الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

كلية العلوم التطبيقية

قسم هندسة الطرائق

ميدان هندسة الطرائق

كلية العلوم التطبيقية

التخصص هندسة الطرائق البيئة

من إعداد الطالبة

التلي رجاء بوغرارة سعة الله

لمذكرة

التجفيف الشمسي لثوم

تمت مناقشته

..... جامعة قاصدي مرباح – ورقلة رئيسا

..... جامعة قاصدي مرباح – ورقلة ممتحنا

..... جامعة قاصدي مرباح – ورقلة ممتحنا

الدكتور منوش جمال جامعة قاصدي مرباح – ورقلة مشرفا

السنة الجامعية:2019-2020

تشكرات

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات والصلاة والسلام على سيدنا وحبيبنا محمد صلى الله عليه وسلم وعلى آله وصحبه ومن تبعه بإحسان إلى يوم الدين، وبعد.....

كما نشكر الله تعالى شكرا جزيلا الذي أنارنا بالعلم، وأنعم علينا بالعافية، و أنار طريقنا ووفقنا في إتمام هذه المذكرة وتقديمها، فله الحمد والشكر وهو الرحمان المستعان.

كما يسرنا أن نتقدم بجزيل الشكر والتقدير والعرفان للأستاذ المشرف على المذكرة الدكتور منوش جمال الذي تفضل بالإشراف على مذكرتنا ،فله أخلص تحية وأعظم تقدير على ماقدمه لنا من توجيهات وإرشادات وعلى كل مابدله من جهد ووقت طوال إشرافه على هذه المذكرة

كما نتوجه بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ حديبي طارق على ماقدمه لنا من مساعدة ومعلومات .

كما نتقدم بالامتنان والعرفان للأساتذة الكرام أعضاء لجنة المناقشة على قبولهم لمناقشة هذه المذكرة .

كما نتوجه بالشكر والتقدير لكافة الأساتذة الكرام أعضاء الهيئة التدريسية في كلية العلوم التطبيقية ،جامعة قاصدي مرباح ورقلة، وكل الإداريين والعاملين في الجامعة على حسن المعاملة، وكل من ساهم في إنجاز هذا العمل من قريب أو بعيد .

الإهداء

وبكى حين رآني ناجحا ورضا عينيه أطفأ تعبي

بسم الله الرحمن الرحيم

أما بعد أهدي ثمرة جهدي المتواضع هذا إلى من وهبتني الحياة والأمل والنشأة على شغف الإطلاع والمعرفة ومن علمتني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر إلى الدعوات الحانية أمي الغالية بوغرارة فتيحة حفظها الله...

إلى بحر الحب العذب أبي العزيز بوغرارة محمد الطاهر حفظه الله..

إلى من وهبني الله وجودهم في حياتي إلى العقد المتين إلى قصة الطموح ومن شاركني الحزن ولحظات النجاح أخواتي هبة الله، منة الله، نفيسة بكة العلياء،حفظهن الله.

وإلى جدتي لأمي ستي صفية حفظها الله..

إلى روح جدي لأمي بوغرارة محمد الجموعي وروح جدي لأبي بوغرارة محمد الصالح

إلى روح جدتي لأبي الشعوبي نفيسة

إلى روح عمي بوغرارة محمد الناصر رحمهم الله جميعا ....

إلى خالي بوغرارة محمد الحاج وخالاتي عائشة ومسعودة وربيحة بوغرارة وإلى أخوالي محي الدين ولزهر وشرف الدين بوغرارة وإلى أعمامي لمنور وبشار بوغرارة حفظهم الله...

وإلى كل عائلة بوغرارة..

إلى كل من كاتفني ونحن نشق الطريق نحو النجاح. إلى كل من ساهم في تلقيني ولو حرفا طوال مسيرتي الدراسية، وإلى أستاذي المشرف جمال منوش. إلى كل من لم يدخر جهدا في مساعدتي وساهم في خروج هذه المذكرة إلى النور. إلى زميلتي التي قدمت معي هذه المذكرة التلي رجاء.

إلى كل طالب علم يسعى بعلمه ليفيد الإسلام والمسلمين بكل ما أعطاه الله من علم ومعرفة. سائلة المولى عز وجل أن يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا والآخرة

وصلى الله على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه وسلم تسليما كثيرا

سعة الله بوغرارة

الإهداء

أهدي ثمرة عملي هذا :

إلى ملاكي في الحياة وإلى معنى الحنان والتفاني وإلى بسمة الحياة وسر الوجود إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب.

الغالية أمي: فطيمة

إلى من كلله الله بالوقار،إلى من علمني العطاء دون انتظار إلى من أحمل اسمه بكل افتخار، أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد.

الغالي أبي : أحمد

وإلى جدتي الغالية

وإلى كل إخوتي الأعزاء: لزهر، معمر، محمد فارس، كمال، خديجة، سلوى، عامرة، سعدية

وإلى زوجات إخوتي : صباح، وفاء، نصيرة

وإلى أبناء إخوتي : هبة الله، تقوى الله، هداية، آية، محمد إياد، عبد المجيب

إلى صديقات العمر وأنيسات الحياة إلى من سرنا سويا ونحن نشق طريق النجاح.

إلى صديقتي وشريكتي في العمل سعة الله مع تمنياتي لها بالتألق و التوفيق.

إلى كل من ساندني وساعدني في إنجاز هذا العمل المتواضع من قريب وبعيد وأخص بالذكر فيصل لك كل الشكر والتقدير.

إلى من صاغوا لنا علمهم حروفا ومن فكرهم منارة تنير لنا سيرة العلم والنجاح إلى كل الأساتذة الدين تمدرست على أيديهم طوال مشواري الدراسي.

رجاء

الفهرس

العنوان	الصفحة
التشكرات	
الإهداء	
الفهرس	
فهرس الأشكال	
فهرس الجداول	
المقدمة العامة	1
الفصل الأول : عموميات حول التجفيف	4
I.1.تعريف التجفيف	5
I.2.طرق التجفيف	5
I.2.1. الطرق الميكانيكية	5
I.2.2. الطرق الفيزيائية–الكيميائية	5
I.2.3. الطرق الحرارية	5
I.3. مبدأ التجفيف	6
I.4. إختيارالمجففات	6
I.5. أساسيات عملية التجفيف	6
I.6. مراحل التجفيف	7

I.1.6. مرحلة التوازن	7
I.2.6. مرحلة التبخر الثابت	7
I.3.6. مرحلة التبخر المتنازل	7
I.7. معدل التجفيف :(سرعة التجفيف)	9
I.8.حركية التجفيف (فترة التجفيف)	9
I.1.8. المرحلة (I) مرحلة التزايد	10
I.2.8. المرحلة (II) مرحلة السرعة الثابتة	11
I.3.8. المرحلة (III) مرحلة التباطؤ	11
I.9. خواص الهواء الرطب	11
I.1.9. الرطوبة المطلقة	11
I.2.9. الرطوبة النسبية	12
I.3.9. درجة الحرارة الجافة	12
I.4.9. درجة الحرارة الرطبة	12
I.10. خصائص المواد الصلبة الرطبة	12
I.1.10. الرطوبة المطلقة	13
I.2.10. محتوى الماء على أساس رطب	13
I.3.10. مستوى رطوبة التوازن	13
I.11. خاصية المادة الصلبة المسامية	13
I.1.11. حجم المسامية للمنتج	13

I.12. مميزات حفظ الأغذية بالتجفيف	16
I.13.عيوب حفظ الأغذية بالتجفيف	16
I.14. انتقال الحرارة	16
I.14.1. انتقال الحرارة بالتوصيل	17
I.14.2. انتقال الحرارة بالحمل	17
I.14.3. انتقال الحرارة بالإشعاع	17
I.15. انتقال الكتلة	17
I.15.1. قانون فيك	17
I.15.2. قانون دارسي	18
I.16. التجفيف الشمسي	18
I.16.1. التجفيف الشمسي (الطبيعي)	18
I.16.1.1. تعريف التجفيف الشمسي	18
I.16.1.2. مميزات وعيوب التجفيف الشمسي	18
I.16.1.2.1.مميزاته	18
I.16.1.2.2. عيوبه	19
I.16.2. التجفيف الصناعي	19
I.17. تعريف المجفف الشمسي	19
I.17.1. وصف عام للمجففات	20

I.18.تصنيف المجففات الشمسية	20
I.1.18. أنواع المجففات الشمسية	21
I مجففات شمسية بالحمل الطبيعي (المجففات السلبية)	21
I.1.1.1.18. مميزات المجففات الشمسية بالحمل الطبيعي	22
I.2.1.1.18. عيوب المجففات الشمسية بالحمل الطبيعي	22
I.2.1.18. مجففات الحمل القسري (المجففات النشطة)	23
I.1.2.1.18. مميزات مجففات الحمل القسري	24
I.2.2.1.18. عيوب مجففات الحمل القسري	24
I.3.1.18. مجففات هجينة	25
I.1.3.1.18.مميزات المجففات الهجينة	25
I.2.3.1.18. عيوب المجففات الهجينة	26
I.2.18. نظم المجففات الشمسية	26
I.1.2.18. المجففات الشمسية المباشرة	27
I.1.1.2.18. مبدأ التشغيل	28
I.2.1.2.18. مميزات المجففات الشمسية المباشرة	28
I.3.1.2.18. عيوب المجففات الشمسية المباشرة	29
I.2.2.18. المجففات الشمسية غير المباشرة	29
I.1.2.2.18. مبدأ التشغيل	30

I.18.2.2.2. مميزات المجففات الشمسية الغير مباشرة	31
I.18.2.2.3. عيوب المجففات الشمسية الغير مباشرة	31
I.18.2.3. المجففات الشمسية المختلطة	31
I.19.المجففات الصناعية	32
I.19.1. أنواع المجففات الصناعية	32
I.19.1.1. مجففات الرذاذ	33
I.19.1.2. مجففات الأنفاق	34
I.19.1.3. مجففات المقصورات	35
I.19.2. مميزات المجففات الصناعية	36
I.19.3. عيوب المجففات الصناعية	36
I.20.مجففات الهواء الطلق	36
الاستنتاج	37
الفصل الثاني : عموميات حول الثوم وطريقة تجفيفه	38
II.1. المقدمة	39
II.2. نبذة تاريخية عن نبات الثوم	39
II.3.نبات الثوم	40
II.3.1. تسمية نبات الثوم	40
II.3.2. تعريف نبات الثوم	40
II.3.الوصف المورفولوجي لنبات الثوم	41

II.3.3.1. الجزء الهوائي	41
أ. الساق	41
ب. المجموع الخضري (الأوراق)	42
ج. الزهرية (الأزهار والثمار)	42
II.3.3.2. الجزء الأرضي	42
أ. المجموع الجذري	42
ب. الرؤوس أو الفصوص	43
II.3.4. تقسيم الأطوار الفسيولوجية لنمو نبات الثوم	44
II.3.4.1. طور الإنبات	44
II.3.4.2.طور النمو الخضري	44
II.3.4.3. طور التبصيل	45
II.3.4.4. طور النضج	45
II.3.4.5. طور السكون	45
II.3.5. الوضع التصنيفي لنبات الثوم	46
II.3.5.1.التصنيف العلمي	46
II.3.6. المكونات الفعالة لنبات الثوم	46
II.3.7. التركيب الكيميائي لنبات للثوم	47
II.3.8. أنواع الثوم المعروف على المستوى العالمي والوطني	48
II.3.8.1. تصنيف الثوم على المستوى العالمي	48

II.2.8.3. أهم الأصناف المعروفة على المستوى الوطني	49
II.9.3. فوائد ومضار الثوم	51
II.1.9.3. فوائد الثوم	51
II.2.9.3. التأثيرات العكسية	52
II.10.3. الثوم ومضادات الأكسدة	53
II.1.10.3. مضادات الأكسدة	53
II.2.10.3. علاقة الثوم ومضادات الأكسدة	53
II.11.3. شروط زراعة نبات الثوم	53
II.4. تجفيف الثوم بالطاقة الشمسية يدويا	54
II.1.4. الهدف من تجفيف الثوم	54
II.2.4. كيفية تجفيف الثوم	55
II.1.2.4. معاملات ما قبل التجفيف	55
II.1.1.2.4. كيفية اختيار الثوم المناسب للتجفيف	55
II.2.1.2.4. الفرز الأولي	55
II.3.1.2.4. التنظيف وإزالة الأوراق والجذور	55
II.4.1.2.4. النقع والغسيل	56
II.5.1.2.4. الفرز الثانوي	56
II.6.1.2.4. التقشير والتقطيع	56
II.7.1.2.4. التغطيس	57

II.4.2.1.8. الكبرتة أو التغطيس في محاليل كبريتية	57
II.4.2.1.9. السلق	58
II.4.2.1.10. الفرز النهائي	58
II.4.2.2. التجفيف الشمسي في الهواء الطلق	58
II.4.2.3. ما بعد التجفيف	59
II.5. أشكال الثوم المجفف	59
II.5.1. مسحوق الثوم	59
II.5.2. الثوم المحبب	60
II.5.3. الثوم المجروش	60
II.5.4. الثوم المقطع	60
II.5.5. الثوم المفروم	60
II.6. معدل (سرعة) تجفيف الثوم	61
II.7.العلاقة بين محتوى الرطوبة والزمن ومعدل التجفيف	61
II.8. التركيب الكيميائي للثوم المجفف	62
II.9. أوجه الاختلاف بين الثوم الطازج والمجفف	63
II.10. مميزات حفظ الثوم بالتجفيف	64
II.11. عيوب تجفيف الثوم	65
الاستنتاج	65
الفصل الثالث :الجزء التطبيقي	67

III.1. المقدمة	68
III.2. طريقة ووسائل العمل	68
III.1.2 . وصف المجفف	68
III.2.2.طريقة تحضير المنتج	69
III.3. دراسة نمذجة التجفيف	69
III.1.3.تحليل النتائج	70
III.1.1.3. مدة التجفيف	70
III.1.1.1.3. تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على مدة التجفيف	71
III.2.1.1.3. تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء	72
III.3.1.1.3. أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لزمن التجفيف	73
III.2.1.3. تركيز البوليفينول	73
III.1.2.1.3. تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول	73
III.2.2.1.3. تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول	75
III.3.2.1.3. أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لتركيز البوليفينول	76
III.4. البحث عن الشروط المثلى لعملية التجفيف	76
الخاتمة العامة	78
المراجع و المصادر	79

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	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 حركية التجفيف	10
4.I	رسم تخطيطي يوضح حجم التحكم المجهري	14
5.I	رسم تخطيطي يوضح حجم التحكم بالعين المجردة	15
6.I	رسم تخطيطي يوضح أنواع الماء المختلفة في المادة	15
7.I	مخطط يوضح تصنيف المجففات الشمسية	20
8.I	رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف الشمسي ذو حمل طبيعي	22
9.I	رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف شمسي ذو حمل قسري	23
10.I	رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف مباشر هجين	25
11.I	صورة للمجفف الشمسي المباشر	28
12.I	رسم توضيحي لمجفف شمسي ذو نظام غير مباشر	30
13.I	رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف المختلط	32
14.I	رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف الرذاذ)	33
15.I	رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف النفق)	34

16.I	رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف المقصورات أو الكبائن)	35
1.II	رسم توضيحي للتركيب المورفولوجي لنبات الثوم	41
2.II	صورة توضيحية لزهرة نبات الثوم	42
3.II	يمثل صورة توضيحية لفصوص الثوم	43
4.II	صورة توضيحية لنبات الثوم في الحقل	45
5.II	رسم تخطيطي لمنحنيات توضح العلاقة بين محتوى الرطوبة ومعدل التجفيف	61
1.III	رسم توضيحي للمجفف المستعمل	69
2.III	تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على مدة التجفيف	72
3.III	تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء	72
4.III	أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لزمن التجفيف	73
5.III	التأثير المزدوج لدرجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف على عديدات الفينول	75
6.III	تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول	75
7.III	أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لتركيز البوليفينول	76
8.III	قيم الإستحسان بدلالة درجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف	77

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
1.I	جدول يوضح نظم المجففات الشمسية	27
1.II	جدول يوضح التركيب الكيميائي للثوم الطازج	47
2.II	جدول لأهم أصناف الثوم على المستوى العالمي	48
3.II	جدول لأهم أصناف الثوم على المستوى الوطني	50
4.II	جدول يوضح التركيب الكيميائي للثوم المجفف	62
1.III	عوامل واستجابات التجفيف	70
2.III	قيم معاملات النموذج الرياضي لمدة التجفيف	71
3.III	قيم معاملات النموذج الرياضي لتركيز البوليفينول	74
4.III	الشروط المثلى والإستجابات المثلى لعملية التجفيف	77

قائمة الرموز

الرمز	المقدار الفيزيائي	الوحدة
M_h	كتلة المادة الرطبة	Kg
M_e	كتلة الماء	Kg
M_s	كتلة المنتج الجاف	Kg
X	محتوى الماء الجاف	Kg_{eau} / Kg_{ms}
X_r	محتوى الماء الرطب	%
X_e	مستوى رطوبة التوازن	/
J	تدفق الكتلة السطحية للسائل	$Kg / (m^2.S)$
ρ_f	كثافة السائل	Kg / m^3
D_f	معامل إنتشار المائع	m^2 / S
C_m	التركيز الكتلي	/
K_f	النفادية الجوهرية للسائل	m^2
μ_f	اللزوجة الديناميكية للسائل	Pa.s
ε	حجم المسامية	/

المقدمة العامة

التجفيف هو إحدى الطرائق القديمة المستعملة بشكل واسع لحفظ الأغذية، وقد استعمله منذ العصور القديمة وقبل آلاف السنين (منذ أكثر من 4000 سنة) البابليون والمصريون واليونانيون في حفظ بعض أنواع الخضر والفاكهة حيث يعمل التجفيف على إيقاف نشاط البكتيريا والإنزيمات مما يؤدي إلى توقف التلف. (لامية زيناي، سهام طواهر، 2019). ولقد عرفت طريقة الحفظ بالتجفيف بتقليل المحتوى الرطوبي إلى مستوى يسمح بالتخزين الآمن على مدى فترات طويلة، إضافة إلى خفض الوزن والحجم، مما يقلل من تكاليف التخزين والنقل .(Anis Saf, Souad Reddam, 2011)

وتوجد طرق مختلفة لتجفيف لتجفيف المنتجات عن طريق المجففات الشمسية التي تعتمد على صفات المواد الغذائية ومدى تأثرها بالحرارة والتي تستخدم النظام المباشر وفيه يوجه مصدر الحرارة مباشرة على الغذاء الرطب أو المادة السائلة. أو النظام غير المباشر وفيه تنقل الحرارة من البخار أو المشبكات الكهربائية أو الحرارية إلى الغذاء بواسطة التوصيل أو الإشعاع لإنجاز عملية التجفيف.

ويعد التجفيف الشمسي الطبيعي من أقدم الطرق المستعملة في تجفيف المنتجات حيث يوضع المنتوج على الأرض مع تقليبه على فترات زمنية حتى يجف، ويحتاج التجفيف الشمسي إلى مناطق تتوافر فيها درجات حرارة عالية ورطوبة وخالية من الأمطار ولاسيما خلال موسم التجفيف. إلا أن لهذه العملية العديد من السلبيات أهمها تعرض المنتوج إلى الحشرات والتقلبات الجوية ولهذا السبب تم اختراع مجففات صناعية تعمل على حفظ المنتوج وتجفيفه بطريقة نظيفة وآمنة. (شهرة قادري، 2019). (أسعد رحمان سعيد الحلفي، صباح مالك حبيب الشطي، عبد الرضا عاتي جعفر، 2013)

ويعتبر الثوم (Allium Sativum) أحد أهم محاصيل الخضر الموسمية حيث ينتمي إلى العائلة البصلية (Alliaceae). ويعتقد أن موطنه الأصلي آسيا الوسطى وهو نبات عشبي معمر لكنه يزرع موسميا في معظم البلدان ويعد من نباتات الموسم البارد، وهو من الخضر الغنية بالقيمة الغذائية والطبية. إذ تحتوي فصوص الثوم على 31% كاربوهيدرات2،6% بروتين على أساس الوزن الرطب وتعد غنية بعناصر الفسفور والحديد والبوتاسيوم والمغنسيوم وفيتامينات أ، ب، ج وحامض الأسكوربيك. (محمد عبد النبي غزال، حمزة موسى كاظم، نشأت علي يعقوب، 2009)

كما يحتوي الثوم على مركب الأليسين والذي يعد من أهم المركبات التي تقضي على الفايروسات والبكتيريا والفطريات، وبالرغم من هذه الفوائد للثوم إلا أن المساحة المزروعة وكمية الإنتاج في وحدة المساحة المزروعة بالثوم 2000 هكتار لعامي 1999و 2000 وكان معدل الحاصل 2000 و1500كغم/هكتار على التوالي.(غسان جايد زيدان، قتيبة يسر عايد، انس منير توفيق، 2011)

ولأجل منع تلف الفائض من الثوم وحفظه وتوفيره على مدار العام.اهتدينا إلى التجفيف الشمسي للثوم.

لقد قمنا في هذا العمل بدراسة إحدى الاستراتيجيات العالمية لتحقيق الاكتفاء الذاتي للغذاء عن طريق التجفيف الشمسي حيث قمنا بتسليط الضوء على ما يسمى بالمحاصيل غير الموسمية (الثوم)، وطرق حفظها ومعالجتها.

تتضمن هذه المذكرة على ثلاثة فصول وهي الفصل الأول بعنوان عموميات حول التجفيف:

حيث تطرقنا في هذا الفصل إلى دراسة عامة حول التجفيف و المجففات الشمسية بأنواعها وتعريف بعض المفاهيم لهما، كما تم التطرق إلى أهم أنواع نظم المجففات الشمسية المباشرة وغير المباشرة والمختلطة مع ذكر مزايا وعيوب كل نوع، ويعرف أيضا مجففات مستعملة مند القدم وهي المجففات الطبيعية وكذا تطرقنا إلى المجففات المتطورة والتي تدعى بالمجففات الصناعية.

الفصل الثاني بعنوان عموميات حول الثوم وطريقة تجفيفه: تطرقنا في هذا الفصل إلى دراسة عامة حول نبات الثوم وعلاقته بمضادات الأكسدة وكذا معاملات ما قبل وما بعد تجفيفه من فرز وتقطيع وتغطيس...الخ وطريقة تجفيفه في الهواء الطلق إلى فوائد وعيوب هذه الطريقة، إضافة إلى مقارنة بسيطة بين الثوم المجفف والطازج.

الفصل الثالث: ويحتوي الفصل الأخير أو الجزء التطبيقي على سيرورة العمل التجريبي من التجارب التي قمنا بها والمجفف الذي قمنا باستعماله إلى دراسة تطورات مدة التجفيف ومحتوى عديدات الفينول بدلالة درجة حرارة التجفيف وسرعة هواء التجفيف إضافة إلى النتائج التي تحصلنا عليها وتفسيرها ومناقشتها.

الإشكالية:

ماهي آلية التجفيف الشمسي؟ وماهي مميزاته وعيوبه؟

ماهو تأثير عملية التجفيف الشمسي للثوم على القيمة الغذائية (مضادات الأكسدة)؟

أهداف الموضوع:

تعزيز استخدام عملية التجفيف لخفض خسائر تلف المحاصيل.

توفير معلومات حول التجفيف والمجففات و أهميتها في توفير المحاصيل الزراعية في غير موسمها بأشكال عدة خاصة وقت الأزمات والكوارث البيئية.

حث المزارعين للإقبال على تجفيف الفائض من المنتوج من خلال عرض المجففات الحصرية التي تتلاءم مع كل محصول وتلاءم شروط تجفيفه.

الفصل الأول:عموميات حول التجفيف

I.1.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)

I.2.طرق التجفيف:

I.2.1. الطرق الميكانيكية:

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

I.2.2. 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)

I.2.3. 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)

I.3. 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).

I.4. إختيارالمجففات:

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.

I.5. 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)

I.6. مراحل التجفيف :

نميز ثلاث مراحل للتجفيف وهي:

I.6.1. مرحلة التوازن :

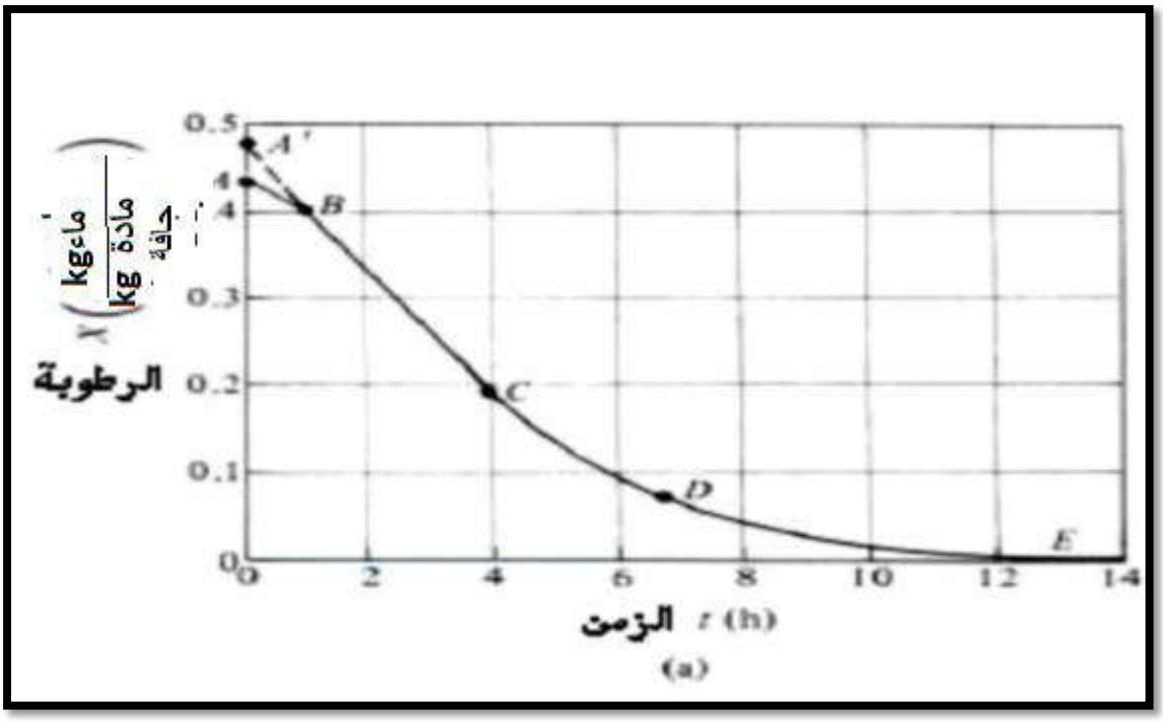
في هذه المرحلة(ممثلة بـ A–B في الشكلين 1 و2) يتبخر جزء من الماء المتواجد بالمادة الصلبة. تتوقف هذه المرحلة عندما يتساوى الضغط البخاري الجزئي لبخار الماء في المادة الصلبة والضغط البخاري الجزئي لبخار الماء في المحيط الخارجي.

I.6.2. مرحلة التبخر الثابت :

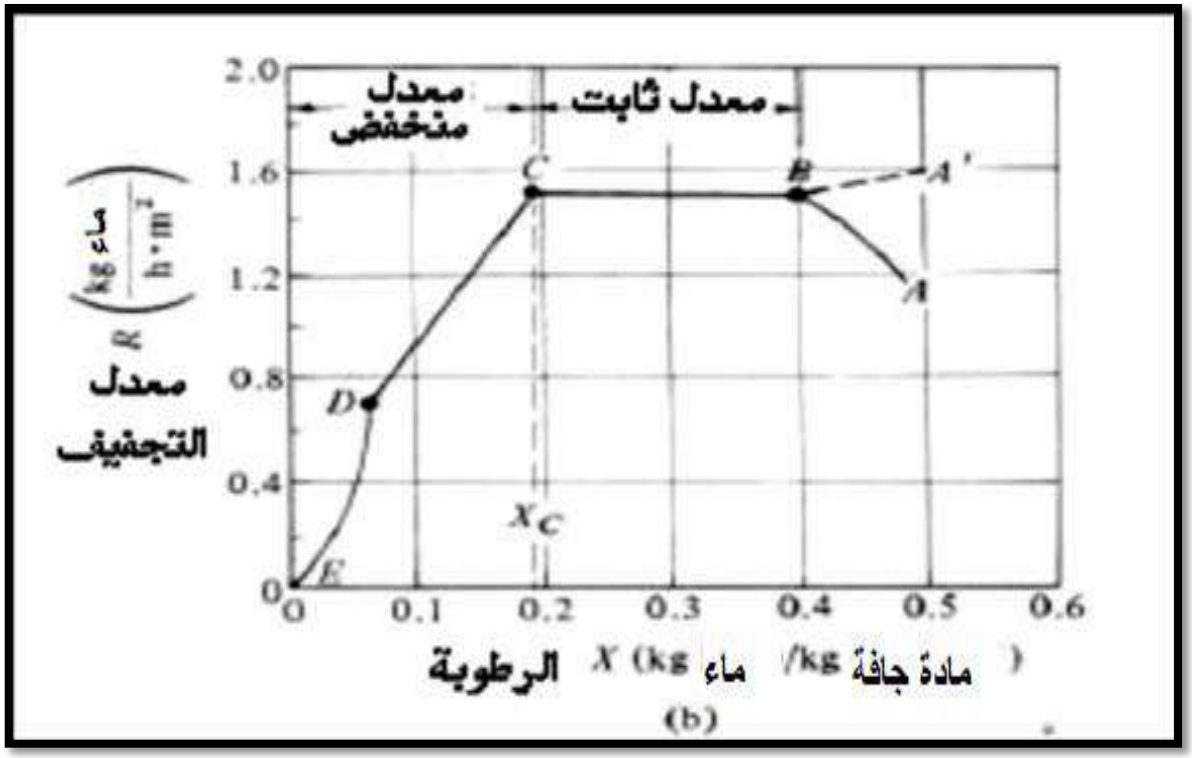
في هذه المرحلة(ممثلة بـ B–C في الشكلين 1 و2) يكون سطح المادة الصلبة مشبع بالرطوبة، وتتم عملية التجفيف تحت تأثير درجة حرارة التيار الهوائي، حيث ينقل هذا الأخير كمية من الطاقة الحرارية إلى المادة الصلبة مما يسمح بتبخر الماء من سطح المادة المراد تجفيفها.تنتقل الرطوبة إلى السطح، تبقى درجة الحرارة ثابتة لأن التدفق الحراري استعمل في تبخير الماء إلى السطح.

I.6.3. مرحلة التبخر المتنازل :

وفي هذه المرحلة(ممثلة بـ C –E في الشكلين1و2) تنخفض سرعة انتقال الرطوبة إلى السطح ولذا فإن السطح يبدأ بالجفاف وباستمرار العملية ترتفع درجة حرارة السطح إلى درجة حرارة الهواء.



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



الشكل(I.2.):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. ويعطى بالعلاقة التالية:

(I.1)

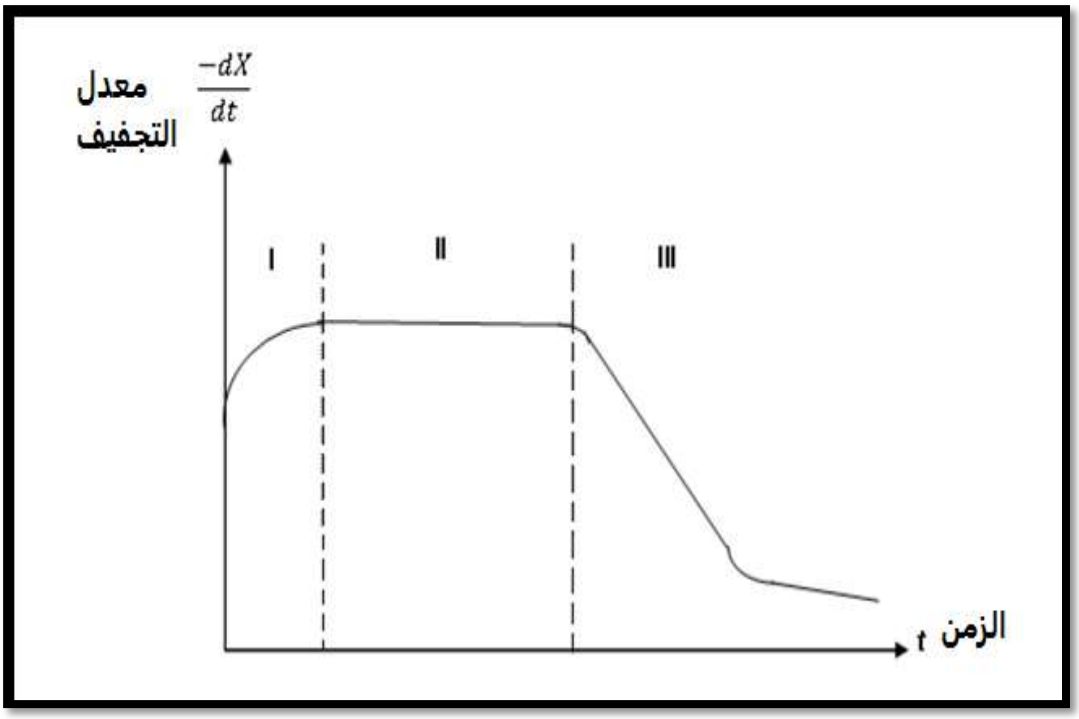
ويعتمد معدل التجفيف على:

- طبيعة المادة المراد تجفيفها.
- محتوى الرطوبة الابتدائي والنهائي للمادة المراد تجفيفها.
- حجم 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. حركية التجفيف (فترة التجفيف) :

يتم دراسة حركية تجفيف المادة الصلبة من خلال منحنيات تدرس تطور سرعة التجفيف بدلالة الزمن فنحصل على سرعة التجفيف كالتالي:$-\frac{dX}{dt}$. حيث يتبخر الماء على مستوى سطح المادة الصلبة، فينتقل الماء من داخلها نحو سطحها بقوة سرعة التجفيف، ومن أجل إدراك ظاهرة هجرة المياه في المنتجات المبتلة نأخذ بعين الاعتبار انتقال الكتلة و الحرارة في آن واحد. (شهرة قادري، 2019)



الشكل (3.I) : مخطط يوضح حركية التجفيف. (Bachir Said, 2015)

يمكن تمييز ثلاث مراحل أساسية من خلال الشكل وهي:

- مرحلة التزايد(I) .
- مرحلة السرعة الثابتة (II).
- مرحلة التباطؤ (III).

1.8.I. المرحلة(I) مرحلة التزايد:

في هذه الفترة يتم تحريك المنتج بواسطة الهواء الساخن ، حيث يحدث تبادل للحرارة بين المنتج والهواء الجاف والذي يكون على شكل بخار، وتتنوع درجة حرارته (تزيد أوتنقص)،الحرارة الزائدة التي يوفرها الهواء الساخن تتسبب في جعل المنتج أكثر دفئا الذي يساهم في عملية التوازن. تعرف هذه الفترة بفترة الإحماء مما يميزها أنها قصيرة جدا. (شهرة قادري، 2019)

I.8.2. المرحلة (II) مرحلة السرعة الثابتة :

في هذه المرحلة تبقى سرعة التجفيف ثابتة لمعظم المنتجات، حيث تنتقل الرطوبة إلى سطح المنتوج، ويكون نشاط الماء على سطح المنتوج مساويا 1 . مع توافق في درجة حرارة سطح المنتج مع درجة الحرارة الرطبة لتجفيف الهواء، وهذه هي درجة الحرارة التي تتساوى عندها درجة حرارة الهواء مع درجة الحرارة اللازمة لتبخر الماء. ولا تتدخل طبيعة المنتوج في هذه الفترة ولكن لشكله تأثير كبير على تدفق الماء المتبخر.

I.8.3. المرحلة (III) مرحلة التباطؤ :

تسمى هذه المرحلة بمرحلة التباطؤ لعدم وجود قوى كافية لنقل الماء إلى سطح المنتوج، ونتيجة لهذا الانخفاض يتناقص معدل التجفيف.(شهرة قادري، 2019)

I.9. خواص الهواء الرطب :

يحتوي الهواء الجوي على كمية من الرطوبة تختلف باختلاف درجة الهواء ومدى تعرضه للأسطح الباردة. فالهواء له خاصية حمل بخار الماء معه وتزداد هذه الخاصية كلما ارتفعت درجة حرارته، فإذا ارتفعت درجة حرارة الهواء نجد أن قابليته على حمل البخار تزداد فيصبح تركيز البخار اقل بكثير من تركيز التشبع مما يتيح للهواء فرصة حمل مزيدا من البخار معه إلى أن يصل إلى تركيز التشبع، أما إذا انخفضت درجة حرارة الهواء نجد أن قابليته على حمل بخار الماء تقل وبالتالي تزداد كمية البخار به عن تركيز التشبع فيبدأ بخار الماء في التكاثف عند اللحظة التي تكون فيها درجة حرارة الهواء في تركيز التشبع معادلة لكمية بخار الماء الموجود في الهواء وتعرف بنقطة الندى.(السهريجي، 1997)

I.9.1. الرطوبة المطلقة :

تمثل الرطوبة المطلقة النسبة بين وزن الرطوبة (الماء) العالقة في الهواء الرطب على وزن الهواء الجاف.

I.2.9. الرطوبة النسبية :

هي نسبة ضغط بخار الماء الموجود في الهواء الرطب عند درجة حرارة معينة على ضغط بخار الماء في حالة تشبع الهواء الرطب عند نفس درجة الحرارة.

I.3.9. درجة الحرارة الجافة :

هي درجة حرارة الهواء العادية التي يمكن قياسها بجهاز الترمومتر.

I.4.9. درجة الحرارة الرطبة :

هي درجة حرارة الهواء الناتجة عن قدرة تبخيره للماء، وتعتمد على مقدار تشبعه ببخار الماء ويمكن قياسها في تيار من الهواء مع ترطيب دائم بواسطة الماء النقي، و في هذه الحالة درجة الحرارة الرطبة هي درجة الحرارة التي تؤخذ عن طريق المادة الصلبة المبللة في فترة السرعة الثابتة من عملية التجفيف.

I.10. خصائص المواد الصلبة الرطبة :

تلتصق المادة الصلبة بغشاء مائي بسطحها الخارجي بفعل قوى سطحية. وتتكون الطبقة الحدودية في محيط المادة الصلبة من الهواء المشبع في الماء، أي الهواء الذي يحتوي على بخار الماء عند ضغط جزئي يساوي ضغط بخار الماء الذي يكون موجود في نفس درجة الحرارة .نعتبر كتلة M_h من مادة رطبة تحتوي على كتلةM_e من الماء وكتلةM_s من المادة الجافة.(Ahmed Abdelouahed Mesai, 2018)

(I.2)

I.10.1. الرطوبة المطلقة :

الرطوبة أو معدل الرطوبة المعتمد أو المحتوى من الماء على أساس جاف، حيث يتم التعبير عن الرطوبة بواسطة السائل الموجود في المنتج مقارنة بكتلته الجافة.

(Ahmed Abdelouaed Mesai, 2018)

(I.3)

I.10.2. محتوى الماء على أساس رطب :

يتم التعبير عن الرطوبة النسبية، أو محتوى الماء على أساس رطب بواسطة كتلة الماء الموجودة في المنتوج مقارنة بكتلته الرطبة. (Ahmed Abdelouahed Mesai, 2018)

(I.4)

I.10.1.مستوى رطوبة التوازن :

الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة ثابتة، حيث مستوى الرطوبة يستقر عند قيمة التوازن التي تعتمد على طبيعة الرطوبة والمنتوج المشبع، وأيضا الضغط الجزئي ودرجة الحرارة. **(Nadia Chalal, 2007)**

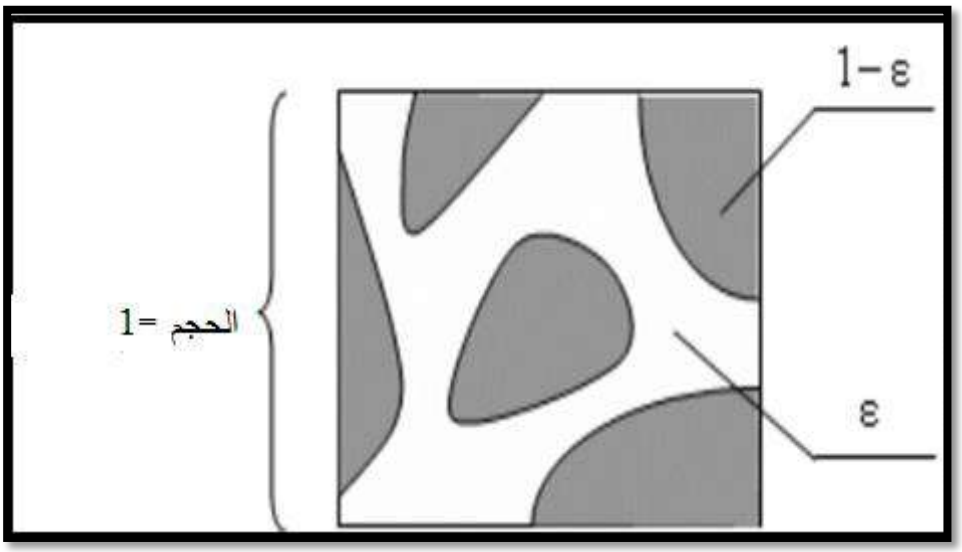
I.11. خاصية المادة الصلبة المسامية :

I.11.1. حجم المسامية للمنتج :

يتم تعريف مسامية الحجم ε بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = \frac{\text{حجم المنتوج}}{\text{الحجم الظاهر}} \quad \textbf{(I.5)}$$

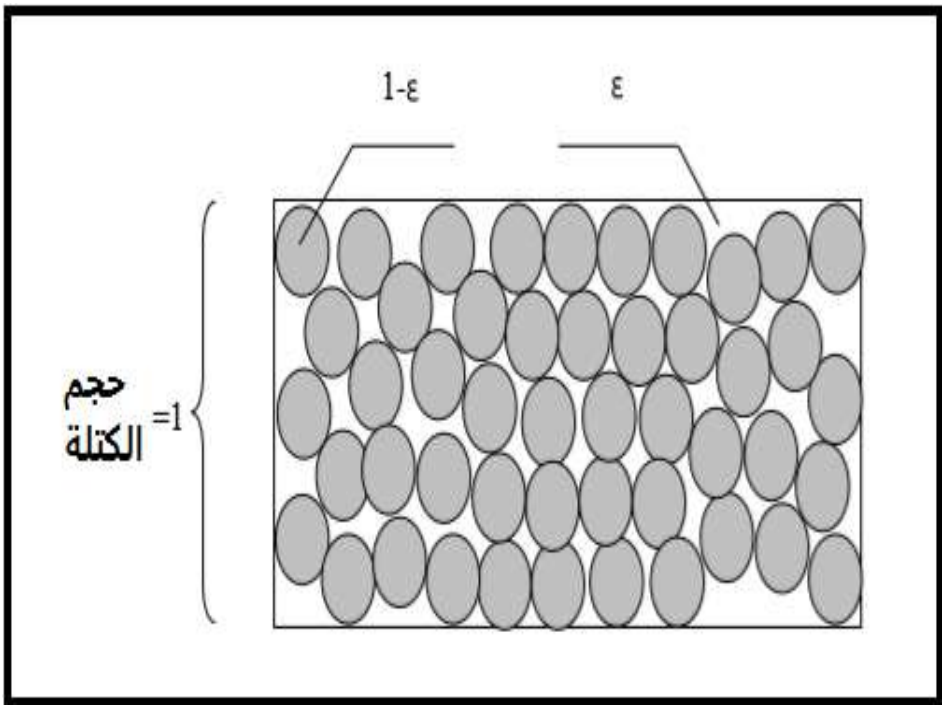
وبالتالي فإن النسبة بين الحجم الجوهري للمنتوج والحجم الظاهر للمنتوج تساوي(Bachir Said, 2015)1.



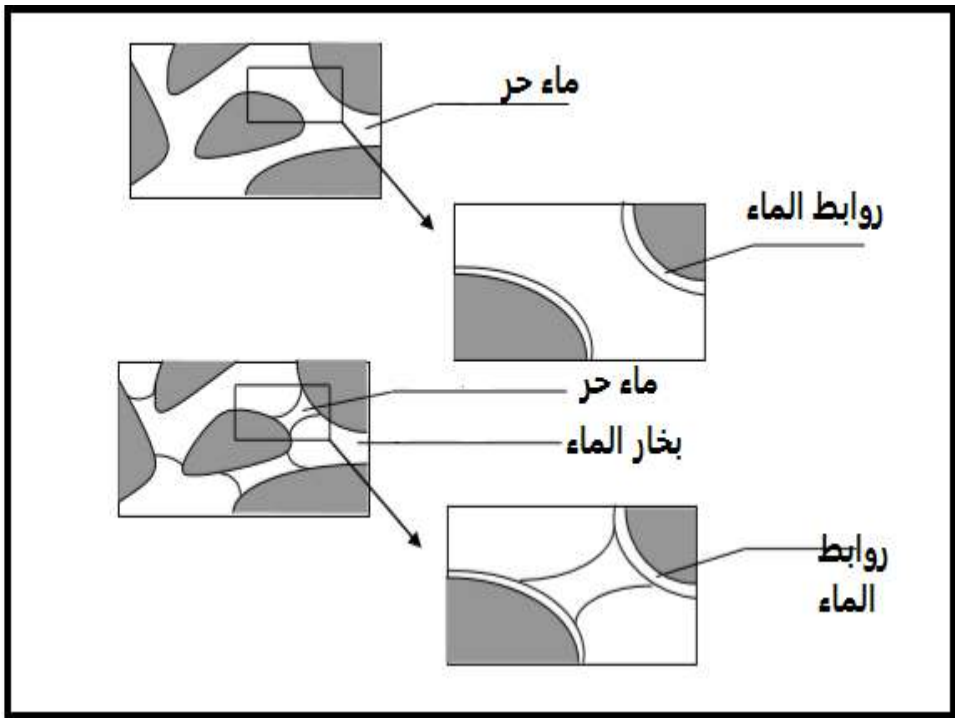
الشكل(I.4): رسم تخطيطي يوضح حجم التحكم المجهري. (Bachir Said, 2015)

مفهوم المسامية ضروري أيضا على مستوى التجفيف، خاصة للمنتجات الموجودة على مستوى الكتلة.(الشكل 1-4) ويعرف بالعلاقة التالية:

$$\varepsilon = \frac{\text{حجم الكتلة} - \text{حجم المنتج}}{\text{حجم}} \quad \textbf{(I.6)}$$



الشكل(I.5):رسم تخطيطي يوضح حجم التحكم بالعينة المجردة. **(Bachir said, 2015)**



الشكل(I.6):رسم تخطيطي يوضح أنواع الماء المختلفة في المادة. (Bachir said, 2015)

I.12. 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.13.عيوب حفظ الأغذية بالتجفيف :

- فقد عنصر الطعم والرائحة .
- فقد بعض الفيتامينات المميزة.
- تأثر لون بعض المواد الغذائية نتيجة التجفيف و خاصة 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.14. انتقال الحرارة :

في عمليات النقل الحراري، يمكننا تمييز ثلاثة أنواع وهي:

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

I.14.1. انتقال الحرارة بالتوصيل :

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

I.14.2. إنتقال 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. (Abdlkrim haddad, 2001)

I.14.3. إنتقال 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.15. إنتقال الكتلة :

I.15.1. قانون فيك :

يميز قانون فيك الانتشار الجزيئي للسائل بالكثافة الحجمية ρ_f في الوسط، ويعبر عن تدفق كتلة السطح .ذات الصلة بالوسط هي D_f معامل الانتشارالجزيئي.(Adnane Degla, Rima Sioued, 2015)

(I.7)

I.15.2. قانون دارسي :

يميز قانون دارسي الانتشار الكلي لسائل الذي يتميز بالكثافة الحجمية ρ_f واللزوجةالديناميكية μ_f له في وسط مسامي. ويعبر عن تدفق كتلة السطح ذات صلة بالنفادية الجوهرية k_f بالعلاقة التالية :

(Adnane Degla, Rima Sioued, 2015)

(I.1)

I.16. التجفيف الشمسي :

I.16.1. التجفيف الشمسي (الطبيعي) :

I.16.1.1. 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.16.1.2. مميزات وعيوب التجفيف الشمسي :

I.16.1.2.1.مميزاته :

- عدم الحاجة إلى رؤوس أموال كبيرة.
- انخفاض تكاليف الإنتاج حيث لاتحتاج إلى خبرة عالية لسهولة آدائه وإنتاجه.

- تيارات الهواء الطبيعي والحرارة الشمسية كافية لإتمام عملية التجفيف. (عادل السيد مبارك، 2009)

I.16.1.2.2. 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.16.2. التجفيف الصناعي :

يعد التجفيف الصناعي أفضل طرق التجفيف المعتمدة خاصة في المناطق الباردة والمعتدلة، حيث أنه لايعتمد 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.17.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 و6 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)

1.17.I. وصف عام للمجففات :

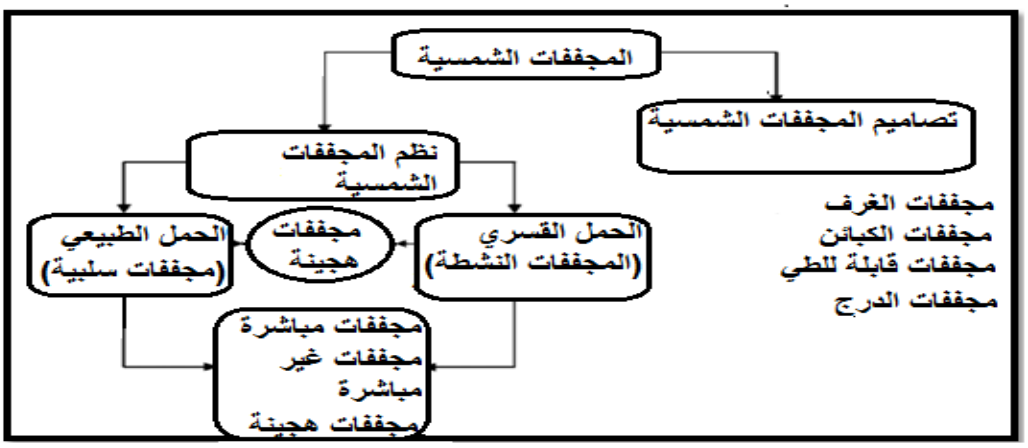
تحتوي المجففات بصفة عامة على ثلاثة عناصر مهمة وهي

- 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)

18.I.تصنيف المجففات الشمسية:

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



الشكل (7.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**)

I.18.1. أنواع المجففات الشمسية:

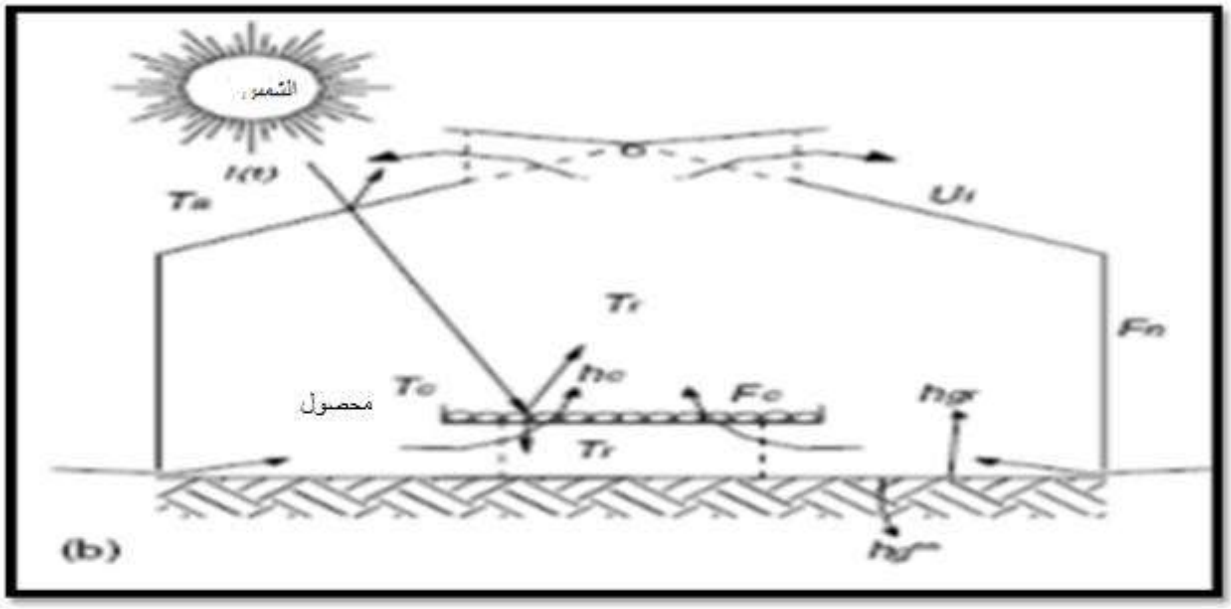
I.18.1.1. مجففات شمسية بالحمل الطبيعي (المجففات السلبية):

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 تسهل عملية إزالة الرطوبة من خلال التهوية الطبيعية للهواء.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)



الشكل (8.I): رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف الشمسي ذو حمل طبيعي. (قادري، 2019)

1.1.1.18.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)

2.1.1.18.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.

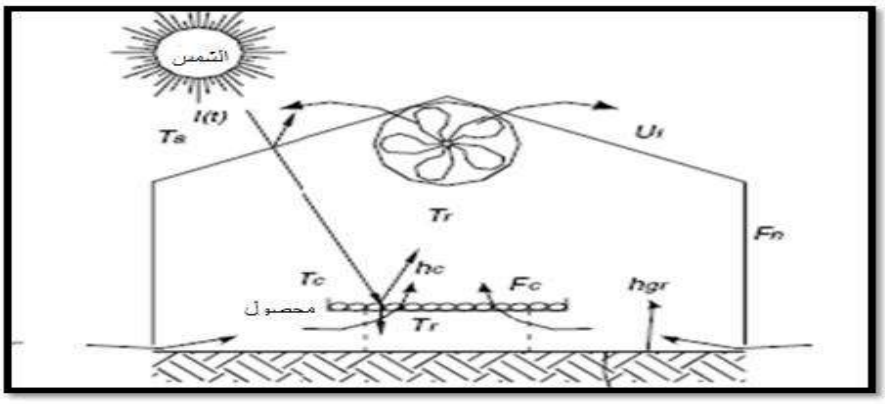
- احتياج كبير لليد العاملة.
- تغير لون ونكهة بعض المنتجات بسبب التعرض المباشر لأشعة الشمس.

(Amalendu Chakraverty and other, 2003)

I.2.1.18. 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 ب 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.



الشكل (9.I):رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف شمسي ذو حمل قسري (قادري، 2019)

إلى المجفف. يتم امتصاص حيث يتلقى المجمع الشمسي الطاقة الشمسية لتسخين الهواء مسبقا قبل دخول الهواء 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.1.2.1.18. 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.2.2.1.18. عيوب مجففات الحمل القسري

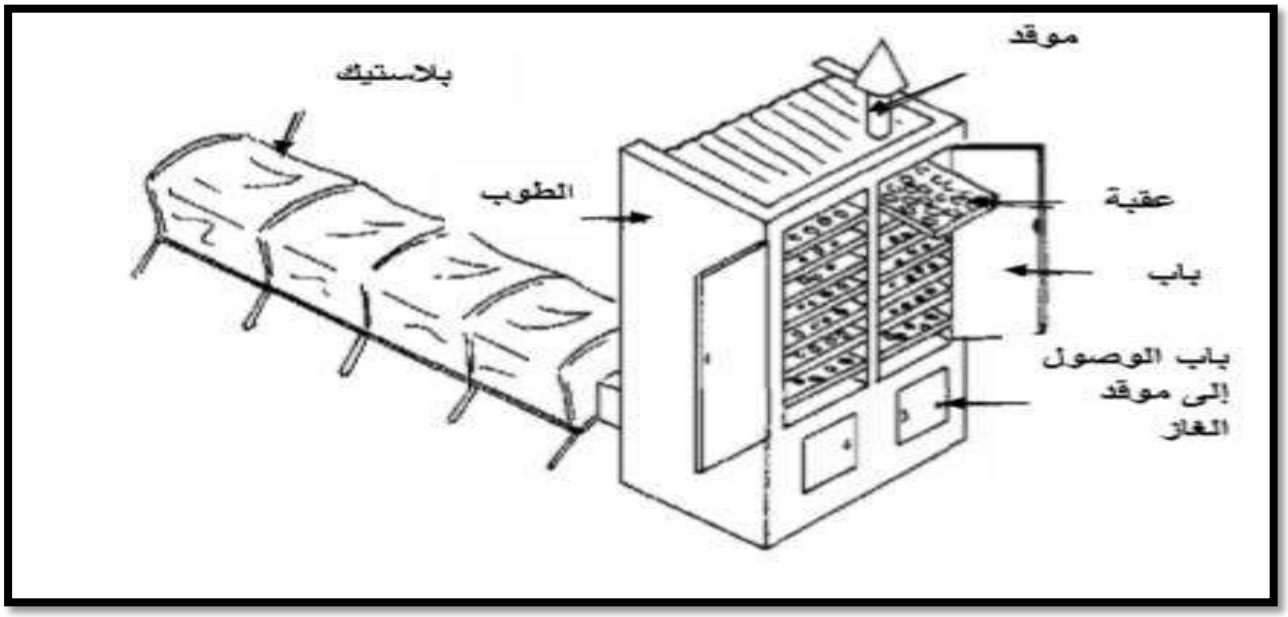
- معدات التجفيف أكثر تعقيدا مقارنة بالتجفيف الطبيعي.
- مكلفة جدا بالنسبة لعامل الإنتاج أو الاستثمار.
- الحاجة إلى عامل طاقة كهربائي أو أحفوري (الوقود الحيوي) لتحريك المراوح.

(Julian Blanco Gálvez and other, 2010)

I.3.1.18. 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 (I.10): رسم تخطيطي يوضح تركيب مجفف مباشر هجين. (قادري، 2019)

I.3.1.18.1. مميزات المجففات الهجينة:

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

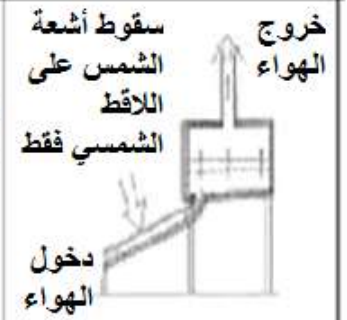
I.18.2.3.1. عيوب المجففات الهجينة:

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

I.18.2. 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. و نظم 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 حمـــل الحرارة)	
		الحمل الطبيعي	الحمل القسري
حسب طريقة تسخين الهواء	مجففات شمسية مباشرة		
	مجففات شمسية غير مباشرة		
	مجففات شمسية مختلطة		

الجدول (1.I): جدول يوضح نظم المجففات الشمسية. (لامية زيناي، سهام طواهر، 2019)

1.2.18.I. المجففات الشمسية المباشرة:

تعد 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.11): صورة للمجفف الشمسي المباشر (قادري، 2019)

I.1.1.2.18. 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 ب 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 .2.1.2.18. 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)

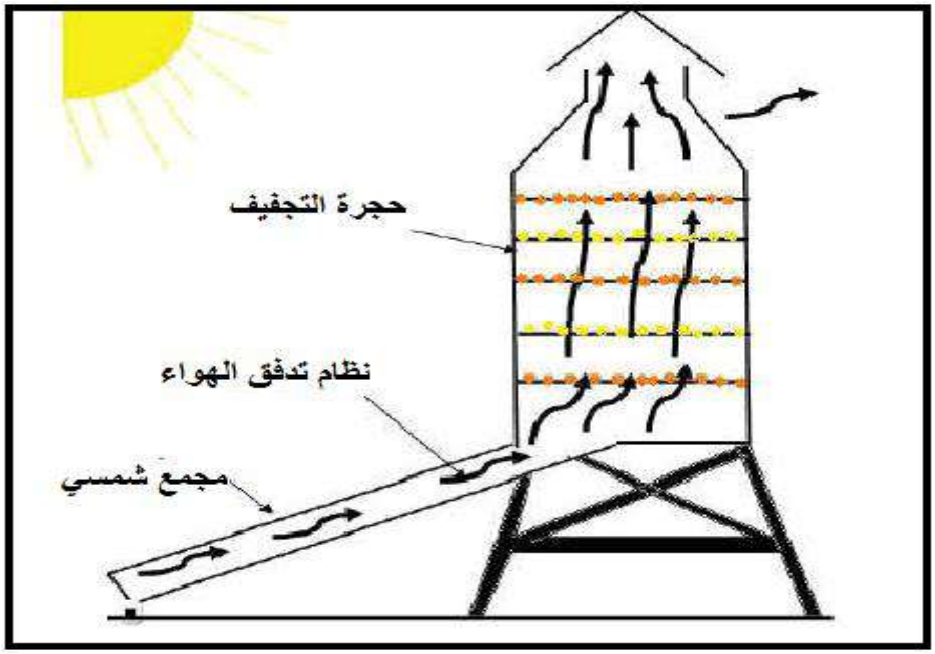
I.18.2.1.3. عيوب المجففات الشمسية المباشرة:

- 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.18.2.2. المجففات الشمسية غير المباشرة:

هي مجففات شمسية من النوع الموزع حيث تتكون الوحدة النموذجية لهذا النظام من غرفة تجفيف مغلقة وغير شفافة، و مجمع 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 (12.I):رسم توضيحي لمجفف شمسي ذو نظام غير مباشر. (لامية زيناي، سهام طواهر، 2019)

1.2.2.18.I. 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.18.2.2.2. مميزات المجففات الشمسية الغير مباشرة:

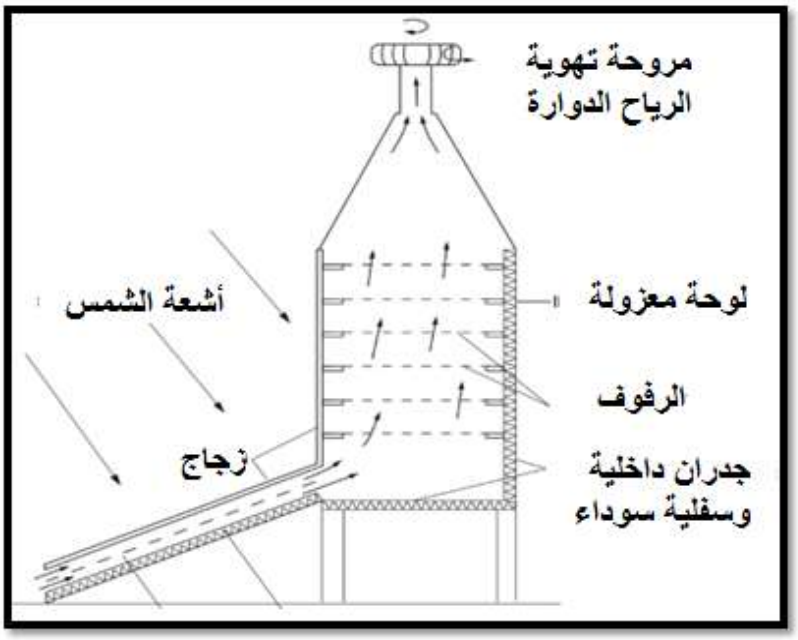
- حماية المنتوج من أشعة الشمس المباشرة.
- الحفاظ على جودة ولون المنتوج المجفف وقيمته الغذائية.
- محدودية درجة الحرارة. (قادري، 2019)

I.18.3.2.2. 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.18.3.2. 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 (13.I): رسم تخطيطي يوضح تركيب المجفف المختلط. (قادري، 2019)

19.I.المجففات الصناعية:

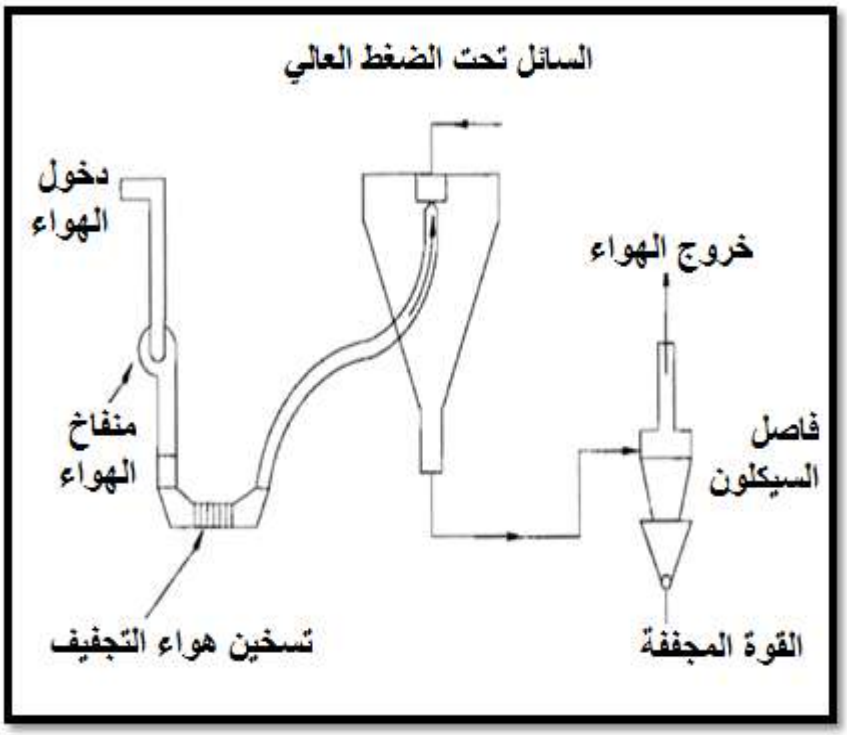
إن عملية تجفيف الأغذية تعد أمرا سهلا في المناطق الحارة، حيث لا يستغرق ذلك إلا أياما معدودة. ويمكن نجاح صناعة التجفيف في المناطق الباردة أو المعتدلة باستعمال المجففات الصناعية بدلا من أشعة الشمس، حيث تقوم هذه المجففات باستخدام الحرارة المأخوذة من الكهرباء أو البخار. كما تستخدم تيارات الهواء الساخن لهذا 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)

1.19.I. أنواع المجففات الصناعية:

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

I.1.1.19. 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)

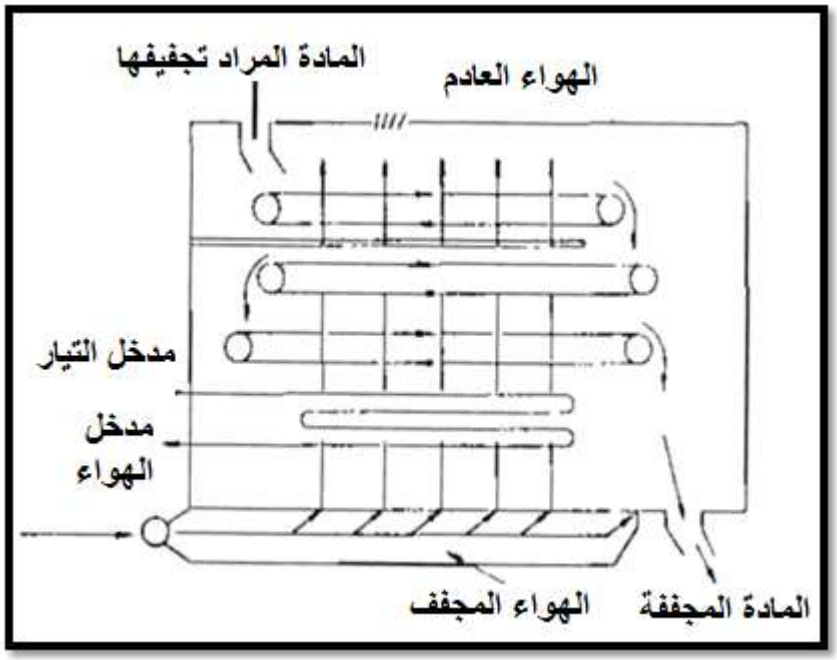


الشكل (I.14): رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف الرذاذ). (السهريجي، 1997)

I.2.1.19. 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)



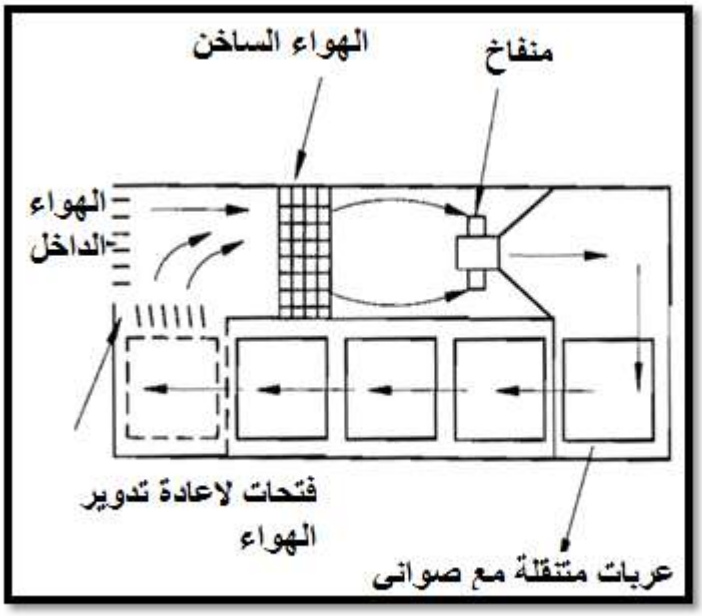
الشكل (I.15): رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف النفق). (السهريجي، 1997)

وتصنف مجففات الأنفاق إلى عدة أنواع نذكر منها ما يلي:

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

I.3.1.19. 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 (I.16): رسم تخطيطي لمجفف صناعي (مجفف المقصورات أو الكبائن). (السهريجي، 1997)

I.19.2. 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)

I.19.3. 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)

I.20.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 وإختلاف 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)

الاستنتاج:

من خلال هذا الفصل نستخلص أن المجفف الشمسي هو وسيلة تحويل طاقة الشمس (الإشعاع) المستقبلة، على سطح الأرض إلى حرارة عن طريق إدخال مادة كثيفة وغير شفافة، ويرتبط توزيع المجففات بالظروف المناخية وأنواع المنتوجات التي يجب تجفيفها والجودة المطلوبة، وتصنف المجففات إلى مجففات طبيعية وهجينة ومجففات الحمل القسري.

إذا كانت الظروف المناخية غير مواتية (الهواء الرطب وغياب أشعة الشمس) فإن الطاقة الإضافية ضرورية (الكتلة الحيوية والغاز والكهرباء)، و يمكن أن يسمح ذلك بتقليل خسائر ما بعد الحصاد وزيادة العمر الافتراضي للمنتوج وارتفاع سعر البيع المرتبط بزيادة الجودة عن طريق التجفيف الشمسي.

وهناك نوعان من المجففات، مجففات ثابتة أو مجمعة غير مكلفة ولكن يمكنها معالجة كمية صغيرة من المواد المراد تجفيفها.

وهناك مجففات مستمرة تتطلب بنية تحتية أكثر تعقيدا ومعدات إضافية وقبل كل شيء تخطيط وتنظيم خاصين وبالتالي فهي مخصصة للمصانع الكبرى، حيث تتم معالجة كميات كبيرة من المواد المراد تجفيفها، لكن رغم ما يشهده التجفيف الشمسي من تطور وتقدم في مجال المجففات إلا أن التجفيف الصناعي فعال رغم أنه مكلف.

الفصل الثاني: عموميات حول الثوم وطريقة تجفيفه

1.II. المقدمة:

لقد زاد الإنتاج العالمي من الثوم في العقود القليلة الماضية نتيجة استخدام التقنيات الحديثة في الزراعة والحصاد والنقل والتصنيع والتخزين، ومع ذلك ما يفقد منه نتيجة التلف والفساد يزيد عن 25%، ومن هنا يأتي دور تقنيات الحفظ في خفض هذه النسبة المرتفعة من الفقد وتعد تقنية الحفظ بالتجفيف من التقنيات المهمة والملائمة لحفظ الفواكه والخضر. هناك العديد من العوامل التي تؤثر على القدرة التخزينية للثوم المجفف ومنها درجة الحرارة والرطوبة النسبية والضوء والتعرض للتلوث الميكروبي،التي تؤثر بشكل مباشر على معدل التجفيف الذي يؤثر بدوره على مدة التجفيف ومحتوى تلك الأغذية من العناصر النادرة (الفيتامينات ومضادات الأكسدة) .وبناء على ماسبق يمكن حماية الثوم من عوامل الفساد للحفاظ على جودته وقيمته الغذائية بعملية التجفيف. (يوسف الساعد، 2009)

2.II. نبذة تاريخية عن نبات الثوم:

الثوم نبات عشبي من الفصيلة الزنبقية رتبة النباتات الجذرية. موطنه الأصلي غرب آسيا الوسطى، ومنه انتشر في بقية بلاد العالم ويعتبر الثوم من أقدم النباتات التي عرفت في مصر حيث وجد منقوشا على جدران معابد أهرامات الجيزة ويزرع على فترتين من العام، الأولى من منتصف سبتمبر إلى أواخر أكتوبر والثانية من أكتوبر وحتى نهاية نوفمبر.

وتقول قصص مصرية باللغة الهيروغليفية أن الثوم كان يعطى للعمال الذين يبنون الأهرام لتقويتهم والمحافظة على صحتهم، فقد كان الفراعنة يقدسون الثوم ويحرمون مضغه ويعتبرون ذلك جريمة ويبتلعون الفصوص تكريما لها وكان الرياضيون في اليونان القديمة يأكلون ثوما نيئا قبل الاشتراك في المسابقات ويتناوله جنود الرومان قبل الخوض في المعارك الحربية، وأوصى به أبقراط أب الطب القديم بتناول الثوم للحماية من العدوى وتلوث الجروح والجذام واضطرابات الهضم.وفي العصور الوسطى كان الثوم يستخدم للوقاية من الطاعون.

وفي الحرب العالمية الأولى كان يستخدم للوقاية من الغرغرينا ولتعقيم الجروح،وتتواجد أصناف كثيرة من الثوم وعادة ما تأخذ هذه الأصناف أسماء الدول المنتجة لها كالثوم البلدي والثوم الصيني، تصلح أوراق الثوم للاستهلاك خاصة في فترة نموه عندما تكون نضرة و خضراء. (حورية العلمي، جمال الدين دحواس، 2015)

II.3. نبات الثوم:

II.3.1. تسمية نبات الثوم:

الثوم بالعربية وبالبربرية (سرمساق) وباليونانية (سقورديون)، ومن قال أنه بالفاء فنظرا للآية الشريفة ﴿وَإِذْ قُلْتُمْ يَا مُوسَى لَن نَّصْبِرَ عَلَىَ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ لَنَا مِمَّا تُنبِتُ الأَرْضُ مِن بَقْلِهَا وَقِثَّآئِهَا وَفُومِهَا وَعَدَسِهَا وَبَصَلِهَا قَالَ أَتَسْتَبْدِلُونَ الَّذِي هُوَ أَدْنَى بِالَّذِي هُوَ خَيْرٌ اهْبِطُواْ مِصْراً فَإِنَّ لَكُم مَّا سَأَلْتُمْ وَضُرِبَتْ عَلَيْهِمُ الذِّلَّةُ وَالْمَسْكَنَةُ وَبَآؤُوْاْ بِغَضَبٍ مِّنَ اللَّهِ ذَلِكَ بِأَنَّهُمْ كَانُواْ يَكْفُرُونَ بِآيَاتِ اللَّهِ وَيَقْتُلُونَ النَّبِيِّينَ بِغَيْرِ الْحَقِّ ذَلِكَ بِمَا عَصَواْ وَّكَانُواْ يَعْتَدُونَ﴾.**(سورة البقرة، الآية61.)**

- ما هو الفوم؟

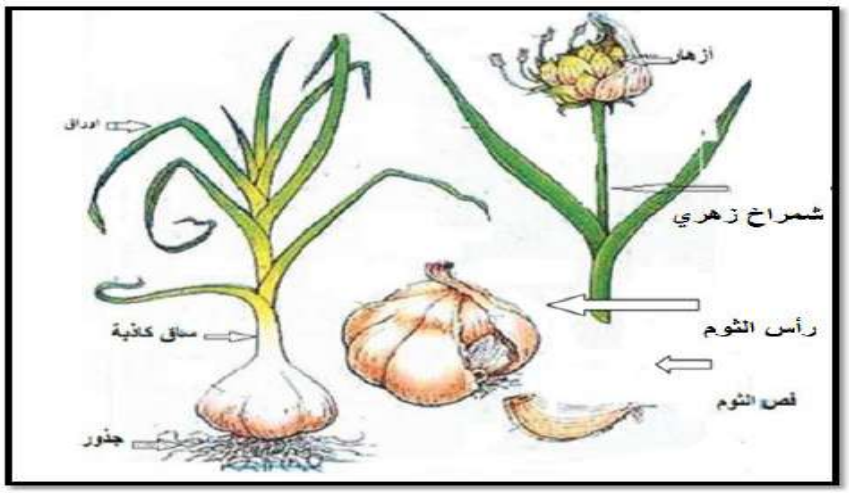
قيل الفوم الحنطة وقيل هي الثوم، ويقال ثوم وفوم كقولهم جدث وجدف. والثوم أصله إما قطعة واحدة وهو الجبلي أم اثنين ملتئمة كبار وهو الشامي أو صغار جدا لا ينفرك عن القشرة وهو المصري، ومنه البري ويسمى ثوم الحية أو ثوم الكلب وهو شديد الحراقة. (حورية العلمي، جمال الدين دحواس، 2015)

II.3.2. تعريف نبات الثوم:

اسمه العلمي (Allium sativum) وهو نوع نباتي عشبي (نبات معمر)من الفصيلة الزنبقية يعتقد أن منشأه الأصلي هو صحراء قيزيل قوم غرب آسيا (آسيا الوسطى)،تنتشر زراعته في جميع أنحاء العالم كما تنمو كميات كبيرة منه في كلا من إسبانيا وإيطاليا وكذا البرازيل ويزرع عادة في المناطق شبه الاستوائية والمعتدلة، تعتبر

الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج للثوم في العالم حيث يتمركز إنتاجه في ولاية كاليفورنيا الأمريكية.نموه يشابه الكراث والبصل من حيث الشكل حيث تعتمد زراعته على التكاثر الخضري،يتكون من أوراق خضراء مسطحة ذات رائحة نفاذة وأزهار يتراوح لونها بين الأبيض والقرنفلي وجذر بصلي، يتكون من عدة فصوص ومن النادر جدا زراعته في الحقول. يعتبر غذاء ودواء أساسيا واستخدمه المصريون والرومانيون القدماء لأغراض عدة كالطبخ والعلاج. (سحر سلطان عبد الحميد، 2007).(رامي عطا أبو سمية، 2017)

II.3.الوصف المورفولوجي لنبات الثوم:



الشكل (1.II): رسم توضيحي للتركيب المورفولوجي لنبات الثوم. (العلمي، دحواس، 2015)

II.3.3.1. الجزء الهوائي:

أ. الساق:

تتشابه ساق الثوم مع ساق البصل والكراث في طريقة النمو، وأيضا من حيث الشكل القرصي، وتموت الساق الرئيسية للنبات عند نضج البصلة تحت الأرض، كما تموت الجذور والأوراق حيث تضل البصيلات والفصوص فقط محتفظة بحيويتها. (العلمي، دحواس، 2015)

ب. المجموع الخضري (الأوراق):

تعتبر أوراق الثوم خضراء مسطحة ليست أنبوبية الشكل يتراوح عرضها من 1.5 إلى 3سم وقواعدها لا تزداد في السمك كما البصل. (العلمي، دحواس، 2015)

ج. الزهرية (الأزهار والثمار):

يتراوح لون الأزهار بين الأرجواني والأبيض وأحيانا قد ينمو لنبات الثوم شمراخ زهري يحمل زهرة قرنفلية عقيمة، وقد يحل محل الأزهار أبصال صغيرة تسمى البلابل تستعمل أحيانا في التكاثر. (العلمي، دحواس، 2015)

الشكل (2.II): صورة توضيحية لزهرة نبات الثوم

2.3.3.II. الجزء الأرضي:

أ. المجموع الجذري:

يتشابه المجموع الجذري للثوم مع المجموع الجذري للبصل، فهي ليفية عرضية تنمو من الساق القرصية فتموت الجذور المسنة ويحل محلها جذور أخرى عرضية من المحيط الخارجي للساق. (العلمي، دحواس،2015)

ب. الرؤوس أو الفصوص:

بصلة الثوم تتكون من مجموعة من الفصوص المعزولة عن بعضها البعض، لكن تكون متجمعة داخل نفس الغلاف أو الإهاب حيث الجذر البصلي يتكون من أكثر من عشرون فصا، إثنا عشر منها تكون القاعدة والأبصال وتحتوي البصلة من 4-8 محيطات من الفصوص كما يحتوي كل محيط منها على8 إلى 14 فصا. (العلمي، دحواس، 2015)

الشكل (3.II):يمثل صورة توضيحية لفصوص الثوم. (أبوسمية، 2017)

✓ **ملاحظة:**

الفص الواحد عبارة عن بصلة ناضجة تتركب من ساق قرصية صغيرة يوجد عليها

8-10 أوراق وتتحور الأوراق الثلاثة الخارجية في الشكل والوظيفة. تكون الفصوص مرتبة في المحيطات ويختلف حجمها طبقا لموقعها من المحيط، فأكبر الفصوص يتواجد في مركز المحيط ثم تتدرج أحجام الفصوص في الصغر كلما اتجهنا إلى طرفي المحيط. (العلمي، دحواس، 2015)

II.4.3. تقسيم الأطوار الفسيولوجية لنمو نبات الثوم:

II.1.4.3. طور الإنبات:

يعتبر الثوم من محاصيل الخضر السطحية الجذور، فتتواجد جذوره في السطح العلوي من سطح التربة ولا تتعمق أكثر من 25–30سم. تنتظر جانبا إلى مسافة 15–25سم وتبدأ البذور التي تخرج من الساق القرصية في الظهور بعد أيام من الزراعة، ولكن لا تتكون تلك الجذور إلا إذا كانت المنطقة التي تخرج منها الجذور مغطاة بالأرض الرطبة في المرحلة الأولى من حياة النبات لكي يسرع ذلك في عملية إنبات البذريات فوق سطح التربة. بينما الإسراف في الري يؤدي إلى العفن في الفصوص وعموما فإنه يفضل ري الثوم في هذه الفترة كل 10أيام في الأراضي الثقيلة وكل 2–3 أيام في الأراضي الرملية. (العلمي، دحواس، 2015)

II.2.4.3. طور النمو الخضري:

تعرف الفترة الممتدة من الأسبوع 21 من تاريخ الزراعة بفترة تكوين الرؤوس وفيها يبلغ نبات الثوم أقصى درجات نموه حيث تنمو الجذور في التربة انطلاقا من البذور فينمو نبات الثوم بطريقة منتظمة من 8–15 ورقة في المرحلة الأولى، وتكون النبتة مظهريا تشبه الكراث ويكون عمرها من 15–18 أسبوع وهي الفترة التي تسبق تكوين الرؤوس مباشرة.

يجب أن تتوفر الرطوبة الأرضية الكافية في التربة للنباتات أثناء طور النمو الخضري، ويتم ذلك بالري كل حوالي أسبوعين في الأراضي الثقيلة ومن 3–6 أيام في الأراضي الرملية حيث أن الري الدائم يسبب العفن لذلك يجب عدم المبالغة في ذلك. (العلمي، دحواس، 2015)

II.3.4.3. طور التبصيل:

تعتبر فترة تكوين الفصوص أو الرؤوس من الفترات الحرجة بالنسبة لعملية الري، حيث يؤدي تعطيش النبات عند ابتداء تكوين الرؤوس إلى صغر حجمها وبالتالي انخفاض نسبة المحصول، كما أن الإفراط في الري يؤدي إلى ظهور بعض العيوب التي تؤدي إلى العفن لذلك يجب الاعتدال في الري. (العلمي، دحواس،2015)

II.4.4.3. طور النضج:

وفيه يجب الإمتناع عن ري الثوم قبل الإقلاع بفترة كافية من 2-3 أسابع حسب نوعية الأرض والظروف الجوية السائدة. (العلمي، دحواس،2015)

II.5.4.3. طور السكون:

تدخل فصوص الثوم في فترة راحة عندما يصل النبات إلى فترة النضج في الحقل وفي هذه الفترة لا تستطيع الفصوص الإنبات أو التجذير حتى لو تهيأت لها الظروف المناسبة. لذلك يتم حصادها وتخزينها وتضعف حالة السكون في المخازن ويكون ذلك أسرع عند حفظها في درجة الحرارة (-5C°)، ويستمر الضعف المستمر لحالة السكون لمدة 1-8 أشهر وبعدها تنتهي فترة الراحة ويختلف طول فترة الراحة باختلاف الأصناف. (العلمي، دحواس، 2015)

الشكل (II.4): صورة توضيحية لنبات الثوم في الحقل.

II.5.3. الوضع التصنيفي لنبات الثوم:

II.5.3.1.التصنيف العلمي:

المملكة: النباتات

الشعبة: مستورات البذور

الطائفة: أحادية الفلقة

الرتبة: الزنبقيات

الفصيلة: الزنبقية

الجنس: الثوم

النوع: الثوم المزروع (العلمي، دحواس، 2015)

II.6.3. المكونات الفعالة لنبات الثوم:

يحتوي الثوم على 25% زيوت طيارة(زيوت عطرية يتحصل عليها من الثوم وتتميز بأن لها رائحتها الفواحة) ومركبات عضوية كبريتية مثل ثنائي كبريت الآليل ($S_2H_{10}C_6$) كما يحوي على جلوكسيدالأليسين وهي المادة الأساسية للصفات العلاجية،وهي مضاد البكتيريا الرئيسي في الثوم. وكذا مادة الجلوكونين وبعض الفيتامينات مثل أ، ب، ج. وأملاح المعدنية ومواد مضادة للعفونة وهرمونات، وأيضا يحتوي الثوم على سكر رباعي الفركتوز يسمى سكر سكوربوز. (فتحية محمد رمضان برقان، 2008)

II.7.3. التركيب الكيميائي لنبات للثوم :

المركبات الغذائية بالثوم	القيمة الغذائية لكل 100 غرام ثوم
الدهن بالغرام	0.3
الحديد بالمليغرام	5
المنجنيز بالمليغرام	36
الفوسفور بالمليغرام	310
الكالسيوم بالمليغرام	36
البوتاسيوم بالمليغرام	529
الكربوهيدرات الكلية بالغرام	30
البروتين	6
فيتامين ب 1(الثيامين)	0.25
فيتامين ب 2(الريبوفلافين)	0.08
فيتامين ج	15

الجدول (II.1):جدول يوضح التركيب الكيميائي للثوم الطازج. (سلطان، 2007)

II.3.8. أنواع الثوم المعروف على المستوى العالمي والوطني:

يوجد للثوم أصناف كثيرة تتباين فيما بينها في بعض الصفات الخارجية والداخلية التي يمكن الإعتماد عليها في التصنيف و هي:

- لون الغلاف الخارجي للفصوص.
- حجم رأس الثوم.
- عدد الفصوص وحجمها.
- التبكير أو التأخير في النضج.

كما تأخذ هذه الأصناف أسماء الدول المنتجة لها. (العلمي، دحواس، 2015)

II.3.8.1. تصنيف الثوم على المستوى العالمي:

أصناف الثوم	الرؤوس(الفصوص)	طبيعة الفصوص	الغلاف الخارجي للرأس	
			اللون	النضج
الثوم البلدي (المصري)	رأس صغير يحتوي على عدد كبير من الفصوص صغيرة الحجم التي قد يصل عددها إلى 60 فصا موزعة ذو رائحة قوية..	متماسكة جدا	أبيض مشوب باللون القرنفلي	مبكر النضج ويتحمل التخزين
الثوم الايطالي	رأس كبير الحجم قليلة الفصوص النبتات قوية ذات مجموع خضري	متماسكة	أبيض مصفر	متأخرة النضج ويقاوم الصدأ

	كبيرة الأوراق عريضة النصل			
الثوم الياباني	رأس كبيرة تحوي عدد قليل نسبيا من الفصوص المتوسطة الحجم	/	أبيض	مبكرة النضج
الثوم الصيني	رأس كبيرة الحجم ذات فصوص قليلة العدد وكبيرة الحجم والوزن تتراوح من 5-20 فصا على مدرين ويمتاز بارتفاع محتواه من المادة الجافة و الزيوت الطيارة	متماسكة	يميل إلى القرمزي	متأخر النضج أقل قابلية للتخزين ومرغوب في التصدير الخارجي
الثوم المكسيكي	فصوص كبيرة الحجم وقليلة العدد	/	/	متأخر النضج ولا يتحمل التخزين
الثوم الأمريكي	رأس متوسط الحجم مكون من فصوص متوسطة الحجم	/	لون أرجواني	متوسط التكبير في النضج

الجدول (2.II):جدول لأهم أصناف الثوم على المستوى العالمي.(العلمي، دحواس، 2015)

2.8.3.II.أهم الأصناف المعروفة على المستوى الوطني:

من أهم الأصناف المعروفة على المستوى الوطني مذكورة في الجدول أدناه

الصنف	البصلة	الفصوص	البشرة	الأوراق	المقاومة والحساسية
الإسباني الأحمر	متجانسة من 50-150 غرام	متماثلة مسطحة نحو بقع وردية	/	خضراء داكنة عرضها 1 سم	حساسة
الإيراني الأحمر	متجانسة نوعا ما 20-100 غرام	بيضاء اللون ذات شكل دائري مسطح بها بقع وردية	/	خضراء اللون عريضة	مقاوم للأمراض حساس للجلد
الكاليفورني البسيط	متجانسة نوعا ما من 20-90 غرام	ذات شكل ممدد	مائلة إلى البياض بها بقع وردية	خضراء داكنة عرضها من1-1.5 سم	قليل المقاومة للأمراض مقاوم للبرد
موكا البلغاري	متوسط نوعا ما من 50-90 غرام	طويلة وعريضة ذات لون وردي محمر	/	عريضة حوالي1.5 سم خضراء فاتحة	مقاوم جدا للبرودة
الثرميدوريان	شكل غير منتظم	مسطحة إلى	بيضاء وذات	خضراء فاتحة عرضها	مقاوم للأمراض

	من 20-90 غرام	دائرية قليلا	بقع وردية اللون	من 1-2 سم	والجليد
ميسي دروم	كبيرة الحجم من 50 -100 غرام	/	بيضاء اللون	خضراء داكنة عرضها من 1.5-2.5 سم	مقاوم جدا للبرودة
فروكتيدور	متجانسة من 50- 80 غرام	دائرية	بيضاء اللون	خضراء فاتحة عرضها لا يتعدى 2 سم	حساس
جيردميدور	كبيرة ومتجانسة من 50-90 غرام	/	مائلة أكثر إلى البياض	عريضة وطويلة عرضها من 1-2 سم	مقاوم نوعا ما
أحمر محلي	متوسطة الحجم	حمراء طويلة	مائلة إلى البياض	/	/

الجدول (3.II):جدول لأهم أصناف الثوم على المستوى الوطني. (العلمي، دحواس، 2015)

9.3.II. فوائد ومضار الثوم:

1.9.3.II. فوائد الثوم:

الجزء المستعمل في الثوم هو الفصوص، وتزداد فاعليته بالنسبة لفترة تخزينه نحددها بستة أشهر، يحتوي الثوم على مركب الألين وهي مادة ينتج منها مضاد حيوي كيماوي، وعند طحن الثوم أو تقطيعه ينطلق إنزيم يدعى ألينيناز ويحول الألين إلى أليسين، وفي التجارب العلمية لجامعة أوكلاهور وجدوا أن العصير المستخلص من الثوم يثبط

الكائنات الدقيقة والفطريات. والثوم أيضا يحتوي على الأجوين وهي مادة فعالة مثل الأسبرين تمنع تجمع الصفائح الدموية. (سلطان، 2007)

ويعرف الثوم أيضا بأنه عسل الإنسان الفقير، فلا يخلو منزل من دونه كما لا تحلو الأطعمة إلا به، فالثوم يتميز بقيمة غذائية عالية فضلا عن طعمه المميز في الطعام. حيث اعتبر أبقراط أبو الطب الثوم غذاء ودواء لانسداد المجاري التنفسية وانحباس البول وأوجاع الرأس والتهاب العين، حيث وصف أنه ترياق الفقراء.أما ابن سينا فقد وصفه في كتابه القانون في الطب بأنه طارد للغازات المعوية. والدهن برماده ممزوجا بالعسل يزيل البهاق، كما أن المضمضة بمائه الممزوج بالكندر يقوي اللثة وفركه مشويا على الأسنان يخفف من آلامها، وتناوله مغليا يخفف من السعال وأوجاع الصدر. وقد ذكر الدمشقي فوائد الثوم و أن تناوله نيئا يزيل النفخة. ويشفي حالات القولنج، ورأى سيفا الأندلسي أن مزج مسحوق الثوم مع الدهن يزيل الخراجات ويسيل الدم في الأطراف، وتناوله ممزوجا بالخل يزيل التهابات الفم ويعالج اليرقان والطحال وأمراض القلب والإدمان على التدخين. وبالنسبة للطب الحديث فالثوم يقوي مناعة الجسم ويكبح نمو الخلايا السرطانية، ويعتبر مصلا مضادا للتسمم وغذاء أساسيا للحمية الغذائية، كما يعالج أمراض القلب ويخفف من مضاعفات مرض السكري. (هيام محمود رزق، معصومة حسين علامة، 2016)

II.2.9.3. التأثيرات العكسية :

رغم فوائد الثوم العديدة فإنه لا يخلو من المعيبات فهو يقوم بإفراز السلفيدات الأليلية في العرق والهواء القادم من الرئتين وهذا يعطي رائحة قوية وكريهة بعد أكل الثوم، يضعف البصر. يزيد نزيف الدم في الأسنان واللثة، يجعل شعر الرأس مزيتا بشكل ملحوظ. يزيد الحساسية والحكة، يطيل فترات النوم. يخرش الجلد ويؤدي أحيانا إلى سقوط الأسنان المبكر. (سلطان، 2007).(جاسم محمد جندل ،2011)

II.10.3. الثوم ومضادات الأكسدة:

II.10.3.1. مضادات الأكسدة:

أولا نسمع كثيرا عن مضادات الأكسدة وأنها تقينا الأمراض مثل أمراض القلب والسرطان والشرايين. فماهي مضادات الأكسدة؟

مضادات الأكسدة هي مجموعة من المركبات التي تعمل على تدمير ذرات الأكسجين الأحادية وتعرف بالجذور الحرة، فمن المعروف عن الأكسجين أنه يتكون من ذرتين وإذا ما وجدت ذرة واحدة فإنها تسعى جاهدة لتتأكسد بذرة أكسجين أخرى من أجل الاستقرار. فيما يعرف بعملية الأكسدة، تؤدي هذه العملية إلى تدمير الخلايا وهذا يسبب العديد من الأمراض، ومضادات الأكسدة عديدة وكثيرة منها فيتامينات أ.ب.ج. والكاروتينات وهي صبغات عضوية صفراء اللون تتواجد بشكل طبيعي في الخضر والفواكه وكما تتواجد أيضا في المركب الكيميائي السيلينيوم وفي بعض الأحماض الأمينية. (ميس إبراهيم درس ،2016)

II.10.3.2. علاقة الثوم ومضادات الأكسدة:

يعتبر الثوم مضاد أكسدة عالي الفعالية كونه يعتبر مصدرا أساسيا للسلفيدات الأليلية، وهي مضادات قوية للأكسدة تزيل الجذور الحرة. إضافة إلى أنه يحوي على بعض من الفيتامينات السابقة الذكر (أ.ب.ج) التي تعتبر فعالة كمضادات للأكسدة وإزالة السموم.

II.11.3. شروط زراعة نبات الثوم:

يعتبر الثوم نباتا متقلبا:

- من الأفضل زراعته في مناخ بارد (فصل الخريف) 6 أسابيع قبل تجمد التربة.

- يفضل الثوم التربة الجافة المفككة التي لا يتجمع فيها الماء في المناطق المشمسة.
- تنمو نبتة الثوم في التربة ذات المستوى العضوي العالي.
- من الأحسن زراعته في تربة لم تسمد بالسماد الكيمياوي لمدة عام كامل.
- اختيار الفصوص الكبيرة المفصولة عن الأزهار.
- ينبغي أن تزرع الفصوص بعمق كاف لمنع التجمد/الذوبان الذي يسبب العفن.
- يجب ترك مسافة كافية بين الفصوص حتى تنمو النبتة لأن هذا سيحسن من حجم الثوم.
- يجب عدم المبالغة في ري نبات الثوم وريه على فترات متباعدة وأحيانا يكتفي بمياه الأمطار فقط.

(أبو سمية، 2017)

II.4. تجفيف الثوم بالطاقة الشمسية يدويا :

II.4.1. الهدف من تجفيف الثوم:

الهدف الرئيسي من عملية تجفيف الثوم هو حفظ الثوم لمدة زمنية طويلة، حيث يسمح بتوفيره في غيرموسمه حيث أن تجفيفه يؤدي إلى خفض مستوى الرطوبة أي الماء الموجود في الثوم ومنه خفض مستوى أنشطة الميكروبات والإنزيمات الموجودة فيه، والتفاعلات المسببة لفساده ولفقد الجودة به والتي تؤثر على قيمته الغذائية، كما يحقق مزايا أخرى أهمها التقليل من حجم ووزن الثوم نتيجة خفض محتوى الماء فيه وسهولة وقلة تكاليف تعبئته ونقله وتخزينه، وتبرز أهمية هذا الجانب خاصة في المجاعات والحروب والكوارث البيئية، كما يعتبر الثوم سهل التجفيف والتخزين دون الحاجة للخوف عليه من الحشرات، لأن رائحة الثوم النفاذة تطردها.

II.2.4. كيفية تجفيف الثوم:

II.2.4.1. معاملات ما قبل التجفيف:

II.2.4.1.1. كيفية اختيار الثوم المناسب للتجفيف:

يتم اختيار الثوم المناسب لعملية التجفيف وفق شروط وهي وجوب أن يكون الثوم المراد تجفيفه طازجا ونظيفا وسليما وناضجا وخاليا من الشوائب والعيوب والأوساخ، وخاليا من الخدوش و أي تحطيم ناتج من القاذورات أو المواد الغريبة أوالرطوبة أو الأمراض أو الحشرات.

وأفضل أنواع الثوم التي تكون مستخدمة لأغراض التجفيف تنمو غرب الولايات المتحدة الأمريكية تحديدا ولاية كاليفورنيا، هذه الأنواع يكون محتواها من المواد الصلبة مرتفعا ومقاوما للأمراض وتحصد ميكانيكيا ولها أقوى نكهة ويستخدم غالبا النوع الأبيض. (سلطان، 2007)

II.2.4.1.2. الفرز الأولي:

يراعى في جني الثوم المراد تجفيفه الدرجة المناسبة من النضج والتي تختلف من كل بصيلة ثوم إلى أخرى، لقد كان الحصاد اليدوي هو المفضل لأغراض تجفيف الثوم إلا أن التحسينات التي أدخلت على طريقة الحصاد قد غيرت الصورة حيث أصبح بالإمكان تقليل الكدمات والرضوض إلى مستوى أقل من السابق، وتهدف عملية الفرز إلى استبعاد الثوم غير الناضج والتالف والمصاب والذي لا يصلح لعملية التجفيف، وتعتبر هذه الخطوة من الخطوات الهامة والمؤثرة في جودة المنتوج النهائي. (يوسف الساعد، 2009)

II.2.4.1.3. التنظيف وإزالة الأوراق والجذور:

التنظيف الجاف ويكون عبر تعريضه لتيار من الهواء البارد للتقليل من مستوى التربة المتصلة بالثوم، وبعدها يتم إزالة الزوائد من الأوراق والجذور بواسطة مقص زراعي تجنبا لأي نشاط حيوي قد يحدث فيما بعد.

II.4.1.2.4. النقع والغسيل:

إنه لمن الأهمية غسل الثوم المراد تجفيفه حيث أن ذلك يحقق العديد من الأهداف منها :

خفض الحمل الميكروبي والتخلص من الأتربة والغبار وبقايا المبيدات الحشرية والزوائد النباتية بنسبة كبيرة تفوق مرحلة التنظيف الجاف، حيث تتوفر على نطاق المصانع العديد من الوسائل لغسل الخضر والفواكه المراد تجفيفها كرشاشات المياه القوية وأجهزة الغسل الدوارة وما شابه ذلك، ويفضل إجراء عملية نقع للثوم قبل الغسيل لإزالة الطمى الملتصق بالثوم ويجب إضافة مادة مطهرة لماء النقع مثل الكلور ويضاف عادة بنسبة 100جزء في المليون. (يوسف الساعد، 2009)

II.4.1.2.5. الفرز الثانوي:

أحيانا يغطي الطمى أجزاء من الثوم وقد تكون هناك أجزاء تالفة ومصابة تحت طبقة الطمى لا يمكن رؤيتها، وبالتالي لا تستبعد هذه الحالات في الفرز الأولي. وبالتالي يفضل إجراء عملية فرز ثانوية لاستبعاد أية بصيلات ثوم ظهرت عيوبها بعد النقع والغسيل. (حلابو، بخيت، بديع، 2008)

II.4.1.2.6. التقشير والتقطيع:

تعد عملية التقشير ضرورية للثوم قبل تجفيفه وعمليات التقشير عديدة منها التقشير باستخدام المحاليل القلوية وهي محاليل مائية قاعدية لهيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم ولها استعمالات غذائية عديدة منها إزالة المرارة من الزيتون أو المحاليل الملحية الساخنة أو بعملية الكشط أو باستخدام البخار المضغوط، وفي حالة الثوم يمكننا استخدام المحاليل الملحية الساخنة أو التقشير ميكانيكيا باستخدام السكاكين بعدها يتم تقطيعه في صورة شرائح لتسهيل عملية تجفيفه. (حلابو، بخيت، بديع، 2008)

عند تقطيع الثوم تتفاعل الإنزيمات بسرعة لتكون مركب الأليسين وهو بدورهيتكسر إلى سلفيدات أليلية التي تعمل كمضادات أكسدة، حيث إذا حدث للإنزيم هدم أثناء التقطيع يقلل هذا من نكهة الثوم المجفف. (سلطان، 2007)

II.4.2.1.7. التغطيس:

تعد عملية التغطيس من العوامل المتغيرة وهي عادة من ثوان إلى بضع دقائق، ويستخدم التغطيس في المحاليل الحامضية كمكمل لعملية الكبرتة للحصول على لون أفضل، ومن أكثر المحاليل الحامضية المستعملة في تغطيس الثوم محلول حمض الأسكوربيك أو بمعنى آخر فيتامينC بتركيز 1%حيث يعمل كمضاد للأكسدة والسموم ويسهم في تحسين لون المنتوج النهائي أو محلول حمض الماليك (حمض التفاح) بتركيز 0.25%. (يوسف الساعد، 2009)

II.4.2.1.8. الكبرتة أو التغطيس في محاليل كبريتية:

تعد عملية الكبرتة إحدى العمليات التي تسبق عملية تجفيف الثوم وذلك بغطسه بمحاليل كبريتية، وتتم هذه العملية لحماية لون الثوم بعد التجفيف عن طريق وقف ما يسمى بتفاعلات ميلارد اللونية، ومن بين الطرق التي يمكن استخدامها في مجال الكبرتة هو حرق الكبريت وإنتاج غاز ثاني أكسيد الكبريت أو استخدام غاز ثاني أكسيد الكبريت المعبأ في أسطوانات، وفي هذه الحالة تعد الطريقة الأولى أفضل من الثانية أما الطريقة الثالثة تتلخص في التغطيس في محاليل كبريتية ذات تراكيز بين 5-7% لمدة 30 ثانية. (يوسف الساعد، 2009)

وتهدف عملية الكبرتة إلى:

- القضاء على الإنزيمات والكائنات الدقيقة في الثوم وبالتالي منع التغيرات غير المرغوب حدوثها نتيجة نشاط هذه الإنزيمات خاصة المؤكسدة منها.

- المحافظة على لون المنتوج.
- منع الفقد في الفيتامينات. (حلاسو، بخيت، بديع، 2008)

II.4.2.1.9. السلق :

تهدف هذه العملية إلى الحفاظ على محتوى الثوم من حامض الأسكوربيك وتجرى عملية السلق بالماء الساخن والبخار، وفي حالة الثوم حسب الطرق الحديثة باستخدام الهواء الساخن أو أشعة المايكروويف أو الأشعة تحت الحمراء أو السلق في الماء الساخن، و تتلخص الفوائد التي يحققها السلق في:

- تقليل وقت التجفيف.
- التخلص من الهواء الموجود داخل الأنسجة.
- تطرية الأنسجة.
- الحيلولة دون تلف الثوم.
- التخفيف من الطعم الحاد واللاذع للثوم. (يوسف الساعد، 2009)

II.4.2.1.10. الفرز النهائي:

الهدف من هذه العملية هو استبعاد أي فصوص ثوم تعرضت للتلف أثناء إجراء الخطوات السابقة الذكر.

II.4.2.2. التجفيف الشمسي في الهواء الطلق:

يفرش الثوم في صواني أو رفوف أو أطباق، ويجب أن يكون الثوم على مستوى واحد وليس متقاربا لبعضه البعض كثيرا، بعدها ينشر الثوم في الشمس بعد تعريضه للمعاملات الأولية من فرز وتنظيف وغسل وكبرتة حتى يتخلص من ثلثي محتواه من الرطوبة، بعدها ينقل إلى الظل حتى تمام عملية التجفيف ويراعى تحريك الثوم أثناء

تجفيفه إضافة إلى الأمور الخاصة بالنظافة ومنع التلوث إلى غير ذلك من المتطلبات الأساسية للتجفيف الشمسي، ويراعى أن تكون درجة الجرارة بحدود35C° أو أعلى من ذلك ورطوبة نسبية منخفضة إضافة إلى توفر أطباق ورفوف التجفيف وأماكن مهواة وواسعة لهذه العملية، وتعتبر هذه الطريقة قليلة التكاليف ومناسبة لتجفيف الثوم ويستغرق التجفيف عدة ساعات إلى عدة أسابيع. (يوسف الساعد، 2009)

II.3.2.4. ما بعد التجفيف:

بعد التجفيف يجب الكشف عن الثوم المجفف وفرزه وأنه لا يحتوي على لسعات أو حروق، ويجب على الثوم المجفف أن يحتوي على رطوبة لا تزيد عن 6.75%، و0.0022%من وزنه رماد غير ذائب في الحامض و12.5%من وزنه مواد صلبة غير ذائبة في الماء الساخن، وعدد القطع لا يزيد عن 20 قطعة في 1 غرام للثوم المحبب و20 قطعة في 0.5 غرام للثوم المسحوق و25 قطعة في 10 غرام للثوم المقطع. (سلطان، 2007)

II.5. أشكال الثوم المجفف:

يأخذ الثوم المجفف العديد من الأشكال التجارية منها الثوم المفروم والمقطع والمجروش والمسحوق والثوم الحبيبي، محتوى الرطوبة لكل منهم لا يزيد عن6.75% والاختلاف بين هذه الأنواع يكون في حجم الجزيئات والأجزاء غير الذائبة في الماء الساخن وحجم المناخل. (سلطان، 2007)

II.1.5. مسحوق الثوم:

- لا يزيد عن 2% تحجز على المنخل رقم 45.
- لا يزيد عن 25%تحجز على المنخل القياسي رقم 80.
- لا يزيد عن 50% تحجز على المنخل القياسي رقم 100. (سلطان، 2007)

II.2.5. الثوم المحبب:

- لا يزيد عن 2% يحجز على المنخل رقم 35.
- لا يزيد عن 5% يمر خلال المنخل رقم100.
- لا يزيد عن 1% يمر من خلال المنخل رقم 140. (سلطان، 2007)

II.3.5. الثوم المجروش:

- لا يزيد عن 20% يحجز عن المنخل رقم 20.
- لا يزيد عن 3% يمر من خلال المنخل رقم50.
- لا يزيد عن 1% يمر من خلال المنخل رقم 80. (سلطان، 2007)

II.4.5. الثوم المقطع:

- لا يزيد عن 2% يحتفظ بها على المنخل رقم 8.
- لا يزيد عن 3% يمر خلال المنخل رقم 20.
- لا يزيد عن 1% يمر خلال المنخل رقم 35. (سلطان، 2007)

II.5.5. الثوم المفروم:

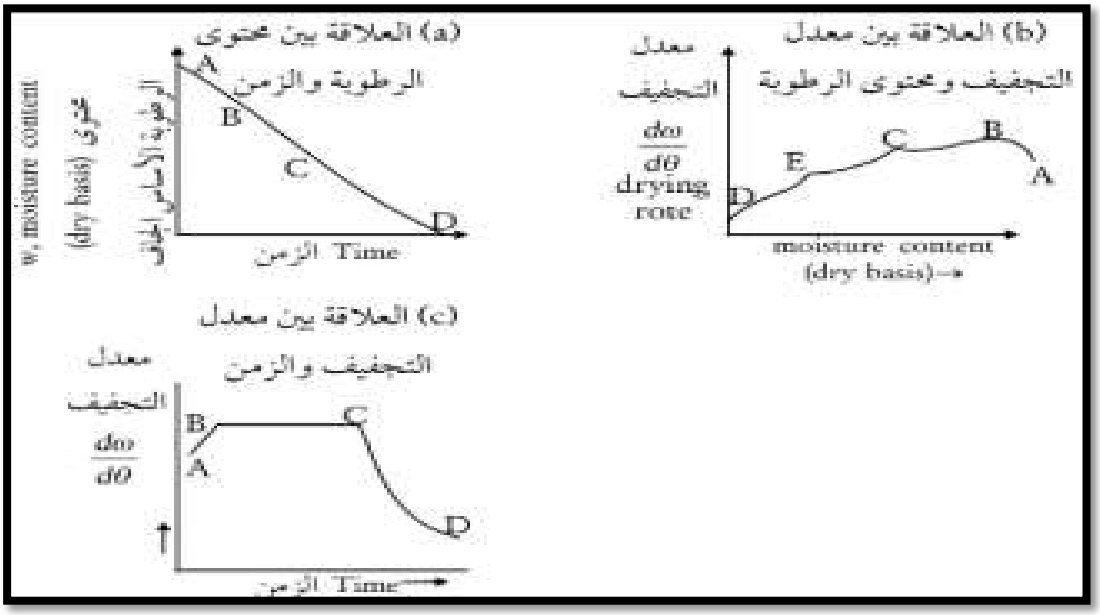
- لا يزيد عن 2% يحتفظ به على المنخل رقم8.
- لا يزيد عن 5% يمر خلال المنخل رقم 12. (سلطان، 2007)

6.II. معدل (سرعة) تجفيف الثوم:

غالبا تستغرق مدة تجفيف الثوم من 8 إلى 11 ساعة في جو حار وجاف. إن معدل التجفيف ليس ثابتا خلال زمن التجفيف وإنما يتناقص بتناقص كمية الرطوبة والتي يجب أن تكون في الثوم المجفف أقل من 6.75 %. (يوسف الساعد، 2009). (سلطان، 2007)

7.II. العلاقة بين محتوى الرطوبة والزمن ومعدل التجفيف:

مما سبق، عندما يجفف الثوم تستخرج عمليا العلاقة بين معدل التجفيف والزمن ومحتوى الرطوبة للثوم، وترسم العلاقة بينهم كما في الشكل التالي:



الشكل (5.II): رسم تخطيطي لمنحنيات توضح العلاقة بين محتوى الرطوبة والزمن ومعدل التجفيف. (عبد الحسين، عبد الشكور، 2010)

II.8. التركيب الكيميائي للثوم المجفف :

المركبات الغذائية بالثوم المجفف	القيمة الغذائية لكل 100 غرام ثوم
الطاقة الغذائية بالكيلو سعر حراري	322
الحديد بالمليغرام	3
المنجنيز بالمليغرام	58
الفوسفور بالمليغرام	417
الكالسيوم بالمليغرام	55
الزنك بالمليغرام	3
الكربوهيدرات الكلية بالغرام	77.6
البروتين	16.8
الماء بالغرام	6.5
البوتاسيوم بالمليغرام	1101
الصوديوم بالمليغرام	26
الألياف بالغرام	1.9
الدهون بالغرام	0.4

الرماد بالغرام	3.3

الجدول (4.II): جدول يوضح التركيب الكيميائي للثوم المجفف. (سلطان، 2007)

9.II. أوجه الاختلاف بين الثوم الطازج والمجفف:

- وجد أن5 أرطال من الثوم الطازج تنتج رطل واحد من الثوم المجفف.
- لون الثوم الطازج يميل إلى الأبيض في حين يكون لون الثوم المجفف مائلا إلى الأصفر الذهبي.
- الثوم المجفف متاح تجاريا وفي عدة أشكال منها المجروش والمفروم والمقطع أو على شكل مسحوق حبيبي، عكس الثوم الطازج الذي لا يتوفر إلا في فصل الإنتاج بالنسبة للدول ذات الطقس غير المعتدل.
- رائحة وطعم الثوم الطازج أقوى وتستمر لفترة طويلة مقارنة بالثوم المجفف.
- القيمة الغذائية للثوم الطازج تعتبر أفضل من الثوم المجفف، حيث أن الثوم المجفف أثناء تجفيفه يفقد الكثير من الفيتامينات أهمها فيتامين ج.
- مستخلص الثوم الطازج فعال في تقليل مستويات الكوليسترول في الدم ويعتبر أكثر فاعلية من الثوم المجفف.
- الزيت التجاري للثوم الغير مجفف (الطازج) قوته تساوي 200 مرة من الثوم المجفف.
- راتنجات الثوم التي تكون منتشرة في الزيت تحتوي على 5غرام زيت عطري لكل 100غرام ثوم، حيث كل 45.45 كيلوغرام من الثوم الطازج يعطي 0.93 كيلوغرام من الراتنجات في حين نفس

الوزن للثوم المجفف يعطي 3.63كيلوغرام من الراتنجات والراتنجات هي إفراز عضوي يحتوي على المركبات الهيدروكربونية للنبات.

- تكاليف نقل وتخزين الثوم المجفف أقل مقارنة بالثوم الطازج.
- الثوم الطازج أكثر عرضة للتلف من الثوم المجفف. (سلطان، 2007)

10.II. مميزات حفظ الثوم بالتجفيف:

- انخفاض وزن وحجم الثوم نتيجة لإزالة جزء كبير من رطوبته مما يقلل من تكاليف التعبئة والنقل والتخزين، وتبدو أهمية ذلك جليا في الحروب والمجاعات والكوارث الطبيعية كالزلازل والأعاصير.
- قلة التكاليف اللازمة لإجراء عملية التجفيف مقارنة بطرق الحفظ الأخرى من تعليب وتجميد خاصة التجفيف الطبيعي الشمسي.
- سهولة تخزينه حيث لا يتطلب الأمر أكثر من مكان نظيف وجاف وخالي من الحشرات والفئران دون الخوف عليه من تعرض الحشرات له، لأن رائحة الثوم النفاذة تحول دون ذلك.
- التلوث الميكروبي قليل مقارنة بالأنواع الأخرى من الخضار المجففة. (حلابو، بخيت، بديع، 2008)
- يسمح تجفيف الثوم بالمحافظة عليه لمدة طويلة واستعماله في غير موسمه.
- أهم ما يميز الثوم المجفف هو الرائحة والنكهة القوية، حيث يستخدم على المستوى التجاري في تتبيل اللحوم، ويعتبر تابلا من التوابل ويستخدم بكثرة في الأغذية المعلبة والمجففة والمجمدة والسجق والشوربة. (سلطان، 2007)

II.11. عيوب تجفيف الثوم :

- تذبذب درجات الحرارة (انخفاضها عن 35C° درجة مئوية) يؤدي إلى طول مدة التجفيف، حيث في هذه الظروف يكون عرضة ومتاحا لنمو الكائنات الدقيقة أثناء تجفيفه نظرا لطول المدة اللازمة، مما يؤدي إلى تلف الثوم المراد تجفيفه.
- حدوث عملية التجفيف في العراء يعرض الثوم لخطر التربة والتلوث ويكون متاحا لحدوث بعض التفاعلات الكيميائية التي تؤثر على اللون والنكهة.
- يحتاج التجفيف الشمسي للثوم إلى مساحة كبيرة تصل إلى حوالي هكتار للمحصول الناتج عن 20 هكتار، ولا تصلح إلا في أماكن الطقس الهادئ والمستقر الخالي من احتمالات سقوط الأمطار. (حلابو، بخيت، بديع، 2008)
- من ناحية القيمة الغذائية فتجفيف الثوم ينتج عنه أكبر قيمة فقد للفيتامينات.
- الثوم المجفف ليس فعالا مثل الثوم الطازج حيث عند التسخين أو التجفيف يحدث تكسير للأجوين التي تمنع تجمع الصفائح الدموية في الجسم. (سلطان، 2007)

الاستنتاج:

من خلال هذا الفصل نستنتج أن التجفيف الشمسي يعتبر أقدم طريقة استخدمها الإنسان لحفظ الطعام لمواجهة المواسم المتكررة من نقص الغذاء والمجاعات والكوارث الطبيعية، يعرف التجفيف باستخلاص الماء (الرطوبة) الموجود في المنتوج من أجل منع أي تفاعلات إنزيمية أو أنشطة للكائنات الدقيقة التي قد تؤدي إلى تحللها وتعفنها. يظل تجفيف المحاصيل والمنتجات الزراعية وأبرزها الثوم عن طريق التعرض المباشر لأشعة الشمس الطريقة الأكثر استخدامًا في العديد من البلدان نظرا لبساطتها وانخفاض تكلفتها. ومع ذلك، فإن الثوم

المجفف يجب أن يستوفي الشروط المناسبة من كمية الرطوبة والوزن المطلوب لكن رغم قلة تكاليف التجفيف الشمسي في الهواء الطلق إلا أن الثوم المجفف بهذه الطريقة غالبًا ما يكون ذا نوعية رديئة لأنه يتعرض مباشرة للأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء والطقس السيئ والحشرات. فيسبب هذا انخفاضا في الإنتاجية واحتياجا إلى وقت تجفيف أطول من المطلوب مما يؤدي إلى تدهور(تعفن) وفقدان جزء كبير من القيمة الغذائية للثوم مقارنة بالطرق الأخرى. ولمعالجة هذه النواقص، فإن اللجوء إلى استخدام مجففات الطاقة الشمسية هو بديل مثير للاهتمام. وتضمن هذه التقنية الأكثر كفاءة والأكثر أمانًا أوقات تجفيف قصيرة نسبيًا وجودة عالية جدًا للمنتوج النهائي (الثوم المجفف).

الفصل الثالث: الجزء التطبيقي

1.III .المقدمة:

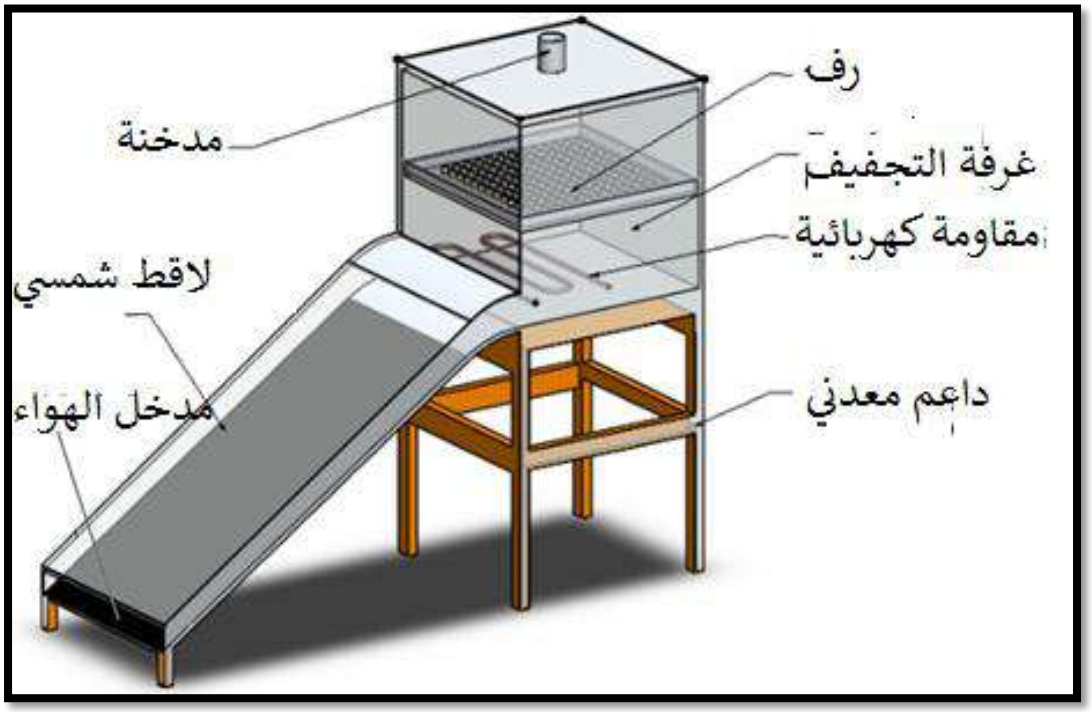
هذا العمل اعتمد على استغلال نتائج العمل التجريبي الذي يدخل في إطار اتفاقية بين مخبر الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق الصحراوية والجافة بجامعة ورقلة، الجزائر. ومخبر التحكم والحوسبة للأنظمة الذكية والطاقة الخضراء بجامعة قاضي عياض، المغرب. وتم إنجازه من طرف فريق بحث مختلط من المخبرين السابقين.

2.III .طريقة ووسائل العمل:

1.2.III . وصف المجفف:

يتكون المجفف المستعمل (الشكل III. 1) بشكل أساسي من(1) حجرة تجفيف بحجم 1م^3 ولاقط شمسي بمساحة 2 م^2 شمسي يحتوي على لوح ماص ومرفق مباشرة بغرفة التجفيف دون استخدام أي موصلة هوائية ؛ (2) مروحة كهربائية قطرها 10 سم ، تستخدم لتسريع هواء التجفيف ؛ و (3) مقاومة كهربائية تستعمل كنظام تسخين إضافي موضوعة داخل حجرة التجفيف (2 كيلو وات: دقة ± 2٪). اللاقط الشمسي مثبت ومائل بزاوية 30 درجة إلى الجانب الأفقي المواجه للجنوب.

المجفف الشمسي الهجين يعمل كالآتي: تقوم الطبقة الماصة لأشعة الشمس بتسخين الهواء الداخل عبر اللاقط الشمسي. الهواء الساخن يدخل غرفة التجفيف تحت درجة حرارة متغيرة، الغرفة مزودة بنظام تسخين إضافي نستطيع من خلاله التحكم في درجة حرارة التجفيف. يتم استخراج هواء التجفيف بواسطة مروحة، يمكن التحكم في سرعة دوران المروحة الكهربائية، عن طريق ضبط الطاقة الكهربائية التي يتم توصيلها.



الشكل (1.III): رسم توضيحي للمجفف المستعمل.

2.2.III.طريقة تحضير المنتج:

خلال هذه التجربة،20 كغ من فصوص الثوم تم تجفيفها. تم اختيار فصوص بسمك 1.5 سم واحدًا تلو الآخر باستخدام معيار بصري مثل الطول، الخلو من الإصابة ودرجة النضج. تم تقشير فصوص الثوم وتقطيعها إلى نصف شرائح ثوم بسمك 0.75 سم.

3.III. دراسة نمذجة التجفيف:

هذا الجزء يعتمد على استعمال البرنامج ستات جرافيت (Stat Graphic) وفقا لتصميم تجريبي كامل من الشكل 2^2 (Graphic) .

الجدول III 1 : عوامل واستجابات التجفيف.

التجارب	العوامل		الإستجابة	
/	درجة الحرارة TEMP (°C)	سرعة الهواء VIT (m/s)	زمن التجفيف DUREE (h)	بوليفينول PP (mg EAG/g MS)
1	50	4.1	7	50.3333
2	70	4.1	3	53.0833
3	50	6.9	3.5	61.0417
4	70	6.9	2.5	46.625

III.3.1.تحليل النتائج:

III.3.1.1. مدة التجفيف:

تحليل النتائج التجريبية عن طريق البرنامج Stat Graphic بواسطة طريقة التصميم التجريبي، أعطت النموذج الرياضي المتعلق بالزمن التالي:

DUREE = 4,0 - 1,25*TMP - 1,0*VIT + 0,75*TMP*VIT

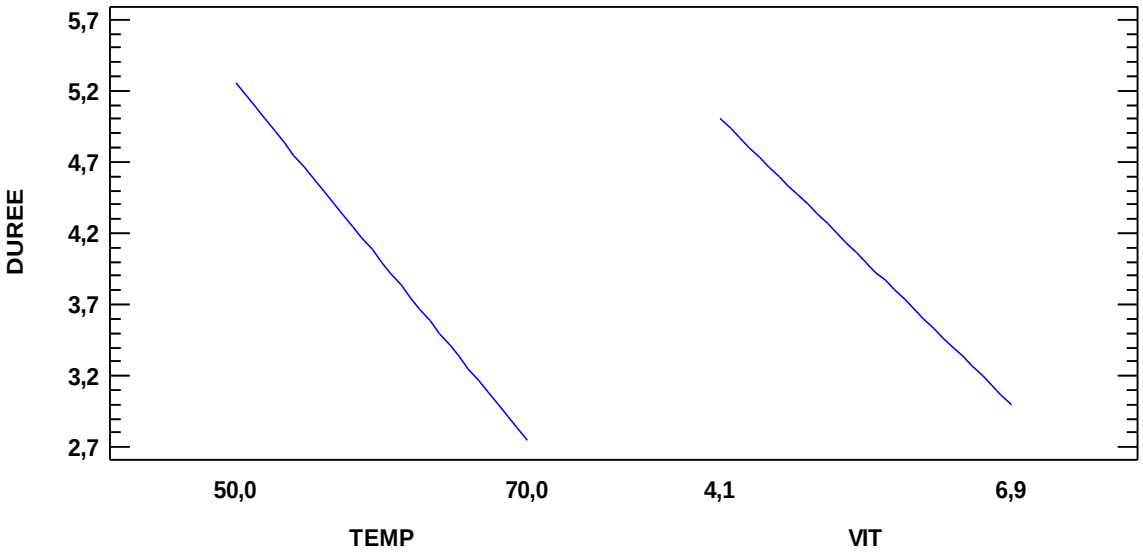
هذا النموذج الرياضي يمثل قيم تأثيرات درجة حرارة التجفيف وسرعة الهواء والتداخل بينهما، ويمكن تلخيصها في الجدول التالي:

الجدول (2.III) : قيم معاملات النموذج الرياضي لمدة التجفيف .

المعامل	القيمة
القيمة الثابتة(قيمة الاستجابة في مركز مجال الدراسة)	4.0
تأثير درجة الحرارة	1.25-
تأثير سرعة هواء التجفيف	1-
التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء	0.75

1.1.1.3.III. تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على مدة التجفيف:

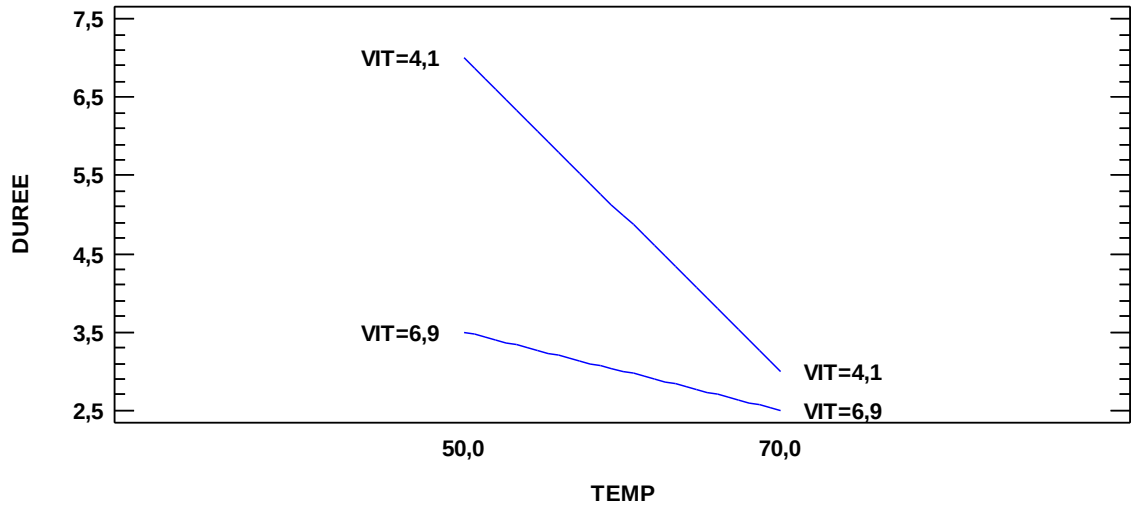
الشكل (2.III) : يمثل التأثير المزدوج لدرجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف على مدة التجفيف، من خلال هذا الشكل نلاحظ أنه كل من درجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف لديهما تأثيرا سلبيا معتبرا على مدة التجفيف. بالنسبة لدرجة الحرارة نسجل تأثيرا بقيمة 1.25- ، أي كلما ترتفع درجة الحرارة من 50 إلى 60 درجة مئوية تتناقص مدة التجفيف بساعة واحدة و 15 دقيقة ، في حين نسجل تأثيرا بقيمة 1- بالنسبة لسرعة الهواء، أي كلما ترتفع سرعة الهواء من 4.1 إلى 5.5 م/ثا تتناقص مدة التجفيف بساعة واحدة وهذا يوضح بأن تأثير سرعة الهواء أقل بقليل من تأثير درجة الحرارة.



الشكل (2.III): تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على مدة التجفيف.

2.1.1.3.III. تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء:

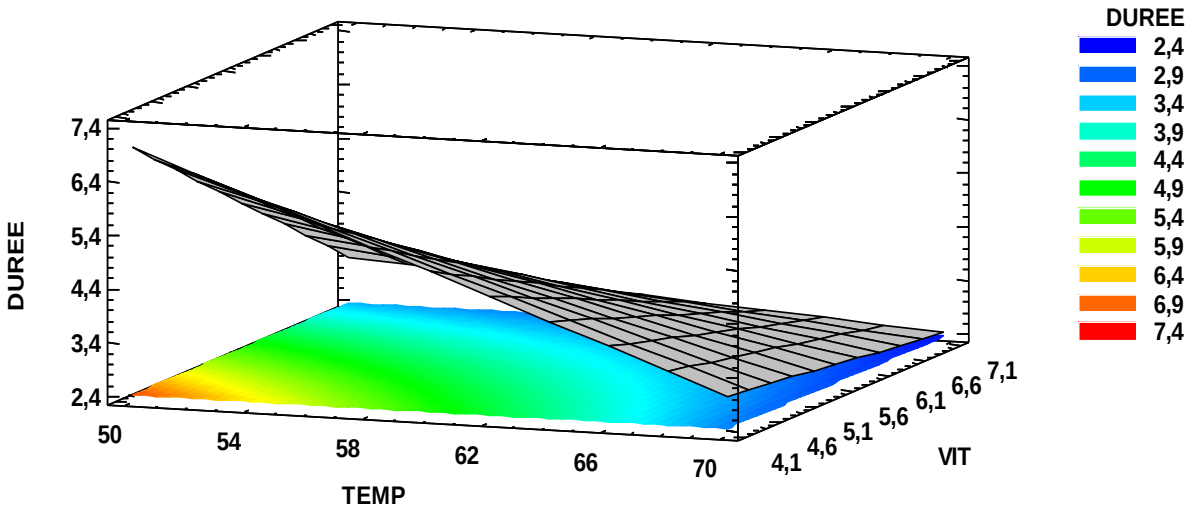
الشكل (3 III) يمثل تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء، حيث يظهر الشكل بأن تأثير درجة الحرارة عند سرعة الهواء 4.1 م/ثا أكبر منه عند السرعة 6.9 م/ثا.



الشكل (3.III) : تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء.

3.1.1.3.III. أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لزمن التجفيف:

الشكل (4.III) يمثل أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لزمن التجفيف بدلالة درجة حرارة التجفيف وسرعة الهواء، نلاحظ بأن الشكل يوضح بأن مدة التجفيف تتناقص بزيادة درجة الحرارة وزيادة سرعة الهواء، حيث نسجل القيمة الدنيا عند درجة 50 درجة مئوية وعند سرعة الهواء 6.9 م/ثا.



الشكل (4.III): أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لزمن التجفيف.

2.1.3.III. تركيز البوليفينول:

تحليل النتائج التجريبية عن طريق البرنامج Stat Graphic بواسطة طريقة التصميم التجريبي، أعطت النموذج الرياضي التالي المتعلق بتركيز بالبوليفينول:

$$PP = 52,7708 - 2,91667*TMP + 1,06253*VIT - 4,29168*TMP*VIT$$

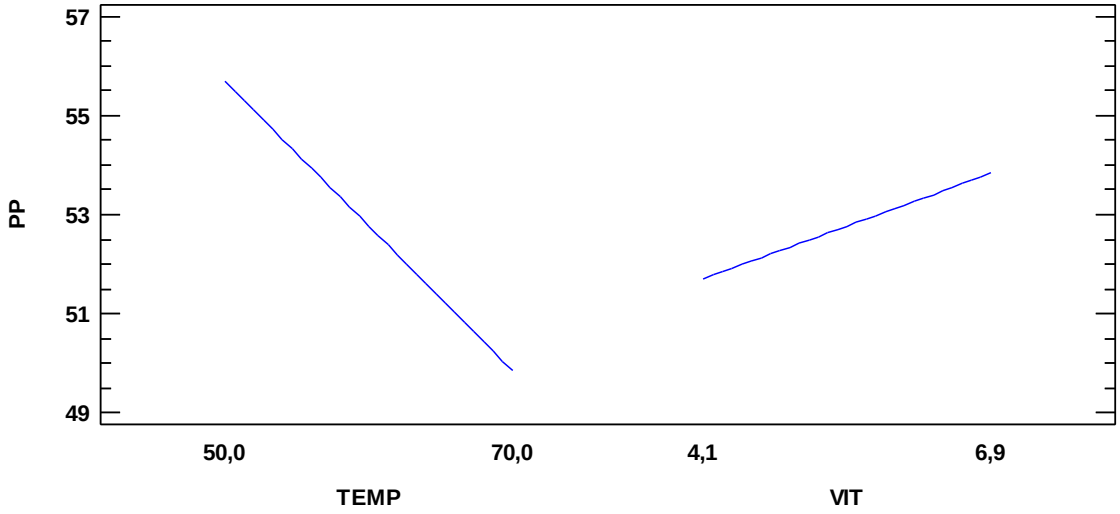
هذا النموذج الرياضي يمثل قيم تأثيرات درجة حرارة التجفيف وسرعة الهواء والتداخل بينهما، ويمكن تلخيصها في الجدول التالي :

المعامل	القيمة
القيمة الثابتة(قيمة الاستجابة في مركز مجال الدراسة)	52.7708
تأثير درجة الحرارة	−2.9
تأثير سرعة هواء التجفيف	1.0625
التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء	−4.2917

الجدول (3.III) : قيم معاملات النموذج الرياضي لتركيز البوليفينول .

1.2.1.3.III. تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول:

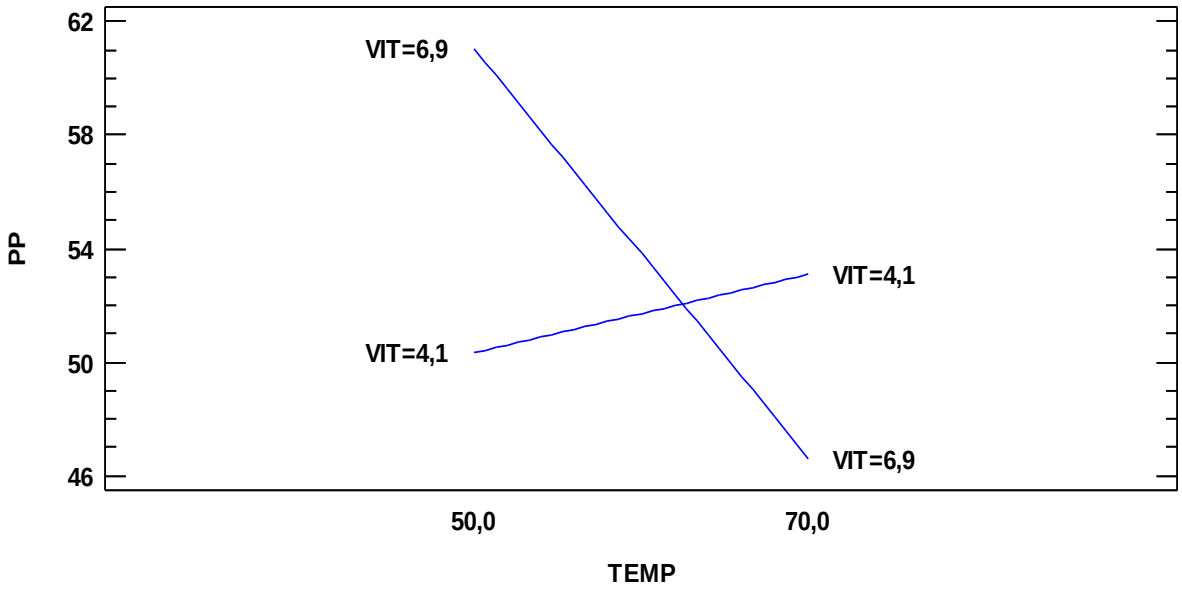
الشكل (5.III) : يمثل التأثير المزدوج لدرجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف على تركيز البوليفينول، من خلال هذا الشكل نلاحظ أن درجة الحرارة لها تأثير سلبي على تركيز البوليفينول أي كلما تزداد درجة حرارة التجفيف تتناقص نسبة البوليفينول في المنتوج المراد تجفيفه (الثوم)، وحسب الجدول السابق (2.III) فإن قيمة تأثير درجة الحرارة هو2.9− وهذا يعني أنه كلما ترتفع درجة الحرارة من 50 إلى 60 درجة مئوية فإن تركيز البوليفينول يتناقص بـ 2.9− (mg EAG/g MS) . بالنسبة لسرعة الهواء وخلافا لتأثير درجة الحرارة فإن الشكل (5.III) ، يوضح بأن لها تأثيرا ايجابيا ومقدار هذا التأثير حسب الجدول (2.III) هو1.0625، أي كلما ترتفع سرعة الهواء من 4.1 إلى 5.5 م/ثا يزداد تركيز البوليفينول بـ 1.0625. من خلال هذه النتائج نستنتج بأن تجفيف الثوم في درجات حرارة مرتفعة وسرعة هواء منخفظة يؤثر سلبيا على نوعية المنتوج.



الشكل(5.III): التأثير المزدوج لدرجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف على عديدات الفينول.

2.2.1.3.III. تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول:

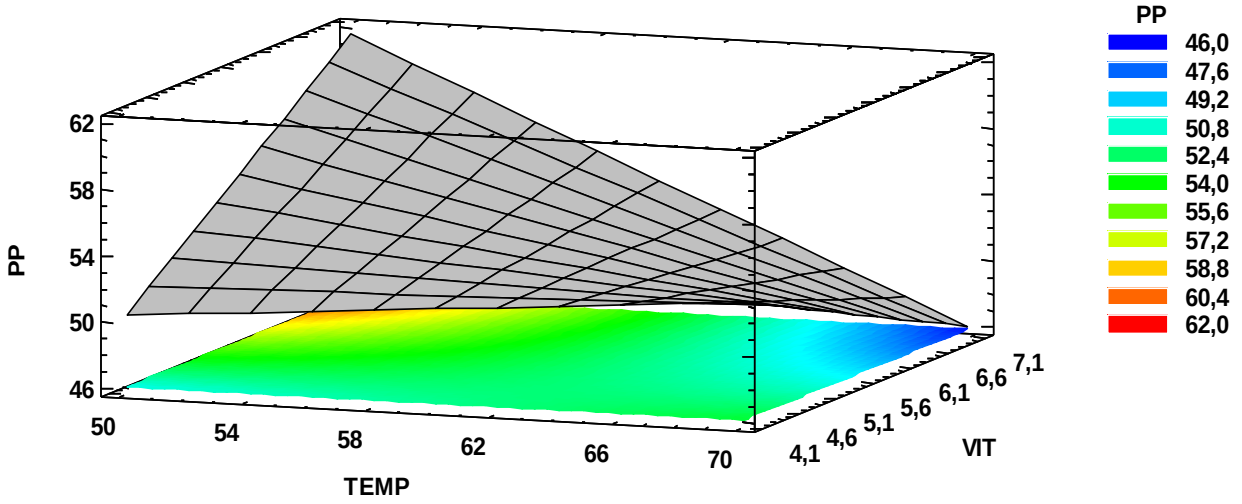
الشكل (III 6) يمثل تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول ، حيث يظهر الشكل بأن تأثير درجة الحرارة عند سرعة الهواء 6.9 م/ثا أكبر منه عند السرعة 4.1 م/ثا



الشكل (6.III) : تأثير التداخل بين درجة الحرارة وسرعة الهواء على تركيز البوليفينول

III.3.2.1.3. أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لتركيز البوليفينول:

الشكل (7.III) يمثل أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لتركيز البوليفينول بدلالة درجة حرارة التجفيف وسرعة الهواء، من خلال هذا الشكل نلاحظ بأن تركيز البوليفينول تتزايد بزيادة سرعة الهواء ونقصان درجة الحرارة ، حيث نسجل القيمة الأعظمية المقدرة ب 61.0417(mg EAG/g MS) لتركيز البوليفينول عند درجة حرارة 50 وسرعة هواء 6.9 م/ثا.



الشكل(7.III) : أسطح الاستجابة و الخطوط الكنتورية لتركيز البوليفينول.

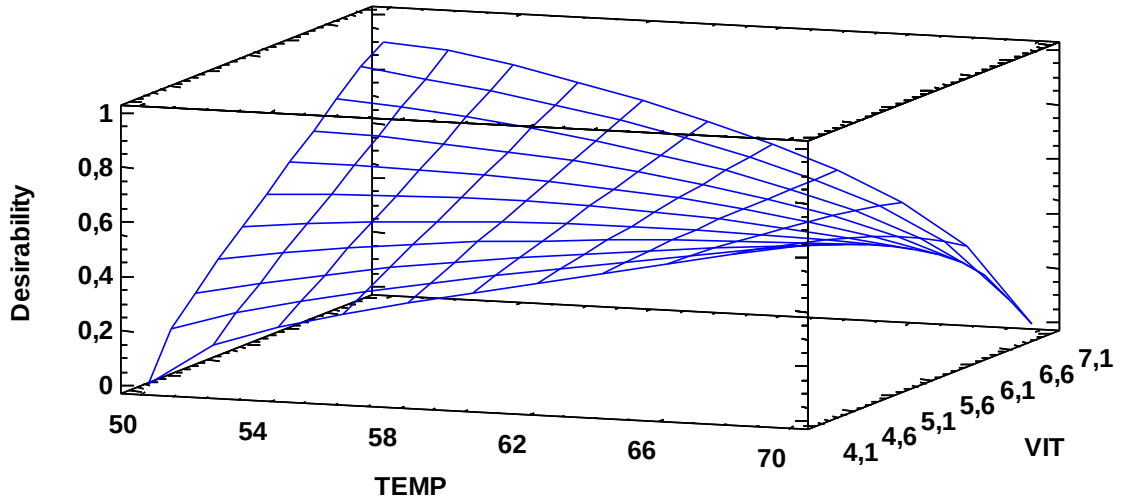
III.4. البحث عن الشروط المثلى لعملية التجفيف :

لإيجاد الشروط المثلى لدرجة الحرارة وسرعة الهواء، قمنا بدراسة تعتمد على طريقة التصميم التجريبي (Multiple Response Optimisation). الهدف من هذه الدراسة هو تقليل وقت التجفيف وتعظيم تركيز البوليفينول. نتائج الدراسة الموضحة في الجدول (3.III) تبين بأن الشروط المثلى لعملية التجفيف تمثلت في درجة حرارة 50 درجة مئوية وسرعة هواء 6.9 م/ثا، في حين القيم المثلى للإستجابات تمثلت في قيمة 3.5 ساعة بالنسبة للزمن وقيمة 61.0417 (mg EAG/g MS) بالنسبة لتركيز البوليفينول.

الشكل (8.III) يوضح بأن القيمة الأمثل للإستحسان في الشروط المثلى للتجفيف تقدر بـ 0.88 وهذة القيمة قريبة من 1 وتدل على أن النتائج المحصل عليها مقبولة ويمكن أخدها بعين الإعتبار في حالات التطبيقات العملية.

الجدول (4.III) : الشروط المثلى والإستجابات المثلى لعملية التجفيف.

الشروط	**القيمة المثلى**
درجة الحرارة	50
سرعة الهواء	6.9
الإستجابة	**القيمة المثلى**
DURRE	3.5
PP	61.0417



الشكل (8.III) : قيم الإستحسان بدلالة درجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف.

الخاتمة العامة:

يعتبر هذا العمل دراسة لنمذجة عملية تجفيف منتوج الثوم وقد اعتمد على استغلال نتائج العمل التجريبي الذي يدخل في إطار اتفاقية بين مخبر الطاقات الجديدة والمتجددة في المناطق الصحراوية والجافة بجامعة ورقلة، الجزائر. ومخبر التحكم والحوسبة للأنظمة الذكية والطاقة الخضراء بجامعة قاضي عياض، المغرب، المجفف المستعمل في هذه الدراسة هو عبارة عن مجفف هجين غير مباشر.

دراسة نمذجة التجفيف اعتمدت على استعمال البرنامج ستات جرافيت (Stat Graphic) وفقا لتصميم تجريبي كامل من الشكل 2^2، وقد بينت النتائج أن :

درجة الحرارة وسرعة هواء التجفيف لديهما تأثيرا سلبيا معتبرا على مدة التجفيف.

درجة الحرارة لها تأثير سلبي على تركيز البوليفينول في حين سرعة الهواء لها تأثير إيجابي.

الشروط المثلى لعملية التجفيف تمثلت في درجة حرارة 50 درجة مئوية وسرعة هواء6.9 م/ثا، في حين القيم المثلى للاستجابات تمثلت في قيمة 3.5 ساعة بالنسبة للزمن وقيمة 61.0417 (mg EAG/g MS) بالنسبة لتركيز البوليفينول.

المراجع و المصادر

الكتب باللغة العربية

1. أحمد فريد السهريجي، أساسيات هندسة التصنيع الزراعي، المكتبة الأكاديمية، كلية الزراعة، (القاهرة: المكتبة الأكاديمية، 1997).
2. جابر سالم موسى القحطاني، موسوعة جابر لطب الأعشاب: الجزء الأول، (الرياض: مكتبة العبيكان، 2008، طبعة2)
3. جاسم محمد جندل، الطب الشعبي -دليل موسع لعلاج الأمراض بالأدوية الطبيعية الخالية من الإضافات الكيماوية (بيروت: دار الكتب العلمية،2011)
4. رامي عطا أبو سمية، الخضروات-الفوائد والأضرار، (عمان :دار خالد اللحياني للنشر والتوزيع، 2017)
5. سحر سلطان عبد الحميد، الأعشاب والتوابل-القيمة الغذائية والحماية من الأمراض، (القاهرة:مجموعة النيل العربية، 2007)
6. 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)
7. عادل السيد مبارك، حفظ الأطعمة، مكتبة الأنجلو المصرية، 2009.
8. علي كامل يوسف الساعد، جودة الفواكه والخضار وطرق تجفيفها (عمان:دار مجدلاوي، 2009)
9. فتحية محمد رمضان برقان، الموسوعة النباتية للخضروات (عمان:دار المأمون، 2008)
10. محمد عبد النبي غزال، حمزة موسى كاظم، نشأت علي يعقوب، استخدام تقنية زراعة الأنسجة في إكثار نبات الثوم الصنف المحلي، 2009.
11. محمود شاكر عبد الحسين، عبد الله عبد الشكور، العمليات الصناعية-الأمن الصناعي إدارة محطات الخدمة، القاهرة، 2006.
12. محمود شاكر عبد الحسين، عبدالله عبد الشكور، العمليات الصناعية، (عمان: دار اليازوري، 2010)

13. ميس إبراهيم درس، كيمياء التجميل (عمان: مركز الكتاب الأكاديمي، 2016)

14. هيام محمود رزق، معصومة حسين علامة، أسرار النباتات البصلية-البصل والثوم والكراث، (بيروت: دار القلم للطباعة والنشروالتوزيع، 2016)

الكتب باللغة الأجنبية

1. 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.

2. Amalendu Chakravarty and, Arun S. Mujumdar, Hosahalli S. Ramaswamy,

Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices, (New-York: Marcel Dekker, 2003)

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

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

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

المذكرات باللغة العربية

1. العلمي حورية، دحواس جمال الدين، الدراسة الفيتو كيميائية والنشاط المضاد للبكتيريا لنبات الثوم،مذكرة ماستر أكاديمي قسنطينة: جامعة الأخوة منتوري، 2015)

2. شهرة قادري، دراسة مقارنة تجريبية وعددية لانتقال الحرارة في المجفف الشمسي، مذكرة تخرج ماستر أكاديمي، (الوادي : جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، 2019/2018)

3. لامية زيناي، سهام طواهر، أمثلة العوامل المؤثرة في التجفيف الشمسي لبعض المنتجات الغذائية بواسطة طريقة مخططات التجارب، مذكرة ماستر أكاديمي (ورقلة : جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2019/2018).

المذكرات باللغة الأجنبية

1. 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.
2. Adnane Degla, Rima Sioued, séchage solaire des dattes deglet-nour : simulation numérique, mémoire master academique, université kasdi merbah ouargla, 2014/2015.
3. Ahmed Abdelouahed, Bachir Temacini, étude expérimentale du séchage solaire des produits agro-alimentaires de la région d'el-oued, mémoire de fin de d'étude présenté pour l'obtention du déplome master academique, université echahid hamma lakhdar d'el-oued, 2017/2018.
4. Anis Saf, Souad Reddam, technologies de séchage étude de cas : séchage de deux matrices végétales par étuve, mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du déplome master, université A-MiRA-Bejaia, 2011.
5. Bachir Said, modélisation mathématique de séchage solaire indirect des dattes deglet-nour réhumidifies, mémoire master académique, université kasdi merbah ouargla, 2015.
6. Nadia chalal, étude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect, mémoire présente pour l'obtention du déplome de magister en génie climatique, université mentourie-constantine, 2007.

7. 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.

المقالات

1. أسعد رحمان سعيد الحلفي، صباح مالك حبيب الشطي، عبد الرضا عاتي جعفر، تصميم وتصنيع مجفف للأسماك بالطاقة الشمسية تحت التفريغ ودراسة كفاءته، مجلة أبحاث البصرة (العمليات) (العراق: جامعة البصرة-قسم علوم الأغذية-كلية الزراعة، العدد39، الجزء1.B 2013)

2.غسان جايد زيدان، قتيبة يسر عايد، انس منير توفيق، تأثير موعد الزراعة وتغطية التربة في نمو وحاصل الثوم، مجلة ديالي للعلوم الزراعية، (العراق: كلية الزراعة/جامعة تكريت، 3(1)، 2011)

الملخص:

يعتبر هذا العمل دراسة جديدة للتجفيف الشمسي لمنتوج الثوم عن طريق مجفف هجين وغير مباشر، نهدف من خلاله إلى معرفة تأثير درجة الحرارة وسرعة الهواء على زمن التجفيف وتركيز البوليفينول وذلك باستعمال البرنامج ستات جرافيت (Stat Graphic)وفقا لتصميم تجريبي كامل من الشكل 2^2

نتائج هاته الدراسة أظهرت :

ومدة التجفيف النتائج أن درجة الحرارة وسرعة الهواء الساخن لها تأثير مهم. نستخلص إذن أنه من أجل التحكم في عملية التجفيف الشمسي لمنتج زراعي ما يجب التحكم جيدا في عوامل الهواء الساخن.

الكلمات المفتاحية: التجفيف الشمسي، الثوم، الهواء الساخن، درجة الحرارة.

Résumé :

Ce travail est considéré comme une nouvelle étude du séchage solaire du produit à l'ail au moyen d'un séchoir hybride et indirect, à travers lequel nous visons à connaitre l'effet de la température et de la vitesse de l'air sur le temps de séchage et la concentration en polyphénols en utilisant le programme stat Graphic selon un plan expérimental complet de la figure 2^2.

Les résultats de cette étude ont montré :

La durée de séchage fait que la température et la vitesse de l'air chaud ont une influence importante. nous concluons que pour contrôler le processus de séchage solaire d'un produit agricole, il est nécessaire de bien contrôler les facteurs d'air chaud.

Mots clés : séchage au soleil, ail, air chaud, température.

Abstract

This work is considered a new study of solar drying of garlic product by means of a hybrid and indirect dryr, through which we aim to know the effect of temperature and air velocity on the drying time and the concentration of polyphenols by using the program stat Graphic according to a complete experimental design of the figure 2^2.

The results of this study showed :

The drying time results that the temperature and speed of the hot air have an important influence. We conclude then that in order to control the solair drying processus of an agricultural product, it is necessary to control well the factors of hot air.

Key words: sun drying, the garlic, hot air, temperature.