بسم الله الرحمن الرحيم

المدخل إلي
هندسة الأغذية

تأليف

ر. باول سينج
أستاذ بقسم الهندسة الزراعية
وقسم علوم وتقنية الأغذية
جامعة كاليفورنيا - ديفز

دينس هيلدمان
أستاذ بقسم علوم الأغذية
والوحدات الهندسية
جامعة ميزوري - كولومبيا

ترجمة

الدكتور سليمان بن عبدالعزيز اليحيى
أستاذ بقسم الهندسة الزراعية
وعميد كلية الزراعة والطب البيطري
جامعة الملك سعود - فرع القصيم

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود
ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

مكتبة جامعة الملك سعود
الرقم العام :- ٦٧٦١٠٩
مكتبة :-
رقم المهدة :-

ح جامعة الملك سعود، ١٤٢١هـ (٢٠٠٠م)

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب :

Introduction to Food Engineering by:
R. Paul Singh and Dennis R. Heldman.
©1993, by Academic press, Inc., 1250 Sixth Avenue, San Diego, California
Translation Copyright 2000, by King Saud University

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

سينج، باول

المدخل إلى هندسة الأغذية/باول سينج، دينس هيلدمان، ترجمة سليمان عبدالعزيز اليحيى. - الرياض

٧٤٢ ص، ١٧ × ٢٤ سم

ردمك: ٥-١٥٦-٣٧-٩٩٦٠

١ - الصناعات الغذائية ٢- الهندسة الصناعية أ - هيلدمان، دينس (م. مشارك) ب- اليحيى، سليمان عبدالعزيز (مترجم) ج - العنوان

ديوي ٦٦٤ ٢١/١٧٦٥

رقم الإيداع: ٢١/١٧٦٥

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس العلمي على نشره، بعد اطلاعه على تقارير المحكمين في اجتماعه السابع للعام الدراسي ١٤١٧/١٤١٨هـ، المعقود بتاريخ ١٤١٧/٦/٢٩هـ الموافق ١٩٩٦/١١/١٠م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢١هـ

عن المؤلفين

عندما اشترك كل من المؤلفين دكتور باول سينج ودكتور دينس هيلدمان في عام ١٩٨٤م لإنجاز الطبعة الأولى من هذا الكتاب، فإني أجدهما قد قدَّما موضوعات جديرة بالاحترام في المبادىء الهندسية، ووحدات التشغيل المستعملة في تصنيع الأغذية. تعدُّ قائمة الإنجازات التي حققها كل واحد منهما منذ الطبعة الأولى برهانًا على أنه ليس أحد منهما أراد الراحة والاكتفاء بالإنجازات السابقة. وقد شملت هذه الطبعة الجديدة كثيرًا من الأعمال التي نفذت خلال التسع السنوات الماضية، وكذلك أبحاثهما القديمة. يصف المقطع التالي موجزا للدكتور سينج Singh، وللدكتور هيلدمان Heldman.

سينج هو أستاذ كرسي (بروفيسور) في الهندسة الغذائية بجامعة كاليفورنيا - ديفز، حيث إنه يدرس، بانتظام، مواد مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا في موضوعات الهندسة الغذائية. لقد تسلم الدكتور سينج في عام ١٩٨٨م الجائزة الدولية من معهد تقنيات الغذاء (IFT) الذي يستحق عضويته من له جهود بارزة في تبادل الأفكار العالمية في حقل تقنية الغذاء. لقد تسلم كذلك جائزة أصغر أستاذ من المنظمة الأمريكية للمهندسين الزراعيين في عام ١٩٨٦م. كذلك نجد أن معهد تقنيات الغذاء قد منحة جائزة سامول كات برسكوت للأبحاث في عام ١٩٨٢م. لقد ساعد الدكتور سينج في تأسيس برامج الهندسة الغذائية في البرتغال وأندونسيا والهند وقد حاضر كثيرا في موضوعات الهندسة الغذائية في ثلاثين منطقة مختلفة في أوروبا وآسيا وأمريكا اللاتينية.

يعدُّ سينج مؤلفًا ومؤلفًا مشاركًا لستة كتب، ونشر أكثر من ١٥٠ ورقة علمية. تناولت برامجه البحثية في ديفز خواص الأغذية ودراسات عمليات التصنيع الغذائي باستعمال وسائل المحاكاة الرياضية.

هيلدمان هو أستاذ كرسي (بروفيسور) في هندسة تصنيع الأغذية بجامعة ميزوري- كولومبيا، حيث حقق الزعامة في برامج الأغذية والتغذية وتصنيع المنتجات الغذائية خلال القرن الحادي والعشرين.

قبل عودة هيلدمان إلى الجامعة في أواخر عام ١٩٩٢م، فإنه كان يحتل منصب رئيس شركة مجموعة استشارات وينبرج، وكان نائب الرئيس التنفيذي لمنظمة مصانع الأغذية المحلية، وكان نائب الرئيس لأبحاث التصنيع والابتكار مع شركة كامبيل للحساء (الشوربة) حتى عام ١٩٨٤م. لقد كرس نحو ٢٠ سنة في التعليم والأبحاث في الهندسة الغذائية بجامعة ولاية ميتشجن. ومنح هيلدمان جائزة الهندسة الغذائية في المنظمة الأمريكية للمهندسين الزراعيين DFISA-ASAE وذلك عام ١٩٨١م، وكذلك تسلم المنحة المميزة من كلية الزراعة، قسم الاقتصاد المنزلي والموارد الطبيعية بجامعة ولاية أوهايو في عام ١٩٧٨م، وكذلك منح جائزة أصغر باحث من المنظمة الأمريكية للمهندسين الزراعيين عام ١٩٧٤م. يعدُّ هيلدمان مؤلفًا ومؤلفًا مشاركًا ومحررًا لعشرة كتب ومنشورات وكتيبات، وكذلك أسهم في أكثر من ١٢٠ ورقة علمية. يعد هيلدمان عضوًا في معهد تقنيات الغذاء في عام ١٩٨١م وفي المنظمة الأمريكية للمهندسين الزراعيين في عام ١٩٨٤م.

تمهيد

تعدُّ الهندسة الغذائية، في الغالب، أول مادة يتعرض لها طالب علوم الأغذية لاختبار الكميات في التداخل بين العمليات الفيزيائية ونقل الطاقة بمواد الأغذية. إنها كذلك، في الغالب، أول فرصة للطالب لكي يطبق الرياضيات من خلال حساب التفاضل والتكامل المطلوب في برامج علوم الأغذية. ونتيجة لهذين الشرطين، فإنه من الضروري المطلق وجود كتاب نص يعدُّ مدخلاً لمبادىء الهندسة الغذائية يُحتَّم على الطلاب استعمال حصيلتهم السابقة من الفيزياء والرياضيات. يمكن أن يمنح مدخل الهندسة الغذائية الطالب خبرة قوية، وخصوصًا لو أن مواد كيمياء الأغذية والأحياء الغذائية' التي درسوها لم تركز على العلاقات الكمية. على الرغم من أن الطلاب لديهم خبرة خلفية في مواد تتطلب تمارين كمية، تشمل مواد الكيمياء وميكروبيولوجي الأغذية، فإنه، عمومًا، لم يتطلب منهم حل هذه التمارين.وتطبيقها بالإضافة إلى ذلك، ينضم الطلاب إلى علوم الأغذية، لأنهم يتخيلون أنها تركز على الكميات أكثر وتتطرق لعوامل الدراسات السمادية المحسنة للأغذية. إنهم يتخيلون أن الوصف الكمي للحركة والحرارة ونقل الكتلة هي أشياء يفعلها المهندسون ولا ترتبط بعلماء الأغذية. بالاطلاع على البرنامج التعليمي لعلوم الأغذية، بالطبع، يجب ألا نذهب بعيدًا عن الحقيقة.

نجد أن دراسة دفق الموائع، وتوليد، الحرارة ونقلها والعمليات الحرارية (تشمل التغليف وعمليات التعقيم)، والتجميد، والتبخير، والتجفيف تشتمل على مقدمة

لهندسة الغذاء. في هذا النص، اعتمد كل من الدكتور سينج وهيلدمان على خبرتهما خلال السنين الطويلة في تدريس الهندسة الغذائية لطلاب علوم الغذاء من حيث وحدات التشغيل المختلفة بتوالٍ وتقدم منطقي. يبدأ كل فصل بوصف لاستعمال مبادئه وتطبيقها استعمالاً محددًا، ويتبعه علاقات كمية تحدد العمليات. في هذه الطريقة، يعرف الطالب أولاً لماذا يكون هذا الموضوع مهمًا و، من ثم، يعرف أهمية عناصره المختلفة. من خلال خبرتي التدريسية (٢٣ سنة) في مجال الهندسة الغذائية، فإني أعتقد أن هذه طريقة ممتازة لتعريف الطالب بهندسة الغذاء.

تكون الهندسة الغذائية عنصرًا مهمًا في الفصل الأول من البرنامج الأكاديمي لعلوم الغذاء. إنها لا تعّرف الطالب، فقط، على مبادىء الهندسة الغذائية، حيث إن الطالب (أو الطالبة) يتفاعل مع زملاء آخرين في برامج متداخلة في تصنيع الغذاء، ولكن، نجد أنها تحقق طريقة التفكير المتعمق وحل المشاكلات الدارجة في هذا العصر. يمكن أن تستعمل الهندسة الغذائية لتقوية المبادىء العلمية من حيث إيجاد النظريات واختبارها. بالإضافة، إلى ذلك إنها تجبرنا لكي نفكر كميًا في العلاقات بين السبب والتأثير.

أخيرًا، أريد أن أبارك لكل من الدكتور سينج وهيلدمان على الطبعة الثانية الممتازة من " المدخل إلى الهندسة الغذائية " التي قاما بإنجازها. إنني فخور بشدة أن يطلب مني كتابة تقديم لهذه النوعية المهمة من النصوص المدخلية. إني متأكد أنه لا يوجد أكثر بروزاً وتأهيلاً من كل من الدكتور سينج وهيلدمان لتأليف مثل هذا النص. إنهما بصراحة شديدة، قدّما إسهامة قيمة لتخصصنا في علوم الأغذية.

داري لوند Dary Lund

العميد التنفيذي

الموارد الطبيعية والزراعية

روتقرز، جامعة ولاية نيوجرسي-أمريكا

مقدمة المؤلفين

لقد أصبح علم الهندسة الغذائية علمًا منفصلاً نموذجيًا ضمن العلوم الهندسية خلال الثلاثين سنة الماضية. فخلال هذه المدة الزمنية، أصبح موضوع الهندسة الغذائية عنصرًا حساسًا ضمن مناهج طلبة البكالوريوس في علوم الأغذية. يحقق مبدأ الهندسة وأسسها الأسس الكمية لوصف تصنيع الأغذية والعمليات المطلوبة وتمثيلها خلال تصنيع المنتجات الغذائية المستهلكة. تبدو أهمية الأسس الهندسية من خلال تشغيل الوحدات المرتبطة بتحويل المنتجات الخام إلى أغذية ذات جودة عالية وصحية. تشمل المناهج القياسية لعلوم الأغذية، كما هو مطلوب بمعاهد تقنية الأغذية، ستة مناهج. يمكن وصفها كما يلي:

محاضرة ومعمل لدراسة المبادئ الهندسية، وتشغيل الوحدات المستعملة في تصنيع الأغذية. يجب أن تشمل المبادئ الهندسية توازن الطاقة والمادة والديناميكا الحرارية وتدفق الموائع و انتقال الكتلة.

يجيب هذا الكتاب مباشرة على الوصف أعلاه، ويتمثل ذلك في تصميم نموذجي لمساعدة برنامج مرحلة البكالوريوس - تخصص علوم الأغذية بمعرفة المبادئ الهندسية. ويحقق عرض هذه المبادئ خلال السنة الثالثة قاعدة ممتازة لمناهج السنة الرابعة.

يغطي هذا الكتاب عديدًا من الموضوعات كما هو في الطبعة الأولى. وقد تم عرض كل من مبادئ تدفق الأغذية والطاقة وانتقال الحرارة والتبريد والتجميد والتبخير والخواص السيكرومترية والتجفيف في أبواب منفصلة. بالإضافة إلى ذلك، أُضيفت فصول جديدة إلى هذه الطبعة مثل المعاملة الحرارية والتصنيع والتغليف المعقم ونقل الكتلة. لقد رُكزَّ على التطبيقات الأساسية من خلال استعمال عديد من المسائل المحلولة. بغرض تحسين قدرة

الطلاب على استعمال الحاسوب، وضع عدد كبير جدًّا من الأمثلة التي تستعمل برنامج اللوحة الجدولية الآلية. توضح هذه البرامج بعض الاستفسارات باستعمال عبارة التحليل "ماذا لو" وذلك عن طريق اختبار تأثير عناصر المدخلات على النتائج الكمية. شمل الكتاب كذلك الخرائط والجداول الضرورية لدعم الطلاب بالخبرة على اختيار بيانات المدخلات المناسبة لحلول المسائل.

إضافة إلى عرض المبادئ الهندسية، شمل هذا الكتاب معلومات وصفية عن المعدات النموذجية المستعملة في وحدات التشغيل الغذائية. إنه من المتوقع أن يكون عرض هذه المعدات معينًا ومساعدًا للطلاب حتى يفهموا الأسس الهندسية. تكون المسائل عنصرًا مهمًا في المناهج الهندسية. ويحتوي كل باب من الأبواب في نهايته على قائمة مسائل تستعمل لاختبار الطلاب في فهم المبادئ التي عُرضت في الباب.نفسه يجب ملاحظة اختيار مسائل ذات صعوبة عالية ومؤشر عليها بحيث يحلها الطالب بعد أن يكتسب الخبرة القوية من المعلومات المعطاة في الكتاب.

يطيب لنا في هذه المناسبة أن نشارك في تدريس طلاب علوم الأغذية لهذا الكتاب وهو"المدخل إلى هندسة الأغذية". يكون الدمج النموذجي للمبادئ مع التطبيقات في التصنيع الغذائي من التحدي، ولكنة يحقق إشعاعًا لفهم المبادئ و، في الوقت نفسه، العمليات التصنيعية. تحقق الموضوعات المختارة لتمثيل المبادئ الهندسية كذلك الفرصة لعرض علاقة الهندسة مع كيمياء الأغذية، وميكروبيولوجيا الأغذية، وتصنيع الأغذية.إننا نقدر تقديرًا عميقًا عددًا من الأشخاص الذين شاركوا معنا في محتويات هذا الكتاب. لقد وصلنا إلى عديدًا من الاقتراحات المساعدة من الزملاء الذين درسّوا.الكتاب في طبعته الأولى. حققت هذه الاقتراحات عديدًا من الأفكار المهمة للطلاب. إننا نقدر تقديرًا عميقًا المساعدة التي قدمتها السيدة لي آن إمبي Leigh Ann Empie، والسيدة سيما أطول Seema Atwal، من خلال كتابة النماذج الأولية لهذا الكتاب وتعديلها.

ر. باول سينج R. Paul Singh

دينيس هيلدمان Dennis R. Heldman

مقدمة المترجم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على نبينا محمد بن عبد الله، صلى الله عليه وعلى آلة وصحبه أجمعين.. وبعد:

فإنه يطيب لي، أخي الطالب، وأخي المهندس، وأخي القارئ، أن أضع بين يديك هذا المجهود العلمي، وهو ترجمة كتاب "المدخل إلى هندسة الأغذية - الطبعة الثانية" الذي أخذ مني مجهود سنوات طويلة. من الدوافع التي دعتني للقيام بمثل هذا المجهود هي حقيقة فقدان المكتبة العربية لكثير من الكتب العلمية في مجالات العلوم النظرية والتطبيقية المختلفة، ومنها مجال هندسة الأغذية. وقد اخترت هذا الكتاب لاعتبارات كثيرة، منها ندرة الكتب العربية التي تتطرق للأغذية من وجهة نظر هندسية، ومنها أهمية حاجة طلاب المستويين الثالث والرابع الذين يدرسون البكالوريوس في تخصص الهندسة الزراعية (فرع هندسة الأغذية) وتخصص تقنية وعلوم الأغذية والمجالات المشابهة لدراسة الموضوعات والمحتويات في هذا الكتاب، ومنها أن هذا الكتاب سيعدُّ مرجعا لكثير من المهندسين العاملين بالمصانع الغذائية المختلفة للاستفادة من التطبيقات العملية في هذا الكتاب، واستخدام الجداول والمنحنيات والرسومات والخرائط المختلفة والمعادلات المتعددة في متابعة خطوات تصنيع المنتجات الغذائية وهندستها، ومنها قوة المعلومات ومتانتها في هذا الكتاب، حيث إنه يعدُّ النص المقرر لمادة هندسة الأغذية في معظم الجامعات الأمريكية والأوروبية لأن مؤلفيه يعدُّان من أشهر وأكثر أساتذة هندسة الأغذية خبرة في العالم،

حيث درَّسا هندسة الأغذية بجامعات كاليفورنيا وجامعات ميتشجن/قسم الهندسة الغذائية وعلوم وتقنية الأغذية منذ أكثر من ٢٥ سنة وحتى الآن. (اطلع على ما كتب حول المؤلفين). ومنها أن معظم أساتذتي من أمريكا بجامعة ولاية أيوا للعلوم والتكنولوجيا قد أرشدوني إلى أن يكون ضمن مشوار إنتاجي العلمي بعد الدكتوراه ترجمة هذا الكتاب، حيث ذكروا أن هناك كتبا كثيرة تتطرق لهذا المجال، وهذا الكتاب من أشملها وأكثرها وضوحا، حيث يشمل جميع وحدات الهندسة الغذائية ويعالجها معالجة علمية نظرية وتطبيقية، وقد روعي في طبعته الأخيرة عام ١٩٩٣م أن يحتوي على أحدث ما وصل إليه العلم في مجال هندسة الأغذية الأمر الذي يعطي الكتاب قوته وشهرته.

وأخيرا، ونتيجة لما لاحظته من النمو والتقدم السريع للاهتمام بالمنتجات الزراعية وتصنيعها في المملكة العربية السعودية، فإن هذا الكتاب سيعدُّ واحدا من العوامل التي ستساعد على توجيه هذه الخطة الصناعية في مجال تحسين تصنيع الأغذية وتطويرها واتباع أفضل الوسائل لإنتاج صناعات غذائية نظيفة ذات جودة عالية وتصميم خطوط التصنيع النموذجية، وكذلك الوسائل الأساسية لتخزين هذه الأغذية تخزينا تكنولوجيا حديثا.

إني لفخور جدًا بأن تتولى جامعتي العريقة - جامعة الملك سعود - تحكيم هذا الكتاب المترجم ونشره، وقد أكد جميع المحكمين القيمة العلمية المتميزة لهذا الكتاب، وإليك مقاطع مما ألحقه المحكمون بالكتاب بعد التحكيم:

"في نهاية تقريري هذا، أود أن أوضح أن هذا الكتاب إضافة كبيرة للمكتبة العربية، حيث يعد المؤلفين للكتاب الأصلي من أشهر عشرة علماء في هندسة التصنيع الغذائي"، عن المحكم الأول.

"يعد الكتاب الأصلي واحدا من أهم الكتب التي ألفت في مجال هندسة الأغذية، نظرا لما يتميز به من بساطة في شرح مفهوم هندسة الأغذية بأسلوب سهل

وواضح وشمولية بحيث يغطى معظم موضوعات هندسة الأغذية الأساسية مما يجعله مهمّا كمادة دراسية أو كمرجع لاستخدام غير المتخصصين. وإضافة إلى ما سبق، يعد مؤلفا هذا الكتاب من أفضل من كتب في هذا المجال نظرا لخبرتهما الطويلة التي تصل إلى قرابة الـ ٣٠ عاما في مجال هندسة الأغذية. وفي رأيي أن اختيار هذا الكتاب لنقلة إلى اللغة العربية كان اختيارا موفقا جدّا، حيث ستكون النسخة المترجمة النهائية منه إضافة جيدة للمكتبة العربية، نظرا لقلة المراجع العربية الجيدة في مجال هندسة الأغذية"، عن المحكم الثاني.

أما عن محتويات الكتاب؛ فإنه يحتوي على اثني عشر فصلا بالإضافة إلى الملاحق والمصطلحات المهمة. بعد المقدمة، يتطرق الكتاب إلى موضوعات الهندسة الغذائية كنقل السوائل الغذائية وتدفقها، وتوازن الكتلة والطاقة، واستخدامات الطاقة في التصنيع الغذائي، وانتقال الحرارة واستخدامات التسخين بالموجات الدقيقة، والمعاملات الحرارية في التصنيع وتغليف الأغذية، وتبريد الأغذية، وتجميد الأغذية، وتبخير الأغذية، والمنحنيات والخواص السيكرومترية، ونقل الكتلة والفصل بالأغشية، وأخيرا تجفيف الأغذية. وقد تم عرض كل موضوع من هذه الموضوعات في فصل عرضا منتظما بحيث يحتوي كل فصل على التعريف المبسط والطرق المختلفة للاستخدام مع الصور الموضحة والأمثلة المحلولة والمسائل المتاحة؛ ليحلها الطلاب في نهاية كل فصل مع الرموز الهندسية والمراجع العلمية لكل فصل.

كذلك يحتوي الكتاب على الملاحق المختلفة في نهايته والتي تشمل الأنظمة العالمية للوحدات الهندسية وعوامل التحويل والخواص الفيزيائية للأطعمة والخواص الفيزيائية للمواد غير الغذائية والخواص الفيزيائية للماء والهواء والبخار، وجداول أخرى مهمة في الأغذية. ويحتوي كذلك على بعض خرائط تصنيع الأغذية المهمة. كذلك يوجد في نهاية الكتاب قائمة المصطلحات العلمية المهمة باللغتين (عربي - إنجليزي، وإنجليزي - عربي) وكذلك قائمة كشاف الموضوعات وهي شاملة لجميع محتويات الكتاب.

وقبل الختام، أود أن أتقدم بوافر الشكر والتقدير إلى كل من جامعتي الأم لتحكيم هذا الكتاب ونشره ولمركز الترجمة بالجامعة الذي بذل جهدا متميزا في متابعة إجراءات الترجمة. وأشكر كذلك مؤلفيْ هذا الكتاب، وهما الدكتور باول سينج والدكتور دينس هيلدمان، اللذين أعطياني الضوء الأخضر للبدء فيه، وكذلك دار النشر (أكاديمك بريس) للموافقة القانونية على الترجمة، وأشكر من قام بتحكيم هذا الكتاب، حيث كانت تصويباتهم محل تقدير واحترام، وكلا من المهندس هاشم محمد محمود الذي بذل جهدا كبيرا في النسخ والتعديلات المتكررة والمهندس خالد الرملاوي، والأستاذ سليمان الخميش والأستاذ خالد العواد، والمهندس سعود التويجري الذين أسهموا في نسخ بعض صفحات هذا الكتاب. كذلك أشكر كلا من سعادة الدكتور محمد فايد، والمهندس محمد إبراهيم إدريس، اللذين ساعداني على صياغة الكتاب النهائية حسب شروط مطابع الجامعة، ويجب أن أنوه بالشكر الجزيل للمهندس عبد الله العبد العالي للدور الذي قام به في إدراج الأشكال إلكترونيًا، وكذلك للمهندس إبراهيم التويجري لمتابعته الكتاب وكذلك للعاملين بمطابع الجامعة الذين قاموا بإخراج الكتاب بشكل مميز متوافق مع لوائح النشر ومكانة جامعتنا الأم. ويجب ألا أنسى أن أقدم حبي وشكري ووفائي لأفراد أسرتي الحبيبة الذين صبروا صبرا شديدا وتحملوا سهر الليالي الطويلة التي قضيتها في الترجمة بين ثنايا هذا الكتاب.

وفي الختام، أسأل الله سبحانه وتعالى أن يجعل عملي هذا خالصا لوجهه تعالى، وأن يعم به النفع جميع الأساتذة والطلاب والمهندسين والفنيين والقراء المهتمين بمجال هندسة الأغذية وتقنيتها.

المترجم

المحتويات

عن المؤلفين ..... هـ
تمهيد ..... ز
مقدمة المؤلفين ..... ط
مقدمة المترجم ..... ك

الفصل الأول: مقدمة

(١,١) الأبعاد ٢
(١,٢) الوحدات الهندسية ٢
(١,٢,١) الوحدات الأساسية ٣
(١,٢,٢) الوحدات المشتقة ٤
(١,٢,٣) الوحدات الإضافية ٦
(١,٣) النظام ١٢
(١,٤) الخواص ١٣
(١,٤,١) الخواص المكثفة ١٣
(١,٤,٢) الخواص الشاملة ١٣
(١,٥) المساحة ١٣
(١,٦) الكثافة ١٥
(١,٧) التركيز ١٧

(١,٨) المحتوى الرطوبي ٢٠
(١,٩) معادلة الحالة وقانون الغاز المثالي ٢٤
(١,١٠) رسم الطور البياني للماء ٢٥
(١,١١) الضغط ٢٧
(١,١٢) المحتوى الحراري ٣٩
(١,١٣) قوانين الديناميكية الحرارية (الثرموديناميكا) ٣٠
(١,١٤) حفظ الكتلة ٣١
(١,١٥) الطاقة ٤٤
(١,١٦) الشغل ٤٦
(١,١٧) حفظ الطاقة ٤٨
(١,١٨) القدرة ٥٦
تمارين ٥٧
قائمة الرموز ٥٨
المراجع ٦٠

الفصل الثاني: دفق الموائع في التصنيع الغذائي

(٢,١) نظم نقل السوائل ٦١
(٢,١,١) خطوط الأنابيب لمنشآت التصنيع ٦٣
(٢,١,٢) أنواع المضخات ٦٤
(٢,٢) خواص السوائل ٦٧
(٢,٢,١) دور الإجهاد في تدفق الموائع ٦٩
(٢,٢,٢) الكثافة ٦٩
(٢,٢,٣) اللزوجة ٧٠
(٢,٣) قياس اللزوجة ٧٤

(٢,٣,١) جهاز قياس اللزوجة ذو الأُنبوبة الشعرية ٧٤
(٢,٣,٢) جهاز قياس اللزوجة الدوراني ٧٩
(٢,٣,٣) تأثير درجة الحرارة على اللزوجة ٨٢
(٢,٣,٤) خواص السوائل غير النيوتونية ٨٣
(٢,٤) نظم التداول للسوائل النيوتونية ٨٧
(٢,٤,١) خصائص الدفق ٨٨
(٢,٤,٢) رقم رينولدز ٨٩
(٢,٤,٣) الدفق الطبقي ٩٠
(٢,٤,٤) الدفق المضطرب ٩٢
(٢,٤,٥) الاحتكاك ٩٤
(٢,٥) توازن الطاقة الميكانيكية ١٠٠
(٢,٥,١) طاقة الوضع ١٠٠
(٢,٥,٢) طاقة الحركة ١٠١
(٢,٥,٣) طاقة الضغط ١٠٢
(٢,٥,٤) طاقة الاحتكاك ١٠٢
(٢,٥,٥) حسابات احتياجات الضخ ١٠٤
(٢,٦) اختيار المضخة وتقويم أدائها ١٠٩
(٢,٦,١) منحنيات خصائص المضخات ١٠٩
(٢,٦,٢) ارتفاع السحب الرأسي الموجب ١١٢
(٢,٦,٣) قوانين القرابة ١١٤
(٢,٧) قياس الدفق ١١٥
(٢,٧,١) أنبوبة بيتوت ١١٧
(٢,٧,٢) مقياس الفتحة ١١٩
(٢,٧,٣) عداد فنشوري ١٢١

(٢,٧,٤) أجهزة قياس المساحة المتغيرة ١٢٣
(٢,٧,٥) طرق القياس الأُخرى ١٢٥
تمارين ١٢٦
قائمة الرموز ١٢٨
المراجع ١٣٠

الفصل الثالث: الطاقة للتصنيع الغذائي

(٣,١) توليد البخار ١٣٤
(٣,١,١) نظم توليد البخار ١٣٤
(٣,١,٢) ثرموديناميكا تغير الطور ١٣٦
(٣,١,٣) جداول البخار ١٤٢
(٣,١,٤) الاستفادة من البخار ١٤٧
(٣,٢) استخدامات الوقود ١٥٥
(٣,٢,١) النظم ١٥٦
(٣,٢,٢) تحليل موازين الكتلة والطاقة ١٥٧
(٣,٢,٣) كفاءات جهاز الاحتراق (الحارق) ١٥٩
(٣,٣) الاستفادة من الطاقة الكهربائية ١٦٣
(٣,٣,١) المصطلحات الكهربائية والوحدات ١٦٣
(٣,٣,٢) قانون أوم ١٦٥
(٣,٣,٣) الدوائر الكهربائية ١٦٦
(٣,٣,٤) المحركات الكهربائية ١٦٩
(٣,٣,٥) أجهزة التحكم الكهربائية ١٧١
(٣,٣,٦) الإضاءة الكهربائية ١٧٢
تمارين ١٧٤

قائمة الرموز ١٧٧
المراجع ١٧٨

الفصل الرابع: انتقال الحرارة في هندسة التصنيع

(٤,١) نظم تسخين المنتجات الغذائية وتبريدها ١٨١
(٤,١,١) المبادل الحراري ذو اللوح (اللوحي) ١٨١
(٤,١,٢) المبادل الحراري الأُنبوبي ١٨٥
(٤,١,٣) المبادل الحراري ذو السطح المكشوط ١٨٨
(٤,١,٤) المبادل الحراري بالنفخ بالبخار ١٨٩
(٤,١,٥) الخاتمة ١٩١
(٤,٢) الخواص الحرارية للأغذية ١٩٢
(٤,٢,١) الحرارة النوعية ١٩٢
(٤,٢,٢) التوصيل الحراري ١٩٥
(٤,٣) طرق انتقال الحرارة ١٩٧
(٤,٣,١) انتقال الحرارة بالتوصيل ١٩٧
(٤,٣,٢) انتقال الحرارة بالحمل ٢٠٠
(٤,٣,٣) انتقال الحرارة بالإشعاع ٢٠٣
(٤,٤) تطبيقات على انتقال الحرارة في الحالة المستقرة ٢٠٧
(٤,٤,١) انتقال الحرارة بالتوصيل في الألواح المستطيلة ٢٠٧
(٤,٤,٢) انتقال الحرارة بالتوصيل في المواسير الأُنبوبية ٢١٠
(٤,٤,٣) التوصيل الحراري في النظم متعددة الطبقات ٢١٢
(٤,٤,٤) تقدير معامل انتقال الحرارة بالحمل ٢٢١
(٤,٤,٥) تقدير معامل انتقال الحرارة الكلي ٢٣٤
(٤,٤,٦) دور العازل الحراري في تخفيض الفقد الحراري من أجهزة التصنيع .. ٢٣٩

(٤,٤,٧) تصميم المبادل الحراري الأُنبوب ٢٤٤
(٤,٤,٨) أهمية خصائص الأسطح في انتقال الحرارة بالإشعاع ٢٥٣
(٤,٤,٩) انتقال الحرارة بالإشعاع بين جسمين ٢٥٥
(٤,٥) انتقال الحرارة في الحالة غير المستقرة ٢٥٩
(٤,٥,١) أهمية المقاومة الخارجية ضد المقاومة الداخلية لانتقال الحرارة ... ٢٦١
(٤,٥,٢) المقاومة الداخلية المهملة في انتقال الحرارة (رقم بيوت أقل من ٠,١) ٢٦٢
(٤,٥,٣) المقاومة السطحية والداخلية المحددة لانتقال الحرارة (رقم بيوت أكبر من ٠,١ وأقل من ٤٠) ٢٦٧
(٤,٥,٤) المقاومة السطحية المهملة لانتقال الحرارة (رقم بيوت أكبر من ٤٠) ٢٦٨
(٤,٥,٥) الأجسام المحددة ٢٦٩
(٤,٥,٦) طرق استعمال خرائط درجة الحرارة مع الزمن..... ٢٧٣
(٤,٦) التسخين بالموجات الدقيقة (الميكروويف) ٢٨٣
(٤,٦,١) آليات التسخين بالموجات الدقيقة..... ٢٨٥
(٤,٦,٢) خواص العازل الكهربائي ٢٨٦
(٤,٦,٣) تحويل طاقة الموجات الدقيقة إلى حرارة ٢٨٧
(٤,٦,٤) عمق النفاذية للموجات الدقيقة ٢٨٨
(٤,٦,٥) فرن الموجات الدقيقة ٢٩٠
(٤,٦,٦) تسخين الأغذية بالموجات الدقيقة ٢٩٢
تمارين ٢٩٤
قائمة الرموز ٣٠٧
المراجع ٣٠٩

الفصل الخامس: المعاملة الحرارية

(٥,١) زمن التخفيض العشري D ٣١١
(٥,٢) ثابت المقاومة الحرارية Z ٣١٥
(٥,٣) زمن الموت الحراري F ٣١٧
(٥,٤) احتمالية الفساد ٣١٨
(٥,٥) العلاقات بين التفاعل الكيميائي وعوامل المعاملة الحرارية ٣١٩
(٥,٥,١) زمن التخفيض العشري D وثابت المعدل k ٣١٩
(٥,٥,٢) قيمة Q_{10} وثابت المقاومة الحراري z ٣٢١
(٥,٥,٣) طاقة التنشيط E وثابت المقاومة الحراري z ٣٢٢
(٥,٥,٤) Q_{10} وطاقة التنشيط E_a ٣٢٤
(٥,٦) الطريقة العامة لحساب المعاملة الحرارية ٣٢٥
تمارين ٣٣٣
قائمة الرموز ٣٣٤
المراجع ٣٣٥

الفصل السادس: التصنيع والتغليف المعقم

(٦,١) مكونات النظام ٣٤٠
(٦,١,١) طارد الهواء ٣٤٠
(٦,١,٢) مقاطع التسخين والتبريد ٣٤٠
(٦,١,٣) أنبوبة الحجز ٣٤١
(٦,١,٤) نظم التغليف ٣٤٢
(٦,١,٥) المضخات والتحكم بالدفق ٣٤٢
(٦,٢) الصياغة الرياضية لعملية تعقيم ٣٤٢
(٦,٢,١) انتقال الحرارة ٣٤٣

(٦,٢,٢) توزيع زمن المكوث ٣٤٧
تمارين ٣٥٢
قائمة الرموز ٣٥٣
المراجع ٣٥٥

الفصل السابع: التبريد

(٧,١) مقدمة ٣٥٩
(٧,٢) اختيار سائل (غاز) التبريد (المبرد) ٣٦١
(٧,٣) مكونات نظام التبريد ٣٦٦
(٧,٣,١) المبخر ٣٦٨
(٧,٣,٢) الضاغط ٣٦٩
(٧,٣,٣) المكثف ٣٧٣
(٧,٣,٤) صمام التمدد ٣٧٦
(٧,٤) خرائط الضغط - المحتوى الحراري ٣٨٠
(٧,٤,١) جداول الضغط - المحتوى الحراري ٣٨٥
(٧,٤,٢) استخدام الطرق بمساعدة الحاسوب لإيجاد الخواص الحرارية
لسوائل (غازات) التبريد ٣٨٦
(٧,٥) المعادلات الرياضية المفيدة في تحليل التبريد بضغط البخار ٣٩٠
(٧,٥,١) حمل التبريد ٣٩٠
(٧,٥,٢) الضاغط ٣٩٢
(٧,٥,٣) المكثف ٣٩٢
(٧,٥,٤) المبخر ٣٩٣
(٧,٥,٥) معامل الأداء ٣٩٣
(٧,٥,٦) معدل تدفق سائل (غاز) التبريد ٣٩٤

(٧,٦) استخدام النظم ذات المراحل المتعددة ٤٠٤
(٧,٦,١) نظام إزالة غاز الوميض ٤٠٥
تمارين ٤١٠
قائمة الرموز ٤١٣
المراجع ٤١٥

الفصل الثامن: تجميد الأغذية

(٨,١) نظم التجميد ٤١٨
(٨,١,١) نظم التلامس غير المباشر ٤١٩
(٨,١,٢) نظم التلامس المباشر ٤٢٤
(٨,٢) خواص الأغذية المجمدة ٤٢٨
(٨,٢,١) الكثافة ٤٢٩
(٨,٢,٢) التوصيل الحراري ٤٢٩
(٨,٢,٣) المحتوى الحراري ٤٣٠
(٨,٢,٤) الحرارة النوعية الظاهرية ٤٣١
(٨,٢,٥) الانتشار الحراري الظاهري ٤٣٣
٨,٣) زمن التجميد ٤٣٣
(٨,٣,١) معادلة بلانك ٤٣٤
(٨,٣,٢) الطرق الأخرى للتنبؤ بزمن التجميد ٤٣٦
(٨,٣,٣) القياس التجريبي ٤٤٣
(٨,٣,٤) العوامل التي تؤثر على زمن التجميد ٤٤٣
(٨,٣,٥) معدل التجميد ٤٤٤
(٨,٤) تخزين الأغذية المجمدة ٤٤٤
(٨,٤,١) تغيرات الجودة في الأغذية خلال التخزين المتجمد (المجمد) ٤٤٥

تمارين ٤٥٠
قائمة الرموز ٤٥٢
المراجع ٤٥٣

الفصل التاسع: التبخير

(٩,١) مقدمة ٤٥٧
(٩,٢) رفع نقطة الغليان ٤٦٠
(٩,٣) أنواع المبخرات ٤٦٢
(٩,٣,١) مبخر الوعاء المستدير الدفعي (على دفعات) ٤٦٢
(٩,٣,٢) مبخرات الدوران الطبيعي ٤٦٣
(٩,٣,٣) مبخر الغشاء الصاعد (الطبقة الرقيقة الصاعدة) ٤٦٣
(٩,٣,٤) مبخر الغشاء الهابط (الطبقة الرقيقة الهابطة) ٤٦٥
(٩,٣,٥) مبخر الغشاء الصاعد/الهابط ٤٦٦
(٩,٣,٦) مبخر الدوران القسري ٤٦٧
(٩,٣,٧) مبخر الطبقة الرقيقة المهتزة ٤٦٨
(٩,٤) تصميم المبخر أحادي التأثير ٤٦٩
(٩,٥) تصميم المبخر متعدد التأثيرات ٤٧٨
(٩,٦) نظم إعادة ضغط البخار ٤٨٦
(٩,٦,١) إعادة الضغط الحراري ٤٨٦
(٩,٦,٢) إعادة الضغط الميكانيكي ٤٨٧
تمارين ٤٨٧
قائمة الرموز ٤٩٠
المراجع ٤٩١

الفصل العاشر: قياسات الرطوبة (السيكرومترية)

(١٠,١) مقدمة ٤٩٣
(١٠,٢) خواص الهواء الجاف ٤٩٤
(١٠,٢,١) تركيب الهواء ٤٩٤
(١٠,٢,٢) الحجم النوعي للهواء الجاف ٤٩٤
(١٠,٢,٣) الحرارة النوعية للهواء الجاف ٤٩٥
(١٠,٢,٤) المحتوى الحراري للهواء الجاف ٤٩٥
(١٠,٢,٥) درجة الحرارة الجافة ٤٩٥
(١٠,٣) خواص بخار الماء ٤٩٦
(١٠,٣,١) الحجم النوعي لبخار الماء ٤٩٦
(١٠,٣,٢) الحرارة النوعية لبخار الماء ٤٩٦
(١٠,٣,٣) المحتوى الحراري لبخار الماء ٤٩٧
(١٠,٤) خواص مخاليط الهواء والبخار ٤٩٧
(١٠,٤,١) قانون جيبس - دالتون ٤٩٧
(١٠,٤,٢) درجة حرارة نقطة الندى ٤٩٨
(١٠,٤,٣) نسبة الرطوبة (أو المحتوى الرطوبي) ٤٩٨
(١٠,٤,٤) الرطوبة النسبية ٤٩٩
(١٠,٤,٥) الحرارة الرطبة لمخلوط الهواء وبخار الماء ٥٠٠
(١٠,٤,٦) الحجم النوعي ٥٠١
(١٠,٤,٧) التشبع الأدياباتيكي للهواء ٥٠٢
(١٠,٤,٨) درجة الحرارة الرطبة ٥٠٤
(١٠,٥) الخريطة السيكرومترية ٥٠٧
(١٠,٥,١) إنشاء الخريطة ٥٠٧

(١٠,٥,٢) استخدام الخريطة السيكرومترية لتقويم عمليات تكييف الهواء المعقدة ٥١١
تمارين ٥١٨
قائمة الرموز ٥٢٠
المراجع ٥٢٢

الفصل الحادي عشر: انتقال الكتلة

(١١,١) مقدمة ٥٢٣
(١١,٢) عملية الانتشار ٥٢٥
(١١,٢,١) انتشار الغازات (والسوائل) خلال الأجسام الصلبة في الحالة المستقرة ٥٢٨
(١١,٢,٢) معاملات انتقال الكتلة ٥٣٠
(١١,٢,٣) التدفق الخطي فوق لوح مستو ٥٣٣
(١١,٢,٤) التدفق المضطرب فوق لوح مستو ٥٣٦
(١١,٢,٥) التدفق الخطي في أنبوب ٥٣٦
(١١,٢,٦) التدفق المضطرب في أنبوب ٥٣٦
(١١,٢,٧) انتقال الكتلة للتدفق فوق الأسطح الكروية ٥٣٦
(١١,٣) نظم الفصل بالأغشية ٥٣٨
(١١,٣,١) نظم الفصل الغشائي بالكهرباء ٥٤٢
(١١,٣,٢) نظم الأغشية ذات التناضح العكسي ٥٤٦
(١١,٣,٣) أداء الأغشية ٥٥٤
(١١,٣,٤) نظم الترشيح الغشائي فائقة الدقة ٥٥٥
(١١,٣,٥) قطبية التركيز ٥٥٦

(١٢,٣,٢) التنبؤ بزمن التجفيف ٦٠٣
تمارين ٦١٣
قائمة الرموز ٦١٦
المراجع ٦١٨
الملاحق ٦١٩
(**١**,أ) **النظام العالمي للوحدات وعوامل التحويل** ٦١٩
جدول (١,١,أ) اختصارات (بادئات) الوحدات العالمية ٦١٩
جدول (١,٢,أ) عوامل تحويل مهمة ٦٢٤
جدول (١,٣,أ) عوامل التحويل للضغط ٦٢٨
(**٢**,أ) **الخواص الفيزيائية (الطبيعية) للأغذية** ٦٢٩
جدول (٢,١, أ) الحرارة النوعية للأغذية ٦٢٩
جدول (٢,٢,أ) التوصيل الحراري لبعض المنتجات الغذائية المختارة ٦٣١
جدول (٢,٣,أ) الانتشارية الحرارية لبعض المواد الغذائية ٦٣٤
جدول (٢,٤,أ) لزوجة السوائل الغذائية ٦٣٧
جدول (٢,٥,أ) خواص الثلج كدالة لدرجة الحرارة ٦٣٨
جدول (٢,٦,أ) معدلات انبعاث الحرارة التقريبية للخضراوات والفواكه
الطازجة عند تخزينها على درجات حرارة مختلفة ٦٣٩
جدول (٢,٧,أ) المحتوى الحراري للأغذية المجمدة ٦٤٢
(**٣**,أ) **الخواص الفيزيائية للمواد غير الغذائية** ٦٤٤
جدول (٣,١,أ) الخواص الفيزيائية للمعادن ٦٤٤
جدول (٣,٢,أ) الخواص الفيزيائية للمواد غير المعدنية ٦٤٧
(**٤**,أ) **الخواص الفيزيائية للماء والهواء** ٦٥٠
جدول (٤,١,أ) الخواص الفيزيائية للماء عند ضغط التشبع ٦٥٠
جدول (٤,٢,أ) خواص البخار المشبع ٦٥٣

(١١,٣,٦) أنـواع نظـم التناضح العكسي ونظـم الترشيـح الغشـائي فائقة الدقة ٥٦٢
(١١,٤) تغليف الأَغذية ٥٦٨
(١١,٤,١) انتقال الكتلة في مواد التغليف ٥٦٨
(١١,٤,٢) نفاذية مواد التغليف للغازات الثابتة ٥٧١
تمارين ٥٧٦
قائمة الرموز ٥٧٧
المراجع ٥٧٩

الفصل الثاني عشر: تجفيف الأَغذية

(١٢,١) عمليات التجفيف الأساسية ٥٨١
(١٢,١,١) فعالية الماء (النشاط المائي) ٥٨٢
(١٢,١,٢) انتشار الرطوبة ٥٨٦
(١٢,١,٣) منحنيات معدل التجفيف ٥٨٧
(١٢,١,٤) انتقال الحرارة والكتلة ٥٨٨
(١٢,٢) نظم التجفيف ٥٩٠
(١٢,٢,١) مجففات الصواني أو المقصورات ٥٩٠
(١٢,٢,٢) مجففات الأَنفاق ٥٩٢
(١٢,٢,٣) التجفيف بالنفخ ٥٩٣
(١٢,٢,٤) تجفيف الطبقة المسالة ٥٩٤
(١٢,٢,٥) التجفيف بالرش ٥٩٥
(١٢,٢,٦) التجفيف بالتجميد (التجفيد) ٥٩٦
(١٢,٣) تصميم نظام التجفيف ٥٩٧
(١٢,٣,١) توازن الكتلة والطاقة ٥٩٧

جدول (٣,٤,أ) خواص البخار المحمص (جداول البخار) ٦٥٧
جدول (٤,٤,أ) الخواص الفيزيائية للهواء الجاف عند الضغط الجوي ٦٦١
(٥,أ) **خريطة سيكرومترية** ٦٦٤
(٦,أ) **بيانات المحتوى الحراري – الضغط** ٦٦٥
شكل (١,٦,أ) منحنى المحتوى الحراري - الضغط لوسيط التبريد (فريون١٢) ٦٦٥
جدول (١,٦,أ) خواص البخار والسائل المشبع لفريون ١٢ (R - 12) ٦٦٥
شكل (٢,٦,أ) رسم الضغط - المحتوى الحراري البياني لبخار فريون ١٢ المحمص ٦٧٤
جدول (٢,٦,أ) خواص البخار والسائل المشبع لغاز الأمونيا (R - 717) ٦٧٥
شكل (٣,٦,أ) رسم الضغط - المحتوى الحراري البياني لبخار غاز الأمونيا المحمص ٦٨٢
(٧,أ) **الرموز المستعملة في رسم معدات هندسة التصنيع الغذائي** (مقتبسة من المقاييس الأمريكية والبريطانية) ٦٨٣

المراجع ٦٨٧
ثبت المصطلحات ٦٨٩
أولا : عربي - إنجليزي ٦٨٩
ثانيا : إنجليزي - عربي ٧١١
كشاف الموضوعات ٧٣١