Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 83-86 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 83-86 (2555)

การศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผนังห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดทรงสูง

A Study on Wall Temperature Distribution in Tall Form Spray-Drying Chamber

เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา[1] และ กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย[2]

Cherdpong Chiawchanwattana[1] and Kittichai Triratanasirichai[2]

Abstract

Problem of deposited products on wall of the spray-drying chamber could not be solved directly. But it can be alleviated by restricting or manipulating the product with minimal impact on the quality of the final product. Wall temperature of the drying chamber is known to be related to the deposition of the product on wall. The objective of this research was to study wall temperature distribution in tall form spray-drying chamber. T-Type thermocouples were installed at 4 equally spaced on left and right sides along the wall of cylindrical top portion and at 4 equally spaced of the conical bottom portion of the drying chamber. Salt solution was used in the experiment, and two-fluid nozzle was used in the spray dryer. In this study, hot air flow rates of 5.14, 5.58 and 6.60 cubic metre per minute were set at temperatures 150, 170 and 190 degrees Celsius. The spray dryer was initially tested by introducing unheated air to the chamber allowing it to reach a steady-state condition after about 30 minutes. Then heated air was blown into the chamber 15 min prior to water spray for 30 minutes, and salt spray for 30 minutes. The results showed that wall temperature distribution on the cylindrical section and conical section of each level were significantly different. The temperature distribution at each level on wall of the cylindrical section and those of the conical section were significantly different for each of the drying conditions. Salt powder deposited only on part of the conical section while the cylindrical sections have only the effect of a swirling vortex of hot air. The difference was more pronounced on hot air temperatures of 170 and 190 degrees Celsius.

Keywords: spray-drying, wall temperature, drying chamber

บทคัดย่อ

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเกาะติดผนังของผลิตภัณฑ์ภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เป็นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้โดยตรง แต่สามารถบรรเทาได้โดยการจำกัดหรือจัดการผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นให้มีผลกระทบน้อยที่สุดต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อการเกาะติดคืออุณหภูมิผนังของห้องอบแห้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผนังห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดทรงสูง โดยทำการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ล T-Type ไว้ที่ผนังห้องอบแห้งทรงกระบอกในส่วนบน และทรงกรวยในส่วนล่าง ติดตั้งตลอดแนวเดียวกันตามแนวความสูงของห้องอบทั้งสองด้านๆ ละ 8 ระดับ หัวฉีดที่ใช้เป็นแบบสองของไหล ซึ่งมีปัจจัยในการทดสอบประกอบด้วย อัตราการไหลลมร้อน 3 ระดับคือ 5.80 5.14 และ 6.60 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อน 3 ระดับคือ 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส โดยมีสภาวะภายในห้องอบสำหรับการทดสอบประกอบด้วยการใช้อากาศที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปล่อยอากาศร้อนเป็นเวลา 15 นาที ก่อนทำการสเปรย์น้ำ 30 นาที และสเปรย์สารละลาย 30 นาที ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า ห้องอบแห้งทรงกระบอกและทรงกรวยเกิดการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผนังในแต่ละช่วงชั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการกระจายตัวของอุณหภูมิห้องอบแห้งทรงกระบอกในแต่ละช่วงชั้นมีความแตกต่างกันมากกว่าในห้องอบแห้งทรงกรวยในทุกระดับปัจจัยของการทดสอบ ซึ่งเป็นผลจากการเกิดการเกาะติดของเกลือผงโดยจะเกิดขึ้นเฉพาะห้องอบแห้งทรงกรวย ทำให้ห้องอบแห้งทรงกระบอกมีเฉพาะผลกระทบที่เกิดจากการหมุนวนของอากาศร้อนภายในห้องอบเอง โดยความแตกต่างจะเกิดมากขึ้นในช่วงอุณหภูมิลมร้อน 170 และ 190 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบพ่นฝอย อุณหภูมิผนัง ห้องอบแห้ง

---

[1] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[1] Graduate Student, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

คำนำ

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นหน่วยปฏิบัติการ (Unit operation) ที่มีความจำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตของผลิตภัณฑ์ผงหลากหลายชนิดเช่น เคมีภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิก อาหาร และยา เป็นต้น ซึ่งการออกแบบโดยส่วนใหญ่ยังคงใช้ประสบการณ์และการใช้การทดลองนำร่อง (pilot experiment) ในการออกแบบเพื่อใช้งานในปัจจุบัน โดยใช้หลักการปลี่ยนสถานะของสารละลายหรือสารแขวนลอยในสถานะของเหลวให้เปลี่ยนสถานะอยู่ในรูปของอนุภาคของแข็ง โดยการพ่นเฝอยเข้าไปในห้องอบแห้งที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม (master, 1991)

การสูญเสียหลักของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยเกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดเกาะติดของอนุภาคที่ผนังของห้องอบแห้ง ซึ่งการเกาะติดนี้สามารถเกิดขึ้นได้ภายในห้องอบแห้งทั้งหมด โดยอนุภาคที่แห้งหรือแห้งเป็นบางส่วนจะสัมผัส (Contact) และยึดติด (Adhere) เข้ากับผิวผนังของห้องอบแห้ง ซึ่งจะส่งผลทำให้เมื่อมีปริมาณการสะสมเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งเครื่องอบแห้งไม่สามารถทำงานต่อไปได้ ทำให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตเพื่อนำอนุภาคที่เกาะติดออก หรืออนุภาคบางส่วนที่เกาะติดและสะสมเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการไหม้หรือการเปลี่ยนสีของอนุภาค ซึ่งสามารถร่วงหล่นเข้าไปเจือปนกับผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ (Ozmen and Langrish, 2003; Hassall, 2006; Kota and Langrish, 2007) และจากการศึกษาของ Beever (2007) พบว่า การเกิดการเกาะติดและสะสมของอนุภาคที่ผนังของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับกระบวนการผลิตนมผง สามารถทำให้เกิดไฟลุกไหม้และการระเบิดของอนุภาคที่อุณหภูมิสูงได้

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้การศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผนังห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดทรงสูง เพื่อใช้ในการอธิบายพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของผิวผนังในสภาวะการทำงานจริงได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมชุดทดสอบ

ชุดทดสอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย หออบแห้ง (Drying chamber) พัดลมและชุดทำความร้อน (Fan & Heating unit) ชุดควบคุมอุณหภูมิ(Temperature controller) ชุดปรับความดันหัวฉีด (Nozzle pressure regulator) และชุดบำบัดอากาศแบบเปียก (Wet scrubber) ดังแสดงตาม Figure1

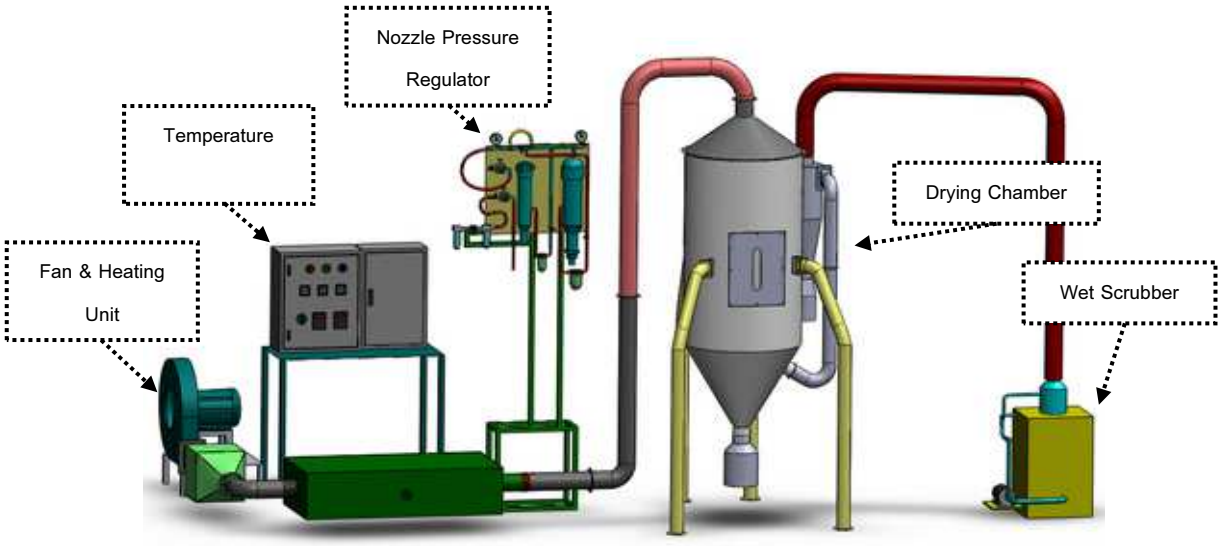


Figure 1 Shows the experimental spray dryer unit.

2. วิธีการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบประกอบด้วยการใช้อากาศที่อุณหภูมิห้องเข้าสู่ห้องอบแห้งเพื่อให้เกิดสภาวะสมดุลเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิในการทดสอบแล้วปล่อยอากาศร้อนเป็นเวลา 15 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องอบเข้าสู่สภาวะสมดุล จากนั้นทำการสเปรย์น้ำเป็นเวลา 30 นาทีเพื่อให้ห้องอบแห้งมีสภาวะที่พร้อมกับการสเปรย์สารละลายได้ และสเปรย์สารละลายเป็นเวลา 30 นาที ตามลำดับ โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ประกอบด้วย ระดับความสูงในการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล 4 ระดับในแต่ละส่วน (ห้องอบแห้งทรงกระบอก-ส่วนบนและห้องอบแห้งทรงกรวย-

ส่วนล่าง) ดังแสดงตาม Figure 2 อัตราการไหลลมร้อน 3 ระดับคือ 6.60 5.80 และ 5.14 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และอุณหภูมิลมร้อน 3 ระดับคือ 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส สำหรับการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ ใช้เครื่องบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data Logger) ยี่ห้อ HIOKI รุ่น 8422-51 MEMORY HiLOGGER ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทุก 5 วินาที ใช้สายเทอร์โมคัปเปิ้ล Type-T เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดที่ใช้เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร การทดสอบได้ใช้วัตถุดิบทดสอบคือ น้ำเกลือธรรมชาติสำหรับผลิตเกลือสินเธาว์ จากอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือเท่ากับ 21.3 บูเม่

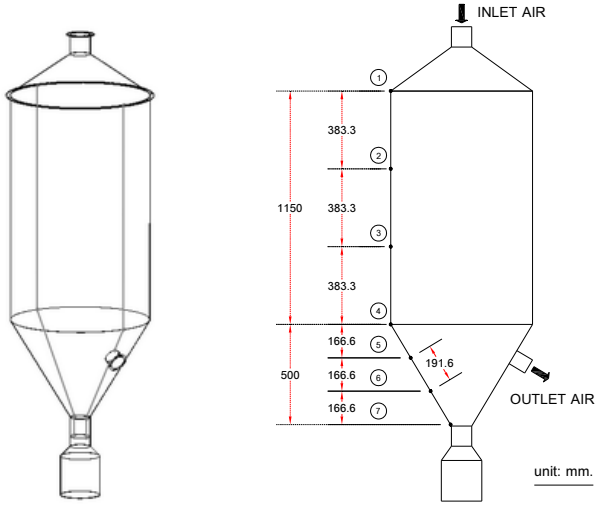
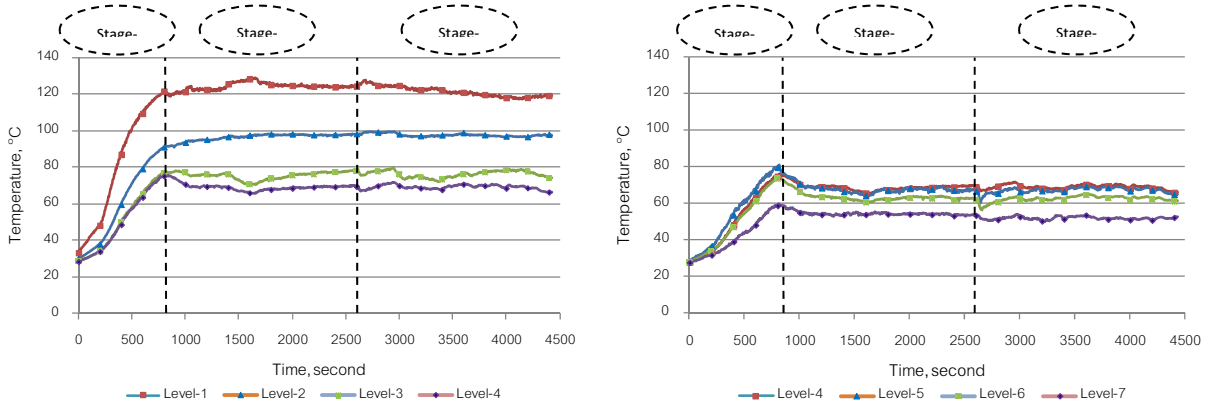


Figure 2 Shows an installation of thermocouple wire on surface of the drying chamber.

ผล

1.ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผนังห้องอบแห้ง

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ผนังห้องอบแห้งโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลติดตั้งไว้ภายในห้องอบแห้งของเครื่องแห้งแบบพ่นฝอย พบว่าอุณหภูมิที่ผนังของห้องอบแห้งทรงกระบอกและห้องอบแห้งทรงกรวยในแต่ละช่วงชั้นทั้งด้านซ้ายและด้านขวาของห้องอบแห้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพบว่าค่าอุณหภูมิที่ได้จากการวัดในตำแหน่งที่ 1 และ 2 ค่อนข้างคงที่เนื่องมาจากอิทธิพลของขั้นตอนการสเปรย์น้ำและสารละลายเกลือ แต่สำหรับอุณหภูมิที่ได้จากการวัดในตำแหน่งที่ 3 4 5 6 และ 7 เกิดช่วงการลดลงของอุณหภูมิที่ผิวผนังในขั้นตอนการสเปรย์น้ำและสเปรย์สารละลายเกลือ และเมื่อห้องอบแห้งเข้าสู่สภาวะสมดุลร่วมกับการเริ่มเกิดการเกาะติดของเกลือผงบริเวณผิวผนังเฉพาะในส่วนของห้องอบแห้งทรงกรวย จะพบว่าอุณหภูมิที่ผิวผนังของห้องอบแห้งทรงกรวยจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงไม่คงที่ สำหรับห้องอบแห้งทรงกระบอกที่ไม่เกิดการเกาะติดของเกลือผงเมื่อเข้าสู่สภาวะสมดุล อุณหภูมิที่ผนังจะมีค่าคงที่ ดังแสดงไว้ใน Figure 3

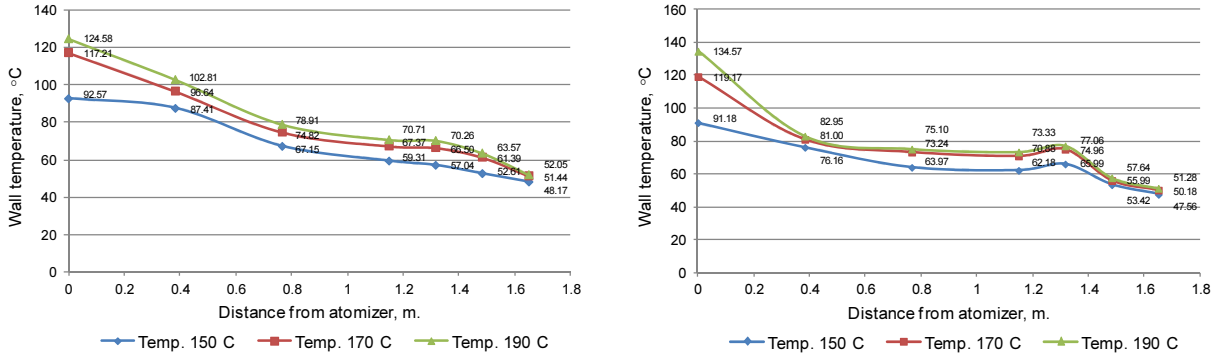


(a) Cylindrical Section (b) Conical section

Figure 3 Wall temperature profiles in 3 stages of (a) cylindrical and (b) conical section at 170°C

2 .ผลการศึกษาการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผนังห้องอบแห้ง

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในส่วนห้องอบแห้งทรงกระบอกและส่วนห้องอบแห้งทรงกรวยของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย มีแนวโน้มของอุณหภูมิที่ผิวผนังซึ่งวัดจากระดับความสูงของหัวฉีด (Atomizer) ลงมาตามแนวความสูงของห้องอบแห้งพบว่ามีค่าลดลง ดังแสดงไว้ใน Figure 4 โดยในตำแหน่งช่องทางออกของห้องอบแห้ง (ผิวผนังด้านขวา) จะเกิดชั้นของการกระจายตัวของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงขึ้น-ลง ซึ่งเป็นผลมาจากการหมุนวนของอากาศบริเวณด้านหน้าช่องทางออก ดังแสดงไว้ใน Figure 4(b) และอุณหภูมิที่ตำแหน่งด้านล่างสุด (ตำแหน่งที่ 7) จะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน โดยมีนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ



(a) Left-Side (b) Right-Side

Figure 4 Wall temperature distribution along vertical distance from the atomizer at 150°C, 170°C and 190 °C

สรุป

การกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผิวผนังภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในแต่ละช่วงชั้นความสูงของการวัด จะเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิขึ้นบนพื้นผิวผนังห้องอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอุณหภูมิที่ผิวผนังจะมีแนวโน้มลดลงตามระดับความสูงของถังและมีค่าใกล้เคียงกันในห้องอบแห้งทรงกรวย ตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการการกระจายตัวของอุณหภูมิได้แก่ รูปแบบการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้ง ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถช่วยในการอธิบายพฤติกรรมการเกาะติดที่เกิดขึ้นภายในห้องอบแห้งได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ และสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Beever, P.F. 2007. Fire and explosion hazards in the spray drying of milk. International Journal of Food Science & 20(5): 637-645.

Hassall, G.J. 2006. Wall build-up in spray drying processes. (online). Available: http://www.eng.bham.ac.uk/chemical/study/postgrad (Aug 25, 2009)

Kota, K. Langrish TAG. 2007. Prediction of wall deposition behaviour in a pilot-scale spray dryer using deposition correlations for pipe flows. Journal of Zhejiang University SCIENCE A 8(2): 301-312.

Masters, K. 1991. Spray drying handbook. Longman Scientific and Technical, New York,. 275–308 pp.

Ozmen, L. Langrish TAG. 2003. An experimental investigation of the wall deposition of milk powder in a pilot-scale spray dryer. Drying Technology 21: 1253-1272.