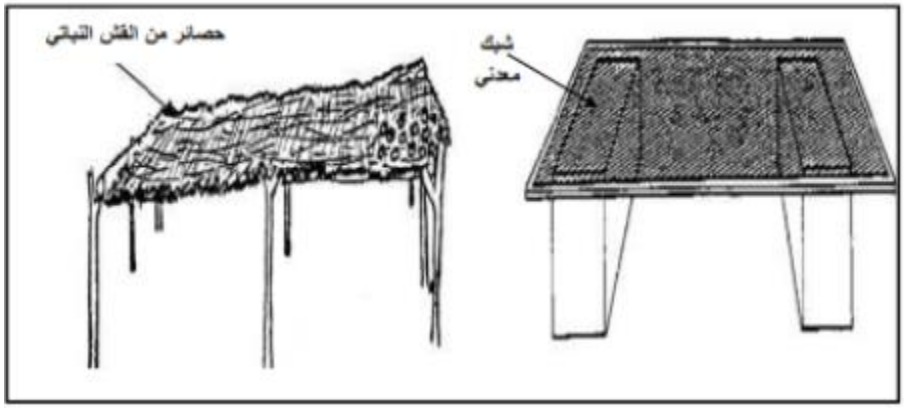
2.II. 1. مجففات الشمسية الطبيعية (مجففات الهواء الطلق):

تعتبر المجففات الشمسية الطبيعية من أقدم الطرق المستعملة في حفظ الغذاء. ولا زالت تستخدم حتى الآن في تجفيف العنب والمشمش وغيرها من المحاصيل الزراعية، حيث تحتاج لوضع الثمار في الشمس على ألواح وتركها لتجف. ولكن نمو الكائنات الدقيقة وعدم ارتفاع درجة الحرارة بالدرجة الكافية يحد من استخدام هذه المجففات، وذلك لإمكانية حدوث فساد أو تلف وتعرض الثمار للرياح والطيور وبعض التغيرات الكيميائية المؤثرة على لون ونكهة المنتج [26] كما يوضح الشكل (II-5)



الشكل (II-5): صورة و مبدأ عمل مجففات التقليدية [27].

يمكن عمل مجففات بسيطة تقليدية باستخدام شبك معدني أو حصائر من القش النباتي محملة على مكعبات حجرية أو أعمدة خشبية، من أجل مرور الهواء فوق وتحت المحصول مما يسمح بزيادة التجفيف مع فحص المحصول يوميا على فترات زمنية مختلفة ومراعاة نقله إلى مكان مغلق أو تحت سقف إذا حدثت أمطار كما يمثل الشكل بعض التصاميم للمجففات التقليدية [16].



الشكل (II-6) : نماذج المجففات التقليدية.

✓ **سلبيات المجففات الشمسية الطبيعية(مجففات الهواء الطلق):**

للمجففات الشمسية الطبيعية العديد من العيوب والسلبيات نذكر منها: [26]

- تلوث المحاصيل بالأتربة وملوثات الجو.
- مهاجمة الطيور والقوارض والحشرات.
- درجة حرارة الشمس المباشرة لا تكفي للقضاء على كل الكائنات الدقيقة.
- بطء عملية التجفيف وذلك لتعرض المباشر لأشعة الشمس.

✓ **إيجابيات المجففات الشمسية الطبيعية (مجففات الهواء الطلق)**

تتميز المجففات الطبيعية بعدة مزايا نذكر منها: [25]

- لا يتطلب معدات أو العمالة الماهرة.
- مصدر مجاني وغير ملوث للطاقة الشمسية. لا توجد أي نفقات للطاقة.
- تجفيف لطيف بفضل التناوب ليلا ونهارا.
- تغير اللون قليلا.
- عملية بسيطة وغير مكلفة.

II.2.2.المجففات الصناعية:

في هذا النوع من المجففات يتم ملامسة الهواء الساخن مع المادة الرطبة لتسهيل انتقال الحرارة [28]. حيث يوضع المحصول فوق أرضية مثقوبة للسماح بمرور الهواء الساخن من خلالها [16]، كما تعطي هذه المجففات منتجات ذات نوعية أفضل وبذلك تعتبر الطريقة الأكثر شيوعا. فهي تمنح قدرا أكبر من المرونة مقارنة بالتجفيف التقليدي والمجففات الأخرى. وبالرغم من توافر العديد من المجففات الصناعية في السوق إلا أنها تشترك جميعها على مصدر للحرارة، ومنظم للحرارة، ونظام لتدفق الهواء [29]

الشكل **(II-7):** صورة للمجفف صناعي [28].

✓ **سلبيات المجففات الصناعية:**

للمجففات الصناعية كثير من سلبيات مقارنة بالمجففات الطبيعية: [16]

•التكلفة العالية لاعتمادها على تسخين الهواء انطلاقا من طاقة الكهربائية.

• بعد مناطق الريفية على شبكات الكهرباء.

✓ **إيجابيات المجففات الصناعية:**

بالرغم من عيوبها إلا إن لها العديد من الايجابيات

• إمكانية استمرارية عملية تجفيف ليلا لأنها لا تحتاج إلى شمس من اجل التجفيف.

•إعطاء منتجات مجففة خالية من كل الملوثات.

•التحكم الجيد في سير عملية التجفيف.

•الحفاظ على المنتج من عوامل التلوث.

•التجفيف السريع بالمقارنة مع المجففات الشمسية.

كما يوضح الجدول أهم الاختلافات بين المجففات الصناعية والمجففات الطبيعية. الجدول **(II-1)**: يوضح عملية المقارنة بين المجففات الصناعية والمجففات الطبيعية [26].

الجدول رقم (II -01): يوضح أهم الاختلافات بين المجففات الصناعية والمجففات الطبيعية

أساس المقارنة	نظام المجففات الطبيعية	نظام المجففات الصناعية
مصدر الحرارة	الشمس	مصدر حراري صناعي
المساحة	مساحات كبيرة	لا يحتاج مساحات كبيرة
المدة	مدة زمنية طويلة	مدة زمنية قصيرة
اليد العاملة	يحتاج يد عاملة كثيرة	اليد العاملة قليلة
التكلفة	تكلفة المنخفضة	تكلفة مرتفعة
العوامل الجوية	تعرض المنتج إلى الأتربة	لا يتعرض المنتج إلى الأتربة

II.2.3.أنواع المجففات الصناعية:

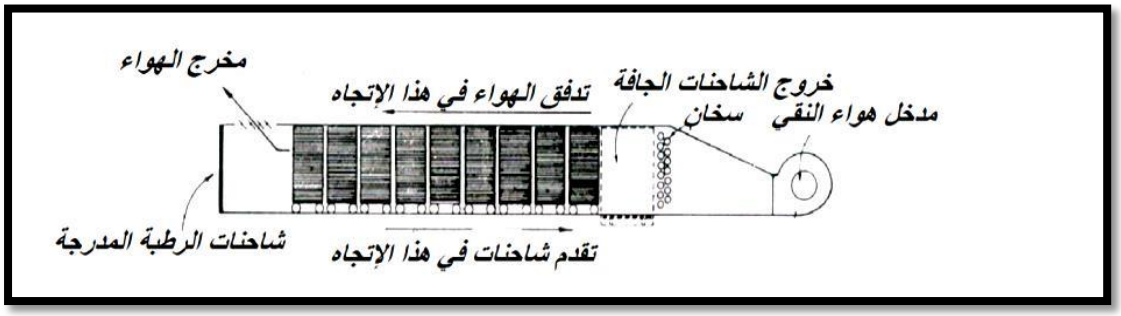
هناك العديد من أنواع المجففات الصناعية نذكر منها:

II.3.2.1 مجففات الأنفاق

في هذه الطريقة يستبدل الإشعاع الشمسي بالهواء الساخن الجاف المتقدم بسرعة كبيرة في كل اتجاهات مختلفة حول المادة المراد تجفيفها المحملة على ألواح خاصة داخل النفق، ويتم التحكم في درجة حرارة الهواء وسرعته ورطوبته النسبية حسب متطلبات التجفيف وتستغرق العملية حوالي 6-8 ساعات، ويكون زمن التجفيف القصير في هذه الحالة لا يعطي أي فرصة لحدوث فقد كبير في قيمة الغذائية، بالمقارنة مع التجفيف الشمسي . كما أنه يمكن تصنيف مجففات الأنفاق حسب اتجاه حركة الهواء نذكر منها:

- **مجففات النفق المتوازية:**

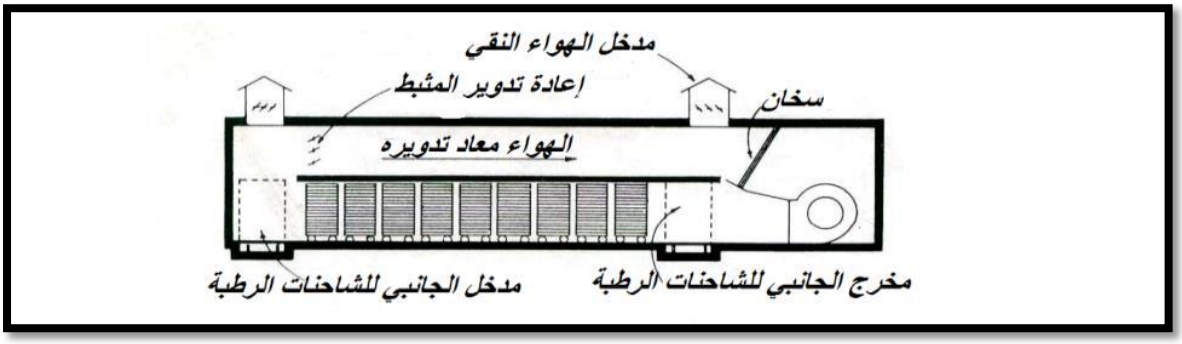
من مميزات هذه المجففات أن الهواء والغذاء يدخلا من نفس الجانب ويخرجا من جانب الآخر، مع وجود تلامس بين الغذاء والهواء الساخن لاستكمال عملية التجفيف. كما هو موضح الشكل (II-8)



الشكل (II-8): مجففات النفق المتوازية.

- **مجففات النفق المتعاكسة الجريان:**

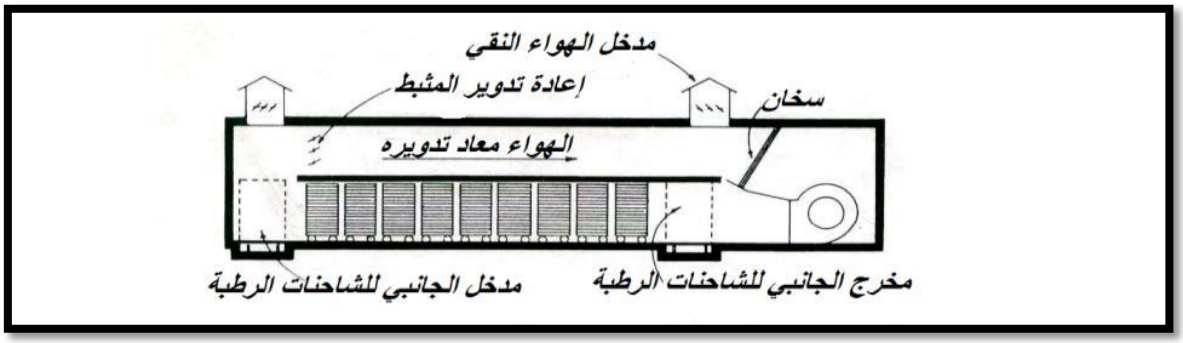
يدخل الهواء في هذه المجففات من جانب والغذاء من الجانب المعاكس، وخلال عملية التجفيف يتحرك الغذاء والهواء بدرجة حرارة تتراوح بين 37.8-48.9 مئوي في بداية التجفيف ثم ينتهي بدرجات حرارة أعلى بحدود 65.6-76.7 مئوي قرب النهاية في خط التجفيف. من مميزات هذا النوع كفاءته العالية في التجفيف ولكن إذا لم تراعى السيطرة على هذه العملية فإنه يؤدي إلى الحرق المادة المراد تجفيفها. كما يوضح الشكل (II-9).



الشكل (II-9): مجففات النفق المتعاكسة الجريان.

- **مجففات النفق المزدوجة:**

تعتمد هذه المجففات على مزج المتوازي (تسري) المادة المجففة والهواء في نفس الاتجاه مع المتعاكس (تسري المادة المجففة والهواء عكس الاتجاه) أو المتعاكس مع المتوازي في عملية التجفيف واحدة، ففي التجفيف المتوازي المتعاكس الشائع الاستعمال تتم الاستفادة من السرعة العالية للتجفيف في البداية بواسطة المتوازي ومن ثم ضمان الحصول على غذاء جاف من الجانب الآخر بواسطة المتعاكس. كما هو موضح في الشكل(II-10).

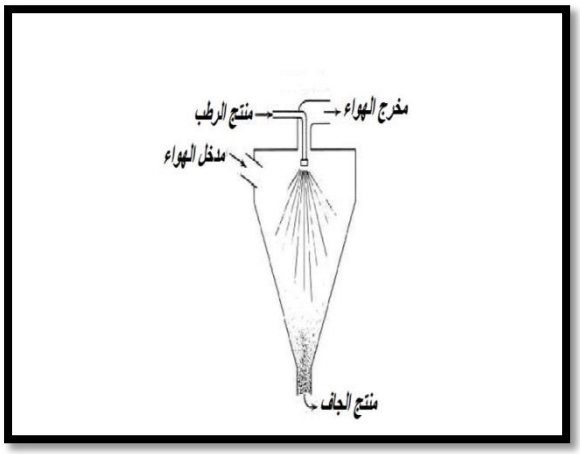


الشكل (II-10): مجففات النفق المزدوجة.

2.3.2.II مجففات الرذاذ

تستعمل هذه الطريقة في تجفيف الأغذية السائلة مثل اللبن والشاي، حيث ترش المادة المراد تجفيفها على هيئة رذاذ بقرب من بعضها البعض مع الهواء الساخن ذي السرعة العالية داخل غرفة التجفيف حيث تتعرض أجزاء المادة الغذائية إلى الهواء الساخن فيتم التبادل الحراري بين أجزاء المادة الغذائية والهواء الساخن مؤديا إلى تبخر الماء ومن ثم يرتفع إلى الأعلى حيث ينقل مع الهواء الساخن إلى الخارج وذلك بواسطة أجهزة خاصة موضوعة فيها لإزالة الأبخرة وتستغرق هذه العملية ثواني قليلة مما يؤدي إلى قلة الفقد في العناصر الغذائية. وللمجففات الرذاذ ثلاثة أنواع:

- المجففات الأفقية ذات التيار المستقيم.
- المجففات العمودية ذات التيار المستقيم
- المجففات ذات التيار الدوار.



الشكل (II-11): مجففات الرذاذ.

3.3.2.II المجففات الأسطوانية

تستخدم هذه المجففات مع المواد التي يصعب دفعها بالرذاذ مثل البطاطس المهروسة وغيرها، وتتم هذه العملية بسكب الغذاء على السطح الخارجي للأسطوانة الدوارة والبطيئة ويجفف الغذاء بدورة واحدة فقط بعدها يشفط الغذاء المجفف بواسطة سكين خاصة تسمى bladedocter تسخن الأسطوانة بواسطة بخار من الداخل ويمتاز سطحها الخارجي بالسرعة في التوصيل الحراري. كما تستغرق عملية التجفيف 5 دقائق تقريبا. ومن مزايا هذه المجففات تكلفتها المنخفضة مقارنة بالتجفيف بالرذاذ، إلا إن الفقد في عناصر الغذائية يكون كبير ولكنه يظل اقل من الفقد الذي ينجر عن التجفيف الشمسي أو التجفيف بالنفق. توجد نوعين من المجففات الاسطوانة وهي:

- المجففة الأسطوانية المنفردة.
- المجففة الأسطوانية المزدوجة.

4.3.2.II مجففات الضغط المنخفض:

تتميز هذه نوعية من المجففات بإعطاء منتجات غذائية مجففة ذات جودة أفضل، وبسبب تكلفتها الكبيرة تستعمل فقط لأغذية التي تكون أسعارها مرتفعة، إما سرعة ورطوبة المادة مراد تجفيفها فتحدد بمقدار التفريغ ودرجة الحرارة الموجودة داخل المجفف، وتنقسم مجففات الضغط المنخفض إلى ثلاث أنواع:

- مجففات الرفوف المفرغة.
- مجففات الحزام المستمر المفرغة.
- مجففات النقش المفرغة.

5.3.2.II مجففات تستعمل الطاقة الناتجة عن الموجات القصيرة:

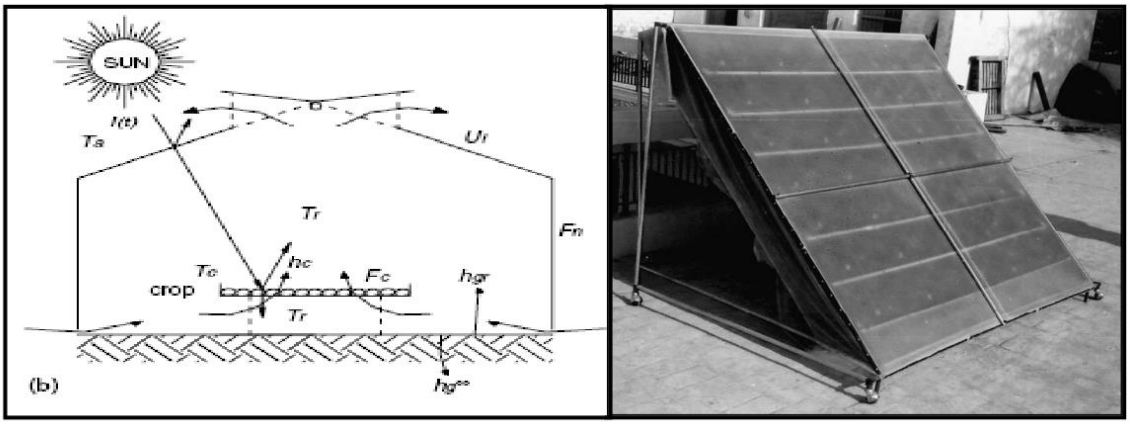
يكمن مبدأ عمل هذا النوع من المجففات على جزئيات الماء وما تحمله من شحنة. يمكن اعتبارها مثل المغناطيس الذي يتميز بقطبين متعاكسين، حيث تنتشر هذه الموجات داخل الغذاء سواء كان جافا أو رطبا، فعند تغلغلها الغذاء فإنها تخلق مجالا كهربائيا داخله مما يؤدي إلى تحرك جزئيات الماء بسرعة في اتجاه المتعاكس لشحنة المجال الكهربائي المتولد، وكلما تحركت جزئيات الماء بسرعة كبيرة نتج عنها طاقة تؤدي إلى رفع درجة حرارة الغذاء، فعند وجود تيار من الهواء الذي يعمل على تبخر جزئيات الماء التي تساهم في جعل الغذاء أخف [26،30].

3.II أنظمة تدفق الهواء في المجففات الشمسية:

تصنف المجففات الشمسية اعتمادا على طريقة تدوير الهواء مثل مجففات الحمل الطبيعي ومجففات دوران الحمل القسري.

1.3.IIمجففات الحمل الطبيعي (مجففات السلبية)

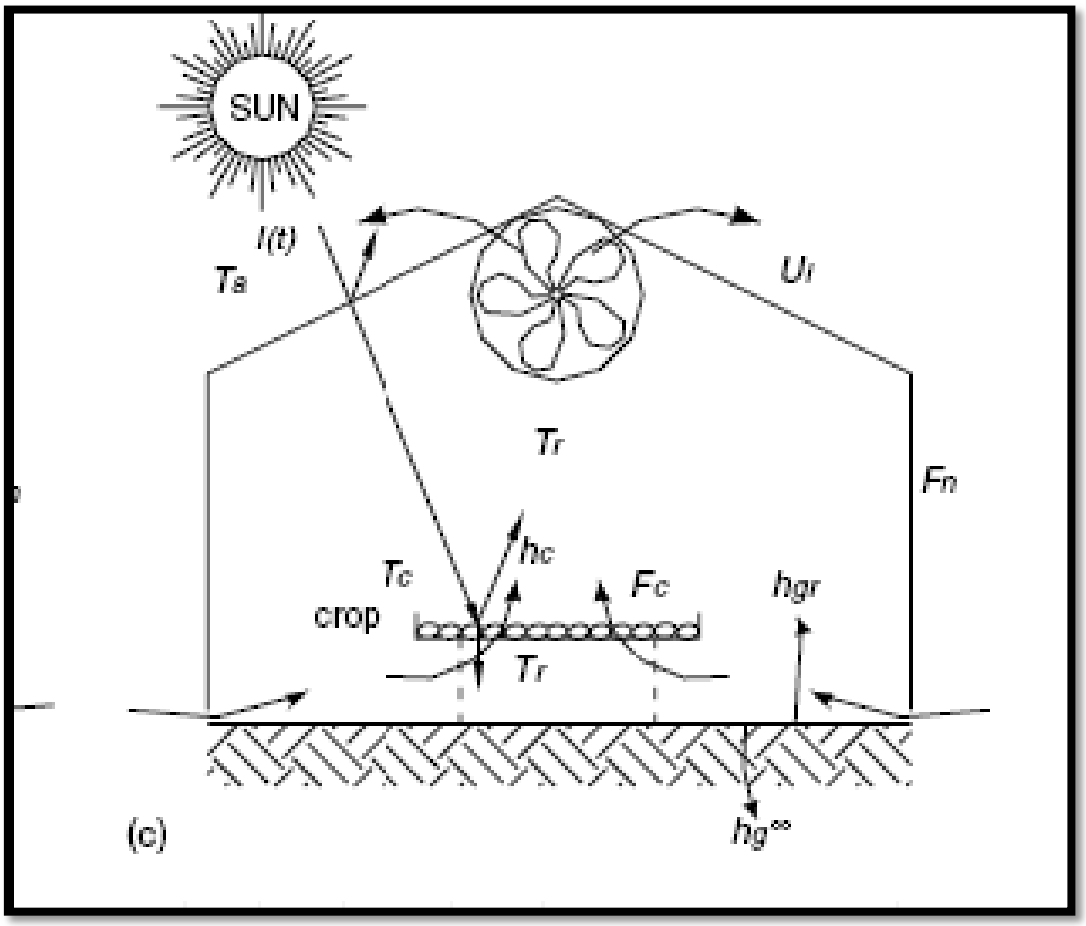
وتعتمد حركة الهواء الساخن ضمن غرفة التجفيف على الحمل الطبيعي بمعنى آخر يسخن الهواء فتنخفض كثافته فيتحرك نحو الأعلى مجففا المنتجات المراد تجفيفها وعندما يمتص منها رطوبتها ويبرد يتم طرده إلى الوسط الخارجي [31] من خلال المدخنة ولهذه المجففات عيوب منها خطر تجاوز الحد الأقصى لدرجة الحرارة المسموح بها من قبل المنتج في الكثير من الأحيان بسبب ضعف دوران الهواء شائع في هذه المجففات [25].



الشكل (II-12): رسم تخطيطي وبياني للمجفف الشمسي المباشر مع الحمل الطبيعي

2.3.IIمجففات الحمل القسري (مجففات النشطة):

في هذا النوع من المجففات تكون حركة الهواء قسرية أي يتم تدوير الهواء الساخن ضمن المجففة بواسطة منظومة المراوح يتم اختيارها بحسب كمية الهواء اللازمة لإتمام عملية التجفيف وسرعته المطلوبة [31]، وتسمح هذه الفئة من المجففات الشمسية بالتحكم الجيد في عملية التجفيف وذلك بسبب سرعة واستمرارية الهواء الساخن ولهذا النوع من المجففات عيوب كغيره من المجففات منها تكلفته العالية بالنسبة لإنتاج والاستثمار مقارنة بالمجففات الحمل الطبيعي، كما يتطلب الإمدادات المحلية من الكهرباء التقليدية أو نظام الضوئية لتشغيل المروحة .[25]. ويمكن اعتبار هذا الصنف من المجففات الهجينة لاستعماله مصدر آخر للطاقة غير الطاقة الشمسية [17].



الشكل (II-13): رسم تخطيطي للمجفف المباشر مع الحمل الحراري القسري

خاتمة:

من خلال هذا الفصل يمكن القول أن هناك عدة أنواع من المجففات التي تم تطويرها لخدمة الأغراض المختلفة لتجفيف المنتجات الغذائية و الزراعية وفقًا للحاجة المحلية والتوافر. يمكن تصنيف المجففات وفقًا لطريقة استخدامها للإشعاع الشمسي في المجففات الطبيعية والمجففات المباشرة والمجففات غير المباشرة.
- يُقال إن المجفف مباشر، إذا وصل الإشعاع الشمسي إلى المنتج مباشرةً، أما عندما تكون المنتجات محمية من الإشعاع فيعتبر المجفف غير مباشر.

الجانب العملي

الفصل الثالث:

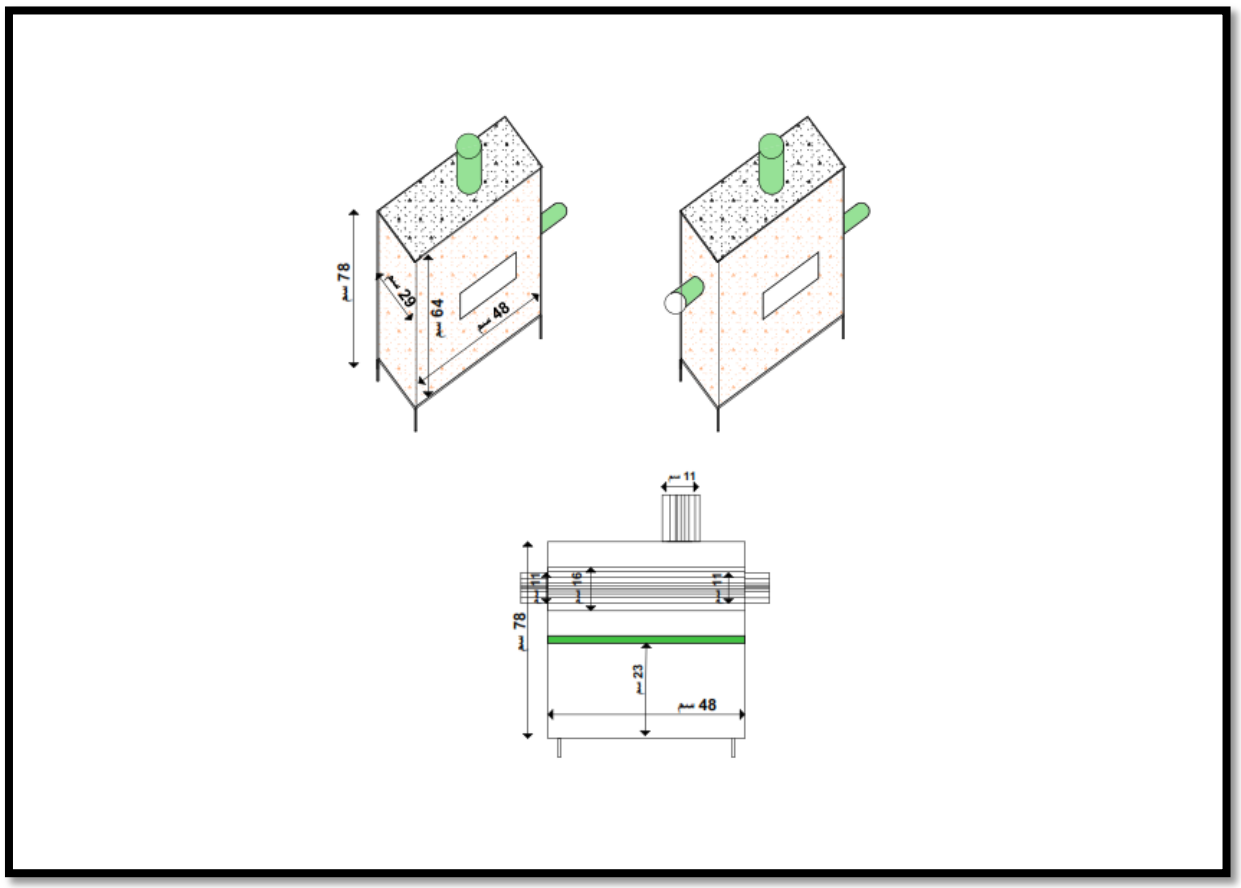
تصميم مجفف

مقدمة:

من أهم طرق حفظ الأغذية لأطول مدة ممكنة هي عملية تجفيفها أي عن طريق خفض النشاط المائي والرطوبة للمواد المراد تجفيفها، لذلك يطرح هذا الفصل كيفية تجفيف عن طريق الغاز الطبيعي من انتقال للحرارة والكتلة بين المنتج وهواء التجفيف، ويشرح أيضا الظروف الواجب توفرها من حيث درجة الحرارة للتعرف على المجفف الغاز الطبيعي المستعمل و مبدأ عمله و الأجهزة المستعملة في أخذ قياس سرعة و رطوبة هواء التجفيف وتأثير كل منها على حركية التجفيف

1.III تصميم المجفف المدروس:

تم الأخذ في الاعتبار عند تصميم المجفف المدروس تأثير عدة عوامل على مصدرا لحرارة (الحارق) والتي منها الرياح لحركة الهواء الخارجية ومن الجانب الامني للوقاية من خطر تسرب الغاز عند انطفاء الحارق . من الغاز عند انطفاء الحارق. اذ ثم معالجة النقطة الأولى رفع الحارق الى منتصف الهيكل وتغطينه بواسطة صفائح معدنية للتقليل حركة الهواء داخل الهيكل ولمعالجة النقطة الثانية ثم تركيب زجاجة مقاومة للحرارة المعرفة لمراقبة اشتعال وانطفاء الحارق



الشكل (1-III): تصميم المجفف المدروس

2.III مكونات المجفف:

1.2.III الهيكل:

وهو مصنوع من الحديد ذو سطح مربع (مم16*مم16) وابعاده: الارتفاع (78سم)، الطول: (48 سم) العرض 29 سم. وصمم ليكون حاملا للحارق وغرقة التسخين

الشكل (III-2):هيكل مجفف الغاز

2.2.III الصفائح:

وهي عبارة عن صفائح معدنية ومهمتها حماية الحارق وغرفة التسخين من تأثير العوامل الخارجية

الشكل (III-3): صفائح معدنية

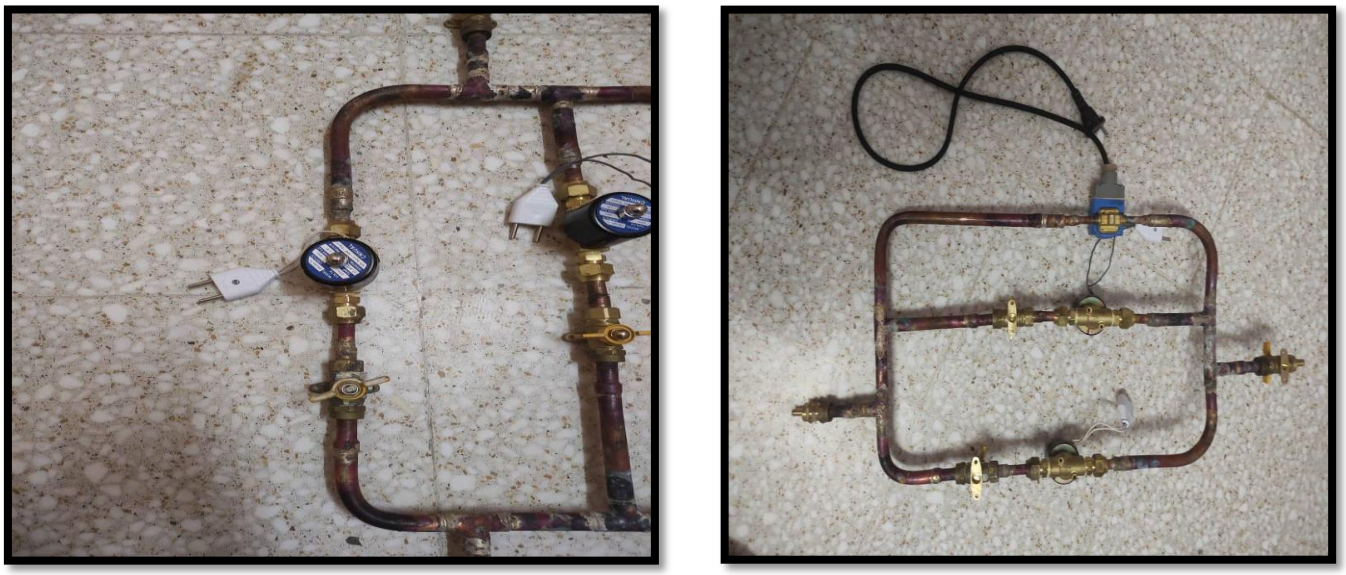
3.2.III صمام:

هي عبارة عن أدوات للتحكم في سرعة تدفق الغاز وبالتالي التحكم في مصدر الحرارة ويتم التحكم بها كهربائيا وخصائصها ويثبت بعد الصمام المباشرة حنفيات **الشكل (III-5)**: بنسب فتح مختلفة للتحكم في التدفق.

الشكل (III-4): الصمام

4.2.III قنوات نحاسية:

. وتستعمل للتوصيل بين الصمامات والحنفيات شبكة توزيع وقطرها الداخلي (16مم) واستعملت من نحاس لتجنب التأكل



الشكل (III-5): قنوات نحاسية

5.2.III غرفة التسخين:

وهي عبارة عن قناة دائرية مصنوعة من الحديد مطلي بالزنك قطرها الداخلي (16سم) ومزودة في نهايتها بقمعين مدخل القمع (11سم) ومخرجه (16سم) وصممت بهذا الشكل لضمان بقاء الهواء أكبر وقت ممكن

الشكل (III-6): غرفة التسخين

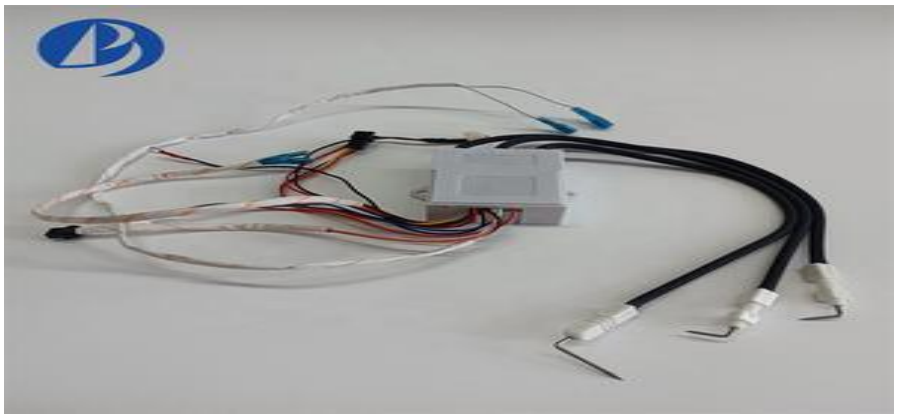
6.2.III الحارق:

وهو عبارة عن اسطوانة مجوفة من معدن مقاوم للحرارة ومثقوبة وتكون مثبتة اسفل غرفة التسخين قطرها: 50سم وطولها 5،47سم

(III-7): الحارق

7.2.III الشرارة:

وهي عبارة عن شرارة كهربائية تعمل بتيار مستمر فرق كمونه 3فولط مزودة بثلاث مجسات اثنين منهما عبارة عن قطب موجب وسالب و الثالث عبارة عن محبس للحرارة ليكون صمام الوقاية من خطر تسرب الغاز عند انطفاء الشعلة يعطي أمرا للقطبين الموجب و السالب لإصدار الشرارة الكهربائية



الشكل (III-8): الشرارة

8.2.III مروحة: تعمل المروحة على تحسين تدفق الهواء داخل المجفف وتحسين عملية التجفيف

الشكل (III-9):المروحة

9.2.III غرفة التسخين: وهي الغرفة التي يتم فيها وضع المنتج المراد تجفيفه.

الشكل (III-10): غرفة التجفيف

10.2.III الطلاء: لوقاية الهيكل من التآكل

الشكل (III-11):الطلاء

3.III خطوات انجاز المجفف بالغاز:

- تلحيم حديد الهيكل بقياسات مدروسة
- طلاء الهيكل
- تثبيت غرفة تسخين
- تثبيت الحارق في موضعه(تحت غرفة تسخين)
- قص الصفائح وثقبها حسب شكل الهيكل
- تركيب الصفائح
- قص وطي الأنابيب النحاسية
- تلحيم وتركيب الصمامات والحنفيات بالأنابيب النحاسية
- توصيل القنوات النحاسية بالمجفف
- توصيل المجفف بالغاز
- توصيل المجفف بغرفة التجفيف.

الشكل (III-12):المجفف المصمم

خاتمة:

في الفصل الثالث من الدراسة، تم تسليط الضوء على عملية تصميم وتركيب مجفف بالغاز الطبيعي لتجفيف المنتجات الغذائية. وتم استعراض الخطوات المتبعة والأدوات المستخدمة لضمان تنفيذ عملية التركيب بنجاح.

الفصل الرابع:

عرض نتائج التجربة

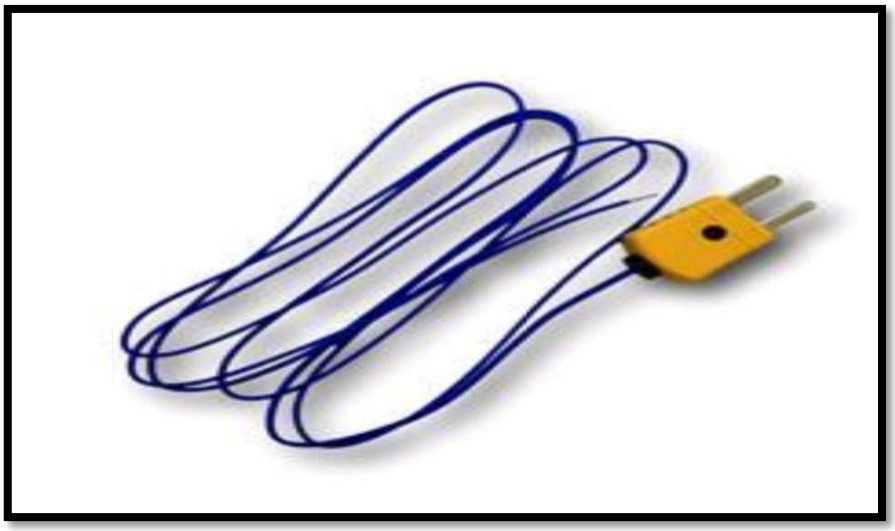
مقدمة:

بعد تصميم وانجاز المجفف المدروس، يمكننا التطرق في هذا الفصل إلى سر الخطوات التجريبية لعمل هذا المجفف ومن ثم الحصول على النتائج المراد تجفيفها لتجفيف مادة الطماطم.

1.IV اجهزة القياس:

✓ **جهاز قياس درجة الحرارة:** هو جهاز رقمي لقياس درجة الحرارة موصول بمزدوج حراري (Thermocouples) (الشكل: IV-2) يعطي قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوع فيه المزدوج

الشكل (IV-1): جهاز قياس الحرارة



الشكل (IV-2): مزدوج الحرارة (Thermocouple)

✓ **الميزان:** لقياس كتلة العينة.

الشكل (3-IV): الميزان

2.IV الخطوات التجريبية :

لتجفيف الطماطم عدة خطوات هي:

- ✓ اختيار حبات الطماطم الناضجة والصلبة والخالية من البقع والشوائب

الشكل (IV-4): اختيار الطماطم

- ✓ غسل حبات الطماطم

الشكل (IV-5): غسل الطماطم

- ✓ تقطيع الطماطم الى شرائح متساوية .

الشكل (IV-6): تقطيع الطماطم

- ✓ ترتيب شرائح الطماطم في الرفوف مع الحرص على ترك مسافة بين كل قطعة

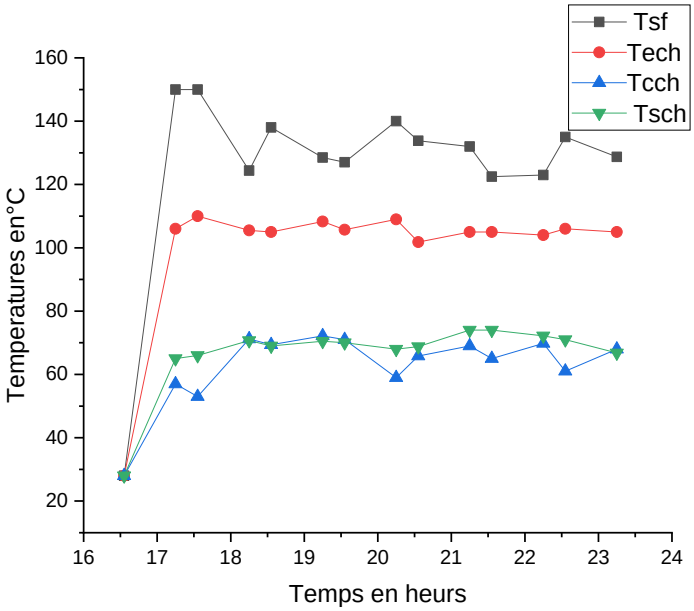
الشكل (IV-7): ترتيب شرائح الطماطم

✓ وضع الرفوف في غرفة التسخين

الشكل (IV-8): وضع الرفوف في غرفة التسخين

3.IV نتائج التجربة:

1. درجة الحرارة:



الشكل (IV-9): منحنى تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن

بناءً على المنحنى الذي قدمناه، يتضح أن الدراسة قامت بقياس درجات الحرارة في عدة نقاط مختلفة في المجفف الجديد. هذه النقاط تشمل مخرج الهواء الساخن ومدخل الغرفة ووسط الغرفة ومخرج الغرفة. لفهم النتائج، يجب أن نلاحظ التوقيت الذي تم قياس الحرارة فيه والقيم الحرارية المقابلة في كل نقطة. وفقًا للمنحنى المقدم، يمكن ملاحظة النقاط التالية:

✓ **مخرج الفرن:**

- في الوقت 16:55، كانت درجة الحرارة 28 درجة مئوية.
- في الوقت 17:25، زادت الحرارة إلى 150 درجة مئوية، ثم استمرت في الارتفاع إلى 138 درجة مئوية في الوقت 18:25، ومن ثم تراجعت ببطء.

✓ **مدخل الغرفة:**

- كانت درجة الحرارة في مدخل الغرفة مستقرة عند حوالي 28 درجة مئوية خلال فترة القياس، باستثناء بعض التباينات الطفيفة و التي قد تكون بسبب فتح باب الغرفة في كل مرة.

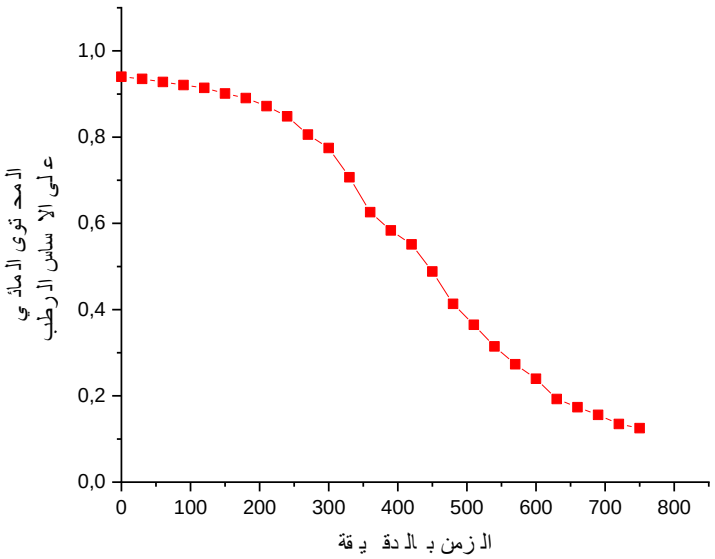
✓ **وسط الغرفة:**

- تباينت درجة الحرارة في وسط الغرفة بين 53 و 72.2 درجة مئوية خلال فترة القياس.

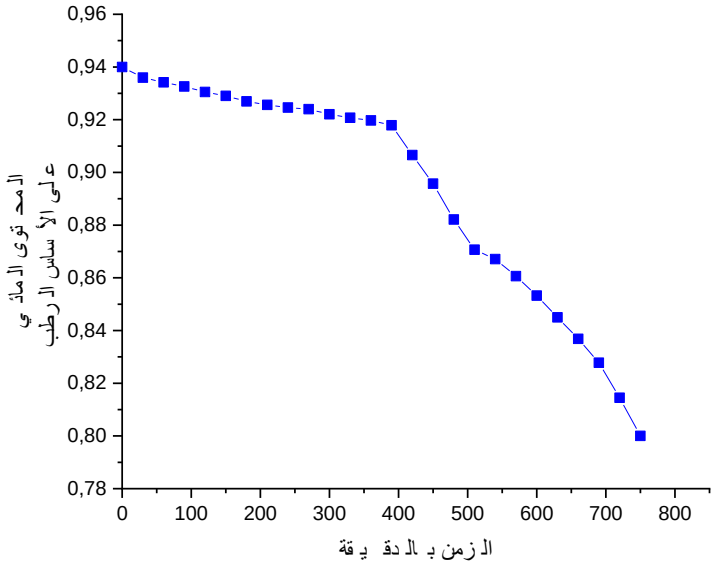
4. مخرج الغرفة:

- كانت درجة الحرارة في مخرج الغرفة تراوحت بين 65 و 74 درجة مئوية خلال فترة القياس.

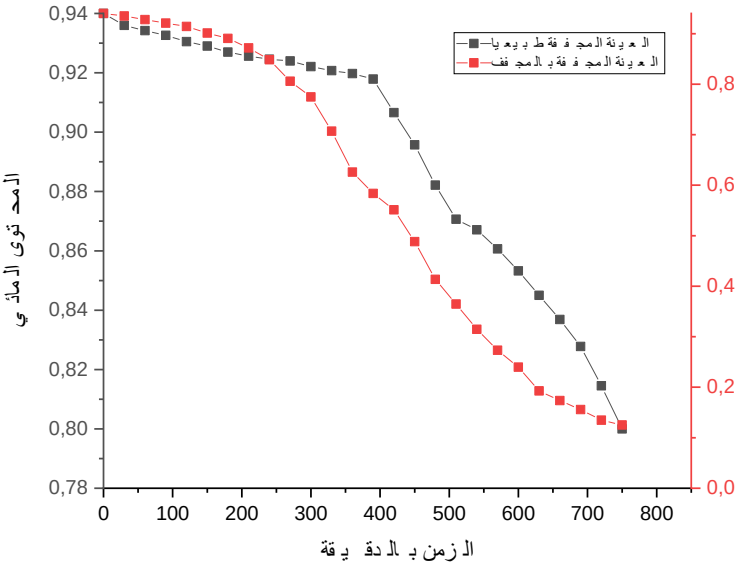
2. محتوى المائي:



الشكل (IV-10): تغير المحتوى المائي بدلالة الزمن لعينة الطماطم المجففة بالغاز



الشكل (IV-11): تغير المحتوى المائي بدلالة الزمن لعينة الطماطم المجففة بالطبيعة.



الشكل (IV-12): مقارنة محتوى المائي بدلالة الزمن

المنحنى 1:

يظهر المنحنى انخفاضًا تدريجيًا في محتوى الرطوبة للطماطم مع مرور الوقت أثناء عملية التجفيف باستخدام مجفف يعمل بالغاز الطبيعي. كما يمكن تفسير النتائج على النحو التالي

✓ في بداية عملية التجفيف (0 دقيقة)، كانت نسبة الرطوبة في الطماطم تقدر بحوالي 0.94. ثم، مع مرور الوقت، تنخفض نسبة الرطوبة بشكل تدريجي في كل فترة زمنية. يشير ذلك إلى أن الطماطم تخسر رطوبتها بسرعة في البداية وتستمر في فقدانها مع مرور الوقت.

✓ مع تقدم عملية التجفيف، يتباطأ معدل انخفاض الرطوبة، مما يعني أن الطماطم تحتوي على كمية أقل من الماء وتجف أكثر. يلاحظ أن الانخفاض في محتوى الرطوبة يكون أكبر في الفترة الأولى من التجفيف، حيث يتقلص بشكل أسرع، ولكنه يبدأ بالتباطؤ تدريجياً فيما بعد.

✓ بناءً على المعطيات المقدمة، يمكن استنتاج أن العملية الكاملة لتجفيف الطماطم تستغرق حوالي 750 دقيقة (أو 12.5 ساعة) للوصول إلى محتوى رطوبة قدره 0.12514. ويمكن استنتاج أن الطماطم تصبح جافة تقريباً بعد هذه الفترة.

منحنى الانخفاض في محتوى الرطوبة يمكن استخدامه لتقدير وقت التجفيف المستقبلي للوصول إلى مستوى

المحنى2:

يظهر المنحنى انخفاضًا تدريجيًا في محتوى الرطوبة للطماطم مع مرور الوقت أثناء عملية التجفيف في الهواء الطلق. كما يمكن تفسير النتائج على النحو التالي:

- ✓ في بداية عملية التجفيف (0 دقيقة)، كانت نسبة الرطوبة في الطماطم تقدر بحوالي 0.94 ثم، مع مرور الوقت، تنخفض نسبة الرطوبة بشكل بطيئ تدريجي في كل فترة زمنية. يشير ذلك إلى أن الطماطم تخسر رطوبتها ببطئ في البداية وتستمر في فقدانها مع مرور الوقت.
- ✓ مع تقدم عملية التجفيف، يتباطأ اكثر معدل انخفاض الرطوبة، مما يعني أن الطماطم تحتوي على كمية أقل من الماء وتجف أكثر. يلاحظ أن الانخفاض في محتوى الرطوبة يكون أكبر في الفترة الأولى من التجفيف، حيث يتقلص بشكل أسرع، ولكنه يبدأ بالتباطؤ تدريجياً فيما بعد.
- ✓ بناءً على المعطيات المقدمة، يمكن استنتاج أن العملية الكاملة لتجفيف الطماطم تستغرق مدة كبيرة جدا للوصول إلى محتوى رطوبة قدره 0.12514. ويمكن استنتاج أن الطماطم تصبح جافة تقريباً بعد هذه الفترة.

منحنى الانخفاض في محتوى الرطوبة يمكن استخدامه لتقدير وقت التجفيف المستقبلي للوصول إلى مستوى

الخاتمة:

بعد أن تطرقنا في الفصلين الأول والثاني إلى أهم المفاهيم النظرية حول تجفيف الطماطم والمجففات، ثم تصميم المجفف في الفصل الثالث، حاولنا خلال هذا الفصل اسقاط اهم المفاهيم النظرية والمجفف الذي تم تصميمه من خلال التجارب التي قمنا بها والتي اثمرت على نتائج تم توضيحها خلال هذا الفصل.

الخاتمة

الخاتمة

يعتبر التجفيف احد أنجح الطرق لحفظ الأغذية وأقل تكلفة ومساهمة منّا في إيجاد بعض الحلول لفائض الإنتاج قمنا بتصنيع مجفف يعمل بالغاز الطبيعي وقد بيّنا كيفية تصميمه وطرق تركيبه مع تصنيع النسخة الأولية منه، وتجريبه من خلال تجفيف الطماطم، وبينت النتائج المتحصل عليها فعالية المجفف الجديد لكن ذلك لم يخلو من بعض الصعوبات والتي منها:

1-صعوبة التحكم في زيادة وإنقاص درجة الحرارة مما قد يضطر مستخدم هذا المجفف لزيادة سرعة مروحة دفع الهواء وبالتالي تبذير طاقة

2-حساسية فرن المجفف للرياح وانطفاء الحارق مما يسبب تذبذب عملية التجفيف.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع

[1] د .سعد احمد سعد حلابو، د . عادل زكي محمد بديع، د محمود احمد بخيث، المكتبة الأكاديمية للنشر، القاهرة جمهورية مصر العربية (2008)، ص 102.

[2] محمد سليم أشنبة، رنا ماجد جاموس، التجفيف الشمسي للفواكه والخضروات، مركز ابحاث التنزع الحيوي والبيئة نابلس ، فلسطين (2016) ص 9.

[3] https://ar.m.wikipedia.org/wiki/ تاريخ الزيارة: 2023/04/05 الساعة: 11:39

[4] J.P Nadeau, J.R.Puiggali, Séchage: des processus physiques aux procèdes industriels. Tec & Doc- Lavoisier, 1995.

[5] عاتي مختار المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2011 ص 16-36.

[6] محمد احمد السيد خليل، علوم البيئة والحفاظ عليها، الدار الثقافية للنشر، القاهرة، جمهورية مصر العربية، 2006، ص 175.

[7] خديجة زعبي، هرمس إكرام، حوامد عفاف، دراسة كفاءة مجفف شمسي في منطقة الجنوب الشرقي بالجزائر الوادي -، مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي، تخصص فيزياء تطبيقية إشعاع وطاقة، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، كلية العلوم الدقيقة، 2020/2021، ص21.

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

[9] اسعد رحمن سعيد الحلفي التجفيف قسم علوم الأغدية كلية الزراعة جامعة البصرة، المحاضرة الثامنة.

[10] مختار العاتي ، تثمين بطاطس منطقة الوادي بطريقة التجفيف الشمسي، أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه علوم تخصص: هندسة الطرائق، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2019، ص 23.

[11] AL-Hafidh, M. H., & Ameen, S. M. (2009). Heat and Mass Transfer During Air Drying of Sweet Potato. Journal of Engineering, 15(3), 4075-4086.

[12] Charreau A., Cavaille R. (1991) Séchage théorie et pratique Technique de l'Ingénieur, génie des procédés, 2480-1; 2480-23 .

[13] اشتية محمد سليم علي، & جاموس رنا ماجد. (2010). التجفيف الشمسي للفواكه الخضروات: خبرات من فلسطين. مركز أبحاث التنوع الحيوي و البيئة، نابلس فلسطين، ص 16.

[14] الحلفي اسعد، رحمن سعيد وآخرون (2011). دراسة تجفيف بعض أنواع الخضر بفرن الهالوجين، مجلة الكوفة للعلوم الزراعية .3 (1)، ص 209-216.

[15] خديجة زعبي، هرمس إكرام، حوامد عفاف، دراسة كفاءة مجفف شمسي في منطقة الجنوب الشرقي بالجزائر الوادي -، مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي، تخصص فيزياء تطبيقية إشعاع وطاقة، جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، كلية العلوم الدقيقة، 2020/2021، ص 15.

[16] العاتي مختار، المساهمة في تحسين مجفف الشمسي للمحاصيل الزراعية، مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2011، ص 39-45.

[17] إبراهيم حسن إدريس، آدم النزير عثمان الطيب تصميم مجفف شمسي خشبي يعمل بالخلايا الشمسية، بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، 2016م، ص10.

[18]SebbghKHadidja, CHerfaoui Iman, Etude du séchage de produite agricoles dans un séchoir solair-cas de poivionroug, Diplôme de Mastre, Universite M'hamedBougaraBoumerdes, 2017, p38.

[19]R.J. Fuller, Solar Energy Conversion And Photoenergy Systems - Vol. III - Solar Drying - A Technology for Sustainable Agriculture and Food Production.

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

[21]O. V. Ekechukwu, B. Norton, Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology, Energy Conversion, Management. 40, 1999, 615-655.

[22] ريم النجداوي وآخرون، كُتيّب فني المجففات الشمسية، الأمم المتحدة الاسكوا، بيروت، 2021، ص 12.

[23]R. Miri, O. Mokrani, F. Siad et M. Belhamel. Etude Expérimentale d'un Séchoir Solaire. Rev. Energ. Ren.: Zones Arides (2002) 41-48.

[24] O. V. Ekecjukwn, B. Norton, " Review of solar energy II."

[25] R.J. Fuller, Solar Energy Conversion And Photoenergy Systems - Vol. III - Solar Drying - A Technology for Sustainable Agriculture and Food Production.

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

[27] بن أعمارة نصر الدين هندسة الأغذية بالطاقة الشمسية ودورها في التنمية الزراعية المستدامة في الجزائر – مجففات الشمسية أنموذجا - جامعة ريان عاشور بالجلفة مجلة الحقوق والعلوم الإنسانية، العدد الاقتصادي 135، ص 55-56.

[28]V. Belessiotis, E. Delyannis.SolarEnergy 85 (2011) 1665-1691.

[29] Vasseur, 2009 : "Séchage: principes et calcul d'appareils-Séchage convectif par air chaud (partie 1".(

[30].د محمد سليم علي أشتية و رنا ماجد جاموس، التجفيف الشمسي للفواكه والخضراوات : خبرات من فلسطين، مركز أبحاث التنوع الحيوي والبيئة (بيرك) ، تل نابلس فلسطين ، ص . ب 696 . نابلس فلسطين، 2010.

[31] د اسعد رحمن سعيد الحلفي التجفيف قسم علوم الأغذية كلية الزراعة جامعة البصرة، المحاضرة الثامنة.

[32] 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، صفحة 757.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى حل مشكل كبير تعاني منه معظم الدول وخاصة الجزائر في قلة طرق حفظ المحاصيل الزراعية عند حدوث فائض في الانتاج، نقترح استعمال المجففات التي تعمل بالغاز الطبيعي. وفي هذه الدراسة، قمنا بعمل تجريبي لتصميم مجفف بالغاز الطبيعي لمعرفة مدى كفاءته. تمت الدراسة على مرحلتين تجربتين، الأولى في يوم 23 ماي 2023 خصصت لتصميم المجفف، فكانت النتائج جد مرضية، أما في المرحلة الثانية، تم تجفيف مادة الطماطم المعروفة بالإنتاج المحلى الوفير، حيث كذلك تمت عملية التجفيف في غضون 6 ساعات فقط، أي نزع ما يقارب نسبة 72.31% من محتوى الرطوبة.

الكلمات المفتاحية: التجفيف، المجففات، تصميم المجفف، تجفيف الطماطم.

Résumé:

Cette etude vise à résoudre un problème majeur dont souffrent la plupart des pays, notamment l'Algérie, dans le manque de méthodes de préservation des cultures agricoles en cas de surplus de production. Nous suggérons l'utilisation de sécheuses au gaz naturel. Dans cette étude, nous avons mené un travail expérimental pour concevoir un séchoir à gaz naturel afin de voir son efficacité. L'étude s'est déroulée en deux phases expérimentales, la première le 23 mai 2023 a été consacrée à la conception du séchoir, et les résultats ont été très satisfaisants. Dans la deuxième phase, le matériel de tomate connu pour sa production locale abondante a été séché, où le processus de séchage a également été achevé en 6 heures seulement, c'est-à-dire l'élimination d'environ 72,31 % d'humidité.

Mots-clés: séchage, déshydratants, conception de séchoirs, séchage de tomates

Abstract

This study aims to solve a major problem that most countries, especially Algeria, suffer from in the lack of methods for preserving agricultural crops when there is a surplus in production. We suggest the use of natural gas dryers. In this study, we conducted an experimental work to design a natural gas dryer to see its efficiency. The study was carried out in two experimental phases, the first on May 23, 2023 was devoted to the design of the dryer, and the results were very satisfactory. In the second phase, the tomato material known for abundant local production was dried, where the drying process was also completed within 6 hours only, i.e. the removal of approximately 72.31% moisture content.

Keywords: drying, desiccants, dryer design, tomato drying.