การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24
20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัดอุบลราชธานี

ผลกระทบของความเร็วอากาศที่มีต่อพฤติกรรมการไหลของวัสดุทดสอบภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรู

Effect of Air Velocity on Flow Characteristic of Particles in a Screw-Conveyor Dryer

อาณัติ พิลา[1, *], และ ปรัชญา บุญประสิทธิ์[2]

[1, 2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
* ติดต่อ: โทรศัพท์: 0-2988-3655 ต่อ 3113 โทรสาร: 0-2988-3655 ต่อ 3106
E-mail: arnut_phila!@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลกระทบของความเร็วอากาศที่มีต่อพฤติกรรมการไหลของโฟม (Polystyrene) ทรงกลม ซึ่งถูกใช้เป็นวัสดุทดลองในเครื่องอบแห้งแบบสกรู โดยพฤติกรรมการไหลของวัสดุทดลองที่พิจารณาคือ การฟุ้งกระจายและระยะเวลาการคงอยู่ของวัสดุทดลองภายในเครื่องอบแห้ง การทดลองได้ทำการปรับเปลี่ยนความเร็วของอากาศภายในท่อกระจายอากาศที่ 12, 17 และ 24 m/s ในทุกเงื่อนไขการทดลอง วัสดุทดลองจะถูกป้อนด้วยอัตรา 0.0995 kg/min ในขณะที่ความเร็วรอบของสกรูที่ใช้บังคับให้วัสดุทดลองเคลื่อนที่ในเครื่องอบแห้งจะถูกควบคุมไว้ที่ 10 rpm ผลการทดลองพบว่าการฟุ้งกระจายของวัสดุทดลองเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มความเร็วอากาศ (วัสดุทดลองเริ่มฟุ้งกระจายที่ความเร็ว 5 m/s) และระยะเวลาการคงอยู่ของวัสดุทดลองในเครื่องอบแห้งมีค่าในช่วง 5-80 sec จากการศึกษาสามารถสังเกตเห็นได้ว่าการฟุ้งกระจายของวัสดุทดลองเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลมีค่าสูง

คำหลัก: เครื่องอบแห้งแบบสกรู, พฤติกรรมการไหล, วัสดุทดสอบ

Abstract

This paper presents the influence of air velocity on flow characteristic of the spherical Polystyrene grains, testing particles, in a screw-conveyor dryer. The flow characteristics investigated in this study were dispersion and resident time of the particles in the dryer. For all conditions, the feed rate of testing particle was controlled at 0.0995 kg/min, while the revolution of screw which was used for compelling the particles to move along the dryer was held at 10 rpm. The results showed that the dispersion of particles was increased as air velocity was increased (particles were begun to disperse at 5 m/s), and the resident time of particles in the dryer was in the range 5-80 sec. In this study, it could be observed that particle dispersion was enormously presented, resulting in high heat and mass transfer rate.

Keywords: screw conveyor dryer, flow characteristic, testing material

1. บทนำ

การอบแห้งเป็นการลดปริมาณความชื้นที่ค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายของผลิตภัณฑ์จากการที่มีค่าความชื้นเกินกว่าค่าที่เหมาะสมในการเก็บรักษา ในวัสดุอาหารทั่วไปที่มีความชื้นอาจจะทำให้เชื้อราเกิดขึ้น [1] โดยการอบแห้งส่วนใหญ่มักจะเป็นกระบวนสุดท้ายก่อนการเข้าบรรจุภัณฑ์

ความร้อนที่ให้จะใช้ในการระเหยความชื้นออกสู่ตัวกลาง ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นอากาศร้อนและแห้ง วัสดุโดยทั่วไปอาจจะอยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว หรือเป็นของแข็งผสมของเหลว สภาวะวัสดุเหล่านี้เป็นข้อกำหนดในการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลากหลายชนิด อาทิเช่น การตากแดด [2] เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [3] เครื่องอบแห้งแบบถาด [4] เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด [5] เป็นต้น แต่ในที่นี้จะขอกล่าวถึงรายละเอียดของเครื่องอบแห้งแบบสกรู ซึ่งลักษณะของเครื่องอบแห้งจะเป็นแบบต่อเนื่อง วัสดุจะสัมผัสทางอ้อมกับตัวกลางที่ให้ความร้อน ลักษณะของห้องอบแห้งจะประกอบไปด้วยสกรูหมุนอยู่ในตัวถัง และเปลือกด้านนอกจะถูกหล่อด้วยไอน้ำร้อน ของแข็งจะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่ง และถูกขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยการหมุนของสกรู ไอน้ำที่เกี่ยวข้องจะถูกดูดออกทางท่อระบายที่อยู่ทางด้านบนของตัวถัง [6] ซึ่งปัญหาของเครื่องอบแห้งในลักษณะนี้ที่พบในงานอุตสาหกรรม คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการลดลงของความชื้นค่อนข้างนาน เนื่องจากลักษณะการถ่ายเทความความร้อนเป็นแบบทางอ้อม จึงจำเป็นต้องออกแบบห้องอบแห้งให้มีความยาวมาก หรือบางกรณีอาจมีการนำห้องอบแห้งมาเรียงต่อกันหลายชั้น (เนื่องจากเครื่องอบแห้งหนึ่งเครื่องไม่สามารถที่จะลดความชื้นได้ตามที่ต้องการ)

ในงานวิจัยนี้ได้มีการปรับปรุงและดัดแปลงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบเดิมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยทำการติดตั้งท่อสำหรับกระจายอากาศที่อยู่ตรงกลางของชุดใบสกรู ซึ่งเป็นท่อที่มีการเจาะรูเพื่อฉีดอากาศให้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง ติดตั้งไว้ตำแหน่งตรงกลางของห้องอบแห้ง เพื่อเป็นการสัมผัสกันระหว่างอากาศกับวัสดุ จะทำให้วัสดุมีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง (มีลักษณะพฤติกรรมคล้ายกับของไหล) จึงทำให้เป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้น [5, 7]

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

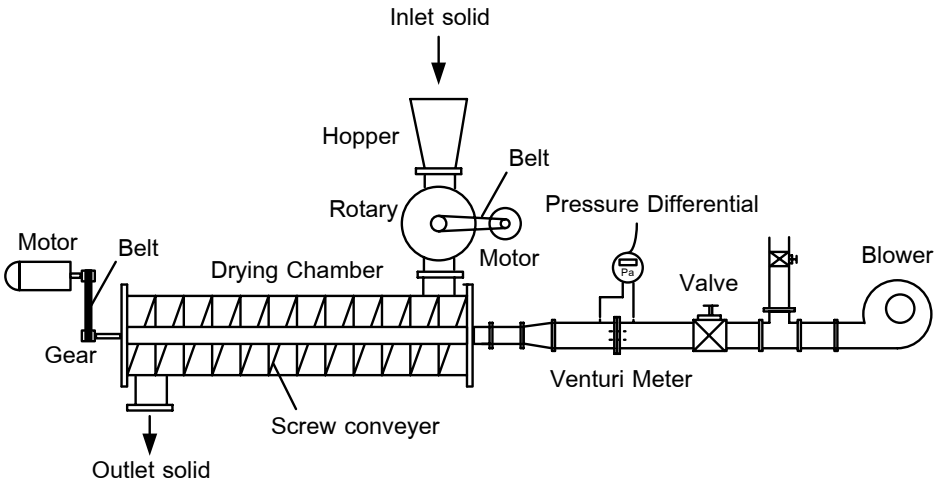
2.1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ คือ โฟม (Polystyrene) ซึ่งจะมีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-8 มิลลิเมตร ซึ่งรูปร่างและขนาดของวัสดุทดสอบแสดงในรูปที่ 1(ก) และรูปที่ 1 (ข)

รูปที่ 1 (ก) แสดงขนาดของวัสดุทรงกลม
(ข) แสดงลักษณะของวัสดุทรงกลม

2.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรู โดยห้องอบแห้งที่ใช้ทำมาจากอะคริลิกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 เซนติเมตร มีความยาว 100 เซนติเมตร อากาศที่หมุนเวียนในระบบมาจากพัดลมขนาด 1 แรงม้า ปริมาณการไหลของอากาศสามารถวัดได้จากชุดเวนจูรี่ โดยใช้เครื่องมือวัดความดันตกคร่อม (ความแม่นยำ ± 2%) เป็นตัวแสดงผล ที่ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Vane Type Anemometer) มีความคลาดเคลื่อน ± 3% ซึ่งลักษณะของเครื่องอบแห้งจะเป็นแบบต่อเนื่อง ของแข็งจะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่ง วัสดุจะถูกขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยการหมุนของชุดใบสกรู และจะทำการติดตั้งท่อสำหรับกระจายอากาศตรงกลางของชุดสกรู (ท่อกระจายอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นท่อที่มีการเจาะรูขนาด 4 มิลลิเมตร



รูปที่ 2 ลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรู

โดยมีระยะช่องว่างระหว่างรูเจาะอยู่ที่ 6 มิลลิเมตร เพื่อให้ฉีดอากาศได้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง และส่วนที่เป็นชุดของใบสกรูมีระยะห่างของเกลียว (pitch) 45 มิลลิเมตร จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนวัสดุทดสอบไปข้างหน้าด้วยการผลักของใบสกรู โดยที่ชุดใบสกรูและชุดโรตารี่จะถูกควบคุมโดยมอเตอร์ปัดน้ำฝนใช้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1 แอมแปร์ ควบคุมจังหวะการทำงาน 3 จังหวะคือ ปิด (off) ช้า (slow) และเร็ว (fast) และสามารถทำการหน่วงเวลาได้

2.3. วิธีการทดลอง

ขั้นตอนของการทดลองจะเริ่มจากการควบคุมอัตราการป้อนของวัสดุทดสอบอยู่ที่ 0.0995 กิโลกรัมต่อนาที และทำการปรับความเร็วรอบของชุดใบสกรูไว้ที่ 10 รอบต่อนาที โดยทำการปรับเปลี่ยนความเร็วของอากาศอยู่ที่ 12, 17 และ 24 เมตรต่อวินาที จากนั้นทำการเปิดระบบเพื่อทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นจึงเริ่มป้อนวัสดุทดสอบเข้าสู่ห้องอบแห้ง แล้วทำการบันทึกภาพการกระจายตัวของวัสดุทดสอบด้วยกล้องยี่ห้อ โซนี่ (Sony) รุ่น DSC-T10 ที่มีความละเอียด 7.2 ล้านพิกเซล ทั้งภาพเคลื่อนไหวและภาพนิ่ง เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในห้องอบแห้งของวัสดุทดสอบ จากนั้นทำการหาระยะเวลาโดยรวมของวัสดุทดสอบที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง โดยการใส่เม็ดวัสดุทดสอบที่เป็นสีแดงลงไปในถังป้อน (Hopper) หลังจากนั้นเมื่อวัสดุทดสอบสีแดงตกลงไปในห้องอบแห้ง จึงเริ่มทำการจับเวลา และทำการหยุดเวลาเมื่อวัสดุทดสอบสีแดงเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งทั้งหมด และระหว่างที่ทำการจับเวลาจะทำการเก็บน้ำหนักของวัสดุทดสอบทุกๆ 10 วินาที เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของวัสดุทดสอบที่ออกจากห้องอบแห้งที่ช่วงเวลาต่างๆ เพื่อที่จะทราบได้ว่าระยะเวลาที่วัสดุทดสอบอยู่ภายในห้องอบแห้ง

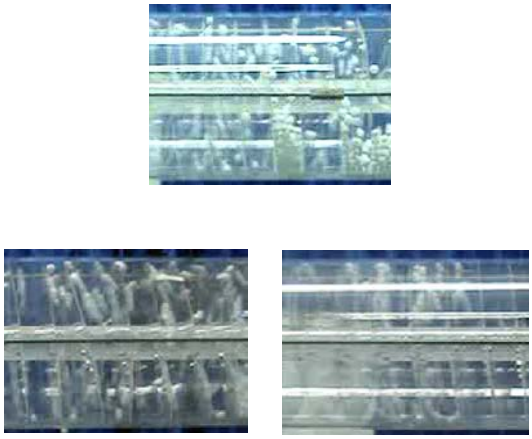
3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้งแบบสกรู โดยทำการทดสอบกับโฟม (Polystyrene) ซึ่งจะมีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลม จะทำการปรับอัตราการป้อนวัสดุทดสอบคงที่ 0.0995 กิโลกรัมต่อนาที ความเร็วรอบของชุดใบสกรูอยู่ที่ 10 รอบต่อนาที และทำการปรับเปลี่ยนความเร็วของอากาศที่ 12, 17 และ 24 เมตรต่อวินาที ตามลำดับจนครบทุกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนผลของการทดลองจะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.1. การกระจายตัวของวัสดุทดสอบทรงกลม

จากการที่ทำการเพิ่มท่อกระจายอากาศเข้าไปตรงกลางของชุดใบสกรูนั้น ทำให้วัสดุทดสอบเกิดการสัมผัสกับอากาศโดยตรง และทำให้ผลิตภัณฑ์มีการ

เคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง ซึ่งมีลักษณะพฤติกรรมคล้ายของไหล ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการกระจายตัวของวัสดุทรงกลม

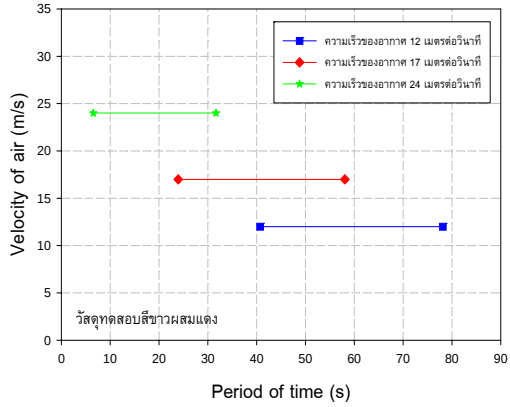
จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลมสามารถที่จะนำไปประยุกต์กับเครื่องอบแห้งแบบสกรูได้ จากการทดลองพบว่าการฟุ้งกระจายของวัสดุทดสอบเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของความเร็วของอากาศ (วัสดุทดสอบเริ่มเกิดการฟุ้งกระจายที่ความเร็วของอากาศ 5 เมตรต่อวินาที) จากการที่วัสดุทดลองเกิดการฟุ้งกระจายจะทำให้วัสดุทดสอบกับตัวกลางมีการสัมผัสกันได้อย่างดี ซึ่งส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลมีค่าสูงขึ้นด้วย จึงส่งผลทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งก็สั้นลงด้วย

3.2. ระยะเวลาของวัสดุทดสอบภายในห้องอบแห้ง

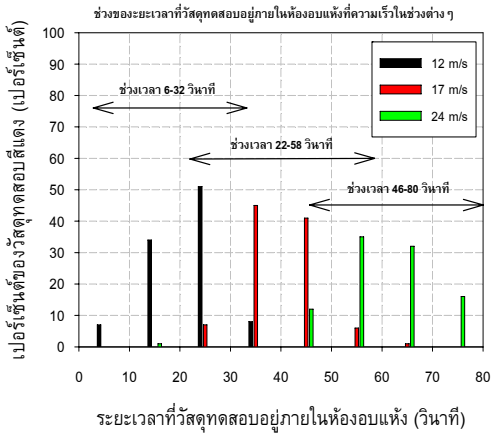
ระยะเวลาของวัสดุทดสอบภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรูอาจจะประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง อาทิ เช่น วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ อัตราการไหลของอากาศ อัตราการป้อน รวมไปถึงความเร็วรอบของชุดใบสกรู ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอยู่ ซึ่งในการทดลองทำการปรับเปลี่ยนความเร็วของอากาศอยู่ที่ 12, 17 และ 24 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ผลที่ของการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของอากาศ แสดงในตารางที่ 1 และกราฟรูปที่ 4 จะสังเกตพบว่าระยะเวลาที่วัสดุทดสอบที่มีลักษณะเป็นทรงกลมอยู่ในห้องอบแห้งจะอยู่ในช่วง 6-80 วินาที

ตารางที่ 1 แสดงระยะเวลาที่วัสดุทดสอบที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง

รูปร่างและลักษณะของโฟม (Polystyrene)	เงื่อนไขการทดลอง		ระยะเวลาที่วัสดุอยู่ภายในห้องอบแห้ง (sec)
	อัตราการป้อน (kg/min)	ความเร็วของอากาศ (m/s)	
ทรงกลม	0.0995	12	46-80
		17	22-58
		24	6-32



รูปที่ 4 ระยะเวลาที่วัสดุทดสอบสีแดงอยู่ภายในห้องอบแห้งแบบสกรู



รูปที่ 5 เปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของวัสดุทดสอบสีแดงอยู่ภายในห้องอบแห้งแบบสกรู

เมื่อทำการเพิ่มความเร็วของอากาศมากขึ้นจะทำให้ระยะเวลาที่อยู่ภายในห้องอบแห้งสั้นลง เนื่องจาก

วัสดุทดสอบมีการเคลื่อนที่ไปพร้อมกับของไหล ที่เคลื่อนที่ไปตามแนวร่องของใบสกรู

จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงลักษณะเปอร์เซ็นต์การกระจายตัวของวัสดุทดสอบภายในห้องอบแห้ง ซึ่งวัสดุทดสอบที่มีลักษณะทรงกลมมีลักษณะการกระจายตัวที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งไม่มากนัก โดยลักษณะการกระจายตัวดังกล่าวจะส่งผลต่อระยะเวลาที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง ซึ่งในความเป็นจริงถ้าวัสดุหรือผลิตภัณฑ์บางส่วนที่มีระยะเวลาอยู่ภายในห้องอบแห้งสั้น จะทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่ภายในผลิตภัณฑ์จะยังสูงอยู่ (ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์อยู่ภายในห้องอบแห้งนาน อาจจะส่งผลกระทบในเรื่องของสี

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการกระจายตัวและระยะเวลาที่วัสดุทดสอบภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรู สามารถที่จะสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. วัสดุทดสอบที่นำมาใช้ในการทดลองมีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกลม มีพฤติกรรมการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง (คล้ายกับเป็นส่วนหนึ่งของของไหล) และเมื่อทำการเพิ่มความเร็วของอากาศมากขึ้นก็จะทำให้วัสดุทดสอบเกิดการปั่นป่วนมากยิ่งขึ้น (แต่จะทำให้ระยะเวลาที่วัสดุทดสอบอยู่ในห้องอบแห้งสั้นลงด้วย) และจากการที่วัสดุเกิดการฟุ้งกระจายมากขึ้นจึงส่งผลให้การสัมผัสของผลิตภัณฑ์และตัวกลางดีขึ้น และจะเป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้นด้วย

2. ระยะเวลาของวัสดุทดสอบที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง เราสามารถที่จะควบคุมด้วยการปรับความเร็วของอากาศได้ (แต่จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของอัตราการป้อน ความเร็วของชุดใบสกรูด้วย)

3. การกระจายตัวของวัสดุทดสอบที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรูมีลักษณะการกระจายตัวไม่มาก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างที่จะดี โดยจะช่วยลดปัญหาของผลิตภัณฑ์บางส่วนเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งเร็วหรือช้ากว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่ให้การสนับสนุนในงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

6.1 บทความจากวารสาร (Journal)

[5] C. Niamnuy, S. Devahastin, (2005) Drying kinetics and quality of coconut dried in a fluidized bed dryer, Journal of Food Engineering, vol. 66, pp. 267-271.

[7] S. Prakash, S. K. Jha, N. Datta, (2004), Performance evolutions of blanched carrots dried by three different driers, Vol. 62, pp.305-313.

6.2 บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

[3] Sornprom, P., Hanchaiyungwa, N. and Teeboonma, U. (2007). Performance improvement of solar dryer, paper presented in *the 21rd conference of the mechanical engineering network of Thailand*, Chonburi, Thailand.

[4] Achariyaviriya, A., Maneeboon, K. and Jeonrentong, W. (2007). Performance of a Batch Type Dryer for Longan Fruits Drying, paper presented in *the 21rd conference of the mechanical engineering network of Thailand*, Chonburi, Thailand.

6.3 หนังสือ

[1] ศ.ดร.สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, (2540). การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

6.4 เว็บไซต์

[2] การถนอมอาหารโดยวิธีตากแดด, ประเทศไทย (2552). บทความทางวิชาการ, แหล่งที่มา http://scratchpad.wikia.com/wiki

[6] การอบแห้ง (Drying), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ประเทศไทย, หนังสือประกอบการเรียนการสอน, แหล่งที่มา www.ic.kmutnb.ac.th