ME-NETT23
The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

TSF-027285

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการไหลภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรู

Experimental Study of Flow Behavior of Particle in Screw Conveyor Dryer

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

[1, 2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
51 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
[*] ติดต่อ: โทรศัพท์: 02-988-3655 ต่อ 3106, 3113 โทรสาร: 02-988-3655 ต่อ 3106
E-mail: arnut_phila@hotmail.com[1,*], ppp_pra@yahoo.co.th[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมการไหลภายในชุดต้นแบบเครื่องอบแห้งแบบสกรู ในการศึกษาทดลองนี้จะใช้โฟมที่มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกัน 3 แบบ คือ ทรงกลม ทรงกระบอก และแผ่นแบนยาว เป็นวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ พฤติกรรมการไหลที่พิจารณาคือ ลักษณะของการกระจายตัว และระยะเวลาของวัสดุทดสอบที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง จากผลการทดลองพบว่า รูปแบบของวัสดุทดสอบทั้ง 3 แบบ ไม่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการไหลภายในห้องอบแห้ง โดยจะมีลักษณะของการเคลื่อนที่คล้ายๆ กัน เป็นแบบไร้ทิศทาง (มีลักษณะการเคลื่อนที่คล้ายกับของไหล) และสามารถที่จะควบคุมระยะเวลาที่วัสดุทดสอบอยู่ภายในห้องอบแห้งได้ ซึ่งอยู่ในช่วง 30-140 วินาที โดยทำการปรับความเร็วรอบของชุดใบสกรู ซึ่งในเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าเครื่องอบแห้งแบบสกรูสามารถที่จะนำไปประยุกต์กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันไปได้ และจากการที่วัสดุทดสอบมีการสัมผัสกับตัวกลางได้เป็นอย่างดี จึงเป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้นด้วย

คำหลัก: เครื่องอบแห้งแบบสกรู, พฤติกรรมการไหล, วัสดุทดสอบ

Abstract

This research investigates the flow behavior of particle in a screw-type dryer. Three types of polystyrene—sphere, cylindrical and infinite slab were selected as testing material. The factures investigated were flow phenomena, and holding time of particle residing in the dryer. The results showed that all types of samples used were well-mixed during holding in the dryer, and could be controlled holding time of sample, ranging 30-140 sec, by adjusting speed of screw conveyor. The screw-type dryer can be applied to a variety of products because this flow pattern enhances heat/mass transfer rates.

Keywords: screw conveyer dryer, flow behavior of particle, testing material

*Corresponding author

1. บทนำ

การอบแห้ง คือการกำจัดความชื้นที่ค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ การอบแห้งส่วนใหญ่มักจะเป็นกระบวนสุดท้ายก่อนการเข้าบรรจุภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายของผลิตภัณฑ์จากการที่มีค่าความชื้นเกินกว่าค่าที่เหมาะสมในการเก็บรักษา ในวัสดุอาหารทั่วไปที่มีความชื้นอาจจะทำให้เชื้อราเกิดขึ้น [1]

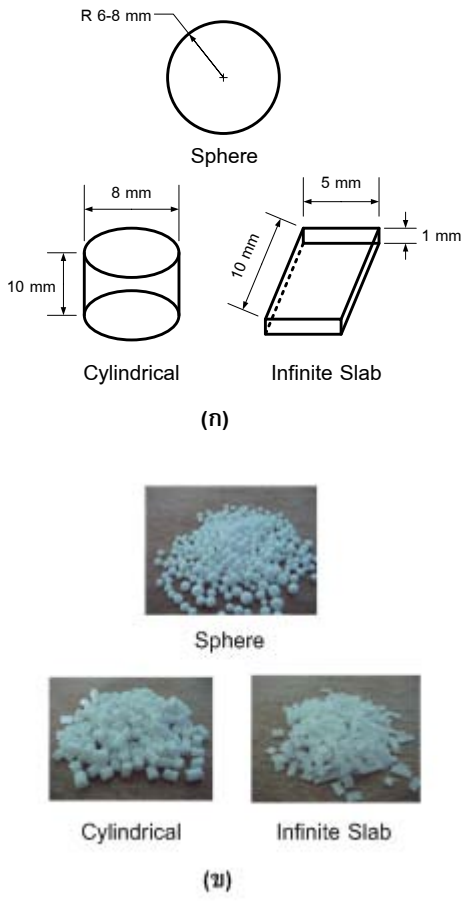
การอบแห้งด้วยวิธีทางความร้อน ความร้อนที่ให้จะใช้ในการระเหยความชื้นออกสู่ตัวกลาง ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเป็นอากาศร้อนและแห้ง วัสดุโดยทั่วไปอาจจะอยู่ในสภาพของแข็ง ของเหลว หรือเป็นของแข็งผสมของเหลว สภาวะวัสดุเหล่านี้ เป็นข้อกำหนดในการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลากหลายชนิด อาทิเช่น การตากแดด [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 ซึ่งเป็นท่อที่มีการเจาะรูเพื่อให้อากาศได้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง ติดตั้งไว้ตำแหน่งตรงกลางของห้องอบแห้ง เพื่อเป็นการสัมผัสกันระหว่างอากาศวัสดุ จะทำให้วัสดุมีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง (มีลักษณะพฤติกรรมคล้ายกับของไหล) จึงทำให้เป็นการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้น [5, 7, 8]

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

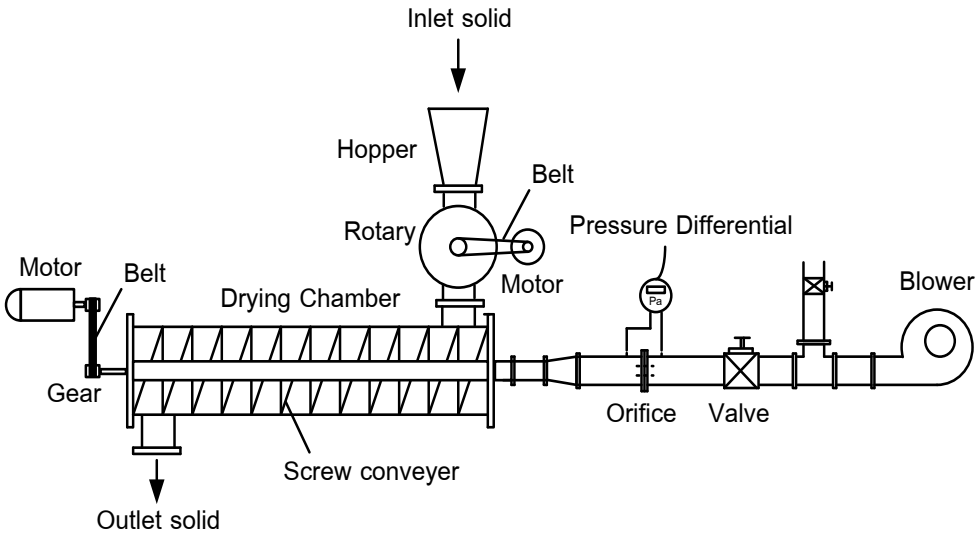
2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ คือ โฟม (Polystyrene) ซึ่งจะมีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไป 3 แบบ คือ ทรงกลม ทรงกระบอก และแผ่นแบนยาว ซึ่งขนาดของวัสดุทดสอบจะแสดงในรูปที่ 1(ก) และรูปที่ 1 (ข)



รูปที่ 1 (ก) แสดงขนาดของวัสดุทดสอบ 3 ชนิด
(ข) ลักษณะของวัสดุทดสอบ 3 ชนิด

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2 ลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรู

รูปที่ 2 แสดงลักษณะของเครื่องอบแห้งแบบสกรู โดยห้องอบแห้งที่ใช้ทำมาจากอะคริ ลิกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 เซนติเมตร มีความยาว 100 เซนติเมตร อากาศที่หมุนเวียนในระบบมาจากพัดลมขนาด 1 แรงม้า ปริมาณการไหลของอากาศวัดได้จากชุดออริฟิต โดยใช้เครื่องมือวัดความดันตกคร่อม (ความแม่นยำ ±2%) เป็นตัวแสดงผล ที่ทำการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วลมแบบใบพัด (Vane Type Anemometer) มีความคลาดเคลื่อน ±3 % ซึ่งลักษณะของเครื่องอบแห้งจะเป็นแบบต่อเนื่อง ของแข็งจะถูกป้อนเข้าด้านหนึ่ง และถูกขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยการหมุนของชุดใบสกรู และจะทำการติดตั้งท่อสำหรับกระจายอากาศตรงกลางของชุดสกรู (ท่อกระจายอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร) ซึ่งเป็นท่อที่มีการเจาะรูขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อให้อากาศได้มีการสัมผัสกับวัสดุโดยตรง และส่วนที่เป็นชุดของใบสกรูมีระยะห่างของเกลียว (pitch) 45 มิลลิเมตร จะทำหน้าที่ขับเคลื่อนวัสดุทดสอบไปข้างหน้าด้วยการผลักของใบสกรู โดยที่ชุดใบสกรูและชุดโรตารี่จะถูกควบคุมโดยมอเตอร์ปัดน้ำฝนใช้แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 12 โวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุด 1 แอมแปร์ ควบคุมจังหวะการทำงาน 3 จังหวะคือ ปิด (off) ช้า (slow) และเร็ว (fast) และสามารถทำการหน่วงเวลาได้

2.3 วิธีการทดลอง

ขั้นตอนของการทดลองจะเริ่มจากการปรับปริมาณของอากาศคงที่ 0.0265 กิโลกรัมต่อวินาที และทำการปรับความเร็วรอบของชุดโรตารี่ไว้ที่ 10 รอบต่อนาที โดยมีอัตราการป้อนอยู่ที่ 0.0995, 0.0947 และ 0.1066 กิโลกรัมต่อนาที สำหรับวัสดุทดสอบทรงกลม ทรงกระบอก และแผ่นแบนยาว ตามลำดับ ปรับความเร็วรอบของชุดใบสกรูที่ 10 รอบต่อนาที จากนั้นทำการเปิดระบบเพื่อทดสอบอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นจึงเริ่มป้อนวัสดุทดสอบเข้าสู่ห้องอบแห้ง แล้วทำการบันทึกภาพการกระจายตัวของวัสดุทดสอบด้วยกล้องยี่ห้อ โซนี่ (Sony) รุ่น DSC-T10 ที่มีความละเอียด 7.2 ล้านพิกเซล ทั้งภาพเคลื่อนไหวและภาพนิ่ง เพื่อศึกษาพฤติกรรมภายในห้องอบแห้งของวัสดุทดสอบแต่ละชนิด จากนั้นทำการหาระยะเวลาโดยรวมของวัสดุทดสอบที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง โดยการใส่เม็ดวัสดุทดสอบที่เป็นสีแดงลงไปในถังป้อน (Hopper) หลังจากนั้นเมื่อวัสดุทดสอบสีแดงตกลงไปในห้องอบแห้ง จึงเริ่มทำการจับเวลา และทำการหยุดเวลาเมื่อวัสดุทดสอบสีแดงเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งทั้งหมด และระหว่างที่ทำการจับเวลาจะทำการ

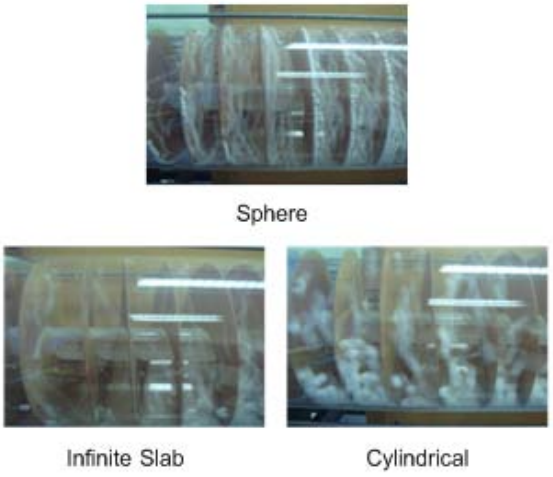
เก็บน้ำหนักของวัสดุทดสอบทุกๆ 10 วินาที เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของวัสดุทดสอบที่ออกจากห้องอบแห้งที่เวลาต่างๆ เพื่อที่จะทราบระยะเวลาที่วัสดุทดสอบอยู่ภายในห้องอบแห้ง จากนั้นจึงปรับความเร็วรอบของใบสกรูที่ 20 รอบต่อนาที ตามลำดับ จนครบทุกเงื่อนไขของการทดลอง

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้งแบบสกรู โดยทำการทดสอบกับโฟม (Polystyrene) ซึ่งจะมีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกัน 3 แบบ คือ ทรงกลม ทรงกระบอก และแผ่นแบนยาว จะทำการปรับปริมาณของอากาศคงที่ 0.0265 กิโลกรัมต่อวินาที ความเร็วรอบของชุดโรตารี่อยู่ที่ 10 รอบต่อนาที และทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของใบสกรูที่ 10 และ 20 รอบต่อนาที ตามลำดับ จนครบทุกเงื่อนไขของการทดลอง ส่วนผลของการทดลองจะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.1 การกระจายตัวของวัสดุทดสอบ 3 ชนิด

จากการที่ทำการเพิ่มท่อกระจายอากาศเข้าไปตรงกลางของชุดใบสกรูนั้น ทำให้วัสดุทดสอบเกิดการสัมผัสกับอากาศโดยตรง และทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง ซึ่งมีลักษณะพฤติกรรมคล้ายของไหล ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการกระจายตัวของวัสดุทดสอบ 3 ชนิด (ก) ทรงกลม (ข) ทรงกระบอก (ค) แผ่นแบนยาว

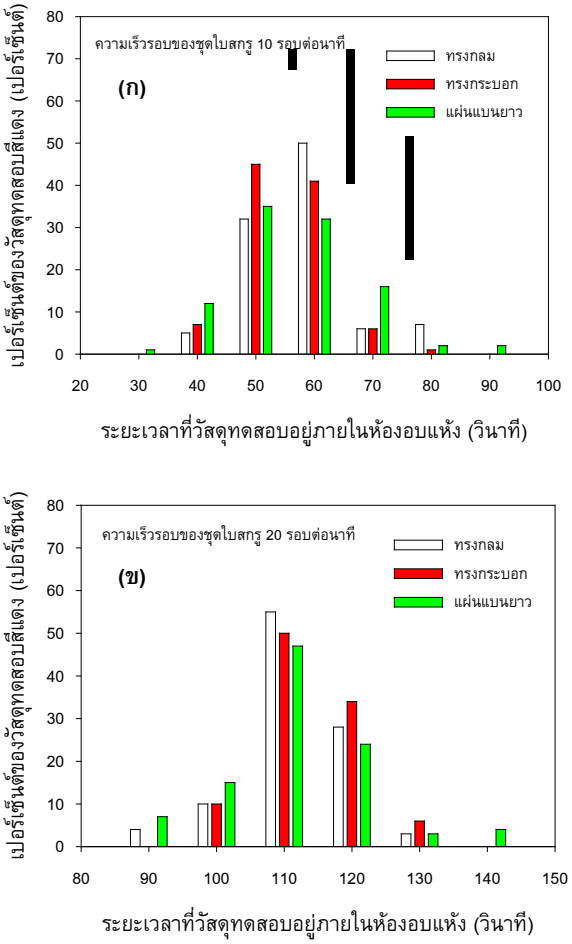
จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันไปได้ สามารถที่จะนำไปประยุกต์กับเครื่องอบแห้งแบบสกรูได้ เพราะลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุทั้ง 3 แบบ จะมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง และสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยการผลักของชุดใบสกรู จึงทำให้วัสดุทดสอบกับตัวกลางมีการสัมผัสกันดีขึ้น จึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลเพิ่มขึ้นด้วย จึงส่งผลทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้งก็สั้นลงด้วย

3.2 ระยะเวลาของวัสดุทดสอบภายในห้องอบแห้ง

ระยะเวลาของวัสดุทดสอบภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรูอาจจะประกอบไปด้วยปัจจัยหลายอย่าง อาทิ เช่น วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ อัตราการไหลของอากาศ อัตราการป้อน รวมไปถึงความเร็วรอบของชุดใบสกรู ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ซึ่งในการทดลองทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของชุดใบสกรูอยู่ที่ 10 และ 20 รอบต่อนาที ตามลำดับ ผลที่ของการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบของชุดใบสกรู แสดงในตารางที่ 1 และกราฟรูปที่ 4 จะสังเกตพบว่าวัสดุทดสอบที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนยาวจะสามารถกระจายตัวที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในห้องอบแห้งมากกว่าวัสดุทดสอบชนิดอื่น อันเนื่องมาจากวัสดุทดสอบที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนยาวจะมีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักต่อชิ้นเบากว่าวัสดุชนิดอื่น

ตารางที่ 1 แสดงระยะเวลาที่วัสดุทดสอบที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง

รูปร่างและลักษณะของโฟม (Polystyrene)	เงื่อนไขการทดลอง		ระยะเวลาที่วัสดุอยู่ภายในห้องอบแห้ง (sec)
	อัตราการป้อน (kg/min)	ความเร็วรอบของใบสกรู (rpm)	
ทรงกลม	0.0995	10	40-80
		20	90-130
ทรงกระบอก	0.0947	10	40-70
		20	100-130
แผ่นแบนยาว	0.1066	10	30-90
		20	90-140



รูปที่ 4 ระยะเวลาที่วัสดุทดสอบสีแดงอยู่ภายในห้องอบแห้งแบบสกรู

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายตัวของวัสดุทดสอบภายในห้องอบแห้ง ซึ่งวัสดุทดสอบที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 ชนิด มีลักษณะการกระจายตัวที่ตำแหน่งต่างๆ ของห้องอบแห้งไม่มาก ลักษณะการกระจายตัวดังกล่าวจะส่งผลต่อระยะเวลาที่อยู่ภายในห้องอบแห้ง ซึ่งในความเป็นจริงถ้าวัสดุหรือผลิตภัณฑ์บางส่วนที่มีระยะเวลาอยู่ภายในห้องอบแห้งสั้น จะทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่ภายในผลิตภัณฑ์จะยังสูงอยู่ (ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์อยู่ภายในห้องอบแห้งนาน อาจจะส่งผลกระทบในเรื่องของสี กลิ่น และรสชาติได้ ซึ่งวัสดุทดสอบทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในการทดลองนี้ มีลักษณะการกระจายตัวที่ตำแหน่งต่างๆ และระยะเวลาที่อยู่ภายในห้องอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างใกล้เคียงกัน

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการกระจายตัวและระยะเวลาที่วัสดุทดสอบภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรู สามารถที่จะสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. วัสดุทดสอบที่นำมาใช้ในการทดลองมีลักษณะรูปร่างต่างกัน 3 ชนิด คือ ทรงกลม ทรงกระบอก และแผ่นแบนยาว มีลักษณะการเคลื่อนแบบไร้ทิศทาง (คล้ายกับเป็นส่วนหนึ่งของของไหล) จึงทำให้การสัมผัสของผลิตภัณฑ์และตัวกลางดีขึ้น และจะเป็นการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและมวลให้สูงขึ้นด้วย จึงส่งผลทำให้การลดลงของความชื้นเป็นไปได้ดี และทำให้ระยะเวลาที่อยู่ภายในห้องอบแห้งสั้นลงด้วย ซึ่งจะส่งผลให้การออกแบบเครื่องอบแห้งแบบสกรูในระดับอุตสาหกรรมสามารถที่จะลดความยาวของห้องอบแห้งให้สั้นลงได้ โดยจะเป็นการลดต้นทุนในการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งอีกทางหนึ่งด้วย

2. ระยะเวลาที่วัสดุทดสอบทั้ง 3 ชนิด อยู่ภายในห้องอบแห้ง เราสามารถที่จะควบคุมด้วยการปรับความเร็วรอบของชุดใบสกรู (แต่จะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของอัตราการป้อนด้วย ถ้าอัตราการป้อนมีค่ามากอาจจะทำให้เกิดการสะสมของผลิตภัณฑ์ภายในห้องอบแห้งได้

3. การกระจายตัวของวัสดุทดสอบที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเครื่องอบแห้งแบบสกรูมีลักษณะการกระจายตัวไม่มาก ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างที่จะดี โดยจะช่วยลดปัญหาของผลิตภัณฑ์บางส่วนเคลื่อนที่ออกจากห้องอบแห้งเร็วกว่าระยะเวลาที่กำหนดไว้ และบางส่วนที่อยู่ภายในห้องอบแห้งนานกว่าปกติ (กรณีที่ผลิตภัณฑ์ออกจากห้องอบแห้งเร็วกว่ากำหนด จะส่งผลให้ความชื้นที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ยังสูงอยู่มากกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์อยู่ภายในห้องอบแห้งนาน ก็จะทำให้ส่งผลกระทบในเรื่องของสี กลิ่น และรสชาติได้)

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.

[8] ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, (2528). ฟลูอิดไดเซชั่น, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

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