بسم الله الرحمن الرحيم

نمذجة وتصميم وتحليل عمليات التصنيع الغذائي

الجزء الثاني

تحرير

Joseph M. Irudayaraj Soojin Jun

ترجمة

أ. د. الحسين محمد معلوي آل عواض
أستاذ هندسة تصنيع الأغذية

أ. د بكري حسين حسن
أستاذ هندسة تصنيع الأغذية

د. خالد عبد الواحد محمد أحمد
أستاذ هندسة تصنيع الأغذية المساعد
قسم الهندسة الزراعية – 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، ١٤٣٧ هـ - ٢٠١٦ م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

جن ،سوجن

نمذجة وتصميم وتحليل عمليات التصنيع الغذائي / سوجن جن ؛جوزيف إم أروديارا‌ج ؛ هند الحسين محمد معلوي آل عواض – الرياض ،١٤٣٧هـ

٣٢٩ ص ١٧ × ٢٤سم

ردمك ٦-٤٥٠-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- الصناعات الغذائية

أ. أروديارا‌ج ، جوزيف إم (مؤلف مشارك) ج. العنوان

ديوي ٠٢٤ , ٦٦٤ ١٤٣٧/٨١

رقم الإيداع : ١٤٣٧/٨١

ردمك : ٦ – ٤٥٠ – ٥٠٧ – ٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

FOOD PROCESSING OPERATIONS MODELING
Design and Analysis

By: Joseph M. Irudayaraj SooJiN Jun.

© 2009 by Taylor & Francis Group, LLC

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه السابع للعام الدراسي ١٤٣٥ /١٤٣٦هـ المعقود في تاريخ ٩/ ١٤٣٦/٢هـ الموافق ٢٠١٤/١٢/١م.

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

مقدمة المترجمين

يعد هذا الكتاب أحد المراجع المهمة في مجال هندسة التصنيع الغذائي لتناوله قنيات حديثة نسبياً في التصنيع الغذائي مثل عمليات الضغط العالي والمجال الكهربائي النابض والتسخين الأومي والأوزون والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية النابضة والعديد من تطبيقات نمذجة وتحليل نظم التصنيع الغذائي، فضلاً عن تناوله للعديد من التقنيات الأخري المحورية في صناعة الغذاء. وقد تضمن الكتاب اثني عشر فصلاً شارك في كتابتها ثلاثة وعشرون عالماً متخصصاً وتولى تحرير الكتاب الدكتور سوجن جُنْ والدكتور جوسيف إم. أروداياراج.

وعلى الرغم من الجهود المتميزة والمقدرة التي بذلت في السنوات القليلة الماضية لترجمة بعض المراجع الرئيسة في هندسة التصنيع الغذائي لطلاب مرحلة البكالوريوس، فإن المكتبة العربية لا تزال في حاجة ملحة لترجمة المزيد من الكتب المتخصصة في هذا المجال المهم، لمرحلتي البكالوريوس والدراسات العليا. وهذا المرجع على وجه الخصوص تمت ترجمته لإفادة طلاب الدراسات العليا في مجال هندسة التصنيع الغذائي، إضافة لمراكز البحوث وأقسام البحث والتطوير في قطاع الصناعات الغذائية.

وقد بذل المترجمون جهداً متساوياً لترجمة فصول وأجزاء الكتاب المختلفة. حيث تولى الأستاذ الدكتور الحسين بن محمد آل عواض ترجمة الفصل: السادس والسابع والثامن والتاسع التي تناولت نمذجة التسخين الأومي للأغذية ومعاملة الأغذية بالضغط الهيدروستاتيكي وعمليات ونمذجة المجال الكهربائي النابض ونماذج الترسيب للمبادلات الحرارية. وتولى الأستاذ الدكتور بكري حسين حسن ترجمة الفصل الثاني والثالث والخامس والحادي عشر التي تناولت التسخين المعقم للأغذية السائلة والمحتوية على جسيمات ونمذجة الانتشار الرطوبي في الحبوب الغذائية أثناء الإدمصاص والإشعاع تحت الأحمر للتصنيع الغذائي وبسترة المواد الغذائية بالإشعاع فوق البنفسجي. وتولى الدكتور خالد عبد الواحد محمد أحمد ترجمة الفصول الأول والرابع والعاشر والثاني عشر التي تناولت مقدمة عن المحاكاة والنمذجة الرقمية والمحاكاة الحاسوبية للتسخين باستخدام الترددات اللاسلكية ومعاملة المواد الغذائية بالأوزون وتحليل العناصر المحدودة العشوائية للعمليات الحرارية في الغذاء. ويرحب المترجمون بأي ملاحظات أو تعديلات على الترجمة لتلافيها في الطبعات المستقبلية بمشيئة الله.

ونود أن نزجي خالص الشكر والتقدير والعرفان لمركز الترجمة بجامعة الملك سعود، على الدعم والتشجيع لمشروع ترجمة هذا الكتاب. والشكر موصول لكل من ساعد في مراجعة وتحكيم وإخراج هذا الكتاب. كما نسأل الله العلي القدير أن ينفع به طالبي العلم والمعرفة في مجال هندسة التصنيع الغذائي والمجالات ذات العلاقة.

والحمد لله من قبل ومن بعد ، ، ،

المترجمون

تمهيد

تتميز الطبعة الثانية من نمذجة وتصميم وتحليل عمليات التصنيع الغذائي بميزة إضافية عن الطبعة السابقة حيث إن التركيز الأهم في الطبعة الثانية ينصبُّ على تقنيات تصنيع الأغذية غير المألوفة والتي لها أهمية خاصة فيما يتعلق بسلامة وجودة الغذاء. ومع سرعة التكييف والتعديل والمواءمة لعمليات التصنيع والأجهزة الجديدة فإن ذلك سوف يمكِّن المستهلكين مستقبلاً من الحصول على منتجات سليمة ومغذية وعالية الجودة عن طريق تقنيات تصنيع الأغذية المستحدثة. وتمثل عمليات الضغط العالي والمجال الكهربائي النابض والتسخين الأومي والأوزون والمعالجة بالأشعة فوق البنفسجية النابضة تقنيات جديدة لتكون بديلة لطرق تصنيع الأغذية التقليدية. وتعد المبادئ الأساسية والطرق العدديِّة ذات العلاقة بعض العناصر الأساسية في هذه الطبعة.

الفصل السابع الذي يتناول عمليات الضغط العالي يحتوي على دراسات نمذجة لوصف حركية الميكروبات وحسابات ديناميكا الموانع التي يمكن فيها تفسيراعتماد الحرارة الكامنة والخواص الطبيعية للأغذية على الضغط بكفاءة

عالية وتعتبر عمليات المجال الكهربائي النابض كما وُصفت في الفصل الثامن طرقاً غير حرارية لحفظ الأغذية والتي يُستخدم فيها صعقات قصيرة من الكهرباء لتثبيط أو إيقاف النشاط الميكروبي مع وجود أثر بسيط يمكن قياسه على جودة الغذاء. ومع مبادئ نظم المجال الكهربائي النابض وعملياته، فهناك تطبيقات غذائية جديدة مدعومة بوصف نماذج عدديَّة. وفي الفصل التاسع تم مناقشة التنبؤ الدقيق وتحليل ديناميكية الترسيب المعتمد على الفهم الكيميائي وميكانيكية الموائع لمعرفة مدى الاستجابة المتوقعة لأجهزة التصنيع الحقيقية وتم التفصيل فيما يخص نماذج الترسيب للمبادلات الحرارية والتي تأخذ في الحسبان ديناميكية السائل وكذلك الديناميكا الحرارية لسريان المائع مرتبطاً بتسلسل تفاعل بروتين الحليب تحت ظروف الترسيب. كما تم توثيق تأثيرات الأوزون على الإبادة البكتيرية تم توثيقها لعدد كبير ومتنوع من الأحياء منها بكتريا موجبة لجرام وسالبة لجرام بالإضافة إلى الجراثيم والخلايا الخضرية. وفي الفصل العاشر تم شرح الخواص الطبيعية والكيميائية للأوزون وتوليده ومقدرته على تثبيط النشاط الميكروبي بالإضافة إلى المزايا العديدة لاستخدامات الأوزون في صناعة الأغذية.

الأشعة فوق البنفسجية المستخدمة كعامل مبيد للبكتيريا تعد جزءاً من الطيف الكهرومغناطيسي في مدى طول موجي من ١٠٠ إلى ٤٠٠ نانوميتر ولها مقدرة على دنترت الحمض النووي (DNA) الميكروبي وذلك بتكوين مخفتات (Dimmers) الثايمين والذي يؤدي إلى إيقاف النشاط الميكروبي. سوف يوضح الفصل الحادي عشر نماذج مختلفة ومتوفرة ويبين تأثير العوامل المختلفة على إيقاف النشاط الميكروبي.

بالإضافة إلى ذلك، تم عرض طرق جديدة للنمذجة فيما يخص التسخين بالأشعة تحت الحمراء وتشتمل على اعتماد درجة الحرارة على التوزيع الطيفي وكذلك التسخين الأومي المقترن بأدوات حسابات ديناميكا الموائع. وقُدِمَ في الفصل الخاص بالتسخين الأومي نمذجة لأطوار متعددة من المنتجات الغذائية مع تباين في الموصلية الكهربائية. يعتبر تشوه المجال الكهربائي نتيجة لعدد من العوامل مثل عدم تجانس مواد الغذاء والشكل غير المعتاد من أكبر اهتمامات مهندسي الأغذية والذي ينصب جهدهم على التنبؤ بالأداء الحراري الدقيق للمسخنات الأومية.

وقد رأينا توافر عددٍ قليلٍ جداً من الكتب التي تتناول نمذجة التعقيدات المتضمنة المعقدة والمتعلقة في عمليات تصنيع الأغذية المختلفة في هذا المستوى. وهذا الكتاب فريد في موضوع تطبيق النظريات لحل مشاكل واقعية متعلقة بهندسة تصنيع الأغذية على مستوى عالٍ. وهذا الكتاب لم يُقصد منه أن يكون كتاباً كاملاً في نمذجة العمليات العديدة لتصنيع الأغذية. بيد أنه بتوفيره الأسس النظرية لعمليات مُختارة مع وجود دراسات حالة، يُمكن القارئ من اكتساب فهم ذاتي واضحٍ للمفاهيم والعوامل المتضمنة في نمذجة النظم الغذائية. وبهذه المناسبة، فإن المشاركين في كتابة فصول هذا الكتاب يتمنون أن يشارك القراء في نقاشات معمقة للمواضيع ذات التحدي.

ونحب أن نشكر كل المؤلفين لمشاركتهم الفعالة بالوقت والجهد لإتمام هذا العمل. وقد أسعدنا أن نضع معاً كل جهودهم في بوتقة واحدة. والشكر الجزيل مرة أخرى.

د. سوجين جُنْ

د. جوسيف إم. أروداياراج

المؤلفون

Josse De Baerdemaeker
Department of Biosystems
Katholieke Universiteit. Leuven
Leuven, Belgium

Sundar Balsubramanian
Department of Biological & Agricultural Engineering Louisiana State University. Agricultural Center Baton Rouge, Louisiana

Patrick J. Cullen
School of Food Science & Environmental Health. Dublin Institute of Technology Dublin, Ireland

Ali Demirci
Department of Agricultural & Biological Engineering.
The Pennsylvania State University
University Park, Pennsylvania

S. Gunasekaran
Department of Biological Systems Engineering. University of Wisconsin
Madison, Wisconsin

Joseph Irudayaraj
Department of Agricultural & Biological Engineering. Purdue University West Lafayette, Indiana

Soojin Jun
Department of Human Nutrition، Food & Animal Sciences

Harpreet Kaur Khurana
Department of Human Nutrition
Food and Animal Science
University of Hawaii Honolulu, Hawaii

Kathiravan Krishnamurthy
Department of Food & Animal Sciences Alabama A&M University
Normal, Alabama

Si-Quan Li
Department of Research & Development
Galloway Company
Neenah, Wisconsin

Kasiviswanathan Muthukumarappan
Department of Agricultural & Biosystems Engineering
South Dakota State University
Brookings, South Dakota

Bart M. Nicolaï
Department of Biosystems
Katholieke Universiteit Leuven
Leuven, Belgium

Colm P. O'Donnell
UCD School of Agriculture، Food Science and Veterinary Medicine
University College Dublin
Dublin, Ireland

Virendra M. Puri
Department of Agricultural & Biological Engineering

University of Hawaii Honolulu, Hawaii

K.P. Sandeep
Department of Food Science.
North Carolina State University.
Raleigh, North Carolina

Sudhir Sastry
Department of Food, Agricultural and Biological Engineering. The Ohio State University Columbus, Ohio

Nico Scheerlinck
Department of Biosystems Katholieke Universiteit Leuven. Leuven, Belgium

J. Antonio Torres
Department of Food Science and Technology. Oregon State University
Corvallis, Oregon

Gonzalo Velazquez
Department of Food Science & Technology, UAM Reynosa-Aztlán
Universidad Autónoma de Tamaulipas
Tamaulipas, México

The Pennsylvania State University
University Park, Pennsylvania

Pieter Verboven
Department of Biosystems
Katholieke Universiteit Leuven
Leuven, Belgium

Jian Wang
Department of Biological Systems Engineering Washington State University. Pullman, Washington

Yifen Wang
Department of Biosystems Engineering
Auburn University
Auburn, Alabama

Wade Yang
Department of Food & Animal Sciences
Alabama A&M University
Normal, Alabama

المحررون

سوجن جُنْ: ولد عام ١٩٧٠م في سيؤول، كوريا وقد حصل على درجة البكالوريوس عام ١٩٩٦م والماجستير عام ١٩٩٨م في علوم وتقنية الأغذية من جامعة سيؤول الوطنية، كوريا. وحصل على درجة الدكتوراه عام ٢٠٠٢م في الهندسة الحيوية الزراعية من جامعة ولاية بنسلفانيا، منتزه الجامعة في بنسلفانيا. حالياً، يعمل أستاذاً مساعداً في تغذية الإنسان بقسم علوم الأغذية والحيوان في جامعة هاواي، هنولولو. وقد ألف أو شارك في تأليف ما يزيد عن ٣٠ ورقة ومقالة في مجلات محكمة، واهتماماته البحثية تتعلق بتقنيات تصنيع الأغذية، تطبيقات التقنية النانوية، والمجسمات الحيوية، وتغليف الأغذية وهندسة سلامة الأغذية.

كذلك د. جُنْ عضو في معهد تقنيات الغذاء وفي الجمعية الأميركية للمهندسين الزراعيين والحيويين.

جوسيف إم. أروداياراج: حصل على درجة الدكتوراه من جامعة بوردو في هندسة الأغذية والعمليات الحيوية، ودرجة الماجستير في هندسة النظم الحيوية

وعلوم الحاسب من جامعة هاواي، ودرجة البكالوريوس من جامعة تاميل نادو الزراعية (الهند). حالياً، هو أستاذ مشارك في قسم الهندسة الزراعة والحيوية، ومساعداً لمدير المنشآت الجس الفيزوحيوي في جامعة بوردو، غرب لافاييت بإنديانا. وقد ألف أكثر من ١٢٥ بحثاً منشوراً في مجلات محكمة في مجال محاكاة نظم الأغذية والنمذجة والتصميم وتقييم جودة المجسمات والمجسمات الحيوية. مجال أبحاثهم الحالية في دراسات الانتشار والحركية لتشخيص الأمراض باستخدام تصوير الجزيء المفرد وتقنية النانو.

المحتويات

الصفحة

الجزء الأول

مقدمة المترجمين ..... هـ

تمهيد ..... ز

المؤلفون ..... ك

المحررون ..... م

الفصل الأول: مقدّمة في النمذجة والمحاكاة الرقمية

ك. ب. ساندیب، جوسیف إریدیارج وسوجن جُنْ ١

الفصل الثاني: التصنيع المعقم للأغذية السائلة و المحتوية على جسيمات

كى. بي ساندیب و فیرندرا إم. بوري ٢٣

الفصل الثالث: نمذجة الانتشار الرطوبي في الحبوب الغذائية في أثناء الادمصاص

كاسيفسواناثان موثوكومارابان وإس قوناسيكران ١٠٣

الفصل الرابع: المحاكاة الحاسوبية للتسخين باستخدام الترددات اللاسلكية

ييفين وانج و جيان وانج ١٥٥

الفصل الخامس: الإشعاع تحت الأحمر للتصنيع الغذائي

كاثيرافان كريشنامورثي، هاربيت كاور خورانا، سوجين جن، جوزيف إيروديارا ج، وعلي ديميرسي ١٩٩

الفصل السادس: نمذجة التسخين الأومي للأغذية

سوجن جُنْ و سودهير ساستري ٢٥٧

الجزء الثاني

الفصل السابع: معاملة الأغذية بالضغط الهيدروستاتيكي

جى. أنتونيو تورس و كونزالو فلازكوز ٣٠٥

الفصل الثامن: عمليات ونمذجة المجال الكهربائي النابض (م ك ن)

سي كوان لي ٣٧١

الفصل التاسع: نماذج الترسيب للمبادلات الحرارية

سوندار بالسبرامينان، فريندرا م. بيوري، وسوجن جُنْ ٤١٥

الفصل العاشر: معاملة المواد الغذائية بالأوزون

كاسيفيسواناثان، كولم ب أودونيل و باتريك جيه كولين موثوكومارابان ٤٦٧

الفصل الحادي عشر: بسترة المواد الغذائية بالإشعاع فوق البنفسجي

كاثيرافان كريشنامورثي، جوسيف إيروديارا ج، علي ديمرسي، ووي د يانج ٤٩٩

الفصل الثاني عشر: تحليل العناصر المحدودة العشوائية للعمليات الحرارية في الغذاء

بـارت م. نيكـولاي، نيكو شيرلينك، بيتـــر فيربفـون و جوس دى باردميكر.... ٥٤٥

المصطلحات..... ٦٠٧

كشاف الموضوعات..... ٦٢٥