بسم الله الرحمن الرحيم

التخزين تحت الضغط المنخفض في الصناعات الغذائية

التقدم في التطبيق والنظرية

تأليف

Stanley P. Burg

ترجمة

د. محمود عبد الفتاح يونس

هندسة التصنيع الغذائي - كرسي تقنيات وتصنيع التمور- قسم الهندسة الزراعية

كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود

د. ضياء الدين عمر عبد الكريم

هندسة التصنيع الغذائي- كرسي تقنيات وتصنيع التمور - قسم الهندسة الزراعية

كلية علوم الأغذية والزراعة- جامعة الملك سعود

م. عاصم إبراهيم زين العابدين

باحث بكرسي تقنيات وتصنيع التمور

كلية علوم الأغذية والزراعة- جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٤٤هـ (٢٠٢٢م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

بورج، ستانلي ب.

التخزين تحت الضغط المنخفض في الصناعات الغذائية: التقدم في التطبيق والنظرية/ ستانلي ب. بورج؛ محمود عبدالفتاح يونس الرياض، ١٤٤٣هـ.

٢٧١ ص؛ ١٧سم × ٢٤ سم

ردمك: ٢ - ٠٤٧ - ٥١٠ - ٦٠٣ - ٩٧٨

١- الصناعات الغذائية أ. يونس، محمود عبدالفتاح (مترجم) ب. العنوان

ديوي ٦٦٤ ١٤٤٣/٩٢٢٢

رقم الإيداع: ١٤٤٣/٩٢٢٢

ردمك: ٢ - ٠٤٧ - ٥١٠ - ٦٠٣ - ٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Hypobaric Storage in Food Industry: Advances in Application and Theory
By: Stanley P. Burg
© Elsevier Inc. 2014

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤٤٢هـ، المعقود بتاريخ ١١/ ١٠/ ١٤٤٢هـ، الموافق ٢٣/ ٥/ ٢٠٢١م.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

إهداء المترجمين

أشكر الله سبحانه وتعالى وأحمده أن وفقني لإنهاء هذا العمل. وأسأله تعالى أن يتقبله مني ويجعله صدقة جارية وعلم ينتفع به. والشكر كل الشكر إلى أساتذتي وزملائي على دعمهم الدائم طوال مسيرتي العلمية والعملية.

أهدي هذا العمل إلى والدتي ووالدي بارك الله لنا فيهما وأمدهما بالصحة والعافية، وإلى زوجتي الحبيبة رفيقة عمري التي أكرمني الله بها، وإلى أبنائي محمد، وأحمد، وابنتي رودينا، الذين تحملوا ساعات عملي الطويلة وانشغالي عنهم في سبيل إنجاز هذا العمل.

محمود عبد الفتاح يونس

أهدي هذا العمل إلى والدي العزيز عمر محمد الخير، مصدر إلهامي، ونور طريقي، وإلى رفيقة الدرب زوجتي الحبيبة: نادية مصطفى عوض. وإلى بناتي العزيزات: رزان، وتيسير، ويقين. وإلى أحفادي فلذات كبدي: أميرة، رائد، وياسمين.

ضياء الدين عمر عبد الكريم

أحمد الله على إحسانه وأشكره على توفيقه وامتنانه، وأهدي ثمرة جهدي إلى روح والدي العزيز المغفور له بإذن الله تعالى الحاج إبراهيم زين العابدين الذي كان لي خير السند والعون والتوجيه رحمه الله رحمة واسعة وأدخله فسيح جناته، وإلى جسر الحب ورمز العطاء أمي الغالية، إلى توأم روحي أختي الحنونة، إلى رفيقة دربي ومهجة فؤادي زوجتي الحبيبة، إلى قرة عيني ونبض فؤادي ابنتي سلوى وأسيل، إلى أميراتي بنات أختي ليلى وآمنة.

إلى أساتذتي وزملائي، إلى جموع الأهل والأصدقاء، إلى كل من يحبني ودعا لي بالخير، إلى كل من أمدني بالنصح والإرشاد. إلى جميع الباحثين وطلبة العلم.

إلى من فارقونا بأجسادهم، ولكن أرواحهم الطيبة ما زالت ترفرف بين جنباتنا، أجدادي وجداتي الأوفياء، حمايا وحماتي الأجلاء. إلى من فقدناهم مؤخرا وقد كان لهم أثر كبير في حياتنا خالي الحبيب المهندس حسن عبد العزيز، وعمي الغالي المهندس أحمد زين العابدين فرحمهم الله رحمة واسعة، وأسكنهم فسيح جناته ورحم الله جميع موتى المسلمين.

إلى أساتذتي وزملائي، إلى جموع الأهل والأصدقاء، إلى كل من يحبني ودعا لي بالخير، إلى كل من أمدني بالنصح والإرشاد. إلى جميع الباحثين وطلبة العلم.

عاصم إبراهيم زين العابدين

شكر وتقدير المترجمين

يتقدم المترجمون بالشكر والتقدير لمركز الترجمة بجامعة الملك سعود لدعمه ومتابعته ترجمة هذا الكتاب. والشكر موصول لوكالة عمادة البحث العلمي للكراسي البحثية لتبنيها أنشطة كرسي تقنيات وتصنيع التمور وتشجيع الإنجازات العلمية لأعضاء الكراسي، ومنها هذا الكتاب المترجم. ولا يفوت المترجمون التقدم بالشكر والعرفان لأسرهم في تحمل أعباء الوقت الطويل والمضني الذي خُصِّص لترجمة هذا للكتاب.

المترجمون

نبذة عن المترجمين

الدكتور/ محمود عبد الفتاح يونس

- أستاذ هندسة التصنيع المساعد – كرسي تقنيات وتصنيع التمور–كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود.
- حاصل على دكتوراه في العلوم الزراعية (الميكنة الزراعية) أغسطس ٢٠١٠ –كلية الزراعة – جامعة كفر الشيخ –مصر.
- حاصل على ماجستير في العلوم الزراعية (الميكنة الزراعية) يناير ٢٠٠٤ –كلية الزراعة بكفر الشيخ –جامعة طنطا.
- حاصل على بكالوريوس في العلوم الزراعية (الميكنة الزراعية) يونيو ١٩٩٩ –كلية الزراعة بكفر الشيخ –جامعة طنطا.
- أستاذ مساعد بكرسي تقنيات وتصنيع التمور–كلية علوم الأغذية والزراعة جامعة الملك سعود اعتبارًا من ١٥/ ٩/ ٢٠١٢م.
- باحث بمركز ميكنة الأرز بميت الديبة–معهد بحوث الهندسة الزراعية–مركز البحوث الزراعية اعتبارا من ديسمبر ٢٠١١م.
- مدير تصدير شركة مصنع الرواد للكيماويات بالمملكة العربية السعودية اعتبارًا من أكتوبر ٢٠١٠م.
- مهندس زراعي بشركة رهف جال الخليق للمقاولات الزراعية بالمملكة العربية السعودية اعتبارًا

من منصف ديسمبر ٢٠٠٨م.

- مهندس زراعي بمركز ميكنة الأرز بميت الديبة – معهد بحوث الهندسة الزراعية اعتبارًا من ١/ ٧/ ٢٠٠٨م
- مهندس زراعي منتدب بمركز ميكنة الأرز بميت الديبة – معهد بحوث الهندسة الزراعية اعتبارًا من ٢٢/ ٨/ ٢٠٠٢م
- مهندس زراعي بمديرية الزراعة بكفر الشيخ اعتبارا من ٢٨/ ٨/ ٢٠٠٠م
- له العديد من الأبحاث العلمية المحكمة في مجلات محلية وعالمية ISI
- له العديد من الكتب المؤلفة.
- عمل باحثًا رئيسًا لمشروعين بحثيين، وباحثًا مشاركًا في ثلاثة مشاريع أخرى.

الدكتور/ ضياء الدين عمر محمد الخير عبد الكريم

- ضياء الدين عمر سوداني الجنسية، ولد بمدينة بربر (ولاية نهر النيل) بالسودان في ٦/ ٨/ ١٩٥٩م.
- متزوج وأب لثلاث بنات.
- يعمل حالياً أستاذًا مساعدًا في هندسة التصنيع الزراعي بكرسي تقنيات وتصنيع التمور، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- حصل على بكالوريوس العلوم الهندسية في الهندسة الزراعية (مرتبة الشرف الأولى) من كلية الهندسة بجامعة الخرطوم في سبتمبر ١٩٨٣م.
- حصل على ماجستير التكنولوجيا في الهندسة الزراعية (الدرجة الأولى) من جامعة المهاتما فولي كريشنا الزراعية بجمهورية الهند في يوليو ٢٠٠١م.
- نال درجة دكتوراه في هندسة التصنيع الزراعي من جامعة تأميل نادو (Tamil Nadu) الزراعية (الهند) في فبراير٢٠٠٧م.
- بعد تخرجه من جامعة الخرطوم عمل مهندساً زراعياً بالمؤسسة العامة للزراعة الآلية بولاية القضارف بشرق السودان لمدة عامين (١٩٨٣ – ١٩٨٥م).

- انتقل إلى العمل بالمؤسسة الشمالية الزراعية بمدينة الدامر بشمال السودان التي عمل بها حتى العام ١٩٨٧م.
- في أغسطس ١٩٨٧م عُيِّنَ مساعد تدريس بقسم الهندسة الزراعية بكلية الهندسة (جامعة الخرطوم).
- وبعد حصوله على درجة الماجستير في عام ١٩٩٩م عُيِّنَ محاضراً بقسم الهندسة الزراعية – كلية الهندسة – جامعة الخرطوم.
- ترقى لأستاذ مساعد بنفس القسم بعد الحصول على شهادة الدكتوراه في فبراير ٢٠٠٧م.
- وفي يوليو ٢٠١٢م التحق بكرسي تقنيات وتصنيع التمور، جامعة الملك سعود، الرياض للعمل كأستاذ مساعد حتى تاريخه.
- حضر العديد من المؤتمرات وبرامج التدريب وورش العمل والدورات التدريبية في مختلف التقنيات مثل: تقنية النانو من المفهوم إلى التطبيق، وكتابة مقترحات المشروعات والمنح البحثية والحوسبة السحابية، والحوسبة عالية الأداء، والتعلم بالآلة وأمن المعلومات، ووضع مقترحات بحثية فعّالة، وإنشاء إدارة البحوث، ونشر وتوزيع البحوث ومهارات الإشراف على الرسائل العلمية... إلخ.
- شارك في: دورة تدريبية عن كيف تختار كتابًا للترجمة؟ التي عقدت في عمادة تطوير المهارات بجامعة الملك سعود في يوم ٢٦ / ٢/ ٢٠١٨م بواقع (٥ ساعات تدريبية).
- كما شارك في دورة تدريبية في كيف تترجم كتابًا؟ التي عقدت في عمادة تطوير المهارات بجامعة الملك سعود خلال الفترة من ٢– ٥/ ٥/ ٢٠١٨م بواقع (١٠ ساعات تدريبية).
- الدكتور ضياء الدين شارك في نشر العديد من الأوراق العلمية في دوريات علمية محكمة.
- شارك في ترجمة وتحكيم ترجمات العديد من الكتب والمراجع في مجال تقنيات وتصنيع التمور ومعاملات ما بعد الحصاد للفواكه والخضراوات.
- الباحث الرئيس في مشروع تقنيات مبتكرة لإطالة فترة حفظ بلح البرحى، وباحث مشارك في اثنين من مشاريع تجفيف التمور وإنتاج بودرة من عجينة التمور ضمن برنامج الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار.

المهندس/ عاصم إبراهيم محمد زين العابدين

- من مواليد مارس ١٩٨٧م بمنطقة العجمي، مدينة الإسكندرية – جمهورية مصر العربية.
- حاصل على بكالوريوس الهندسة الزراعية من جامعة الإسكندرية عام ٢٠٠٨.
- عمل مهندس إنتاج بالشركة العربية للمطاحن والصناعات الغذائية من ٢٠٠٨ إلى ٢٠٠٩.
- التحق بجامعة الملك سعود بالمملكة العربية السعودية وحصل على درجة الماجستير في الهندسة الزراعية عام ٢٠١٤ م.
- عمل باحثًا بكرسي الشيخ العمودي لأبحاث المياه، جامعة الملك سعود من ٢٠٠٩ إلى ٢٠١٤ م.
- اتجه للعمل الميداني وشغل وظيفة منسق عام إدارة المشاريع والدراسات في إحدى شركات مقاولات القطاع الخاص بالرياض من ٢٠١٤ إلى ٢٠١٦م، وأشرف على تنفيذ عدة مشاريع إستراتيجية في معظم أنحاء مناطق المملكة.
- يعمل باحثًا بكرسي تقنيات وتصنيع التمور بجامعة الملك سعود منذ ٢٠١٦ وحتى الآن.
- المسؤول التنفيذي عن الموقع الإلكتروني الخاص بالشبكة المعلوماتية الدولية للنخيل والتمور منذ ٢٠١٧ وحتى الآن.
- خلال العشر سنوات الماضية، شارك في خمسة مشاريع بحثية في مجال تقنيات وتصنيع التمور، والتقنيات المبتكرة في نظم المياه والري ممولة من برنامج الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار.
- له العديد من الأوراق العلمية المُحكمة في مجلات محلية وعالمية.
- شارك في العديد من المؤتمرات والندوات وورش العمل التي تخص مجال النخيل والتمور.
- اشترك في ترجمة ثلاثة مراجع وكتب علمية، ومراجعات فنية لكتب مؤلفة في عدة مجالات تختص بالهندسة الزراعية.
- عضو في عدد من الجمعيات العلمية والهيئات العملية والاتحادات الرياضية: الهيئة السعودية للمهندسين، الجمعية الكيميائية السعودية، نقابة المهن الزراعية المصرية، الاتحاد المصري للكاراتيه.
- حصل على قبول ببرنامج دراسة الدكتوراه في الهندسة الزراعية بجامعة الملك سعود للعام الدراسي ٢٠٢١-٢٠٢٢ م.

مقدمة المترجمين

يعدُّ هذا الكتاب أحد أهم المراجع في مجال هندسة التصنيع الغذائي لتناوله تقنية التخزين تحت الضغط المنخفض في الصناعات الغذائية، حيث تُشكل محاصيل الفاكهة والخضراوات نسبة عالية من الإنتاج الزراعي، كما أنها تلعب دورًا مهمًا في إمداد الإنسان بالعناصر الغذائية، والفيتامينات، والألياف. كما تعد الخضراوات والفاكهة منتجات سريعة التلف.

ويساعد الكتاب في إعادة صياغة التحديات التي تواجه أولئك الذين يقومون بتصميم أنظمة ما بعد الحصاد وتطويرها وابتكارها في ضوء الأبحاث العلمية الحديثة في هذا المجال؛ لتؤمّن منتجات ذات جودة عالية للمستهلكين وتحسين العائدات للمزارعين وتقليل الفاقد عن طريق استخدام تقنية التخزين تحت الضغط المنخفض. وسيكون الكتاب مفيدًا لبرامج الإرشاد وتطوير أنظمة ما بعد الحصاد.

ونود أن نزجي خالص الشكر والتقدير والعرفان لمركز الترجمة بجامعة الملك سعود، على الدعم والتشجيع لمشروعات الترجمة. كما نسأل الله العلي القدير أن ينفع به طالبي العلم والمعرفة في مجال هندسة التصنيع الغذائي والمجالات ذات العلاقة.

والحمد لله فهو نعم المولى ونعم النصير.

المترجمون

شكر وتقدير المؤلف

أود في البداية إهداء كتاب " التخزين تحت الضغط المنخفض في الصناعات الغذائية: التقدم في التطبيق والنظرية" لزوجتي مونيكا (Monika) التي لولا تحفيزها وصبرها لم يكن بالإمكان إكمال هذا الكتاب. كما أود أيضًا أن أعرب عن تقديري الخاص لأصدقائي وشركائي الدكتور دوان ر. شولتز (Dr. Duane R. Schultz) والبروفيسور ديفيد ر. ديلي (Prof. David R. Dilley) والبروفسور توماس دافينبورت (Prof. Thomas L. Davenport) الذين تطوعوا لمراجعة مخطوطة الكتاب وقدموا اقتراحات لإجراء تحسينات عليها. وأيضا للدكتور دافنبورت (Dr. Davenport) لمساعدته في بحوث الضغط المنخفض وللدكتور زيانج زنج (Dr. Xianzhang Zheng) لدعمه الحماسي لبحوث الضغط المنخفض في الصين وشارك في تأليف منشورين، وإلى السيدان جد وديك بوتل (Jed and Dick Bothel) من شركة أطلس للتقنيات (Atlas Technologies) لتصنيع مستودعات فيفا فرش (Vivafresh) في الولايات المتحدة والسماح لي بمراقبة أدائهم عن بعد.

الوحدات والاختصارات

الوحدات (Units)

١ ضغط جوي101.3 = (atm) كيلو باسكال (kPa)

١ ضغط جوي = ١٠٠٠ ملي بار (mbar)

١ ضغط جوي= ٧٦٠ ملم زئبق (mmHgA) (مطلق)

١ ضغط جوي = ٧٦٠ تور(torr)

لتبسيط المقارنات بين الضغط الجوي والضغط تحت الضغط الجوي، يتم التعبير عن تركيزات الغاز والبخار كنسبة مئوية [غاز أو بخار] حيث يشير ٢٪ [غاز أو بخار] إلى ضغط جزئي من ٠,٠٢ ضغط جوي.

الاختصارات (Abbreviations)

تخزين منخفض الضغط	(LP)	Low-pressure storage
تخزين الجو المتحكم فيه	(CA)	Controlled atmosphere storage
تخزين الجو المعدل	(MA)	Modified atmosphere storage
تخزين الغلاف الجوي العادي	(NA)	Normal atmosphere storage
مركب عضوي متطاير	(VOC)	Volatile organic compound
كروماتوجرافيا الغازات	(GC)	Gas chromatography

Ultraviolet	(UV)	الأشعة فوق البنفسجية
Internal ethylene concentration	(IEC)	تركيز الإيثيلين الداخلي
Internal carbon dioxide concentration	(ICC)	تركيز ثاني أكسيد الكربون الداخلي
respiratory quotient	(RQ)	الحاصل التنفسي
respiratory inversion point	(IP)	نقطة الانعكاس التنفسي
mmHg absolute	(mmHgA)	ملم زئبق مطلق
Cloud condensation nuclei	(CCNs)	نوى تكثيف السحب
Methylcyclopropene-١	(MCP-١)	١-ميثيل سيكلوبروبين
Relative humidity	(RH)	الرطوبة النسبية
*p*KA	*p*KA	ثابت الانحلال
Basic-Helix-Loop-Helix-PAD	(bHLH)	أساسي -لولب -حلقة -لولب -ضمادة
Ethylene polyethylene	(EPE)	إيثيلين البولي إيثيلين
Fibroblast growth factor	(FGF)	عامل نمو الخلايا الليفية
Fibroblast growth factor receptor	(FGFR)	مستقبل عامل نمو الخلايا الليفية
Food and Drug Administration	(FDA)	إدارة الغذاء والدواء
Hypoxia-inducible factor	(HIF)	عامل تحفيز نقص الأكسجة
International Commission on Microbiological Specifications for Foods	(ICMSF)	اللجنة الدولية للمواصفات الميكروبيولوجية للأغذية
Low-density polyethylene	(LDPE)	بولي إثيلين منخفض الكثافة
Metabolic Systemfor Disinfection and Disinfestation	(MSDD)	النظام الأيضي للتعقيم والتطهير
National plant protection organization	(NPPO)	المنظمة الوطنية لحماية النباتات
Senescence-associated genes	(SAGs)	الجينات المرتبطة بالشيخوخة)

إنزيم تكوين الإيثيلين	(EFE)	Ethylene forming enzyme
دهن جلدي قابل للذوبان	(SCL)	Soluble cuticular lipid
كروماتوجرافيا غاز فراغ الرأس	(HSGC)	Head- space gas chromatography
تبادل الغاز غير المتقطع	(DGS)	Discontinuous gas exchange
تهوية الشفط السلبي	(PSV)	Passive suction ventilation
تفريغ الاكليل	(CD)	Corona discharge

المعرفة ليست معرفة حتى يعلم شخص آخر أن المرء يعرف (Lucillius: Fragment ، حوالي ١٢٥ ق.م.

المحتويات

إهداء المترجمين ..... هـ

شكر وتقدير المترجمين ..... ز

نبذة عن المترجمين ..... ط

مقدمة المترجمين ..... م

شكر وتقدير المؤلف ..... س

الوحدات والاختصارات ..... ف

الفصل الأول: تاريخ التخزين تحت الضغط المنخفض ١

الفصل الثاني: الأخطاء التجريبية في أبحاث التخزين تحت الضغط المنخفض ١٧

(٢,١) التسريب في غرفة التخزين منخفض الضغط يزيد من فقدان مياه السلع ١٩

(٢,٢) التغيرات الهوائية في التخزين منخفض الضغط يجب أن يتم ترطيبها عند ضغط التخزين ٢٣

(٢,٣) البؤر الباردة على سطح غرف التفريغ تزيد من فاقد مياه السلع ٢٥

(٢,٤) منع التخزين منخفض الضغط الاحتفاظ بالإيثيلين، وثاني أكسيد الكربون، والأمونيا ٢٦

(٢,٥) لا "يطلق أو يخلي" التخزين منخفض الضغط النكهة والروائح الطيارة أو بخار الماء. ٢٨

(٢,٦) التفريغ البطيء والتهوية لا يضران بالسلع ٣٢

الفصل الثالث: انتقال الكتلة للغاز والبخار عند الضغط المنخفض ٣٥

(١ , ٣) انتشار الغازات والأبخرة ٣٥
(٢ , ٣) ثاني أكسيد الكربون ٤١
(٣ , ٣) فتح الثغور ٤٢
(٤ , ٣) التمدد الحجمي ٤٦
(٥ , ٣) تغييرات الهواء ٤٦
الفصل الرابع: انتقال الحرارة عند الضغط المنخفض ٤٩
(١ , ٤) الحمل الحراري ٥٠
(٢ , ٤) الإشعاع ٥٣
(٣ , ٤) التبريد التبخيري ٥٧
(٤ , ٤) التوصيل الحراري ٦١
(٥ , ٤) تكوين الحرارة وإنتاج أدينوسين ثلاثي الفوسفات ٦٢
(٦ , ٤) إزالة الحرارة التنفسية من غرفة التخزين تحت الضغط المنخفض ٦٣
الفصل الخامس: المواد وطرق العمل ٦٧
(١ , ٥) قياس الرطوبة النسبية ٦٧
(٢ , ٥) قياس الضغط ٦٨
(٣ , ٥) التحكم في الضغط ٦٨
(٤ , ٥) مضخة التفريغ ٧٢
(٥ , ٥) قياس معدل التغير في الهواء (التغير الهوائي) ٧٢
(٦ , ٥) قياس الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون، والإيثانول، والميثانول في التغير الهوائي ... ٧٣
(٧ , ٥) قياس الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون، والإيثانول، والميثانول داخل المادة ٧٤
(٨ , ٥) التحكم في التدفق ٧٦
(٩ , ٥) قياس بخار الحمض تحت الضغط المنخفض ٧٧
الفصل السادس: التحكم في الرطوبة ٧٩
الفصل السابع: التكثيف المائي في غرف التخزين تحت الضغط المنخفض ٨٥

الفصل الثامن: ضرر نقص الأكسجين **٩٣**
الفصل التاسع: النفاذ البخاري "الفصل البخاري التغلغلي" **١٠٥**
(١ ,٩) الفصل البخاري تجاريا ١٠٥
(٢ ,٩) الفصل البخاري أثناء التخزين تحت ضغط منخفض..... ١٠٦
الفصل العاشر: التكثيف الشعري في صناديق الورق المقوى غير المشمع **١١١**
الفصل الحادي عشر: الحجر الصحي للحشرات **١٢٥**
(١ ,١١) التأثير المميت للرطوبة المنخفضة ١٢٦
(٢ ,١١) تبادل الغازات وبخار الماء من خلال الفتحات التنفسية والقصبة الهوائية ١٣١
(٣ ,١١) أنظمة تبادل الغازات للحشرات والسلع البستانية ١٣٧
(٤ ,١١) التأثير المميت لانخفاض نسبة الأكسجين عند الضغط الجوي ١٣٩
(٥ ,١١) التأثير المميت لارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون عند الضغط الجوي ١٤٠
(٦ ,١١) التأثير المميت لارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون عند الضغط الجوي ١٤١
(٧ ,١١) التعقيم والتطهير بالإجهاد الأيضي ١٤٢
(٨ ,١١) التأثير المميت للضغط المنخفض..... ١٤٤
(٩ ,١١) الإشعاع المؤين ١٤٦
الفصل الثاني عشر: الفطريات والبكتيريا **١٥١**
(١ ,١٢) تأثير انخفاض الأكسجين عند الضغط الجوي ١٥١
(٢ ,١٢) تأثير ثاني أكسيد الكربون عند الضغط الجوي ١٥٤
(١٢,٣) التأثير المشترك لانخفاض الأكسجين وارتفاع ثاني أكسيد الكربون عند الضغط الجوي ١٥٧
(٤ ,١٢) التأثيرات غير المباشرة للأكسجين المنخفض وثاني أكسيد الكربون المرتفع عند الضغط الجوي ١٥٨
(٥ ,١٢) تأثير الأكسجين المنخفض+ ثاني أكسيد الكربون المنخفض أثناء التخزين تحت الضغط المنخفض ١٥٩

(٦, ١٢) تغيير الضغط المعتدل ينشط الإنزيمات التي تمنع نمو العفن ١٦٥
(٧, ١٢) بخار حمض الهيبوكلورس ١٦٧
(٨, ١٢) الأوزون ١٧٧
(٩, ١٢) التأثير المبيد للجراثيم للإشعاع المؤين ١٨٥
(١٠, ١٢) النظام الأيضي لمكافحة الحشرات والتعقيم ١٨٧
الفصل الثالث عشر: التكلفة الاقتصادية الفعالة لحاويات التخزين منخفض الضغط متعددة الوسائط **١٨٩**
الفصل الرابع عشر: صناديق التخزين **٢٠٥**
الفصل الخامس عشر: الخلاصة والاستنتاجات **٢١٣**
المراجع **٢١٥**
ثبت المصطلحات **٢٣٩**
أولا: عربي – إنجليزي ٢٣٩
ثانيا: إنجليزي – عربي ٢٥٢
كشاف الموضوعات **٢٦٥**