**Thesis Title** Continuous Whole Longan Drying by Infrared and Hot Air
**Author** Mr. Paradorn Nuthong
**Degree** Doctor of Engineering (Energy Engineering)
**Thesis Advisory Committee**

| | |
|---|---|
| Asst. Prof. Dr. Aree Achariyaviriya | Advisor |
| Asst. Prof. Dr. Siva Achariyaviriya | Co-advisor |
| Prof. Dr. Tanongkiat Kiatsiriroat | Co-advisor |
| Asst. Prof. Dr. Kodkwan Namsanguan | Co-advisor |


## ABSTRACT

The objective of this research was to study the drying behavior of whole longan under combined infrared and hot air. The thin layer drying experiments were applied to determine the effects of infrared power, hot air temperature and air velocity on drying rate and to develop the drying kinetic models. Moreover, to develop the drying mathematical model with the continuous conveyor dryer for combined infrared and hot air, and to simulate the model for prediction the specific energy consumption, drying time and specific drying rate under various drying conditions. Finally, to evaluate the optimum drying conditions base on the specific energy consumption and the drying time.

The experimental studied of thin-layer whole longan drying were carried out at the infrared powers of 300 – 700 W, air temperatures of 40 – 80°C and air velocities of 0.5 – 1.5 m/s. The samples were dried until the moisture content is 20% dry-basis. The color and rehydration ratio of the flesh of dried longan were then determined. The experimental results indicate that the drying characteristic of whole longan had both constant drying rate and follow with falling drying rate period. In constant drying rate period, calculated mass transfer coefficients were varied from 13.074 to 64.554 m/h. It increased with increasing infrared power, but decreased with increasing air velocity. In falling rate period, calculated overall effective diffusion

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

coefficient ($D_{eff}$) and drying constant (k) varied from $1.77 \times 10^{-7}$ to $1.44 \times 10^{-6}$ $m^2/h$ and 0.026 to 0.221 $h^{-1}$, respectively. The $D_{eff}$ and k value increased with increasing of infrared power and air temperature, but both parameters decreased with increasing air velocity. The models of drying kinetic parameters were developed. The qualities of dried longan undergoing combined infrared and hot air were nearly the same as product with hot air drying at 80 $^oC$.

The mathematical model of whole longan drying with a continuous conveyor dryer was developed. The heat transfer coefficient ($h_t$) and the incident infrared heat flux ($q_{inc}$) which used in this model were obtained experimentally, these parameters increased with increasing infrared power, while the air temperature and air velocity had no the significant effect. The values of $q_{inc}$ and $h_t$ varied from 0.980 to 4.032 $kW/m^2$ and 30.0 to 46.6 $W/m^2 \cdot K$, respectively. Validation of the model was achieved base on experiments conducted with whole longan drying in a continuous conveyor dryer. The simulated results were in reasonable agreement with the experimental values. The simulated results showed the drying time and energy consumption temperatures decreased with increasing infrared power and air temperature, but those values decreased with increasing air velocity. The optimal drying condition was 700 W of infrared power 80 °C of air temperature and 0.5 m/s of air velocity, the minimum energy consumption was 18.40 MJ/kg water and drying time was 6.95 h.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์** การอบแห้งลำไยทั้งลูกแบบต่อเนื่องโดยอินฟราเรดและลมร้อน

**ผู้เขียน** นายภราดร หนูทอง

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

**คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์**

| | |
|---|---|
| ผศ. ดร. อารีย์ อัจฉริยวิริยะ | อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก |
| ผศ. ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ | อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม |
| ศ. ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ | อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม |
| ผศ. ดร. กอดขวัญ นามสงวน | อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม |

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเงื่อนไขการอบแห้งที่มีต่อพฤติกรรมการอบแห้งลำไยทั้งลูกแบบชั้นบางด้วยด้วยอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน แล้วทำการพัฒนาสมการจลนพลศาสตร์การอบแห้ง อีกทั้งทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้งลำไยทั้งลูกด้วยเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องโดยใช้อินฟราเรดร่วมกับลมร้อน เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการอบแห้งเพื่อหาอัตราการอบแห้ง ความสิ้นเปลืองพลังงาน และเวลาอบแห้งที่เงื่อนไขต่างๆ นอกจากนี้ยังหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการอบแห้ง

ในการทดลองลำไยทั้งลูกถูกนำมาอบแห้งแบบชั้นบางที่ขนาดกำลังอินฟราเรด 300 ถึง 700 W อุณหภูมิลมร้อน 40 ถึง 80 °C และความเร็วลม 0.5 ถึง 1.5 m/s โดยทำการอบแห้งจนเหลือความชื้น 20% มาตรฐานแห้ง เนื้อของลำไยหลังการอบแห้งถูกนำมาวัดค่าสีและอัตราการคืนรูปเพื่อตัดสินคุณภาพ ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งลำไยทั้งลูกด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนจะปรากฏทั้งช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และลดลง จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การพามวลในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดกำลังอินฟราเรด แต่ลดลงเมื่อความเร็วลมและอุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วง 13.074 – 64.554 m/h ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลงค่าพบว่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวมและค่าคงที่การอบแห้งมีค่าในช่วง $1.77\text{x}10^{-7}$ – $1.44\text{x}10^{-6}$ $m^2/h$ และ 0.026 – 0.221 $h^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งสองเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของขนาดกำลังอินฟราเรดและอุณหภูมิลมร้อน แต่จะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วลม ทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพามวล ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่โดยรวม และค่าคงที่การอบแห้งถูกนาสร้างสมการความสัมพันธ์โดยขึ้นอยู่กับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กำลังอินฟราเรด อุณหภูมิลมร้อน และความเร็วลมในรูปแบบสมการโพลิโนเมียล สำหรับคุณภาพของลำไยแห้งพบว่าลักษณะของเนื้อลำไยแห้งที่อบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและอบด้วยลมร้อนที่ 80 $^{o}$C มีความใกล้เคียงกัน

ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้งลำไยทั้งลูกด้วยเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องโดยใช้อินฟราเรดร่วมกับลมร้อน จำเป็นต้องใช้ความเข้มรังสีอินฟราเรดและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรวมที่หาจากการทดลอง โดยค่าความเข้มรังสีอินฟราเรดและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรวมมีค่าในช่วง 0.980 – 4.032 kW/m$^2$ และ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยรวมมีค่าในช่วง 30 – 46.6 W/m$^2$·K ซึ่งค่าทั้งสองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดกำลังอินฟราเรด ขณะที่อุณหภูมิลมร้อนและความเร็วลมไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองสภาพการอบแห้งกับผลการทดลองพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายผลได้ใกล้เคียงกันการทดลอง ในการศึกษาอิทธิพลของเงื่อนไขการอบแห้งที่มีผลต่อเวลาอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะจากการจำลองสภาพพบว่า เวลาอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลงเมื่อเพิ่มขนาดกำลังอินฟราเรดและอุณหภูมิลมร้อน แต่จะลดลงเมื่อเพิ่มความเร็วลม โดยเงื่อนไขการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งลำไยทั้งลูกที่ขนาดกำลังอินฟราเรด 700 W อุณหภูมิลมร้อน 80 °C และความเร็วลมร้อน 0.5 m/h โดยมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำที่สุดเท่ากับ 18.40 MJ/kg water และใช้เวลาอบแห้ง 6.95 h

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved