

เทคนิคการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ผิวผนังของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่ออุณหภูมิการเกาะติด  
Thermocouple installation technique on deposition temperature in surface area of spray dryer chamber

เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา<sup>1</sup> และ กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย<sup>1</sup>  
Cherdpong Chiewchanwattana<sup>1</sup> and Kittichai Triratanasirichai<sup>1</sup>

Abstract

Deposition of final products on surface of drying compartment is a major problem of a spray drying process. Deposition of the product is mainly dependent of surface wall temperature. The objective of this research was to study thermocouple installation technique to measure surface temperature on deposition of product in spray drying chamber. Salt solution was used in the experiment and tall-form spray dryer consists of top portion cylindrical and bottom portion conical used with two-fluid nozzle. The experiment consists of four factors; two installation methods, four installation positions, three hot air flow rates 0.0649, 0.0730 and 0.0811 cubic metre per second and three hot air temperatures 150, 170 and 190 degrees Celsius. The results showed that salt powder deposited only on the conical wall surface and cylindrical wall did not occur so that two installation methods of cylindrical surface area have been affected with deposition temperature were significantly statistical difference. Temperature difference decrease less than 0.82 % for cylindrical portion and 0.20 % for conical portion. Deposition temperature in bottom conical surface area was not significantly statistical difference in each of drying conditions. In the future work, thermocouple installation technique can be applied to evaluate the relationship between deposition temperature and deposition rate in spray drying process.

**Keywords:** thermocouple, deposition temperature, spray dryer

บทคัดย่อ

การเกาะติดที่ผิวผนังของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นปัญหาหลักที่สำคัญ โดยมีปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องคืออุณหภูมิในการเกาะติด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเทคนิคการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ผิวผนังห้องอบแห้งที่มีต่ออุณหภูมิในการเกาะติด ของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้สารละลายน้ำเกลือเป็นวัตถุทดสอบ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่ใช้เป็นแบบทรงสูง ประกอบด้วยห้องอบทรงกระบอกในส่วนบน และทรงกรวยในส่วนล่างตลอดแนวเดียวกัน หัวฉีดที่ใช้เป็นแบบสองของไหล ซึ่งมีปัจจัยในการทดสอบประกอบด้วย วิธีการติดตั้ง 2 วิธี ระดับความเร็วในการติดตั้ง 4 ระดับ อัตราการไหลลมร้อน 3 ระดับคือ 0.0649 0.0730 และ 0.0811 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิลมร้อน 3 ระดับคือ 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบพบว่า เกลือผงจะเกิดการเกาะติดตามผนังเป็นชั้นความหนาในพื้นที่ผิวห้องอบทรงกรวย โดยพื้นที่ผิวทรงกระบอกไม่เกิดการเกาะติด ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิในการเกาะติดที่ผิวผนังของห้องอบทรงกระบอกทั้ง 2 วิธีการติดตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงคงที่จากระดับการติดตั้งส่วนบนต่ำกว่า 0.82 เปอร์เซ็นต์ของช่วงอุณหภูมิการวัด สำหรับในส่วนของอุณหภูมิในการเกาะติดที่ผิวผนังของห้องอบแห้งทรงกรวยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงคงที่ต่ำกว่า 0.20 เปอร์เซ็นต์ของช่วงอุณหภูมิการวัด และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติในระดับการติดตั้งส่วนล่างสุด ในแต่ละสภาวะการอบแห้งของการทดสอบ ซึ่งเทคนิคการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ผิวผนังห้องอบแห้งนี้สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการเกาะติด และอัตราการเกาะติดที่เกิดขึ้นได้

**คำสำคัญ:** เทอร์โมคัปเปิ้ล อุณหภูมิการเกาะติด เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

คำนำ

การอบแห้งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเป็นกระบวนการอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่า และพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ให้เกิดขึ้น โดยในสภาวะปัจจุบันที่มีการแข่งขันในการ

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

พัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้กรรมวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยเกิด ตัวอย่างเช่น อาหาร เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ ยาและเวชภัณฑ์ทางการแพทย์ ดังนั้นทำให้การแปรรูปโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการแปรรูปวัตถุดิบ โดยเฉพาะผลิตผลทางการเกษตรซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของประเทศไทย เพื่อเพิ่มมูลค่าทางด้าน เศรษฐศาสตร์ให้กับผลิตผลทางการเกษตร รวมถึงระบบการขนส่งที่สามารถลดน้ำหนักการบรรทุก และการจัดการในระบบโลจิสติกส์ที่สะดวกขึ้นด้วย (วสันต์, 2546; คณะเทคโนโลยีการเกษตร, 2551; อภิชาติ, 2552)

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีใช้อยู่ในอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่พบกับปัญหาการเกิดการเกาะติดของอนุภาค ภายในห้องอบแห้ง ส่งผลให้เมื่อมีปริมาณการสะสมเพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งเครื่องอบแห้งไม่สามารถทำงานต่อไปได้ ทำให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตเพื่อนำอนุภาคที่เกาะติดออก (Hassall, 2006; Kota and Langrish, 2007) และจากการศึกษาของ Beaver (2007) พบว่า การเกิดการเกาะติดและสะสมของอนุภาคที่ผนังของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับกระบวนการผลิตนมผง สามารถทำให้เกิดไฟลุกไหม้และการระเบิดของอนุภาคที่อุณหภูมิสูงได้

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาเทคนิคการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ผิวผนังของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยที่มีต่ออุณหภูมิการเกาะติด เพื่อใช้ในการอธิบายพฤติกรรมของการเกาะติดที่เกิดขึ้นภายในผิวผนังห้องอบแห้งได้

### อุปกรณ์และวิธีการ

ชุดทดสอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย หออบแห้ง (Drying chamber) ชุดทำความร้อน (Heating unit) ชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) ชุดปรับความดันหัวฉีด (Nozzle pressure regulator) และหัวฉีดแบบสองของไหล (Two-fluid nozzle) ดังแสดงตาม Figure 1

ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย ประกอบด้วยวิธีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ล 2 รูปแบบคือ ติดอลูมิเนียมแท่งที่ปลายสายเทอร์โมคัปเปิ้ลและไม่ติดอลูมิเนียมแท่ง ระดับความสูงในการติดตั้ง 4 ระดับ อัตราการไหลลมร้อน 3 ระดับคือ 0.0649 0.0730 และ 0.0811 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที 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 เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีดที่เข้าเท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร การทดสอบได้ใช้วัตถุดิบทดสอบคือ น้ำเกลือธรรมชาติสำหรับผลิตเกลือสินเธาว์ จากอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะของน้ำเกลือเท่ากับ 21.3 บูม

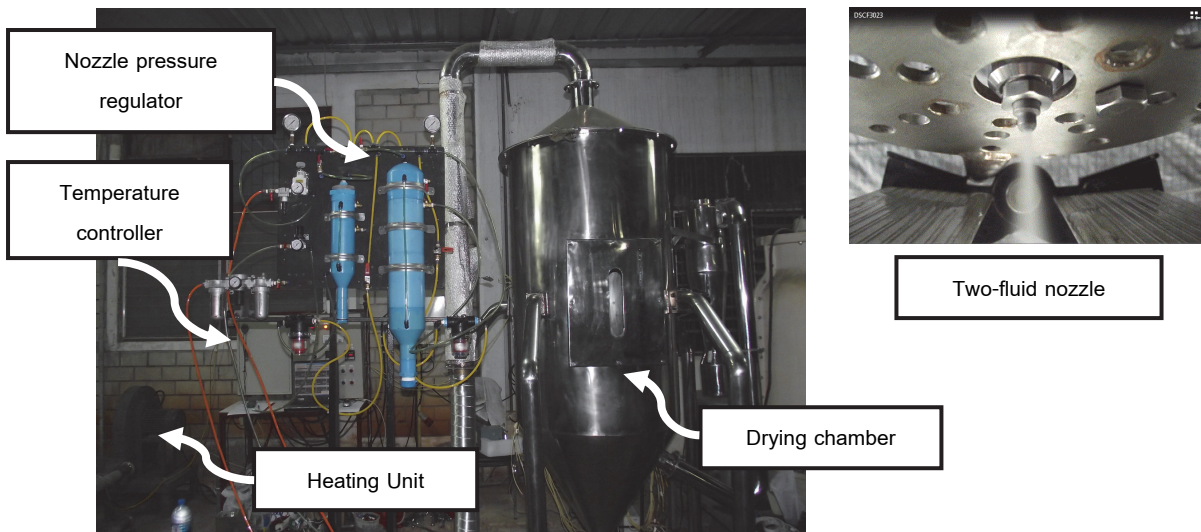


Figure 1 Shows the components of spray drying unit.

วิธีการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ล โดยทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลไว้ภายในห้องอบตลอดแนวความสูงของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยชนิดทรงสูง โดยแบ่งออกเป็นห้องอบทรงกระบอกในส่วนบน และทรงกรวยในส่วนล่าง จำนวนส่วนละ 4 ระดับ (Figure 3) และแบ่งวิธีการติดตั้งออกเป็น 2 รูปแบบคือ ติดแผ่นอลูมิเนียมแท่งไว้ที่ปลายสาย และไม่ติดแผ่นอลูมิเนียมแท่งที่ปลายสายเทอร์โมคัปเปิ้ล ดังแสดงตาม Figure 2

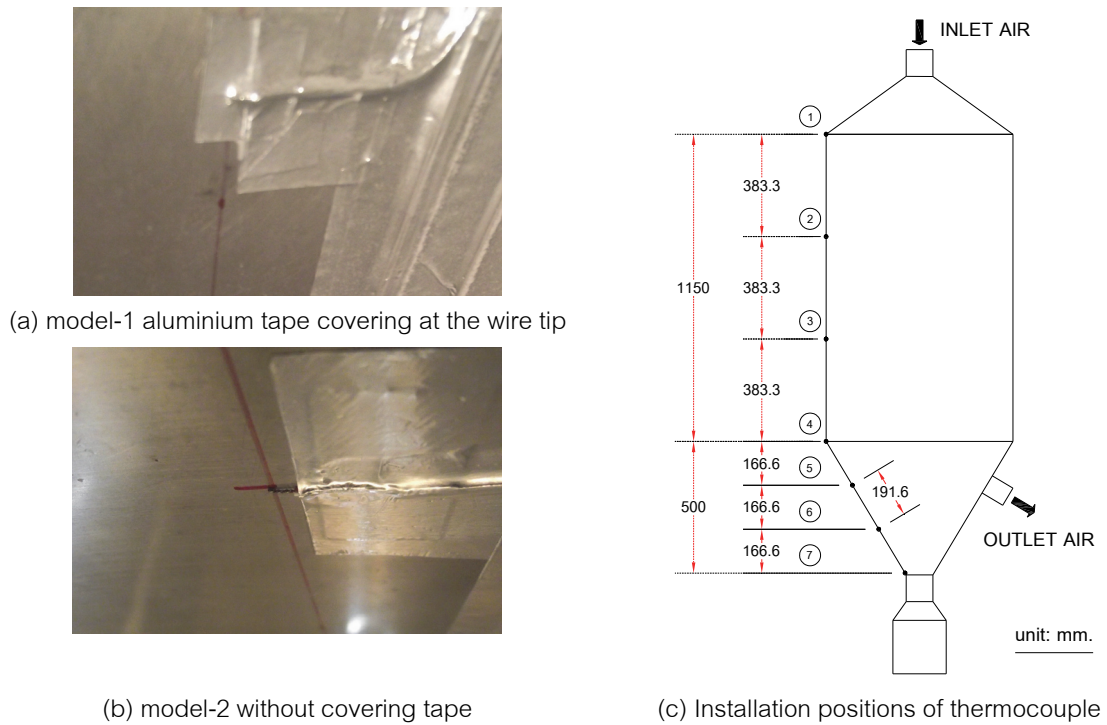


Figure 2 Shows an installation of thermocouple wire on surface of the drying chamber.

**ผล**

จากการทดสอบฟลักของน้ำเกลือภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อศึกษาผลของรูปแบบการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ผิวผนังห้องอบแห้งทรงกระบอกและทรงกรวยที่มีต่ออุณหภูมิการเกาะติดที่ทำการศึกษา พบว่า เกลือผงที่ได้จากการฟลักของน้ำเกลือมีการเกาะติดตามผนังเป็นชั้นความหนาในพื้นที่ผิวห้องอบแห้งทรงกรวย โดยพื้นที่ผิวทรงกระบอกไม่เกิดการเกาะติด ดังแสดงตาม Figure 3 โดยมีอุณหภูมิของผิวผนังที่ได้จากวัดโดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิ้ลทั้ง 2 รูปแบบ (Figure 4) มีแนวโน้มลดลงตามระดับความสูงในการติดตั้งทุกเงื่อนไขการทดสอบ ซึ่งสามารถจำแนกช่วงอุณหภูมิของผิวผนังได้ 3 ช่วงคือ ช่วงการให้ความร้อนเริ่มต้นเพื่อเตรียมปรับสภาพห้องอบแห้ง ช่วงการฉีดน้ำเปล่าเพื่อทำให้ห้องอบแห้งเกิดสภาวะคงตัว และช่วงการฟลักของน้ำเกลือเพื่อทำการทดสอบ ภายหลังจากนำข้อมูลผลการวัดอุณหภูมิที่ได้จากช่วงการฟลักของน้ำเกลือมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการติดตั้ง พบว่า รูปแบบการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลภายในห้องอบแห้งทั้ง 2 รูปแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงคงที่ จากระดับการติดตั้งตำแหน่งที่ 1 มีค่าน้อยกว่า 0.82 เปอร์เซ็นต์ของช่วงอุณหภูมิการวัด และสำหรับในส่วนของอุณหภูมิในการเกาะติดที่ผิวผนังของห้องอบแห้งทรงกรวยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงคงที่ จากระดับการติดตั้งตำแหน่งที่ 4 มีค่าน้อยกว่า 0.20 เปอร์เซ็นต์ของช่วงอุณหภูมิการวัด และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในระดับการติดตั้งตำแหน่งที่ 7 และในแต่ละสภาวะการอบแห้งมีแนวโน้มผลของการทดสอบไปในทิศทางเดียวกัน

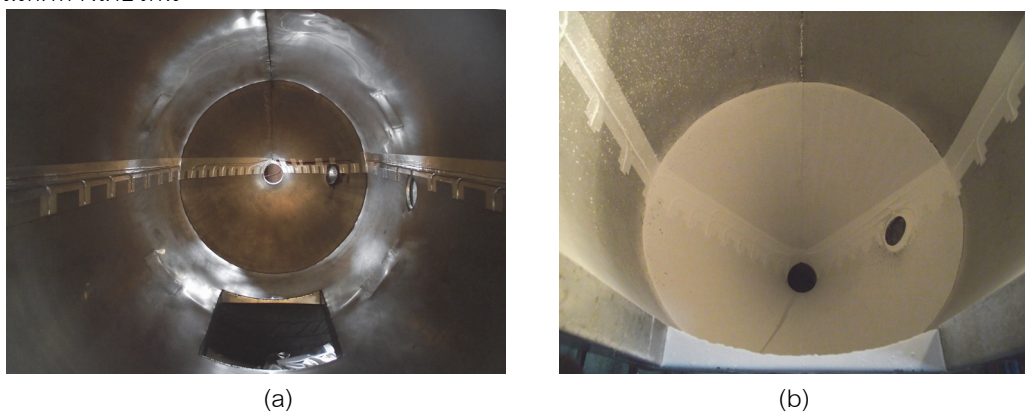


Figure 3 Installation positions of thermocouple (a) and deposition of salt powder on surface of conical portion (b).

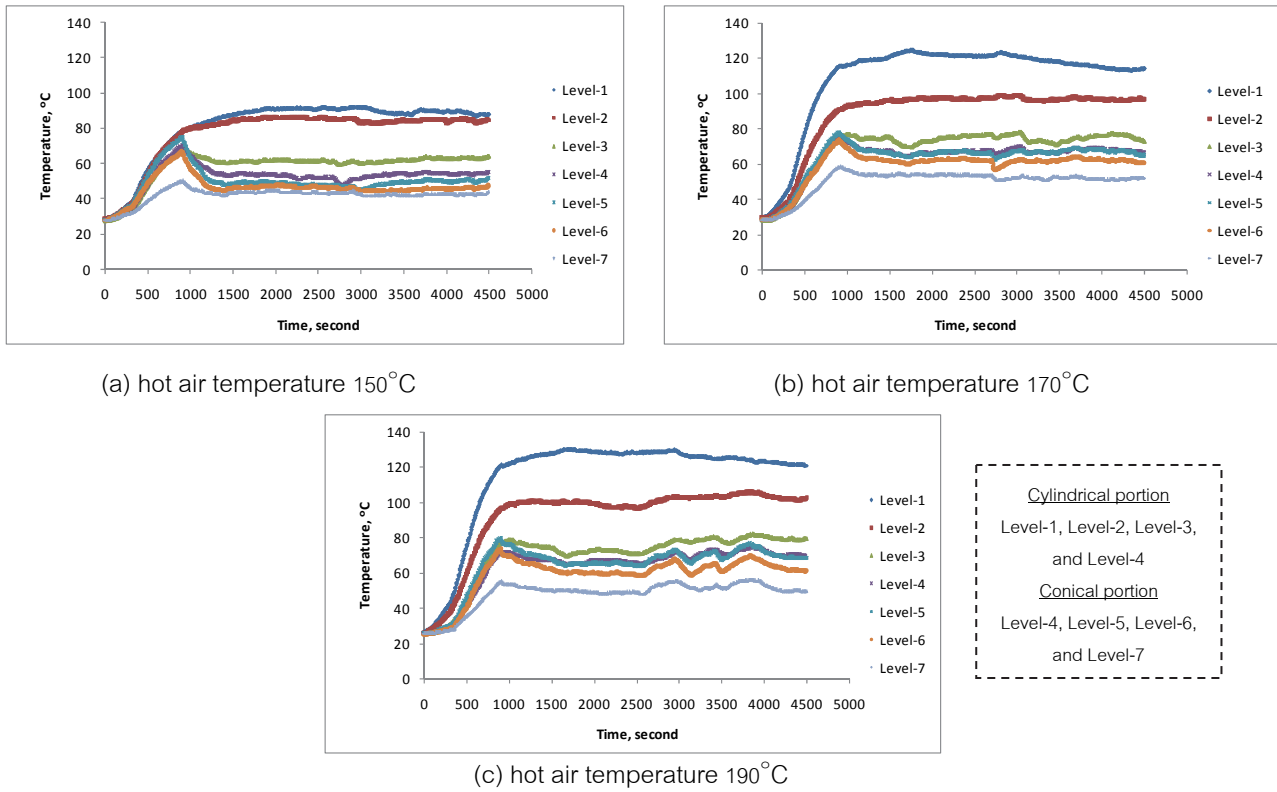


Figure 4 Deposition temperature of cylindrical and conical portion at various drying temperature.

**วิจารณ์ผล**

จากผลการทดสอบรูปแบบการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ผิวผนังภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยทั้ง 2 รูปแบบ มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่วัดได้ โดยมีแนวโน้มความแตกต่างลดลงจากระดับการติดตั้งส่วนบนเป็นผลอันเนื่องมาจากลักษณะการหมุนวนของอากาศภายในห้องอบแห้ง และจะเกิดขึ้นมากในบริเวณใกล้เคียงท่อทางออก ส่งผลให้ตำแหน่งติดตั้งส่วนล่างสุด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของอุณหภูมิที่วัดได้

**สรุป**

รูปแบบการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลภายในห้องอบแห้งของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยการติดอุณหภูมิเนี่ยมเทปที่ปลายสายเทอร์โมคัปเปิ้ลสามารถนำไปใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในห้องอบได้ โดยมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่วัดได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงอุณหภูมิในการวัด ซึ่งมีค่าลดลงที่ต่ำกว่า 0.20 เปอร์เซ็นต์ของช่วงอุณหภูมิการวัด สำหรับในส่วนของอุณหภูมิในการเกาะติดที่ผิวผนังของห้องอบแห้งทรงกรวยในสภาวะที่มีการเกาะติดของผลิตภัณฑ์ผง

**เอกสารอ้างอิง**

คณะเทคโนโลยีการเกษตร. 2551. การฝึกอบรมเทคโนโลยีการทำแห้งแบบพ่นฝอยระดับอุตสาหกรรม (Spray Drying Technology). เอกสารประกอบการฝึกอบรม, 4 กันยายน 2551, สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.

วสันต์ ดั่งคำจันทร์. 2546. ปัจจัยในการทำงานที่สำคัญสำหรับการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย: กรณีศึกษากระเจี๊ยบผง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อภิชาติ ผึ้งน้อย. 2552. Drying technology for spices & seasoning: Spray drying Process [บทสัมภาษณ์]. ผู้จัดการ บริษัท GEA Process Engineering (S.E.A.) Pte. Ltd. ประเทศไทย.

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

Hassall G. J. 2006. Wall build-up in spray drying processes. [Online]. Available source: <http://www.eng.bham.ac.uk/chemical/study/postgrad/2006>. (2009 Aug 25).

Kota K., and T.A.G. Langrish. 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.