

<b>Thesis Title</b>	A Mathematical Model for Predicting Energy Consumption in Fixed-Bed Longan Drying	
<b>Author</b>	Mr. Keatisak Kanma	
<b>M.S.</b>	Energy Engineering	
<b>Examining Committee</b>	Assist. Prof. Dr. Wiwat Klongpanich	Chairman
	Assoc. Prof. Dr. Sumpun Chaitep	Member
	Assist. Prof. Dr. Zaman Alikhani	Member

### ABSTRACT

Dried longan is an important export commodity of Thailand. However, large amounts of energy are used for longan drying. Thus, determining the energy required in drying longan and developing ways to save energy will benefit the longan industry. Experiments in the field to find optimum conditions are time consuming and expensive. The objectives of this study are to investigate different energy conservation schemes for the longan drying process in the laboratory and use mathematical models to predict results.

A fixed-bed tray dryer was built to simulate drying of longan. The dryer was a cubical shape with 1×1×1.8 m in dimensions and covered with thermal insulator. It consisted of 10 trays, each 0.025 m deep and 0.98×0.88 m cross-section, spaced 0.025 m. Liquefied petroleum gas was used as a fuel for heating the air during longan drying and electric fan was employed for controlling air flow rate. Drying experiments were conducted using 110 kg of

unpeeled longan ("E-dor" variety, 137 – 180 %db.), spread uniformly in a single layer on the trays and dried to 10 – 14 %db. There were three airflow rates (1,429 – 2,099 kg dry air/hr.m<sup>2</sup>), but in each experiment the airflow rate was kept constant. The experiments consisted of two strategies: 1) Constant drying-air-temperatures of 70°C and 80°C from the beginning of drying to the end. 2) Stepping drying-air-temperature i.e. starting at 80°C and toward the end reducing the temperature to 70°C and 60°C.

The experimental results show that, for same airflow rate, drying with stepping drying-air-temperature (the drying process at drying air temperature of 80°C during first 10 h, after that, drying with 70°C during next 16 h and drying with 60°C during last 2 h) would result in lower energy consumption than drying at the constant temperature of 80°C by 130 MJ. However, the stepping drying-air-temperature increases electric energy consumption by 0.37 MJ. Saving in total energy consumption per kg of water removed due to stepping drying strategy was about 16%. The experimental results indicated that the airflow rate affected markedly the total energy consumption, especially in the high airflow rate. The total energy consumption increased with increased airflow rate.

Three mathematical models, namely, Soponronnarit, Achariyaviriya and Soponronnarit, and Brooker were employed for this investigation. The solution of this study for Brooker model could not be applied directly to drying simulation at stepping drying-air-temperature. The best strategy (the drying process at drying air temperature of 80°C during first 10 h, after that drying with 70°C during next 10 h and drying with 60°C until process completion) of sample group consumes less energy than drying at the constant temperature of 80°C by 26% and 30% for the models of Achariyaviriya and Soponronnarit and Soponronnarit, respectively.

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายการใช้พลังงานในการอบแห้งลำไยแบบอยู่กับที่	
ชื่อผู้เขียน	นายเกียรติศักดิ์ กันมา	
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน	
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. วิวัฒน์ คล่องพานิช	ประธานกรรมการ
	รศ.ดร. สัมพันธ์ ไชยเทพ	กรรมการ
	Assist. Prof. Dr. Zaman Alikhani	กรรมการ

### บทคัดย่อ

ลำไยอบแห้งเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย อย่างไรก็ตามการอบแห้งลำไยจำเป็นต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาหาแนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับอุตสาหกรรมการอบแห้งลำไย แต่ว่าการหาสถานะที่เหมาะสมด้วยวิธีการทดลองในภาคสนามใช้เวลานานและมีต้นทุนสูง ดังนั้นจุดประสงค์ในการวิจัยนี้เพื่อที่จะศึกษาหาแบบแผนการประหยัดพลังงานสำหรับการอบแห้งลำไยในห้องทดลอง และใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายผลการใช้พลังงาน

เครื่องอบแห้งแบบถาดถูกนำมาใช้สำหรับการจำลองการอบแห้ง เครื่องอบแห้งมีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด $1 \times 1 \times 1.8$  เมตร และถูกหุ้มด้วยฉนวนความร้อน ภายในห้องอบแห้งประกอบด้วยถาดอบแห้งจำนวน 10 ถาด แต่ละถาดมีขนาด  $0.98 \times 0.88$  เมตร สูง 0.025 เมตร และแต่ละถาดวางห่างกัน 0.025 เมตร การอบแห้งลำไยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงสำหรับให้ความร้อนแก่อากาศ และความอัตราการไหลของอากาศถูกควบคุมด้วยพัดลมไฟฟ้า ในการทดลองอบแห้งจะใช้

ลำไยทั้งเปลือกพันธุ์ “ฮิดอ” จำนวน 110 กิโลกรัม ที่ความชื้นเริ่มต้น 137 – 180 % มาตรฐานเปียก วางเรียงกันในถาด และนำไปอบจนได้ความชื้นสุดท้ายเป็น 10 – 14 % มาตรฐานเปียก อัตราการไหลของอากาศในแต่ละการทดลองจะถูกกำหนดให้คงที่ ณ. ค่าหนึ่งในช่วง 1,429 – 2,099 กิโลกรัม/อากาศแห้งต่อชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร รูปแบบวิธีการทดลองแบ่งออกเป็นสองรูปแบบคือ 1) การอบแห้งที่อุณหภูมิคงที่ 70°C และ 80°C ตั้งแต่เริ่มอบจนเสร็จสิ้นการอบแห้ง 2) การอบแห้งที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิการอบแห้งในระหว่างที่มีการอบแห้งโดยเริ่มจากอุณหภูมิคงที่ 80°C และลดลงเป็น 70°C และ 60°C จนเสร็จสิ้นการอบแห้ง

จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งที่มีการเปลี่ยนอุณหภูมิการอบแห้งในระหว่างที่มีการอบแห้งโดยเริ่มจากอุณหภูมิคงที่ 80°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมงแรก จากนั้นลดลงเป็น 70°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และลดลงเป็น 60°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถลดการใช้พลังงานความร้อน 130 MJ แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 0.37 MJ และสามารถลดผลรวมของการใช้พลังงานต่อ กิโลกรัม น้ำที่ระเหยได้ร้อยละ 16 จากการทดลองสรุปได้ว่า อัตราการไหลของอากาศมีผลต่อการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะเมื่อมีอัตราการไหลของอากาศสูง ปริมาณการใช้พลังงานจะเพิ่มสูงตามอัตราการไหลของอากาศที่สูงขึ้น

การจำลองการอบแห้งในการศึกษานี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สามแบบจำลอง กล่าวคือ แบบจำลองของ Soponronnarit, Achariyaviriya and Soponronnarit และ Brooker จากการศึกษาพบว่า วิธีการแก้สมการสำหรับแบบจำลองของ Brooker ที่ใช้ในการศึกษานี้ไม่เหมาะสมเมื่อนำมาใช้กับการจำลองการอบแห้งแบบเปลี่ยนอุณหภูมิอบแห้งในขณะอบแห้ง และพบว่า การอบแห้งแบบเปลี่ยนอุณหภูมิอบแห้งในขณะอบแห้งโดย โดยเริ่มจากอุณหภูมิคงที่ 80°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมงแรก จากนั้นลดลงเป็น 70°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และลดลงเป็น 60°C จนเสร็จสิ้นการอบแห้ง สามารถลดการใช้พลังงานประมาณ 26.50% และ 30.85% เมื่อดำเนินการจากแบบจำลองของ Achariyaviriya and Soponronnarit และ Soponronnarit ตามลำดับ