Thesis Title Effect of Far-infrared Radiation on Convective and Diffusive Mass Transfer of Fruit Leather Drying

Author Mr. Somkiat Jaturonglumlert

Degree Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering)

Thesis Advisory Committee
Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat Advisor
Asst. Prof. Dr. Siva Achariyaviriya Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Wipawadee Wongsuwan Co-advisor
Asst. Prof. Dr. Chatchawan Chaichana Co-advisor

ABSTRACT

The focus of this dissertation is to study the feasibility of applying far-infrared radiation in fruit leather process. This overall goal is comprised of three main sections which are effective moisture diffusivity of longan fruit leather drying under hot air and far-infrared radiation, heat and mass transfer in combined convective and far-infrared radiation drying of fruit leather and simulation and optimization in fruit leather drying under combined convective and far-infrared radiation.

Effective moisture diffusivity of longan fruit leather drying under hot air and far-infrared radiation was experimentally investigated as a function of temperature and moisture content and the shrinkage of the fruit leather was included. The calculated values of effective moisture diffusivity with shrinkage for different hot air

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

drying temperatures (70, 75 and 80 ^{o}C) and far-infrared radiation powers (470, 540 and 610W) with constant air velocity at 0.5 m/s were found to be between 6.801×10^{-12} to 2.048×10^{-11} m^2/s and 1.452×10^{-11} to 3.613×10^{-11} m^2/s, respectively. The effective moisture diffusivity of far-infrared radiation drying increased over 20% for the whole drying process and the operating time was found to be shortened down to 50% of that for the hot air drying.

Heat and mass transfer in combined convective and far-infrared radiation drying of fruit leather and simulation were investigated in this study. It was found that the ratio heat and mass transfer coefficient for combined convective and far-infrared radiation drying of longan fruit leather could not be predicted from the heat-mass analogy classical model and the modification correlations to predict the ratio heat and mass transfer coefficient and the heat transfer coefficient in term of Nusselt number was needed. The modified could fit the experimental data quite well within ±10% deviation.

Simulation and optimization in fruit leather drying under combined convective and far-infrared radiation was also carried out. The simulation predicted the temperature and moisture content profile throughout in one dimensional slab by a finite difference method with implicit scheme. The simulation results agreed well with these of the measured results. The optimal operating conditions could be obtained to get minimal drying time and maximal specific moisture extraction rate with acceptable product quality, when the air temperature was 40.67 ^{o}C, the air velocity was 0.38 m/s, the far-infrared temperature was 370.78 ^{o}C and the distance between heater and sample was 16.44 cm.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	ผลของคลื่นรังสีอินฟราเรดไกลที่มีต่อการพาและการแพร่มวลสารของการอบแห้งผลไม้แผ่น
ผู้เขียน	นายสมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ศ.ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
	ผศ.ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ผศ.ดร. วิภาวดี วงษ์สุวรรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
	ผศ.ดร. ชัชวาลย์ ชัยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

เป้าหมายของวิทยานิพนธ์นี้คือ การศึกษา ความเป็นไปได้ของการประยุกต์รังสีอินฟราเรดในกระบวนการอบแห้งผลไม้แผ่น ในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มวลสาร สำหรับลำไยแผ่นด้วยการอบแห้งลมร้อนและรังสีอินฟราเรด การถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการอบแห้งร่วมระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อนสำหรับลำไยแผ่น และการจำลองทางคณิตศาสตร์และการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับลำไยแผ่นภายใต้กระบวนการอบแห้งร่วมระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อน

ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มวลสาร สำหรับลำไยแผ่นด้วยการอบแห้งลมร้อนและรังสีอินฟราเรด คือการศึกษาผลของค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มวลสาร สำหรับลำไยแผ่นซึ่งแปรผันตามอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในการอบแห้ง ในขณะที่เกิดการหดตัว ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มวลสารในกรณีที่วิเคราะห์การหดตัว สำหรับการอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 70, 75 และ 80 ^{o}C และการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดที่ความเข้ม 470 540 และ 610 W ด้วยความเร็วลมคงที่ 0.5 m/s มีค่าอยู่ในช่วง 6.801×10^{-12} ถึง 2.048×10^{-11} m^2/s และ 1.452×10^{-11} ถึง 3.613×10^{-11} m^2/s ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยค่าสัมประสิทธิ์การแพร่มวลสารของ การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดมีค่ามากกว่าประมาณ 20 % และพบว่าใช้เวลาในการอบแห้งลดลงไปได้ 50% เมื่อเทียบกับการอบแห้งลมร้อน

การถ่ายเทความร้อนและมวลสารในกระบวนการอบแห้งร่วมระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อนสำหรับลำไยแผ่นถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้ จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วน ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและมวลสาร ในกระบวนการอบแห้งร่วมระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อนสำหรับลำไยแผ่นไม่สามารถทำนายโดยใช้สมการความคล้ายคลึงแบบทั่วไปได้ การสร้างสมการดัดแปลงใหม่เพื่อใช้ทำนาย ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและมวลสารถูกสร้างขึ้น พร้อมกันกับสมการทำนายค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในเทอมของตัวแปรไร้มิติที่ชื่อว่า นัสเซลท์นัมเบอร์ โดยสมการที่ได้พบว่าสามารถใช้งานได้ดีซึ่งมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±10%

การจำลองทางคณิตศาสตร์และการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับลำไยแผ่น ภายใต้กระบวนการอบแห้งร่วมระหว่างการพาและการแผ่รังสีความร้อน ถูกพัฒนาโดยใช้สมการการถ่ายเทความร้อนและมวลสารในหนึ่งมิติ โดยนำเอารูปแบบของระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่องและเทคนิควิธีโดยปริยายมาใช้แก้ไขปัญหาชุดสมการ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการเปรียบเทียบผลการทำนายกับผลการทดลองในเทอมของค่าอุณหภูมิที่ผิวและค่า ปริมาณความชื้นเฉลี่ย พบว่าการทำนายสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับผลการทดลอง สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการอบแห้ง เมื่อต้องการค่า ระยะเวลาการอบแห้งต่ำสุด และอัตราการระเหยของความชื้นสูงสุด โดยที่ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ยอมรับได้ อยู่ที่อุณหภูมิอากาศ 40.67 ^{o}C ความเร็วลม 0.38 m/s อุณหภูมิหลอดอินฟราเรด 370.78 ^{o}C และระยะห่างระหว่างหลอดอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์ 16.44 cm.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved