الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم الهندسة الميكانيكية

مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر أكاديمي

ميدان العلوم والتكنولوجيا

الشعبة: هندسة ميكانيكية

التخصص: طاقات متجددة في الميكانيك

تجفيف البصل

-دراسة تطبيقية-

تحت إشراف الدكتور:

عبد الجليل لعويني

إعداد الطلبة:

أيمن غندير عون

إسحاق صحراوي

بن سالم بده زكري

لجنة المناقشة

نسيب الجبلاني	جامعة الشهيد حمه لخر الوادي	رئيس اللجنة
لعويني عبد الجليل	جامعة الشهيد حمه لخر الوادي	المشرف
الزين علي	جامعة الشهيد حمه لخر الوادي	المناقش

السنة الجامعية: 2024/2023م

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر- الوادي

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم الهندسة الميكانيكية

مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر أكاديمي

ميدان العلوم والتكنولوجيا

الشعبة: هندسة ميكانيكية

التخصص: طاقات متجددة في الميكانيك

تجفيف البصل

-دراسة تطبيقية-

تحت إشراف الدكتور:

عبد الجليل لعويني

إعداد الطلبة:

أيمن غندير عون

إسحاق صحراوي

بن سالم بده زكري

السنة الجامعية: 2024/2023م

بسم الله الرحمن الرحيم

الإهـــداء

بسم من سبب الأسباب وفتح الأبواب وخلق آدم وحواء من تراب

ثم الصلاة والسلام على من لا نبي بعده محمد عليه أزكى الصلاة

وأفضل التسليم

أهدي ثمرة جهدي:

إلى الذين قال فيهم الله عز وجل:

﴿واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا﴾

[الإسراء:24]

إلى والديا الكريمين

إلى جميع إخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى جميع الأساتذة الذين علموني منذ نعومة أظافري

من أجل العلم والمعرفة

إلى جميع الأصدقاء والزملاء

وإلى كل من ساندني ومد لي يد العون في مسيرتي العلمية..

أيـــمـــن

الإهـــداء

بسم من سبب الأسباب وفتح الأبواب وخلق آدم وحواء من تراب

ثم الصلاة والسلام على من لا نبي بعده محمد عليه أزكى الصلاة

وأفضل التسليم

أهدي ثمرة جهدي:

إلى الذين قال فيهم الله عز وجل:

﴿واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا﴾

[الإسراء:24]

إلى والديا الكريمين

إلى جميع إخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى جميع الأساتذة الذين علموني منذ نعومة أظافري

من أجل العلم والمعرفة

إلى جميع الأصدقاء والزملاء

وإلى كل من ساندني ومد لي يد العون في مسيرتي العلمية..

إســـحـاق

الإهـــداء

بسم من سبب الأسباب وفتح الأبواب وخلق آدم وحواء من تراب

ثم الصلاة والسلام على من لا نبي بعده محمد عليه أزكى الصلاة

وأفضل التسليم

أهدي ثمرة جهدي:

إلى الذين قال فيهم الله عز وجل:

﴿واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا﴾

[الإسراء:24]

إلى والديا الكريمين

إلى جميع إخوتي وأخواتي الأعزاء

إلى جميع الأساتذة الذين علموني منذ نعومة أظافري

من أجل العلم والمعرفة

إلى جميع الأصدقاء والزملاء

وإلى كل من ساندني ومد لي يد العون في مسيرتي العلمية..

بـــن ســالـــم

شكـــر وتـقـــديـــر

قال النبي ﷺ: «**من لم يشكر الناس لم يشكر الله**» [رواه الترمذي]

اللهم لك الحمد ولك الشكر كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك

الحمد لله والشكر لله عدد خلقك ورضا نفسك وزنة عرشك ومداد كلماتك

نحمدك ونشكرك على إتمام هذا العمل.

نتوجه بأسمى معاني الشكر والتقدير إلى الذي فتح لنا لمجال البحث العلمي واسعا

أستاذنا الفاضل: " **د. عبد الجليل لعويني** ".

إلى كل من أزال الغموض عن الدراسة في المحطات الصعبة.

ولا يفوتنا أن نتوجه بالشكر والتقدير إلى أعضاء لجنة المناقشة الذين تفضلوا

بالموافقة على مناقشة هذا العمل.

ملخص:

يعتبر هذا العمل دراسة لنمذجة عملية تجفيف البصل وقد اعتمدنا في هذه الدراسة إلى التطرق إلى العديد من المجففات الشمسية والتي هي (المباشر وغير المباشر وفي الهواء الطلق)، حيث تم دراسة كل من هذه المجففات وفق تجربة تطبيقية، وتم التوصل إلى أهم النتائج كما يلي:

- ✓ أن المجفف غير المباشر يوفر درجات حرارة أعلى وأكثر استقراراً، مما يعزز كفاءة وجودة التجفيف ولكنه يتطلب تكلفة تشغيل أعلى بسبب استخدام مصادر حرارية إضافية. من ناحية أخرى.
- ✓ يُعد المجفف المباشر خياراً اقتصادياً أكثر يعتمد بشكل أساسي على الطاقة الشمسية، مما يجعله مناسباً للمناطق ذات الطقس المستقر والمشمس.
- ✓ أن استخدام المجفف المباشر هو الخيار الأمثل إذا كانت الكفاءة الزمنية هي الأولوية.
- ✓ أن لتحقيق أفضل كفاءة في التجفيف غير المباشر، يجب الاستفادة من فترات الذروة للإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة خلال اليوم، ومن الممكن استخدام تقنيات مثل تخزين الطاقة الحرارية لزيادة كفاءة التجفيف خلال الفترات المسائية.

الكلمات المفتاحية: التجفيف – البصل – المجففات الشمسية

Summary:

This work is a study on modeling the onion drying process. The study explores various types of solar dryers, including direct, indirect, and open-air dryers. Each type was examined through practical experiments, and the key findings are as follows:

- The indirect dryer provides higher and more stable temperatures, which enhances drying efficiency and quality. However, it requires higher operating costs due to the use of additional heat sources.

- The direct dryer, on the other hand, is a more economical option, relying primarily on solar energy, making it suitable for regions with stable, sunny weather.

- The direct dryer is the ideal choice if time efficiency is a priority.

- To achieve optimal efficiency in indirect drying, it is essential to utilize peak periods of solar radiation and temperature during the day. Techniques such as thermal energy storage can also be employed to improve drying efficiency during evening hours.

Keywords drying – onion – solar dryers

الـفـهـــارس

فهـــرس المحـــتـــويات

العـنـــــــــوان	الصفحة
إهـــــــــداء	–
شكـر وتقديـر	–
فهـــرس المحتـويات	–
فـهـــرس الجـــــداول	–
فهـــرس الأشكـــــال	–
مقدمـــــة عامـــــــة	1
الفصـــــل الأول: تـجفـيف المنتجات الغذائية الزراعية	
تـمـهيـد	**4**
1.I. تعريف التجفيف	**5**
2.I. طرق التجفيف	5
1.2.I. الطرق الميكانيكية	5
2.2.I. الطرق الفيزيائية–الكيميائية	5
3.2.I. الطرق الحرارية	5
3.I. مبدأ التجفيف	5
4.I. اختيار المجففات	6
5.I. أساسيات عملية التجفيف	6
6.I. مراحل التجفيف	7
1.6.I. مرحلة التوازن	7
2.6.I. مرحلة التبخر الثابت	7
3.6.I. مرحلة التبخر المتنازل	7
7.I. معدل التجفيف (سرعة التجفيف)	9
8.I. مميزات حفظ الأغذية بالتجفيف	9
9.I. عيوب حفظ الأغذية بالتجفيف	9
10.I. انتقال الحرارة	10

1.10.I. انتقال الحرارة بالتوصيل	10
2.10.I. انتقال الحرارة بالحمل الحراري	10
3.10.I. انتقال الحرارة بالإشعاع	10
11.I. انتقال الكتلة	11
1.11.I. قانون فيك	11
2.11.I. قانون دارسي	11
12.I. التجفيف الشمسي	11
1.12.I. التجفيف الشمسي (الطبيعي)	11
2.12.I. التجفيف الصناعي	12
13.I. تعريف المجفف الشمسي	12
1.13.I. وصف عام للمجففات	13
14.I. تصنيف المجففات الشمسية	13
1.14.I. أنواع المجففات الشمسية	14
2.14.I. نظم المجففات الشمسية	19
15.I. المجففات الصناعية	25
1.15.I. أنواع المجففات الصناعية	25
2.15.I. مميزات المجففات الصناعية	28
3.15.I. عيوب المجففات الصناعية	28
16.I. مجففات الهواء الطلق	29
17.I. مجلات استعمال المجفف الشمسي	29
18.I. التجفيف في الصناعات الغذائية	30
19.I. الآثار الضارة للرطوبة الزائدة على الفاكهة	31
20.I. أهمية المنتجات الغذائية المجففة	32
21.I. المواد والأساليب	34
1.21.I. تحضير المواد والعينات	34
2.21.I. التركيب التقريبي للعينات الطازجة والمجففة	35

I.21.3. تقدير المعادن من العينات الطازجة والمجففة	35
I.21.4. التقييم الفيزيائي للعينات الطازجة والمجففة استعادة العينات المجففة (٪)	35
I.21.5. الخصائص الوظيفية لعينات الدقيق المجففة وقدرات امتصاص الماء والزيت (%)	36
I.21.6. تحليل إحصائي	39
I.22. متطلبات التجفيف	39
خـلاصـة الـفـصـل	41
الفصـــل الثـانـــي: تـجـفـيـف الـبـصـل	
تـمـهـيـد	**43**
II.1. تجميع البصل	**44**
II.2. أصناف البصل الأكثر زراعة في الجزائر	44
II.2.1. بصل أمبوستا أحمر	44
II.2.2. البصل الأصفر القش من الفضائل	44
II.3. تركيبة كيميائية	44
II.4. فضائل غذائية وعلاجية	46
II.4.1. الأنشطة المضادة للأكسدة	47
II.4.2. الأنشطة المضادة للبكتيريا	47
II.4.3. الأنشطة المضادة للفيروسات	48
II.4.4. الأنشطة المضادة للسرطان	48
II.5. استخدامات البصل	49
II.5.1. استخدامات مسحوق البصل في الجزائر	**49**
II.6. الأهمية الاقتصادية للبصل	49
II.6.1. الإنتاج العالمي	50
II.6.2. الإنتاج المحلي	50
II.7. التجفيف والطاقة	52
II.8. اختيار عملية التجفيف	52
II.9. تكنولوجيا معالجة وتجفيف البصل	53

1.9.II. أهمية واهتمام معالجة البصل	53
2.9.II. تجفيف البصل	53
3.9.II. إنتاج مسحوق البصل	54
10.II. الأعمال السابقة المنفذة على تجفيف البصل	55
1.10.II. جودة مسحوق البصل المجفف	58
خـلاصـة الـفـصـل	61
الفصـــل الثـالـث: النـتـائـج والقياسـات	
تـمـهـيـد	63
1.III. أجهزة القياس	64
1.1.III. جهاز قياس الأشعة الشمسية Fluke IRR1-SOL	64
2.1.III. ميزان رقمي صغير	65
3.1.III. مقياس الرطوبة الحرارية	66
2.III. التحضيرات الأولية	67
3.III. عملية القياس	68
4.III. النتائج والتحاليل	69
1.4.III. تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن	69
2.4.III. تغيرات الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن	71
3.4.III. تغيرات كمية الوزن بدلالة الزمن	72
5.III. النتائج	73
خـلاصـة الـفـصـل	74
الفصـــل الـرابـــع: دراســة تـطـبـيـقـيـة	
تـمـهـيـد	76
1.IV. التـحـلـيـل والتفسيـر العلمـي	77
1.1.IV. تغير درجة الحرارة داخل غرفتي التجفيف	77
2.1.IV. تغير المحتوى المائي داخل أوراق البصل أثناء التجفيف	81
3.1.IV. الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الوسطى بدلالة الزمن للمجفف غير المباشر	84

4.1.IV. نمذجة منحنى التجفيف واختيار النموذج الأمثل	87
5.1.IV. معامل الانتشار الرطوبي خلال عملية التجفيف	88
6.1.IV. مقارنة منحنيات المحتوى الرطوبي المختصر للقيم التجريبية للمجفف غير المباشر ونموذج (Midilli et Kucuk)	90
7.1.IV. تغيرات $Ln(XR)$ بدلالة زمن التجفيف	90
خـلاصـة الـفـصــل	91
الخـاتـمـــة العـــامـــــة	93
قائمة المصادر والمراجع	95

فـهـــــرس الجـــــداول

الرقم	عـــــنـــــــوان الجـــــــــدول	الصفحة
(1.I)	نظم المجففات الشمسية	20
(2.I)	بعض المواد التي تم تجفيفها عبر أنحاء العالم	29
(3.I)	نسبة الرطوبة القصوى لتخزين بعض الخضر والفواكه	31
(4.I)	متطلبات تجفيف بعض المحاصيل	39
(1-II)	التركيب الكيميائي للبصل لكل 100 جرام من المادة الجافة	45
(1-III)	انخفاض في ميزان العينات داخل كل مجفف	73
(1-IV)	النماذج المختلفة للتجفيف الشمسي وقيم المعلمات المقابلة لكل نموذج	87
(2-IV)	الانتشار الرطوبي الفعال للعينات التي تمت دراستها في إطار التجربة	88

فهـــرس الأشكـــــال

الرقم	عـــــنـــــوان الـشـــــكـل	الصفحة
(1.I)	رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين محتوى الرطوبة والزمن	8
(2.I)	رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين معدل التجفيف ومحتوى الرطوبة	8
(3.I)	مخطط يوضح تصنيف المجففات الشمسية	14
(4.I)	رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف الشمسي ذو حمل طبيعي	15
(5.I)	رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف شمسي ذو حمل قسري	16
(6.I)	رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف مباشر هجين	18
(7.I)	صورة للمجفف الشمسي المباشر	21
(8.I)	رسم توضيحي لمجفف شمسي ذو نظام غير مباشر	23
(9.I)	رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف المختلط	24
(10.I)	رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف الرذاذ)	26
(11.I)	رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف النفق)	27
(12.I)	رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف المقصورات أو الكبائن)	28
(1-II)	إنتاج البصل في العالم	50
(2-II)	إنتاج البصل في الجزائر	51
(3-II)	عملية تصنيع مسحوق البصل	55
(1-III)	جهاز قياس الأشعة الشمسية Fluke IRR1-SOL	65
(2-III)	ميزان رقمي صغير	66
(3-III)	مقياس الرطوبة الحرارية	66
(4-III)	العينة الطازجة من أوراق البصل	67
(5-III)	وضع البصل على رفوف مخصصة	67
(6-III)	عينات من أوراق البصل الطازجة	68
(7-III)	مراقبة الإشعاع الشمسي	69
(8-III)	منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن لليوم الأول	69
(9-III)	منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن لليوم الثاني	70

(10-III)	منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن لليوم الأول	71
(11-III)	منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن لليوم الثاني	71
(12-III)	منحنى كمية الوزن بدلالة الزمن	72
(1-IV)	منحنى تغير درجة الحرارة داخل غرفتي التجفيف	77
(2-IV)	منحنى تغير المحتوى المائي داخل أوراق البصل أثناء التجفيف	81
(3-IV)	منحنى الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الوسطى بدلالة الزمن للمجفف غير المباشر	84
(4-IV)	منحنى مقارنة منحنيات المحتوى الرطوبي المختصر للقيم التجريبية للمجفف غير المباشر ونموذج (Midilli et Kucuk)	90
(5-IV)	منحنى تغيرات $Ln(XR)$ بدلالة زمن التجفيف	90

المقـــدمـــة الـعـــامـــــة

مقدمـة عـامــة:

يتعرض عالمنا اليوم إلى أزمة اقتصادية مستمرة نتيجة لارتفاع أسعار الطاقة وزيادة الطلب عليها وذلك لارتباطها بالوقود الأحفوري أو التقليدي (النفط والغاز والفحم، أضـــف إلى ذلك ما يتعرض له كوكب الأرض من تلوث بيئي نتيجة لانبعاث غاز ثاني أكســيد الكربون والغازات الأخرى والتي أدت إلى الاحتبـاس الحراري وقـد أدى هـذا الاحتراز إلى ذوبـان القمم الجليـديـة القطبية والاحتراق المحيطات، مما أدى إلى ارتفاع مسـتوى سـطح البحر بما يقارب 15سـم في نفس الوقت. ذوبان الجليد هو أيضـــا عامل في ظاهرة الاحتباس الحراري، وارتفاع درجات حرارة الجو وتساقط الأمطار الحمضية وانغمار أراضـي صـالحة للزراعة وانحباس الأمطار عن مناطق أخرى مما يؤدي إلى التصـحر في مقابل ذلك تتوفر الطاقات المتجددة والمسـتديمة في كافة بقاع العالم وهي طاقة نظيفة غير ملوثة للجو ومتجددة ومسـتديمة، وتعتبر الطاقة الشـمسـية المصـدر الرئيســي للطاقة في كوكب الأرض ومنها توزعت وتحولت إلى مصـادر الطاقة الأخرى سـواء ما كان منها مخزن في طاقة الرياح والطاقة الحرارية في جوف الأرض والطاقة المولدة من تســاقط الأمطار والطاقة الشمسية وغيرها من مصادر الطاقة كالفحم الحجري والأخشاب وبما أن الطاقة الشـمسـية هي من أهم مصـادر الطاقة المتجددة خلال القرن القادم فإن الدول تتوجه لها مختلف صورها وترصد لها مبالغ طائلة لتطوير المنتجات والبحوث خاصة في استغلال الطاقة الشمسية والتي تستمد من الشمس.

ومن أهم الاستغلالات لطاقة الشمسية هي عملية التجفيف هي أحد طرق الحفظ المستعملة في المحاصيل الزراعية ومن بين طرق الأخرى الحفظ بالتبريد والمعالجة الوراثية، لكن هذه التقنيات تتطلب تكلفة باهظة وتقنيات عالية، والمعالجة الوراثية بالعديد من الأمراض، أما فيما يخص التبريد فيتميز باستهلاكه للطاقة هذا ما ينعكس على تكلفة الكلية للمحصول.

ومن أنواع التجفيف المستخدمة في أنحاء العالم منذ ألاف السنين التجفيف الشمسي التقليدي المباشر حيث استعمل في تجفيف الحبوب والخضر والفواكه، إلا أنه دائما يؤدي إلى ناتج ذي صفات منخفضة، وذلك لتعرض المنتج إلى عوامل عدة منها الحشرات، القوارض، الطيور والأتربة ولطول عملية التجفيف واستعمال حرارة متوسطة لاعتماده في تحريك الهواء على التيارات الهوائية والرياح وارتفاع الرطوبة النسبية فإن كثيرا من الفطريات والبكتيريا تنمو خاصة في الفترات الأولى لعملية التجفيف، كما يزداد نشا الأنزيمات مما يؤدي إلى استمرار بعض الأنشطة غير المرغوب فيها الأمر الذي يؤثر على اللون ويؤكسد الفيتامينات.

ومع بداية التطور الصناعي بدأ استعمال المجففات الصناعية غير أنها مكلفة للغاية، لاعتمادها في تسخين الهواء على الطاقات ذات مصدر البترولي، الذي يعتبر من أهم عوامل في تلويث البيئة والطرق التجفيف الشمسية التقليدية تؤدي إلى إنتاج منتجات ذات نوعية منخفضة، ومن هنا بدأ التفكير في تصميم مجفف يتميز بمواصفات المجففات الصناعية إلا أنه يعتمد في تسخين الهواء على الطاقة الشمسية، التي تزخر بها الجزائر حيث يصل معدل ساعات الإشعاع السنوي في المناطق الصحراوية التي تشكل 86 من المساحة الكلية للوطن 3500 ساعة في السنة، وهذا ما يجعلها مصدر طاقوي لا يستهان به.

الأسئلة الفرعية:

- كيف يؤثر التجفيف على الخصائص الغذائية للمواد الغذائية؟
- هل التجفيف تحت الظروف المناخية المتغيرة مثل الرطوبة العالية أو درجات الحرارة المنخفضة يؤثر بشكل كبير على جودة المنتج النهائي مقارنة بالتجفيف في الظروف المثلى؟
- هل تختلف جودة التجفيف من مجفف إلى آخر؟

الفصـــــل الأول:

تـجفـيف المنتجات الغذائية الزراعية

الفصل الأول: تـجفـيف المنتجات الغذائية الزراعية

تـمـهيـد:

تجفيف الأغذية هو عملية تقنية تهدف إلى إزالة الماء من الأطعمة بهدف تمديد فترة صلاحيتها والحفاظ على جودتها. يُعتبر التجفيف من أقدم وأبسط أساليب الحفظ للطعام، وقد استخدم منذ العصور القديمة كوسيلة للمحافظة على الغذاء خلال الفترات التي تكون فيها الموارد غير متوفرة بشكل كاف.

تتضمن عملية التجفيف إزالة الماء من الأغذية لخفض نسبة الرطوبة فيها إلى مستوى يقلل من نمو البكتيريا والعفن والخمائر، مما يُطيل فترة صلاحيتها ويحافظ على جودتها وقيمتها الغذائية.

تعتمد طرق التجفيف على مجموعة متنوعة من العوامل مثل نوع الغذاء والبيئة المحيطة والمعدات المتاحة والمتطلبات الغذائية المطلوبة. يمكن أن تتضمن الطرق الشائعة للتجفيف استخدام الهواء الطلق، أو الشمس، أو الحرارة المنخفضة، أو التجميد الفوري. باختصار، يعتبر التجفيف وسيلة فعالة للحفاظ على الأغذية وتمديد فترة صلاحيتها، ويمكن أن يكون خياراً مثاليا لتلبية الاحتياجات الغذائية في العديد من السيناريوهات المختلفة.

1.I. تعريف التجفيف:

التجفيف هو إحدى الطرائق القديمة المستعملة بشكل واسع لحفظ الأغذية وبعض أنواع محاصيل الفاكهة والخضر، نستطيع من خلال هاته العملية إزالة الرطوبة وإيقاف نشاط البكتيريا مما يؤدي إلى حفظ المنتوج من التلف لمدة أطول. (أحمد فريد السهريجي، 1997)

2.I. طرق التجفيف:

1.2.I. الطرق الميكانيكية:

من أهم الطرق الميكانيكية، الطرد المركزي والترشيح وتعتبر طرق قليلة الاستعمال، ويتميز المنتوج المعالج بها باحتوائه على نسبة عالية من الرطوبة. (محمود شاكر عبد الحسين عبد الله عبد الشكور، 2006)

2.2.I. الطرق الفيزيائية – الكيميائية:

تتم باستعمال مواد تمتص الرطوبة وهذه الطريقة غير ملائمة للأغراض الصناعية عند تجفيف المواد الصلبة. (محمود شاكر عبد الحسين، عبد الله عبد الشكور، 2006)

3.2.I. الطرق الحرارية:

وتتم فيها إزالة الرطوبة بتسخين المادة الرطبة سواء بالطريقة المباشرة أو بتمرير غازات ساخنة أو باستعمال الأشعة تحت الحمراء. (محمود شاكر عبد الحسين عبد الله عبد الشكور، 2006)

3.I. مبدأ التجفيف:

تعتمد عملية التجفيف على نقل الحرارة إلى المادة الرطبة (المادة المراد تجفيفها) حيث تمتص هاته المادة الحرارة، مما يمكنها من خفض كمية الماء الموجود فيها. (لامية زيناي، سهام طواهر، 2019).

4.I. اختيار المجففات:

يعتمد اختيار المجففات المناسبة لتجفيف منتوج معين على:

(Guessoum Abdennour, Mohamed Houti, 2016)

- طبيعة المنتوج المراد تجفيفه
- مستوى الرطوبة الابتدائي والنهائي.
- معدل تدفق المنتوج المراد تجفيفه.

5.I. أساسيات عملية التجفيف:

لكي تتمكن جزيئات الماء المتواجدة بالمادة الصلبة من التبخر يجب أن يكون الضغط البخاري الجزئي لبخار الماء في المحيط (P_a) أصغر من الضغط البخاري الجزئي لبخار الماء في المادة الصلبة (P_m).

أثناء عملية التجفيف يرتفع ضغط بخار الماء في المحيط (P_a) بالنسبة لضغط بخار الماء في المادة الصلبة (P_m) إلى أن يصل إلى حد يكون فيه $P_m = P_a$، فتتوقف عملية انتقال بخار الماء من المادة الصلبة إلى المحيط. وتسمى رطوبة التوازن وتعتمد هذه الظروف على درجة الحرارة وطبيعة الرابطة التي ترتبط بها الرطوبة (الماء) بالجسم الصلب، وعلى رطوبة المحيط (محتوى المحيط من الرطوبة) إن المحيط أو الوسط الذي يتم فيه التجفيف هو عبارة عن الهواء الذي يحتوي على نسبة من بخار الماء وأن معرفة خواص الهواء الرطب تساعد على دراسة عملية التجفيف لأن خواص الهواء الرطب تتغير خلال فترة التجفيف، وتعرف كمية البخار الموجودة في الهواء بالرطوبة المطلقة وهناك تعبير آخر هو الرطوبة النسبية. (عبد الحسين عبد الشكور، 2006)

6.I. مراحل التجفيف:

نميز ثلاث مراحل للتجفيف وهي:

1.6.I. مرحلة التوازن:

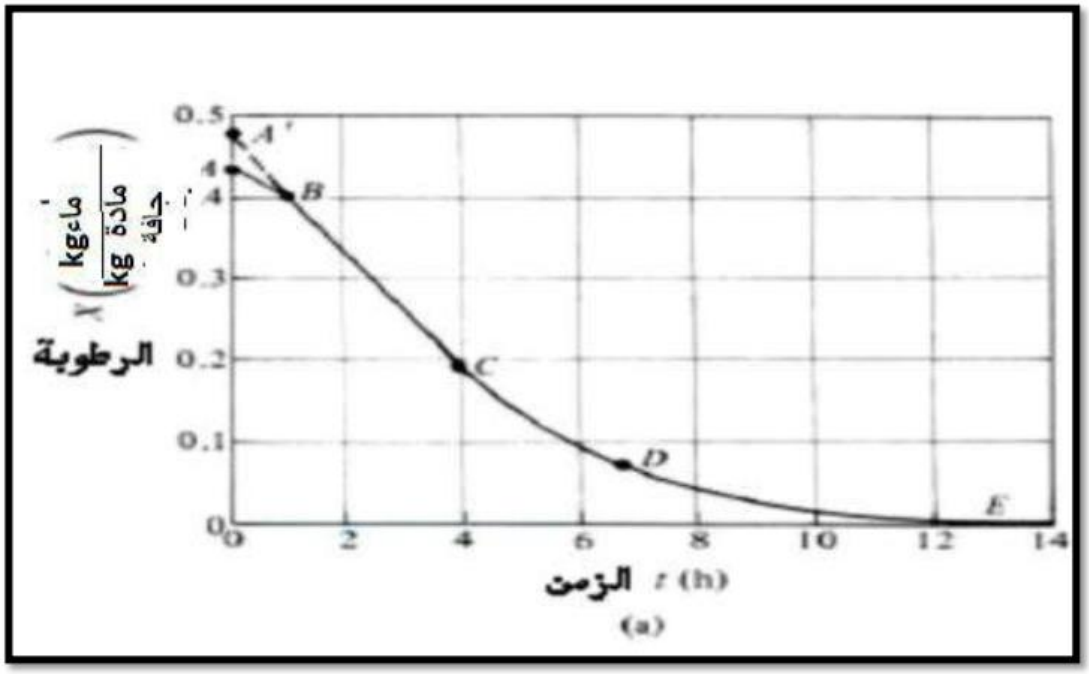
في هذه المرحلة (ممثلة بـ A–B في الشكلين 1 و 2) يتبخر جزء من الماء المتواجد بالمادة الصلبة. تتوقف هذه المرحلة عندما يتساوى الضغط البخاري الجزئي لبخار الماء في المادة الصلبة والضغط البخاري الجزئي لبخار الماء في المحيط الخارجي.

2.6.I. مرحلة التبخر الثابت:

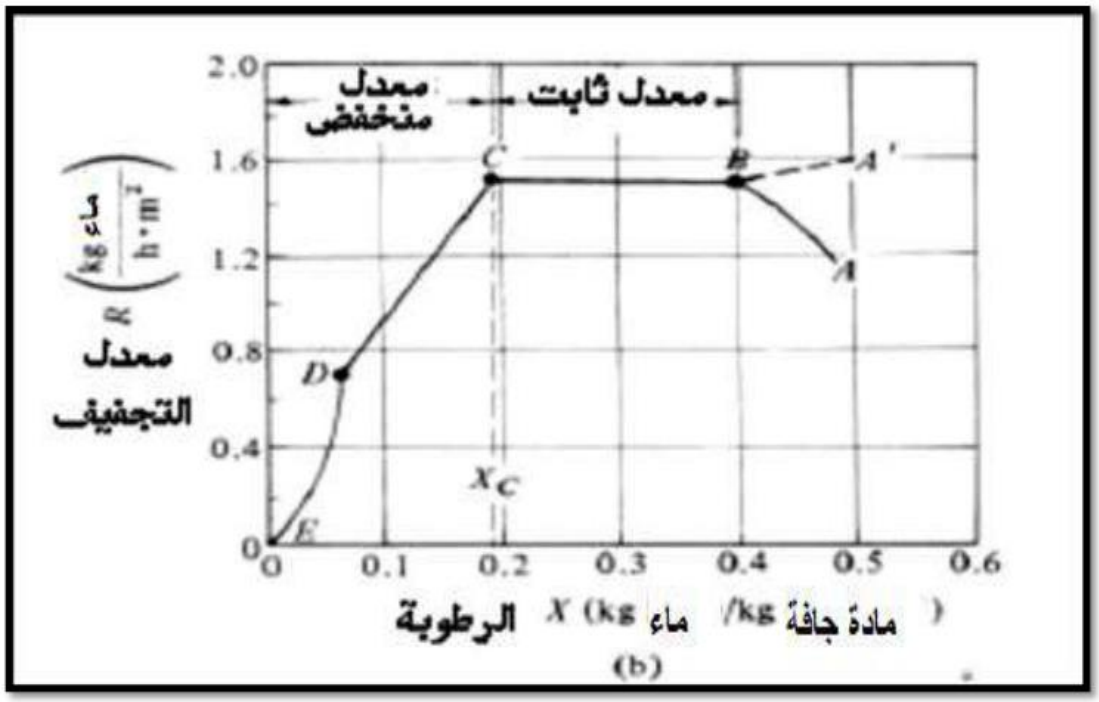
في هذه المرحلة ممثلة بـ B–C في الشكلين (1 و 2) يكون سطح المادة الصلبة مشبع بالرطوبة، وتتم عملية التجفيف تحت تأثير درجة حرارة التيار الهوائي، حيث ينقل هذا الأخير كمية من الطاقة الحرارية إلى المادة الصلبة مما يسمح بتبخر الماء من سطح المادة المراد تجفيفها. تنتقل الرطوبة إلى السطح، تبقى درجة الحرارة ثابتة لأن التدفق الحراري استعمل في تبخير الماء إلى السطح.

3.6.I. مرحلة التبخر المتنازل:

وفي هذه المرحلة (ممثلة بـــ C–E في الشكلين 1 و 2) تنخفض سرعة انتقال الرطوبة إلى السطح ولذا فإن السطح يبدأ بالجفاف وباستمرار العملية ترتفع درجة حرارة السطح إلى درجة حرارة الهواء.



الشكل (1.I): رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين محتوى الرطوبة والزمن.



الشكل (2.I): رسم تخطيطي يوضح العلاقة بين معدل التجفيف ومحتوى الرطوبة.

I.7. معدل التجفيف: (سرعة التجفيف)

إن معدل التجفيف ليس ثابتا خلال زمن التجفيف، وإنما يتناقص مع تناقص محتوى المادة من الرطوبة.

ويعتمد معدل التجفيف على:

- طبيعة المادة المراد تجفيفها.
- محتوى الرطوبة الابتدائي والنهائي للمادة المراد تجفيفها.
- المادة المراد تجفيفها.
- نوعية جهاز التجفيف المستعمل.

ونتيجة لكثرة العوامل المؤثرة على معدل التجفيف فإن تحديده يتم تجريبيا، حيث يستخرج معدل التجفيف بتعريض المادة الرطبة إلى تيار غاز (هواء) بدرجة حرارة ورطوبة معينة ثم يحسب محتوى الرطوبة بدلالة الزمن. (عبد الحسين، عبد الشكور، 2006)

I.8. مميزات حفظ الأغذية بالتجفيف:

- سهولة تخزين الأغذية المجففة وعملية نقلها من مكان لآخر.
- انخفاض وزن وحجم المواد الغذائية المجففة.
- طول مدة حفظ الأغذية المجففة وقلة تكلفة النقل والتخزين.

(سعد أحمد سعد حلابو، عادل زكي محمد بديع، محمود علي أحمد بخيت، 2008)

I.9. عيوب حفظ الأغذية بالتجفيف:

- فقد عنصر الطعم والرائحة.
- فقد بعض الفيتامينات المميزة.
- تأثر لون بعض المواد الغذائية نتيجة التجفيف وخاصة الغنية بالبروتين والمواد السكرية

حيث التلون البني لهذه المنتجات نتيجة لتفاعل الأحماض الآمنية.

(سعد أحمد سعد حلابو، عادل زكي محمد بديع، محمود علي أحمد بخيت، 2008)

I.10. انتقال الحرارة:

في عمليات النقل الحراري، يمكننا تمييز ثلاثة أنواع وهي:

- النقل بالتوصيل.
- النقل بالحمل الحراري.
- النقل بالإشعاع.

I.10.1. انتقال الحرارة بالتوصيل:

التوصيل هو انتقال الحرارة عبر المادة عن طريق الاهتزاز الجزيئي. يتعلق الأمر بشكل أساسي بالمواد الصلبة، ويتعلق أيضا بالسوائل والغازات التي غالبا ما تكون مهملة مقارنة بالحمل الحراري أو الاشعاع. (Rebiha Moumeni, Djihad Boutadjine, 2016)

I.10.2. انتقال الحرارة بالحمل الحراري:

هو انتقال الحرارة بين طورين ساكن (مادة صلبة) ومتحرك (مادة غازية أو سائلة)، بسبب اختلافات في درجة الحرارة نتيجة انتقال الحرارة من مرحلة إلى أخرى فتحدث تيارات داخل المائع بسبب الاختلافات في الكثافة. (Abdelkrim haddad, 2001)

I.10.3. انتقال الحرارة بالإشعاع:

تنبعث الطاقة من جميع الأجسام عبر سطحها في شكل إشعاع كهرومغناطيسي. إذا اجتمعت هذه الطاقة المشعة مع جسم ماص لأطوار موجته، فإنها تتحول إلى حرارة.

(Rebiha Moumeni, Djihad Boutadjine, 2016)

I.11. انتقال الكتلة:

I.11.1. قانون فيك:

يميز قانون فيك الانتشار الجزيئي للسائل بالكثافة الحجمية p^f في الوسط، ويعبر عن تدفق كتلة السطح. ذات الصلة بالوسط هي D_f معامل الانتشار الجزيئي.

(Adnane Degla, Rima Sioued, 2015)

I.11.2. قانون دارسي:

يميز قانون دارسي الانتشار الكلي لسائل الذي يتميز بالكثافة الحجمية p_f واللزوجة الديناميكية U_f له في وسط مسامي. ويعبر عن تدفق كتلة السطح ذات صلة بالنفادية الجوهرية بـ k_f : (Adnane Degla, Rima Sioued, 2015)

I.12. التجفيف الشمسي:

I.12.1. التجفيف الشمسي (الطبيعي):

I.12.1.1. تعريف التجفيف الشمسي:

يعتبر التجفيف الشمسي من أقدم طرق حفظ الأغذية حيث بدأ استخدامه منذ حوالي 2000 سنة قبل الميلاد، وما يزال يستخدم في وقتنا الحالي في تجفيف بعض الفواكه والخضر نظرا لسهولة العملية وبساطتها وتركها لتجف بحرارة الشمس. بالإضافة إلى أن هذه العملية تتم في الهواء وفي أماكن مباشرة مما يعرض الغذاء للمهاجمة بالحشرات، والأتربة وحدوث بعض التفاعلات الكيميائية التي تؤثر على اللون والنكهة. (حلابو، بديع، بخيت، 2008)

I.2.1.12. مميزات وعيوب التجفيف الشمسي:

I.2.1.1.12. مميزاته:

- عدم الحاجة إلى رؤوس أموال كبيرة.
- انخفاض تكاليف الإنتاج حيث لا تحتاج إلى خبرة عالية لسهولة آدائه وإنتاجه.
- تيارات الهواء الطبيعي والحرارة الشمسية كافية لإتمام عملية التجفيف. (عادل السيد مبارك، 2009)

I.2.2.1.12. عيوبه:

- تعرض الأغذية للأتربة نهارا والندى ليلا مما يسبب تخميرها قبل التجفيف.
- تعرض الأغذية لتغير لونها الطبيعي بفعل الإنزيمات المؤكسدة.
- تحتاج عملية التجفيف إلى مساحات واسعة.
- عدم التحكم في الرطوبة النهائية للمادة المجففة (عادل السيد مبارك، 2009)

I.2.12. التجفيف الصناعي:

يعد التجفيف الصناعي أفضل طرق التجفيف المعتمدة خاصة في المناطق الباردة والمعتدلة، حيث أنه لا يعتمد على عدد الأيام المشمسة الجافة، حيث يتطلب التجفيف الصناعي معدات صناعية باهظة التكلفة أهمها الأفران الحرارية والمصدر الكهربائي ذات التحكم الآلي في درجات الحرارة والرطوبة والتهوية والضغط وسحب الهواء ودفعه وأهم ما يميز التجفيف الصناعي السرعة في الإنجاز والدقة ويستعمل فقط في حالة الزراعات الواسعة لدى الشركات الكبرى لأنه مكلف. (أحمد شمس الدين، 2009)

I.13. تعريف المجفف الشمسي:

المجفف الشمسي هو وسيلة تحويل طاقة الشمس (الإشعاع) المستقبلة على سطح الأرض

إلى حرارة عن طريق إدخال مادة كثيفة وغير شفافة. وتقدر كمية الطاقة المتاحة على هذا النحو ما بين 4 و 6 كيلوواط ساعي مللي جول على الأرض في ظروف مواتية، ويرتبط توزيعها بالظروف المناخية وأنواع المنتجات التي يجب تجفيفها والجودة المطلوبة، وتصنف المجففات إلى مجففات طبيعية وهجينة، ومجففات الحمل القسري.

(CIRAD, GRET, Ministère des affaires étrangères, 2009)

I.13.1. وصف عام للمجففات:

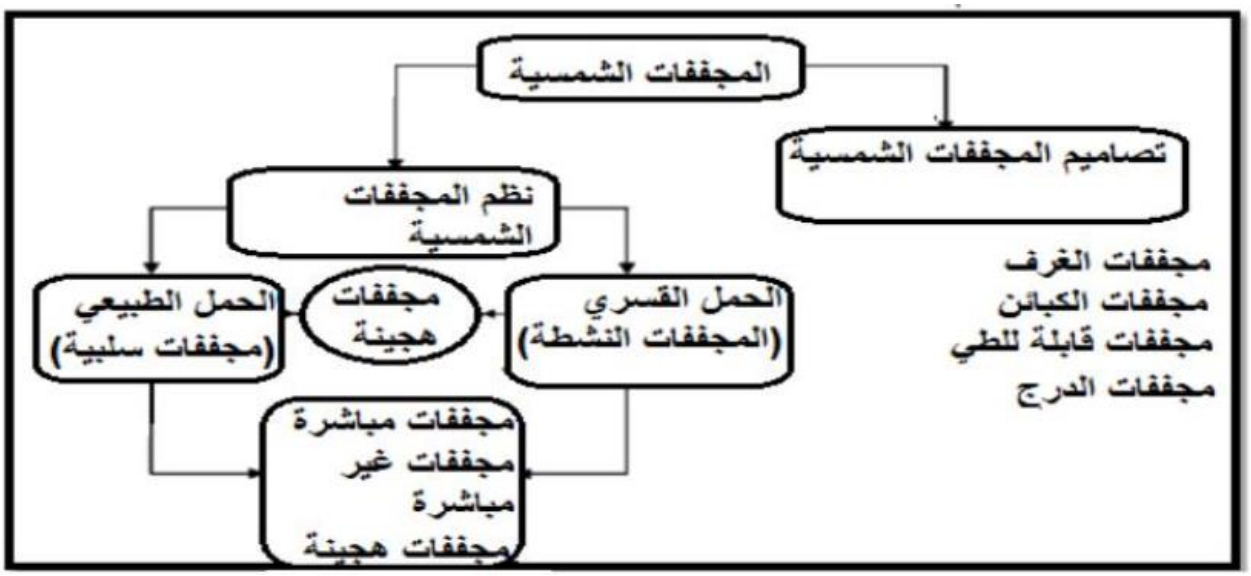
تحتوي المجففات بصفة عامة على ثلاثة عناصر مهمة وهي:

- جسم المجفف الذي يوضع به المنتوج المراد تجفيفه، ويتكون من عدة طوابق بها رفوف أو صواني للتجفيف.
- مولد الهواء الساخن يعمل على تسخين هواء التجفيف.
- مروحة تسمح بتدوير الهواء في كتلة المادة المراد تجفيفها.

(CIRAD, GRET, Ministère des affaires étrangères, 2009)

I.14. تصنيف المجففات الشمسية:

تصنف أجهزة التجفيف الشمسي وفق اعتبارات مختلفة، وأهمها طريقة انتقال الحرارة وأسلوب التسخين، وأيضا حسب الخواص الفيزيائية للمادة وطريقة وضعها في المجفف.



الشكل (3.I): مخطط يوضح تصنيف المجففات الشمسية.

(Om Prakash, Anil Kumar, 2017)

وتصنف المجففات إلى نوعين:

1- المجففات الشمسية: المجففات الشمسية هي التي تعتمد على الطاقة الشمسية كعامل أساسي لعملية للتجفيف.

2- المجففات الصناعية. (CIRAD, GRET, MAE، 2009)

1.14.I. أنواع المجففات الشمسية:

1.1.14.I. مجففات شمسية بالحمل الطبيعي (المجففات السلبية):

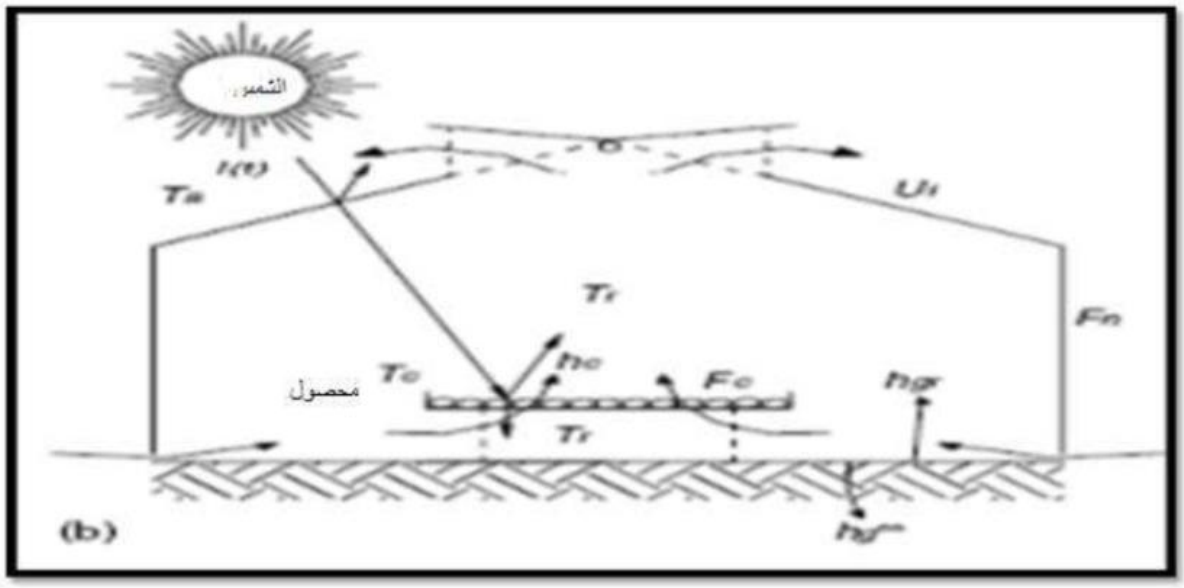
في المجففات الشمسية بالحمل الحراري (السلبي) الطبيعي يمكن تسخين الهواء وتدويره بشكل طبيعي عن طريق قوة الثقل، أو ضغط الرياح أو بالاشتراك مع كليهما.

(Prakash, Kumar، 2017)

تتكون هذه المجففات في العادة من غرفة تجفيف (صندوق صغير مسيج مع غطاء شفاف)، حيث تتلقى المواد المراد تجفيفها ضوء الشمس المباشر ليتم تجفيفها، كما أن درجة الحرارة

العالية في الصندوق لتسهل عملية إزالة الرطوبة من خلال التهوية الطبيعية للهواء.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)



الشكل (4.I): رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف الشمسي ذو حمل طبيعي. (قادري، 2019)

1.1.1.14.I. مميزات المجففات الشمسية بالحمل الطبيعي:

- أكثر جاذبية للاستخدام خاصة في المناطق النامية.
- غير مكلفة وسهلة الاستعمال.
- لا حاجة إلى مصادر الطاقة غير الطبيعية، (كهرباء أو وقود حيوي).
- سعة تجفيف كبيرة.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)

2.1.1.14.I. عيوب المجففات الشمسية بالحمل الطبيعي:

- مدة التجفيف بطيئة قد تستغرق أياما في المناطق غير الاستوائية، ومناطق الطقس غير المعتدل.

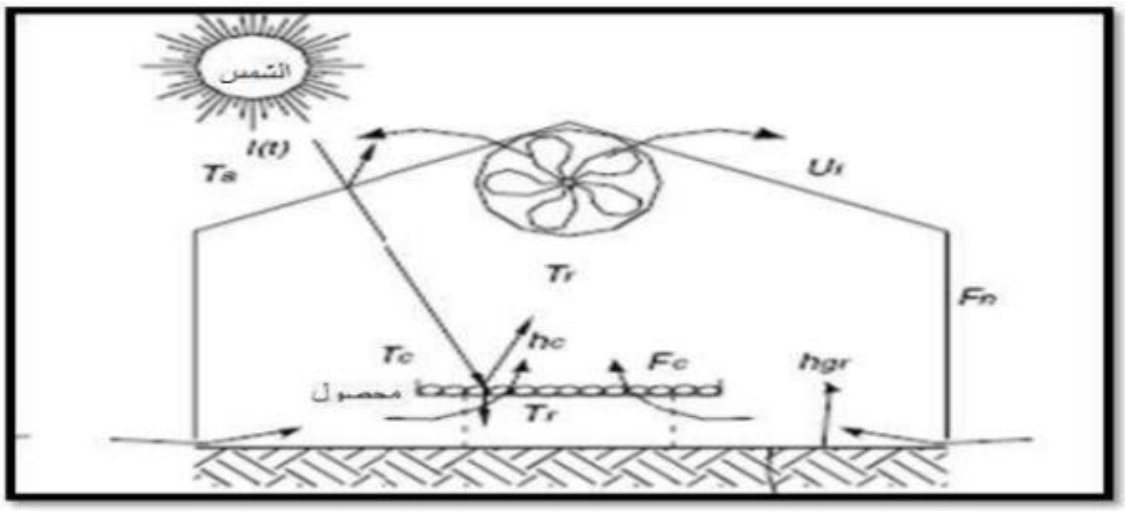
- عدم القدرة على التحكم في درجة الحرارة والرطوبة.
- احتياج كبير لليد العاملة.
- تغير لون ونكهة بعض المنتجات بسبب التعرض المباشر لأشعة الشمس.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)

I.2.1.14. مجففات الحمل القسري (المجففات النشطة):

هي المجففات الشمسية بالحمل القسري (النشطة)، تستخدم الطاقة الشمسية كمصدر حراري أساسي. كما تستخدم مصادر إضافية للطاقة للمساعدة في عملية تسخين وتدوير الهواء داخل المجفف بواسطة المراوح، كالطاقة الكهربائية والأحفورية وغالبا تكون الطاقة الإضافية هي طاقة كهربائية.

تتكون من صندوق تجفيف ذو مدخنة به أرضية مثقبة بمساحة مفتوحة تقدر بـ 15% أو أكثر وجامع (مُوَلِد) نموذجي لتسخين الهواء الخارج من الصندوق وجدار جانبي مطلي باللون الأسود ومغطى بطبقة بلاستيكية شفافة مثبتة للأشعة فوق البنفسجية. يتم الحفاظ على فجوة مناسبة بين الجدار والغطاء البلاستيكي لتسهيل تدفق الهواء عبر المروحة ويتكون أيضا من صندوق مستطيل يتم توجيه سقفه نحو الجنوب لاستعماله كمجمع شمسي ويتم امتصاص إلى المجفف.



الشكل (I.5): رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف شمسي ذو حمل قسري (قادري، 2019)

حيث يتلقى المجمع الشمسي الطاقة الشمسية لتسخين الهواء مسبقا قبل دخول الهواء بواسطة مروحة من خلال المسافة بين الغطاء والجدار الهواء الساخن الذي يتم الحصول عليه يتم دفعه عبر طبقة المادة المراد تجفيفها. فيضمن هذا خفض محتوى الرطوبة للمنتوج، وبالنسبة للهواء الخارج يتم تسخينه في المدخنة العمودية فيؤدي إلى خروج الهواء بشكل أسرع فيضمن التدفق الكافي للهواء عبر المنتوج وزيادة معدل التجفيف وخفض عامل الوقت.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)

I.14.1.2.1. مميزات مجففات الحمل القسري:

- التحكم في محتوى الرطوبة والهواء الساخن.
- التجفيف يكون أكثر دقة مقارنة بالتجفيف الشمسي الطبيعي.

(Julian Blanco Gálvez and other, 2010)

I.14.2.2.1. عيوب مجففات الحمل القسري:

- معدات التجفيف أكثر تعقيدا مقارنة بالتجفيف الطبيعي.
- مكلفة جدا بالنسبة لعامل الإنتاج أو الاستثمار.
- الحاجة إلى عامل طاقة كهربائي أو أحفوري (الوقود الحيوي) لتحريك المراوح.

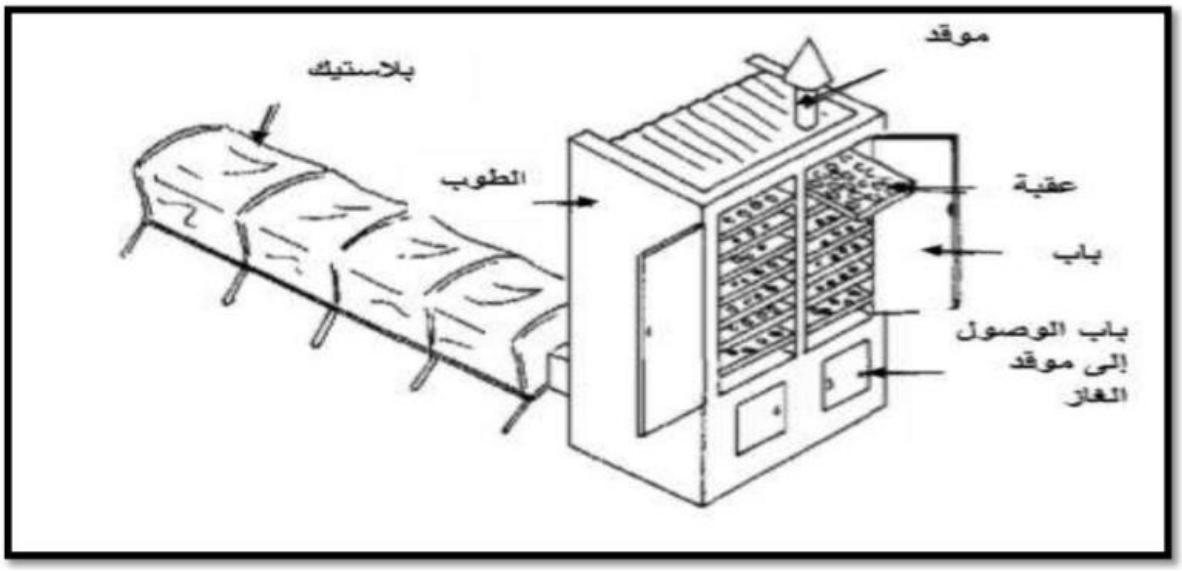
(Julian Blanco Gálvez and other, 2010)

I.14.3.1.3. مجففات هجينة:

المجففات الهجينة (النشطة) هي عبارة عن خليط من المجففات الشمسية الطبيعية ومجففات الحمل القسري في آن واحد. حيث تستخدم أنظمة التجفيف النشطة (الهجينة) أنظمة تسخين الطاقة الشمسية أو الكهربائية أو الوقود الأحفوري أو المضخات في محطات تدوير الهواء حيث تظل

الطاقة الشمسية مصدر ثانوي للحرارة.

ويتكون المجفف الهجين النموذجي من جامع شمسي وغرفة تجفيف ومروحة لضمان دوران الهواء، ومصدر حراري مساعد يعمل عادة بواسطة مصدر غير تقليدي للطاقة مثل غاز بترول المسال. (قادري، 2019)



الشكل (6.I): رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف مباشر هجين. (قادري، 2019)

1.3.1.14.I. مميزات المجففات الهجينة:

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

2.3.1.14.I. عيوب المجففات الهجينة:

- تكلفة الإنتاج والاستثمار مرتفعة جدا.
- الحاجة إلى التزويد بمصادر الطاقة غير تقليدية (الوقود والكهرباء).
- اليد العاملة المؤهلة للصيانة. (قادري، 2019)

I.2.14. نظم المجففات الشمسية:

تعتمد المجففات الشمسية على نظم ساكنة (سلبية) مثل المجففات الشمسية الطبيعية، وتتميز بأنها بسيطة وغير مكلفة. ولكن يمكنها فقط معالجة كمية صغيرة من المواد المراد تجفيفها. وأيضا نظم نشطة تتطلب بنية تحتية أكثر تعقيدا ومعدات إضافية، وقبل كل شيء تخطيطا وتنظيما خاصين وتتميز بمعالجتها كمية كبيرة من المواد المراد تجفيفها ونظم هجينة والتي تعتبر خليطا بين النظم الساكنة والنشطة وبسبب الاختلاف بين هاته النظم نسمي ثلاث أنظمة فرعية للتجفيف الشمسي، والتي تختلف تماما من ناحية تصميم مكونات النظام وطريقة استغلال أشعة الشمس. (CIRAD, GRET, MAE، 2009) وهي:

1. مجففات شمسية مباشرة.
2. مجففات شمسية غير ماشرة.
3. مجففات شمسية مختلطة.

		حسب طبيعة حركة هواء التجفيف (طريقة حمـل الحرارة)	
		الحمل الطبيعي	الحمل القسري
حسب طريقة تسخين الهواء	مجففات شمسية مباشرة		
	مجففات شمسية غير مباشرة		
	مجففات شمسية مختلطة		

الجدول (1.I): يوضح نظم المجففات الشمسية

(لامية زيناي سهام طواهر، 2019)

I.1.2.14. المجففات الشمسية المباشرة:

تُعد مجففات الطاقة الشمسية المباشرة أبسط شكل تم الإبلاغ عنه لأول مرة. يتكون من صندوق صغير (الطول ثلاث مرات العرض) مع جوانب معزولة وأرضية مثقبة وسطح داخلي مطلي باللون الأسود وغطاء علوي من الزجاج مغطى بغطاء شفاف أحادي أو مزدوج الطبقات، ويميل بزاوية معينة لتقليل خسائر انعكاس الشمس المباشر. (Prakash, kumar, 2017)

الشكل (I.7): صورة للمجفف الشمسي المباشر (قادري، 2019)

I.1.1.2.14. مبدأ التشغيل:

يتم وضع المواد المراد تجفيفها على صواني مثقبة التي عادة ما تكون مصنوعة من شبكة سلكية ويتم حفظها داخل الصندوق، حيث أن المواد المراد تجفيفها تتلقى أشعة الشمس مباشرة من خلال الزجاج، ونتيجة الفراغ الجزئي للهواء داخل الصندوق، يسعى إلى امتصاص الهواء المحيط من خلال الثقوب السفلية فتؤدي درجة الحرارة الممتصة إلى تسخين الهواء الداخل إلى المجفف حيث يتم تسجيل درجة حرارة تقدر بـ 90° درجة مئوية في ظروف عدم التحميل (التجفيف)

ويخرج الهواء من خلال فتحات التهوية العلوية بواسطة الحمل الحراري الطبيعي.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)

I.2.1.2.14. مميزات المجففات الشمسية المباشرة:

- حماية أفضل من الغبار والحشرات والبكتيريا.
- لا حاجة إلى اليد العاملة الماهرة.
- قصر مدة التجفيف مقارنة بالمجففات الطبيعية.
- سهولة تركيبها وأيضا غير مكلفة كثيرا.
- طاقة مجانية عكس المجففات الصناعية. (قادري، 2019)

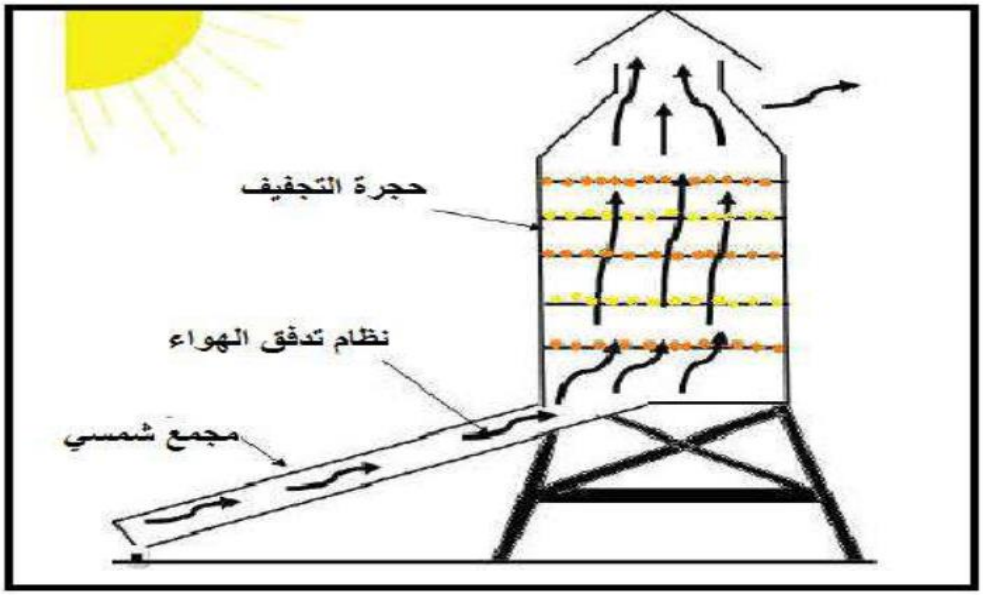
I.3.1.2.14. عيوب المجففات الشمسية المباشرة:

- ارتفاع درجات الحرارة في نهاية التجفيف.
- القضاء على الفيتامينات أ و ج.
- تغير لون الخضروات إلى اللون الأصفر.
- انخفاض دوران الهواء الذي يتسبب في تباطؤ عملية التجفيف. (قادري، 2019)

I.2.2.14. المجففات الشمسية غير المباشرة:

هي مجففات شمسية من النوع الموزع حيث تتكون الوحدة النموذجية لهذا النظام من غرفة تجفيف مغلقة وغير شفافة، ومجمع شمسي مائل (20° درجة من خط العرض) موجه نحو الجنوب وجامع متماثل يتم وضعه عموديا يعمل كمدخنة، جميعها تعبر عن سلسلة متكاملة تشكل مجفف شمسي غير مباشر.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)



الشكل (8.I): رسم توضيحي لمجفف شمسي ذو نظام غير مباشر.

(لامية زيناي، سهام طواهر، 2019)

I.14.2.2.1. مبدأ التشغيل:

يتلقى المجمع المائل الطاقة الشمسية لتسخين الهواء مسبقا قبل دخوله إلى المجفف الهواء الساخن عند دخوله يمر عبر طبقة المادة الرطبة ويخرج في نهاية المطاف من خلال المدخنة. يتم تسخين الهواء الخارج من المجفف أكثر في المدخنة العمودية فيؤدي هذا إلى خروج الهواء بسرعة أعلى، فيضمن التدفق الكافي للهواء عبر المنتوج إلى خفض معدل الرطوبة وزيادة معدل التجفيف وتقليل وقت التجفيف يعتمد وقت التجفيف مع هذا النظام على عمق حجرة التجفيف ومحتوى الرطوبة الأولي ورطوبة الهواء المحيط ومستوى الطاقة الشمسية ومعايير الأرصاد الجوية الأخرى. (Amalendu Chakraverty and other, 2003)

I.14.2.2.2. مميزات المجففات الشمسية الغير مباشرة:

- حماية المنتوج من أشعة الشمس المباشرة.
- الحفاظ على جودة ولون المنتوج المجفف وقيمته الغذائية.

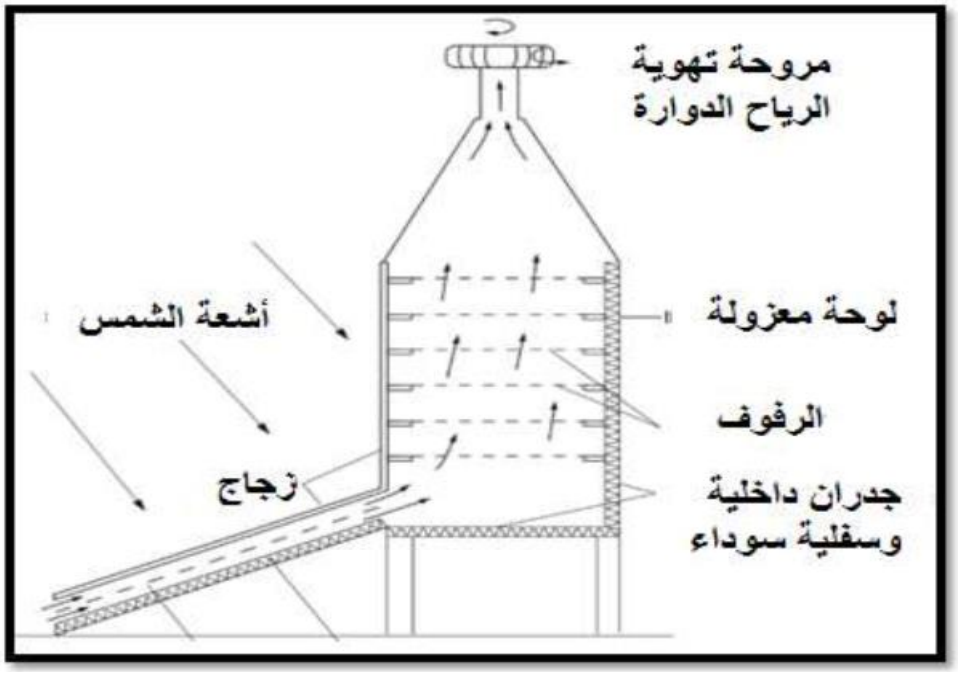
- محدودية درجة الحرارة. (قادري، 2019)

I.14.2.2.3. عيوب المجففات الشمسية الغير مباشرة:

- تكلفتها المادية كبيرة مقارنة بالتجفيف المباشر.
- سرعة التجفيف متذبذبة جدا وفقا للحالة الجوية وتصميم المجفف.
- ضعف مقاومة هذا النوع من المجففات للزجاج وهذا ما يحتم تبديلها دوريا. (قادري، 2019)

I.14.2.3. المجففات الشمسية المختلطة:

هذه المجففات عبارة عن مجففات مباشرة وغير مباشرة في آن واحد، فالهواء يسخن بواسطة المجمع الشمسي وعندما يدخل غرفة التجفيف تزداد سخونته فيساعد في رفع درجة حرارة الهواء للمجفف غير المباشر، لهذه المجففات نفس تركيبة المجففات غير المباشرة (مجمع شمسي غرفة التجفيف، مدخنة). ولكن لها نفس سلبيات المجففات المباشرة منها تعرض المنتوج إلى الإشعاعات الشمسية المباشرة. (قادري، 2019)



الشكل (I.9): رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف المختلط. (قادري، 2019)

I.15. المجففات الصناعية:

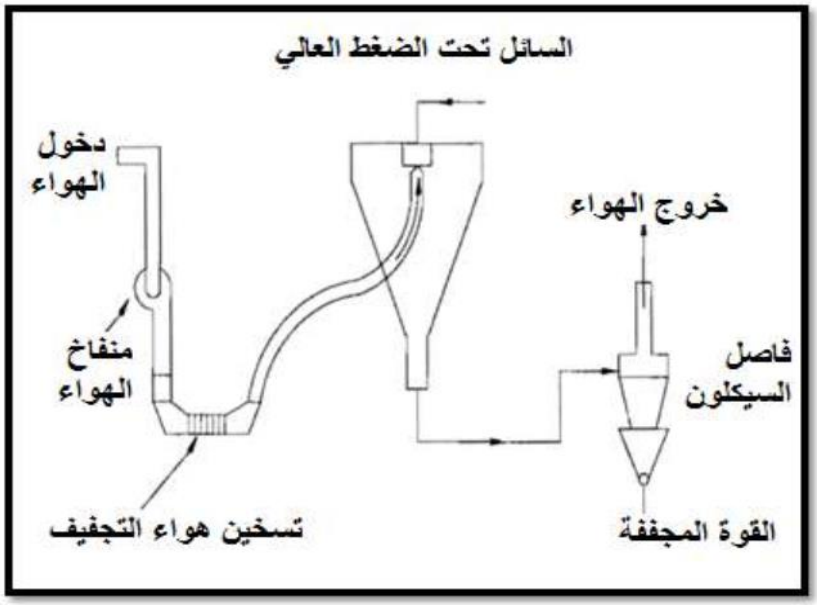
إن عملية تجفيف الأغذية تعد أمرا سهلا في المناطق الحارة، حيث لا يستغرق ذلك إلا أياما معدودة. ويمكن نجاح صناعة التجفيف في المناطق الباردة أو المعتدلة باستعمال المجففات الصناعية بدلا من أشعة الشمس، حيث تقوم هذه المجففات باستخدام الحرارة المأخوذة من الكهرباء أو البخار. كما تستخدم تيارات الهواء الساخن لهذا الغرض. فهي تمنح قدرا أكبر من المرونة مقارنة بالتجفيف التقليدي والمجففات الأخرى. وبالرغم من توافر العديد من المجففات الصناعية في السوق إلا أنها تشترك جميعها في مصدر للحرارة، ومنظم للحرارة، ونظام لتدفق الهواء.
(علي كامل يوسف الساعد، 2009). (قادري، 2019)

I.15.1. أنواع المجففات الصناعية:

يتم تجفيف المواد الغذائية في عدة أنواع من المجففات الصناعية نذكر منها ما يلي:

I.15.1.1. مجففات الرذاذ:

تستخدم هذه المجففات في تجفيف المواد الغذائية السائلة والمحاليل والمستحلبات، مثل البيض واللبن ومستحضرات القهوة سريعة الذوبان وعصير الفواكه والخضروات وتحويلها إلى مساحيق. وتتم عملية التجفيف في غرف كبيرة يصل طولها من 60-100- قدم وقطرها إلى 20 قدم، تتم عملية التجفيف عن طريق تذرية السائل على هيئة ذرات في صورة ضباب معلق في الهواء الساخن وبذلك يتم تبخير الرطوبة بسرعة فائقة حيث تستغرق عملية التجفيف بضع ثوان مما يؤدي إلى قلة الفقد في العناصر الغذائية حيث تصل كمية الفقد في فيتامين ج إلى 5%، يترتب عليها ترسيب المادة الجافة في القاع في صورة مسحوق حيث يتم سحبها بواسطة مراوح خاصة إلى سيكلونات الترسيب. (حلابو، بخيت، بديع، 2008). (السهريجي،1997)

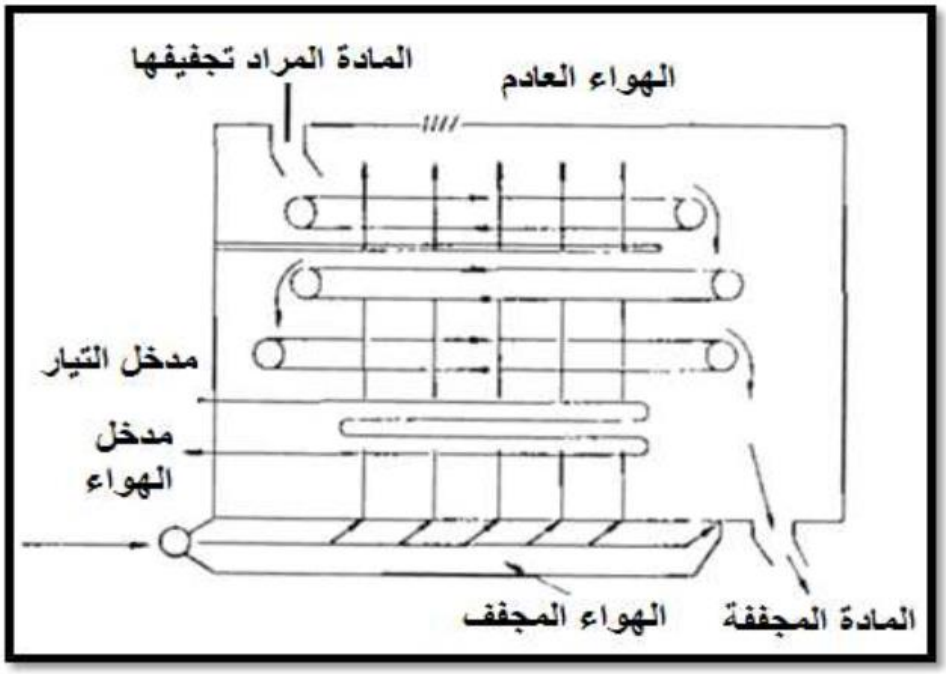


الشكل (10.I): رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف الرذاذ). (السهريجي، 1997)

2.1.15.I. مجففات الأنفاق:

استحدثت هذه الطريقة لتلافي عيوب التجفيف الشمسي حيث تستبدل حرارة الشمس بالهواء الساخن الجاف المندفع بسرعة كبيرة باتجاهات مختلفة حول الغذاء المحمل على ألواح أو صواني، أو سير يتحرك داخل النفق، وهكذا يمكن منع الفقد الناتج عن التلوث من الطيور أو الحشرات أو القوارض أو سقوط الأمطار. هذه المجففات تعمل بطريقة النظام المستمر وتمتاز بإمكانية التحكم في العوامل التشغيلية المختلفة اللازمة للتجفيف. وحتى يمكن استخدامها دون انقطاع يلزمها مدة تسخين ابتدائية حتى يمكن الوصول إلى الظروف الهوائية المستقرة لعملية التجفيف وتتراوح المدة بين 6 إلى 8 ساعات على الأقل وتستخدم هذه المجففات في تجفيف الخضر والفواكه وأحيانا اللحوم والأسماك.

مجففات النفق تتكون من حجرات طويلة مقطعها مستطيل إذ يبلغ ارتفاعها حوالي 1.5 إلى 3 متر وطولها حوالي 10 إلى 12 متر، وتوضع المواد المراد تجفيفها فوق صواني التجفيف التي تحملها عربات وقد يصل عدد الصواني من 20 إلى 30 صينية لكل عربة. (حلابو، بخيت بديع، 2008)، (السهريجي، 1997)



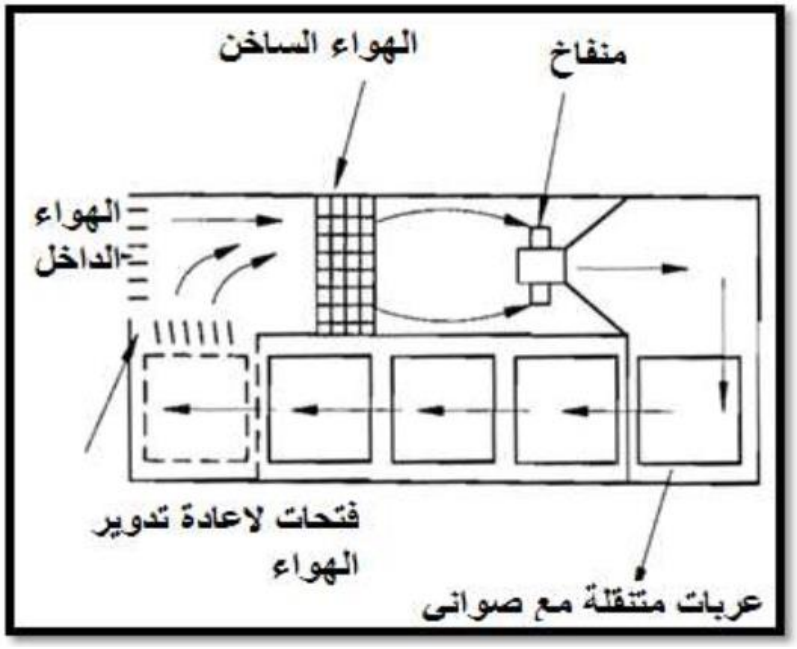
الشكل (11.I): رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف النفق). (السهريجي، 1997)

وتصنف مجففات الأنفاق إلى عدة أنواع نذكر منها ما يلي:

- مجففات النفق المزدوجة.
- مجففات النفق المتعاكسة الجريان.
- مجففات النفق المتوازية. (حلابو، بخيت، بديع، 2008)

3.1.15.I. مجففات المقصورات:

تستخدم هذه المجففات عادة في تجفيف المواد الغذائية الصلبة مثل الخضر والفواكه واللحوم. وهي عبارة عن حجرة مقسمة من الداخل بواسطة فواصل إلى كبائن يوضع بداخلها عدد من صواني المجفف مصفوفة فوق بعضها البعض ومحمولة على عربات، وقد تكون الصواني ثابتة داخل المقصورات أو الكبائن كرفوف متحركة أو غير متحركة معتمدة على نوع المادة المراد تجفيفها. (السهريجي، 1997)



الشكل (12.I): رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف المقصورات أو الكبائن).

(السهريجي، 1997)

2.15.I. مميزات المجففات الصناعية:

- إمكانية استمرار عملية تجفيف ليلا لأنها لا تحتاج إلى الطاقة الشمسية من أجل التجفيف.
- إعطاء منتجات مجففة خالية من الملوثات.
- التحكم الدقيق في سير عملية التجفيف.
- تجفيف سريع مقارنة بالمجففات الشمسية. (قادري، 2019)

3.15.I. عيوب المجففات الصناعية:

- التكلفة العالية لاعتمادها على تسخين الهواء انطلاقا من طاقة الكهرباء وصولا إلى الوقود الحيوي.
- بعد المناطق الريفية عن شبكات الكهرباء. (قادري، 2019)

16.I. مجففات الهواء الطلق:

تستعمل هذه الطريقة لتجفيف الخضر والفواكه وخاصة في البلدان ذات المناخ الحار والجاف لقلة تكلفتها أولا ولسهولتها ثانيا، والطريقة هي أن يعرض النبات أو الأجزاء المستعملة منه على شكل طبقات رقيقة فوق سطح واسع من القماش الخاص بهذه العملية وتعرض لأشعة الشمس ويتطلب تجفيف النبات بهذه الطريقة مدة من الزمن من عدة ساعات إلى عدة أسابيع، ويعود هذا إلى عدة عوامل أهمها درجة الرطوبة الجوية واختلاف نسبة وجود الماء. من مساوئ هذه الطريقة أن الأشعة فوق البنفسجية والإشعاعات تحت الحمراء المنبعثة من أشعة الشمس قد تكون من العوامل الضارة للمواد الموجودة في المنتوج، كما أن تجفيف المنتجات في الهواء الطلق يعرضها لخطر التلوث بالأتربة والحشرات. (جابر بن سالم موسى القحطاني، 2008)

17.I. مجلات استعمال المجفف الشمسي:

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

الجدول (2.I): بعض المواد التي تم تجفيفها عبر أنحاء العالم

المادة المجففة	البلـد
- الموز - أوراق الألمنيوم - الفلفل - البصل - الطماطم - الجزر	مالي
- الأرز	تايلاند / الفلبين

- العنب - المشمش - المنجا	المغرب
- اللحم - السمك	الكنغو / السنغال
- تجفيف الأعلاف	/
- البن - الزنجبيل - الكاكاو - الفول السوداني - الفاصوليا - الذرة	/

I.18. التجفيف في الصناعات الغذائية:

يتم تجفيف نسبة كبيرة من الأطعمة المصنعة التي تستهلكها يوميًا مسبقا بحيث يمكن حفظها في ظل ظروف محددة، بما في ذلك:

- العجائن الغذائية.
- اللحم الجاهز: مثل جامبو...
- الأجبان.
- السكر البلوري الناتج عن عملية التبخير.
- عصير الفواكه.
- مواد على مسحوق الحليب، الكاكاو. (مختار العاتي، 2011)

I.19. الآثار الضارة للرطوبة الزائدة على الفاكهة:

من المعروف أن وجود الرطوبة ضروري لتكاثر ونمو نشاط البكتيريا والكائنات الدقيقة والمجهرية والخمائر.

يتم إجراء التحلل المائي الأنزيمي والتحلل الماني في وسط ماني، وبالتالي، فإن الأساس العلمي لإزالة الرطوبة أو التجفيف بالمظهر هو تقليل الرطوبة في الطعام إلى مستوى لا تستطيع فيه هذه الكائنات الدقيقة الحركة أو التكاثر أو النمو، مع ترك نسبة معينة من الرطوبة.

يرتبط الماء بالمكونات الغذائية لحماية مكونات الطعام من التلف أثناء التخزين. يجب أيضا تخزين المواد بعد القيام بتجفيفها وذلك بعزل المواد عن التعرض للنشاط الحيوي الجرثومي والتفاعلات الكيماوية وهذا في ظروف تحافظ على نسبة رطوبة مثلي دون أن ترتفع. (Bessemoulin. P, and al, 2000)

كل منتج، سواء كان خضروات أو فواكه له نسبة رطوبة مختلفة للنضارة، كما في الجدول

الجدول رقم (3.I): نسبة الرطوبة القصوى لتخزين بعض الخضر والفواكه (مختار العاتي، 2011)

المنتج	النسبة القصوى للرطوبة(%)
الطماطم	8
البصل	4
الجزر	5
البطاطا	13
المنجا	15-12
الموز	10

تحتوي الخضراوات المجففة عادة على 10-7% رطوبة (أقل بكثير من الفواكه المجففة، 14-25%).

والسبب أن الفاكهة بها الكثير من السكر ويعمل السكر كمادة حافظة وبالتالي فقد تعمل على منع نمو الكائنات الحية الدقيقة.

I.20. أهمية المنتجات الغذائية المجففة:

البصل (Allium cepa L.) نبات مهم جدًا يُزرع في جميع أنحاء العالم. ومن بين المحاصيل النباتية التي أدرجتها منظمة الأغذية والزراعة، يحتل البصل المرتبة الثانية من حيث الإنتاج العالمي السنوي. بصلة البصل غنية بالمعادن والبروتين وحمض الأسكوربيك. أصبحت بصيلة البصل الآن جزءًا من النظام الغذائي اليومي طوال العام (Endalew et al., 2014). يتم تجفيف محتوى الرطوبة في البصل لحوالي 86% (وزن) إلى 7% (وزن) أو أقل للتخزين والمعالجة الفعالة. البصل المجفف على شكل مسحوق أو شرائح يتزايد الطلب عليه في أجزاء كثيرة من العالم (Vidyavati et al., 2010). يعد البصل الطازج والمجفف جزءًا مهمًا من النظام الغذائي للإنسان لأنه يحتوي على كميات كبيرة من المغذيات الدقيقة غير الأساسية التي تسمى المواد الكيميائية النباتية (Sharma et al., 2015). يستخدم البصل المجفف كمكون غذائي في العديد من تركيبات الطعام مثل الحساء والصلصات والسلطات والنقانق وغيرها من الأطعمة المناسبة (Kaymak-Ertekin and Gedik, 2005).

الثوم (Allium sativum L.) هو نبات عشبي يستخدم في جميع أنحاء العالم كعامل منكه وتوابل وعلاجات عشبية (FAOSTAT, 2015). ويعتبر الثوم من أفضل الأطعمة الوقائية من الأمراض، وذلك تبعاً لتأثيراته العلاجية (Sobenin et al., 2010). تعزى هذه الخصائص الطبية في الثوم بشكل أساسي إلى التركيب الكيميائي، وبشكل أكثر تحديدًا إلى محتواه من المركبات الفينولية والكبريتية (Calin-Sanchez et al., 2013). ويرجع ذلك إلى احتمالية فوائد الثوم في الطب الوقائي والعلاجي (Spyridon et al., 2018).

تُستخدم ثمار التمر كغذاء أساسي في الشرق الأوسط منذ آلاف السنين. التمر غني بالكربوهيدرات التي تتكون من 70-80% جلوكوز وفركتوز. ويحتوي التمر أيضًا على الألياف

والفيتامينات والمعادن (Sultana et al., 2015). تم ربط العديد من التأثيرات الصحية المفيدة لثمرة التمر، بما في ذلك النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للالتهابات ومضاد للطفرات، وحماية الغشاء المخاطي في المعدة من الآثار الضارة لحمض المعدة. وقد تم العثور على هذا التأثير من خلال مركبات الفينول الموجودة داخل الفاكهة (Arshad et al., 2014). الفواكه المجففة غنية بالحديد والألياف في النظام الغذائي. التوصية الحالية من هيئة الخدمات الصحية الوطنية في إنجلترا هي تناول الفواكه المجففة مع الوجبة وليس كوجبة خفيفة أبدًا بسبب طبيعتها "اللزجة" (Sadler, 2016).

يعتبر التين (Ficus carica L.) من أقدم أشجار الفاكهة المزروعة ومحصول مهم في جميع أنحاء العالم للاستهلاك الطازج أو الجاف (Veberic et al., 2008). التين مصدر غني بالأحماض الأمينية. كما أنها خالية من الدهون والكوليسترول (Oliveira et al., 2010). التين الطازج والمجفف غني بشكل خاص بالألياف والمعادن والبوليفينول المضاد للأكسدة والبروتينات والسكريات والأحماض العضوية والمركبات المتطايرة التي توفر رائحة مميزة لطيفة. يمكن تخزين التين المجفف لمدة 6–8 أشهر (Annavarapu, 2018). إن التعرض لأشعة الشمس يؤدي مباشرة إلى تدمير اللون والفيتامينات والنكهة المجففة بالفرن. لذلك، يعد التجفيف الميكانيكي للهواء مهمًا لما له من مزايا عديدة مقارنة بالتجفيف الشمسي مثل الظروف الصحية، نظرًا لانخفاض التلوث الناتج عن الغبار والمواد الغريبة الأخرى، ويمكن التحكم في معاملات التجفيف، ولا يكون الجفاف مشروطًا بالمطر أو تغيرات الطقس. (Chimi et al., 2008)

ومع ذلك، لا توجد مقارنة في خصائص الجودة بين الخضار والفواكه الطازجة والمجففة. الخضار والفواكه الطازجة غير متوفرة طوال العام. غالبًا ما يختار العديد من المستهلكين الخضار والفواكه المجففة بدلاً من ذلك. لذلك كانت أهداف هذه الدراسة تحديد ومقارنة التركيب الفيزيائي والكيميائي والوظيفي والغذائي للبصل الطازج والمجفف (بالشمس والفرن)؛ الثوم والتمر والتين.

ومن ثم تم تحليل التركيب التقريبي والخصائص الوظيفية مثل قدرة امتصاص الماء والزيت وخصائص الرغوة وقوة التورم والكثافة الظاهرية للخضروات والفواكه الطازجة والمجففة.

I.21. المواد والأساليب:

I.21.1. تحضير المواد والعينات:

تم شراء عينات من الخضار النيئة (البصل الأصفر والثوم) والفواكه (التمر والتين الأصفر) من أحد الأسواق المحلية في أسيوط دون أي ضرر مادي. تم تقشير البصل والثوم يدويًا ثم تم تنظيف جميع العينات تحت ماء الصنبور الجاري، وتقطيعها إلى شرائح رفيعة بسمك (3 و7 مم)، يليها تجفيفها في درجة حرارة الغرفة لمدة 5–6 ساعات لإزالة كل الماء المتبقي. بعد ذلك، تم تقسيم كل نوع من عينات الخضار والفواكه إلى ثلاثة أجزاء: جزء واحد استخدم كعينة طازجة، وجزء آخر تم تجفيفه بالشمس (35 ± 2 درجة مئوية) إلى وزن ثابت (48 ساعة) (Peter and John, 2012) باستثناء التين (5 أيام) (Ana et al., 2011) وتم تجفيف الجزء الثالث في الفرن عند درجة حرارة 60±1 درجة مئوية لمدة 7–10 ساعات وتراوحت رطوبة الهواء النسبية بين حوالي 40% (في البداية) و10% (في النهاية) (Saadeddine et al., 2013) باستثناء التين 62–64 درجة مئوية (Ana et al., 2011) حسب الكمية حتى الوصول إلى مستوى الرطوبة الآمن (Bharathkumar et al., 2018). تم طحن العينات المجففة في مطحنة الاستنزاف ثم غربلتها من خلال منخل شبكي بقطر 0.2 مم. تم تعبئة العينات في شكل مسحوق في أكياس بولي إيثيلين عالية الكثافة في الظلام، وتم تخزينها في الثلاجة عند درجة حرارة −20 درجة مئوية حتى يتم تحليلها لمعرفة الخصائص الوظيفية والغذائية. تم إجراء جميع تجارب التجفيف في ثلاث نسخ.

I.2.21. التركيب التقريبي للعينات الطازجة والمجففة:

تم إجراء التحليل التقريبي على العينات الطازجة والمجففة. تم تحديد الرطوبة والبروتين الخام والرماد والدهون الخام والألياف الخام وفقا لـ (AOAC, 2000). تم تقدير هذه التحاليل بالمعمل المركزي للتحاليل الكيميائية بكلية الزراعة جامعة أسيوط. تم تحديد النسبة المئوية لمحتوى الكربوهيدرات بالمعادلة التالية: % كربوهيدرات−100− (رطوبة% رماد + % دهون + % بروتين + % محتوى الألياف) وتم تقييم قيم الطاقة باستخدام الصيغة التالية. قيمة الطاقة (سعرة حرارية/100 جرام) = (2.62% بروتين) + (8.37 × % دهون) + (4.2 ×% كربوهيدرات) (Crisan and Sands, 1978).

I.3.21. تقدير المعادن من العينات الطازجة والمجففة:

تم تقدير البوتاسيوم والصوديوم كما هو موضح بطريقة (AOAC, 2010) بواسطة جهاز مضواء اللهب. أما المعادن الأخرى فقد تم تحديدها وفقاً لـ (Isaac and Johnson, 1985). تم تقدير هذه التحاليل بالمعمل المركزي للتحاليل الكيميائية بكلية الزراعة جامعة أسيوط.

I.4.21. التقييم الفيزيائي للعينات الطازجة والمجففة استعادة العينات المجففة (٪):

تمت ملاحظة وزن العينات الطازجة قبل التجفيف والوزن في نهاية التجفيف من كل معاملة وتم حساب الاسترداد المجفف باستخدام الصيغة:

$$\text{الاسترداد المجفف } (\%) = \frac{W2}{W1} \times 100$$

حيث، W2: وزن العينات المجففة (غ)، W1: وزن العينات الطازجة (غ).

(Bharathkumar et al., 2018).

- **الوقت المستغرق (ساعات):**

تم تسجيل إجمالي الوقت الذي استغرقته العينات المجففة للوصول إلى مستوى رطوبة آمن بنسبة 12–17% بالساعات (Bharathkumar et al., 2018).

- **التقييم الحسي:**

تم تقييم العينات الطازجة والمجففة من حيث لون البشرة والطعم والملمس والنكهة والقدرة على المضغ والرائحة والمقبولية العامة. وقد تم تعيين لجنة مكونة من 20 عضوًا من أعضاء هيئة التدريس وغير أعضاء هيئة التدريس بقسم الاقتصاد المنزلي بكلية التربية النوعية بجامعة أسيوط لتقييم العينات. تم تصنيف العينات على مقياس المتعة المكون من 9 نقاط وفقًا لـ Sidel and Stone (1992). تم إجراء التقييم في مختبر حسي تحت الضوء الأبيض. تم توفير المياه النظيفة للقضاة لشطف أفواههم بين العينات.

I.5.21. الخصائص الوظيفية لعينات الدقيق المجففة وقدرات امتصاص الماء والزيت (%):

تم تقدير قدرات امتصاص الماء والزيت للعينات المجففة (Chandra and Samsher, 2013) وتم حسابها باستخدام المعادلات:

$$\text{WAC \%} = \frac{\text{وزن الماء الممتص}}{\text{وزن الدقيق}} \times 100$$

$$\text{OAC \%} = \frac{\text{وزن الزيت الممتص}}{\text{وزن الدقيق}} \times 100$$

I.1.5.21. مؤشر التورم والذوبان (٪):

تم استخدام طريقة آبي وإبيه (1998) لتحديد مؤشرات الانتفاخ لعينات الدقيق. ضع العينة في أسطوانة مدرجة واملأها حتى علامة 10 مل. ثم أضف الماء المقطر للحصول على 50 مل للحجم الإجمالي. تم تغطية الجزء العلوي من الأسطوانة المتدرجة بإحكام وخلطها عن طريق تدوير الأسطوانة. تم عكس التعليق مرة أخرى بعد دقيقتين وتركه لمدة 8 دقائق أخرى للوقوف وتم أخذ الحجم الذي تشغله العينة بعد الدقيقة الثامنة.

تم تحديد قابلية الذوبان في الماء للعينات بطريقة Aoki et al., (1981). تم توزيع العينات المجففة (2.5 غ لكل منها) في 30 مل من الماء المقطر، باستخدام قضيب زجاجي، وطهيها في حمام مائي لمدة 15 دقيقة عند 90 درجة مئوية. ثم يتم تبريده إلى درجة حرارة الغرفة ونقله إلى أنابيب الطرد المركزي، ثم يتم طرده لمدة 10 دقائق عند 3000 x جرام. تم صب المادة الطافية لتقدير محتواها الصلب في طبق مبخر وتم وزن الرواسب. تم استرداد وزن المواد الصلبة الجافة عن طريق تبخر المادة الطافية عند درجة حرارة 110 درجة مئوية طوال الليل.

I.2.5.21. قدرة الرغوة (FC) وثبات الرغوة (FS) (٪):

تم تقدير وحساب سعة الرغوة للعينات المجففة باستخدام المعادلة:

$$FC\ (\%) = \frac{\text{حجم الرغوة AW} - \text{حجم الرغوة BW}}{\text{حجم الرغوة BW}} \times 100$$

حيث AW = بعد الجلد، BW = قبل الجلد. تمت إضافة جرامين من العينات المجففة إلى 50 مل من الماء المقطر عند درجة حرارة 30 ± 2 درجة مئوية في أسطوانة مدرجة سعة 100 مل. تم رج الخليط لمدة 5 دقائق للحصول على الرغوة. تم التعبير عن حجم الرغوة بـ FC عند 30 ثانية بعد الجلد. تم تسجيل حجم الرغوة بعد ساعة واحدة من الجلد لتحديد FS كنسبة مئوية من حجم الرغوة الأولي (Chandra et al., 2015).

I.21.5.3. الكثافة الظاهرية (غ/مل):

تم تحديد الكثافة الظاهرية وفقًا لطريقة Yellavila et al., (2015). تم وضع عينة 10 جرام في أسطوانة قياس (100 مل). تم النقر على الأسطوانة عدة مرات على لوح خشبي لحجم ثابت. تم حساب الكثافة الظاهرية المعبأة (غ / مل) كوزن الدقيق (غ) لكل وحدة حجم (مل).

I.21.5.4. نشاط المستحلب وثباته (EA, ES) (%):

تم تقدير نشاط المستحلب وثباته بطريقة أوكاكا وبوتر (1977). تم تحضير المستحلب (جرام واحد من العينات المجففة و10 مل من الماء المقطر و10 مل من زيت فول الصويا المكرر) في أنبوب طرد مركزي معاير. ثم يتم طرد المستحلب بالطرد المركزي لمدة 5 دقائق عند 2000 × غ. تم حساب نسبة ارتفاع طبقة المستحلب إلى ارتفاع الطبقة السائلة حيث يتم التعبير عن نشاط المستحلب بالنسبة المئوية. تم تحديد استقرار المستحلب بعد تسخين المستحلب في أنبوب الطرد المركزي القياسي في حمام مائي لمدة 30 دقيقة عند 80 درجة مئوية، والتبريد لمدة 15 دقيقة تحت ماء الصنبور والطرد المركزي في جهاز طرد مركزي لمدة 15 دقيقة عند 2000 × غ. تم حساب ثبات المستحلب، معبرًا عنه كنسبة مئوية، كنسبة ارتفاع الطبقة المستحلبة إلى ارتفاع الطبقة السائلة.

I.21.5.5. أقل تركيز جلتن (LGC، %) ودرجة حرارة الجلتنة (GT، درجة مئوية):

تم تقدير أقل تركيز هلامي كما وصفه Sathe and Salunkle (1981) تم تحضير مشتتات العينة المجففة 2، 4، 6، 8، 10، 12، 14، 16، 18 و 20٪ (w / v) في 5 مل من الماء المقطر في أنابيب الاختبار وتم تسخينها لمدة ساعة في حمام مائي عند 100 درجة مئوية. ضد. تم تبريد المشتتات الساخنة بسرعة تحت ماء الصنبور ثم عند درجة حرارة 10 ± 2 درجة مئوية لمدة ساعتين في الثلاجة. تم تقدير أقل تركيز للهلام على أنه ذلك التركيز عندما لا ينزلق. تم تحديد درجة حرارة الجيلاتين على النحو المبين في Shinde (2001) تم وزن جرام واحد من العينة المجففة في أنبوب لولبي سعة 20 مل. تمت إضافة عشرة مل من الماء لكل عينة. تم تسخين العينات في حمام مائي حتى يتكون الجل. عند تكوين الهلام الكامل، تم قياس درجة الحرارة النسبية وأخذها على أنها درجة حرارة الجيلاتين.

I.6.21. تحليل إحصائي:

تم تحليل البيانات باستخدام إجراء تحليل التباين (ANOVA) (Steel and Torrie, 1980). تم فصل الوسائل ذات الأهمية عن طريق اختبار الفرق الأقل أهمية (LSD). تم قبول أهمية $P < 0.05$. تم إجراء التحليل في ثلاث مكررات.

I.22. متطلبات التجفيف:

يمكن توضيح متطلبات تجفيف بعض المحاصيل من خلال الجدول التالي:

الجدول رقم (I.4): 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)
الأرز 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، 2021، ص13)

خـلاصـة الفـصل:

في الختام، يظل تجفيف الاغذية واحدة من أقدم وأكثر الطرق فعالية للحفاظ على الطعام وتمديد فترة صلاحيته. تعتبر هذه العملية اساسية لتلبية الاحتياجات الغذائية في العديد من المجتمعات، خاصة في الظروف التي تعيش فيها الموارد المتاحة قيودًا، مثل الأماكن التي تفتقر إلى بنية تحتية للتبريد أو خلال فصول الشتاء الطويلة.

تتيح عملية التجفيف الحفاظ على قيمة الغذاء وجودته الغذائية، وذلك بفضل إزالة الماء الذي يسهم في نمو البكتيريا والعفن والخمائر. كما تسهل عملية التجفيف تخزين الأطعمة لفترات طويلة دون الحاجة إلى التبريد، مما يجعلها خيارًا مثاليا للمناطق ذات الظروف المناخية القاسية أو للأغذية التي لا تحفظ جيدًا في الظروف الطبيعية.

بالإضافة إلى ذلك، تتيح عملية التجفيف توفير مساحة التخزين وتسهيل عمليات النقل والتوزيع، مما يجعلها خيارًا مثاليا للصناعات الغذائية والمجتمعات التي تعتمد بشكل كبير على التجارة الدولية.

ومع ذلك، يجب مراعاة أن عملية التجفيف قد تؤدي إلى فقدان بعض القيم الغذائية، ولذلك ينبغي اختيار الطريقة المناسبة لكل نوع من الأطعمة واتباع الممارسات الصحيحة للحفاظ على أقصى قدر من القيم الغذائية والجودة. باختصار، يظل التجفيف وسيلة مهمة وفعالة للحفاظ على الأغذية وتوفيرها في العديد من السيناريوهات وتبقى أحد الخيارات الرئيسية لتحقيق الأمان الغذائي وتلبية احتياجات الغذاء في جميع أنحاء العالم.

الفصـــل الثـانـي:

تـجـفيـف الـبـصـل

الفصـــل الثـانـــي: تـجـفيـف الـبـصـل

تـمـهيـد:

البصل هو إحدى الخضروات الشائعة المستخدمة في المطبخ، حيث يُعتبر جزءًا أساسيًا في العديد من الوصفات اللذيذة حول العالم. يتميز البصل بطعمه القوي ورائحته الفريدة التي تضفي نكهة خاصة على الأطعمة. لكن في بعض الحالات، قد يكون من الضروري تجفيف البصل لتمديد مدة صلاحيته وحفظه للاستخدام المستقبلي.

عملية تجفيف البصل تعتمد على إزالة الرطوبة منه بشكل كامل، مما يساعد في منع نمو البكتيريا والعفن ويطيل مدة صلاحيته. يمكن تجفيف البصل باستخدام عدة طرق مختلفة، مثل التجفيف بالهواء أو بالشمس أو باستخدام الفرن أو حتى عن طريق التجميد في الفريزر. سواء كنت ترغب في تجفيف البصل لأغراض التخزين الطويلة الأمد أو لمجرد الحفاظ على مذاقه ونكهته، فإن عملية تجفيفه تعتبر طريقة فعالة للاستفادة القصوى من هذه الخضروات اللذيذة.

1.II. تجميع البصل:

البصل المتجمع، والمعروف باسم الكراث الشائع غير الصحيح، هو نوع من البصل يتم حصاده قبل نمو البصلة. وتكون جاهزة بعد 60 إلى 75 يومًا من البذر المباشر. هناك أصناف الربيع والصيف والخريف.

2.II. أصناف البصل الأكثر زراعة في الجزائر

ومن بين الأصناف الأكثر زراعة في الجزائر نجد:

1.2.II. بصل أمبوستا أحمر:

بصل مستدير إلى مفلطح قليلاً، سترة حمراء لامعة داكنة، سوق طازج واستهلاك قصير، أقصى مدة صلاحية 3 أشهر.

- البذر من فبراير إلى أبريل.
- الحصاد من يوليو إلى سبتمبر.

2.2.II. البصل الأصفر القش من الفضائل:

بصيلة صفراء مستديرة سميكة، مفلطحة قليلاً، قطرها يصل من 8 إلى 10 سم، سترة مغرة بنية ذهبية. لحم قوي ذو طعم واضح وجودة طعم جيدة وعمر افتراضي طويل.

- البذر: من مارس إلى يونيو.
- الحصاد: من يوليو إلى سبتمبر.

3.II. تركيبة كيميائية:

يحتوي البصل في المتوسط على ما بين 87 و92% من الماء .(Islam et al., 2019) توفر الكربوهيدرات معظم استهلاك الطاقة (40 سعرة حرارية). وعلاوة على ذلك، فإن البصل له

خصائص دمعية. وهكذا، عندما نقطع البصلة فإننا ندمر خلاياها، وتخترق الفجوة، وينتشر السيتوبلازم مما يؤدي إلى امتزاج العضيات وتكوين تفاعل كيميائي. إن مقدمة عامل الدموع، أي بروبيل – سيستين سلفوكسيد (مشتق من السيستين)، سوف تتلامس مع إنزيم الألينا ز. هذا الأخير، عند ملامسته للماء، ينتج تفاعلًا ثانيًا وتتشكل عدة جزيئات: حمض الكبريتيك والأمونيا وحمض البيروفيك (أحد الجزيئات المسؤولة عن التذوق). وبما أن هذين الجزيئين الأخيرين بكمية صغيرة، فلن يلعبا دورًا في التفاعل، على عكس حمض الكبريتيك الملامس للسائل الدمعي. يظهر متوسط التركيب الكيميائي الحيوي لكل 100 جرام من البصل في الجدول (II-1).(Konate et al., 2017)

الجدول (II-1): التركيب الكيميائي للبصل لكل 100 جرام من المادة الجافة

(Konate et al., 2017)

العناصر	القيم
ماء	%92-87
الكربوهيدرات	9.3 جرام
الدهون	0.1 جرام
البروتينات	1.1 جرام
الألياف الغذائية	2.80 جرام
الكالسيوم	25 ملغ
المغنيسيوم	10 ملغ
البوتاسيوم	170 ملغ
حديد	0.3 ملغ
فيتامين ب1	0.06 ملغ
فيتامين ب3	0.3 ملغ

فيتامين ب6	0.14 ملغ
فيتامين ب9	0.02 ملغ
فيتامين ج	7 ملغ
فيتامين هـ	0.14 ملغ

4.II. فضائل غذائية وعلاجية:

إن الاستهلاك المرتفع للبصل في جميع أنحاء العالم وأهميته الاقتصادية لا ترجع فقط إلى فضائله الغذائية ولكن أيضًا إلى فضائله العلاجية (Speck et al., 2008). من الناحية الغذائية، يعتبر البصل غذاء حيويا ووقائيا وداعما بسبب غناه بالفيتامينات (فيتامين ب، فيتامين ج، بروفيتامين أ)، والمعادن (البوتاسيوم، الصوديوم، الزنك، الحديد، الفوسفور، السيلينيوم، المغنيسيوم، المنغنيز، الكالسيوم، وما إلى ذلك)، في الدهون والبروتينات والكربوهيدرات والزيوت الأساسية والأحماض العضوية والألياف (CIQUAL, 2013).

من الناحية العلاجية، أظهرت العديد من الدراسات أن الاستهلاك المنتظم للبصل الخام يلعب دورًا في تخثر الدم، والوقاية من الأمراض المختلفة (تصلب الشرايين، وإعتام عدسة العين)، وبعض أمراض القلب والأوعية الدموية والسرطانات (Graft et al., 2005).

كما أن له تأثيرات علاجية على تراكم الصفائح الدموية وارتفاع السكر في الدم ومستويات الدهون الثلاثية في الدم وقد ثبت فعاليته ضد السعال ونزلات البرد والروماتيزم والديدان الدبوسية وعرق النسا (Gabler et Osrowska, 2006; Hubbard et Wolffram, 2006). ترجع خصائص البصل المضادة للأكسدة والمضادة للبكتيريا والفيروسات والمضادة للسرطان إلى محتواه العالي من الفلافونويد (Compaore et al., 2020).

1.4.II. الأنشطة المضادة للأكسدة:

إنها حقيقة راسخة أن مركبات الفلافونويد لها خصائص مضادة للأكسدة. هذا هو أفضل نشاط تمت دراسته ووصفه لفلافونيدات البصل، والذي يحمي الخلايا والأنسجة من أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS). تنتج ROS جذورًا حرة تدمر خلايا الأعضاء المختلفة خارجيًا (Kumar et Pandey, 2013). كما ثبت أيضًا في المختبر أن مركبات الفلافونويد، مثل كيرسيتين وكيمبفيرول، تعمل على تثبيت الإلكترونات الحرة التي تنشأ من ROS (Pietta, 2000). الفلافونويد الرئيسي الموجود في البصل هو كيرسيتين (Sellappan et Akoh, 2002). تحتوي الطبقات الخارجية الجافة للبصل، والتي تتم إزالتها قبل معالجة الطعام، مثل الطهي، على كميات عالية من الكيرسيتين (Gulsen et al., 2007)، وهو أحد مضادات الأكسدة الفعالة ضد بيروكسيد الدهون غير الأنزيمية والأكسدة منخفضة الكثافة. البروتينات الدهنية (LDL). يُظهر كيرسيتين ومركبه المخفف أعلى نشاط مضاد للأكسدة، وهو ما يشبه نشاط 1 توكوفيرول. لذلك، من المتوقع أن يكون مستخلص الطبقة الخارجية من البصل مصدرًا للمكونات الغذائية (Ly et al., 2005).

2.4.II. الأنشطة المضادة للبكتيريا:

وقد وجدت العديد من الدراسات أن مركبات الفلافونويد الموجودة في البصل لها خصائص قوية مضادة للميكروبات (Kumar et Pandey, 2013). يتكون عملها المثبط المضاد للبكتيريا من إعاقة تكوين الإنزيمات الميكروبية والمواد اللاصقة وبروتينات النقل (Mishra et al., 2009). كيرسيتين هو واحد من مركبات الفلافونويد الأكثر دراسة والتي تمنع نمو البكتيريا (Wu et al., 2008). لقد أظهر قدرة كبيرة على تثبيط نمو المكورات العنقودية الذهبية بشكل كامل (Havsteen, 1983).

تم الإبلاغ عن أن مستخلصات البصل تمارس تأثيرات قاتلة للجراثيم على المكورات العقدية الطافرة والمكورات العقدية السوبرينوس والبورفيروموناس اللثوية والبريفوتيلا إنترميديا (البكتيريا إيجابية الجرام)، والتي تعتبر البكتيريا الرئيسية المسؤولة عن تسوس الأسنان والتهاب اللثة عند

البالغين، على التوالي (Bakri et Douglas, 2005). ومع ذلك، فإن البصل ليس فعالا ضد البكتيريا سالبة الجرام (Griffiths et al., 2002).

3.4.II. الأنشطة المضادة للفيروسات:

تشير الدراسات إلى أن مركبات الفلافونويد الموجودة في البصل معروفة بأنها فعالة جدًا ضد الفيروسات لفترة طويلة. تكمن آلية تثبيط النمو الفيروسي في منع وتدمير تخليق البروتينات الفيروسية والأحماض النووية (Zandi et al., 2011). على وجه الخصوص، تلعب المواد الكيميائية النباتية الموجودة في البصل، مثل كيرسيتين وكيمبفيرول، دورًا مهمًا في الحد من نمو الفيروسات المختلفة (Kumar et Pandey, 2013).

4.4.II. الأنشطة المضادة للسرطان:

تلعب المواد الكيميائية النباتية الموجودة في البصل دورًا حاسمًا في منع الأنشطة المسببة للسرطان المختلفة. كشفت العديد من الدراسات عن الدور الإيجابي للفلافونويدات في تقليل خطر الإصابة بالسرطان (Kamaraj et al., 2009). تتبنى مركبات الفلافونويد أو تتبع آليات مختلفة للوقاية من السرطان، بما في ذلك إيقاف الدورة الخلوية، وتثبيط التيروزين كيناز، وتنظيم بروتين p53، وتثبيط بروتين الصدمة الحرارية، وحصار التعبير عن بروتين Ras (فئة من البروتينات الخلوية) (Duthie et al., 2000).

واقترح كومار وباندي (2013) أن استهلاك البصل يقلل من خطر الإصابة بالسرطان لأعضاء مختلفة، مثل البروستاتا والمعدة والثدي والرئتين. تم اختبار كيرسيتين كمثبط لتيروزين كيناز في المرحلة الأولى من التجارب البشرية. أظهر Kaempferol أيضًا إمكاناته الإيجابية ضد سرطان المبيض وسرطان الرئة وسرطان الدم والمثانة والبروستاتا والثدي وسرطان البنكرياس (alderon- Montaño et al., 2011; Chen et al., 2012; Kim et Choi, 2013).

5.II. استخدامات البصل:

اليوم، يتوفر البصل بأشكاله الطازجة والمجمدة والمعلبة والمخللة والمجففة. يمكن استخدام البصل، عادةً مفرومًا أو مقطعًا إلى شرائح، في جميع أنواع الأطعمة تقريبًا، بما في ذلك الأطعمة المطبوخة والسلطات الطازجة، وكزينة حارة. ونادرا ما يتم تناولها بمفردها ولكنها عادة ما تكون بمثابة مرافقة للطبق الرئيسي. اعتمادًا على النوع، يمكن أن يكون البصل حارًا أو حارًا أو منعشًا أو خفيفًا أو حلوًا (INERA, 2013).

يعد البصل من الأطعمة الأساسية في الجزائر، وبالتالي فهو ضروري للمطبخ الجزائري. يتم استخدامها بشكل عام كقاعدة لجميع الأطباق والأطباق التقليدية تقريبًا مثل الشكشوكة بالبصل والبيض، والمحجوبة التقليدية، والكسرة بالبصل والطماطم، والبريك بالبصل والبيض،...إلخ (MADR, 2019).

1.5.II. استخدامات مسحوق البصل في الجزائر:

مسحوق البصل هو منتج عطري يمكن استخدامه في معظم المستحضرات أو يتضمن عادة البصل الطازج. عندما يتم تعبئته بشكل جيد، فهو منتج مستقر. يتم تحضير مسحوق البصل من البصل المجفف والمسحوق. يمكن أن يكون المسحوق ذو اللون الأبيض ناعمًا أو حبيبيًا حسب درجة الرش. يمكن استخدامه كتوابل على مجموعة متنوعة من الأطعمة والأطباق، مثل المعكرونة والبيتزا والمشاوي. يقدم مسحوق البصل طعمًا حارًا وحلوًا قليلاً، ويستخدم أيضًا في صناعة المواد الغذائية كتوابل.

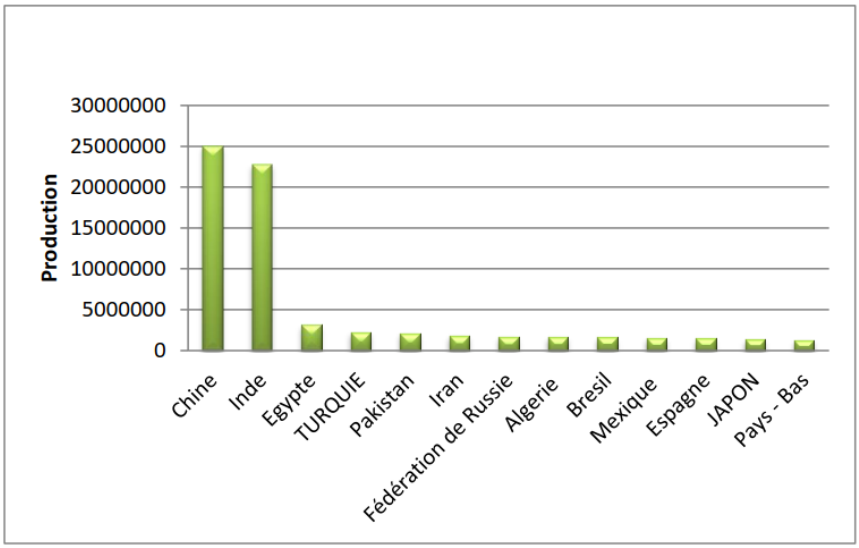
6.II. الأهمية الاقتصادية للبصل:

أكثر من أي خضروات أخرى، لا تستطيع الأسر الاستغناء عن البصل. ويعتبر هذا الأخير من بين محاصيل البستنة الاستراتيجية التي يتم تسويقها في عدة قارات (Mah, 2012). في العالم،

تنتج العديد من الدول البصل. تنتج حوالي 190 دولة البصل للاستهلاك المحلي ويشارك الكثير منها في التجارة الدولية (FAOSTAT، 2021). ويحظى البصل بتجارة مكثفة، تشارك فيها أكثر من 100 دولة حول العالم. لذلك ليس من المستغرب أن تصل قيمة صادرات البصل العالمية حسب الدولة إلى 3.1 مليار دولار أمريكي في عام 2016.

II.1.6. الإنتاج العالمي:

ويقدر الإنتاج العالمي من البصل بنحو 85 مليون طن سنويًا (FAOSTAT, 2021). تعد الصين أكبر منتج للبصل في العالم حيث يبلغ حجم إنتاجها 23.39 مليون طن سنويًا. وتأتي الهند في المرتبة الثانية بإنتاج سنوي يبلغ 19.4 مليون طن. وتمثل آسيا 50% من حجم إنتاج البصل العالمي، متفوقة بفارق كبير عن أوروبا وأفريقيا وأمريكا، التي تمثل كل منها حوالي 10%.



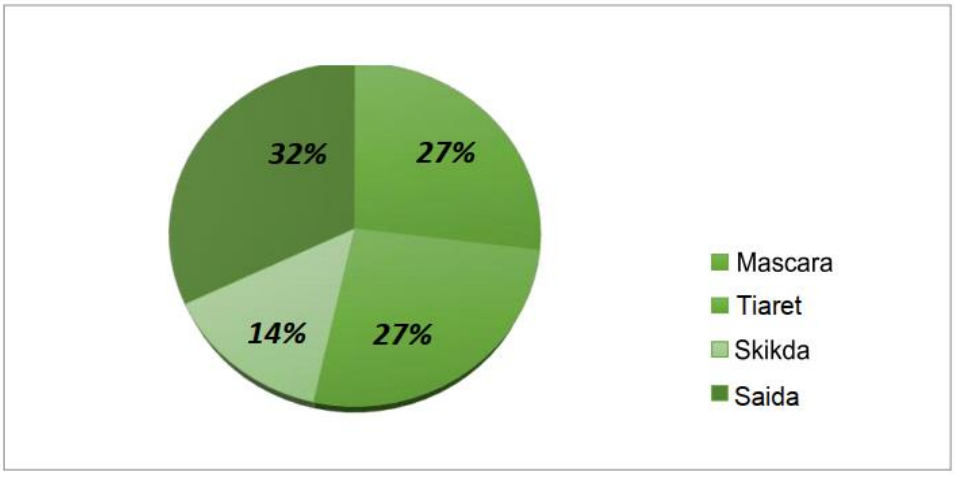
الشكل (II-1): إنتاج البصل في العالم (FAOSTAT, 2021).

II.2.6. الإنتاج المحلي:

وفي عام 2019، قدر الإنتاج الوطني من البصل بنحو 1.6 مليون طن (MADR, 2019). وبحسب المصدر نفسه، فإن الولايات المحتملة لإنتاج البصل هي معسكر وتيارت

وسكيكدة (MADR, 2019). وفي عام 2016، احتلت زراعة البصل في الحقول المفتوحة ما يقرب من 50 ألف هكتار في الجزائر بمتوسط إنتاجية 300 قدان/هك. ويوضح الشكل (II-2) إنتاج البصل في الجزائر.

وعلى الرغم من نمو إنتاج البصل، إلا أن هذه الخضار غير متوفرة في الأسواق منذ وقت معين من السنة وتضطر الجزائر إلى استيرادها من بلدان أخرى، أبرزها إسبانيا (MADR, 2014). في الواقع، يتم إنتاج البصل خلال موسم الجفاف ويتميز بدورة واحدة تمتد من نوفمبر إلى يناير وفترات الحصاد التي تتوقف بين مارس وأبريل (Garané et al., 2019). ويضاف إلى موسمية الإنتاج ضعف البنى التحتية المناسبة لحفظ البصل، مما يؤدي في بعض الأحيان إلى خسائر فادحة للمنتجين تصل إلى 30 إلى 40% من المحصول، مما يشكل عائقاً أمام تنمية قطاع البصل. علاوة على ذلك، لا يستفيد البصل في الجزائر حاليًا من عملية معالجة معينة. يتم استخدامه بشكل عام طازجًا في تحضيرات الطهي. ولذلك من الضروري تحديد السبل والوسائل للحد من خسائر ما بعد الحصاد، والحفاظ على البصل طوال العام وزيادة تعزيز إنتاجه المتزايد.



الشكل (II-2): إنتاج البصل في الجزائر (MADR, 2019).

7.II. التجفيف والطاقة:

ولتجفيف منتج ما، سواء كان سائلاً أو صلباً، يجب توفير الحرارة والطاقة. وبشكل عام، تعتبر عمليات التجفيف تستهلك حوالي 15% من الطاقة الصناعية في البلدان المتقدمة. هذا الجزء مهم ويجب علينا أن نحاول إيجاد طرق لتحسين العمليات، بطريقة اقتصادية وبيئية أيضًا. ليست كل أجزاء المنتج نفسه لها نفس السلوك فيما يتعلق بالمياه. ويختلف هذا أيضًا من منتج إلى آخر، اعتمادًا على تركيبته الكيميائية الحيوية: حيث تحتفظ بعض الهياكل أو الجزيئات بالمياه أكثر من غيرها. عندما يكون المنتج رطبًا جدًا، فإن الماء الذي يحتوي عليه يسمى "حر"، وعند التجفيف، يتصرف الماء الحر مثل الماء النقي. لتبخيره، يكفي ما يقرب من 2250 كيلوجول/كغ. عندما يكون المنتج أكثر جفافًا، فإنه يحتفظ بالماء بشكل أكبر ويوصف بأنه "مقيد". ويعد تبخر هذا الماء أكثر صعوبة ويتطلب المزيد من الطاقة (Nguyen, 2015).

8.II. اختيار عملية التجفيف:

يوجد حاليًا أكثر من 200 نوع من المجففات الصناعية في قطاع الأغذية. تعتمد أنواع المجففات المستخدمة لتجفيف منتج معين على اختيار الجهاز المناسب الذي يتم تصنيعه بعد ذلك وفقًا لعوامل معينة (McCabe et al., 1985).

- طبيعة المنتج (سائل، صلب، معجون).
- معدل الرطوبة النهائي والأولي.
- تدفق المنتج مطلوب.

II.9. تكنولوجيا معالجة وتجفيف البصل:

II.9.1. أهمية واهتمام معالجة البصل:

يعد البصل من الخضار الأساسية في كل مطبخ، ولكن كونه من الخضار الموسمية فهو لا يتواجد فعلياً طوال العام، وذلك بسبب محتواه المائي العالي الذي يصل إلى 90٪ مما يجعله من بين السلع القابلة للتلف والتي لا يمكن تخزينها لفترة طويلة بعد الحصاد. في الظروف العادية، من الضروري التفكير في تجفيفها في ظروف صحية وبتكلفة معقولة، ولكنها عملية بما يكفي لاستخدامها حتى من قبل مؤسسات تقديم الطعام واسعة النطاق.

تم إنتاج البصل المجفف أو مسحوق البصل بكميات صغيرة منذ القرن التاسع عشر، ويتم تصنيعه خصيصًا من البصل الأبيض (Ismail, 2006)، وله سوق محدود للغاية في الجزائر، ولكن الطلب عليه جيد في الأسواق الدولية (Premi and Premi, 2017)، ويأتي الطلب بشكل رئيسي من الولايات المتحدة وأوروبا وأجزاء من أمريكا الجنوبية، من بين دول أخرى.(Punjabi and Mukherjee, 2015)

II.9.2. تجفيف البصل:

التجفيف هو عملية يتم إجراؤها لإزالة الرطوبة الزائدة من القشرة الخارجية والجذور وأنسجة التاج لبصيلات البصل المحصودة. إنه يحسن جودة حفظ لمبات البصل ويقلل من خطر الإصابة بالكائنات المسببة للأمراض أثناء التخزين (Petropoulos et al., 2016).

تتم إزالة الرطوبة فقط على النطاق الخارجي، وليس على اللمبة بأكملها. يؤدي تجفيف القشور السطحية إلى إنشاء حاجز جاف حول بصيلة البصل ويجعلها مقاومة لفقدان الماء. (Downes et al. 2009)

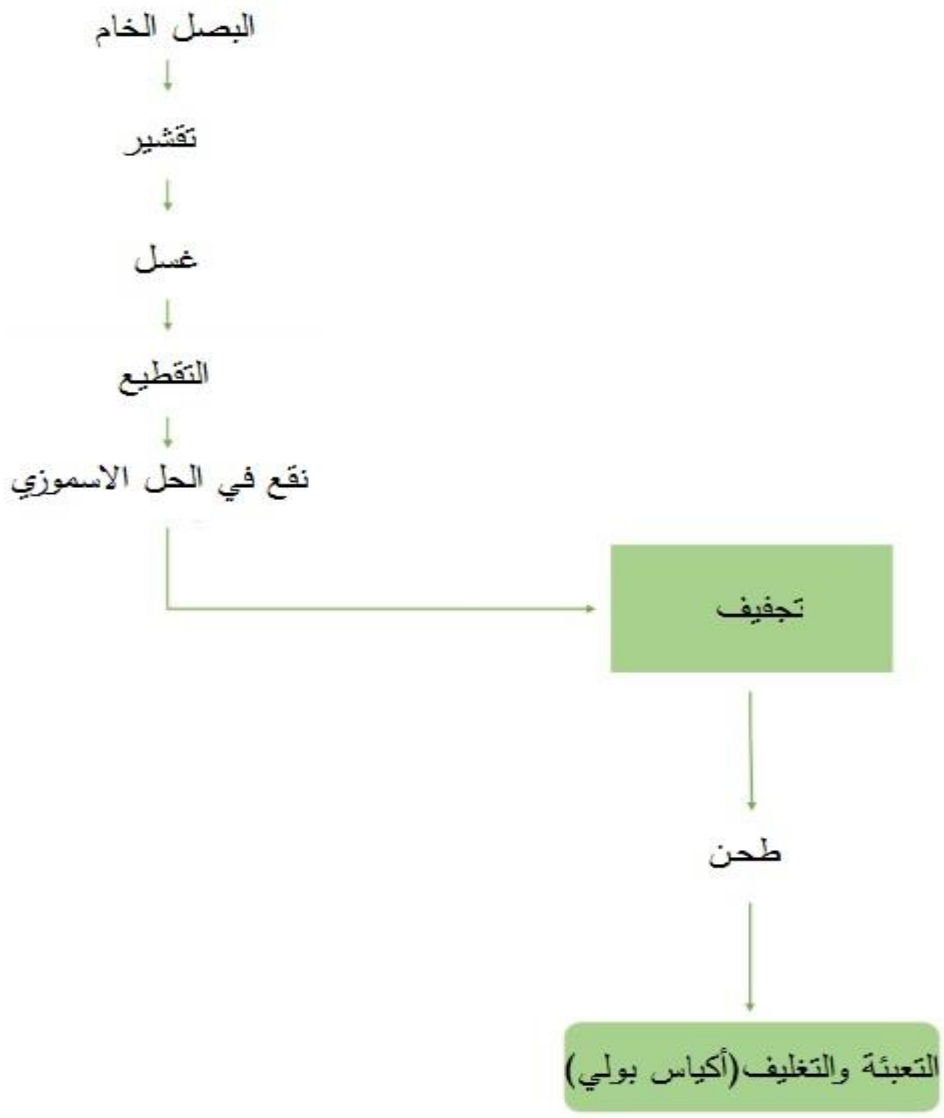
يتطلب التجفيف الحرارة والتهوية الجيدة، ويفضل أن يكون ذلك مع انخفاض الرطوبة. يساعد ذلك على تجفيف الرقبة والطبقتين أو الثلاث طبقات الخارجية للبصيلة. يعتبر البصل

ناضجا عندما تكون الرقبة مشدودة وتجف القشور الخارجية حتى حفيف، ويتم الوصول إلى هذه الحالة عندما يفقد البصل 3−5% من وزنه. (Anonyme 6, 2016)

توفر القشور الخارجية للبصل الحماية ضد الكائنات المسببة للعفن بفضل المركبات المضادة للفطريات التي تحتوي عليها. وجود هذه المركبات ضروري للتخزين لفترة طويلة. يزيد الحصاد المبكر من خسائر ما بعد الحصاد بسبب فقدان الوزن الفسيولوجي والتعفن والإنبات. يحتوي البصل غير الناضج على قشور خارجية أقل ومحتوى مائي مرتفع؛ ولذلك فهي تتطلب ظروف تجفيف أكثر شمولاً من البصل الناضج (Anonyme 6, 2016). يمكن أن يتم تجفيف البصل في الحقل عن طريق الحمل الحراري للهواء الطبيعي أو عن طريق الدوران القسري للهواء الساخن باستخدام غرف التجفيف الاصطناعية.

3.9.II. إنتاج مسحوق البصل:

كما ذكرنا سابقًا، يتم تصنيع مسحوق البصل من البصل الذي تم تجفيفه مسبقًا تناضحيًا وخضع للخطوات المختلفة الموضحة في الشكل (3-II).



الشكل (II-3): عملية تصنيع مسحوق البصل (Ramya, 2016)

10.II. الأعمال السابقة المنفذة على تجفيف البصل:

كان موتا وآخرون (2010) مهتمين بالتجفيف الحراري للبصل من صنف موندیغو البرتغالي. تمت دراسة تأثير درجات حرارة التجفيف المختلفة (30، 50، 60 درجة مئوية) على التركيب الكيميائي للبصل. وقد لوحظ أن بعض مكونات البصل لم تتأثر بدرجة حرارة التجفيف بما في ذلك الدهون والرماد والبروتين الكلي والألياف الخام، في حين تأثرت السكريات الكلية

والحموضة وفيتامين C معنويا بهذه المعلمة. كما وجد أنه بالنسبة لمدى درجات الحرارة المدروسة، أعطت 60 درجة مئوية أفضل النتائج فيما يتعلق بتقليل وقت التجفيف، بينما عند 30 درجة مئوية استقر التجفيف بعد حوالي 7 ساعات، بينما عند 60 درجة مئوية ساعتين كافية، وهو ما يمثل فترة زمنية قصيرة. انخفاض كبير جدا في وقت التجفيف. تراوح الانتشار الفعال بين 3.33 × 10−09 م/ث عند 30 درجة مئوية و8.55 × 10−09 م/ث عند 60 درجة مئوية.

قام ميترا وآخرون (2011) بتحليل وتفسير النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق طرق مختلفة لتجفيف البصل. كشفت المراجعة عن توفر العديد من الطرق التحليلية والعددية لتحليل سلوك التجفيف بالإضافة إلى معايير الجودة. ومع ذلك، هناك طرق تجفيف أخرى، مثل التجفيف بالفراغ، أو التجفيف بالهواء المجفف، أو التجفيف بالتكثيف، وما إلى ذلك. والتي يمكن استكشافها لتقييم تأثير عوامل التشغيل المختلفة على جودة البصل الذي يحتوي على العديد من العناصر الغذائية الأساسية وله إمكانات علاجية هائلة. يمكن أيضًا اعتماد الجمع بين طريقتين أو أكثر من طرق التجفيف أو تقنيات التجفيف متعدد الأوضاع لتجفيف أكثر كفاءة.

قام راماشاندرا وآخرون (2014) بدراسة نمذجة التجفيف لثلاثة أصناف من البصل، وهي أركا كاليان، بيجابور بلانك وأركا براغاتي. تتطلب جميع الأصناف الثلاثة 12 ساعة من التجفيف في الهواء المجفف. كان المحتوى المائي النهائي للبصل المجفف بين 4.34 و5.10%. ولذلك وجد أن التجفيف بالهواء المجفف أكثر فعالية من التجفيف الشمسي لحفظ البصل.

اهتم عبد الله زيكيو وآخرون (2014) بتصميم المجفف الحراري ودراسة سلوك البصل الأحمر أثناء عملية التجفيف. تم تقطيع البصل الأحمر إلى شرائح بسماكة 5 مم، ومعالجتها بالجفاف الأسموزي في محلول ملحي (300 جم/لتر) عند درجة حرارة 60 درجة مئوية لمدة 12 ساعة ثم تجفيفها بواسطة الهواء الساخن عند درجة حرارة 40±10 درجة مئوية لمدة ست ساعات.

تتم مراقبة تقدم تجفيف العينات عن طريق وزن كل قرص على فترات زمنية مدتها ساعة واحدة (ساعة واحدة). وينتهي التجفيف عندما تصل نسبة الرطوبة إلى 12-15% (أساس رطب). لقد ثبت أن المعالجة المسبقة للجفاف الأسموزي تساعد في تقليل وقت التجفيف. علاوة على ذلك، وجد أن لون البصل المعالج والمجفف كان أفتح مقارنة مع العينة المجففة دون معالجة مسبقة والتي تكون أكثر عرضة للتحول إلى اللون البني. ساعد التجفيف بالحمل وحده على تقليل محتوى الماء في المنتجات إلى نسبة 12.5%، في حين أدى التجفيف المقترن بالجفاف إلى محتوى مائي نهائي قدره 13.2%. تقع محتويات الماء المتبقية ضمن نطاق 10-15% المحدد لفعالية حفظ المنتجات المجففة.

أجرى ريفاسكار وآخرون (2014) دراسة عن تأثير درجة الحرارة والمعالجة المسبقة على سلوك شرائح البصل أثناء عملية التجفيف التي تتم في مجفف الصينية. تؤدي زيادة درجة حرارة الهواء الجاف إلى تقليل وقت التجفيف. كان لشرائح البصل المعالجة مسبقًا وقت تجفيف أقصر من العينات غير المعالجة. تمت عملية التجفيف بأكملها في فترة من السرعة المتناقصة. ومع ذلك، لم يتم ملاحظة فترة السرعة الثابتة في هذه الدراسة. تمت دراسة خمس معادلات تجفيف الأغشية الرقيقة لتحديد ما إذا كانت تصف بشكل مناسب سلوك التجفيف لشرائح البصل. كان نموذج الصفحة هو الأكثر ملاءمة مع القيم العالية لمعامل التحديد والقيم المنخفضة لـ x2 و EMB و ERMS. تراوح انتشار الرطوبة الفعال في المدى من 0.78 إلى 1.21 × 10-10 م/ث ومن 0.83 إلى 1.30 × 10-10 م2/ث على التوالي لعينات البصل غير المعالج والمعالج اعتمادًا على درجة حرارة الهواء الجاف.

اهتم رومان وآخرون (2019) بالتجفيف الحراري للبصل الأصفر (Angaco INTA) ، في دراسة حركية فقدان الماء وتأثير درجات حرارة التجفيف (60 و70 درجة مئوية) على المركبات

الفينولية. تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على درجة الحرارة المثلى لعملية تجفيف البصل للحفاظ على الخصائص الغذائية للمسحوق المنتج. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن التجفيف بالحمل الحراري يزيد من محتويات إجمالي البوليفينول والفلافونويد في درجتي الحرارة، وتم الحصول على أعلى محتويات عند 70 درجة مئوية. وفيما يتعلق بخصائص مضادات الأكسدة، أظهر البصل المجفف عند درجة حرارة 70 مئوية أعلى القيم أيضًا. أظهرت عملية انتشار الرطوبة الفعالة التي تم الحصول عليها أن عملية تجفيف البصل تختلف باختلاف درجة حرارة التجفيف. وبمقارنة النتائج التي تم الحصول عليها عند 60 و70 درجة مئوية، يمكننا القول أن 70 درجة مئوية كانت أفضل درجة حرارة تستخدم لإنتاج مسحوق البصل المجفف.

1.10.II. جودة مسحوق البصل المجفف:

اهتم سيفو وآخرون (2018) بدراسة تأثير الصنف ودرجة حرارة التجفيف على الجودة الفيزيائية والكيميائية والخصائص الوظيفية والقبول الحسي لمسحوق البصل المجفف. تم استخدام ثلاثة أصناف من البصل لإجراء هذه الدراسة وهي بومباي، قيلافو وسويت كارولين. من النتائج التي تم الحصول عليها، لوحظ أن اختلاف أصناف البصل ومستويات درجات حرارة التجفيف المختلفة كان لها تأثير متغير على الخواص الفيزيائية والكيميائية والحسية لمسحوق البصل. بشكل عام، تؤدي زيادة درجة حرارة التجفيف إلى انخفاض معظم الخصائص المرغوبة لشرائح البصل. لكن انخفاض النشاط المائي وقيم الرقم الهيدروجيني لمساحيق البصل هي خصائص مرغوبة من حيث سلامة وثبات المساحيق المجففة. ومن بين درجات الحرارة المدروسة، أعطت درجة حرارة التجفيف 70 درجة مئوية لمدة 5 ساعات النتائج التالية مع خصائص فيزيائية وكيميائية وحسية مقبولة نسبيا. كما وجد أن الصنف Qellafo كان متفوقاً في معظم المعايير مقارنة بالصنفين

الآخرين. ولذلك، يوصى باستخدام صنف Qellafo باعتباره صنف بصل مناسب عند الرغبة في إنتاج البصل المجفف.

قامت إديث وآخرون (2018) بدراسة تأثير التجفيف على الخصائص الغذائية والوظيفية والحسية لثلاثة أصناف من مسحوق البصل (Violet de Galmi, Goudami et Blanc de Galmi). تم في هذه الدراسة استخدام طريقتين للتجفيف: التجفيف الشمسي (40±0.52 درجة مئوية ورطوبة نسبية من 20 إلى 22% لمدة 8 ساعات) والتجفيف الهوائي الكهربائي (40 درجة مئوية ورطوبة هواء 20% لمدة 3 أيام). بعد التجفيف والطحن، يتم تعبئة مساحيق البصل الناتجة في أكياس من البولي إيثيلين وتخزينها عند درجة حرارة 4 درجات مئوية حتى التحليل. أظهرت النتائج بوضوح أن مستوى جميع هذه المكونات الكيميائية انخفض بشكل ملحوظ ($P<0.05$) ليصل إلى 50% مع عمليات التجفيف والطحن. نتيجة للاختلاف في تركيبة البصل، يُظهر Galmi Violet قدرة أعلى على امتصاص الماء، ومؤشر قابلية الذوبان في الماء، وقدرة على تكوين الهلام وقوة مضادة للأكسدة، في حين أن Blanc de Galmi لديه قدرة أقل على امتصاص الماء ومؤشر ذوبان أقل في الماء. في الختام، يمكننا القول أن جودة جميع مساحيق البصل المجفف كانت مقبولة، بغض النظر عن الصنف وطريقة التجفيف.

درس شوكلا وآخرون (2019) تأثير المعالجات المسبقة ودرجات حرارة التجفيف على جودة وخصائص شرائح البصل المجففة في مجفف الصينية. تأثير درجة حرارة هواء التجفيف (مرحلة التجفيف الأولى عند 70، 80، 90 درجة مئوية والمرحلة الثانية عند 60 درجة مئوية)، وسمك شرائح البصل (2، 4 و6 ملم) والمعالجة المسبقة (السلق بالماء و0.2، تم تقييم 0.4 و0.6% ميتابيسلفيت البوتاسيوم) في جودة البصل المجفف. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن عينات البصل التي تم سلقها في الماء وتجفيفها عند درجة حرارة 90 درجة مئوية (حجم 6 ملم) استغرقت

أقل وقت لتجفيفها. يزداد معدل الإماهة مع زيادة درجة الحرارة. كانت العينات المبيضة باستخدام ميتابيسلفيت البوتاسيوم والمجففة عند درجة حرارة 70 درجة مئوية ذات جودة غذائية أفضل. ولوحظ أيضًا أن جودة البصل واللون والرائحة والمقبولية العامة كانت أفضل بالنسبة لعينات البصل المبيضة بـ 0.6% من ميتابيكبريتيت البوتاسيوم والمجففة عند 70 درجة مئوية.

خـلاصـة الـفـصـل:

بالطبع تجفيف البصل يمثل عملية فعالة ومفيدة في عالم الطهي، حيث يتيح للناس الاستفادة القصوى من هذه الخضروات الأساسية طوال العام. بدلاً من الاعتماد على توافر البصل الطازج في كل مرة يحتاجون فيها لاستخدامه في الطهي، يمكنهم تجفيف البصل وتخزينه بشكل مستقل، مما يجعله متاحًا دائما وجاهزا للاستخدام.

في الواقع، يتيح تجفيف البصل للأفراد إمكانية تخزينه لفترات طويلة دون أن يفقد قيمته الغذائية أو نكهته الفريدة. هذا يعني أنه يمكن استخدام البصل المجفف في مجموعة متنوعة من الأطباق، بدءًا من الشوربات والمرق إلى الأطباق المطبوخة والمعجنات. ليس هذا فقط، بل يمكن أن يوفر تجفيف البصل راحة إضافية للأشخاص الذين يعانون من حساسية للبصل الطازج، حيث يمكنهم استخدام البصل المجفف دون تعريض أنفسهم للرائحة القوية التي قد تسببها البصل الطازج.

بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام البصل المجفف لتحضير التوابل والمساحيق، مما يعزز من تنوع استخداماته في الطهي ويضيف لمسة من النكهة والعمق إلى الأطباق. باختصار، يُعد تجفيف البصل طريقة موثوقة ومفيدة للمحافظة على هذه الخضروات الأساسية وتوفيرها للاستخدام اليومي في المطبخ بكل سهولة وراحة.

الفصـــــل الثـــالـــث:

النـتـائــج والقيـاسـات

الفصـــل الثـالـث: النـتائـج والقياسـات

تـمـهيـد:

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

1.III. أجهزة القياس:

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

هـو المصـمم خصيصـا لقيـاس شـدة الإشـعاع الشمسـي وقـوة الضـوء فـي تطبيقـات الطاقـة الشمسـية. يـتم اسـتخدام هـذا الجهـاز لقيـاس الإشـعاع الشمسـي الواقـع علـى الأسـطح الشمسـية، مثـل الألـواح الشمسـية والمراكـب الشمسـية والأجهـزة الأخـرى التـي تعتمـد علـى الطاقة الشمسية.

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

يحتـــوي الجهـــاز علـــى مـــدى قيـــاس واســـع يتـــراوح مـــن 0 إلـــى 2000 واط/متـــر مربـــع، ممـــا يســـمح بقيـــاس الإشـــعاع الشمســـي فـــي مجموعـــة متنوعـــة مـــن الظـــروف الإضـــاءة. كمـــا يتميـــز الجهـــاز بدقـــة عاليـــة وثبـــات فـــي الأداء، ممـــا يجعلـــه مثاليًـــا للاســـتخدام فـــي تطبيقـــات الطاقـــة الشمســـية وقيـــاس الأداء والتحقـــق من الكفاءة.

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

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

2.1.III. ميزان رقمي صغير:

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

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

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

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

الشكل (III-2): ميزان رقمي صغير

3.1.III. مقياس الرطوبة الحرارية:

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

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

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

الشكل (III-3): مقياس الرطوبة الحرارية

2.III. التحضيرات الأولية:

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

1. قمنا بإحضار عينة طازجة من أوراق البصل حتى نقوم بتجفيفها.

الشكل (III-4): العينة الطازجة من أوراق البصل

2. ثم نقوم بتقطيع أوراق البصل الطازجة ووضعها على رفوف مخصصة.

الشكل (III-5): وضع البصل على رفوف مخصصة

3. نحضر عينات من أوراق البصل الطازجة وتكون خارج المجفف حتى نتمكن من مقارنتها بالعينات المجففة.

الشكل (III-6): عينات من أوراق البصل الطازجة

3.III. عملية القياس:

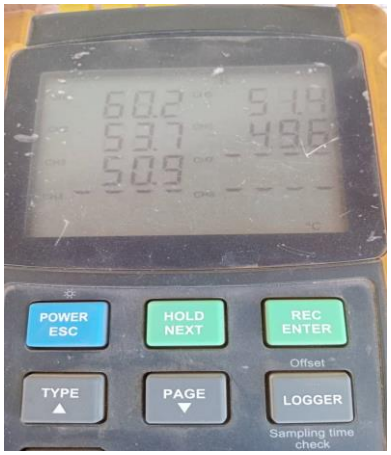
1. بعد وضع أوراق البصل داخل المجفف نقوم بقياس درجة الحرارة داخل غرفة التجفيف وفي أماكن مختلفة.

T1 عند المدخل.

T2 مركز المجفف.

T3 عند المخرج.

2. قمنا بمراقبة الإشعاع الشمسي بانتظام في كل خطوة.



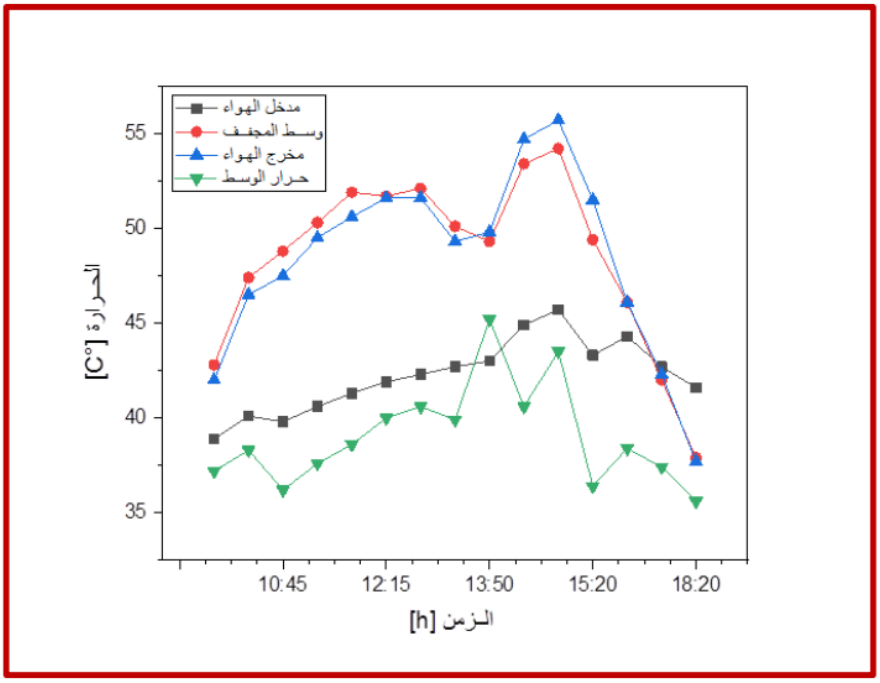
الشكل (III-7): مراقبة الإشعاع الشمسي

3. قمنا بمراقبة وزن عينة من البصل بانتظام للتأكد من تجفيفها بشكل.

4.III. النتائج والتحاليل:

1.4.III. تغيرات درجة الحرارة بدلالة الزمن:

اليوم الأول:

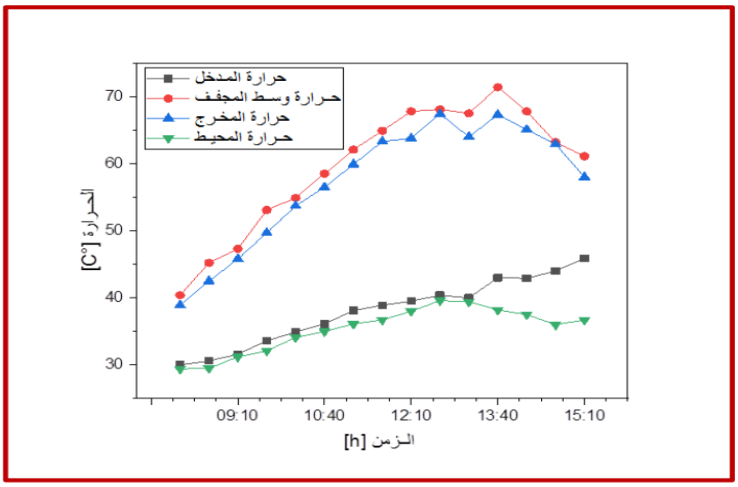


الشكل (III-8): منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن

التحليل:

منحنـــى اليـــوم الأول أعـــلاه يوضـــح درجـــات الحـــرارة لعـــدة نقـــاط مـــن المجفـــف كالمـدخل والوسـط والمخـرج بالإضـافة إلـى درجـة حـرارة المحـيط حيـث كانـت درجـة الحـرارة القصـــوى 45.7 و54.2 و55.7 و45.2 علـــى التـــوالي، تعتبـــر درجـــات الحـــرارة التـــي يوفرها المجفف جد مرضية لتجفيف المنتجات.

اليوم الثاني:



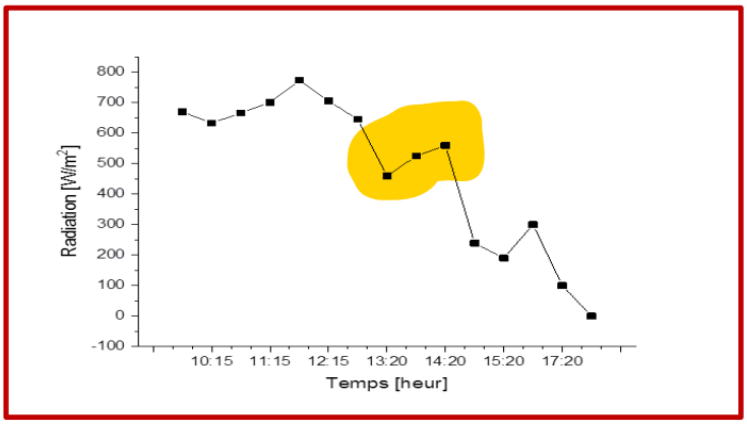
الشكل (III-9): منحنى درجة الحرارة بدلالة الزمن

التحليل:

منحنى اليوم الثاني أعلاه يوضح درجات الحرارة لنقاط المذكورة آنفا حيث كانت درجة الحرارة القصوى 45.9 و71.4 و67.4 و39.4 على التوالي، تعتبر درجات الحرارة التي يوفرها المجفف مرتفعة نوعا ما لتجفيف المنتجات.

2.4.III. تغيرات الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن:

اليوم الأول:

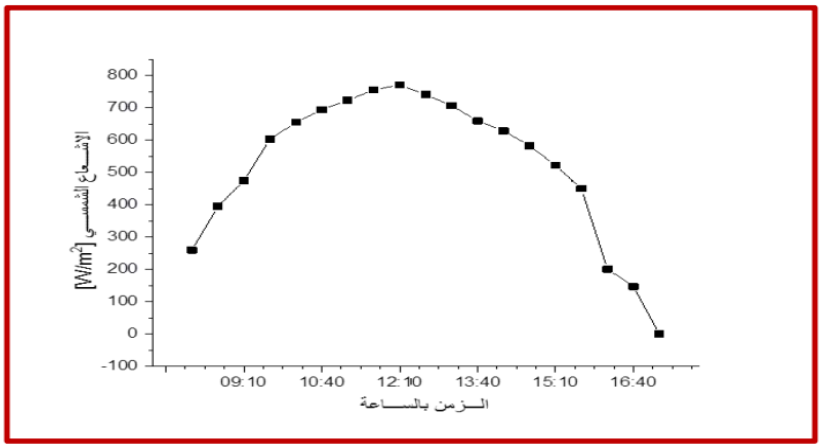


الشكل (III-10): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن

التحليل:

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

اليوم الثاني:



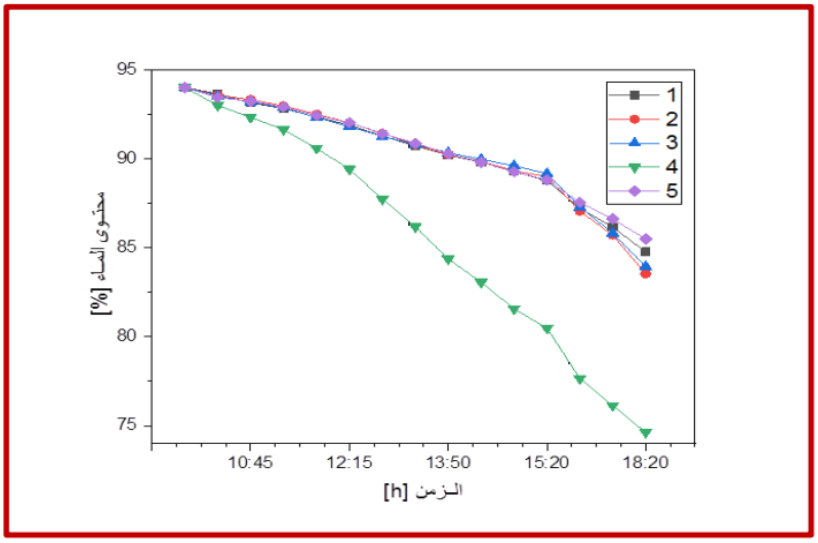
الشكل (III-11): منحنى الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن

التحليل:

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

III.3.4. تغيرات كمية الوزن بدلالة الزمن:

اليوم الأول:



الشكل (III-12): منحنى كمية الوزن بدلالة الزمن

التحليل:

في البداية، كان محتوى الرطوبة مرتفعًا لجميع العينات، وبدأ ينخفض ببطء خلال الدقائق الأولى. بعد حوالي 210 دقيقة، يلاحظ انخفاضا ملحوظا في محتوى الرطوبة لجميع العينات. يشير ذلك إلى أن عملية التجفيف تأثرت بشكل واضح بمرور الوقت.

مع مرور الوقت، يستمر انخفاض محتوى الرطوبة بشكل تدريجي لجميع العينات. ومع ذلك، يتباطأ معدل الانخفاض بعد بعض الوقت، مما يشير إلى أن العملية تستغرق وقتًا أطول لإزالة المزيد من الرطوبة.

في نهاية العملية (بعد 410 دقيقة)، يلاحظ انخفاضا كبيرًا في محتوى الرطوبة لجميع العينات. يشير ذلك إلى أن العينات تجففت إلى حد كبير بعد هذه الفترة الزمنية.

مع الأخذ في الاعتبار هذه الملاحظات، يمكننا القول أن عملية التجفيف كانت فعالة في إزالة الرطوبة من المادة المراد تجفيفها. ومن المحتمل أن تكون هذه البيانات مفيدة لفهم سرعة تجفيف المادة وتقييم فعالية العملية.

5.III. النتائج:

الزمن	غير مباشر		مباشر		العينة الخارجية	
	قصب	أوراق	قصب	أوراق	قصب	أوراق
	عينة1	عينة2	عينة3	عينة4	عينة5	عينة6
10:15	302.18	232.69	290.01	222.22	291.07	231.28
10:45	282.02	213.84	267.87	201.82	270.23	214.07
11:15	270.78	209.23	255.17	197.34	258.11	210.78
11:45	259.15	206.35	242.98	194.62	246.91	208.29
12:15	247.10	204.82	233.36	193.04	237.18	206.36
12:45	238.37	203.48	225.22	191.9	228.32	204.84
13:15	230.62	202.51	218.87	191.15	221.44	203.66
14:15	219.55	201.37	209.44	190.33	212.15	201.88
15:15	212.80	200.90	204.67	190.04	207.11	200.65

الجدول (III-1): يوضح انخفاض في ميزان العينات داخل كل مجفف

خـلاصـة الفـصـل:

– يمكن القول أن عملية التجفيف تهدف إلى إزالة الماء والرطوبة من الجسم المجفف بهدف الحفاظ على تخزينه لمدة أطول.

– كما تهدف في هذه التجربة إلى تجفيف أوراق البصل واختبارها على عدة مجففات منها (المجفف المباشر، الغير المباشر)، حيث استنتجنا أن هناك عدة فروق ومزايا في كل مجفف، بحيث تختلف مدة التجفيف وجودة التجفيف في كل نوع من المجففات.

– يمكن القول أن المجفف الغير المباشـر هو أفضـل أنواع المجففات حسـب التجربة من خلاله يمكن المحافظة على جودة المجفف وعدم تغيير في خصـائصـه البنيوية ولا الفيزيائية على عكس المجفف المباشر الذي يؤدي أحيانا إلى إتلاف المجفف.

الفصـــــل الــرابـــع:

دراســـة تـطبيـقيــة

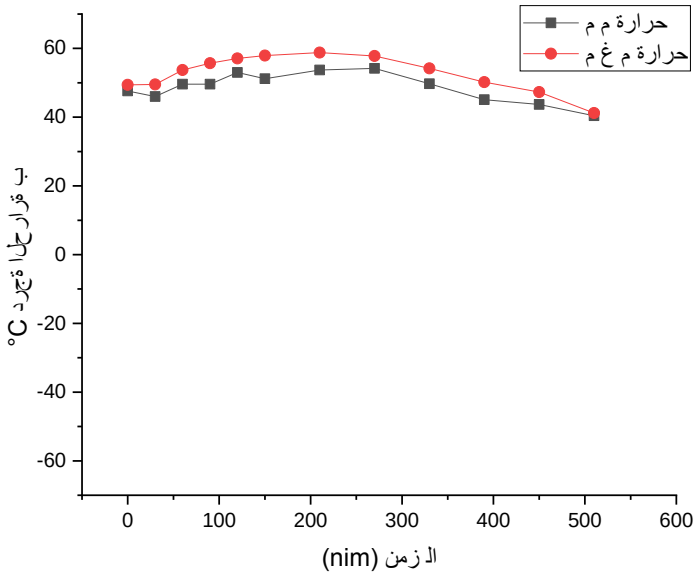
الفصـــل الـرابــع: دراســة تـطبيـقيــة

تـمـهيـد:

بعد الدراسة النظرية لموضوع البحث والذي تم العرض فيها في الفصل الأول إلى تجفـيف المنتجات الغذائية الزراعية والفصل الثاني والذي تم عرض فيه تـجـفيـف الـبـصـل، والفصل الثالث الـنـتـائـج والقـياسـات بحيث حاولنا في هذا الفصل إسقاط ما تضمنه الجانب النظري على أرض الواقع.

1.IV. التـحـلـيـل والتفسيـر العلمـي:

1.1.IV. تغير درجة الحرارة داخل غرفتي التجفيف:



الشكل (IV-1): منحنى تغير درجة الحرارة داخل غرفتي التجفيف

تمثل الصورة المرفقة منحنى تغير درجة الحرارة داخل غرفتي تجفيف: المجفف المباشر (المنحنى الأسود) والمجفف غير المباشر (المنحنى الأحمر) على مدار الزمن. نهدف إلى تحليل هذه المعطيات لفهم أداء كلا النوعين من المجففات.

➢ **التـحـلـيـل:**

1. درجة الحرارة القصوى:

- **المجفف غير المباشر (المنحنى الأحمر):** تظهر درجة الحرارة القصوى في بداية الفترة الزمنية حيث تصل إلى حوالي 62 درجة مئوية ثم تنخفض تدريجياً.

- **المجفف المباشر (المنحنى الأسود):** تظهر درجة الحرارة القصوى حوالي 55 درجة مئوية ثم تستقر وتنخفض تدريجياً.

2. استقرار درجة الحرارة:

- **المجفف غير المباشر:** يظهر استقرار نسبي في درجة الحرارة خلال الفترة الوسطى من التجفيف، مع تقلبات طفيفة.
- **المجفف المباشر:** يظهر استقرار في درجة الحرارة لفترة طويلة مقارنة بالمجفف غير المباشر، لكن مع مستوى أقل من الحرارة.

3. الانخفاض التدريجي:

- كلا المجففين يظهران انخفاضاً تدريجياً في درجة الحرارة بعد الوصول إلى القمة، لكن الانخفاض يكون أكثر وضوحاً في المجفف غير المباشر.

➢ **التـفـسـيـر:**

1. أداء المجفف غير المباشر:

- يعتمد المجفف غير المباشر على مصدر حراري خارجي (مثل فرن الغاز) مما يؤدي إلى تحقيق درجات حرارة أعلى في بداية العملية.
- يساعد تصميم المجفف غير المباشر في الحفاظ على حرارة أعلى لفترة أطول، مما يعزز كفاءة التجفيف ويقلل من وقت التجفيف المطلوب.

2. أداء المجفف المباشر:

- يعتمد على الشمس كمصدر حراري رئيسي مما يفسر الدرجات الأقل للحرارة.

- يكون استقرار درجة الحرارة لفترة أطول ولكن عند مستوى أقل بسبب الاعتماد على الإشعاع الشمسي المباشر والذي قد يتأثر بعوامل الطقس.

➢ **المـنـاقـشـة:**

1. فعالية التجفيف:

- يظهر المجفف غير المباشر فعالية أعلى في تجفيف أوراق البصل بسبب قدرته على الوصول والحفاظ على درجات حرارة أعلى.
- يعد استقرار درجة الحرارة في المجفف المباشر مؤشراً على فعالية أقل نسبياً ولكنه مفيد في توفير الطاقة والتكاليف.

2. استخدام الطاقة:

- يتطلب المجفف غير المباشر استخداماً إضافياً للطاقة (فرن الغاز)، مما يزيد من تكلفة التشغيل ولكنه يوفر وقتاً أطول في التجفيف.
- المجفف المباشر أكثر اقتصاداً ولكنه يعتمد على الظروف البيئية مما قد يؤدي إلى تقلبات في الأداء.

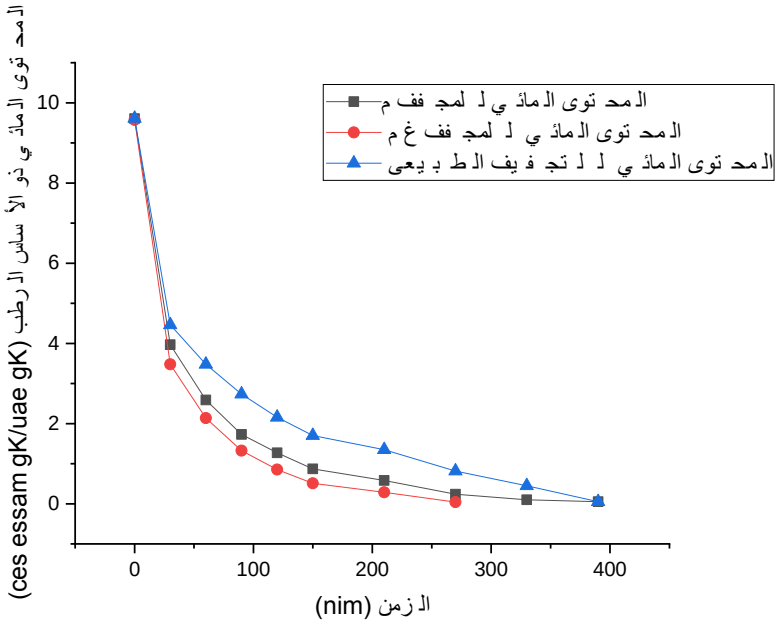
3. جودة المنتج النهائي:

- غالباً ما تكون جودة المنتج المجفف في المجفف غير المباشر أفضل نتيجة للتحكم الأفضل في درجة الحرارة.
- قد تتأثر جودة المنتج في المجفف المباشر بالتقلبات في درجة الحرارة بسبب العوامل المناخية.

☒ خـلاصـة:

توضح هذه المعطيات أن المجفف غير المباشر يوفر درجات حرارة أعلى وأكثر استقراراً، مما يعزز كفاءة وجودة التجفيف ولكنه يتطلب تكلفة تشغيل أعلى بسبب استخدام مصادر حرارية إضافية. من ناحية أخرى، يعد المجفف المباشر خياراً اقتصادياً أكثر يعتمد بشكل أساسي على الطاقة الشمسية، مما يجعله مناسباً للمناطق ذات الطقس المستقر والمشمس.

2.1.IV. تغير المحتوى المائي داخل أوراق البصل أثناء التجفيف:



الشكل (2-IV): منحنى تغير المحتوى المائي داخل أوراق البصل أثناء التجفيف

➢ **تحليل وتفسير منحنى تغيرات المحتوى المائي ذو الأساس الرطب بدلالة الزمن:**

1. المجفف الطبيعي (المنحنى الأزرق):

- يبدأ المجفف الطبيعي بمحتوى مائي أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بالمجفف المباشر وغير المباشر.
- يظهر المنحنى انخفاضاً حاداً في المحتوى المائي خلال أول 50 دقيقة، ثم يبدأ في التناقص بشكل تدريجي حتى يصل إلى حالة مستقرة تقريباً بعد 400 دقيقة.
- من الواضح أن التجفيف الطبيعي يستغرق وقتاً أطول للوصول إلى محتوى مائي منخفض، مما يشير إلى أن عملية التجفيف الطبيعية أقل كفاءة مقارنة بالطرق الأخرى.

2. المجفف غير المباشر (المنحنى الأحمر):

- يبدأ هذا النوع من التجفيف بمحتوى مائي أقل من التجفيف الطبيعي، لكنه أعلى قليلاً من المجفف المباشر.
- ينخفض المحتوى المائي بشكل حاد في البداية، ثم يستمر في الانخفاض بشكل أكثر استقراراً وصولاً إلى 400 دقيقة.
- يظهر المجفف غير المباشر فعالية جيدة في تقليل المحتوى المائي، ويبدو أنه أكثر كفاءة من التجفيف الطبيعي لكنه أقل كفاءة من التجفيف المباشر.

3. المجفف المباشر (المنحنى الأسود):

- يظهر المجفف المباشر أقل محتوى مائي في البداية مقارنة بالطرق الأخرى.
- ينخفض المحتوى المائي بشكل سريع وحاد في أول 50 دقيقة، ثم يستمر في الانخفاض بشكل تدريجي حتى يصل إلى حالة مستقرة بعد حوالي 300 دقيقة.
- من الواضح أن المجفف المباشر هو الأكثر كفاءة في تقليل المحتوى المائي في أقصر وقت ممكن.

➢ **المـقـارنـة والـتـفسـيـر:**

- **التجفيف الطبيعي:** هو الأقل كفاءة بين الطرق الثلاثة، حيث يستغرق وقتاً أطول للوصول إلى محتوى مائي منخفض. هذا يعزى إلى الاعتماد على الظروف البيئية الطبيعية مثل درجة الحرارة والرطوبة.
- **المجفف غير المباشر:** أكثر كفاءة من التجفيف الطبيعي، لكنه أقل كفاءة من المجفف المباشر. يوفر تحكماً أفضل في الظروف البيئية المحيطة بالمادة المجففة، مما يساعد في تسريع عملية التجفيف.

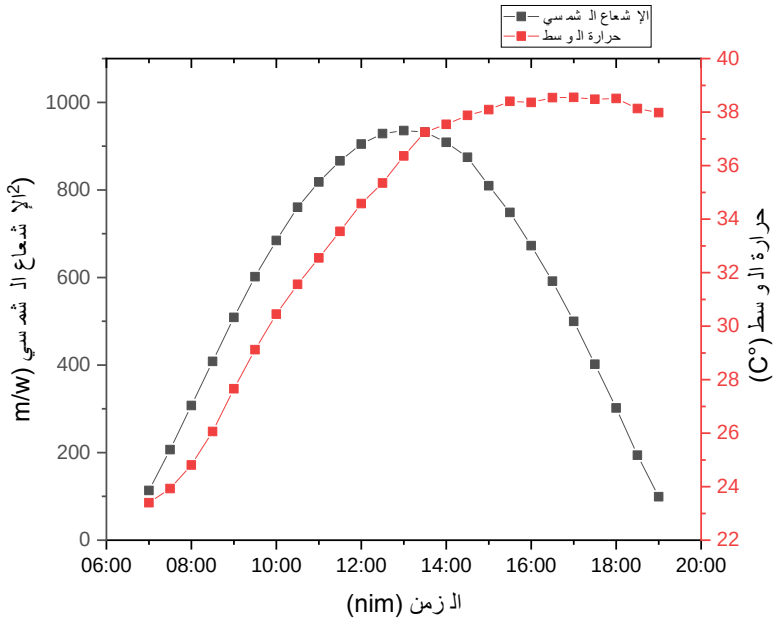
- **المجفف المباشر**: الأكثر كفاءة بين الطرق الثلاثة. يوفر أفضل تحكم في الظروف البيئية مثل درجة الحرارة والهواء المتدفق، مما يؤدي إلى تسريع عملية التجفيف بشكل ملحوظ.

➢ **التـفسـيـر الـعـلـمـي:**

- **التجفيف الطبيعي**: يعتمد على الانتشار الطبيعي للرطوبة إلى الجو، مما يبطئ العملية بسبب الاعتماد على الظروف الخارجية غير المتحكم بها.
- **المجفف غير المباشر**: يعتمد على نقل الحرارة من مصدر حراري غير مباشر، مما يساعد في تقليل الرطوبة بشكل أكثر كفاءة من التجفيف الطبيعي.
- **المجفف المباشر**: يعتمد على تطبيق الحرارة والهواء بشكل مباشر على المادة المجففة، مما يسرع من عملية التجفيف بشكل كبير بسبب زيادة معدل التبخر.

بالتالي، يمكن استنتاج أن استخدام المجفف المباشر هو الخيار الأمثل إذا كانت الكفاءة الزمنية هي الأولوية.

3.1.IV. الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الوسطى بدلالة الزمن للمجفف غير المباشر:



الشكل (3-IV): منحنى الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الوسطى بدلالة الزمن للمجفف غير المباشر

1. الإشعاع الشمسي (المنحنى الأسود):

- من الساعة 6:00 إلى 14:00: يظهر المنحنى زيادة تدريجية في الإشعاع الشمسي، حيث يصل إلى الذروة عند حوالي الساعة 14:00 (ظهيرة اليوم) بمقدار يقارب 900 واط/م².
- من الساعة 14:00 إلى 18:00: بعد الساعة 14:00، يبدأ الإشعاع الشمسي في الانخفاض التدريجي حتى يصل إلى الصفر تقريباً عند الساعة 18:00.

2. درجة الحرارة الوسطى (المنحنى الأحمر):

- من الساعة 6:00 إلى 14:00: تظهر درجة الحرارة الوسطى زيادة تدريجية حتى تصل إلى ذروتها عند حوالي الساعة 14:00 بمقدار يقارب 38 درجة مئوية.

- من الساعة 14:00 إلى 18:00: بعد الساعة 14:00، تبدأ درجة الحرارة الوسطى في الانخفاض التدريجي حتى تصل إلى حوالي 24 درجة مئوية عند الساعة 18:00.

➢ **المـقـارنــة والـتـفـسـيـر:**

1. العلاقة بين الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة:

- من الواضح أن هناك علاقة مباشرة بين الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة الوسطى. حيث أن زيادة الإشعاع الشمسي يؤدي إلى زيادة في درجة الحرارة الوسطى، والعكس صحيح.
- الذروة في كل من الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة تتزامن عند الساعة 14:00، مما يشير إلى أن أقصى درجات الحرارة تحدث عند أقصى إشعاع شمسي.

2. تأثير الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة على التجفيف غير المباشر:

- يمكن استنتاج أن زيادة الإشعاع الشمسي تؤدي إلى زيادة في درجة الحرارة داخل المجفف غير المباشر، مما يحسن من كفاءة عملية التجفيف.
- خلال الفترة من الساعة 6:00 إلى 14:00، يكون المجفف في أفضل حالاته من حيث كفاءة التجفيف بسبب ارتفاع الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة.
- بعد الساعة 14:00، تبدأ كفاءة التجفيف في التناقص مع انخفاض الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة، مما يستدعي إما زيادة مدة التجفيف أو البحث عن مصادر إضافية للحرارة للحفاظ على كفاءة التجفيف.

➢ **التفسير العلمي:**

- الإشعاع الشمسي هو المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية في المجفف غير المباشر. كلما زاد الإشعاع الشمسي، زادت الطاقة الحرارية المتاحة لتبخير الماء من المادة المجففة.

- درجة الحرارة الوسطى ترتفع بسبب الإشعاع الشمسي العالي، مما يزيد من معدل التبخر ويسرع عملية التجفيف.
- انخفاض الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة بعد الظهيرة يؤدي إلى تباطؤ عملية التجفيف، حيث يقل معدل التبخر بشكل كبير.

بالتالي، يمكن القول بأن لتحقيق أفضل كفاءة في التجفيف غير المباشر، يجب الاستفادة من فترات الذروة للإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة خلال اليوم، ومن الممكن استخدام تقنيات مثل تخزين الطاقة الحرارية لزيادة كفاءة التجفيف خلال الفترات المسائية.

4.1.IV. نمذجة منحنى التجفيف واختيار النموذج الأمثل:

الجدول (IV-1): يوضح النماذج المختلفة للتجفيف الشمسي وقيم المعلمات المقابلة لكل نموذج

Modèle	K	n	a	b	R^2	x	RMSE
Newton	0.02756				0.98267	0.0019	0.04359
Page	0.10748	0.65509			0.99918	8.93854E-5	0.00945
Modified page	0.03322	0.65505			0.9993	8.93857E-5	8.93857E-5
Henderson and Padis	0.02697		0.97827		0.98329	0.00214	0.04623
Logarithmic	0.03147		0.94803	0.04084	0.98995	0.00154	0.03927
Midilli-Kucuk	0.12773	0.60621	0.99986	-8.32031E-5	0.99978	4.30372E-5	0.00656
Approximation of Diffusion	0.0276		-2.74259E7	1	0.98267	0.00266	0.05157

5.1.IV. معامل الانتشار الرطوبي خلال عملية التجفيف:

الجدول (2-IV): الانتشار الرطوبي الفعال للعينات التي تمت دراستها في إطار التجربة

salope	intersepte	r	x	RMSE
-0.01685	-0.36546	0.9706	0.05396	0.23229

- النتائج تشير إلى أن هناك علاقة قوية بين العوامل المدروسة ومعامل الانتشار الرطوبي الفعال. العوامل التي تم دراستها تؤثر بشكل ملحوظ على قدرة أوراق البصل المجففة على انتشار الرطوبة.
- القيم السالبة لكل من الميل والتقاطع تشير إلى أن زيادة العوامل المدروسة قد تؤدي إلى تقليل كفاءة انتشار الرطوبة، مما قد يكون مهماً عند تصميم وتحسين عمليات التجفيف.
- من المهم النظر في هذه النتائج عند تحسين عمليات التجفيف لتجنب الظروف التي تقلل من كفاءة انتشار الرطوبة وبالتالي تحسين جودة المنتج النهائي.

الجدول (1-IV) يوضح المعلمات الأساسية لكل نموذج، مثل K، n، a، b، معامل التحديد R^2، x، والجذر التربيعي لمتوسط الخطأ المربعي. (RMSE) تساعد هذه القيم في تقييم أداء ودقة كل نموذج في وصف عملية التجفيف الشمسي.

بناءً على القيم المقدمة، يبدو أن **نموذج Midilli–Kucuk** هو الأفضل للأسباب التالية:

- **معامل التحديد: (R^2)** هو الأعلى بين جميع النماذج، حيث يبلغ 0.99978، مما يشير إلى أن النموذج يفسر نسبة كبيرة جدًا من التباين في البيانات.
- **الجذر التربيعي لمتوسط الخطأ المربعي :(RMSE)** هو الأقل، حيث يبلغ 0.00656، مما يعني أن الأخطاء بين القيم المتوقعة والقيم الفعلية صغيرة جدًا.

➢ **التعليق على نموذج: Midilli–Kucuk**

نموذج Midilli–Kucuk يظهر دقة عالية في وصف عملية التجفيف الشمسي، حيث يتميز بمعامل تحديد قريب من الواحد (0.99978) مما يشير إلى أن النموذج يتطابق بشكل كبير مع البيانات التجريبية. كما أن قيمة RMSE المنخفضة تشير إلى دقة توقعات النموذج وقلّة الأخطاء.

هذا النموذج يعتبر مناسبًا جدًا للتطبيقات العملية في التجفيف الشمسي بسبب دقته العالية. يُفضل استخدام هذا النموذج في الدراسات والأبحاث المتعلقة بالتجفيف الشمسي للأغذية والمنتجات الزراعية، حيث يمكن الاعتماد عليه لتقديم توقعات دقيقة حول سلوك التجفيف تحت ظروف مختلفة.

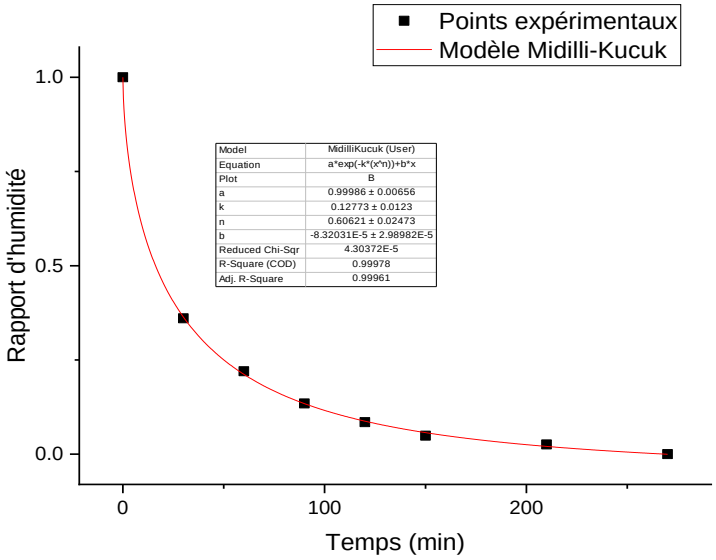
- **أسباب أخرى لاختيار نموذج: Midilli–Kucuk**

– **شمولية النموذج:** يحتوي النموذج على معلمات أكثر K، n، a، x مما يمنحه مرونة أكبر في التكيف مع بيانات التجفيف المختلفة.

– **قيمة x المنخفضة (8.32031E–5–):** تشير إلى أن التأثير السلبي للمعلمة x صغير جدًا، مما يعزز من دقة النموذج.

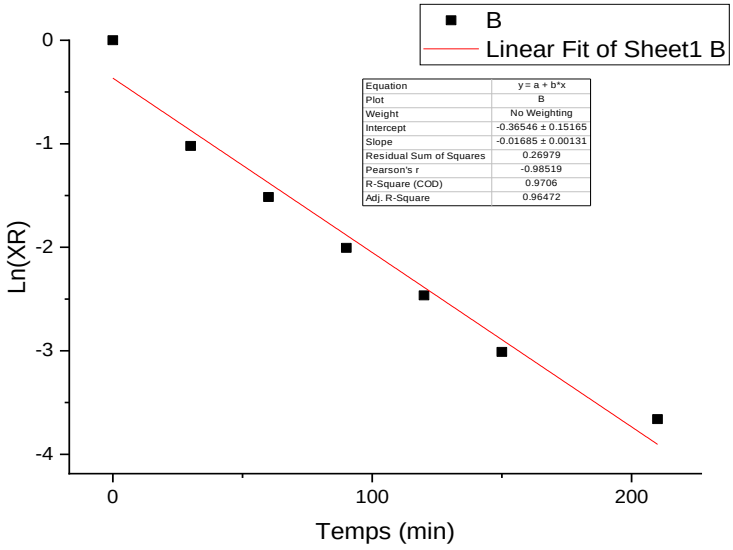
بالمجمل، يمكن القول أن نموذج Midilli–Kucuk يوفر مزيجًا مثاليًا من الدقة والموثوقية في وصف عملية التجفيف الشمسي، مما يجعله الخيار الأمثل بين النماذج الأخرى المدرجة في الجدول.

6.1.IV. مقارنة منحنيات المحتوى الرطوبي المختصر للقيم التجريبية للمجفف غير المباشر ونموذج (Midilli et Kucuk):



الشكل (IV-4): منحنى مقارنة منحنيات المحتوى الرطوبي المختصر للقيم التجريبية للمجفف غير المباشر ونموذج (Midilli et Kucuk)

7.1.IV. تغيرات $Ln(XR)$ بدلالة زمن التجفيف:



الشكل (IV-5): منحنى تغيرات $Ln(XR)$ بدلالة زمن التجفيف

خـلاصـة الفـصل:

من خلال هذا الفصــل والذي تم التطرق فيه إلى العديد من المنحنيات والتي توضــح تغير درجة الحرارة داخل غرفتي التجفيف والتجفيف المباشـــر وكذلك منحنى تغير المحتوى المائي داخل أوراق البصــل أثناء التجفيف وأيضــا منحنى الإشــعاع الشــمســي ودرجة الحرارة الوســطى بدلالة الزمن للمجفف غير المباشـــر، كما تم إبراز من خلال جدول نمذجة منحنى التجفيف واختيار النموذج الأمثل والذي يوضح النماذج المختلفة للتجفيف الشمسي وقيم المعلمات المقابلة لكل نموذج، كما تم إبراز من خلال جدول أيضا معامل الانتشار الرطوبي خلال عملية التجفيف والذي يوضـــح الانتشـــار الرطوبي الفعال للعينات التي تمت دراســـتها في إطار التجربة، وفي الأخير تم مقارنة منحنيات المحتوى الرطوبي المختصـــر للقيم التجريبية للمجفف غير المباشـــر ونموذج (Midilli et Kucuk)، وإبراز تغيرات $Ln(XR)$ بدلالة زمن التجفيف، بحيث تم التوصل إلى أن المجفف غير مباشـــر وهو من أفضـــل المجففات الذي يحافظ على درجة الحرارة المثلى والكفاءة الطاقوية (من حيث العناصر والمكونات).

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

يعتبر هذا العمل دراسة لنمذجة عملية تجفيف البصل وقد اعتمدنا في هذه الدراسة إلى التطرق إلى العديد من المجففات الشمسية والتي هي (المباشر وغير المباشر وفي الهواء الطلق)، حيث تم دراسة كل من هذه المجففات وفق تجربة تطبيقية، وتم التوصل إلى أهم النتائج كما يلي:

- ✓ أن المجفف غير المباشر يوفر درجات حرارة أعلى وأكثر استقراراً، مما يعزز كفاءة وجودة التجفيف ولكنه يتطلب تكلفة تشغيل أعلى بسبب استخدام مصادر حرارية إضافية. من ناحية أخرى.
- ✓ يُعد المجفف المباشر خياراً اقتصادياً أكثر يعتمد بشكل أساسي على الطاقة الشمسية، مما يجعله مناسباً للمناطق ذات الطقس المستقر والمشمس.
- ✓ أن استخدام المجفف المباشر هو الخيار الأمثل إذا كانت الكفاءة الزمنية هي الأولوية.
- ✓ أن لتحقيق أفضل كفاءة في التجفيف غير المباشر، يجب الاستفادة من فترات الذروة للإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة خلال اليوم، ومن الممكن استخدام تقنيات مثل تخزين الطاقة الحرارية لزيادة كفاءة التجفيف خلال الفترات المسائية.
- ✓ يعتبر نموذج Midilli–Kucuk مناسبًا جدًا للتطبيقات العملية في التجفيف الشمسي بسبب دقته العالية. ويُفضل استخدام هذا النموذج في الدراسات والأبحاث المتعلقة بالتجفيف الشمسي للأغذية والمنتجات الزراعية، حيث يمكن الاعتماد عليه لتقديم توقعات دقيقة حول سلوك التجفيف تحت ظروف مختلفة.
- ✓ يوفر نموذج Midilli–Kucuk مزيجًا مثاليًا من الدقة والموثوقية في وصف عملية التجفيف الشمسي، مما يجعله الخيار الأمثل بين النماذج الأخرى.

قـائمــة المصـــــادر والمــراجــع

قـائمــة المصـــادر والمـراجــع:

أولا: باللغة العربية

1. أحمد فريد السهريجي أساسيات هندسة التصنيع الزراعي، المكتبة الأكاديمية، كلية الزراعة، (القاهرة: المكتبة الأكاديمية، 1997).
2. جابر بن سالم موسى القحطاني، موسوعة جابر لطلب الأعشاب، الجزء الأول، (الرياض: مكتبة العبيكان)، ط2، 2008.
3. ريم النجداوي وآخرون، كتيب فني المجففات الشمسية، الأمم المتحدة الاسكوا، بيروت،2021.
4. سعد أحمد سعد حلابو، عادل زكي محمد أحمد بديع، محمود علي أحمد بخيت، تكنولوجيا الصناعات الغذائية أسس حفظ وتصنيع الأغذية، (القاهرة: المكتبة الأكاديمية شركة مساهمة مصرية، 2008).
5. شهرة، قادري، دراسة مقارنة تجريبية وعددية لانتقال الحرارة في المجفف الشمسي، مذكرة تخرج ماستر أكاديمي، (الوادي: جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، 2018/2019)
6. عادل السيد مبارك، حفظ الأطعمة، مكتبة الأنجلو المصرية، 2009.
7. لامية زيناي، سهام طواهر، أمثلة العوامل المؤثرة في التجفيف الشمسي لبعض المنتجات بواسطة طريقة مخططات التجارب، مذكرة ماستر أكاديمي (ورقلة: جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الغذائية 2019/2018).
8. محمود شاكر عبد الحسين عبد الله عبد الشكور، العمليات الصناعية–الأمن الصناعي إدارة محطات الخدمة، القاهرة، 2006.
9. مختار العاتي، المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية، أطروحة ماجستير، هندسة الطرائق، تخصص طاقوية وأساليب، جامعة قاصدي مرباح – ورقلة، 2011.

ثانيا: باللغة الأجنبية

10. Abdelkrim haddad, transfert thermique un cour de base pour les étudient en cycle du gradiation avec plus de 100 problème et escercice résolus, alger, dar-el-djazairia, 2001.

11. Abdennour Guessoum, Mohamed Houti, étude et amélioration du fonctionnement d'un séchoir solaire direct à convection naturelle, mémoire de Master Academique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015/2016.

12. Adnane Degla, Rima Sioued, séchage solaire des dattes deglet-nour: simulation numérique, mémoire master academique, université kasdi merbah ouargla, 2014/2015.

13. Amalendu Chakravarty and, Arun S. Mujumdar, Hosahalli S. Ramaswamy, Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices, (New-York: Marcel Dekker, 2003).

14. Ana, S., K. Urska, S. Franci, and V. Robert. 2011.Effect of Drying of Figs (Ficus carica L.) on the Contents of Sugars, Organic Acids, and Phenolic Compound, Journal of Agricultural and Food Chemistry. (3b2) 9. 10(19): 6-21.

15. Annavarapu Venkata Naga Kaumudi Prabha. 2018. A Short Reviw: Production and Characterization of Wine from Fig Fruit (Ficus Carica). International Journal of Research – Granthaalayah. 6(3):134-139.

16. AOAC .2000. Official Methods of Analysis. 17th Ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists. AOAC International.

17. AOAC. 2010. Official methods of analysis, 18th edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

18. Arshad, H., M. Salah , A. Habeeb , Y. Ali , S. Sauda and A.Amjad . 2014. Therapeutic effects of date fruits (Phoenix dactylifera) in the prevention of diseases via modulation of anti-inflammatory, antioxidant and anti-tumour activity. Int J Clin Exp Med. 7(3): 483–491.

19. Bessemoulin ،P. and J. Oliviéri ،Le rayonnement solaire et sa composante ultraviolette. La météorologie2000 ،. 2000(31): p. 42-59.

20. Bharathkumar, A., S. Jagadeesh, Netravati, H. Veenith, G. Bhuvaneshwari and H. Bindu. 2018. A study on fruit preparation on quality of fig fruits (cv. Bellary) osmotic-dehydrated under solar tunnel dryer. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7(3): 3177- 3180.

21. Calin-Sanchez, A., A. Figiel, F. Hern_Andez, P. Melgarejo, K. Lech and A. Carbonell-Barrachina. 2013. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of pomegranate (Punicagranatum L.) arils and rind as affected by drying method. Food Bioprocess Tech. 6:1644–1654.

22. Chandra, S. and S. Samsher.2013. Assessment of functional properties of different flours. African Journal of Agricultural Research. 8.(38): 4849-4852.

23. Chandra, S., Singh and D. Kumari. 2015. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. J Food Sci Technol. 52(6): 3681–3688.

24. Chimi, H., A. Ouaouich, M. Semmar and S. Tayebi. 2008.Industrial 457 processing of figs by solar drying in Morocco. Acta Hortic, 458 (798): 331– 334.

25. Ciqual (Centre d'Information sur la Qualité des Aliments). (2013). Table de composition nutritionnelle des aliments: Oignon. http://www.afssa.fr/Table/CIQUAL/index.htm.

26. CIRAD, GRET, Ministère des affaires étrangères, Mémento de l'agronome, (France: Ed. Quae, 2009).

27. Compaore, C. S., Compaore, H., Inoussa, G. O., & Sawadogo-Lingan, H. (2020). Impact du prétraitement au sel (NaCl) et du séchage sur les caractéristiques nutritionnelles et microbiologiques de l'oignon bulbe. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 14(3), 685-697.

28. Crisan, E. and A.Sands. 1978. Nutrition value In: Biology and cultivation of Edibles Mushrooms, edited by Chang ST and Hayes WA, New York, Academic Press. Pp:137-168.

29. Endalew, W., A. Getahun, A. Demissew and T. Ambaye. 2014.Storage performance of naturally ventilated structure for bulb onion. Agric Eng Int: CIGR Journal.16(3): 97－ 101.

30. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2015. Food and Agriculture data. http://faostat.fao.org.

31. Gabier NK, Osrowska E. (2006). Dietaiy onion intake as part of a typical high fat diet improves indices of cardiovascular health using the mixed sex pig model. Plant Foods Hum Nutrition 61: 179-185. DOI: 101.007/si 1130-006-0030-8.

32. Graft BA, Milbmy PE, Blumberg JB. (2005). Flavonols, flavones, flavanones and human health: epidemiological évidence.

33. Hubbard GP, Wolf&am S. (2006). Ingestion of onion soup high in quercetin inhibits platelet aggregation and essential components of the collagen-stimulated platelet activation pathway in man : a pilot study. British Journal of Nutrition, 96: 482-488. DOI: 101.079/BJN20061831.

34. Isaac, R. and C. Johnson. 1985.Transfer of active chlorine from cholaramine to nitrogenous organic compounds. 2. Mechanism. Environ.Sci.Technol.19:810-814.

35. Islam, M., Wahid, K. A., Dinh, A. V., & Bhowmik, P. (2019). Model of dehydration and assessment of moisture content on onion using EIS. Journal of food science and technology, 56(6), 2814-2824.

36. Julian Blanco Gálvez and other, solar energy conversion and photo energy systems: Thermal Systems and Desalination Plants-Volume III (United Kingdom: Eolss, 2010).

37. Kaymak-Ertekin, F. and A. Gedik. 2005. Kinetic modelling of quality deterioration in onions during drying and storage. J Food Eng 68:443–453.

38. Konate, M., Parkouda, C, Taipaga, V., Guira, F., Rouamba, A., & Sawadogo-Lingani, H. (2017). Evaluation des potentialités nutritives et l'aptitude à la conservation de onze variétés.

39. Oliveira, A., L. Silva, P. Andrade, P. Valentao, B. Silva, J. Pereira, P. de Pinho. 2010. Determination of low molecular weight volatiles in Ficus carica using HSSPME and GC/FID. Food Chem. 121:1289–1295.

40. Om Prakash, Anil Kumar, Solar Drying Technology: Concept, Design, Testing, Modeling, Economics, and Environment (springer nature singapure, 2017).

41. Peter, I. and I. John. 2012.Quality evaluation and cake making potential of sun and oven dried carrot fruit. Int. J. Biosci. 2. 10(2): 19-27.

42. Rebiha Moumeni, Djihad Boutadjine, valorisation de la tomate pour l'obtention d'une poudre riche en constituants antioxydants, mémoire master academique, université kasdi merbah ouargla, 2015/2016.

43. Saadeddine, M. , Maammar, Noureddine M. 2013. Study of Methods for Drying Dates; Review the Traditional Drying Methods in the Region of Touat Wilaya of Adrar –Algeria. Saadeddine Manaa et al. / Energy Procedia 36:521 – 524.

44. Sadler, M. 2016.Dried fruit and dental health. Int J Food Sci Nutr. 67: 944–959.

45. Sharma, K., A. Assefa and E. Ko .2015.Quantitative analysis of flavonoids, sugars, phenylalanine and tryptophan in onion scales during storage under ambient conditions. Journal of Food Science and Technology. 52: 2157–2165.

46. Sobenin, I., V. Pryanishnikov L., Kunnova, Y. Rabinovich, D. Martirosyan and A. Orekhov .2010. The effects of time-released garlic powder tablets on multifunctional cardiovascular risk in patients with coronary artery disease. Lipids Health Dis. 9.119.

47. Speck B, Ursula, Fotsch C. (2008). Connaisance des herbes. EGK-Caisse de Santé : 4 E. Tattelman, (2005) . Health Effects Of Garlic. Ain. Fam. Physician 72, 103-106.

48. Spyridon, A., F. Angela, N. Georgia, P. Konstantinos, B. Lillian and C. Isabel. 2018. Nutritional Value, Chemical Characterization and Bulb Morphology of Greek Garlic Landraces. Molecules.23.319.

49. Steel, R. and J. Torrie .1980.Principles and Procedures of Statistics. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.

50. Sultana, P., E. Dilruba, S. Afzal, B. Mrityunjoy, C. Subed, S. Golam, I. Amirul, R. Narayan and S. Mohammad. 2015. Nutritional Analysis of Date Fruits (Phoenix dactylifera L.) in Perspective of Bangladesh. American Journal of Life Sciences. 3(4): 274-278.

51. Veberic, R., M. Colaric and F. Stampar. 2008. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (Ficus carica L.) in the northern Mediterranean region. Food Chemistry.106(1):153-157.

52. Vidyavati, H., H. Manjunatha, J. Hemavathy and K. Srinivasan. 2010. Hypolipidemic and antioxidant efficacy of dehydrated onion in experimental rats. J Food Sci Technol 47(1):55–60.

بحمد الله تعالى