



الجمهورية العربية السورية

جامعة البعث

كلية الهندسة الكيميائية والبترونية

قسم الهندسة الغذائية

## تأثير التجفيف الأسموزي على الثوم قبل حفظه بالتجميد

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الغذائية

اختصاص حفظ وتخزين الأغذية

المهندسة

وجد شحادة

إجازة في الهندسة الغذائية

الإشراف العلمي

د. عبد العزيز عبارة

أ. د. أنطون يوسف

مشرفاً مشاركاً

مشرفاً علمياً

2020 م – 1441 هـ



## الملخص

تم في هذا العمل دراسة تأثير المعاملات التكنولوجية على عملية التجفيف الأسموزي للثوم، حُفظت عينات الثوم بالتجميد في درجة حرارة  $18^{\circ}\text{C}$  - لمدة ستة أشهر.

استخدمت في الدراسة محاليل ملحية ذات تراكيز 10% و 15% و 20% كمحاليل أسموزية، حيث تمت عمليات التجفيف الأسموزي على درجات حرارة  $25^{\circ}\text{C}$  و  $35^{\circ}\text{C}$  و  $45^{\circ}\text{C}$  لقطع الثوم ذات الشخانات 5 mm و 10 mm و 20 mm، كما اعتمدت نسبة المنتج إلى المحلول بمعدل 5/1 وقد تم تحديد نسبة الفقد في الماء  $W_L$  ونسبة الكسب في المادة الصلبة  $S_G$  وحدد أيضاً معامل كفاءة عملية التجفيف الأسموزي  $P_r$  خلال الأزمنة 30 و 60 و 90 و 120 دقيقة.

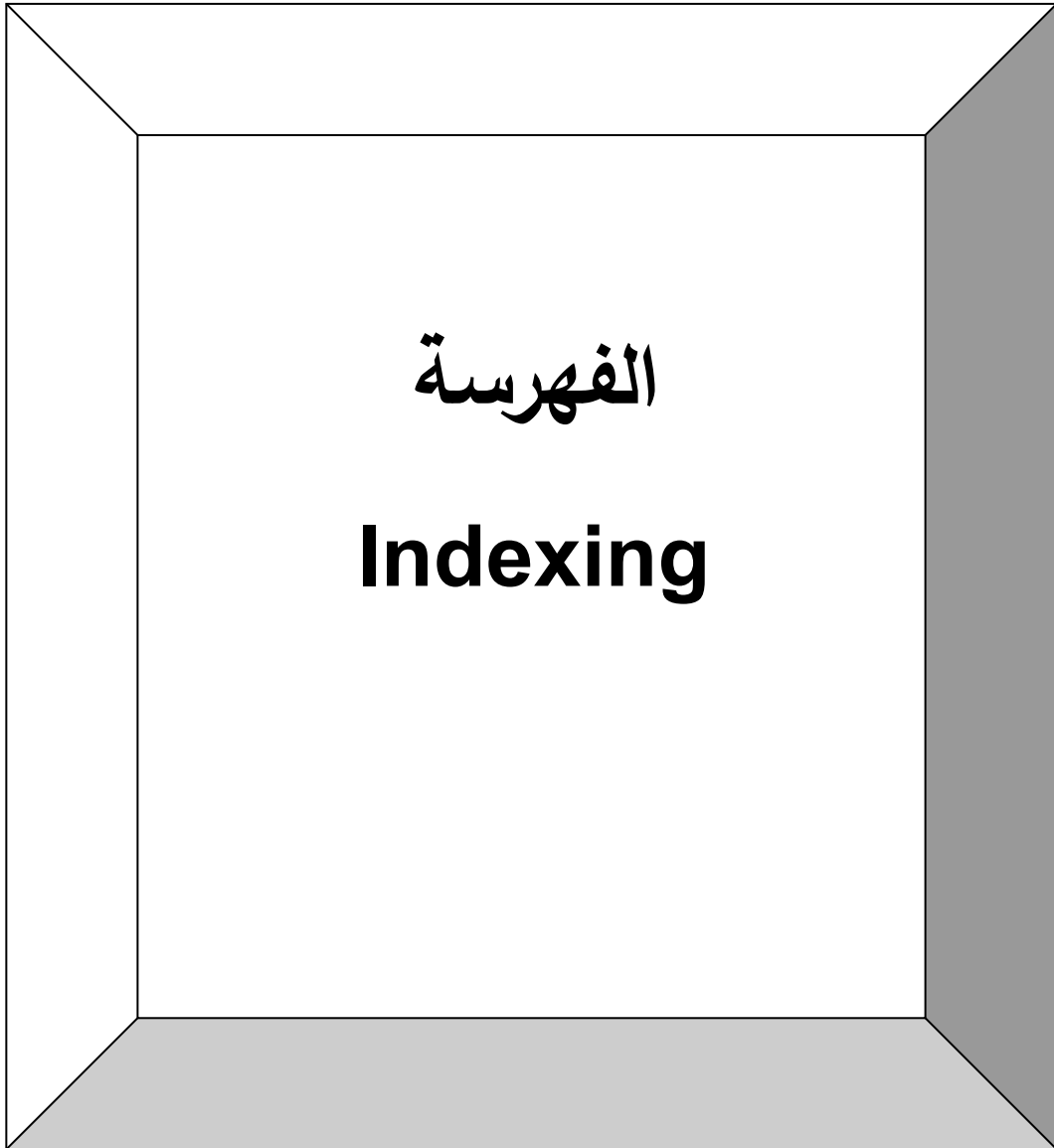
بينت الدراسة أن أعلى معدل لمعامل الكفاءة  $P_r$  كان لعينات الثوم ذات الشخانة 5 mm عند درجة الحرارة  $35^{\circ}\text{C}$  وتركيز 15% خلال زمن 90 دقيقة. حيث وصلت قيمة  $P_r$  إلى ( $P_r=3.05\%$ ) وقابل هذه القيمة نسبة فقد بالماء مقدارها ( $W_L=36.96\%$ ) ونسبة الكسب بالمادة الصلبة بمقدار ( $S_G=12.10\%$ ).

تم تخزين عينات الثوم التي جففت أسموزياً عند أفضل قيم ل  $P_r$  تخزيناً مجمداً عند درجة حرارة  $18^{\circ}\text{C}$  - لمدة ستة أشهر، حيث تمت تعبئة العينات في أكياس من البولي إيثيلين ووُضعت في المجمدة مع عينات الثوم الشاهد التي لم تخضع للمعالجة الأسموزية.

تم تحديد القوام وفعالية الماء ونسبة المادة الصلبة الكلية ومحتوى فيتامين C وتغير اللون لعينات الثوم المجففة أسموزياً والمجمدة ولعينات الشاهد.

بيّنت نتائج عملية التخزين أفضلية العينات المعالجة أسموزيّاً من حيث مقارنة كافة الدلائل المدروسة مع عينات الشاهد.

أجريت دراسة اقتصادية لتبيان جدوى إجراء عملية التجفيف الأسموزي قبل تخزين الثوم بالتجميد وتبين أنّه يمكن تحقيق وفر اقتصادي هام من حيث السعة التخزينية للمتر المكعب الواحد للمنتجات المجمدة ومن حيث كلفة إجراء عملية التجميد نفسها.





## المحتويات

1	Indexing الفهرسة
3	المحتويات
7	قائمة الجداول
9	قائمة الأشكال التوضيحية
13	قائمة الصور التوضيحية
15	الفصل الأول: المقدمة وأهداف البحث
17	1- المقدمة وأهداف البحث
17	1-1- المقدمة:
18	1-2- أهمية البحث:
21	الفصل الثاني: الدراسة المرجعية
23	2- الدراسة المرجعية
23	1-2- مقدمة:
23	2-2- القيمة الغذائية للثوم
25	2-3- الأهمية الاقتصادية للثوم:
26	2-4- تطبيق التجفيف الأسموزي في تجهيز الأغذية:
28	2-5- تأثير متغيرات العملية على التجفيف الأسموزي:
29	2-5-1- خصائص المنتج:
30	2-5-2- المعالجة المسبقة:
31	2-5-3- تركيب وتركيز المحلول الأسموزي:
35	2-5-4- نسبة العينة إلى المحلول:
35	2-5-5- درجة حرارة العملية:
36	2-5-6- زمن العملية:
37	2-5-7- ضغط العملية:
38	2-6- الجمع بين تقنيات التجفيف:

- 38.....1-6-2- الجمع بين التجفيف الأسموزي وتطبيقات التجفيف الأخرى:
- 43.....7-2- طرائق تجفيف الثوم:
- 43.....1-7-2- تجفيف الهواء الساخن:
- 43.....2-7-2- التجفيف الشمسي:
- 44.....3-7-2- التجفيف بالأشعة تحت الحمراء:
- 45.....8-2- منتجات الثوم المجفف:
- 45.....1-8-2- مسحوق الثوم:
- 45.....2-8-2- معجون الثوم:
- 45.....3-8-2- مستخلص الثوم:
- 46.....4-8-2- زيت الثوم:
- 46.....5-8-2- منقوع الثوم:
- 47.....6-8-2- الثوم المخلل:
- 47.....7-8-2- الثوم المجفف:
- 47.....9-2- التجفيد:
- 47.....1-9-2- مقدمة في التجفيد:
- 48.....2-9-2- أهمية التجفيد كوسيلة للحفظ:
- 48.....3-9-2- الحاجة إلى التجفيد والتخزين المجد:
- 48.....4-9-2- تكنولوجيا التجفيد:
- 50.....5-9-2- عملية التجفيد:
- 50.....6-9-2- نقطة تجمد الأغذية:
- 51.....7-9-2- سلبيات طريقة الحفظ بالتجميد:
- 52.....8-9-2- الاستخدام المشترك للتجفيف الأسموزي والتجميد:
- 57.....الفصل الثالث: مواد البحث وطرائقه
- 59.....3- مواد البحث وطرائقه
- 59.....1-3- المنتج المدروس:
- 59.....2-3- منهجية دراسة عملية التجفيف الأسموزي:
- 60.....3-3- التحاليل الكيميائية والفيزيائية التي أجريت لعينات الثوم:

60	1-3-3- تقدير محتوى الرطوبة:
60	2-3-3- تقدير فيتامين C:
60	3-3-3- تحديد اللون:
61	4-3-3- فعالية الماء Water activity:
62	5-3-3- تحديد الصلابة:
63	4-3- التقييم الحسي:
64	5-3- عوامل عملية التجفيف الأسموزي:
64	1-5-3- المحاليل الأسموزية المستخدمة:
64	2-5-3- درجات الحرارة المستخدمة:
65	3-5-3- نسبة المنتج إلى المحلول الأسموزي:
65	4-5-3- زمن العملية:
65	5-5-3- ثخانة القطع:
65	6-3- المعاملات التي حددت أثناء عملية التجفيف الأسموزي:
65	1-6-3- محتوى الماء:
65	2-6-3- نسبة النقص في الماء:
66	3-6-3- الكسب في المادة الصلبة:
66	4-6-3- نقص الوزن الكلي:
67	5-6-3- كفاءة التجفيف الأسموزي:
67	7-3- التجهيزات المستخدمة:
67	1-7-3- حمام مائي مخبري:
68	2-7-3- مجفف مخبري:
69	4-7-3- ميزان دقيق:
69	5-7-3- مجمدة مخبرية:
70	6-7-3- أدوات زجاجية مخبرية:
70	7-7-3- مجفف زجاجي:
71	8-3- الدراسة الإحصائية:
73	الفصل الرابع: النتائج

4- النتائج.....	75
4-1- نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم:.....	75
4-1-1- نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة °C 25:.....	75
4.1.4 نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة °C 35:.....	82
4.1.4 نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة °C 45:.....	89
4-2- نتائج دراسة التغيرات التي طرأت على الخصائص الكيميائية والفيزيائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد:.....	97
4-3- التقييم الحسي لعينات الثوم بعد التخزين المجمد:.....	102
الفصل الخامس: الجدوى الاقتصادية.....	103
5- الجدوى الاقتصادية من عملية التجفيف الاسموزي للثوم قبل حفظه بالتجميد.....	105
5-1- مقدمة :.....	105
5-2- حساب الجدوى الاقتصادية للتجفيف الاسموزي للثوم قبل تجميده :.....	105
5-2-1- الكسب في الوزن في السعة التخزينية للمتر المكعب الواحد:.....	105
5-2-2- نسبة الوفر في الطاقة التبريدية خلال عملية التجميد:.....	106
الفصل السادس: مناقشة النتائج.....	109
6- مناقشة النتائج.....	111
الفصل السابع: الاستنتاجات والتوصيات.....	115
الاستنتاجات.....	117
التوصيات.....	118
الفصل الثامن: المراجع.....	119
المراجع الإنكليزية.....	121
المراجع العربية.....	131
Abstract.....	133

## قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1	التركيب الكيميائي للثوم لكل 100 غ	24
2	التركيب المعدني للثوم لكل 100 غ	25
3	العوامل الأسموزية المختلفة وتأثيرها في عملية التجفيف الأسموزي	33
4	وصف درجات الجودة	64
5	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 10% ودرجة حرارة 25 °C	76
6	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 15% ودرجة حرارة 25 °C	77
7	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 20% ودرجة حرارة 25 °C	78
8	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 10% ودرجة حرارة 35 °C	83
9	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 15% ودرجة حرارة 35 °C	85

85	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 20% ودرجة حرارة 35 °C	10
90	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 10% ودرجة حرارة 45 °C	11
91	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 15% ودرجة حرارة 45 °C	12
92	تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 20% ودرجة حرارة 45 °C	13
97	تغير الخصائص الكيميائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	14
99	تغير الخصائص الفيزيائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	15
102	نتائج التقييم الحسي لعينات الثوم بعد التخزين المجمد	16
107	مقدار التخفيض في الاستطاعة التبريدية عند تجميد عينات الثوم	17

## قائمة الأشكال التوضيحية

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1	عرض تخطيطي لعملية التجفيف الأسموزي	27
2	شكلاً رمزياً لكيفية تحديد مؤشرات اللون	61
3	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	79
4	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	79
5	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	80
6	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	80
7	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	81
8	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	81
9	أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة 25 °C عند اختلاف معاملات العملية	82
10	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 35 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	86
11	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة	86

	حرارة 35 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	
87	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 35 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	12
87	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 35 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	13
88	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 35 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	14
88	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 25 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	15
89	أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة 35 °C عند اختلاف معاملات العملية	16
93	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 45 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	17
93	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 45 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	18
94	النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 45 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	19
94	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 45 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	20
95	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 45 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	21
95	الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 45 °C عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي	22

96	أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند اجراء التجفيف على درجة حرارة 45 °C عند اختلاف معاملات العملية	23
98	تغير نسبة الماء في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	24
98	تغير قيم فيتامين C في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	25
100	تغير قيم فعالية الماء في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	26
100	تغير قوام عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	27
101	تغير القيمة *L في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	28
101	تغير القيمة *a في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	29
102	تغير القيمة *b في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة 18 °C -	30



## قائمة الصور التوضيحية

رقم الصفحة	عنوان الصورة	رقم الصورة
61	جهاز قياس اللون المستخدم في الدراسة	1
62	جهاز تحديد فعالية الماء المستخدم في الدراسة	2
63	جهاز تحديد القوام المستخدم في الدراسة	3
67	حمام مائي	4
67	نماذج من العينات أثناء عملية التجفيف الأسموزي	5
68	مجفف مخبري	6
68	العينات أثناء التجفيف في المجفف المخبري	7
69	الميزان المخبري المستخدم	8
69	مجعدة مخبرية	9
70	نماذج من العينات قبل وضعها في المجعدة	10
70	عينات الثوم أثناء التخزين المجمد	11
70	مجفف زجاجي	12



الفصل الأول: المقدمة وأهداف البحث

**Introduction**

**and**

**Objectives of research**



# 1 - المقدمة وأهداف البحث

## Introduction and objectives of research

### 1-1 - المقدمة:

الثوم نبات عشبي ثنائي الحول من الفصيلة الثومية *Alliaceae*، الاسم العلمي له *Alilum sativum*، ويُعدّ من التوابل القيّمة، كما يُعدّ علاجاً شعبياً لمختلف الأمراض والاضطرابات الفيزيولوجية. ويأتي اسمه من الكلمة السلتية "all" والتي تعني لاذع. بدأت زراعة الثوم في روسيا ثم انتقلت إلى الصين ومنطقة البحر المتوسط قبل أن تنتقل إلى مصر والمكسيك.

وقد استخدم الثوم لآلاف السنين لأغراض طبية، إذ تُظهر السجلات السنسكريتية استخدامه الطبي منذ حوالي 5000 سنة، وقد تم استخدامه لمدة لا تقل عن 3000 سنة في الطب الصيني، كما استخدمه المصريون والبابليون واليونانيون والرومان لأغراض علاجية. وفي عام 1858، لاحظ باستور نشاط الثوم المضاد للبكتيريا، وكان يستخدم كمطهر لمنع الغرغرينا خلال الحرب العالمية الأولى والحرب العالمية الثانية.

وتمت زراعة الثوم (*Alilum sativum* L) منذ العصور القديمة في جميع أنحاء العالم وخاصة في آسيا. ويُستخدم الثوم كتوابل في الحالة الطازجة والمجففة، وفي صناعة المواد الغذائية، إذ يتم تجفيفها إلى منتجات مختلفة مثل الرقائق والشرائح والمساحيق. ويحتوي الثوم على خصائص طبية، وهو مكون مهم في المأكولات في جميع أنحاء العالم. وتتأثر جودة إنتاج الثوم بأساليب الزراعة ومعدلات الفصوص وأحجامها. وتعدّ الصين أكبر منتج للثوم في العالم بما يزيد على 81% من الإنتاج العالمي، وتأتي الهند في المرتبة الثانية مع حصة 4.6% من الإنتاج العالمي.

**1-2- أهمية البحث:**

يُعدّ الثوم من التوابل شبه القابلة للتلف، ويلعب محتوى رطوبة المنتجات والرطوبة النسبية المحيطة دوراً مهماً في الحفاظ على جودتها. ويجب الحفاظ على هذه المواد الخام القابلة للتلف من التدهور والفساد مباشرة بعد الحصاد. يحتوي الثوم عند الحصاد على (60-65)% من الرطوبة، ويجب تخفيض مستويات الرطوبة إلى أقل من 10% للحفاظ على منتجات الثوم المجففة وإنتاجها (Diaz-Maroto *et al.*, 2002).

كانت الطرق النموذجية للحفاظ على الثوم ومنتجاته هي (1) استخدام الحرارة (السلق، البسترة، والتعقيم)، (2) تقليل درجة الحرارة (التجميد والتبريد)، (3) إزالة الماء (التركيز والتجفيف)، (4) استخدام المعالجة الكيميائية (بنزوات وسوربات وكبريتات)، (5) التشعيع و (6) التعبئة والتخزين في جو متحكم به.

من بين طرق الحفظ المختلفة، يُعدّ التجفيف الطريقة الأكثر ملاءمة وأبسط طريقة في جميع أنحاء العالم، وقد تم تطوير عدد من تقنيات التجفيف على مدى سنوات، وهي التوصيل والحمل الحراري والإشعاع. وإلى جانب الحفاظ على السلع الموسمية، يوفر التجفيف أيضاً مساحة تخزين ويقلل تكاليف النقل (Greensmith, 1998).

لا يزال التجفيف في الظل من أكثر الطرق المستخدمة على نطاق واسع لإنتاج المنتجات الغذائية المجففة، بسبب انخفاض تكلفته وتجنب تطاير الزيوت العطرية، ولكن له العديد من العيوب بسبب عدم قدرته على التعامل مع الكميات الكبيرة وتحقيق معايير الجودة المناسبة (Soysal and Oztekin, 2001).

التجفيف التقليدي الشمسي هو أقدم تقنية لحفظ الأعشاب والتوابل في البلدان النامية، وعلى الرغم من أنّها الطريقة الأقل تكلفة، إلا أنّ منتجاتها المجففة ذات نوعية رديئة. ولا تزال تجفف معظم الأعشاب والتوابل باستخدام طريقة التجفيف الشمسي التقليدية. نظراً لإعادة ترطيب المنتجات من خلال الأمطار أثناء التجفيف وأيضاً بسبب معدل التجفيف البطيء في موسم الأمطار، فإنّ المواد السامة مثل  $\alpha$ -toxin التي تنتجها الفطور توجد غالباً في المنتجات المجففة، هذه واحدة من المشاكل التي تحدّ من تصدير الأعشاب والتوابل إلى الأسواق الدولية (Janjai *et al.*, 2008).

الطريقة الأبسط والأكثر اقتصادية لتجفيف الأغذية هي الهواء الساخن في صينية حرارية، خزانة أو مجففات فراغ. لكن هذه المنتجات المجففة لها قبول أقل شعبية لأن جودتها تقل إلى حد كبير. نتجت مشاكل عن طريق تجفيف الهواء وهي القوام الخشبي، وإعادة إمالة بطيئة أو غير كاملة، وانكماش كبير بسبب انهيار الخلايا نتيجة فقدان كمية كبيرة من الماء. كما أنه يؤدي إلى تغييرات غير مرغوب فيها في اللون والملمس والنكهة وفقدان القيمة الغذائية (Krokida and Marinos-Kouris, 2003).

التجفيف بالأمواج الصغرى هو واحد من هذه الطرق، وهو الأكثر شعبية بسبب مزاياه المتعلقة بالتسخين التقليدي، مثل تقليل وقت التجفيف دون فقدان الجودة. على المستوى الصناعي، إن معالجة الأغذية باستخدام هذه التقنية فعالة من حيث التكلفة ومجدية (Mongpraneet *et al.*, 2002; Nindo *et al.*, 2003; Ren and Chen, 1998).

وعلى الرغم من المزايا المميزة للتسخين بالأمواج الصغرى، إلا أن تطبيق هذا التجفيف على المستوى الصناعي لا يزال محدوداً بسبب بعض العوامل، مثل التكاليف الأولية العالية وفقدان الرائحة وخصائص الجودة الحسية وعدم تماثل المنتجات المجففة (Assis *et al.*, 2018).

وبالتالي، فإن طريقة جديدة للتجفيف الأسموزي حظيت باهتمام في السنوات الأخيرة كتقنية لإنتاج الأغذية المتوسطة الرطوبة والأغذية الثابتة، أو معالجة مسبقة قبل التجفيف من أجل تقليل استهلاك الطاقة وضرر الحرارة (Lazarides and Fito, 1999).

التجفيف الأسموزي هو عملية إزالة الماء عند درجة حرارة منخفضة مع استهلاك طاقة منخفض. وهذا يوفر الحد الأدنى من التفكك الحراري للعناصر الغذائية بسبب انخفاض درجة حرارة عملية إزالة الماء. من المتوقع في هذه العملية إزالة ما يصل إلى 50 في المئة من ماء المادة. ولكن هذه العملية لا يمكنها إزالة الرطوبة إلى المستوى الذي يمنع النمو الميكروبي (Barbosa- Canovas and Vega-Mercado, 1996).

التجفيف الأسموزي هو إحدى تقنيات الحفظ الممكنة لإنتاج منتجات عالية الجودة. تمت دراسة عملية التجفيف الأسموزي للعديد من الفواكه والخضروات، مثل التفاح والموز والجزر والكرز والحمضيات والعنب والجوافة والمانجو والصابار وما إلى ذلك (Magure, 1988; Fito,

1994; Chaudhari *et al.*, 2000; Tedjo *et al.*, 2002; Changrue, 2006; .Segovia *et al.*, 2009; Pisalkar *et al.*, 2011)

استخدم التجفيف الأسموزي كعملية مسبقة لتجفيف الأغذية قبل المعالجة الإضافية مثل:

- التجفيد (Ponting, 1973)
- التجفيد الفراغي (Dixon and Jen, 1976)
- التجفيد بالتجميد (Hawks and Flink, 1978)
- التغطية بواسطة طبقات سطحية صالحة للأكل (Flink, 1980)
- التجفيد الهوائي (Noze *et al.*, 2002; Fernandes *et al.*, 2006)
- الأمواج الصغرى بمساعدة التجفيد الهوائي (Heredia *et al.*, 2007)
- التجفيد بالأمواج الصغرى تحت التفريغ (Changrue 2006)
- التجفيد بالأمواج الصغرى (Piotrowski *et al.*, 2004; Contreras *et al.*, 2005; Jawake, 2010; Kalse, 2011).

### أهداف الدراسة:

1. دراسة تأثير التركيز ودرجة الحرارة وزمن الغمر وثخانة قطع الثوم المختلفة على معاملات العملية الأسموزية.
2. دراسة خصائص المنتج المجمد المعالج أسموزياً.
3. تقييم جودة المنتج المجمد المعالج أسموزياً.

## الفصل الثاني: الدراسة المرجعية

## Review of Literature



## 2-الدراسة المرجعية

### Review of Literature

#### 2-1- مقدمة:

الثوم (*Allium sativum*) هو نبات حولي بصلي الشكل من عائلة Alliaceae. نكهة الثوم الخام لاذعة وتصبح ناضجة إلى حد كبير عند الطبخ، يختلف طعم ونكهة بصلة الثوم بشكل كبير تبعاً لوقت الحصاد. تميل لتفقد رطوبتها عند التخزين، مما يسبب فقدان الوزن وانكماش الفصوص إلى مدى 40-45 في المائة (Prakash *et al*, 1994)

#### 2-2- القيمة الغذائية للثوم:

تختلف القيمة الغذائية للثوم من نوع إلى آخر. وتفيد التقارير أنّ التربة والمناخ والتقنيات الزراعية والتطبيق الغذائي تؤثر في التركيب الكيميائي إلى حد كبير. للثوم قيمة غذائية أعلى من التوابل الأخرى. ويرد التركيب الغذائي للثوم الطازج المقشر في الجدول (1).

لقد تم التعرف على الثوم في جميع أنحاء العالم كتوابل ذات قيمة تغذوية هامة. ويستهلك الثوم وهو أخضر، كما يجفف على شكل توابل، ويستخدم كمكون نكهة للأطباق المختلفة النباتية وغير النباتية. كما أنه يُستخدم على نطاق واسع لأغراض الطبخ في خبز الثوم والبسكويت والكعك والحلويات والحساء والمخللات وأيضاً في إنتاج المشروبات الكحولية. كما يستخدم الثوم لإخفاء رائحة اللحوم والأسماك المملحة ونكهتها السيئة (Sharma and Prasad, 2001).

الجدول (1): التركيب الكيميائي للثوم لكل 100 غ:

العناصر الغذائية	الوزن لكل 100 غ
الرطوبة	64.20 غ
الطاقة	145 كالوري
الكربوهيدرات	25.46 غ
السكر	1.00 غ
الألياف الغذائية	2.1 غ
الدهون	0.5 غ
البروتين	6.39 غ
بيتا كاروتين	5 مغ
الثيامين (فيتامين B <sub>1</sub> )	0.2 مغ
الريبوفلافين (فيتامين B <sub>2</sub> )	0.11 مغ
النياسين (فيتامين B <sub>3</sub> )	0.7 مغ
فيتامين C	31.2 مغ

(قاعدة بيانات وزارة الزراعة الأمريكية)

الجدول (2): التركيب المعدني للثوم لكل 100 غ:

المعدن	التركيز (مغ)
كالسيوم	181 مغ
حديد	1.7 مغ
مغنسيوم	25 مع
فوسفور	153 مغ
بوتاسيوم	401 مغ
صوديوم	17 مغ
توتياء	1.16 مغ
منغنيز	1.672 مغ
سيلينيوم	14.2 مغ

(قاعدة بيانات وزارة الزراعة الأمريكية)

## 2-3- الأهمية الاقتصادية للثوم:

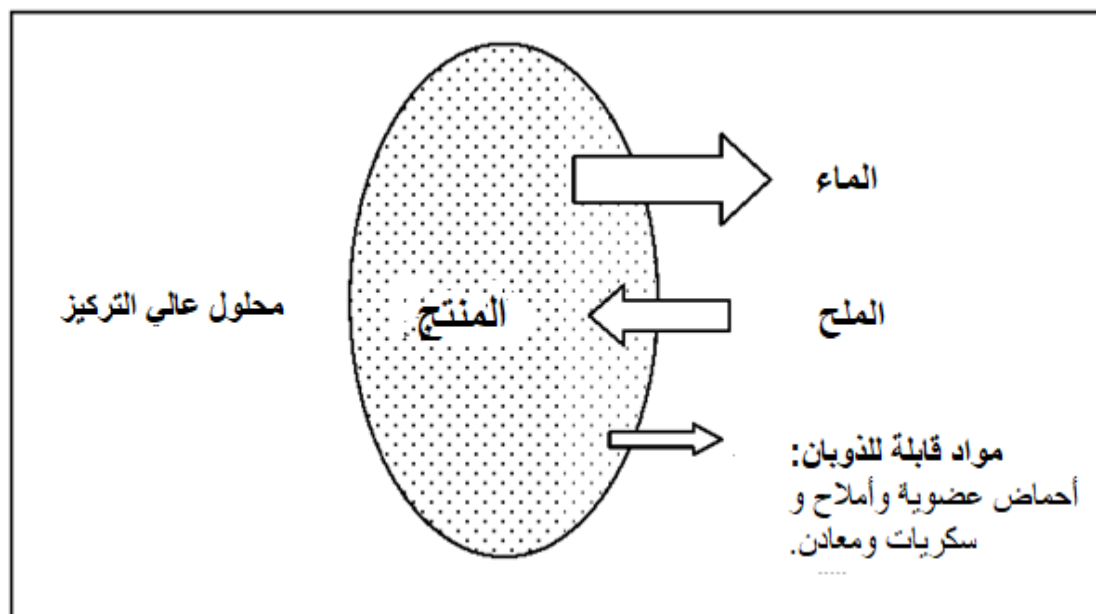
يعدّ الثوم من الناحية الاقتصادية من أهم محاصيل الخضار التابعة للفصيلة الثومية بعد البصل. وبلغت المساحة المزروعة بالثوم في العالم عام 2001 نحو 996 ألف هكتار منها 754 ألفاً في آسيا و75 ألفاً في أوروبا و27 ألفاً في إفريقيا. وبلغ الإنتاج العالمي نحو 10 ملايين طن، أما في الوطن العربي فتأتي مصر في مقدمة الدول العربية المنتجة للثوم إذ يصل معدل إنتاجها السنوي من الثوم الجاف إلى 215 ألف طن، يليها لبنان 49 ألف طن ثم الجزائر 35 ألف طن وتنتج اليوم سورية نحو 18 ألف طن. (الموسوعة العربية - المجلد السابع - الصفحة 387)

## 2-4- تطبيق التجفيف الأسموزي في تجهيز الأغذية:

التجفيف الأسموزي هو تقنية تجفيف منخفضة درجة الحرارة، وهي عملية إزالة الماء من الفواكه والخضروات في محاليل مركزة من المواد القابلة للذوبان (في وسط مرتفع التركيز) مع وجود ضغط أسموزي أعلى مثل محاليل السكر أو الأملاح عالية التركيز (Alam *et al.*, 2017).

القوة الدافعة لإزالة الماء هي تدرج التركيز بين المحلول الأسموزي والوسائل بين الخلايا بينما يعمل جدار الخلية كغشاء شبه نفوذ. ونظراً لأن الغشاء انتقائي بشكل جزئي فقط، فهناك دائماً امتصاص لبعض المواد المذابة في الغذاء. لذلك، فإن التجفيف الأسموزي كما هو موضح في الشكل (1) له تياران رئيسان متعاكسان في وقت واحد على الأقل: (1) انتشار الماء من الغذاء إلى المحلول، بمعدل أسرع مبدئياً ويبطئ بعد ذلك و (2) نفاذ المذاب في الاتجاه المعاكس، بمعدل بطيء في البداية ولكن يزداد مع مرور الوقت. وتحدث كمية كبيرة من نفاذ المذاب إذا كانت مدة التجفيف الأسموزي طويلة.

هناك أيضاً بعض التسرب من المذاب (السكر والحمض العضوي والمعادن والأملاح وغيرها) عبر الغشاء. على الرغم من أنه لا يكاد يذكر كمياً، فقد يكون ضرورياً بقدر ما يتعلق بالصفات الحسية أو التغذوية (Lewicki and Lenart, 1992; Fito *et al.*, 2001). تنتج العملية بشكل عام منتج مجفف جزئياً.



الشكل (1): عرض تخطيطي لعملية التجفيف الأسموزي

(Lewicki and Lenart, 1992)

استخدام الأسموزية يقلل من نشاط الماء في الغذاء، وأهم التأثيرات المفيدة لإنتاج منتج عالي الجودة هي: (1) تثبيط أنزيم بولي فينول أوكسيداز و (2) منع فقدان المركبات الطيارة أثناء التجفيف، حتى تحت الفراغ. يمكن أن يصل الفقد في الماء إلى 50 في المائة من وزن المواد الأولية تبعاً لعدة عوامل مثل التركيز ودرجة الحرارة ونوع الوسط الأسموزي وما إلى ذلك. بعد هذه الخطوة الأولية الأسموزية، تكون طريقة التجفيف التالية ضرورية لإنتاج منتجات مجففة مستقرة. ولذلك ، فإن تطبيق الأسموزية لمعالجة الأغذية كوسيلة للتجفيف كانت في المقام الأول بسبب العوامل الاقتصادية وتحسين جودة المنتج النهائي.

تمت دراسة عملية التجفيف الأسموزي من قبل الباحثين المختلفين للعديد من الفواكه والخضروات ، مثل الجزر (Maguer, 1988) ، القرنبط (Vijayanand *et al.*, 1995)، التفاح (Sabani *et al.*, 2002)، المانجو (Chiralt *et al.*, 2001; Tedjo *et al.*, 2002)، الفريز (Raghavan and Silveria, 2001)، الأناناس (Tan *et al.*, 2001)، العنب (Grabowski *et al.*, 1994)، الموز (Ponting, 1973)، البابايا (Chaudhari *et al.*, 2000)، البطاطا (Rahman *et al.*, 2001)، البصل (Baroni and Hubinger,

(1998، الصبار (Segovia *et al.*, 2009; Pisalkar *et al.*, 2011) إلخ. أعطى هؤلاء الباحثون بعض مزايا العملية الأسموزية كما يلي:

- يحافظ على القيمة الغذائية للفاكهة، إذ إنّ تلف الخلايا يكون في الحد الأدنى.
- تؤدي المعالجة الحرارية المعتدلة إلى الاحتفاظ باللون والنكهة، مما يؤدي إلى الحصول على منتج ذي خصائص حسية فائقة وخصائص تركيبية.
- يمكن تجنب استخدام المواد الحافظة الاصطناعية بهذه الطريقة.
- العملية بسيطة للغاية واقتصادية ولا تتطلب أي تعقيد، إذ إنّ متطلبات الطاقة تقل مرتين أو ثلاث مرات مقارنة بالتجفيف التقليدي.
- العملية قابلة للتطبيق اقتصادياً للفاكهة شديدة التلف حيث قد يتم التخلص من السلق.
- يمنع الاسمرار الأنزيمي.
- إنّ إزالة الأحماض وامتصاص السكر من قبل الفاكهة يعدل التركيب ويحسن الطعم والمقبولية، وهو ما يسمى تأثير الحفظ في السكر.
- يتجنب الانغماس المستمر للمنتج في العوامل الأسموزية استخدام ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي يحتفظ المنتج بلون أفضل.
- قد يحسن التملح من مقبولية بعض الخضار.

لذلك، فإنّ تطبيق الأسموزية لمعالجة الأغذية كوسيلة للتجفيف كانت في المقام الأول بسبب العوامل الاقتصادية وتحسين جودة المنتج النهائي. وهي خطوة أولى تليها أنواع مختلفة من طرق التجفيف. ولا تقلل تقنية التجفيف الأسموزي من نشاط الماء إلى المستوى المطلوب لمنع تكاثر الكائنات الدقيقة، كما أفاد (Lazarides and Fito, 1999) أنّ النشاط المائي للفواكه والخضروات يمكن أن ينخفض إلى حوالي 0.9 من خلال الاحتفاظ بالجودة الأصلية للمنتج.

## **2-5- تأثير متغيرات العملية على التجفيف الأسموزي:**

قام العديد من الباحثين بدراسة الجوانب المختلفة للتجفيف الأسموزي مثل المذاب الذي يتم استخدامه، وتأثير متغيرات العملية على سلوك التجفيف وجودة المنتجات النهائية. تعتمد

كمية إزالة الماء ومعدلها على العديد من متغيرات المعالجة ومعاملاتها. وبشكل عام، فقد تبين أنّ فقدان الوزن في المحلول الأسموزي، ووقت الغمر، ودرجة الحرارة، ونسبة العينة إلى المحلول، ومساحة السطح النوعي للغذاء، واستخدام الفراغ والتحرك هي بعض المتغيرات التي تؤثر على عملية التجفيف الأسموزي.

وقد تمت مناقشة تأثير متغيرات العملية على الأسموزية في الأقسام التالية.

## 2-5-1- خصائص المنتج:

تمت دراسة عملية التجفيف الأسموزي على أنواع وأصناف مختلفة من نفس الأنواع، وعلى مستويات نضج مختلفة. في ظل ظروف مماثلة، أظهرت خمسة أنواع من المشمش انخفاضاً مختلفاً في الوزن خلال التجفيف الأسموزي (Singh, 1995). وتتأثر حركية التجفيف الأسموزي بشكل العينات وحجمها بسبب مساحة السطح النوعي أو نسبة السطح إلى السماكة (Sankat *et al.*, 1996).

ولاحظ (Maroulis *et al.*, 1998) أنّ الأنسجة في مواقع مختلفة في نفس الفاكهة أو الخضار تستجيب بشكل مختلف للتجفيف الأسموزي. أظهرت الأنسجة الداخلية والخارجية من نوع التفاح Grany Smith فقد مختلف في الماء وكسب مادة صلبة مختلف في نفس ظروف التجفيف الأسموزي.

درس (Panagiotou *et al.*, 1998) تأثير أحجام مختلفة من فاكهة التفاح والموز والكيوي في عملية التجفيف الأسموزي. وتم استخدام شرائح موز قطرها 22 مم وبسماكة 4 و 8 و 12 و 16 و 20 مم. ولوحظ أنّ لحجم عينات الثمار تأثير سلبي على فقدان الماء وكسب المادة الصلبة. وبالمثل، استنتج (Agnelli *et al.*, 2005) أنّ فقدان الماء وكسب المادة الصلبة أثناء التجفيف الأسموزي كانا أكثر في مكعبات التفاح 1.5 سم بالمقارنة مع 2 سم في محلول السكر 69° بريكس ومحلول الغلوكوز 47° بريكس.

درس (Amitabhsing and Tomar, 2000) تأثير عملية التجفيف الأسموزي على أربعة أصناف من المانجو هي Chausa و Dashehari و Langra و Fazari ، مع الحفاظ

على تركيز وحجم ودرجة حرارة ثابتة لشراب السكر. وكانت شرائح المانجو من صنف Dashehari المغموسة لمدة 18 ساعة في شراب السكر 70 بريكس المحتوي على 0.5% من حمض السيتريك الأفضل في التجفيف، مع وجود اختلاف غير هام مع Chausa، ولكن وجد اختلاف مهم مع أصناف Fazari و Langra. وأظهرت دراسات التخزين أنّ الاحتفاظ بشرائح المانجو المجففة أسموزيّاً بين 64.8 و 75.5 في المائة عند درجة حرارة الغرفة سيؤدي إلى الاحتفاظ بلون المنتج ونكهته وطعمه وملامسه.

## 2-5-2- المعالجة المسبقة:

وقد حاول العديد من الباحثين استخدام المعالجات المسبقة مثل الغمس القلوي، والكبريت والتجميد، والمعالجة بالأمواج الصغرى، والحقل الكهربائي النبضي، ومعالجة الضغط العالي، والسلق، وذلك لتعزيز خصائص التجفيف الأسموزي وتقليل التغيرات السلبية في الأنسجة النباتية أثناء التجفيف (Ponting, 1973).

أظهر (Rastogi and Niranjana, 1998) أنّ عينات الأناناس تخضع لضغط هيدروستاتيكي مرتفع في المجال من 100 إلى 700 ميغا باسكال لمدة 5 دقائق، قبل أن يؤدي التجفيف الأسموزي إلى انتشار أعلى بكثير للماء والمذاب في التجفيف الأسموزي للأناناس بدون معالجة مسبقة. وتعزى الزيادة إلى تكسير جدار الخلايا التي سهلت نقل الماء والمذاب.

في بعض المواد لا يكون امتصاص المذاب مرغوباً ويجب منعه، لذلك تم استخدام الغشاء المعالج كيميائياً حول المادة للحد من امتصاص المذاب وزيادة إزالة الماء الأسموزي، إذ استخدمت بكتات الكالسيوم والبكتينات لهذا الغرض. وأيضاً هناك العديد من الأغشية الأخرى مثل ألجينات الكالسيوم أو ميثيل أو إيثيل السيليلوز أو مشتقات النشاء أو الصمغ المعدلة أو البروتينات. فهذه الأغشية لديها انتقائية كافية وصالحة للأكل (Serenio *et al.*, 2001; Ferrando and Spiess, 2001).

استخدم (Escobar *et al.*, 2007) المعالجة المسبقة بالسلق لشرائح الجزر عند 100 درجة مئوية لمدة 10 و 20 و 30 ثانية قبل التجفيف الأسموزي، ووجدوا أنّ معاملات الانتشار الفعالة للماء وكذلك السكروز زادت بعد معالجات السلق التي تسبب موت الخلايا في النسيج.

## 2-5-3- تركيب المحلول الأسموزي وتركيزه:

يعتمد اختيار المذاب وتركيزه على عدد من العوامل، وإنّ التقييم الحسي للمنتج النهائي هو أهم الاعتبارات بالإضافة إلى تكلفة المذاب. وتُعدّ قابلية ذوبان المادة في الماء هامة لتأثيرها على أقصى تركيز ممكن في المحلول الأسموزي، كما أنّه من غير المرغوب فيه أن يكون هناك مذاب يتفاعل مع المنتج النهائي. وخلال الأسموزية تتأثر حركية إزالة الماء وكسب المادة الصلبة، ومحتوى الرطوبة المتوازن بشدة بنوع المحلول الأسموزي، ووزنها الجزيئي والسلوك الأيوني، ويُعدّ السكروز وكلوريد الصوديوم أكثر استخداماً للمحاليل الأسموزية.

وقد تم الحصول على نتائج جيدة خلال التجفيف الأسموزي في محلول سكري قبل عمليات التجفيف أو التجميد. وإلى حدّ ما يعمل غمر الأنسجة النباتية في محلول السكروز كحاجز لدخول الأكسجين، وبالتالي يتم تخفيض الاسمرار الأنزيمي (Ponting *et al.*, 1973).

وُجد كلوريد الصوديوم كعامل ممتاز للخضراوات لأنّه يُغيّر نفاذية الخلية، ولكن استخدامه محدود في تجفيف الثمار بسبب طعمه المالح (Yang and Magner, 1992).

كما أنّ استخدام خليط السكروز والملح كعامل أسموزي له آثار مفيدة لأنّه يطور القوة الأسموزية العالية، مما يتسبب في فقدان ماء أعلى، ويثبط الاسمرار الأنزيمي وغير الأنزيمي ويعطي منتجاً أفضل جودة (Lenart and Flink, 1982).

درس (Rashmi *et al.*, 2005) تركيز الشراب السكري للتجفيف الأسموزي الهوائي لمجموعة الأناناس 'Giant Kew' عن طريق تعريض شرائح الأناناس للأسموزية لمدة 24 ساعة في شراب السكر 50 و 60 و 70° بريكس متبوعاً بالتجفيف عند 60-65 درجة مئوية

. وقد استنتجوا أنّ أعلى درجات الحسية ذكرت للمنتج النهائي الذي جفف بطريقة التجفيف الأسموزي الهوائي.

قام (Marani *et al.*, 2007) بدراسة التجفيف الأسموزي للإجاص والكيوي والفريز والتفاح باستخدام المحاليل الأسموزية (سكروز، غلوكوز، ومزائج شراب الذرة). واستنتج الباحثون أنّ فقدان الماء كان سريعاً باستخدام المحاليل الأسموزية التي تحتوي على عوامل أسموزية ذات وزن جزيئي منخفض مثل محاليل الفركتوز والغلوكوز والسكروز. وبالعكس، كانت أبطأ مع المحاليل الأسموزية التي تحتوي على شراب الذرة (السكريات مرتفعة الوزن الجزيئي). ومع ذلك لوحظ أنّ قيم فقدان الماء متشابهة، وكان كسب المادة الصلبة باستخدام محلول الغلوكوز أعلى بشكل ملحوظ من استخدام الفركتوز والسكروز والسكريات مرتفعة الوزن الجزيئي، لذلك يُنصح باستخدام السكروز ومحلول السكر ذي الوزن الجزيئي المرتفع كعوامل أسموزية، لأنها تسمح بالتجفيف الشديد مع الحد الأدنى من نفاذية المواد الصلبة.

درس (Singh and Gupta, 2007) حركية انتقال الكتلة والانتشار الفعال خلال التجفيف الأسموزي لمكعبات الجزر في محلول ثلاثي من السكروز وكلوريد الصوديوم والماء. وكانت تراكيز المحلول الأسموزي المستخدمة هي 50° بريكس + 5% ملح (وزن / حجم) و 50° بريكس + 10% ملح (وزن / حجم) و 50° بريكس + 15% ملح (وزن / حجم). وأفادوا أنّ فقدان الماء وكسب المادة الصلبة زاد مع زيادة تركيز الملح من 5 إلى 15% في محلول السكروز 50° بريكس، وذلك بسبب التأثير المساعد لكل من السكروز والملح لتطوير القوة الأسموزية.

الجدول (3): العوامل الأسموزية المختلفة وتأثيرها في عملية التجفيف الأسموزي

المرجع	التأثير	العامل الأسموزي
Ponting, 1973	يزيد من ثبات شرائح التفاح ويحافظ على الملمس أثناء التخزين. يمنع الاسمرار بسبب التأثير المشترك مع حمض الأسكوربيك أو ثاني أكسيد الكبريت. يضيف طعماً أفضل للمنتج إذا استخدم بمستوى أعلى من 0.5 في المئة.	كلوريد الكالسيوم
Biswal and Le Maguer, 1989	يقلل لزوجة ونقطة تجميد المحلول الأسموزي في عمليات التبريد والتجميد.	الإيثانول
Bolin <i>et al.</i> , 1983	زيادة محتوى المادة الجافة بنسبة 50 في المائة بالمقارنة مع السكرز بسبب ارتفاع معدل النفاذية. وتكون فعالية الماء للمنتج النهائي أقل أيضاً. ومع ذلك يفضل السكرز على الفركتوز.	الفركتوز
Pointing <i>et al.</i> , 1966	يعد نظرياً أكثر فعالية من السكرز عند نفس التركيز لأنه عندما يتحول بالكامل، يفقد ضعف العدد من الجزيئات لكل وحدة حجم. عملياً هناك اختلاف بسيط في معدل التجفيف الأسموزي للفاكهة عن طريق السكرز أو السكر المحول عند نفس التركيز ودرجة الحرارة.	السكر المحول

Hawkes and Flink, 1978	لديه مستوى حلاوة أقل بكثير من السكروز. وقليل الذوبان في المحاليل المائية.	اللاكتوز
Hawkes and Flink, 1978	يمكن استخدامه كمذاب أسموزي في أعلى تركيز للمواد الصلبة، أو في الأنظمة المختلطة. وأقل فعالية من السكروز عند نفس التركيز.	مالتو ديكسترين
Hawkes and Flink, 1978 Lenart and Flink, 1984	يستخدم غالباً للخضروات لأنه يعيق الأكسدة والاسمرار اللاأنزيمي. ويزيد القوة المحركة للتجفيف بسبب انخفاض قدرة الملح. وفي بعض الأحيان يمكن منع تأثير السلق على لون المنتجات باستخدام خليط من الملح والسكر. وينبغي أن تكون النسبة الحسية 10-12 في المائة. ويعيق الانكماش في طبقات السطح.	كلوريد الصوديوم
Pointing et al, 1966, Farkas and Lazer, 1969, Flink, 1975	السكر الجاف غير مناسب بسبب الاسمرار الأنزيمي خلال العملية الأسموزية. مع صعوبة في التخلص من شراب السكر. وإنّ محلول السكر هو أفضل لأنه يقلل من الاسمرار عن طريق منع دخول الأوكسجين. وتعيق الحلاوة استخدامه في تجهيز الخضار.	السكروز

## 2-5-4- نسبة العينة إلى المحلول:

تُعدّ نسبة العينة إلى المحلول من الاعتبارات الهامة خلال العملية الأسموزية. ويؤثر التغيير في النسبة في انتقال الكتلة أثناء الأسموزية إلى حدّ معين. وقد استخدم معظم الباحثين نسبة العينة إلى المحلول بحيث تتراوح من 1:1 إلى 5:1 من أجل دراسة حركية انتقال الكتلة من خلال متابعة التغيرات في تركيز المحاليل وعوامل أخرى. ويمكن أيضاً استخدام نسبة أعلى (من 10:1 إلى 60:1) لتجنب التخفيف الكبير للوسط نتيجة امتصاص الماء من العينة وفقدان المذاب إلى العينة والانخفاض اللاحق في القوة الدافعة الأسموزية أثناء التجفيف الأسموزي (Lenart and Flink, 1984).

درس (Singh and Gupta, 2007) تأثير نسب العينة إلى المحلول 1:4 ، 1:5 و 1:6 على حركية انتقال الكتلة والانتشار الفعال خلال التجفيف الأسموزي لشرائح الجزر، ولاحظوا زيادة في فقدان الماء وكسب المادة الصلبة مع زيادة نسبة العينة إلى المحلول. وكان الانتشار الفعال مرتفعاً أيضاً تبعاً إلى نسبة العينة إلى المحلول بنسبة 1:5 مقارنة بـ 1:4 و 1:6.

## 2-5-5- درجة حرارة العملية:

تلعب درجة حرارة المحلول الأسموزي دوراً هاماً في عملية التجفيف الأسموزي وتؤدي الزيادة في درجة حرارة المحلول إلى فقدان أسرع للماء من خلال تليين أغشية الخلايا، وانتشار أسرع للماء داخل المنتج، وخصائص انتقال كتلة أفضل على السطح بسبب انخفاض لزوجة الوسط الأسموزي.

ويكون تأثير درجة الحرارة أكثر وضوحاً بين 30 إلى 60 درجة مئوية للفواكه والخضروات على المعدل الحركي لفقد الماء دون التأثير على كسب المادة الصلبة (Ponting, 1973).

قام (Rastogi and Raghavarao, 1997) بالتحقيق في كمية انتقال الكتلة خلال التجفيف الأسموزي للجزر الطازج عند درجة حرارة بين (30-50 درجة مئوية). وقدر الباحثون

معاملات الانتشار الفعالة للماء وكذلك السكروز باستخدام محلول قانون Fick غير المستقر ووجدوا أنَّ معاملات الانتشار الفعالة التقديرية للماء والمذاب تعتمد على درجة الحرارة. ومع ذلك، هناك حدّ لدرجة الحرارة، ربما 60 درجة مئوية ويتم فوق هذه الدرجة تلف غشاء الخلية في النسيج النباتي.

درس (Pokharkar and Prasad, 1998) تأثير درجة الحرارة على التجفيف الأسموزي لشرائح الموز في 30 و 40 و 50 درجة مئوية، وقد لاحظا أنَّ فقدان الماء وكسب السكر يزداد مع زيادة درجة الحرارة.

بحث (Denise *et al.*, 2005) في عملية التجفيف الأسموزي لفاكهة الكرز الهندي باستخدام محاليل ثنائية (سكروز + ماء) وثلاثية (سكروز + ملح + ماء) في حاضنة عند درجة حرارة 25 و 65 درجة مئوية. وتأثر فقدان الماء وكسب المادة الصلبة ونقص الوزن بدرجة الحرارة لكل من المحاليل الثنائية والثلاثية.

كما لاحظ (Chenlo *et al.*, 2007) أنَّ التجفيف الأسموزي للكستناء في محلول السكروز عند درجة حرارة 25 و 35 و 45 درجة مئوية جعل التجفيف أكثر شدة، ليصل إلى قيمة منخفضة من محتوى الماء. وتأثرت خسارة الماء وكسب المادة الصلبة بدرجة حرارة المحلول الأسموزي.

## 2-5-6- زمن العملية:

بشكل عام، مع ازدياد مدة المعالجة الأسموزية، يزداد نقص الوزن بمعدل متناقص (Yang and Le Magnier, 1992). وتُظهر بيانات مختلفة عن التجفيف الأسموزي للأغذية المختلفة أنَّ فقدان الماء وكسب المادة الصلبة ونقص الوزن في الأغذية أثناء التجفيف الأسموزي مرتبط بالزمن ويصل إلى التوازن فيما يتعلق بالزمن. ويكون معدل فقدان الرطوبة وكسب المادة الصلبة أسرع خلال الساعة الأولى من الأسموزية متبوعاً بمعدلات أقل للمدة المتبقية (Azura *et al.*, 1992).

بحث (Jokic *et al.*, 2007) في تأثير المدة (30-240 دقيقة) على التجفيف الأسموزي للشوندر السكري. وتُظهر النتيجة أنّ فقدان الماء يتأثر خطياً بوقت الغمر. وقد ازداد كسب المادة الصلبة وفقدان الماء في المراحل المبكرة من المعالجة الأسموزية وبعد ذلك تباطأ فقدان الماء تدريجياً مع الزمن حتى وصلت إلى التوازن.

درس (Prinzivalli *et al.*, 2007) تأثير زمن الأسموزية على بنية وتركيب وتكوين البكتين لأنسجة الفريز. وتم إجراء التجفيف الأسموزي لمدة 1 و 2 و 4 و 6 ساعة. واستنتج الباحثون أنّ كسب المادة الصلبة كان ثابتاً بعد 4 ساعات من التجفيف الأسموزي بينما ارتفع فقدان الماء بشكل تدريجي إلى 6 ساعات. بعد ساعة واحدة من المعالجة الأسموزية، لوحظ بداية تشوه جدار الخلية والانتفاخ السيتوبلازمي، وبعد ساعتين من المعالجة، تم فصل الخلايا وتقريبها، ولوحظ تقكك الأنسجة بعد 6 ساعات من المعالجة.

## 2-5-7- ضغط العملية:

يتم تنفيذ معظم عمليات التجفيف الأسموزي تحت الضغط الجوي. ويقوم تدرج الضغط في عملية التجفيف الأسموزي بتغيير معدلات فقدان الماء وكسب المادة الصلبة. تصف الآلية الهيدروديناميكية التغيير في انتقال الكتلة بالتوسع أو ضغط الغاز في المسام الداخلي للأنسجة. ومع ذلك ، فقد دُرِس أيضاً تأثير الفراغ على التجفيف الاسموزي من قبل عدد قليل من الباحثين (Fito and Pastor, 1994; Shi *et al.*, 1995).

درس (Mujica-paz *et al.*, 2003) خصائص التشريب لبعض الثمار مثل (شرائح المانجو والتفاح والموز والبابايا والخوخ) عند ضغط الفراغ. وتم تطبيق ضغط الفراغ من 135-675 ميلي بار لمدة 3 و 45 دقيقة. وكان لمستويات ضغط الفراغ ومدة استخدامه تأثير هام على تشريب المحاليل الأسموزية في الثمار.

قام (Giraldo *et al.*, 2006) بدراسة التجفيف الأسموزي لفاكهة المانجو. تم تنفيذ العملية لمدة 10 دقائق عند ضغط الفراغ 50 ميلي بار، يليها 20 دقيقة عند الضغط الجوي.

تمت ملاحظة أكبر كسب للمذاب باستخدام محلول مخفف بشكل كبير في بداية العملية بسبب الفراغ.

## 2-6- الجمع بين تقنيات التجفيف:

تتمثل الاستراتيجيات في الجمع بين تقنيات التجفيف المختلفة التي يمكن تطبيقها على أغذية معينة، خاصة الفواكه والخضار التي تزيد من المخاوف المتزايدة بشأن جودة المنتج وخفض تكاليف الإنتاج التي دفعت الباحثين إلى التحري واعتماد تقنية التجفيف السريع باستخدام الجمع بين تقنيات التجفيف.

### 2-6-1- الجمع بين التجفيف الأسموزي وتطبيقات التجفيف الأخرى:

جفف (Jackson and Mohmed, 1971) الموز عن طريق التجفيف الأسموزي لمدة دقيقة واحدة إلى 18 ساعة يتبعها تجفيف الهواء. وأفادوا أن التجفيف الأسموزي يقلل من ضرر الحرارة للون والنكهة وفقدان نكهة الفواكه الطازجة وأيضاً يمنع الاسمرار الأنزيمي للفاكهة. ويستخدم التجفيف الأسموزي عادةً كخطوة ما قبل المعالجة لتجفيف الأغذية قبل المعالجة الإضافية مثل التجفيف بالفراغ (Dixon *et al.*, 1976) والتجميد (Ponting, 1973).

قام (Nur, 1976) بإجراء مقارنة بين شرائح الموز المجففة بواسطة التجفيف الأسموزي الهوائي والتجفيف الهوائي. في التجفيف الأسموزي الهوائي، تم تخفيض رطوبة الشرائح من 12.5 إلى 11 في المئة عن طريق التجفيف الأسموزي مع التحريك القوي، وكذلك تم تخفيضها إلى 10 في المئة عن طريق التجفيف الهوائي. وذكر أن إمالة الشرائح المجففة بالتجفيف الأسموزي الهوائي كان أبطأ بكثير من الشرائح المجففة بالهواء وكانت أقل امتصاص للرطوبة (hygroscopic). وبما أن الجودة الإجمالية للشرائح المجففة بالتجفيف الأسموزي الهوائي ليست أفضل من الشرائح المجففة بالهواء، فإن عملية التجفيف الأسموزي الهوائي لم يوص بها للتطبيق التجاري. وأدت كبرتة شرائح الموز قبل التجفيف إلى انخفاض كبير في تدهور اللون بمقدار 1000 ppm من ميتا بيسولفيت الصوديوم لمدة تصل إلى ستة أشهر وبمقدار 500 ppm حتى خمسة أشهر تخزين.

أفاد (Sharma *et al.*, 1991) أنّ شرائح التفاح المجففة أسموزيًا بالفراغ لها لون وطعم ونكهة وملمس مقرمش جيد عند معالجتها في محلول السكرور لمدة 4-5 ساعة (إزالة 56-59) % من الماء و (11.8-14.6) % كسب مادة صلبة)، على العكس من المذاق غير الجيد والقوام الجلدي غير المرغوب فيه للشرائح المجففة تقليدياً. وأثبتت عملية السلق بالبخار لمدة 3 دقائق والمعالجة المسبقة للشرائح بمضادات الأكسدة (0.5%  $K_2S_2O_5$ ) قبل الغمر الأسموزي أنه من الضروري الاحتفاظ بشكل أفضل بحمض الأسكوربيك ومنع الاسمرار أثناء التجفيف والتخزين.

عالج (Sankat *et al.*, 1992) شرائح الموز الطازجة بالتجفيف الأسموزي الهوائي عند 40 و 60 و 80 درجة مئوية. وذكروا أنّ الزيادة في درجة حرارة هواء التجفيف أثرت إيجابياً على معدل تجفيف شرائح الفواكه الطازجة. مع ذلك، فإنّ معدل التجفيف الأسموزي للشرائح انخفض عند 80 درجة مئوية. وذكر أنّ شرائح الموز المجففة والمعالجة أسموزيًا، مع إضافة ثاني أكسيد الكبريت الإضافي يجب أن يكون لونها أصفر جذاباً بالمقارنة مع اللون البني الداكن الباهت لشرائح الفاكهة الطازجة المجففة بشكل تقليدي.

أجرى (Snakat *et al.*, 1996) تجفيفاً أسموزيًا هوائياً لشرائح الموز في محلول سكري 35 و 50 و 65° بريكس لمدة 36 ساعة ، ثم جففهم في صينية تجفيف عند درجة حرارة من 40 إلى 80 درجة مئوية. وأفادوا أنّه أثناء التجفيف انخفض انتشار الرطوبة بشكل ملحوظ مع انخفاض في محتوى الماء وزيادة مستوى السكر. وأظهرت شرائح الموز المجففة بالتجفيف الأسموزي الهوائي لوناً وملماً جذاباً بالمقارنة مع الشرائح غير المعالجة.

قام (Askar, 1998) بتطبيق التجفيف الأسموزي كعلاج مسبق لشرائح الموز المجففة في شراب كلسي 70° بريكس لمدة 10 ساعات، ثم تجفيفه في مجفف تحت التفريغ عند ضغط 10 mm Hg عند درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة 6 ساعات ومنتجت شرائح جافة كانت مسامية، هشة واحتفظت بدقة بحجمها وشكلها الأصلي قبل التجفيف. وتحفظ الصفة الناتجة بمعظم نكهة الفواكه الطازجة مع تقليل الاسمرار الأنزيمي. ويتم تحسين اللون دون استخدام

SO2 ويتم تقليل فقدان نكهة الفواكه الطازجة بسبب طبقة السكر المحيطة بالفاكهة أو قطع الفاكهة.

أجرى (Korkida *et al.*, 2000) التجفيف الأسموزي للتفاح والموز في محاليل الجلوكوز 50% (وزن/حجم) عند 30 و 40 و 60 درجة مئوية. بعد مرور 10 ساعات ، في التجفيف الهوائي للعينات غير المعالجة والمجففة أسموزياً عند 70 درجة مئوية و 15 في المئة رطوبة نسبية، ولاحظ الباحثون استمراراً واضحاً في الفاكهة غير المعالجة، في حين لم تكن العينات المعالجة أسموزياً بنية اللون.

قام (Noze *et al.*, 2002) بدمج عملية التجفيف الأسموزي وتجفيف الهواء، تم غمر شرائح الموز بسماكة 10 مم في حوضين متتاليين من السكروز بتركيز 35 و 70° برقس. كانت نسبة الفاكهة إلى المحلول المستخدم في عملية غمر كل منها 1:6 و 1:4. هذه المعالجة الثانية تعمل على زيادة محتوى السكر في شرائح الموز، وزيادة فقدان الماء والحفاظ على الملمس الجيد وشكل المنتج. وأدت عملية التجفيف الأسموزي المشتركة إلى تخفيض الوزن بنسبة 60 في المئة واكتساب المذاب بنسبة 2 في المئة. ثم تعرضت الشرائح لتجفيف الهواء عند 40 درجة مئوية ورطوبة نسبية بنسبة 60 في المئة لمدة 72 ساعة. وكان المنتج النهائي المجفف يحتوي على نسبة رطوبة تبلغ 16 في المئة، ومتوسط فعالية الماء بمقدار 0.54 عند درجة حرارة 25 درجة مئوية ولون مقبول بدرجة عالية دون أي تلون بني.

استخدم (Chou *et al.*, 2004) مزيجاً من الأشعة تحت الحمراء المتقطعة وعملية التسخين الحراري المستمر لتجفيف عينة الموز المعالجة أسموزياً (في محلول 15 و 25 و 35% سكروز). ووجدوا أنّ التجفيف الأسموزي يقلل من ضرر الحرارة للون والنكهة وفقدان نكهة الفاكهة الطازجة.

فحص (Jain, 2007) سلوك تجفيف الهواء من أجل عينات البابايا المجففة أسموزياً، عند درجة حرارة الهواء من 50 ، 60 ، 70 و 80 درجة مئوية مع سرعة الهواء 1.0 و 1.5 و 2.0 م / ثا وتم تحسين معاملات تجفيف الهواء. ووجد أنّ تركيز الشراب 60° بريكس ودرجة الحرارة 37 درجة مئوية ومدة العملية الأسموزية 4.25 ساعة هو الأفضل للتجفيف الأسموزي

لعينات البابايا. وتباينت قابلية انتشار الرطوبة في المجال من  $1.749 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  إلى  $4.485 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$  أثناء التجفيف بالهواء تبعاً لدرجة الحرارة وسرعة الهواء، ووجد أنّ درجة حرارة هواء التجفيف 68 درجة مئوية مع سرعة 2 m/s لمدة 7.75 ساعة هي الأفضل للتجفيف الهوائي لعينات البابايا المجففة أسموزيّاً. وكان للمنتج المميّه الذي تم الحصول عليه من محلول سكري 10° بريكس أعلى تصنيفاً من حيث المقبولية بشكل عام. واحتفظت عينات البابايا المجففة أسموزيّاً بالهواء بـ 16.90% من حمض الأسكوربيك.

أجرى (Alam et al., 2017) التجفيف الأسموزي للثوم والتجفيف الهوائي المشترك ولاحظوا أنّ معدل فقدان الوزن، ومحتوى الرطوبة، ومحتوى المادة الصلبة المكتسبة يتأثر بشكل كبير بقوة المحلول الأسموزي وقوة الغمر وكانت العملية سريعة خلال الساعات الست الأولى من التجفيف الأسموزي. وأفادوا أنّ معدل انتقال الكتلة يزداد مع زيادة درجة الحرارة، وبالتالي فإنّ فقدان الماء، وكسب المادة الصلبة يزداد مع زيادة درجة الحرارة. كما وجدوا أيضاً أنّه كلما كانت السماكة أقل، زادَ فقد الماء وكسب المادة الصلبة .

لاحظ (Alam et al., 2017) أنّه عند تخزين شرائح الثوم في عبوات من رقائق الألومنيوم والبولي إيثيلين عالي الكثافة عند درجة حرارة التبريد وكذلك درجة حرارة الغرفة. كان كلا المنتجين مقبولين في جميع درجات الحرارة حتى عام واحد من التخزين.

أجرى (Jaspreet et al., 2016) دراسة لتجفيف شرائح الثوم باستخدام الطبقة المميعة مع تقنية التجفيف الهجين بالأمواج الصغرى. وأجريت تجارب التجفيف المشتركة بنسبة 0.1% إلى 0.5% ميتابيسولفيت البوتاسيوم (KMS) من شرائح الثوم المعالجة مسبقاً 250 غ عند 55 درجة مئوية إلى 75 درجة مئوية ومستوى طاقة الأمواج الصغرى من 810 واط إلى 1350 واط. وأظهرت نتائج التجفيف المشتركة أنّ محتوى الرطوبة يتناقص مع وقت التجفيف بغض النظر عن درجة حرارة هواء التجفيف ومستوى طاقة الأمواج الصغرى، إذ لم يلاحظ أي تأثير ملحوظ من تركيز ميتابيسولفيت البوتاسيوم (KMS) على وقت التجفيف. ولوحظت معدلات التجفيف مع زيادة في درجة حرارة هواء التجفيف في تجفيف الطبقة المميعة. وأظهر

معدل التجفيف أولاً زيادة ثم انخفض الاتجاه بغض النظر عن مستويات طاقة الأمواج الصغرى وتركيز KMS.

درس (Abano et al., 2011) تجفيف شرائح الثوم في مجفف بالهواء الساخن الحراري على عينات الثوم المختلفة المعالجة بحمض الستريك (CA) وميتابيسولفيت البوتاسيوم (KMS) وثنائي أمين الإيثيلين ورباعي حمض الأسيتيك (EDTA) في درجات حرارة مختلفة وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنّ المعالجة المسبقة تحسن بشكل كبير معدلات تجفيف شرائح الثوم عند درجة حرارة تجفيف 45 درجة مئوية ولكن ليس عند 50 و 55 درجة مئوية. وكانت هناك أيضاً بعض الاختلافات الهامة في محتوى الأليسين والرماد لشرائح الثوم تحت المعالجات المختلفة. كانت العينات المعالجة مسبقاً بـ KMS أكثر إشراقاً بشكل ملحوظ من العينات الأخرى. وبشكل عام، كانت العينات المعالجة مسبقاً بـ KMS أفضل من حيث انتشار الرطوبة والرماد ومحتوى الأليسين واللون والملمس في جميع درجات حرارة التجفيف التي تم التجفيف فيها.

درس (Hamledari et al., 2012) عملية التجفيف الأسموزي في الفراغ النبضي لشرائح الثوم يليها عملية التجفيف بالأمواج الصغرى. ووجدوا أنّه عند زيادة تركيز المحلول الأسموزي ودرجة الحرارة وزمن الغمر يزداد فقدان الماء ( $W_L$ ) وفقدان الوزن (WR). وكان التأثير على كسب المادة الصلبة ( $S_G$ ) تقريباً نفسه باستثناء درجات الحرارة الأعلى من 45 درجة مئوية إذ أدت زيادة درجة الحرارة إلى انخفاض في ( $S_G$ ). ولاحظوا أيضاً أنّ قوام الثوم تأثر في الغالب من خلال تركيز المحلول الأسموزي، ودرجة الحرارة وزمن الغمر، ولذلك نتيجةً لزيادة التركيز وزمن الغمر يصبح تجفيف الثوم أصعب. كما أنّ زيادة درجة الحرارة من 20 درجة مئوية إلى 45 درجة مئوية أيضاً يجعل القوام أكثر صلابة. وفي درجات حرارة أعلى من 45 درجة مئوية، يصبح قوام الثوم أكثر ليونة. ووجدوا أيضاً أنّ طاقة الأمواج الصغرى كان لها تأثير كبير على وقت التجفيف وكما زادت الطاقة، انخفض وقت التجفيف.

**2-7- طرائق تجفيف الثوم:****2-7-1- تجفيف الهواء الساخن:**

إنّ تجفيف شرائح الثوم بالهواء الساخن بطريقة الطبقة الثابتة غير مناسب للأسف نظراً لانخفاض كبير في جودة المنتج المجفف المرتبط بالمنتج الطازج. كما أنّ تطبيق درجة حرارة مرتفعة (حوالي 60 درجة مئوية) في تجفيف الطبقة الثابتة يؤدي إلى زيادة زمن التجفيف وزيادة استهلاك الطاقة وتدهور اللون وانتقال الكتلة. ومن العيوب الرئيسة المرتبطة بالتجفيف بالهواء الساخن أنّه يستغرق وقتاً طويلاً حتى عند درجات الحرارة المرتفعة، مما يؤدي إلى تدهور جودة المنتج المجفف. مقارنةً بالتجفيف بالهواء الساخن ويمكن أن تقلل طريقة التجفيف بالهواء الساخن والأمواج الصغرى المشتركة من وقت تجفيف المواد البيولوجية دون إلحاق الضرر بخصائص جودة المنتجات النهائية (Ren and Chen, 1998). وبحسب ما ورد تم تجفيف المواد الغذائية باستخدام تقنية الحمل الحراري التي تشمل الأمواج الصغرى (Duarte *et al.*, 2004) للتفاح والفطر، والنباتات الطبية المختلفة. ومع ذلك لم يتم الإبلاغ عن أي عمل بشأن تجفيف الثوم. وإنّ تطور عملية التجفيف بالأمواج الصغرى بالهواء الساخن لإنتاج الثوم المجفف عالي الجودة في وقت قصير نسبياً يمكن أن يقدم مساهمة كبيرة في معالجة الثوم، لذلك كان الهدف الرئيس من ذلك هو اكتشاف إمكانية استخدام تقنية التجفيف الحراري بالأمواج الصغرى المشتركة لمعالجة الثوم وتقييم جودة المنتج النهائي.

**2-7-2- التجفيف الشمسي:**

أدت الجهود الأخيرة لإجراء تحسينات التجفيف الشمسي إلى التجفيف بالطاقة الشمسية. ويستخدم التجفيف الشمسي الشمس كمصدر للحرارة. ويساعد سطح الرقائق المعدنية الموجودة داخل جهاز التجفيف على زيادة درجة الحرارة. كما تسرع التهوية زمن التجفيف، ويقلل زمن التجفيف القصير من مخاطر تلف الأغذية أو نمو العفن. وهي عملية معقدة تنطوي على انتقال الحرارة والكتلة والتي قد تسبب تغييرات في جودة المنتج. تشمل التغييرات الفيزيائية التي قد تحدث الانكماش والانتفاخ والبلورة. وفي بعض الحالات قد تحدث تفاعلات كيميائية أو بيوكيميائية مرغوب أو غير مرغوب فيها تؤدي إلى تغييرات في اللون أو الملمس أو الرائحة أو غيرها من

خصائص المنتج الغذائي. ويمكن أن يكون التجفيف بديلاً عن التعليب والتجميد أو مكمل لهذه الطرق، ويحدث التجفيف عن طريق تبخير السائل بتطبيق الحرارة على المادة الغذائية الرطبة.

التجفيف الشمسي هو عملية شائعة في العديد من البلدان، وخاصة عندما تصل درجة حرارة الهواء الطلق إلى 30 درجة مئوية أو أعلى. وفي أجزاء كثيرة من جنوب شرق آسيا، يتم تجفيف التوابل والأعشاب بشكل روتيني. ومع ذلك فإن الظروف الجوية غالباً ما تحول دون استخدام التجفيف الشمسي بسبب التلف، الذي يعود إلى الترطيب خلال الأيام الممطرة غير المتوقعة. وعلاوة على ذلك فإن أي تعرض مباشر لأشعة الشمس خلال الأيام التي ترتفع فيها درجة الحرارة قد يتسبب في التصلب السطحي، إذ تتشكل قشرة صلبة على سطح المنتجات الزراعية، مما يؤدي إلى حبس الرطوبة في الداخل. لذلك، فإن استخدام مجفف الطاقة الشمسية يستخدم الطاقة الشمسية المتوفرة مجاناً مع ضمان جودة المنتج الجيدة من خلال التحكم الدقيق في الحرارة الإشعاعية. وقد تم استخدام الطاقة الشمسية في جميع أنحاء العالم لتجفيف المنتجات. وتشمل المنتجات المجففة بالطاقة الشمسية عادة الحبوب والفواكه واللحوم والخضروات والأسماك (Wang, 2002).

### 2-7-3 - التجفيف بالأشعة تحت الحمراء :

تمت دراسة التجفيف بالأمواج الصغرى والأشعة تحت الحمراء لتحقيق تجفيف سريع وتقليل فقدان الجودة للفواكه والخضروات من قبل (Sokhansanj and Jayas, 1987). وقد استخدم مزيج من التجفيف بالأمواج الصغرى والهواء الساخن للعنب البري المجفف أسموياً لديه جودة منتج مماثلة أو أفضل مقارنة مع المنتجات المجففة بالتجميد مع انخفاض زمن التجفيف بكثير (Venkatachalapathy and Raghavan, 1998). بالمقارنة مع التجفيف بالهواء الساخن، يوفر التجفيف بالأشعة تحت الحمراء العديد من المزايا مثل زيادة كفاءة الطاقة ومعدل انتقال الحرارة وتدفق الحرارة، مما يؤدي إلى تقليل زمن التجفيف وارتفاع معدل التجفيف. وتم اختباره كطريقة محتملة لزيادة كفاءة التسخين والحصول على جودة عالية للمواد الغذائية المجففة، بما في ذلك الخوخ (Afzal and Abe, 1997)، والجزر (Venkatachalapathy and

(Ahmed ، والأرز (Wang and Sheng, 2006) ، والبصل (Raghavan, 1998) ،  
(Shivhare, 2001) ، والعديد من الفواكه والخضروات الأخرى.

## **2-8- منتجات الثوم المجفف:**

### **2-8-1- مسحوق الثوم:**

في الهند بسبب نقص أماكن التخزين والنقل وتسهيلات المعالجة، يتم تكبد خسائر فادحة سواء من حيث الجودة والكمية بسبب التنفس أو النتح أو التلف الميكروبيولوجي. من خلال إنتاج الثوم بكثرة واستهلاكه على هذا النحو ، بذلت جهود قليلة لإنتاج الثوم المجفف ومسحوق الثوم.

### **2-8-2- معجون الثوم:**

وصف (Kimizuka *et al.*, 1988) طريقة لتحضير معجون الثوم بنفس نكهة الثوم الطازج. يتم هرس فصوص الثوم التي تم تنظيفها إلى فصوص مقشرة ومسلوقة بعناية للحصول على عجينة متجانسة. لضمان مظهر مرضي وعمر تخزيني جيد، يوصى بإضافة 0.1% من SO<sub>2</sub> و 15% من كلوريد الصوديوم و 0.05% من حمض الأسكوربيك. حضر (Brondnitz *et al.*, 1971) معجوناً للثوم بتركيز 33% مواد صلبة كلية TSS و pH 4.1 ، من الثوم الطازج بإضافة 10% (w / w) NaCl وحمض الستريك. وقد لوحظ ظهور الصباغ الأخضر في المنتج أثناء التحضير. وتمت معالجة المعجون حرارياً عند 70.80 أو 90 درجة مئوية على التوالي لمدة 15 دقيقة. انخفض اخضرار معجون الثوم مع زيادة درجة الحرارة. وجد المنتج ليكون ثابتاً أثناء التخزين عند 25 درجة مئوية لمدة 6 أشهر على الأقل.

### **2-8-3- مستخلص الثوم:**

تم تسجيل العديد من براءات الاختراع لتحضير مستخلص الثوم. وقد سُجّلت براءة اختراع في طريقة الحصول على مكونين من مستخلص الثوم. ووفقاً لهذه العملية يتم تبريد الثوم وهرسه لإنتاج مستخلص أنزيمي يسمى المكون الأول، ثم يتم استخراج البقية باستخدام CO<sub>2</sub> السائل لإنتاج مستخلص خالٍ من الأنزيم يسمى المكون الثاني. ويتم خلط المكونين معاً قبل إضافتهما

إلى المنتجات الغذائية. وقد سُجلت براءة اختراع في الطريقة التي يتم فيها خلط الثوم مع عامل تجفيف هو عبارة عن توابل مجففة، إذ تكون نسبة التوابل إلى الثوم 1:1 ، ثم يخلط المزيج ويستخرج باستخدام CO<sub>2</sub> السائل. وقد أدت هذه الطريقة إلى زيادة الإنتاج وتدعيمه بمواد نشطة بيولوجياً. حصل (Funebo and Ohlsson, 1998) على براءة اختراع بسبب طريقة لإنتاج مستخلص الثوم السائل المنزوع الرائحة. وتتضمن الطريقة خلط أي زيت صالح للأكل مع عصير الثوم المستخرج من فصوص الثوم ، وحفظ العصير لفترة محددة في وعاء تحت ظروف معينة حتى يتم ترسيب مستخلص الثوم السائل. يكون مستخلص الثوم الناتج ليس له رائحة كريهة وطعمه لاذع. أما تقطيع الثوم ونقعه في الكحول لمدة عامين تقريباً يجعل مستخلص الثوم عديم الرائحة.

## 2-8-4- زيت الثوم:

يتم استخراج زيت الثوم عن طريق تبخير الثوم المسحوق والتقاط الزيت الناتج. العائد من زيت الثوم حوالي (0.46-0.57) % على أساس الرطوبة الحرة، ويجعلها مكلفة للغاية. المكون الرئيسي للزيت المقطر من الثوم هو ثنائي كبريتيد ثنائي الإليل. ويضاف الزيت النباتي عادة إلى زيت الثوم لصنع كبسولات من زيت الثوم. له رائحة قوية من الثوم ويستخدم أيضاً كمنكه غذائي. سجل (Hibi and Nagoyaseiraku., 1997) براءة اختراع لطريقة معالجة الثوم وإعداد منتجات زيت الطعام التي تحتوي على أجوين (مركب كبريتي موجود في الثوم). ويتم هرس الماء 100 جزء ماء و 100 جزء الثوم معاً. ويتم خلط العصير المستخرج من المزيج مع زيت الطعام ويتم تعديل الرقم الهيدروجيني لهذا المزيج (Avagimov *et al.*, 1982). ويحضن الخليط الناتج بين 0 و 50 درجة مئوية في الزيت من أجل Z-ajoene.

## 2-8-5- منقوع الثوم:

هو منتج يتشكل عندما يقطع الثوم أو يخلط مع زيوت الطعام الأخرى. منقوع الثوم هو مصدر غني بالمركبات الكبريتية المشتقة من الثوم ولديها أسماء علمية ajoene و methyl ajoene و dithiols. وهذه المنتجات مستقرة بما يكفي لتخزينها عند درجة حرارة الغرفة لأكثر من عام.

## 2-8-6- الثوم المخلل:

يخلل الثوم الكامل والمقطع في الخل أو محلول ملحي أو الزيت النباتي أو مزيجهما. يؤدي تحليل الثوم في الخل إلى تكوين مادة S-allyl cysteine . درس (Funebo and Ohlsson, 1998) الخصائص الكيميائية والتخزين المستقر للثوم المخلل في محلول ملحي (5 % كلوريد الصوديوم) المحمض برذاذ حمض الخل وحمض اللبن. كان السلق قبل التعبئة مهماً جداً لإعداد الثوم المخلل عالي الجودة. وقد أدى ذلك إلى التخلص من الطعم اللاذع بتعطيل أنزيم الأليناز، وإزالة اللون الأخضر وتقليل اللزوجة.

## 2-8-7 الثوم المجفف:

تؤدي إزالة الماء من الثوم إلى انخفاض كبير في الحجم، مما يتيح تحقيق توفير في مساحة التخزين وتقليل الوزن المطلوب نقله. ويتم تجفيف الثوم لإنتاج شرائح ومكعبات ومسحوق بشكل أساسي. ويتم تقشير الثوم وتقطيعه وتجفيفه قبل السحق. وللثوم المجفف العديد من الاستخدامات في المطاعم والفنادق وغيرها من منشآت الأغذية وفي المنازل. كما أنه يستخدم في نكهة منتجات البندورة، والشوربات المعلبة، ومنتجات اللحوم مثل النقانق، والهامبرغر، والسلامي، وكذلك في بعض أنواع إضافات السلطة، كما يستخدم كدواء بشكل أقراص.

## 2-9- التجميد:

### 2-9-1 مقدمة في التجميد:

يعد التجميد أحد أقدم الطرق وأكثرها استخداماً لحفظ الأغذية ، والذي يسمح بالحفاظ على الطعم والملمس والقيمة الغذائية في الأغذية أفضل من أية طريقة أخرى. والتجميد هي مزيج من التأثيرات المفيدة لدرجات الحرارة المنخفضة التي لا يمكن أن تنمو فيها الكائنات الحية الدقيقة ، ونقل التفاعلات الكيميائية ، وتتأخر التفاعلات الاستقلابية الخلوية (Delgado and Sun, 2000).

## 2-9-2- أهمية التجميد كوسيلة للحفظ:

تحافظ طريقة الحفظ بالتجميد على جودة المنتجات الزراعية خلال فترات التخزين الطويلة. ويُعدّ التجميد عموماً أفضل من التعليب والتجفيف فيما يتعلق بالحفاظ على الخواص الحسية والخصائص الغذائية (Fennema, 1977). ويتم التأكيد على جودة المنتجات المجمدة وسلامتها عند استخدام مواد خام عالية الجودة، واستخدام ممارسات التصنيع الجيدة في عملية الحفظ، ويتم الحفاظ على المنتجات وفقاً لدرجات الحرارة المحددة.

## 2-9-3- الحاجة إلى التجميد والتخزين المجمد:

تم استخدام التجميد بنجاح للحفظ الطويل للعديد من الأغذية ، مما يوفر فترة صلاحية طويلة بشكل كبير. وتتضمن العملية خفض درجة حرارة المنتج بشكل عام إلى -18 درجة مئوية أو أقل (Fennema et al., 1973). ويتم تغيير الحالة الفيزيائية للمادة الغذائية عندما تتم إزالة الطاقة عن طريق التبريد تحت درجة حرارة التجمد. وتؤخر البرودة الشديدة ببساطة نمو الكائنات الحية الدقيقة وتبطئ التغييرات الكيميائية التي تؤثر على جودة الغذاء أو تتسبب بفساده (George, 1993).

يعد التجميد الصناعي ملائماً أكثر للحفاظ على الجودة خلال فترات التخزين الطويلة (Arthey, 1993)، وذلك بالتنافس مع التقنيات الجديدة الخاصة بمعالجة الأغذية بأقل قدر ممكن. وعند المقارنة من حيث استخدام الطاقة والتكلفة وجودة المنتج، يتطلب التجميد أقصر وقت للمعالجة. أياً طريقة حفظ تقليدية أخرى تركز على الفواكه والخضروات، بما في ذلك الجفاف والتعليب، تتطلب طاقة أقل عند مقارنتها باستهلاك الطاقة في عملية التجميد والتخزين. ومع ذلك عندما يتم تقدير التكلفة الإجمالية، يمكن أن تظل تكاليف التجميد منخفضة (أو أقل) مثل أية طريقة أخرى لحفظ الأغذية (Harris and Kramer, 1975).

## 2-9-4- تكنولوجيا التجميد:

يستخدم التجميد منذ فترة طويلة كوسيلة للحفظ ، ويكشف التاريخ أنّه تم تشكيله من خلال التطورات التكنولوجية في العملية. وتُعدّ كمية صغيرة من الثلج المنتج دون استخدام "البرد

الطبيعي" في عام 1755 أول معلم في عملية التجميد. وقد تم استخدام أنظمة الملح الجليدي للحفاظ على الأسماك ، وفي وقت لاحق، بحلول أواخر القرن التاسع عشر، تم إدخال التجميد في عمليات واسعة النطاق كوسيلة من وسائل الحفظ التجاري، وتم تجميد اللحوم والأسماك والزبدة، في غرف التخزين وتداولها كسلع غير معبأة (Persson and Londahl, 1993).

في السنوات التالية عمل العلماء والباحثون باستمرار لتحقيق النجاح في تجارب التجميد التجاري على العديد من السلع الغذائية. من بين هذه السلع، كانت الفواكه واحدة من أهمها إذ إنّ التجميد خلال موسم الذروة كان يتمتع بميزة الحفاظ على الفاكهة للمعالجة اللاحقة في المربي والهلام والمثلجات والفطائر وغيرها من الأطعمة المخبوزة. على الرغم من أنّ التجميد التجاري للفواكه الصغيرة والتوت (الثمار اللبية) بدأ في حوالي عام 1905 في الجزء الشرقي من الولايات المتحدة ، إلا أنّ التجميد التجاري للخضروات أصبح أكثر حداثة. وابتداءً من عام 1917 أجرت الشركات الخاصة فقط تجارب على تجميد الخضروات ، لكن تحقيق جودة جيدة للخضروات المجمدة لم يكن ممكناً دون المعالجة المسبقة بسبب التدهور الأنزيمي. وفي عام 1929 وصل العديد من الباحثين إلى ضرورة السلق لتعطيل الأنزيمات قبل التجميد لتجنب التلف والنكهات الناتجة عن التحلل الأنزيمي.

بدأت صناعة التجميد الحديثة في عام 1928 بتطوير مجمدات مزدوجة الحزام من قبل تقني يدعى Clarence Birdseye. وبعد الثورة في عملية التجميد السريع والمعدات أصبحت الصناعة أكثر مرونة، وخاصة مع استخدام المجمدات متعددة الألواح. وحققت الطرق السابقة تجميداً ناجحاً للأسماك والدجاج، ولكن مع نظام التجميد السريع الجديد، يمكن تجميد الأغذية المعلبة بين حزامين من المعدن أثناء انتقالها عبر نفق تجميد. وكان هذا التحسن ميزة كبيرة في التجميد واسع النطاق للفواكه والخضروات. وعلاوة على ذلك ساعد التجميد السريع للمعلبات ذات الحجم الاستهلاكي على قبول الخضروات المجمدة بسرعة في أواخر الثلاثينات.

يعد التجميد اليوم الطريقة الوحيدة واسعة النطاق التي تربط الفصول، بالإضافة إلى التباين في العرض والطلب على المواد الخام مثل اللحوم والأسماك والزبدة والفواكه والخضروات. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ التجميد يجعل حركة الكميات الكبيرة من الأغذية عبر المسافات

الجغرافية ممكنة (Persson and Londahl, 1993). من المهم التحكم في عملية التجميد، بما في ذلك تحضير المنتج قبل التجميد وتخزينه بعد التجميد، لتحقيق منتجات عالية الجودة (George, 1993)، لذلك ينبغي فهم نظرية عملية التجميد والمعلومات المعنية بوضوح.

## 2-9-5- عملية التجميد:

تتكون عملية التجميد بشكل رئيس من العوامل الديناميكية الحرارية والحركية ، والتي يمكن أن تهيمن على بعضها البعض في مرحلة معينة من عملية التجميد (Franks, 1985). وتترافق الأحداث الحرارية الكبرى مع انخفاض في المحتوى الحراري للمادة أثناء عملية التجميد. وتبرد المادة المراد تجميدها أولاً إلى درجة الحرارة التي تتشكل عندها النواة. قبل أن يتشكل الجليد، ويتطلب وجود نواة يمكن أن تنمو عليها البلورة. يتم تعريف عملية إنتاج هذه النواة على أنها التتوي. بمجرد ظهور البلورة الأولى في المحلول، يحدث تغيير الطور من السائل إلى الصلب مع زيادة نمو البلورة. لذلك تُعدّ النواة بمثابة العملية الأولية للتجميد، ويمكن عدّها الخطوة الأساسية التي تؤدي إلى تغير كامل في الطور (Sahagian and Goff, 1996).

## 2-9-6- نقطة تجمد الأغذية:

تُعرف نقطة التجمد بأنها درجة الحرارة التي تظهر عندها البلورة الجليدية الأولى، ويكون السائل عند درجة الحرارة تلك في حالة توازن مع المادة الصلبة. إذا تم اعتبار نقطة التجمد للماء النقي، ستوافق درجة الحرارة هذه 0 درجة مئوية (273 كلفن). ومع ذلك، عندما يتم تجميد النظم الغذائية، تصبح العملية أكثر تعقيداً بسبب وجود الماء الحر والمرتبطة. ولا يتم تجميد الماء المرتبط حتى في درجات الحرارة المنخفضة للغاية. يحتوي الماء غير القابل للتجميد على مواد صلبة قابلة للذوبان، مما يؤدي إلى انخفاض نقطة تجمد الماء إلى أقل من 0 درجة مئوية. وأثناء عملية التجميد، يزداد تركيز المواد الصلبة القابلة للذوبان في الماء غير المتجمد، مما يؤدي إلى اختلاف في درجة حرارة التجميد، لذلك تعتبر درجة الحرارة التي تظهر عندها أول بلورة جليدية هي درجة حرارة التجميد الأولية. وهناك معادلات تجريبية في الكتب يمكنها حساب درجة حرارة التجمد الأولية لبعض الأغذية كدالة لمحتواها من الرطوبة (Levy, 1979).

توجد عدة طرق لتجميد الأغذية، وقد تختلف جودة الغذاء المجمد اعتماداً على الطريقة المستخدمة. مع ذلك، بغض النظر عن الطريقة المختارة، فإنّ المبدأ الرئيس وراء جميع عمليات التجميد هو نفسه من حيث مُعاملات العملية. وتنقسم عملية التجميد أساساً إلى ثلاث مراحل استناداً إلى التغيرات الرئيسية في درجات الحرارة في موقع معين من المنتج، وبداية من مرحلة التجميد الأولي، يتعرض الطعام لعملية التجميد حتى ظهور البلورة الأولى. وإذا كانت المادة المجمدة عبارة عن ماء نقي، فإنّ درجة حرارة التجمد ستكون 0 درجة مئوية، وحتى درجة الحرارة هذه، سيكون هناك تبريد دوني حتى يبدأ تكوين الجليد. في حالة الأغذية خلال هذه المرحلة، تنخفض درجة الحرارة إلى أقل من درجة حرارة التجمد، وعند تكوين أول بلورة جليدية، تزداد إلى درجة حرارة التجمد. والمرحلة الثانية هي فترة التجميد. يحدث تغير الطور، وتحول الماء لجليد. بالنسبة للماء النقي، تكون درجة الحرارة في هذه المرحلة ثابتة ومع ذلك فإنّها تنخفض قليلاً في الأغذية، بسبب زيادة تركيز المواد المذابة في جزء الماء غير المجمد. وتبدأ المرحلة الأخيرة عندما تصل درجة حرارة المنتج إلى النقطة التي يتم فيها تحويل معظم الماء القابل للتجميد إلى جليد، وتنتهي عندما تنخفض درجة الحرارة إلى درجة حرارة التخزين (Persson and Londahl, 1993).

يعدّ وقت التجميد ومعدل التجميد أهم العوامل في تصميم أنظمة التجميد، وتتأثر جودة المنتج المجمد في الغالب بمعدل التجميد، بينما يتم حساب وقت التجميد وفقاً لمعدل التجميد. بالنسبة للتطبيقات الصناعية، كما يُعدّ وقت التجميد ومعدل التجميد أهم المعايير في العملية عند مقارنة الأنواع المختلفة من أنظمة التجميد والمعدات (Persson and Londahl, 1993).

## 2-9-7- سلبيات طريقة الحفظ بالتجميد:

- 1- الكلفة العالية للتجهيزات.
- 2- الكلفة العالية لإنشاء غرف التخزين المجمد.
- 3- الاستهلاك الكبير في الطاقة.
- 4- صعوبة إنجاز إزالة التجميد بدون تأثيرات سلبية على المنتج ويزداد التأثير السلبي كلما ازدادت نسبة الماء في المنتج.

## 2-9-8- الاستخدام المشترك للتجفيف الأسموزي والتجميد:

أجريت عدة تطبيقات ناجحة لحفظ الخضار والفواكه بالتجميد بعد تجفيفها جزئياً وفق مبدأ التركيز الأسموزي، إذ ترد نتائج مثل هذه التطبيقات في كثير من المقالات.

ففي تجارب على ثمار الكيوي حيث تم غمس العينات الطازجة في 68% من محلول السكر المائي لتجفف لمدة ثلاث ساعات ومن ثم تجميدها في مجمدة هوائية معدّل سرعة تبريدها 3 m/sec عند درجة  $-3^{\circ}\text{C}$  (Spiazzi *et al.*, 2000) وقد تبين أنّ التجمد بدأ عند درجات الحرارة الأقل انخفاضاً في المنتجات المجففة ودرجة حرارة العينات المجففة قد انخفضت إلى  $-18^{\circ}\text{C}$  في 19 - 20 دقيقة بسرعة أكبر بنسبة (20-30)% مقارنة مع الكيوي غير المعالج بحيث تطلبت زمن تجميد بين 23-24 دقيقة.

حيث من الواضح أنّ انخفاض المحتوى المائي في المادة الغذائية المجففة يؤدي دائماً إلى انخفاض نقطة التجمد وتقصير الوقت اللازم للتجميد، نظراً لانخفاض كمية الحرارة المطلوب إزالتها من المنتجات (Spiazzi *et al.*, 2000).

وفي دراسة أخرى (Spiazzi *et al.*, 2000) تبين أنّ قطع الفريز المعالجة بطريقة التجفيف الأسموزي باستخدام محاليل من الغليسرول والغلوكوز والسكروز تكون خسارتها أقلّ للماء، في حين نتج عن القطع المجمدة بدون معالجة أسموزية كمية أكبر من السائل الناتج بعد إجراء الإذابة، وترافق ذلك مع حدّ أدنى من الأضرار الهيكلية التي يمكن أن تنتج بنتيجة التجميد.

في تجربة أخرى على الفاصولياء الخضراء المعالجة بالتجفيف الأسموزي قبل تجميدها وذلك باستخدام محلول NaCl (Biswal *et al.*, 1991)، فقد تم تقييم الصلابة والطعم فحصلت على القبول والرضا العام، واستناداً إلى الدرجات التي قدمها فريق التقييم فقد اقترحوا أنّ الفاصولياء الخضراء المجمدة بطريقة التجفيف الأسموزي كانت جيدة ومقبولة بشكل أفضل مقارنة مع الفاصولياء المجمدة تقليدياً.

وفي دراسة أخرى (Spiazzi *et al.*, 2000) تم استخدام ثمار التفاح والبطيخ الأصفر والبطاطا والجزر والبازلاء بعد التجفيف الأسموزي والتجميد لإعداد الوجبات المختلفة مثل فطيرة

التفاح ومثلجات البطيخ الأصفر وغيرها، وفي كل الحالات فقد أظهرت هذه المنتجات أفضل نتيجة نهائية مقارنة مع المنتجات التقليدية المجمدة، ومن هنا فقط أثبتت هذه المنتجات إمكانية تسويقها المستقبلي.

في الوقت الحاضر أُعطي المزيد من الاهتمام للتجفيف الأسموزي والذي لديه مزايا أكثر من التجفيف الهوائي مثل التكيف مع مجموعة أكثر تنوعاً في المنتجات ومتطلبات طاقة أقل. ومع ذلك يجب توخي الحذر عند اختيار المحلول المائي من أجل التجفيف الأسموزي بما أن العنصر المذاب غالباً ما يؤدي إلى تغيير جوهري بتركيب المنتج، وفي بعض الأحيان إلى تأثير سلبي على الخصائص الحسية (Dixon *et al.*, 1997).

بسبب الحلاوة المفرطة للسكرور يستخدم كلوريد الصوديوم عادة وهناك مواد أخرى كالغلوكوز والفركتوز واللاكتوز والمالتوديكستريانات وشراب الذرة.... إلخ (Biswal *et al.*, 1991).

درس (Fahloul *et al.*, 2009) تأثير التجفيف الأسموزي على تجميد الخوخ. وتم إجراء التجفيف الأسموزي للمشمش في محلولين (السكرور ودبس التمر) بتركيزات مختلفة (30 و 50% وزن / وزن). وأظهرت النتائج أن التجفيف الأسموزي في محلول التمور (30% وزن / وزن) أعطى الوقت الأقصر للتجفيف (3 ساعات) وأفضل حركية لتجفيف التجميد. وكان فقدان فيتامين C 14% خلال التجفيف الأسموزي و 7% خلال التجفيف بالتجميد. زيادة السكريات الكلية بنسبة 57% خلال التجفيف الأسموزي و 8% خلال التجفيف بالتجميد.

درس (Assis *et al.*, 2018) التجفيف الأسموزي مع تجفيف التجميد لمكعبات التفاح ومقارنة هذه الطريقة مع التجفيف بالأمواج الصغرى والتجفيف بالهواء الساخن. وتمت معالجة مكعبات التفاح أسموزياً باستخدام محاليل السكرور أو السوربيتول في درجة حرارة 60 °C ، ثم تجميدها وتجميدها بالتجميد. وتبين من الدراسة أن التجفيف بالتجميد خفض بشكل كبير من محتوى الرطوبة من 6.259 ، 1.086 و 1.031 إلى 0.138 ، 0.099 و 0.074 كغ ماء / كغ مادة جافة للعينات التي تمت معالجتها مسبقاً أسموزياً باستخدام محاليل السكرور والسوربيتول على التوالي. نتج عن التجفيف بالتجميد للعينات المعالجة أسموزياً بمحلول السكرور معدل

تجفيف أعلى من العينات الأخرى. وقد لوحظ أعلى انخفاض في فعالية الماء  $a_w$  في العينات الطازجة. وبعد التجفيف بالتجميد، انخفض المحتوى الفينولي الكلي ونشاط مضادات الأكسدة في العينات المعالجة أسموزياً بحوالي 80% ، بالمقارنة مع التفاح الطازج ، وهذا الانخفاض يرجع إلى المعالجة الأسموزية الأولية. وحققت العينات المجففة بالتجميد أقل قيمة لفعالية الماء مقارنة بالتجفيف بالأمواج الصغرى والتجفيف بالهواء الساخن. ولكن، نتج عن التجفيف بالتجميد انخفاض معدل التجفيف.

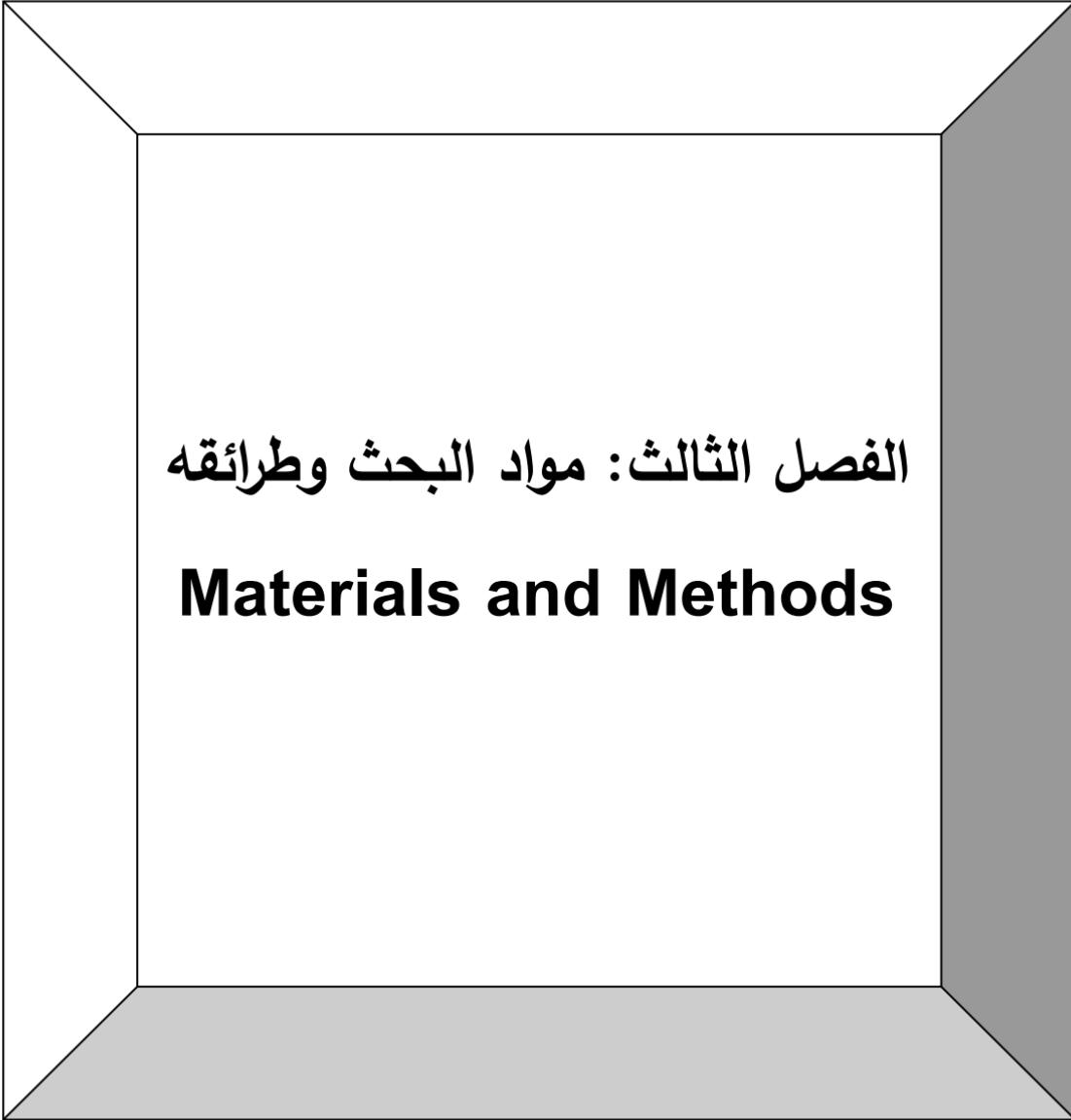
درس (Dermesonlouoglou and Taoukis., 2006) التجفيف الأسموزي بالتجميد للخضار والفواكه الحساسة وتأثير هذه الطريقة على خصائص الجودة والعمر التخزيني للمنتج. فبعض هذه الفواكه والخضروات مثل الخيار والبندورة والفريز والبطيخ ليست مناسبة لعملية التجميد التقليدية، بسبب تدهور الملمس، وتغيير اللون، وفقدان القيمة الغذائية، وارتفاع تكاليف الطاقة، وما إلى ذلك. ووجد أنه يمكن تحسين الجودة السيئة لهذه الأنسجة المجمدة بشكل كبير عن طريق التجفيف الأسموزي بالتجميد. ووجد أن تطبيق المعالجة الأسموزية للأنسجة الطازجة في محاليل من السكرز ومالتو ديكتسرين عند درجة حرارة معتدلة (35 درجة مئوية) تسبب فقداً كبيراً في الماء وزيادة في المادة الصلبة. بناءً على الدراسة الحركية المقارنة لتدهور الجودة، تبين التأثير الحافظ لكل من المحاليل الأسموزية على فيتامين C والليكوپين واللون. وحسن اكتساب المادة الصلبة (السكر) وفقد الماء الجزئي الخصائص الحسية للعينات المعالجة (مظهر جذاب ولون مشرق ولمس جيد وطعم لطيف) بالمقارنة مع تلك غير المعالجة. وعانت العينات غير المعالجة من قوام ومذاق غير جيد (سيئ) أثناء التخزين.

درس (Kowalska *et al.*, 2008) تأثير السلق والتجميد على التجفيف الأسموزي لليقطين. وتم تجفيف مكعبات اليقطين ( $10 \times 10 \times 10$  ملم) في محاليل السكرز والجلوكوز وشراب النشاء عند درجة حرارة  $30^\circ\text{C}$ . واستغرقت العملية 180 دقيقة. أعطى كل من السلق والتجميد قبل التجفيف الأسموزي لليقطين في ظل هذه الظروف فقداً أعلى في الماء وزيادة المواد الصلبة مقارنة مع العينات غير المعالجة. وحدث أعلى فقد في الماء بالتجفيف الأسموزي والصلق خلال 180 دقيقة باستخدام محلول شراب النشاء. وأقل قيمة لفقد الماء بالتجفيف الأسموزي والتجميد باستخدام محلول السكرز. ولكن تم الحصول على أعلى قيمة لمعامل  $W_L/S_G$  (إلى

9.4) أثناء التجفيف الأسموزي لليقطين الخام. ولم يكن للمعالجة المسبقة مثل السلق والتجميد تأثير كبير على معامل الانتشار للماء والمواد الصلبة أثناء التجفيف الأسموزي.

درس (Chottanom and Srisa-Ard., 2011) تأثير المحاليل الأسموزية وتركيزها على انتقال الكتلة ومراقبة أي تأثير على محتوى الليكوبين واللون ودرجة حرارة الذوبان للبندورة. وتم التجفيف الأسموزي لقطع البندورة في محاليل المالتوز (35 ، 50 %) ، والسكروز (35 ، 60 %) والسوربيتول (35 ، 60 %) ، لمدة 2 و 6 ساعات. وكان السكروز والسوربيتول فعالين للغاية في تقليل محتوى الماء في البندورة، مقارنة مع المالتوز. ووجد أن أعلى كسب بالمادة الصلبة كان باستخدام السوربيتول. وتسببت محاليل السكروز والسوربيتول بتقليل محتوى الليكوبين وتغير اللون. اعتمد تقييم درجة الحرارة على المحاليل الأسموزية ويمكن أن يكون مرتبطاً بمعادلة الكتلة الصلبة. وتمت التوصية بتركيز 50% لمحلول المالتوز للبندورة المجمدة ، مقارنة بالسكروز والسوربيتول.





**الفصل الثالث: مواد البحث وطرائقه**  
**Materials and Methods**



### 3- مواد البحث وطرائقه

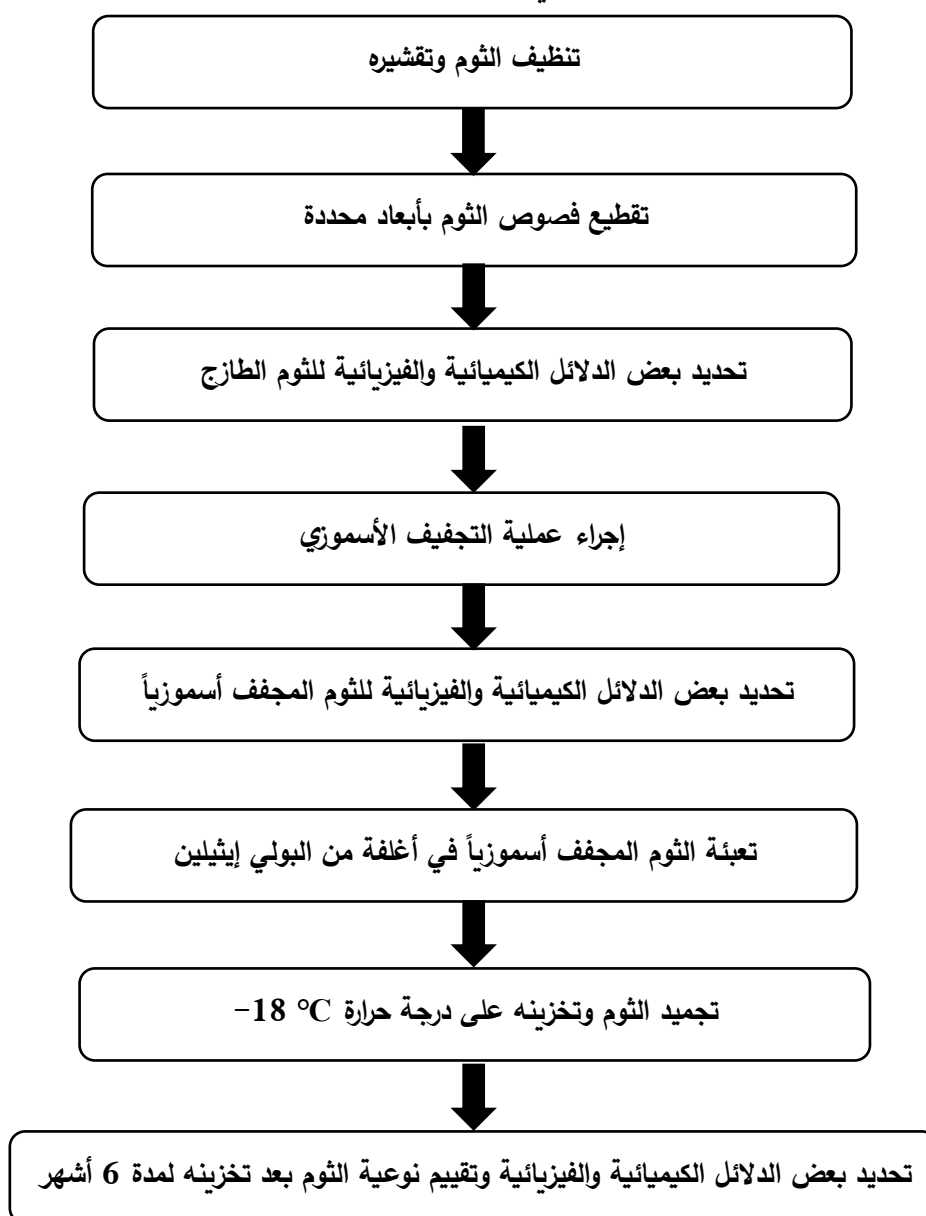
#### Materials and Methods

##### 3-1- المنتج المدروس:

المنتج المدروس هو الثوم المنتج محلياً، وقد تم شراؤه من الأسواق المحلية بمواصفات جيدة (عام 2018).

##### 3-2- منهجية دراسة عملية التجفيف الأسموزي:

تمت دراسة العملية وفق المخطط التالي:



**3-3- التحاليل الكيميائية والفيزيائية التي أجريت لعينات الثوم:****3-3-1- تقدير محتوى الرطوبة:**

تم تقدير محتوى الرطوبة في عينات الثوم باستخدام طريقة التجفيف حتى ثبات الوزن

(A.O.A.C.,2006)

وباستخدام العلاقة (1):

$$MC = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

حيث:

**MC:** نسبة الماء في العينة، %.

**W<sub>1</sub>** - الوزن الأولي للعينة، g.

**W<sub>2</sub>** - الوزن النهائي للعينة بعد التجفيف حتى ثبات الوزن، g.

**3-3-2- تقدير فيتامين C:**

حددت نسبة فيتامين C بطريقة كاشف 6,2- ثنائي سداسي كلورفينول أندوفينول، حسب

(AOAC, 1980).

**3-3-3- تحديد اللون:**

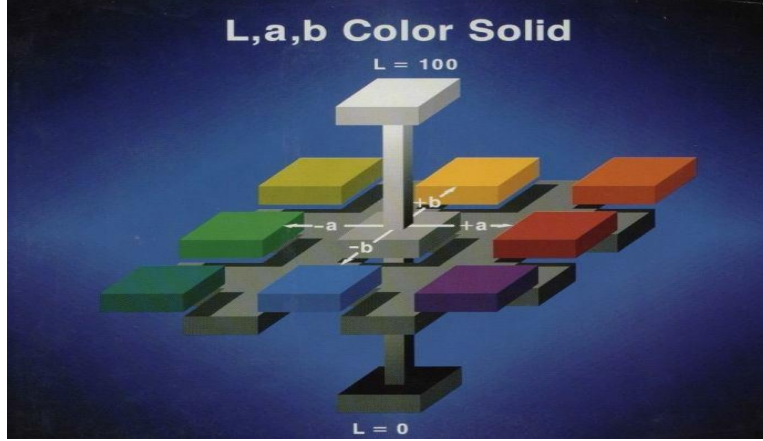
تمّ قياس اللون لعينات الثوم باستخدام جهاز (CM-5) Spectrophotometer الذي

يعمل وفقاً لنظام قياس اللون CIE (Commission International de l'Eclairage)،

ويستخدم الجهاز مصدراً ضوئياً قياسياً، وهو ضوء نهار متوسط متضمن أشعة UV. حيث تتمّ

أولاً معايرة الجهاز على اللونين الأبيض والأسود، ثمّ يتمّ قياس لون العينة بوضعها ضمن عبوة

شفافة على عدسة الجهاز الذي يعطي عدّة خيارات لتحديد اللون. يبين الشكل (2) شكلاً رمزياً لكيفية تحديد مؤشرات اللون.



الشكل (2) شكلاً رمزياً لكيفية تحديد مؤشرات اللون.

كما يبدو في الصورة (1) جهاز تحديد اللون المستخدم في الدراسة



الصورة (1) جهاز اللون المستخدم في الدراسة

### 3-3-4- فعالية الماء Water activity :

يستخدم مفهوم النشاط المائي بكثرة في مجال حفظ الأغذية، إذ إنّ المواد ذات القيم المرتفعة من النشاط المائي تميل لأن تشكل بيئة مناسبة للأحياء الدقيقة، إذ إنّ البكتيريا تتطلب عادة على الأقل 0.91 والفطريات على الأقل 0.8.

تفيد معرفة النشاط المائي للأغذية في تقدير العمر الافتراضي للسلع الاستهلاكية.

ويعرف النشاط المائي  $a_w$  رياضياً وفق المعادلة (2):

$$a_w = p / p_0$$

حيث  $p$  ضغط بخار الماء في المادة، أما  $p_0$  فهو ضغط بخار الماء النقي عند درجة الحرارة نفسها.

طريقة العمل:

تهرس عينات الثوم وتقاس فعالية الماء عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  باستخدام جهاز قياس فعالية الماء (Lab Master.aw, novasina). وبعد التوازن، سجلت قيم فعالية الماء.

تم قياس فعالية الماء باستخدام جهاز قياس فعالية الماء Lab Master.aw نوع novasina.

تبين الصورة (2) جهاز فعالية الماء المستخدم في الدراسة



الصورة (2) جهاز تحديد فعالية الماء المستخدم في الدراسة

### 3-3-5- تحديد الصلابة :

تم تحديد صلابة العينات أو القوام باستخدام جهاز قياس الصلابة من النوع TA-XT2i،

الصورة (3)



الصورة (3) جهاز تحديد القوام المستخدم في الدراسة

### 3-4- التقييم الحسي:

تم إجراء التقييم الحسي من خلال خصائص الطعم واللون وقوة النكهة للعينات المجففة أسموياً والمخزنة بالتجميد. وأعطيت الدرجة 10 لكل الخواص الحسية لعينة الثوم الشاهد الطازجة، وتم تحديد درجة الجودة للعينات المعالجة عن طريق لجنة مؤلفة من خمسة أشخاص في جامعة البعث (كلية الهندسة الكيميائية والبترونية). وأعطيت الدرجات وفق الوصف الآتي:

الجدول (4): وصف درجات الجودة.

الدرجة	وصف درجة الجودة
10	ممتاز
6 - 8	جيد
4 - 6	متوسط
2 - 4	ضعيف
0 - 2	ضعيف جداً

### 3-5- عوامل عملية التجفيف الأسموزي:

تمت عملية التجفيف الأسموزي وفقاً لما يلي:

#### **3-5-1- المحاليل الأسموزية المستخدمة:**

تم استخدام محاليل ملحية بالتركيز التالية: 10% و 15% و 20% باستخدام ملح كلور الصوديوم التجاري .

#### **3-5-2- درجات الحرارة المستخدمة:**

تم إجراء التجفيف الأسموزي باستخدام درجات الحرارة التالية: 25 °C و 35 °C و 45 °C.

### 3-5-3- نسبة المنتج إلى المحلول الأسموزي:

تم اعتماد النسبة 1:5. اعتماداً على دراسات مرجعية مشابهة لتقليص عدد التجارب والمكررات.

### 3-5-4- زمن العملية:

تم تحديد معاملات العملية الأسموزية مرة كل نصف ساعة.

### 3-5-5- ثخانة القطع:

تم تقطيع فصوص الثوم كما يلي: 5 mm و 10 mm، واستخدام فصوص كاملة 20 mm.

### 3-6-6- المعاملات التي حددت أثناء عملية التحفيف الأسموزي:

#### 3-6-1- محتوى الماء:

حدد وفق العلاقة (3): (A.O.A.C., 2008)

$$MC = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

#### 3-6-2- نسبة النقص في الماء:

حددت وفق العلاقة (4): حسب (Hamledari *et al.*, 2012)

$$W_L = \frac{M_0 x_0 - M_f x_f}{M_0}$$

حيث:

$W_L$  - نسبة النقص في الماء، (%).

$M_0$  - الوزن الأولي للعينة (g).

$M_f$  - الوزن النهائي للعينة بعد التجفيف الأسموزي (g).

$x_0$  - المحتوى الأولي للماء (%).

$x_f$  - المحتوى النهائي للماء (%).

3-6-3 - الكسب في المادة الصلبة:

حددت وفق العلاقة (5): حسب (Hamledari *et al.*, 2012)

$$S_G = \frac{M_f y_f - M_0 y_0}{M_f}$$

حيث:

$S_G$  - الكسب في المادة الصلبة (%).

$M_0$  - الوزن الأولي للعينة (g).

$M_f$  - الوزن النهائي للعينة بعد التجفيف (g).

$y_0$  - المحتوى الأولي للماء (%).

$y_f$  - المحتوى النهائي للماء (%).

3-6-4 - نقص الوزن الكلي:

حدد وفق العلاقة (6): حسب (Hamledari *et al.*, 2012)

$$WR = \frac{M_0 - M_f}{M_0} \times 100$$

### 3-6-5- كفاءة التجفيف الأسموزي:

حدد وفق العلاقة (7): حسب (Araujo *et al.*, 2014)

$$P_r = \frac{W_L}{S_G}$$

### 3-7-7- التجهيزات المستخدمة:

3-7-1- حمام مائي مخبري: يمكن التحكم بدرجة حرارته وفق ما هو مطلوب نوع

Memmert ، الصورة (4) ، وتبين الصورة (5) بعض العينات أثناء عملية التجفيف الأسموزي.



الصورة ( 4 ) حمام مائي



الصورة (5) نماذج من العينات أثناء عملية التجفيف الأسموزي

### 3-7-2- مجفف مخبري: نوع (Memmert UN/UF)، الصورة (6)



الصورة ( 6 ) مجفف مخبري

تبين الصورة (7) بعض العينات أثناء التجفيف في المجفف المخبري



الصورة (7) العينات في المجفف المخبري

### 3-7-4- ميزان دقيق: الصورة (8)



الصورة (8) الميزان المخبري المستخدم

### 3-7-5- مجمدة مخبرية: إنتاج شركة محلية يمكن التحكم بدرجة حرارتها.



الصورة (9) مجمدة مخبرية



الصورة (10) نماذج من العينات قبل وضعها في المجمدة



الشكل (11) عينات الثوم أثناء التخزين المجمد

3-7-6- أدوات زجاجية مخبرية: وعبوات زجاجية (مرطبات) ومواد تغليف (أكياس بولي

إيثيلين).

3-7-7- مجفف زجاجي: desiccators



الصورة (12) مجفف زجاجي

**3-8- الدراسة الإحصائية:**

تمّ تحليل النتائج باستخدام برنامج Excel 2016 باستخدام تحليل التباين باتجاهين بدون تكرار  
Anova: Two-Factor Without Replication عند قيم  $\alpha=0.05$ .



## الفصل الرابع: النتائج

# RESULTS



## 4- النتائج

### Results

#### 4-1- نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم:

##### 4-1-1- نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة 25 °C:

تبين الجداول (5) و(6) و(7) نتائج دراسة عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة 25 °C كل نصف ساعة، عند تراكيز وثخانة قطع مختلفة. وتبين أن أعلى نسبة لنقص الماء ( $W_L$ ) وهي 36% كانت عند تركيز 20% ووثخانة القطعة 5 mm وزمن غمر 120 min.

وأعلى كفاءة لعملية التجفيف الأسموزي ( $P_r$ ) وهي 2.52 كانت عند تركيز 20% ووثخانة القطعة 5 mm وزمن غمر 120 min.

الجدول (5): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 10% ودرجة حرارة 25 °C.

زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
24.60	23.10	15.84	7.86	W <sub>L</sub>	5	1:5	25	10
9.76	9.04	6.36	3.60	S <sub>G</sub>				
2.52	2.56	2.49	2.18	P <sub>r</sub>				
21.00	18.78	14.04	7.32	W <sub>L</sub>	10			
8.92	7.32	6.40	3.40	S <sub>G</sub>				
2.35	2.57	2.19	2.15	P <sub>r</sub>				
7.20	6.66	5.00	4.88	W <sub>L</sub>	20			
4.84	4.32	4.03	4.01	S <sub>G</sub>				
1.49	1.54	1.24	1.22	P <sub>r</sub>				

يبين التحليل الإحصائي وجود تأثير هام معنوياً لثخانة القطع والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما عند تركيز 10%.

الجدول (6): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 15% ودرجة حرارة 25 °C.

زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
27.22	24.91	20.95	8.91	W <sub>L</sub>	5	1:5	25	15
11.76	10.52	9.00	4.40	S <sub>G</sub>				
2.31	2.37	2.33	2.03	P <sub>r</sub>				
22.55	19.52	11.88	7.16	W <sub>L</sub>	10			
11.08	8.92	6.44	4.00	S <sub>G</sub>				
2.04	2.19	1.84	1.79	P <sub>r</sub>				
7.15	6.82	5.85	5.50	W <sub>L</sub>	20			
5.12	4.80	4.33	4.12	S <sub>G</sub>				
1.40	1.42	1.35	1.33	P <sub>r</sub>				

يبين التحليل الإحصائي وجود تأثير هام معنوياً لثخانة القطع والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما عند تركيز 15%.

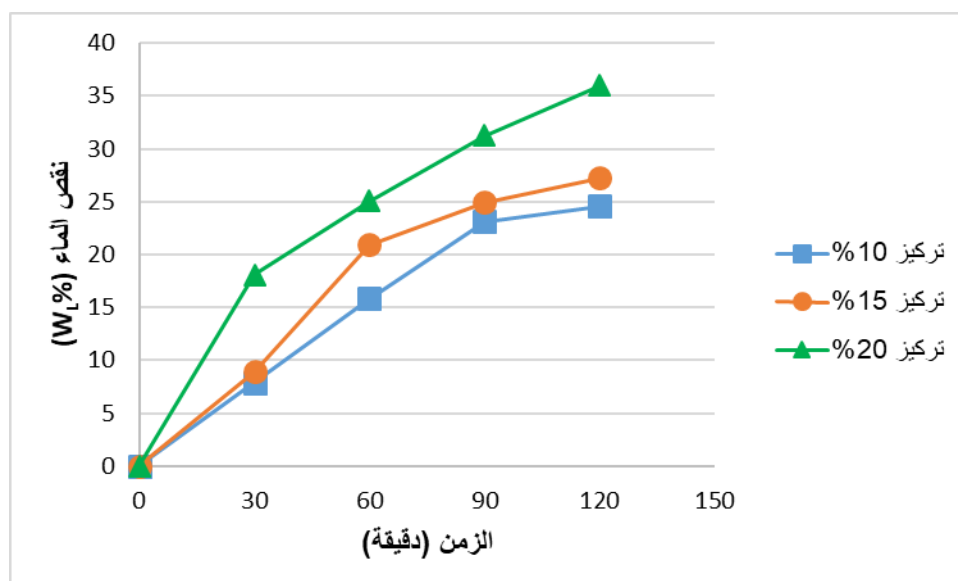
الجدول (7): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 20% ودرجة حرارة 25 °C.

min زمن الغمر،				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
36.00	31.26	25.08	10.08	W <sub>L</sub>	5	1:5	25	20
14.28	12.32	10.04	4.68	S <sub>G</sub>				
2.52	2.54	2.50	2.15	P <sub>r</sub>				
23.66	19.65	14.26	8.64	W <sub>L</sub>	10			
11.52	9.14	7.84	4.08	S <sub>G</sub>				
2.05	2.15	1.82	2.12	P <sub>r</sub>				
7.42	7.25	6.12	5.66	W <sub>L</sub>	20			
6.75	5.75	4.93	4.62	S <sub>G</sub>				
1.10	1.26	1.24	1.23	P <sub>r</sub>				

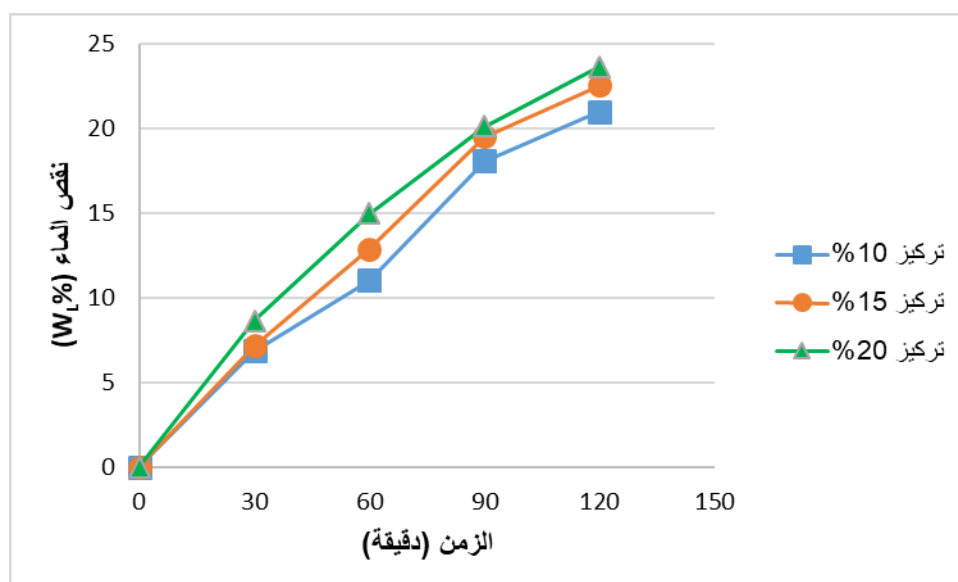
يبين التحليل الإحصائي للجداول (5) و(6) و (7) وجود تأثير هام معنوياً للتركيز والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما.

أما بالنسبة لتأثير الزمن، لم يؤثر اختلاف زمن الغمر على كفاءة عملية التجفيف P<sub>r</sub> عند درجة حرارة 25 °C.

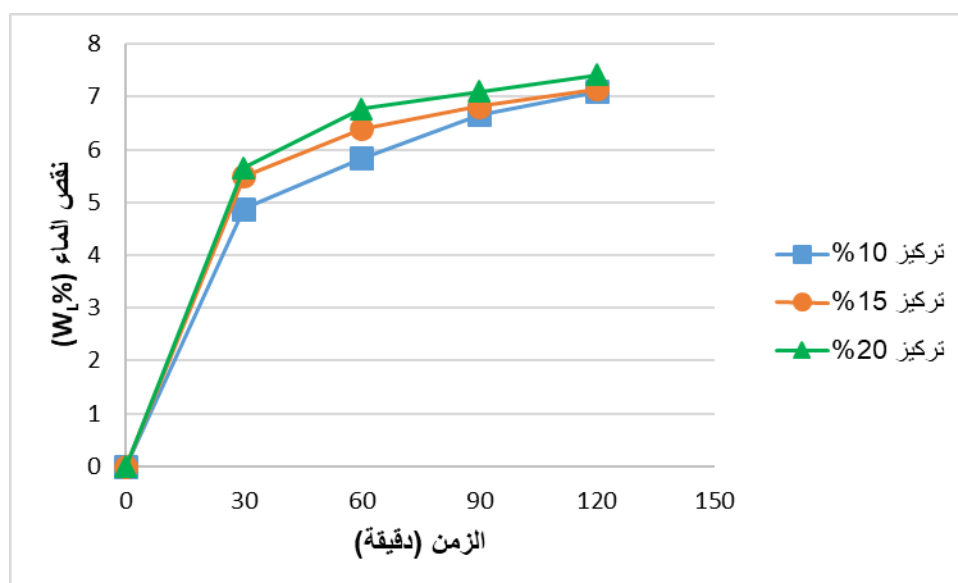
كما تبين الأشكال (3) و(4) و(5) منحنيات النقص في الماء في عينات الثوم خلال عملية التجفيف الأسموزي عند تغير معاملات العملية :



الشكل (3) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 5mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

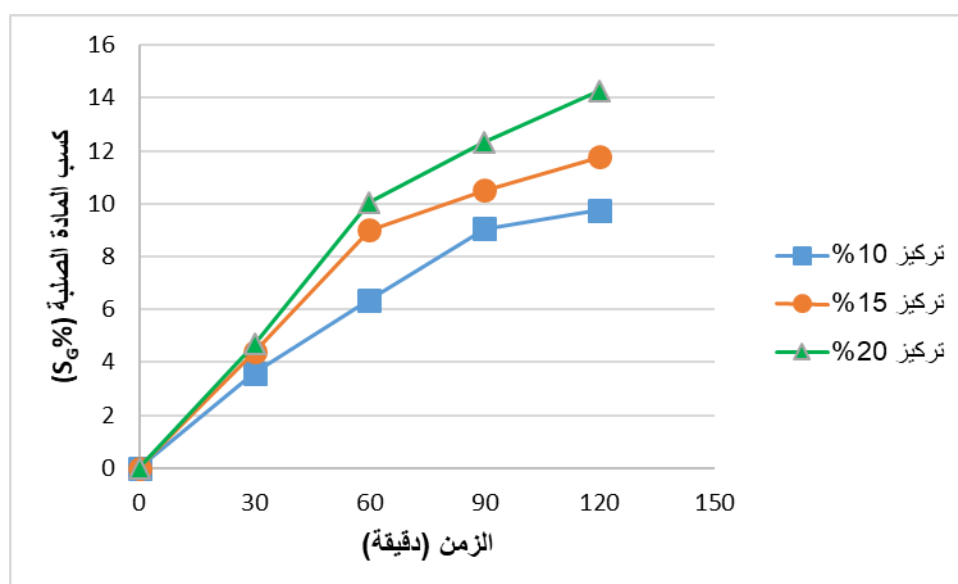


الشكل (4) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 10mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

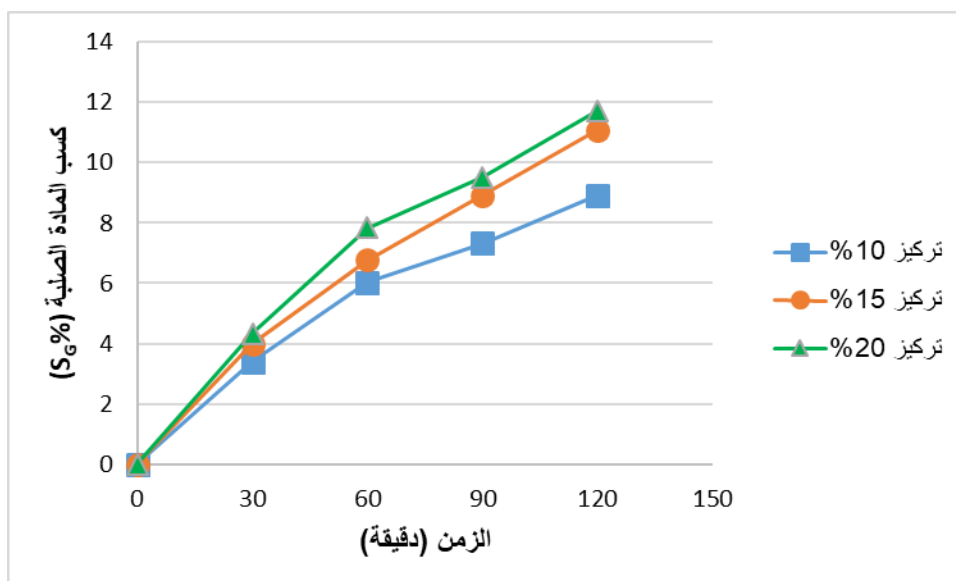


الشكل (5) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 20mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

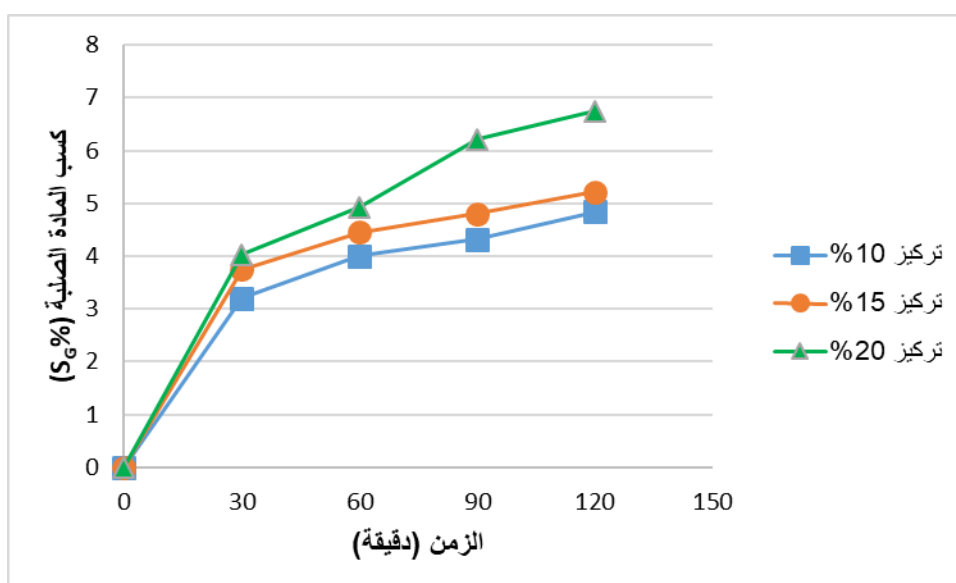
كما تظهر الأشكال (6) و(7) و(8) منحنيات تغيرات الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم عند تغير معاملات عملية التجفيف الأسموزي



الشكل (6) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 5mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

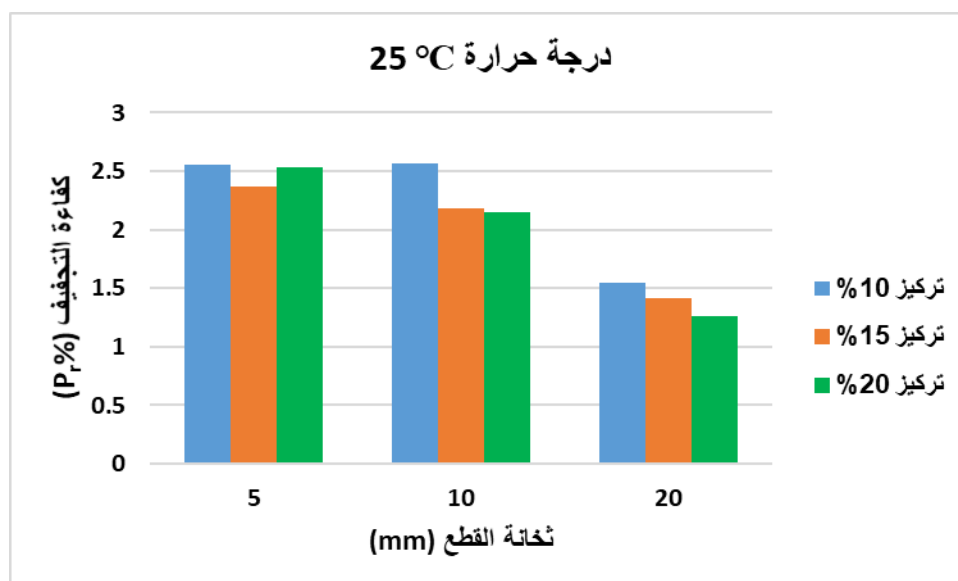


الشكل (7) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 10mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي



الشكل (8) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 20mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

ويبين الشكل (9) أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة 25 عند اختلاف معاملات العملية.



الشكل (9) أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة 25 عند اختلاف معاملات العملية

#### 2.1.4 نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة 35 °C:

تبين الجداول (8) و(9) و(10) نتائج دراسة عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة 35 °C كل نصف ساعة، عند تراكيز وتخانة قطع مختلفة. وتبين أن أعلى نسبة لنقص الماء ( $W_L$ ) وهي 40.6% كانت عند تركيز 20% وتخانة القطعة 5 mm وزمن غمر 120 min.

وأعلى كفاءة لعملية التجفيف الأسموزي ( $P_r$ ) وهي 3.05 كانت عند تركيز 15% وتخانة القطعة 5 mm وزمن غمر 90 min.

الجدول (8): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 10% ودرجة حرارة 35 °C.

زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
37.17	29.54	22.47	8.54	W <sub>L</sub>	5	1:5	35	10
15.15	10.10	8.10	3.65	S <sub>G</sub>				
2.45	2.92	2.77	2.34	P <sub>r</sub>				
29.12	24.08	17.57	7.84	W <sub>L</sub>	10			
12.30	9.55	7.70	3.75	S <sub>G</sub>				
2.37	2.52	2.28	2.09	P <sub>r</sub>				
8.61	9.17	7.56	5.04	W <sub>L</sub>	20			
6.40	5.90	5.50	3.70	S <sub>G</sub>				
1.35	1.55	1.37	1.36	P <sub>r</sub>				

يبين التحليل الإحصائي وجود تأثير هام معنوياً لثخانة القطع والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما عند تركيز 10%.

الجدول (9): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 15% ودرجة حرارة 35 °C.

زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
39.76	36.96	28.77	9.45	W <sub>L</sub>	5	1;5	35	15
18.60	12.10	9.85	3.95	S <sub>G</sub>				
2.14	3.05	2.92	2.39	P <sub>r</sub>				
33.67	26.32	18.48	8.54	W <sub>L</sub>	10			
13.95	10.00	8.08	3.90	S <sub>G</sub>				
2.41	2.63	2.29	2.19	P <sub>r</sub>				
9.24	9.45	7.84	5.67	W <sub>L</sub>	20			
6.40	5.65	5.55	4.00	S <sub>G</sub>				
1.44	1.67	1.41	1.42	P <sub>r</sub>				

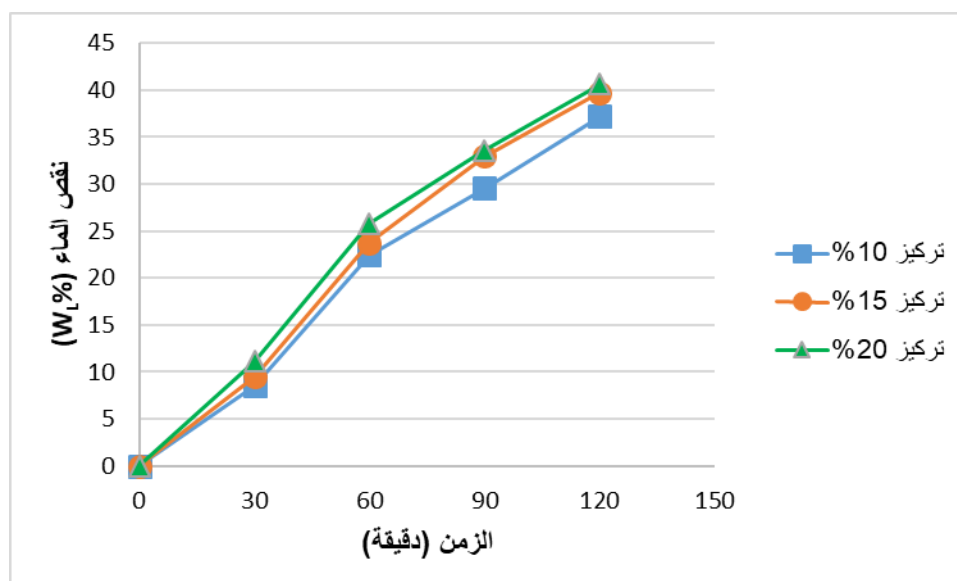
يبين التحليل الإحصائي وجود تأثير هام معنوياً لثخانة القطع والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما عند تركيز 15%.

الجدول (10): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 20% ودرجة حرارة 35 °C.

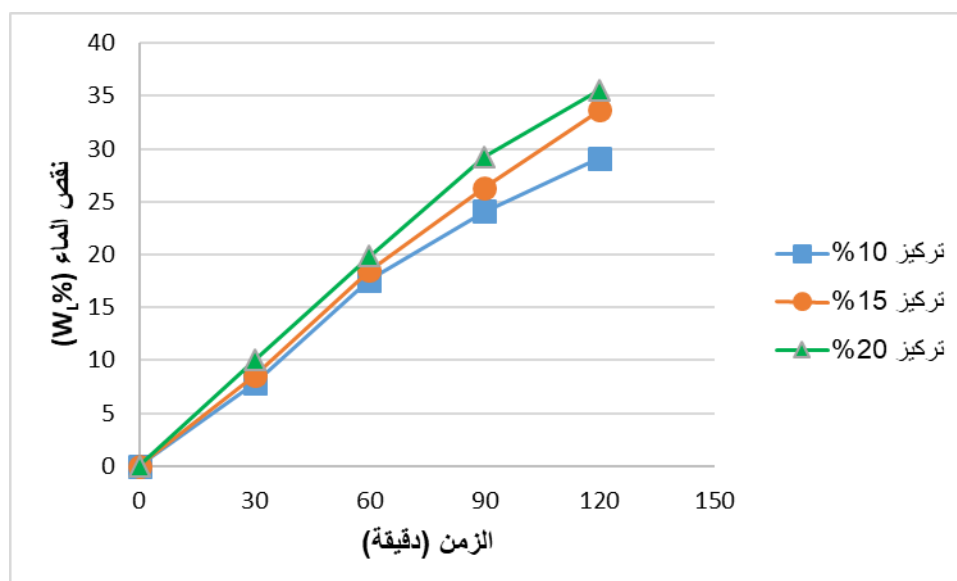
min زمن الغمر،				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
40.60	31.60	25.30	11.10	W <sub>L</sub>	5	1;5	35	20
18.68	12.96	10.56	5.40	S <sub>G</sub>				
2.17	2.44	2.40	2.06	P <sub>r</sub>				
25.55	21.25	15.85	10.00	W <sub>L</sub>	10			
12.00	9.52	7.84	5.32	S <sub>G</sub>				
2.13	2.23	2.02	1.88	P <sub>r</sub>				
7.75	7.23	5.70	5.33	W <sub>L</sub>	20			
6.08	5.40	4.40	4.17	S <sub>G</sub>				
1.27	1.34	1.30	1.28	P <sub>r</sub>				

يبين التحليل الإحصائي للجدول (8) و(9) و(10) وجود تأثير هام معنوياً للتركيز والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث  $P < 0.05$  لكل منهما. أما بالنسبة لتأثير الزمن، لم يؤثر اختلاف زمن الغمر على كفاءة عملية التجفيف P<sub>r</sub> عند درجة حرارة 35 °C.

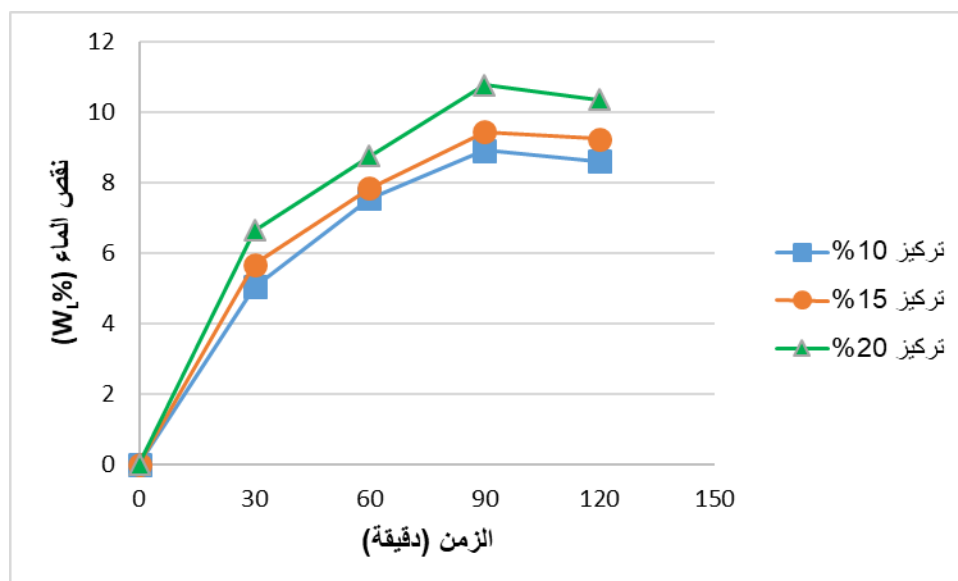
كما تبين الأشكال (10) و(11) و(12) منحى النقص في الماء في عينات الثوم خلال عملية التجفيف الأسموزي عند تغير معاملات العملية :



الشكل (10) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 35 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

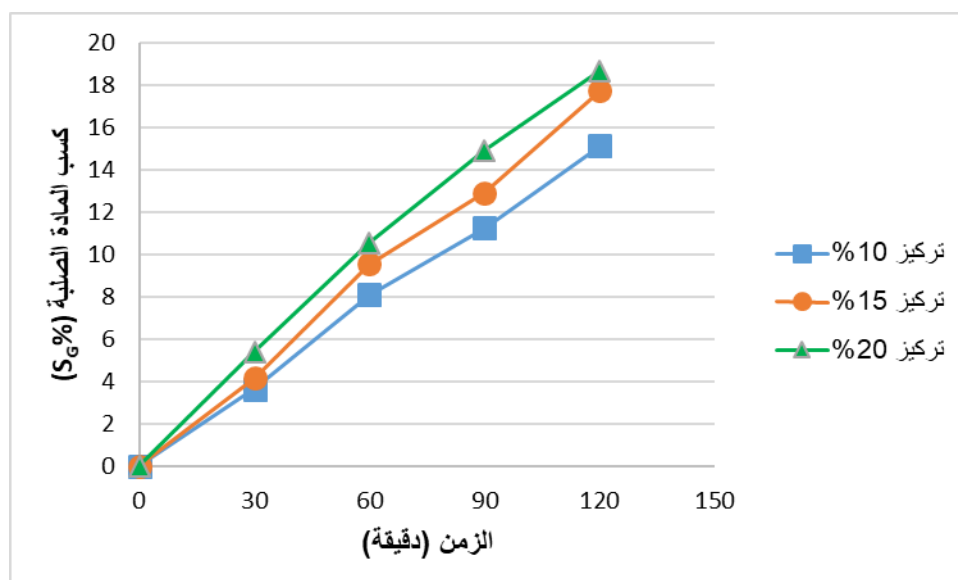


الشكل (11) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 35 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

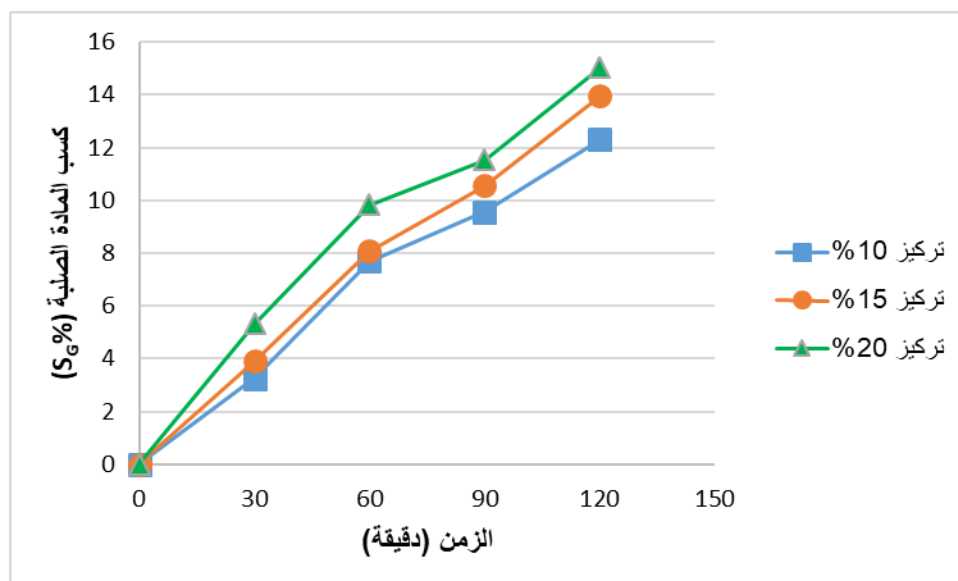


الشكل (12) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 35 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

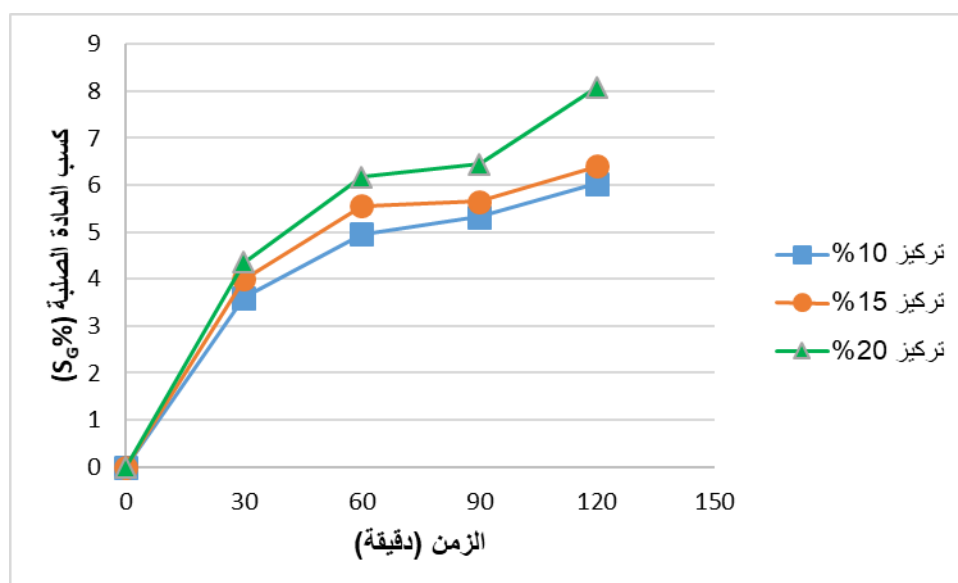
كما تظهر الأشكال (13) و(14) و(15) منحنيات تغيرات الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم عند تغير معاملات عملية التجفيف الأسموزي



الشكل (13) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 35 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

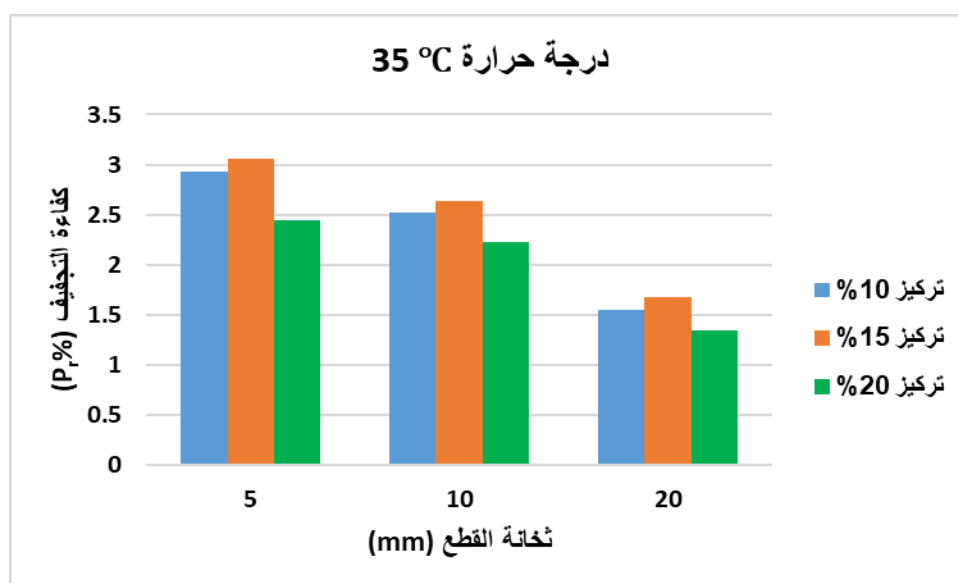


الشكل (14) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 35 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي



الشكل (15) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 20mm عند درجة حرارة 25 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

وبين الشكل (16) أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة  $35^{\circ}\text{C}$  عند اختلاف معاملات العملية



الشكل (16) أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة  $35^{\circ}\text{C}$  عند اختلاف معاملات العملية

#### 3.1.4 نتائج عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة $45^{\circ}\text{C}$ :

تبين الجداول (11) و(12) و(13) نتائج دراسة عملية التجفيف الأسموزي لعينات الثوم عند درجة حرارة  $45^{\circ}\text{C}$  كل نصف ساعة، عند تراكيز وتخانة قطع مختلفة. وتبين أن أعلى نسبة لنقص الماء ( $W_L$ ) وهي 43.1% كانت عند تركيز 20% وتخانة القطعة 5 mm وزمن غمر 120 min.

وأعلى كفاءة لعملية التجفيف الأسموزي ( $P_r$ ) وهي 2.57 كانت عند تركيز 15% وتخانة القطعة 10 mm وزمن غمر 90 min.

الجدول (11): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 10% ودرجة حرارة 45 °C.

زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
41.12	35.84	24.08	10.65	W <sub>L</sub>	5	1:5	45	10
22.40	17.04	12.16	8.76	S <sub>G</sub>				
1.84	2.10	1.98	1.22	P <sub>r</sub>				
30.12	26.02	18.57	9.10	W <sub>L</sub>	10			
13.30	10.28	8.52	5.00	S <sub>G</sub>				
2.26	2.53	2.18	1.82	P <sub>r</sub>				
9.80	9.66	7.14	6.86	W <sub>L</sub>	20			
5.80	5.48	4.56	4.00	S <sub>G</sub>				
1.69	1.76	1.57	1.72	P <sub>r</sub>				

يبين التحليل الإحصائي وجود تأثير هام معنوياً لثخانة القطع والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما عند تركيز 10%.

الجدول (12): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 15% ودرجة حرارة 45 °C.

زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
42.12	37.00	28.79	14.16	W <sub>L</sub>	5	1;5	45	15
23.56	18.08	13.20	8.81	S <sub>G</sub>				
1.79	2.05	2.18	1.61	P <sub>r</sub>				
33.77	27.94	18.63	9.45	W <sub>L</sub>	10			
14.20	10.84	10.52	5.11	S <sub>G</sub>				
2.38	2.58	1.77	1.85	P <sub>r</sub>				
10.15	9.70	8.15	7.00	W <sub>L</sub>	20			
6.43	5.44	4.64	4.08	S <sub>G</sub>				
1.58	1.78	1.76	1.72	P <sub>r</sub>				

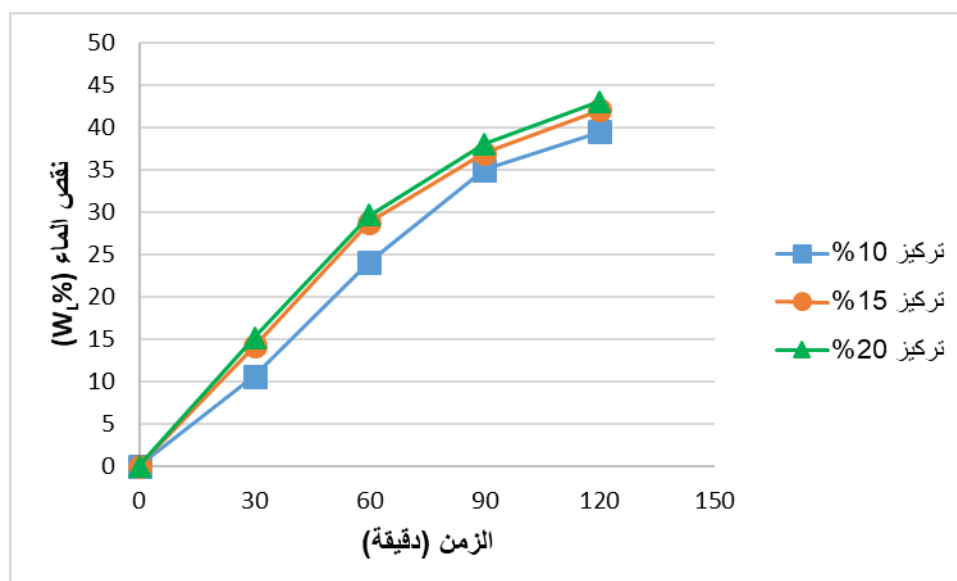
يبين التحليل الإحصائي وجود تأثير هام معنوياً لثخانة القطع والزمن على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05 لكل منهما عند تركيز 15%.

الجدول (13): تأثير ثخانة القطع المستخدمة وزمن الغمر على نقص الماء واكتساب المادة الصلبة وكفاءة عملية التجفيف الأسموزي عند تركيز 20% ودرجة حرارة 45 °C.

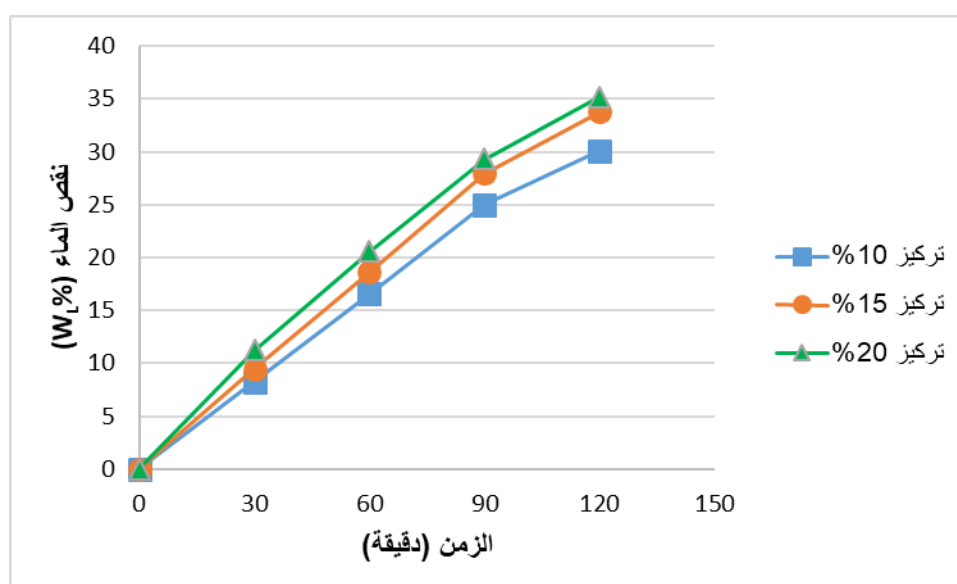
زمن الغمر، min				البيان	ثخانة القطع، mm	نسبة المنتج إلى المحلول	درجة الحرارة، °C	التركيز، %
120	90	60	30					
43.10	38.09	29.69	15.19	W <sub>L</sub>	5	1:5	45	20
23.60	19.33	14.21	9.20	S <sub>G</sub>				
1.83	1.97	2.09	1.65	P <sub>r</sub>				
34.71	27.96	19.54	11.23	W <sub>L</sub>	10			
15.22	11.94	11.52	5.67	S <sub>G</sub>				
2.28	2.34	1.70	1.98	P <sub>r</sub>				
11.08	10.11	8.66	7.15	W <sub>L</sub>	20			
6.52	5.52	4.68	4.21	S <sub>G</sub>				
1.70	1.83	1.85	1.70	P <sub>r</sub>				

يبين التحليل الإحصائي لكافة الجداول وجود تأثير هام معنوياً لدرجة الحرارة أيضاً على W<sub>L</sub> و S<sub>G</sub> حيث P<0.05.

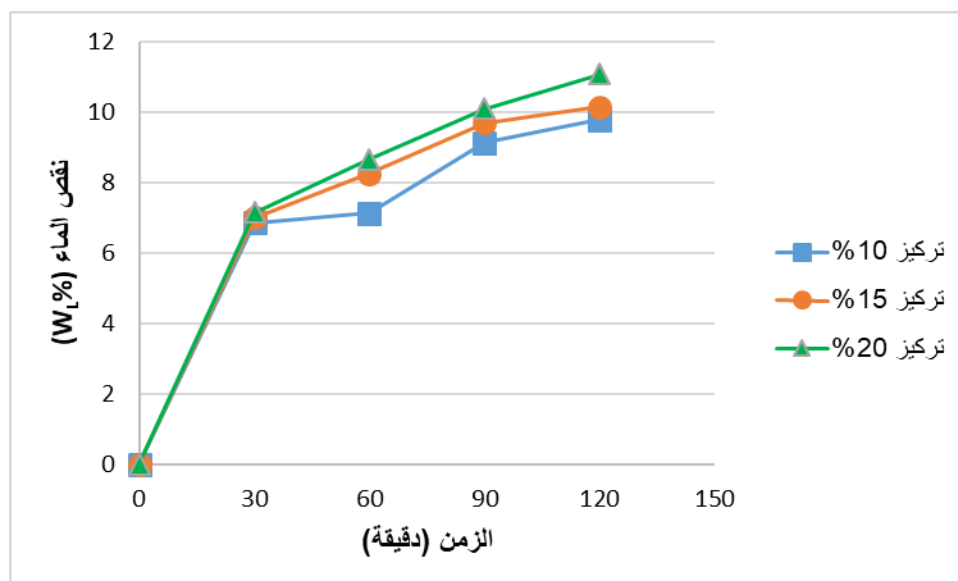
كما تبين الأشكال (17) و(18) و(19) منحنيات النقص في الماء في عينات الثوم خلال عملية التجفيف الأسموزي عند تغير معاملات العملية :



الشكل (17) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 45 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

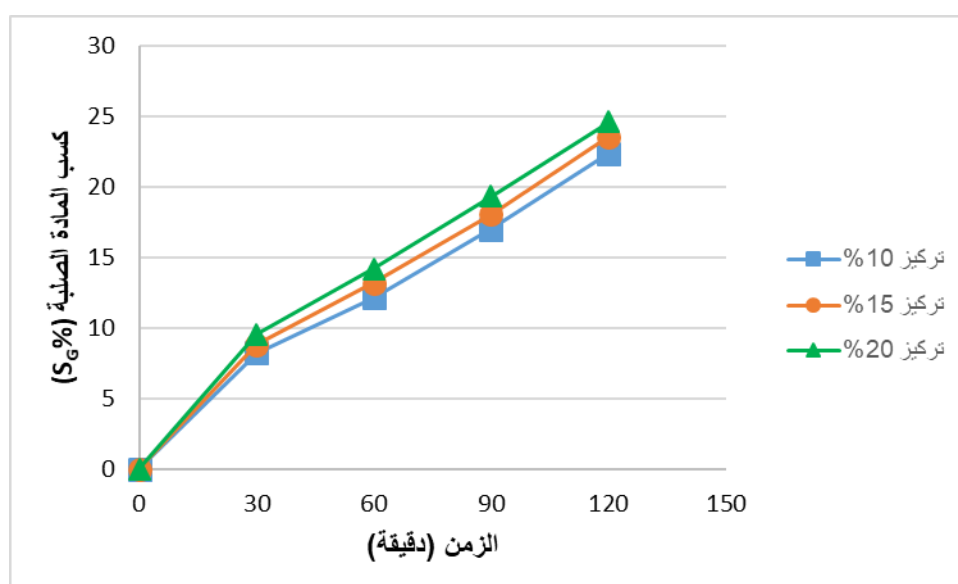


الشكل (18) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 45 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

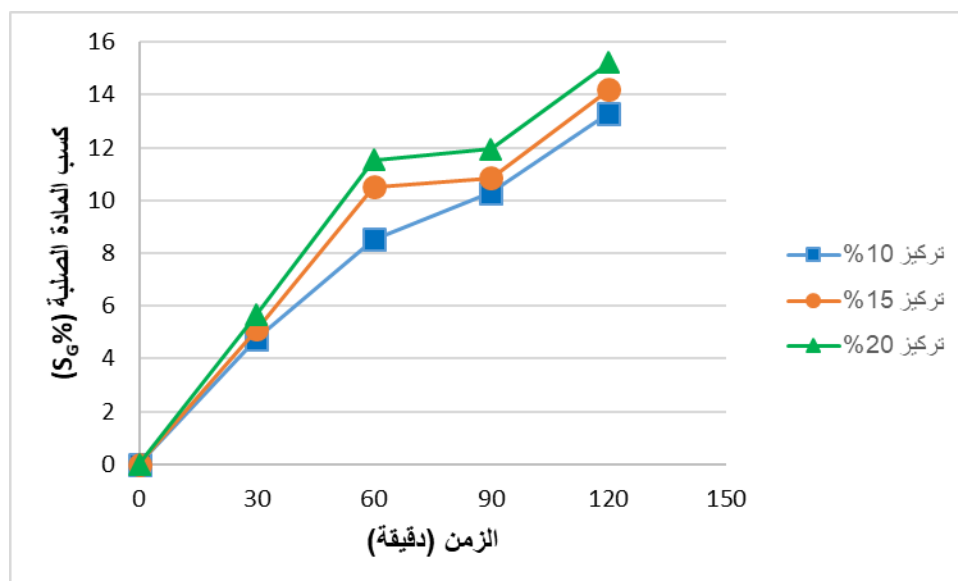


الشكل (19) النقص في الماء لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 45 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

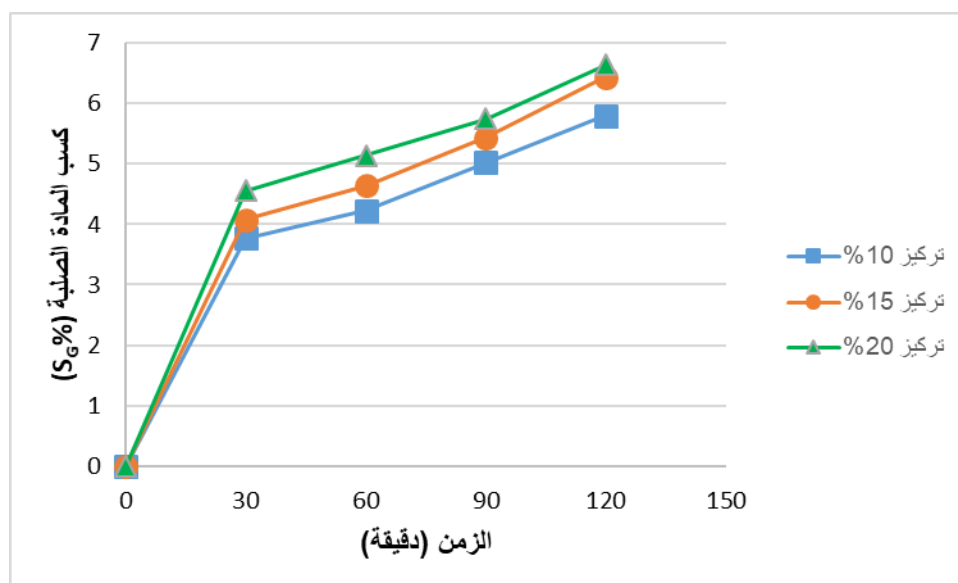
كما تظهر الأشكال (20) و(21) و(22) منحى تغيرات الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم عند تغير معاملات عملية التجفيف الأسموزي:



الشكل (20) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 5 mm عند درجة حرارة 45 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

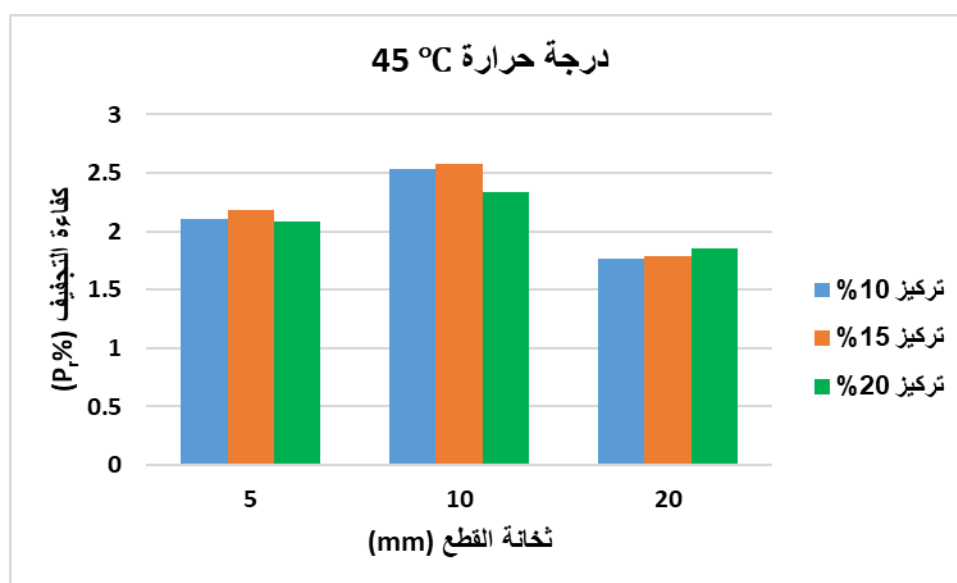


الشكل (21) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 10 mm عند درجة حرارة 45 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي



الشكل (22) الكسب في المادة الصلبة لعينات الثوم ثخانة 20 mm عند درجة حرارة 45 عند اختلاف تراكيز المحلول الأسموزي

ويبين الشكل (23) أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة 45 عند اختلاف معاملات العملية.



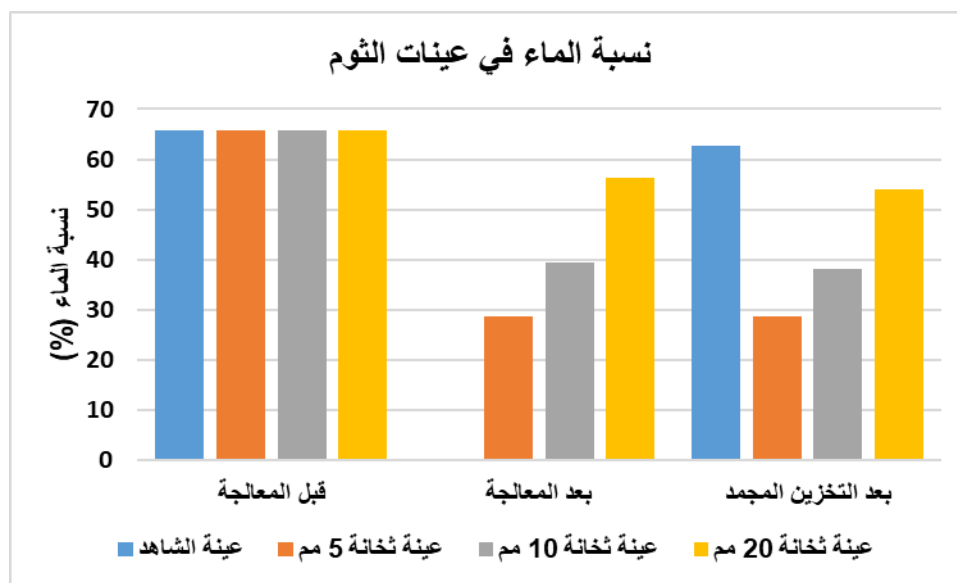
الشكل (23) أعلى القيم لكفاءة التجفيف لعينات الثوم عند إجراء التجفيف على درجة حرارة 45 °C عند اختلاف معاملات العملية

## 4-2- نتائج دراسة التغيرات التي طرأت على الخصائص الكيميائية والفيزيائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد:

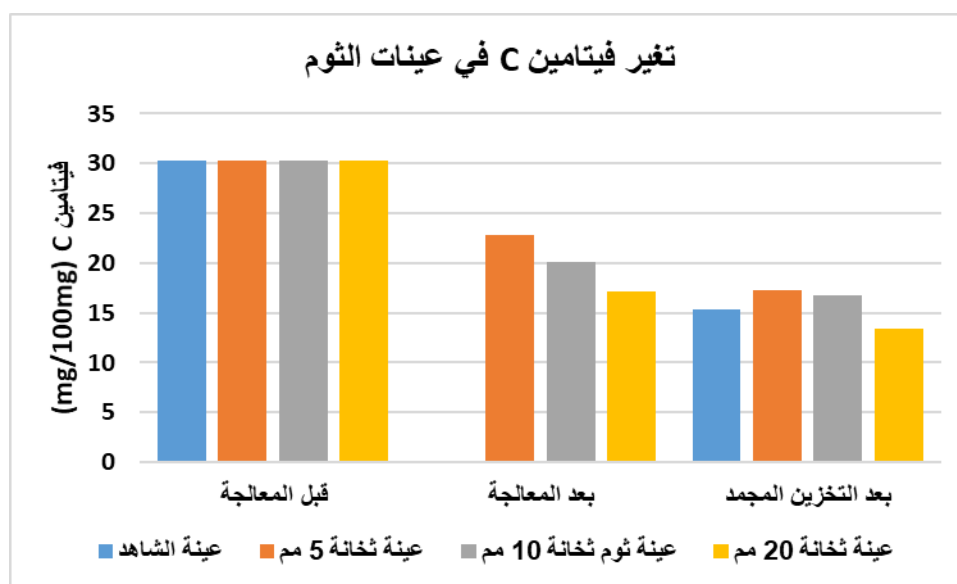
الجدول (14): تغير الخصائص الكيميائية والفيزيائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على

درجة حرارة  $-18^{\circ}\text{C}$ .

العينة	زمن الاختبار	الخصائص الكيميائية			
		نسبة الماء، %	المواد الصلبة الكلية، %	نسبة النقص في الوزن خلال المعالجة، %	نسبة النقص في الوزن خلال التخزين، %
عينة الشاهد	قبل المعالجة	65.69	34.31	—	30.25
	بعد المعالجة	—	—	—	—
	بعد التخزين المجمد	62.67	37.33	—	15.41
عينة ثوم ثخانة 5 مم	قبل المعالجة	65.69	34.31	—	30.25
	بعد المعالجة	28.73	71.27	24.86	22.81
	بعد التخزين المجمد	28.7	71.3	—	17.33
عينة ثوم ثخانة 10 مم	قبل المعالجة	65.69	34.31	—	30.25
	بعد المعالجة	39.37	60.63	16.32	20.16
	بعد التخزين المجمد	38.11	61.89	—	16.71
عينة ثوم ثخانة 20 مم	قبل المعالجة	65.69	34.31	—	30.25
	بعد المعالجة	56.24	43.76	3.8	17.21
	بعد التخزين المجمد	54.1	45.9	—	13.43



الشكل (24) تغير نسبة الماء في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة  $-18^{\circ}\text{C}$ .

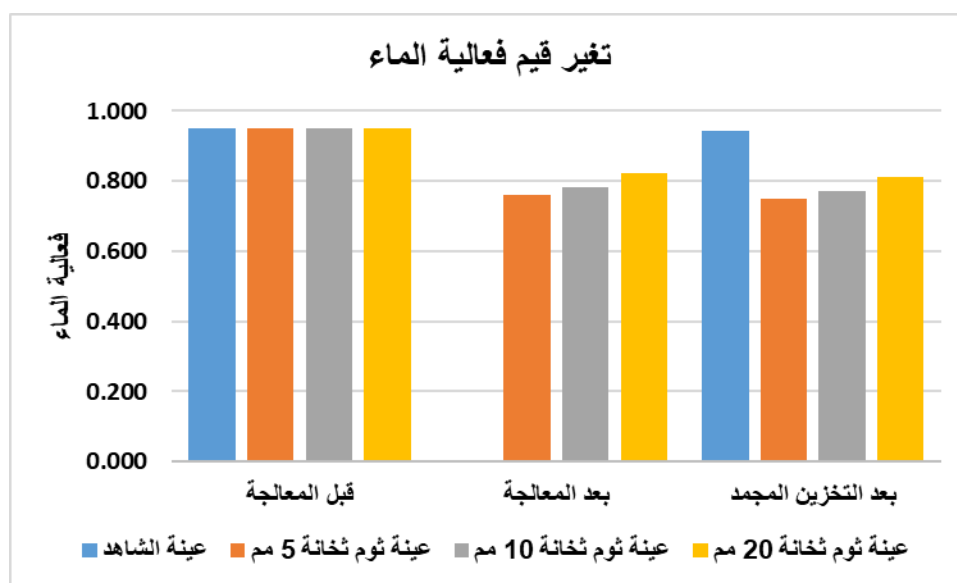


الشكل (25) تغير قيم فيتامين C في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة  $18^{\circ}\text{C}$ .

الجدول (15): تغير الخصائص الفيزيائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة

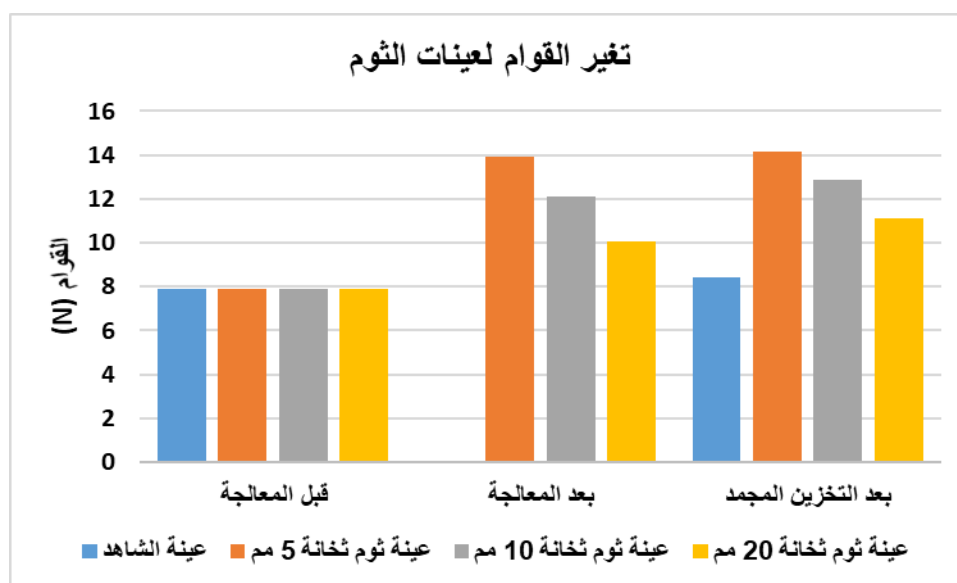
-18 °C.

العينة	زمن الاختبار	الخصائص الفيزيائية			
		اللون			فعالية الماء
		b (الأصفر)	a (الأحمر)	L (الإضاءة)	
عينة الشاهد	قبل المعالجة	29.41	0.35	69.96	7.893
	بعد المعالجة	—	—	—	—
	بعد التخزين المجمد	34.67	2.89	56.72	8.414
عينة ثوم ثخانة 5 مم	قبل المعالجة	29.41	0.35	69.96	7.893
	بعد المعالجة	31.4	5.45	64.22	13.92
	بعد التخزين المجمد	32.53	5.48	58.14	14.132
عينة ثوم ثخانة 10 مم	قبل المعالجة	29.41	0.35	69.96	7.893
	بعد المعالجة	30.08	4.12	65.44	12.083
	بعد التخزين المجمد	33.22	4.18	60.71	12.881
عينة ثوم ثخانة 20 مم	قبل المعالجة	29.41	0.35	69.96	7.893
	بعد المعالجة	29.58	3.61	65.62	10.044
	بعد التخزين المجمد	29.88	3.61	60.82	11.087

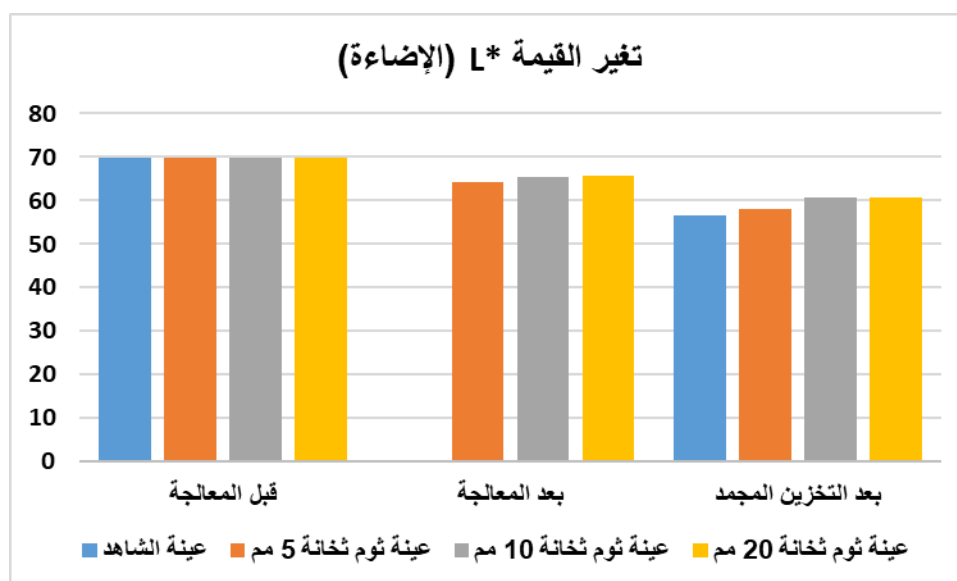


الشكل (26) تغير قيم فعالية الماء في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة

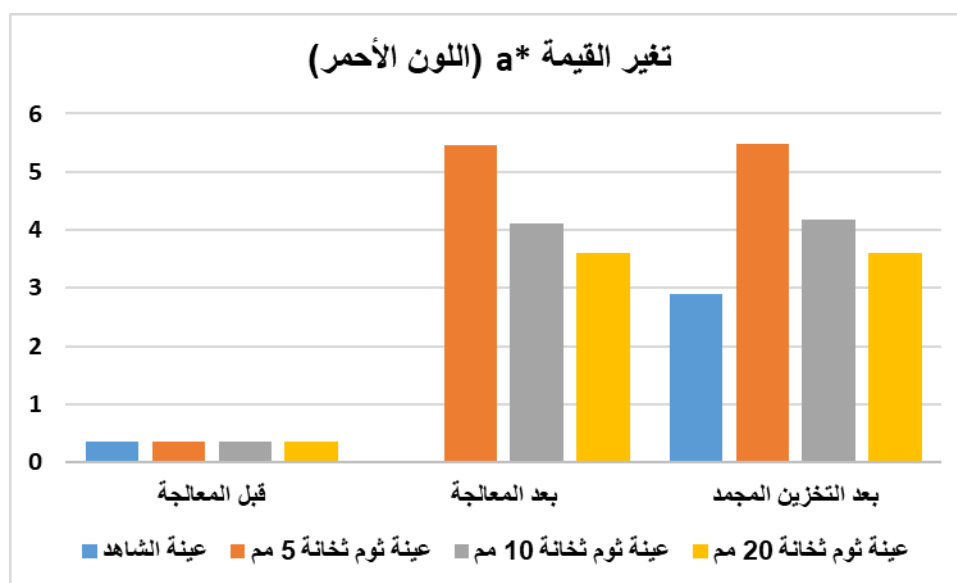
$-18^{\circ}\text{C}$ .



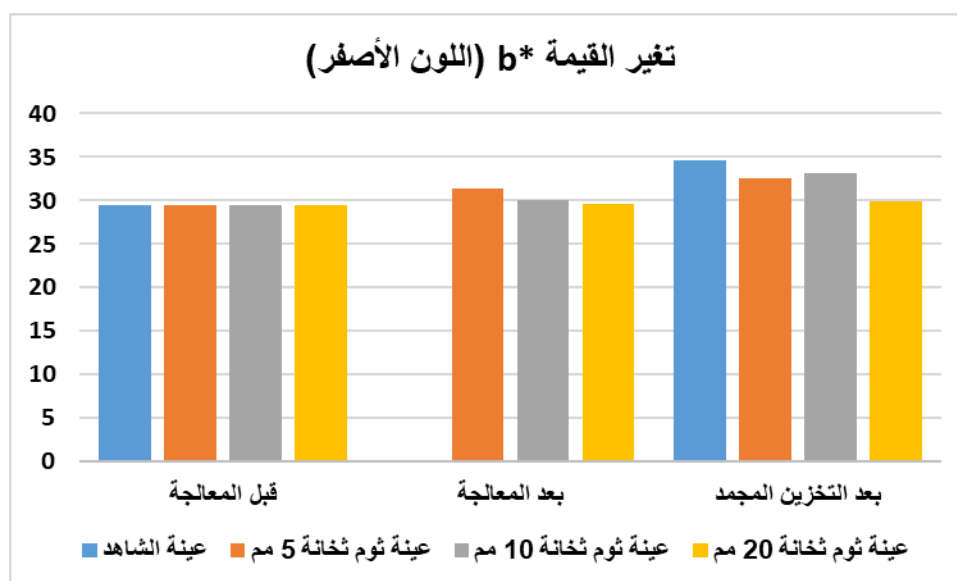
الشكل (27) تغير القوام عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة  $-18^{\circ}\text{C}$ .



الشكل (28) تغير القيمة  $L^*$  في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة  $-18^{\circ}\text{C}$ .



الشكل (29) تغير القيمة  $a^*$  في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة  $-18^{\circ}\text{C}$ .



الشكل (30) تغير القيمة  $b^*$  في عينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد على درجة حرارة  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### 4-3- التقييم الحسي لعينات الثوم بعد التخزين المجمد:

الجدول (16) نتائج التقييم الحسي لعينات الثوم بعد التخزين المجمد

التقييم الحسي				
العينة	اللون	القوام	قوة النكهة	المظهر التسويقي العام
شاهد	8	8	8	8
عينات مجمدة ثخانة 5 مم	10	9	9	8
عينات مجمدة ثخانة 10 مم	10	9	9	9
عينات مجمدة ثخانة 20 مم (فصوص كاملة)	9	8	8	8

## الفصل الخامس: الجدوى الاقتصادية

### **Economic Viability**



## 5- الجدوى الاقتصادية من عملية التجفيف الأسموزي للثوم قبل حفظه بالتجميد

### 5-1- مقدمة :

تشمل عملية الحفظ المجدد للمنتج الغذائي جملة من الخطوات الأولية تتضمن تعبئة المنتج في مواد التعبئة الخاصة ومن ثم تجميده تجميداً سريعاً أو بطيئاً، ليتم بعد ذلك تخزينه مجمداً في غرف التخزين المجدد المصممة لهذه الغاية.

يتم حساب غرف التبريد والتجميد انطلاقاً من السعة التخزينية المطلوبة للغرفة، و يتم بناءً عليها حساب أبعاد الغرفة واستطاعة آلة التبريد اللازمة. تحدد أبعاد غرفة التبريد أو التجميد بالاعتماد على ما يسمى معدل الشحن، ويقصد به السعة التخزينية للمتر المكعب الواحد من حجم الغرفة ، وبحسب (يوسف أنطون، 2017)، فإن السعة التخزينية للمنتجات الغذائية المجمدة هي  $400 \text{ kg/m}^3$  وتمثل سعة التجميد للمنتجات الطازجة .

هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى فمن المعروف أنّ المقصود من تجميد المنتج الغذائي هو تجميد ما يحتويه من ماء قابل للتجمد، ولا ينظر الى المواد الصلبة المحتواة فيه كعنصر مؤثر في حسابات أنظمة التجميد وفي اختيار التجهيزات اللازمة واستطاعاتها (يوسف أنطون، 2017) .

### 5-2- حساب الجدوى الاقتصادية للتجفيف الأسموزي للثوم قبل تجميده :

5-2-1- الكسب في الوزن في السعة التخزينية للمتر المكعب الواحد:

انطلاقاً من نتائج الدراسة التجريبية ومما ورد أعلاه فإنه يتبين ما يلي :

-في حال المعالجة الأسموزية لعينات الثوم ثخانة 5 mm:

كانت نسبة النقص في الوزن نتيجة المعالجة الأسموزية 24.86%

وبالتالي نسبة الكسب في الوزن في السعة التخزينية للمتر المكعب هي:

$$4 \times 24.86 = 99.44 \text{ kg}$$

وذلك نتيجة لنزع كمية كبيرة من الماء خلال العملية الأسموزية

- في حال المعالجة الأسموزية لعينات الثوم ثخانة 10 mm:

كانت نسبة النقص في الوزن نتيجة المعالجة الأسموزية 16.32%

وبالتالي نسبة الكسب في الوزن في السعة التخزينية للمتر المكعب هي:

$$4 \times 16.32 = 65.28 \text{ kg}$$

- في حال المعالجة الأسموزية لعينات الثوم ثخانة 20 mm:

كانت نسبة النقص في الوزن نتيجة المعالجة الأسموزية 3.8%

وبالتالي نسبة الكسب في الوزن في السعة التخزينية للمتر المكعب هي:

$$4 \times 3.8 = 15.2 \text{ kg}$$

5-2-2- نسبة الوفر في الطاقة التبريدية خلال عملية التجميد:

تحسب الاستطاعة التبريدية خلال التجميد الصرف (تجميد ماء المنتج) لواحد كيلو غرام

من المنتج بالعلاقة (يوسف أنطون، 2017):

$$Q = r \times w \times w_e$$

حيث:

$w_e$  - نسبة الماء المتجمدة، %.

$w$  - نسبة الماء في المنتج، %.

$r$  - الاستطاعة التبريدية النوعية وتساوي 335.5 kJ/kg.

بفرض أن  $w_e$  و  $r$  ثابت فإنّ تغير نسبة الماء في المنتج هو العامل الحاسم في مقدار الاستطاعة التبريدية.

و بفرض  $x = r \times w_e$  فإنّ:

$$Q = x \times w$$

يبين الجدول (17) مقدار التخفيض في الاستطاعة التبريدية عند تجميد عينات الثوم:

حالة المنتج	رطوبة المنتج	الاستطاعة التبريدية
منتج بدون معالجة	65.6%	$Q = x \times 0.656$
منتج مقطع بثخانة 5 mm	28.7%	$Q = x \times 0.287$
منتج مقطع بثخانة 10 mm	39.3%	$Q = x \times 0.393$
منتج بثخانة 20 mm (فصوص كاملة)	56.2%	$Q = x \times 0.562$

يتبيّن من معطيات الجدول (17) أنّ تقطيع الثوم لقطع صغيرة ثخانة 5 mm ومعالجته أسموزيّاً قد أدى إلى تخفيض الاستطاعة التبريدية بمقدار 2.28 مرة، وعند تقطيعه بثخانة 10 mm قد خفض الاستطاعة التبريدية بمقدار 1.66 مرة، وعند الثخانة 20 mm انخفضت بمقدار 1.16 مرة.





**الفصل السادس: مناقشة النتائج**  
**Discussion of Results**



## 6- مناقشة النتائج

### Discussion of Results

عند دراسة تأثير التركيز وزمن الغمر على عملية التجفيف الأسموزي تبين أن هناك تأثير هام معنوي للتركيز وزمن الغمر على  $W_L$  و  $S_G$  إذ إن  $P < 0.05$ . فعند تركيز 10% كانت أعلى قيمة لـ  $W_L$  و  $S_G$  هي  $W_L = 24.6\%$  و  $S_G = 9.76\%$  وعند تركيز 15% كانت  $W_L = 27.22\%$  و  $S_G = 11.76\%$  وعند تركيز 20% كانت  $W_L = 36\%$  و  $S_G = 14.32\%$ . مما يدل على أنه بزيادة التركيز يزداد معدل فقدان الماء وكسب المادة الصلبة بسبب زيادة الضغط الأسموزي في المحلول ذي التركيز الأعلى مما أدى لزيادة القوة الدافعة لانتقال الماء وهذا يتوافق مع (Hamledari *et al.*, 2012) ومع (Yang and Le Magner, 1992).

وفيما يخص درجة الحرارة تبين من التحليل الإحصائي أن لدرجة الحرارة أيضاً تأثيراً هاماً معنوياً على  $W_L$  و  $S_G$  حيث إن  $P < 0.05$  حيث لوحظ أنه عند درجة حرارة 25 °م كانت أعلى قيم لـ  $W_L$  و  $S_G$  عند تركيز 20% كالتالي:  $W_L = 36\%$  و  $S_G = 14.28\%$  وعند درجة حرارة 35 °م كانت  $W_L = 40.6\%$  و  $S_G = 18.68\%$  وعند درجة حرارة 45 °م  $W_L = 43.1\%$  و  $S_G = 23.6\%$  وهذا يتوافق أيضاً مع نتائج (Hamledari *et al.*, 2012) في التجفيف الأسموزي والأمواج الصغرى لشرائح الثوم ومع (Alam *et al.*, 2017) في التجفيف الأسموزي والتجفيف الهوائي المشترك للثوم. وهذا يشير إلى أنه بزيادة درجة الحرارة يزداد معدل فقدان الماء ويزداد اكتساب المادة الصلبة بسبب انهيار غشاء الخلية عند درجة حرارة أعلى وهذا يتوافق مع (Rastogi and Raghavarao, 1997).

وعند دراسة تأثير ثخانة قطع الثوم المستخدمة على  $W_L$  و  $S_G$  وجد أنه لثخانة القطع تأثير سلبي على فقدان الماء وكسب المادة الصلبة وهذا يتوافق مع نتائج (Panagiotou *et al.*, 1998) في دراسة التجفيف الأسموزي للموز ومع نتائج (Agnelli *et al.*, 2005) في دراسة تجفيف قطع التفاح. حيث وجد من التحليل الإحصائي أنه لثخانة القطع تأثير هام معنوي إذ إن  $P < 0.05$ .

أما بالنسبة لتأثير المتغيرات المدروسة على  $P_r$  بين التحليل الإحصائي عدم وجود تأثير معنوي هام للتركيز ودرجة الحرارة والزمن على  $P_r$  حيث  $P > 0.05$ . إذ إن معدل التجفيف  $P_r$  يزداد خلال الساعة الأولى مع تناقص خلال المدة المتبقية وهذا يتوافق مع (Azura *et al.*, 1992). بينما وجد أن لثخانة القطع تأثيراً معنوياً هاماً على  $P_r$  حيث  $P < 0.05$ .

تم اعتماد درجات الحرارة في الدراسة بالتوافق مع (Ponting., 1973) الذي ذكر أن درجة الحرارة المثلى للعملية بين 30-60 °م وتبين من التحليل الإحصائي أن أفضل النتائج لكفاءة التجفيف كانت عند درجة حرارة 35 °م. وتم اعتماد نسبة العينة إلى المحلول بالتوافق مع عدد من الباحثين (Lenart and Flink., 1984) وغيرهم.

أما بالنسبة للتغيرات التي طرأت على الخصائص الكيميائية لعينات الثوم المعالجة أسموزياً والمخزنة بالتجميد عند درجة حرارة -18 °م فكانت أعلى قيمة لفيتامين C هي 22.81 mg/100g وذلك لعينات الثوم ذات الثخانة 5 مم بسبب درجات حرارة التخزين المنخفضة التي تحافظ على فيتامين C أثناء التخزين.

وكانت أعلى نسبة لنقص الوزن 24.86% عند ثخانة 5 مم لقطع الثوم المعالجة

أسموزياً.

ترتبط فعالية الماء بمحتوى الرطوبة والتي يتم قياسها عند درجة حرارة الغرفة بواسطة جهاز قياس فعالية الماء. وصلت عينات الثوم ذات ثخانة 5 مم بعد التخزين المجمد إلى مستوى رطوبة آمن 28.7% ووصلت قيمة فعالية الماء عند هذه الثخانة إلى 0.751 والتي يمكن عندها تجنب نمو البكتريا والفطريات، إذ يتوقف نمو البكتريا عند قيمة أقل من 0.91 ويتوقف نمو الفطريات عند قيمة أقل من 0.80. وذلك بالمقارنة مع العينات غير المعالجة أسموزياً والتي كانت عندها قيمة فعالية الماء 0.950 وهذا يتوافق مع (Assis et al., 2018) عند معالجة شرائح التفاح وتجميدها.

وكانت أفضل العينات من حيث القوام هي عينات الثوم ذات الثخانة 20 مم (الفصوص الكاملة) بعد التخزين المجمد بالمقارنة مع العينات المجمدة غير المجففة أسموزياً وهذا يتوافق مع نتائج مشابهة لـ (Biswal et al., 1991) حول التجفيف الأسموزي والتجميد للفاصولياء المقطعة. وكذلك مع (Spiazzi et al., 2000) في التجفيف الأسموزي والتجميد للبطاطا والجزر والبازلاء.

بالنسبة للون كانت قيم الإضاءة L متقاربة بالنسبة لعينات الثوم ولمختلف الثخانات بعد التخزين المجمد. أما فيما يتعلق بالقيم التي تعبر عن اللون الأحمر والأصفر (a, b) فكانت أفضل العينات هي عينات الثوم ذات الثخانة 20 مم.

عند دراسة تأثير إزالة الماء أسموزياً على تقصير زمن التجميد وبالتالي على استهلاك الطاقة تبين أنّ تقطيع الثوم بثخانة 5 مم ومعالجته أسموزياً وتجميده أدى إلى تخفيض الاستطاعة التبريدية بمقدار 2.28 مرة وهذا يتوافق مع دراسة مشابهة أجريت على ثمار الكوي عند تجفيفها أسموزياً ثم تجميدها (Spiazzi et al., 2000).



الفصل السابع: الاستنتاجات والتوصيات

# **Conclusions and Recommendations**



## الاستنتاجات

### Conclusions

من خلال النتائج التي تم الوصول إليها يمكن استنتاج مايلي:

- 1- المعاملات المفضلة لإجراء التجفيف الأسموزي للثوم هي:
  - تأثير درجة الحرارة: بينت النتائج أن أفضل درجة حرارة لإجراء التجفيف الأسموزي للثوم هي درجة الحرارة 35 °C حيث كان معدل كفاءة التجفيف  $P_r=2.92\%$  للقطع ثخانة 5 mm وتركيز المحلول 10% و  $P_r=3.05\%$  للقطع ثخانة 5 mm وتركيز المحلول 15% و  $P_r=2.44\%$  للقطع ثخانة 5mm وتركيز المحلول 20%.
  - تأثير زمن الغمر: بينت النتائج أن أفضل زمن لغمر قطع الثوم عند إجراء التجفيف الأسموزي هو 90 دقيقة حيث انخفضت قيمة  $P_r$  عند زيادة الزمن عن هذا الحد.
  - تأثير التركيز: بينت النتائج أن أفضل تركيز للمحلول الملحي هو التركيز 15% بالمقارنة مع التراكيز 10% و 20%.
- 2- بينت النتائج أفضلية التخزين المجمد لعينات الثوم بعد تجفيفها أسموزياً من حيث المواصفات الحسية وقيم فعالية الماء والنقص في الوزن وقيم تغيرات اللون.
- 3- بين الحساب الاقتصادي المبني على نتائج الدراسة التجريبية إمكانية تخفيض كلف التجميد وكلف إنشاء غرف التخزين المجمد.

## التوصيات

### Recommendations

1- اقتراح دراسة تأثير التجفيف الأسموزي للثوم قبل التجفيف الهوائي وإجراء مقارنة اقتصادية

مع الطريقة المدروسة في هذا العمل.

2- اقتراح دراسة تأثير التجفيف الأسموزي على الأنواع الأخرى من الخضار والفواكه كطريقة

سابقة لطرق الحفظ الأخرى.

## الفصل الثامن: المراجع

## References



### المراجع الإنكليزية

1. "Nutrition facts for raw garlic, USDA Nutrient Database, version SR-21". Conde Nast. 2014. Retrieved 2 November 2014.
2. Abano, E.E., Ma, H. and Qu, W., 2011. **Effects of pretreatments on the drying characteristics and chemical composition of garlic slices in a convective hot air dryer**. J Agric Food Tech, 1(5), pp.50-58.
3. Afzal, T.M. and Abe, T., 1997. **Combined convection and far-infrared radiation drying of rough rice**. In ASAE Annual International Meeting, 10e14 August.
4. Agnelli, M.E., Marani, C.M. and Mascheroni, R.H. 2005. **Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits**. Journal of Food Engineering, 69:415-24.
5. Ahmed, J. and Shivhare, U.S., 2001. **Physico-chemical and storage characteristics of garlic paste**. Journal of food processing and preservation, 25(1), pp.15-23.
6. Alam, M., Hossain, M.Z., Ahmed, W. and Nahar, S., 2017. **Osmotic Development of value added garlic products through dehydration and mechanical drying**. Scientia, 19(1), pp.13-21.
7. Amitabh Singh, R.D. and Tomar, M.C. 2000. **Studies on osmotic dehydration of some varieties of ripe mangoes grown in Uttar Pradesh**. Indian Food Packer, pp. 66-72.
8. AOAC (1980). Official methods of analysis (13th ed.). Association of official analytical chemists, Washington, DC.
9. AOAC. 2006. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. In: Horwitz, W. (Ed.), 18th ed. AOAC Press, Arlington, VA, USA.
10. Araújo, P.M., Fonseca, J.R.L., Magalhães, M.M.A. and Medeiros, M.F.D., 2014. **Drying of carrots in slices with osmotic dehydration**. African Journal of biotechnology, 13(30).
11. Arthey, D. 1993. **Freezing of vegetables and fruits**. In: Mallett, C.P. ed., Frozen Food Technology Chapman and Hall, London, UK.

12. Askar, A. 1998. **Minimally processed tropical fruits**. Fruits Processing, 8(8):339–341.
13. Assis, F.R., Morais, R.M.S.C.D. and Morais, A.M., 2018. **Osmotic dehydration combined with freeze-drying of apple cubes and comparison with microwave drying and hot air drying**. Advances in Food Science and Engineering.
14. Avagimov, V.B., Bessarabow, V.I., Kas'yanor, G.I., Pekhor, A.V. and Stefsnskaya, N.V., 1982. **Method of obtaining garlic extract**. USSR Patent, SU, 938904.
15. Azuara, E., Cortes, R., Garcia, H.S. and Berstian, C.I. 1992. **Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law**. International Journal of Food Science and Technology, 27:409–418.
16. Barbosa-Canovas G.V. and Vega-Mercado, H. 1996. **Dehydration of foods**. Chapman and Hall, New york. pp. 330.
17. Baroni, A.F and Hubinger, M.D. 1998. **Drying of onion: effects of pretreatment on moisture transport**, Drying Technology, 16: 9–10.
18. Biswal, R.N., BOZORGMEHR, K., Tompkins, F.D. and Liu, X., 1991. **Osmotic concentration of green beans prior to freezing**. Journal of Food Science, 56(4), pp.1008–1012.
19. Bolin, H.R., Huxsoll, C.C., Jackson, R. and Ng, K.C., 1983. **Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality**. Journal of Food Science, 48(1), pp.202–205.
20. Changrue, V. 2006. **Hybrid (Osmotic, Microwave vacuum) drying of strawberries and carrots**. Unpublished Ph.D. thesis, McGill University, Canada.
21. Chaudhari, A.P., Kumbhar, B.K. and Narain, M. 2000. **Effect of some process parameters on osmotic dehydration of papaya**. Journal of Institution of Engineers (Agricultural Engineering division), 81:59–63.
22. Chenlo, F., Moreira, R., Fernadez-Herrero, C. and Vazquez, G. 2007. **Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: mass transfer process and global kinetics modeling**. Journal of Food Engineering, 78:765–774.
23. Chiralt, A., Navarrete, N.M., Monzo, J.M., Talens, P., Moraga, G., Ayala, A. and Fito, P. 2001. **Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect**. Journal of Food Engineering, 49(2–3):129–135.

24. Chottanom, P. and Srisa-Ard, M., 2011. **Osmotic dehydration as a factor in freezing of tomato**. American Journal of Food Technology, 6(6), pp.483-491.
25. Chou, K.J., Chou, S.K., Mujumdar, A.S., Ho, J.C. and Hon, C.K. 2004. **Radiant convective drying of osmotic treated agro-products**. Food Control, 15(2):145- 158.
26. Contreras, C., Martin, M.E., Martinez-Navarrete, N. and Chiralt, A. 2005. **Effect of vacuum impregnation and microwave application on structural changes which occurred during air-drying of apple**. LWT-Food Science and Technology, 38:471-477.
27. Delgado, A.E. and Sun, D.W. 2000. **Heat and mass transfer for predicting freezing processes, a review**. Journal of Food Engineering. 47, pp. 157-174.
28. Denise, G.A., Jose, L.B., Graziella, C.A. and Fernanda, E.X.A. 2005. **Osmotic dehydration of Acerola fruit**. Journal of Food Engineering, 68:99-103.
29. Dermesonlouoglou, E. and Taoukis, P., 2006. **Osmodehydrofreezing of sensitive fruit and vegetables: Effect on quality characteristics and shelf life**. In 13th World Congress of Food Science & Technology 2006 (pp. 910-910).
30. Diaz-Maroto, M. C., Perez Coello, M. S. and Cabezudo, M. D. 2002. **Effect of different drying methods on the volatile components of parsley (Petroselinum crispum L.)**. European Food Research Technology, 215(3):227-230.
31. Dixon, G.M., Jen, J.J. and Paynter, V.A. 1976. **Tasty apple slices results from combined osmotic dehydration and vacuum drying process**. Food Product Development 10:60.
32. Duarte, C.R., Neto, J.V., Lisboa, M.H., Santana, R.C., Barrozo, M.A.S. and Murata, V.V., 2004. **Experimental study and simulation of mass distribution of the covering layer of soybean seeds coated in a spouted bed**. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 21(1), pp.59-67.
33. Escobar, M.P., Galindo, F.G., Wadso, L., Najera, J.R. and Sjöholm, I. 2007. **Effect of longterm storage and blanching pre-treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (Daucus carota L. cv. Nerac)**. Journal of Food Engineering, 81:313-317.

34. Fahloul, D., Lahbari, M., Benmoussa, H. and Mezdoor, S., 2009. **Effect of osmotic dehydration on the freeze drying kinetics of apricots**. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7(2), pp.117–121.
35. Farkas, D.F. and Lazar, M.E. 1969. **Osmotic dehydration of apple piece: Effect of temperature and syrup concentration on rates**. Food Technology, 23: 688–90.
36. Fennema, O. 1977. **Loss of vitamins in fresh and frozen foods**. Food technology, 12:32–38.
37. Fennema, O. R. 1973. **low temperature Preservation of foods and living matter**. Fennema, O. R., Powrie, W. D., Marth, E. H., Eds, Plenum, New York, Ch. 3.
38. Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., Gaspareto, O.C.P. and Oliveira, E.I. 2006. **Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying**. Journal of Food Engineering 77(1):188–193.
39. Ferrando, M. and Spiess, W.E.L. 2001. **Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions**. Journal of Food Engineering, 49(2–3):115–127.
40. Fito, P. 1994. **Modeling of vacuum osmotic dehydration of food**. Journal of Food Engineering 22:115–127.
41. Fito, P. and Pastor, R., 1994. **Non-diffusional mechanisms occurring during vacuum osmotic dehydration**. Journal of Food Engineering, 21(4), pp.513–519.
42. Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Spiess, W.E.L. and Behnilian, D. 2001. **Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation**. Food Preservation Technology Series. Technomic Publishing Co. Inc.
43. Flink, J.M., 1975. **Process conditions for improved flavor quality of freeze dried foods**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 23(6), pp.1019–1026.
44. Flink, J.M., 1980. **Dehydrated carrot slices: influence of osmotic on drying behaviour and product quality**. Food process engineering, 1, pp.412–418.
45. Franks, F. 1985. **Biophysics and biochemistry at low temperatures**, Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 21.

46. Funebo, T. and Ohlsson, T., 1998. **Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom.** Journal of Food Engineering, 38(3), pp.353–367.
47. George, R.M. 1993. **Freezing process used in food industry.** Trends in Food Science and Technology. 4, pp. 134.
48. Giraldo, G., Vasquez, R., Martin– Esparza M.E. and Chiralt, A. 2006. **Rehydration kinetics and soluble solids lixiviation of candied mango fruits as affected by sucrose concentration.** Journal of Food Engineering, 77:825–834.
49. Grabowski, S., Majumdar, A.S., Ramaswamy, H.S. and Strumillo, C.1994. **Osmo-convective drying of grapes.** Drying Technology, 12(5):1211–1219.
50. Greensmith, M. 1998. **Practical dehydration.** 2nd. CRC Press. Florida. pp. 274.
51. Hamledari, A., Bassiri, A., GHIASSI, T.B. and BAMENI, M.M., 2012. **Pulsed vacuum osmotic dehydration of garlic bulbs followed by microwave drying.**
52. Harris, R.S. and Kramer, E. 1975. **Nutrition Evaluation of food Processing,** 2nd ed. Avi Publishing Co. Westport, USA.
53. Hawakes, J. and Flink, J.M. 1978. **Osmotic concentration of fruits slices prior to freeze dehydration.** Journal of Food Processing and Preservation 2:268.
54. Heredia, A, Barrera, C. and Andre, A. 2007. **Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties.** Journal of Food Engineering, 80:111–118.
55. Hibi, T., Nagoyaseiraku Co Ltd, 1997. **Method of processing garlic and preparing ajoene-containing edible oil products.** U.S. Patent 5,612,077.
56. Jackson, T.H. and Mohmed, B.B. 1971. **The shambat process – New Development arising from the osmotic dehydration of fruits and vegetables.** Sudan. Journal of Food Science and Tech., 3:18–23 as cited in FSTA, 1972, 4, 3J 355.
57. Jain, S.K. 2007. **Studies on osmotic and air drying of papaya.** An unpublished Ph. D. Thesis, submitted to Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, Udaipur, Rajasthan.
58. Janjai, S., Srisittipokakun, N. and Bala, B. K. 2008. **Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and Spices.** Energy, 33:91–103

59. Jaspreet Singh Grewal., Mohammed Shafiq Alam., Usman Ahmed., 2016. **Drying Kinetics of Garlic Slices by Hybrid Drying Technique**. International Conference on Advances in Emerging Technology ICAET.
60. Jawake., P. D. 2010. **Studies on osmo-microwave drying of banana**. An unpublished ME Thesis, submitted to Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, Udaipur, Rajasthan.
61. Jokic, A., Gyura, J., Levic, L. and Zavargo, Z. 2007. **Osmotic dehydration of sugar beet in combined aqueous solution of sucrose and sodium chloride**. Journal of Food Engineering, **78**:47-51.
62. Kalse., S. B. 2011. **Studies on osmo-microwave drying of onion**. An unpublished ME Thesis, submitted to Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, Udaipur, Rajasthan.
63. Kimizuka, A., Ueda, Y., Sakaguchi, M. and Miyajima, R., Ajinomoto Co Inc, 1988. **Flavor enhancing seasoning containing deodorized garlic extract and process**. U.S. Patent 4,741,914.
64. Kowalska, H., Lenart, A. and Leszczyk, D., 2008. **The effect of blanching and freezing on osmotic dehydration of pumpkin**. Journal of Food Engineering, **86**(1), pp.30-38.
65. Krokida, M.K., and D. Marinos-Kouris. 2003. **Rehydration kinetics of dehydrated products**. Journal of Food Engineering, **57**:1-7.
66. Krokida, M.K., Karathanos, V.T. and Maroulis, Z.B. 2000. **Effect of osmotic dehydration on colour and sorption characteristics of apple and banana**. Drying Technology, **18**(4- 5):937-950.
67. Lazarides, H.N. and Fito, P. 1999. **Advances in osmotic dehydration Process of food**, Quality optimization and process assessment. Local, 1975-1997.
68. Lenart, A. and Flink, S.M. 1984. **Osmotic concentration of potato I. Criteria for the end point of the osmosis process**. Journal of Food Technology, **19**:65-89.
69. Levy, F. 1979. **Enthalpy and specific heat of meat and fish in the freezing range**. J Food Technol, **14**:549.
70. Lewicki, P. and Lenart, A. 1992. **Energy consumption during osmo-convection drying of fruits and vegetables**. Drying of solids, Edited by A.S. Mujumdar. pp. 529.

71. Maguer, M.L. 1988. **Osmotic dehydration: Review and future direction.** Proceedings of International Symposium on Progress in Food Preservation Processes, **1**:283–309.
72. Marani, C.M, Agnelli, M.E. and Mascheroni, R.H. 2007. **Osmo–frozen fruits: mass transfer and quality evaluation.** Journal of Food Engineering, **79**:1122–30.
73. Maroulis, Z.B, Tsami, E. and Marinos–Kouris, D. 1998. **Application of the GAB model to the moisture sorption isotherms for dried fruits.** Journal of Food Engineering, **7**:63–78.
74. Mongpraneet, S., Abe, T. and Tsurusaki, T. 2002. **Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions.** Journal of Food Engineering, **55**(2):147– 156.
75. Mujica–Paz, H., Valdez–Fragoso, A., Lopez– Malo, A., Polou, E. and Welti–Chanes, J. 2003. **Impregnation properties of some fruits at vacuum pressure.** Journal of Food Engineering **56**:307–314.
76. Nindo, C. I., Sun, T., Wang, S. W., Tang, J. and Powers, J. R. 2003. **Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (Asparagus officinalis, L.).** Lebensmittel–Wissenschaft und–Technologie, **36**(5):507–516.
77. Noze, Y. J., Reynes, M. and Zahia, N. 2002. **Development of combine process of dehydration impregnation soaking and drying of bananas.** Journal of Food Engineering, **55**(3):231–236.
78. Nur, A.M. 1976. **Processing and Properties of Osmo–air dehydrated bananas.** Dissertation Abstracts International, **37**(6):2749.
79. Panagiotou, N.M., Karathanos, V.T. and Maroulis, Z.B. 1998. **Mass transfer modelling of the osmotic dehydration of some fruits.** International Journal of Food Science and Technology, **33**(3):267–284.
80. Persson, P.O. and Londahl, G., 1993. **Freezing technology.** Frozen food technology, pp.20–58.
81. Piotrowski, D., Lenart, A. and Wardzynski, A. 2004. **Influence of osmotic dehydration on microwave–convective drying of frozen strawberries.** Journal of Food Engineering, **65**:519–525.
82. Pisalkar, P.S., Jain, N.K. and Jain, S.K. 2011. **Osmo–air drying of aloe vera cube.** J Food Sci Technol, **48**(2):183–189.

83. Pokharkar, S.M. 1994. **Studies on osmotic concentration and air drying of pineapple slices**. Unpublished Ph. D. Thesis, Indian Institute of Technology, Kharagpur..
84. Pokharkar, S.M. and Prasad, S. 1998. **Mass transfer during osmotic dehydration of banana slices**. Journal of food science and technology, **35**(4):336–38.
85. Ponting, D. 1973. **Osmotic dehydration of fruits**. Recent Modification and Application: Biochemistry, **8**:18–20.
86. Ponting, J.D., Ponting, G.G., Walters, R.R., Forrey, R., Jackson, k. and Stanley, W. L. 1966. **Osmotic dehydration of fruits**, Food Technology, **20**:125–128.
87. Prakash, S., Dakshinamurthy, A and Shukla, B.D. 1994. **Status of garlic storage and processing in India**. Spice india, **7**:20–24.
88. Prinzivalli, C., Brambilla., A., Maffi, D., Scalzo, R.L. and Torreggiani, D. 2007. **Effects of osmosis time on structure, texture and pectin composition of strawberry tissue**. Europe Food Research Technology, **224**:119–27.
89. Raghavan, G.S.V. and Silveira, A.M. 2001. **Shrinkage characteristics of strawberries osmotically dehydrated in combination with microwave drying**. Drying Technology, **19**(2):405–414.
90. Rahman, M.S., Sablani, S.S. and Ibrahim, M.A.A. 2001. **Osmotic dehydration of potato: equilibrium kinetics**. Drying Technology, **19**(6):1163–1176.
91. Rashmi, H.B., Doreyappa, G.I.N. and Mukanda, G.K. 2005. **Studies on osmo–air dehydration of pineapple fruits**. Journal of Food Science and Technology, **42**:64–7.
92. Rastogi, N.K. and Niranjana, K. 1998. **Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple**. Journal of Food Science, **63**(3):508–511.
93. Rastogi, N.K. and Raghavarao, K.S.M.S. 1997. **Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration**. Journal of Food Engineering, **34**:429–440.
94. Ren, G. and Chen, F. 1998. **Drying of American ginseng (*Panax quinquefolium*) roots by microwave–hot air combination**. Journal of Food Engineering, **35**(4): 433–445.

95. Sablani, S.S., Rahman, M.S. and Sadeiri, D.S.A. 2002. **Equilibrium distribution data for osmotic drying of apple cubes in sugar-water solution**. Journal of Food Engineering, **52**:193–199.
96. Sahagian, M.E. and Goff, H.D. 1996. **Effect of freezing rate on thermal, mechanical and physical aging properties of the glassy state in frozen sucrose solutions**. Thermochemica Acta. pp. 246–271.
97. Sankat, C.K., Castaigne, F. and Maharaj, R. 1996. **The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices**. International Journal of Food Science and Technology, **31**(2):123–35.
98. Sankat, C.K., Castaigne, F. and Mujumdar, A.S. 1992. **Banana dehydration: osmotic, air solar effect**. Proceeding of the 8th International Drying Symposium (IDS '92) held at Montreal, Quebec, Canada, during August **5**:1679–1688.
99. Segovia, P.G., Mognetti, C., Bello, A.A. and Monzo, J.M. 2009. **Osmotic dehydration of aloe-vera**. (Aloe barbadensis Miller). J Food Eng **97**:154–160.
100. Sereno, A.M., Hubinger, M.D., Comesana, J.F. and Correa, A. 2001. **Prediction of water activity of osmotic solutions**. Journal of Food Engineering, **49**(2–3):103–114.
101. Sharma, G.P. and Prasad, S. 2001. **Drying of garlic cloves by microwave-hot air combination**. Journal of Food Engineering, **50**:99–105.
102. Sharma, R.C., Joshi, V.K., Chauhan, S.K., Chopra, S.K., Lal, B.B. and Parmar, Y.S. 1991. **Application of osmosis: osmo-canning of apple rings**. Journal of Food Science and Technology, **28**(2):86–88.
103. Shi, X.Q., Fito, P. and Chiralt, A. 1995. **Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits**. Food Research International, **28**(5):445–54.
104. Singh, A. 1995. **Osmo-air drying characteristics of different varieties of apricot grown in Kumaon region**. Unpublished M.Sc. Thesis, G.B.P.U.A. and T., Pantnagar, India.
105. Singh, B. and Gupta, A.K. 2007. **Mass transfer kinetics and determination of effective diffusivity during convective dehydration of pre-osmosed carrot cubes**. Journal of Food Engineering, **7**(2):459–470.
106. Sokhansanj S, Jayas DS. 1987. Drying of foodstuffs. In: Handbook of International Drying, et. A.S. Mujumdar, Marcel Dekker Inc; NY.

107. Soysal, Y. and Oztekin, S. 2001. **Comparison of seven equilibrium moisture content equations for some medicinal and aromatic plants.** Journal of Agricultural Engineering Research, **78**(1):57-63.
108. Spiazzi, E.A., Raggio, Z.I., Bignone, K.A. and Mascheroni, R.H., 2000. **Experiments in dehydrofreezing of fruits and vegetables: mass transfer and quality factors.** Advances in the refrigeration systems, food technologies and cold chain, Sofia, Bulgaria, 23-26 September, 1998, pp.401-408.
109. Tan, M., Chua, K.J., Majumdar, A.S. and Chua, S.K. 2001. **Effect of osmotic pre-treatment and infra-red radiation on drying rate and colour changes during drying of potato and pineapple.** Drying Technology, **19**(9):2193-2207.
110. Tedjo, W., Taiwo, K.A., Eshtiaghi, M.N. and Knorr, D. 2002. **Comparison of pretreatment methods on water and sugar diffusion kinetics of osmotically dehydrated mangoes.** Journal of Food Engineering, **53**:133-142.
111. Venkatachalapathy, K. and Raghavan, G.S.V., 1998. **Microwave drying of osmotically dehydrated blueberries.** Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, **33**(2), pp.95-102.
112. Vijayanand, P., Chand, N. and Eipeson, W.E. 1995. **Optimization of osmotic dehydration of cauliflower.** Journal of Food Processing and Preservation, **19**:229-242.
113. Wang, J. and Sheng, K., 2006. **Far-infrared and microwave drying of peach.** LWT-Food Science and Technology, **39**(3), pp.247-255.
114. Wang, J., 2002. **A single-layer model for far-infrared radiation drying of onion slices.** Drying Technology, **20**(10), pp.1941-1953.
115. Yang, D.C. and Magner, M.L. 1992. **Osmotic dehydration of strawberries in batch recirculation system.** Journal of Food Quality, **15**:387-397.

## المراجع العربية

- يوسف، أنطون 2017، تقانة الخزن والتبريد - الجزء النظري - منشورات جامعة البعث - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية.
- (الموسوعة العربية - المجلد السابع - الصفحة 387)

The study showed that the highest average coefficient of efficiency  $P_r$  was for samples of garlic with a thickness of 5 mm at a temperature of 35 °C and a concentration of 15% over a time of 90 minutes. Where the value of  $P_r$  reached ( $P_r = 3.05\%$ ) and this value was matched by a water loss rate of ( $W_L = 36.96\%$ ) and a solid material gain ratio of ( $S_G = 12.10$ ).

Garlic samples that were osmotic dried at the best values of  $P_r$  were stored frozen at -18 °C for a period of six months, where the samples were packed in polyethylene bags and placed in the freezer with witness garlic samples that were not subject to osmotic treatment.

The consistency, water efficacy, total solid matter content, vitamin C content and color change were determined for osmotic and frozen dried garlic samples and control samples.

The results of the storage process showed the preference of the samples treated as osmosis in terms of comparison of all the studied evidence compared to the control samples.

An economic study was conducted to show the feasibility of performing the osmotic drying process before storing garlic with freezing, and it was found that significant economic savings can be achieved in terms of storage capacity per square meter of frozen products and in terms of the cost of conducting the freezing process itself.

## **Abstract**

### **The Effect of Osmotic Dehydration on Garlic before being Stored by Freezing**

In this work, the effect of the technological parameters on the osmotic drying of garlic was studied, then the garlic samples were frozen by freezing at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  for a period of six months.

In the study, saline solutions with concentrations of 10%, 15% and 20% were used as osmotic solutions, where osmotic dehydration operations were carried out at temperatures of 25, 35, 35  $^{\circ}\text{C}$  and 45  $^{\circ}\text{C}$  for chopped garlic with thicknesses 5 mm, 10 mm and 20 mm. The product to the solution at a rate of 1/5. The percentage of water loss  $W_L$  and the ratio of gain in the solid material  $S_G$  were determined and the efficiency coefficient of the osmotic drying process  $P_r$  was determined over the periods of 30, 60, 90 and 120 minutes.

The study showed that the highest average coefficient of efficiency  $P_r$  was for samples of garlic with a thickness of 5 mm at a temperature of 35  $^{\circ}\text{C}$  and a concentration of 15% over a time of 90 minutes. Where the value of  $P_r$  reached ( $P_r = 3.05\%$ ) and this value was matched by a water loss rate of ( $WL = 36.96\%$ ) and a solid material gain ratio of ( $SG = 12.10\%$ ).

SYRIAN ARAB REPUBLIC

AL-BAATH UNIVERSITY

Faculty of CHEM.& PET. ENG.

Department of FOOD ENG.

## **The Effect of Osmotic Dehydration on Garlic before being Stored by Freezing**

This is accomplished for the Degree of Master In food  
–engineering **Food preservation and storage** –

Submitted by

Eng. Wajed Marwan Chehadeh

Supervised by

Dr. Antoun Youssef

Dr. Abdul Aziz Abbara

1441–2020

