بسم الله الرحمن الرحيم

هندسة تصنيع الأغذية

تأليف

دينيس آر. هيلدمان
أستاذ الهندسة الغذائية
جامعة ولاية ميتشجان

آر. بول سينج
أستاذ مشارك الهندسة الغذائية
جامعة كاليفورنيا ديفز

ترجمة

الدكتور بكري حسين حسن
أستاذ مشارك هندسة تصنيع الأغذية

الدكتور علي ابراهيم بوكر حوباني
أستاذ مشارك هندسة تصنيع الأغذية

قسم الهندسة الزراعية - كلية الزراعة - جامعة الملك سعود

النشر والمطابع - جامعة الملك سعود
ص.ب. ٢٤٥٤ الرياض ١١٤٥١ - المملكة العربية السعودية

مكتبة جامعة الملك سعود
الرقم العام : ٦٠١٢٣٥
مكتبه : ٣
رقم العهده : ١٠٢٢٤٨

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤١٨هـ

هذه ترجمة عربية مصرح بها لكتاب :
Food Process Engineering (Second edition)by: Dennis R. Heldman and R. Paul Singh

1981, The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut.

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
هليدمان، دينيس آر
هندسة تصنيع الأغذية / دينيس آر هيلدمان، آر بول سينج؛ ترجمة بكري حسين حسن، علي إبراهيم بوكر حوباني - الرياض.
٦٨٨ ص، ١٧ × ٢٤ سم
ردمك ٢-٤٨٠-٠٥-٩٩٦٠ (جلد)
٠-٤٨١-٠٥-٩٩٦٠ (غلاف)
١-الصناعة الغذائية ٢- الهندسة الصناعية أ- سينج، آر بول (م. مشارك) ب- حسن، بكري حسين (مترجم)
جـ- حوباني، علي إبراهيم بوكر (مترجم) د- العنوان

ديوي ٦٦٤ ١٧/٢٤٠٦

رقم الإيداع ١٧/٢٤٠٦

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وقد وافق المجلس على نشره في اجتماعه الحادي عشر للعام الدراسي ١٤١٦هـ/ ١٤١٧هـ المعقود بتاريخ ٧/ ٨/ ١٤١٥هـ الموافق ٨/ ١/ ١٩٩٥م.

مطابع جامعة الملك سعود ١٤١٨ هـ

تقديم الطبعة الثانية (١)

هذه الطبعة الثانية من كتاب هندسة تصنيع الأغذية تأليف كل من الدكتور دينيس هيلدمان (Dr. Dennis Heldman) ، تلميذي السابق، والمؤلف المشارك آر بول سينج، تلميذه السابق، تؤكد مدى أهمية الطبعة السابقة. فقد نوهت في مقدمة الطبعة الأولى من الكتاب حاجةالناس في كل مناحي الصناعات الغذائية أن يأخذوا في اعتبارهم تلك المتغيرات المرتبطة بالتصميم، والتي تتسم بأهميتها الخاصة في الهندسة المتعلقة بمجال التصنيع الغذائي.

فبالإضافة إلى ضرورة التعرف على العديد من المتغيرات التي يمر بها المنتج الغذائي البيولوجي الذي نتناوله من الإنتاج إلى الاستهلاك، فإنه يتعين على المهندس في معظم الأحوال تطويع المعادلات التي تم تطويرها للمواد غير البيولوجية. وكلما ازدادت الأبحاث التي تجرى في هذا المجال، فيتعين أن تعدَّل هذه المعادلات بصورة ملائمة لتصبح أكثر دقة، أو يتعين العمل على تطوير معادلات جديدة ومحددة لاستخدامها في حسابات تصميم عمليات التصنيع الغذائي. وتقدم هذه الطبعة أحدث صيغ المعادلات المستخدمة . ويشبع هذا الكتاب حاجة مهمة جداً تتمثل في تعريف المهندسين والتقنيين، وخاصة أولئك الذين يتمتعون بخلفية رياضية وفيزيائية، بالمعلومات الضرورية للحصول على تصميم أكثر كفاءة لإنجاز الأهداف. وتتعلق الأهمية القصوى- في الحاضر والمستقبل- بإنجاز التصميم الذي يعمل على استخدام أمثل للطاقة. ويعدُّ اقتصادياً الآن أن تصرف مبالغ كبيرة على التكاليف الأولية بغرض الحصول على تصميم أكثر كفاءة من السابق عندما كانت تكاليف الطاقة تمثل نسبة أقل بكثير من التكاليف الكلية لهندسة التصنيع.

وتتعلق جميع الفصول في الطبعة الجديدة إلى حد ما بكفاءة العمليات التي تشمل: كفاءة استخدام الطاقة لعملية تصنيع محددة، أو الكفاءة الكلية لإجراء سلسلة من العمليات بما فيها المواد اللازمة لإنجاز التصميم.

ومنذ ظهور الطبعة الأخيرة طرأ تطور رئيس تمثل في تبني النظام العالمي المتري لوحدات القياس (The International System, SI) . وعلى الرغم من عدم إيجاد اتفاق نهائي لعديد من مجالات تطبيقات النظام العالمي المتري لوحدات القياس (SI) في مجال الصناعات الغذائية إلا أنها في حالة تطور، وآخر الوحدات المستخدمة مشمولة هنا. وأخيراً يمكن القول إن الطلاب وأعضاء هيئة التدريس والصناعيين يمكنهم الاستفادة من هذا الكتاب .

كارل دبليو. هول
مهندس محترف (P.E)، عميد
جامعة ولاية واشنطن،
بولمان، واشنطن

سبتمبر ١٩٨٠م

تقديم الطبعة الثانية (٢)

سيكون لتوافر الطبعة الثانية من هذا الكتاب في مجال الهندسة الغذائية تأثير ملموس للغاية في مجال علوم الأغذيةوتقنيتها، وبصفة خاصة لطلاب البكالوريوس في مراحلهم المتقدمة، ولطلاب الدراسات العليا الذين يرغبون في إثبات جدارتهم في مجال الهندسة الغذائية، وكذلك للعاملين المحترفين في الصناعات الغذائية والصناعات ذات العلاقة، إضافة إلى الجهات الحكومية والجامعات. ولقد أتيحت لي فرصة العمل اللصيق مع البروفيسور دينيس هيلدمان (Prof. Dennis Heldman) أثناء مرحلة دراساته لدرجة الدكتوراه، وأثناء عمله عضو هيئة تدريس في قسمي علوم الأغذية والهندسة الزراعية في جامعة ولاية ميتشجن، وأثناء الفترتين اللتين عمل خلالهما كعضو هيئة تدريس زائر بقسمي علوم وتقنية الأغذية والهندسة الزراعية في جامعة كاليفورنيا في ديفيس عام ١٩٧٠م ومرة أخرى عام ١٩٨٠م. فخبرته المتفردة في الهندسة وفي علوم وتقنية الأغذية تشكل مجموعة ممتازة من الإمكانات والجدارة سهلت مراجعة هذا الكتاب. وكذلك أجدني من زاوية أخرى فخوراً أن أعمل مع البروفيسور بول سينج (Prof. Paul Singh) الذي يحتل منصبًا مشتركًا كعضو هيئة تدريس في قسمي الهندسة الزراعية وعلوم وتقنية الأغذية هنا. ومنذ التحاقه بهيئة التدريس أنجز مشاركات رئيسية لبرنامج الهندسة الغذائية في مجالات التدريس والبحوث والخدمات العامة.

يعد مجال الهندسة الغذائية - في تقديري- واحداً من مجالات علوم تقنية الأغذية الأكثر حاجة لتطويرات إضافية ومستمرة . والعلماء الذين يتميزون بقدرتهم في ربط الجسور بين هذه المجالات مثل البروفيسور هيلدمان والبروفيسور سينج

يعـدون نادرين، ومن حُسن طالعنا أن نحظى بعلمـاء لهم مـثل هذه النظرة الثـاقبـة والجـدارة برزت في تطوير مـادة هذا الكتـاب. وسيكـون توقـيت مـادة هذا الكتـاب ملائمًا، وبصفـة خاصة في الوقت الذي تتطور فيه الصناعات الغذائية والصناعات ذات العلاقة بها، وتصبح علمية بصورة متزايدة، وبخاصة في تقويم طرق التعامل مع العـملية التـصنيـعية والمنتج، وكـذلك التطوير من العـمليـات الموسـمـية المؤقـتـةإلى العمليات المستمرة. وتعد الموضوعات المطروحة على الساحةحاليًا مثل المحافظة على الطاقة والماء في عمليات تصنيع الغذاء أمثلة جيدة لتوضيح ذلك.

وعند استقرائنا للمستقبل وتوجيه أنظارنا إلى الأمام نرى تأكيدًا متناميًا على القيمة الغـذائية والخواص الطبيعية للأغذية المصنعة، وعلى اسـتخدام الخصـائص الفيـزيائيـة والكيـميـائيـة لمكونات الغـذاء لتطوير منتـجـات جـديدة، وعلى السـلامـة وبرامج حـماية البيـئـة. وستتطلب هذه الأنشطة اهتـمـامًا متـزايدًا بمفـاهيم الهندسة الغذائية للحصول على إبداعات جديدة تتعلق بالمنتج وبعملية التصنيع. وأنا واثق من أن المعلومـات المقدمة في هذا الكتاب ستشكل القاعدة للتطوير التعليمي لعديد من علماء ومهندسي الأغذية الناشئين في هذا البلد وفي خارجه. ومن المؤمل أن مثل هذا الوعي وهذه الجدارة سيـعـززان التـغيـرات التي تحـدث داخل مـجـالات الصنـاعـات الغـذائيـة والصناعـات المرتبطة بهـا والتي ذكـرناها سابقًـا. ولهـذه الأسـبـاب فـإنني أترك للقارىء مهمة العناية الفائقة بالمادة التي تم تطويرها في هذه الطبعة الثانية.

بى. إس. شـوايقرت،
رئيس قسـم علوم وتكنولوجيا الأغذية،
جامعة كاليفورنيا،
ديفيس، كاليفورنيا

سبتمبر ١٩٨٠م

مقدمة الطبعة الثانية

يزداد دور عمليات التصنيع والأجهزة في تمكين قطاع الصناعات الغذائية من إنتاج أغذية عالية القيمة الغذائية والصحية للمستهلك أهمية. ومع الزيادة المضطردة في تكاليف الطاقة اللازمة لكل جوانب التصنيع الغذائي، فقد أصبحت الحاجة لتحسين كفاءة عمليات التصنيع أكثر إلحاحًا. وبتعلم المبادئ الأولية لتحليل هذه العمليات، فإن الحاجة لاستخدام الأسس الهندسية تصبح أكثر طلبًا.

إن تعليم الهندسة الغذائية معقد جداً، فهو يتطلب تطوير مقررات ومناهج للطلاب ذوى الخلفية الهندسية جنبًا إلى جنب مع أولئك الذين لا يتمتعون بمثل هذه الخلفية. ومن ثم يجب إعداد الكتب الدراسية المقررة بحيث تتلائم والحالة المتفردة للطلاب الذين يلتحقون بمقررات الهندسة الغذائية. ويجب أن تعالج الكتب المقررة للطلاب ذوي الخلفية غير الهندسية المفاهيم الأساسية للهندسة والرياضيات، وأن توجه جهداً محدوداً للتصميم الهندسي. أما الكتب المقررة في الهندسة الغذائية للطلاب ذوي الخلفية الهندسية فيجب أن تركز على تصميم عمليات التصنيع وأجهزتها بناء على خلفية الطالب في الرياضيات وأسس الهندسة والديناميكا الحرارية. وهذا الكتاب المقرر في هندسة التصنيع الغذائي أعد خصيصًا لطلاب مرحلة البكالوريوس في الهندسة مع التركيز بوجه خاص على عمليات التصنيع وطرقها المستخدمة في منشآت التصنيع الغذائي.

إن التطورات المتلاحقة التي حدثت في هذا المجال خلال الخمس سنوات الماضية – منذ ظهور الطبعة الأولى – تجعل التو قيت الحالي لتوافر هذه الطبعة الثانية ملائمًا للغاية، فتأثير التكاليف المتزايدة للطاقة أصبح عاملاً مؤثرًا في تناول الاغذية

وتصنيعها وتعبئتها وتغليفها وتوزيعها. وأصبحت الحاجة ماسة وملحة إلى تحسين كفاءة العمليات الحالية، وتطوير عمليات جديدة أكثر كفاءة، مقارنة بأي وقت مضى خلال مسيرة صناعة الغذاء الحديثة. ومما يؤسف له أن تصميم عمليات التصنيع الحالية وأجهزتها استند على توافر الطاقة ورخص أسعارها، ومن ثم قد يتطلب تغيير ذلك مراجعة شاملة لتحقيق كفاءة مُثلى في استخدام الطاقة. ويعالج هذا الكتاب الدراسي مفاهيم تصميم عمليات التصنيع بشكل سيسمح للطالب باكتساب الفهم اللازم لعملية التصنيع بمستوى كاف لتحسين أو إعادة تصميم عملية، أو جهاز التصنيع على أساس الاحتياجات المرتّبطة بكفاءة الطاقة.

والتطوير الثاني ذو الأثر الفعال يرتبط بوحدات القياس. فقد استخدمت الوحدات الإنجليزية في الطبعة الأولى بصورة متلائمة مع التطبيق الفعلي في مجال صناعة الغذاء. وعلى الرغم من عدم تغير الوحدات المستخدمة في الصناعة إلا أنه من الواضح أن التغيير إلى النظام المتري العالمي (SI units) سيحدث، وسيتعين على الخريجين الجدد الذين سيتبوأون مواقعهم في الصناعة بذل أقصى إمكاناتهم القيادية لعملية التحويل. وكان بوضع هذا في الاعتبار أن تخرج الطبعة الثانية بصورة كاملة مستخدمة النظام المتري العالمي للوحدات(SI units).

ويود المؤلفان التعبير عن تقديرهما للعديد من الشخصيات والمجموعات التي قدمت مشاركات إيجابية لهذه الطبعة. وأجزاء رئيسة من هذه الطبعة أكملها المؤلف الأول أثناء إجازة تفرغ علمي من جامعة ولاية ميتشجان. وبما أن هذه الإجازة للتفرغ العلمي قد تم إكمالها في جامعة كاليفورنيا بديفيس فإن كلا المؤسستين قدمتا مشاركات إيجابية. وأخص بالذكر الدعم والتشجيع اللذين قدماهما الدكتور بي. إس. شوايقرت (Dr. B. S. Schweigert) رئيس قسم علوم وتقنية الأغذية، والدكتور آر. إ. جاريت(Dr. R.E. Garrett) رئيس قسم الهندسة الزراعية في جامعة كاليفورنيا بديفيس وهو جهد يشكران عليه. وطوال فترة إعداد الطبعة الثانية فقد تمتع المؤلفان بالدعم المعنوي من الطلاب المهتمين بموضوع الكتاب الدراسي. وأخيراً فإن المؤلفين ممتنان لكارين كلاوسون (Karin Clawson) وكاثي آدامسكي (Kathy Adamski) لإعدادهما مسودة الكتاب للطبعة الثانية.

إن هنالك أوجه تماثل بين النمط الذي تم اتباعه في هذه الطبعة الجديدة والأنماط الأخرى في موضوع الهندسة الغذائية، ويشمل ذلك كتاب أساسيات الهندسة الغذائية تأليف إس. إي. تشارم (Fundamentals of Food Engineering by S.E. Charm)، وكتاب العمليات المتكاملة في تصنيع الأغذية تأليف آر. إل. إيرل (Unit Operations in Food Processing by R.L. Earle) وكتاب مبادئ الهندسة الغذائية تأليف جي. سي. هاربر (Elements of Food Engineering by J.C. Harper)، وكتاب أساسيات هندسة التصنيع الغذائي تأليف آر. تي. توليدو (Fundamentals of Food Processing Engineering by R.T. Toledo). وقد اعتمد هذا الكتاب بشكل كبير على الطبعات: الأولى، والثانية، والثالثة من كتاب أسس الهندسة الغذائية تأليف الدكتور إس. إي. تشارم. ولقد وطد الدكتور تشارم أسس تقديم عديد من الموضوعات. وفي هذا الكتاب حاول المؤلفان اختيار الموضوعات التي تهم الطالب ذي الخلفية الهندسية وتوطيد المسائل ذات التو جه التصميمي. وسيجد معظم طلبة الهندسة الغذائية قيمة متفردة في استخدام جميع هذه الكتب.

ويأمل المؤلفان أن يكون هذا الكتاب معينًا للطلبة الراغبين في هندسة التصنيع الغذائي. فإن مشاركات هؤلاء الطلبة لا تقدر بثمن، وستكون دومًا دافعًا قويًا للتطويرات المستقبلية.

دينيس آر. هيلدمان
آر. بول سينج

نوفمبر ١٩٨٠م.

مقدمة الطبعة الأولى

تعتمد قدرة صناعة الغذاء على تقديم إمداد متواصل لأغذية مغذية وصحية للمستهلك اعتماداً كبيراً على العمليات التصنيعية والأجهزة المستخدمة في جميع مراحل المناولة والتصنيع والتوزيع. وتكون الكفاءة المتضمنة في إنجاز هذه المراحل دالة لتصميم عملية التصنيع أو الأجهزة. ودور الهندسة واضح جداً في كل جوانب تصميم عمليات التصنيع وأجهزتها.

وكلما ازداد الطلب على كميات كبيرة من الأغذية عالية الجودة، أصبحت الحاجة لأفراد يتميزون بقدرات معيّنة كبيرة. إن تصميم عمليات التصنيع العالية التعقيد وأجهزتها التي ستكون مطلوبة في المستقبل سيتطلب أفراداً يتميزون بفهمهم الجلي لعمليات التصنيع والأجهزة المستخدمة في مناولة وتصنيع وتوزيع الغذاء إضافة إلى المعرفة الدقيقة بالخصائص الكيميائية والميكروبيولوجية والبيوكيميائية للمنتجات الغذائية. ويبدو واضحًا أن تعليم المهندس الغذائي يمكن إنجازه بكفاءة عالية عن طريق إيجاد المجالات الملائمة للتدريس والتي يتم تصميمها خصيصًا لتوضيح تطبيقات الأسس والمفاهيم الهندسية على مناولة وتصنيع وتوزيع الغذاء. والمعلومات المقدمة في هذا الكتاب قُصد بها تزويد الطالب ذي الخلفية الهندسية بفرصة لتطبيق الأسس الهندسية في تصميم عمليات التصنيع للصناعات الغذائيةونظمها.

و هذا المجلد موجه للتصميم ويفترض وجود خلفية دراسية في حساب التفاضل والمعادلات التفاضلية وانتقال الحرارة والديناميكا الحرارية أو الكيمياء الفيزيائية وميكانيكا الموائع. وسيبدو منطقيًا لهذه المادة أن يتم تقديمها في مرحلة

متأخرة من منهج طالب الهندسة، وفي برنامج الدراسات العليا لطالب علوم الأغذية ذي الميول الهندسية.

وهناك تماثل بديهي بين النمط المستخدم في هذا الكتاب وتلك الأنماط المستخدمة في كتاب أساسيات الهندسة الغذائية الطبعتين الأولى والثانية تأليف إس. إي. تشارم (Fundamentals of Food Engineering, Editions 1 and 2, by S.E.Charm)، وكتاب العمليات المتكاملة في تصنيع الأغذية تأليف آر. إل. إيرل (Unit Operations in Food Processing by R.L. Earle) ومن المؤكد أن الطرق التي تم استخدامها سابقًا في تقديم المفاهيم الهندسية لنظم تصنيع الأغذية كان لها تأثيرًا فعالاً في أسلوب التقديم الذي تم استخدامه في هذا المجلد. لقد كان الهدف الأساسي للمؤلف هو تجميع الموضوعات التي تعد أساسية بحق لطالب الهندسة الذي يهيء نفسه للعمل في قطاع ما من قطاعات الصناعات الغذائية.

هناك مجالات عديدة تم إسقاطها، أو قدمت بصورة مختصرة. وليس في نية المؤلف عدم التأكيد على أهمية أي من المجالات على حساب تفضيل مجال آخر. وبصفة عامة من المؤمل أن تعطي المعلومات المقدمة خلفية كافية للطالب للتعامل الذاتي مع المواد المحذوفة. أحد المجالات البديهية هو تصميم عمليات المعاملة الحرارية التي تتطلب مساحة لا يستهان بها لتغطيها بصورة جيدة. ولقد تم تقديم الأدوات الأساسية لوصف منحنى النجاة ومنحنيات التسخين أو التبريد للطالب ليستخدمها في دراسته لعمليات المعاملة الحرارية.

والحافز الأساسي للمؤلف في إعداد هذا الكتاب استمده أولاً عن طريق مرشد وزميل وصديق هو الدكتور سي. دبليو. هول (Dr. C.W. Hall) عميد كلية الهندسة في جامعة ولاية واشنطن. وأثناء سنوات الإعداد تمتع المؤلف بالتشجيع الذي قدمه الدكتور بي. إس. شوايقرت (Dr. B.S. Schweigert) رئيس قسم علوم وتقنية الأغذية في جامعة كاليفورنيا بديفيس والدكتور بي. أ. ستاوت (Dr. B.A. Stout) رئيس قسم الهندسة الزراعية، جامعة ولاية ميتشجان.

والزملاء والمشاركون الآتية أسماؤهم كانت لهم مشاركات إيجابية بمراجعة فصول عديدة من مسودة الكتاب:

دكتور/ آر. إل. ميرسون (Dr. R.L. Merson)، أستاذ مساعد، جامعة كاليفورنيا، ديفيس.

دكتور/ دي. دي. لوند (Dr. D.D. Lund)، أستاذ مشارك، جامعة ويسكنسن، ماديسون.

دكتور/ جي. سي. هاربر (Dr. J.C. Harper) جامعة كاليفورنيا، ديفيس.

دكتور/ سي. جي. هوج (Dr. C.G. Haugh)، أستاذ، جامعة بوردو، لافاييت، إنديانا.

دكتور/ بي. إل. كلاري (Dr. B.L. Clary)، استاذ مشارك، جامعة ولاية أوكلاهوما، ستل ووتر.

السيد/ آر. دبليو. ديكيرسون (Mr. R.W. Dickerson)، رئيس، تصنيع الغذاء فرع التقديم، وكالة الغذاء والأدوية، سينسيناتي، أوهايو.

دكتور/ دي. آر. تومبسون (Dr. D.R. Thompson)، أستاذ مساعد، جامعة مينيسوتا، سانت بول.

دكتور/ جي. إل. بليسدل (Dr. J.L. Blaisdell)، أستاذ مشارك، جامعة ولاية أوهايو، كولومبس.

دكتور/ إس. دبليو. فليتشر (Dr. S.W. Fletcher)، أستاذ مشارك، جامعة ماساشيوستس، أمهرست.

دكتور/ دي. إف. فركاس (Dr. D.F. Farkas)، مهندس كيميائي، معمل الهندسة والتطوير، معمل أبحاث المنطقة الغربية، يو إس دي أي، ألباني، كاليفورنيا.

دكتور/ إف. دبليو. بيكر أركيما (Dr. F.W. Bakker-Arkema)، أستاذ، جامعة ولاية ميتشجان، إيست لانسنغ.

دكتور/ جي. إم. هاربر (Dr. J.M. Harper)، أستاذ، جامعة ولاية كلورادو، فورت كولينز.

دكتور/ تي. بي. لابوزا (Dr. T. B. Labuza)، أستاذ، جامعة مينيسوتا، سانت بول.

دكتور/ في. أيه. جونز (Dr. V.A. Jones) ، أستاذ مشارك، جامعة ولاية كارولينا الشمالية، رالي.

دكتور/ جي. آر. روسناو (Dr. J.R. Rosenau)، أستاذ مشارك، جامعة ماساشيوستس، أمهرست.

دكتور/ آر. هولمز (Dr. R. Holmes)، أستاذ مساعد، جامعة ولاية كارولينا الشمالية، رالي.

بروفيسور/ إي. سيلتزر (Prof. E. Seltzer)، جامعة روتجرز، برونسويك الجديدة، نيوجيرسي.

الاقتراحات والنقد البناء والتشجيع الذي قدمه هؤلاء الأساتذه الأجلاء الذين يعدون محل ثقة نتج عنها تحسن إيجابي كبير للكتاب. إضافة لذلك فإن المؤلف ممتن لكارول ستاينبيرج (Carole Steinberg) للساعات العديدة التي كرستها لطباعة العديد من المسودات.

ويرجو المؤلف أن يعبر عن امتنانه لكل الطلاب الذين خصصوا أوقاتًا لا يستهان بها لدراسة مسودة المتن . لقد أُخذت التعليقات والاقتراحات مأخذ الجد نظراً لأن المعلومات المقدمة عُني بتقديمها لجميع الطلاب المعروفين بميولهم للهندسة الغذائية.

دينيس آر. هيلدمان

١٥ مارس ١٩٧٤م.

مقدمة المترجمين

إن الحمد لله، نحمده ونستعينه ونستهديه، ونصلي ونسلم على نبيه الأمين محمداً صلى الله عليه وسلم وبعد.

يعد هذا الكتاب أحد الكتب المقررة والمرجعية المتميزة لمواد هندسة التصنيع الغذائي للمستويات المتقدمة في مرحلة البكالوريوس ويغطي بنسق سلس أهم المفاهيم الهندسية والعمليات المتكاملة الأساسية المستخدمة في عديد من منشآت التصنيع الغذائي. ويزخر كل فصل من فصوله بعديد من الأمثلة الحسابية مع توضيح الخطوات المثالية لحلولها. وتمثل المسائل الحسابية في نهاية كل فصل فرصة إضافية للتمرين على تطبيقات المعادلات الرياضية، ويتم تتويج ذلك بمسألة شاملة لترسيخ مفاهيم التطبيقات الرياضية في حالات تصميم النظم والعمليات التصنيعية وتطوير برامج للحاسب الآلي للاستفادة من إمكاناته المتقدمة. ويختتم كل فصل بقائمة من المراجع المهمة التي تم الاستناد إليها.

ولقد تولى **الدكتور بكري حسين حسن** ترجمة الفصول: الأول، والثالث، والرابع، والخامس. حيث تتناول في مجملها مقدمة إلى العمليات الهندسية في مجال الصناعات الغذائية، وعمليات التسخين والتبريد، والديناميكا الحرارية لتجميد الأغذية، والتبخير لتركيز الموائع الغذائية. وقام **الدكتور علي إبراهيم بوكر حوباني** بترجمة الفصول: الثاني، والسادس، والسابع، والثامن. حيث تناولت مبحث الانسياب للأغذية المصنعة، وتجفيف الأغذية، وعمليات الاتزان التلامسي، وأخيراً عمليات الفصل الميكانيكي. وقد تمت ترجمة

أجزاء الكتاب الأخرى والمراجعة العلمية الدقيقة للكتاب كاملاً بجهد متساوٍ من قِبَل المترجمين.

وإنه لمن دواعي غبطة المترجمين أن وفقهما الله لإنجاز هذا العمل الذي يلتمسان فيه أن يكون عونًا ودافعًا للطالب العربي لكي يشق طريقه بعزيمة وإصرار لا ينضبان في مجال هندسة التصنيع الغذائي الذي يعد بحق أحد أهم المجالات العلمية الهندسية؛ لكونه يتعامل مع الغذاء الذي هو عصب الحياة.

ويأمل المترجمان أن تكون هذه الطبعة العربية إضافة جديدة تثري المكتبة العربية التي تعاني من نقص شديد في المراجع العلمية باللغة العربية، وبخاصة في مجال هندسة التصنيع الغذائي بقدر ما تكون مفيدة للطلاب في مرحلة التعليم الجامعي وللمهندسين والتقنيين، وخاصة المشتغلون منهم في مجالات الأغذية والتصنيع الغذائي.

ويود المترجمان التعبير عن خالص شكرهما وعميق تقديرهما للمعيد المهندس الزراعي/ جمال سعد السبكي على ما بذله من جهد ووقت في طباعة مسودة هذه الطبعة العربية على الحاسب الآلي ومساعدته الفعالة في الإخراج النهائي لها.

لقد بذل المترجمان ما في وسعهما لتخرج هذه الطبعة العربية من كتاب هندسة التصنيع الغذائي واضحة الفكرة وسهلة العبارة؛ حيث توخيا استخدام الألفاظ العربية السهلة من خلال حسن التعبير وبراعة الإيضاح كلما أمكنهما ذلك حتى تخرج هذه الطبعة كما تمنياها بصورة لائقة ومشرفة وما التوفيق إلا من عند الله.

المترجمان

جمادى الآخرة ١٤١٤هـ(ديسمبر ١٩٩٣م).

المحتويات

الصفحة

تقديم الطبعة الثانية (١) ..... هـ
تقديم الطبعة الثانية (٢) ..... ز
مقدمة الطبعة الثانية ..... ط
مقدمة الطبعة الأولى ..... م
مقدمة الترجمة ..... ف

الفصل الأول : المقدمة ١
(١,١) تطبيقات الديناميكا الحرارية في تصنيع الأغذية ٥
(١,٢) حركية التفاعلات التي تحدث في الأغذية المصنعة ١٣
(١,٣) أسس انتقال الكتلة في تصنيع الأغذية ٢٢
تمارين على الفصل الأول ٢٨
مسألة شاملة (١) ٢٩
تسمية ٣٣
رموز سفلية دليلية ٣٤
المراجع ٣٥

الفصل الثانى : مبحث الانسياب للأغذية المصنَّعة ٣٧
(٢,١) مقدمة إلى سلوك الإجهاد والانفعال في المواد ٣٨
(٢,٢) خواص الأغذية المائعة ٤٠

(٢,١,١) نماذج مبحث الانسياب (ريولوجي) ٤٠
(٢,٢,٢) قياس معالم مبحث الانسياب ٤٧
(٢,٢,٢ أ) ريومترات الأنبوبة الشعرية ٤٧
(٢,٢,٢ ب) الريومترات الدورانية ٥٤
(٢,٢,٢ جـ) القيم التجريبية ٦٢
(٢,٢,٣) الاحتكاك ٦٥
(٢,٢,٤) السريان الطبقي ٦٨
(٢,٢,٥) السريان الاضطرابي ٧١
(٢,٢,٦) اعتبارات في عمليات ضخ الأغذية المائعة ٧٧
(٢,٣) خصائص المستعلقات والمنتجات المركزة ٨٦
(٢,٣,١) اللزوجة ٨٧
(٢,٣,٢) الدفق في الأنابيب ٩٠
(٢,٣,٢ أ) نقل المواد المستعلقة ٩١
(٢,٣,٢ ب) النقل بواسطة الهواء المضغوط ٩٥
(٢,٤) خصائص الأغذية الحبيبية والمسحوقة ٩٨
(٢,٤,١) الكثافة ٩٨
(٢,٤,٢) حجم الجسيم والتوزيع الحجمي ٩٩
(٢,٤,٣) دفق المساحيق الغذائية ١٠٤
(٢,٥) خصائص الأغذية الصلبة ١٠٨
(٢,٥,١) نماذج المرونة اللزجة ١٠٨
(٢,٥,٢) قياس معالم المرونة اللزجة ١١٣
(٢,٥,٣) الملمس النسيجي للأغذية ١١٤
تمارين على الفصل الثاني ١١٦
مسألة شاملة (٢) ١١٩
تسمية ١٢١
رموز سفلية دليلية ١٢٤
المراجع ١٢٥

الفصل الثالث : عمليات التسخين والتبريد ١٣١
(٣,١) أساليب انتقال الحرارة ١٣٢
(٣,١,١) التوصيل ١٣٣
(٣,١,٢) الحمل ١٣٨
(٣,١,٢أ) الحمل القسري ١٣٩
(٣,١,٢ب) الحمل الحر ١٤٦
(٣,١,٣) الإشعاع ١٤٨
(٣,١,٤) الانتقال الحراري الكلي ١٤٩
(٣,٢) الخصائص الحرارية للأغذية ١٥٠
(٣,٢,١) الحرارة النوعية ١٥٠
(٣,٢,٢) الموصلية الحرارية ١٥٣
(٣,٣) الحالة المستقرة للتسخين والتبريد ١٦٢
(٣,٣,١) انتقال الحرارة في السريان الطبقي ١٦٢
(٣,٣,١أ) سريان كباسي ١٦٤
(٣,٣,١ب) القطاع الجانبي للسرعة المكافئية مكتملة التطور ١٦٦
(٣,٣,١جـ) القطاع الجانبي للسرعة مكتملة التطور
لمائع يتبع قانون الأس ١٦٧
(٣,٣,٢) انتقال الحرارة في السريان المضطرب ١٧٣
(٣,٣,٣) المبادلات الحرارية ١٧٥
(٣,٣,٣أ) المبادل الحراري الأنبوبي ١٧٥
(٣,٣,٣ب) المبادل الحراري ثلاثي الأنابيب ١٧٦
(٣,٣,٣جـ) المبادل الحراري اللوحي ١٧٧
(٣,٣,٣د) المبادلات الحرارية اللوحية للموائع اللانيوتونية ١٨٠
(٣,٣,٣هـ) المبادل الحراري ذو الكاشط السطحي الداخلي ١٨٢
(٣,٣,٣و) المبادلات الحرارية ذات التلامس المباشر ١٨٣
(٣,٤) الحالة غير المستقرة للتسخين والتبريد ١٨٦
(٣,٤,١) المقاومة الداخلية المهملة ١٨٧

(٣,٤,٢) مقاومة السطح المهملة ١٨٩
(٣,٤,٣) المقاومة السطحية والداخلية المحددة ١٩١
(٣,٤,٤) استخدام المعاملات "f" و "j" ١٩٦
(٣,٤,٥) الأجسام المحددة ١٩٩
(٣,٤,٦) الأجسام الشاذة والمجسمات الإهليليجية ٢٠٤
(٣,٤,٧) الطرق العددية ٢١١
(٣,٤,٨) الانتقال الحراري غير المستقر في الأوعية المرجوجة (المقلبة) ٢١٤
تمارين على الفصل الثالث ٢١٧
مسألة شاملة (٣) ٢٢١
تسمية ٢٢٥
رموز سفلية دليلية ٢٢٨
المراجع ٢٣١

الفصل الرابع : الديناميكا الحرارية لتجميد الأغذية ٢٣٧
(٤,١) خصائص الأغذية المجمدة ٢٣٨
(٤,١,١) انخفاض نقطة التجمد ٢٣٨
(٤,١,٢) تكوين بلورة الثلج ٢٤٥
(٤,٢) تغير المحتوى الحراري (الإنثالبي) أثناء التجميد ٢٤٨
(٤,٢,١) الاستقصاءات التجريبية ٢٥٨
(٤,٣) التنبؤ بمعدلات تجميد المنتجات الغذائية ٢٦٣
(٤,٣,١) معادلة بلانك ٢٦٦
(٤,٣,٢) مسألة نيومان ٢٧٧
(٤,٣,٣) حلول تاو ٢٨٠
(٤,٣,٤) حلول تيان ٢٨٤
(٤,٣,٥) طريقة موت ٢٨٤
(٤,٣,٦) الحلول العددية ٢٨٨

(٤,٤) تصميم أجهزة تجميد الأغذية ٢٩٦
(٤,٤,١) مجمدات الدفع الهوائي ٢٩٦
(٤,٤,٢) مجمدات الألواح ٣٠٣
(٤,٤,٣) مجمدات الغمر ٣٠٦
(٤,٥) تخزين الأغذية المجمدة ٣٠٩
(٤,٥,١) التغيرات أثناء التخزين ٣١٠
(٤,٥,٢) تذبذبات درجة حرارة التخزين ٣١١
تمارين على الفصل الرابع ٣١٣
مسألة شاملة (٤) ٣١٤
تسمية ٣١٦
رموز سفلية دليلية ٣١٨
المراجع ٣٢٠

الفصل الخامس : التبخير لتركيز الموائع الغذائية ٣٢٧
(٥,١) الديناميكا الحرارية للتبخير ٣٢٩
(٥,١,١) تغير الطور ٣٢٩
(٥,١,٢) ارتفاع نقطة الغليان ٣٣١
(٥,٢) الانتقال الحراري أثناء التبخير ٣٣٧
(٥,٢,١) وسط التسخين ٣٣٨
(٥,٢,٢) سطح التسخين ٣٤١
(٥,٢,٣) المنتج ٣٤١
(٥,٢,٤) معاملات انتقال الحرارة ٣٤٦
(٥,٣) تصميم نظم التبخير ٣٥١
(٥,٣,١) زمن الاستبقاء (المكوث) ٣٥٤
(٥,٣,٢) النظم أحادية التأثير ٣٥٩
(٥,٣,٣) النظم متعددة التأثير ٣٦٥
(٥,٤) تحسين كفاءة التبخير ٣٧٨

(٥,٤,١) نظم إعادة الكبس حراريًا ٣٧٩
(٥,٤,٢) نظم إعادة الكبس ميكانيكيًا ٣٨٤
(٥,٤,٣) مبخر درجة الحرارة المنخفضة ٣٨٨
تمارين على الفصل الخامس ٣٩٠
مسألة شاملة (٥) ٣٩١
تسمية ٣٩٣
رموز سفلية دليلية ٣٩٥
المراجع ٣٩٧

الفصل السادس : تجفيف الأغذية ٣٩٩
(٦,١) المبادئ الأساسية للتجفيف ٤٠٢
(٦,١,١) قياسات الرطوبة ٤٠٣
(٦,١,٢) منحنى معدل التجفيف ٤٠٦
(٦,١,٢ أ) التجفيف في فترة المعدل الثابت ٤٠٦
(٦,١,٢ ب) التجفيف في فترة تناقص المعدل ٤٠٩
(٦,٢) تقدير زمن التجفيف ٤١٠
(٦,٢,١) الطرق التجريبية للتنبؤ بزمن التجفيف ٤١٠
(٦,٢,١ أ) فترة المعدل الثابت ٤١٠
(٦,٢,١ ب) فترة المعدل المتناقص ٤١١
(٦,٢,٢) المعادلات النظرية المفيدة للتنبؤ بزمن التجفيف ٤١٣
(٦,٢,٢ أ) فترة المعدل الثابت ٤١٣
(٦,٢,٢ ب) فترة المعدل المتناقص المتحكم فيها بعملية الانتشار ٤١٤
(٦,٢,٢ جـ) معادلات إضافية للتنبؤ بفترة المعدل المتناقص ٤١٦
(٦,٢,٢ د) استخدام موازين الحرارة والمادة في تحليل
عمليات المجففات المستمرة ٤١٧
(٦,٢,٣) المحتوى الرطوبي المتزن ونشاط الماء ٤٢٠
(٦,٣) التجفيف باستخدام الصواني المثبتة ٤٢٧

(٦,٣,١) التجفيف باستخدام غرف التجفيف ٤٢٧
(٦,٣,٢) التجفيف باستخدام الأنفاق ٤٢٩
(٦,٤) التجفيف باستخدام المراقد المتحركة ٤٢٩
(٦,٤,١) التجفيف بواسطة النواقل ٤٣١
(٦,٤,٢) التجفيف بواسطة السيور ٤٣١
(٦,٥) المنتج المعلق في الهواء ٤٣٣
(٦,٥,١) التجفيف بالرذاذ (بالرش) ٤٣٣
(٦,٥,٢) التجفيف بالهواء المضغوط ٤٧٣
(٦,٥,٣) التجفيف بواسطة المراقد المميعة ٤٧٣
(٦,٦) التجفيف بواسطة الأسطوانات الدوارة ٤٧٥
(٦,٦,١) أنواع مجففات الأسطوانات الدوارة ٤٧٥
(٦,٦,٢) معالم التصميم ٤٧٦
(٦,٧) عمليات التجفيف الأخرى ٤٨١
(٦,٨) التجفيد ٤٨١
(٦,٨,١) انتقال الحرارة والكتلة ٤٨٢
(٦,٨,٢) حسابات زمن التجفيد ٤٨٤
(٦,٨,٣) تأثير المعاملات ٤٩٠
(٦,٨,٤) التجفيد تحت الضغط الجوي العادي ٤٩٣
تمارين على الفصل السادس ٤٩٤
مسألة شاملة (٦) ٤٩٦
تسمية ٤٩٨
رموز سفلية دليلية ٥٠٢
المراجع ٥٠٥

الفصل السابع : عمليات الاتزان التلامسي ٥١١
(٧,١) القواعد الأساسية ٥١٢
(٧,١,١) الوصف العام لعمليات الانتقال ٥١٢

(٧,١,٢) ميزان المادة ٥١٣
(٧,٢) الاستخلاص ٥٢٠
(٧,٢,١) معدل الاستخلاص ٥٢١
(٧,٢,٢) النض (الغسل) ٥٢٥
(٧,٢,٣) النض متعدد المراحل ٥٣٣
تمارين على الفصل السابع ٥٥٥
مسألة شاملة (٧) ٥٥٦
تسمية ٥٥٧
رموز سفلية دليلية ٥٥٩
المراجع ٥٦١

الفصل الثامن : عمليات الفصل الميكانيكى ٥٦٣
(٨,١) الترشيح ٥٦٤
(٨,١,١) معادلات التشغيل ٥٦٤
(٨,١,١ أ) الترشيح عند معدل ثابت ٥٦٦
(٨,١,١ ب) الترشيح عند ضغط ثابت ٥٦٩
(٨,١,٢) آليات عملية الترشيح ٥٧٢
(٨,١,٣) تصميم نظام للترشيح ٥٧٣
(٨,٢) الترسيب ٥٧٧
(٨,٢,١) سرعات الترسيب للمستعلقات خفيفة التركيز ٥٧٧
(٨,٢,٢) الترسيب في المستعلقات عالية التركيز ٥٨٠
(٨,٣) الطرد المركزي ٥٨٤
(٨,٣,١) المعادلات الأساسية ٥٨٤
(٨,٣,٢) معدل الفصل ٥٨٦
(٨,٣,٣) فصل سائل من سائل آخر ٥٨٧
(٨,٣,٤) فصل الجسيمات من الغاز المستعلقة به ٥٩٠
تمارين على الفصل الثامن ٥٩٠

مسألة شاملة (٨) ٥٩١
تسمية ٥٩٣
رموز سفلية دليلية ٥٩٤
المراجع ٥٩٥
الملاحق: أشكال وجداول مفيدة ٥٩٧
المراجع ٦٣٧
أجوبة على تمارين مختارة ٦٣٩
ثبت المصطلحات ٦٤١
اولاً: عربي - إنجليزي ٦٤١
ثانيًا: إنجليزي - عربي ٦٥٩
كشاف الموضوعات ٦٧٩