

Thesis Title	Drying of Longan Using Hybrid Superheated Steam and Hot Air	
Author	Miss. Thanutyot Somjai	
Degree	Doctor of Engineering (Energy Engineering)	
Thesis Advisory Committee	Asst. Prof. Dr. Kodkwan Namsanguan	Chairperson
	Asst. Prof. Dr. Siva Achariyaviriya	Member
	Asst. Prof. Dr. Aree Achariyaviriya	Member

ABSTRACT

The aim of this research was to investigate a novel drying strategy and to develop a drying model for longan without stone using a two-stage SSD + HAD process (superheated steam drying followed by hot air drying). The SSD + HAD experiments were conducted using superheated steam at 120–180°C followed by hot air at 60–70°C. The moisture contents of longan at the end of the first-stage drying were about 200 and 300% dry basis. Experiments were performed until the sample moisture content of 18% dry basis was obtained. The effects of superheated steam and air temperatures on the drying kinetics and quality of dried longan viz. color, shrinkage, texture, vitamin C, microstructure, and rehydration capability were

determined. Purely SSD and purely HAD were also investigated and compared with the results obtained from SSD + HAD. The purely SSD experiments were conducted at the same drying conditions as the first stage of SSD + HAD but without changing process while the purely HAD experiments were conducted at the same air temperature and air velocity as the second stage of SSD + HAD.

The results indicate that drying time was shortened by increasing steam temperature as well as increasing air temperature. The color of SSD + HAD dried longan was improved compared to purely SSD. SSD + HAD at higher temperatures for both drying media yielded better color. SSD + HAD at higher steam temperature but lower hot air temperature led to a product with less pore spaces, resulted in higher degree of shrinkage and toughness. Compared to purely HAD, SSD + HAD led to some quality improvement in terms of shrinkage, textural property, vitamin C retention, microstructure and rehydration capacity. By varying IMCs in SSD + HAD, it was found that SSD + HAD at higher IMCs gave better product quality only in terms of vitamin C retention. In the case of purely HAD, it was found that drying at higher temperature yielded better product quality only in terms of color.

Considering both product quality and drying time, two-stage drying with superheated steam at 180°C followed by hot air at 70°C at IMC of 200% dry basis was the best condition for drying longan without stone in this study.

A thin layer drying model was developed to simulate the moisture content of longan, the drying temperature at the outlet of the drying chamber and the drying rate and to validate with experimental results available. Comparisons showed that the simulated results were not quite in agreement with experimental values. A drying system model was used to predict moisture content of longan, drying temperature leaving the drying chamber, drying time, drying rate, and energy consumption. The model was also used to examine the effects of temperatures of both drying media, specific air flow rate and fraction of air recycled in the second stage on drying time and specific energy consumption and to evaluate the optimum conditions of longan drying with SSD + HAD. The simulated results showed that all parameters affected on drying time and specific energy consumption. The results of optimization for longan without stone of 20 kg showed that the minimum specific energy consumption of $6.78 \text{ kJ/kg}_{\text{water evap}}$ occurred at the drying temperature of 180°C , the air temperature of 70°C , specific air flow rate of $101 \text{ kg}_{\text{dry air}}/\text{h}\cdot\text{kg}_{\text{dry longan}}$ and fraction of air recycled of 90% (a IMC was fixed at 200% dry basis in this simulation).

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การอบแห้งลำไยโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งร่วมกับลมร้อน	
ผู้เขียน	นางสาวธณัฐยศ สมใจ	
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)	
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. กอดขวัญ นามสงวน	ประธานกรรมการ
	ผศ.ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ	กรรมการ
	ผศ.ดร. อารีย์ อัจฉริยวิริยะ	กรรมการ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การศึกษาแนวทางใหม่ในการอบแห้งลำไยแบบคว้านเมล็ดออกโดยใช้การอบแห้งแบบสองขั้นตอน คือ การอบแห้งด้วยแบบไอน้ำร้อนยวดยิ่งตามด้วยลมร้อนและพัฒนาแบบจำลองสำหรับการอบแห้ง เงื่อนไขของสภาวะการอบแห้งที่ทำการพิจารณาคือ อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ใช้ออบแห้งในช่วงแรก 120–180 องศาเซลเซียส ตามด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60–70 องศาเซลเซียส ความชื้นของลำไยหลังการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งในช่วงแรก ประมาณร้อยละ 200 และ 300 มาตรฐานแห้ง ความชื้นสุดท้ายของการอบแห้งลำไยประมาณร้อยละ 18 มาตรฐานแห้ง ทำการพิจารณาผลของอุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอุณหภูมิลมร้อนที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้ง และคุณภาพของลำไยหลังการอบแห้งในด้าน สี การหดตัว เนื้อสัมผัส (ความเหนียว) วิตามินซี โครงสร้างระดับจุลภาค และการคืนตัว ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งแบบสองขั้นตอนกับการอบแห้งแบบขั้นตอนเดียวด้วย อันได้แก่ การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งเพียงอย่างเดียวและการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียว โดยเงื่อนไขการอบแห้งที่ใช้ในการอบแห้งแบบแรกจะเหมือนกับเงื่อนไขที่ใช้ในช่วงแรกของการอบแห้งแบบ

สองชั้นตอน และเงื่อนไขการอบแห้งที่ใช้ในการอบแห้งแบบหลังจะเหมือนกับเงื่อนไขที่ใช้ในช่วงหลังของการอบแห้งแบบสองชั้นตอน

จากผลการทดลองพบว่า เวลาในการอบแห้งลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิไอน้ำร้อนขวดย้งและอุณหภูมิลมร้อนในการอบแห้ง คุณภาพสีของลำไยหลังการอบแห้งแบบสองชั้นตอนดีกว่าเมื่อเทียบกับการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนเพียงอย่างเดียว การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้งตามด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิไอน้ำร้อนขวดย้งสูงขึ้นตามด้วยอุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้นให้สีของวัสดุดีขึ้น ขณะที่การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้งอุณหภูมิสูงขึ้นตามด้วยลมร้อนอุณหภูมิต่ำลง ลำไยหลังการอบแห้งมีค่าความพรุนมากขึ้น ค่าการหดตัวสูงขึ้นและเหนียวขึ้น การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้งตามด้วยลมร้อนให้คุณภาพหลังการอบแห้งดีกว่าการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้งเพียงอย่างเดียวในด้านของการหดตัว เนื้อสัมผัส วิตามินซี โครงสร้างระดับจุลภาค และการหดตัว เมื่อเปรียบเทียบผลของค่าความชื้นหลังจากการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้งในช่วงแรก พบว่าเมื่อค่าความชื้นดังกล่าวเพิ่มขึ้นส่งผลดีเฉพาะ ค่าวิตามิน ซี ในกรณีของการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวพบว่าเมื่ออุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น คุณภาพสีของลำไยหลังการอบแห้งดีขึ้น สำหรับเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งแบบสองชั้นตอนคือ การอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนขวดย้งที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนวัสดุมีความชื้นประมาณร้อยละ 200 มาตรฐานแห้ง ตามด้วยการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาผลของคุณภาพและเวลาการอบแห้งลำไยแบบคว้านเมล็ดออก

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งแบบชั้นบางนำมาใช้ในการทำนายความชื้นของลำไย อุณหภูมิที่ออกจากห้องอบแห้ง อัตราการอบแห้ง และทดสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบผลการทำนายกับผลการทดลอง จากการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแบบจำลองและผลการทดลองที่มีอยู่พบว่าให้ผลที่ไม่ค่อยใกล้เคียงกันเท่าไร แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ

อบแห้งถูกนำมาใช้เพื่อ 1) ทำนายความชื้นของลำไย อุณหภูมิที่ออกจากห้องอบแห้ง เวลาการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานของระบบ 2) เพื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิอบแห้งทั้งสองช่วง อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ และสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ ในช่วงที่สองของการอบแห้งต่อเวลาการอบแห้ง ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะของระบบ และ 3) เพื่อหาเงื่อนไขสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งลำไยแบบสองขั้นตอน ผลจากการจำลองสภาพพบว่าตัวแปรที่ได้ทำการศึกษาทุกตัวมีผลต่อเวลาการอบแห้งและค่าความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะ ผลจากการจำลองสภาพเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งลำไยแบบคว้านเมล็ดออก 20 กิโลกรัม พบว่าความสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะมีค่า 6.78 กิโลจูล/กิโลกรัมน้ำ ซึ่งพบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 180 องศาเซลเซียส ตามด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 101 กิโลกรัมอากาศแห้ง/ชั่วโมง-กิโลกรัมลำไยแห้ง และสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ร้อยละ 90 โดยเป็นสภาวะที่ให้ค่าสิ้นเปลืองพลังงานเฉพาะน้อยที่สุด (ทำการจำลองสภาพเฉพาะที่ค่าความชื้นหลังการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งร้อยละ 200 มาตรฐานแห้ง)