ME-NETT2018

การศึกษาความสูงของเมล็ดข้าวโพดที่ลอยตัวในฟลูอิดไดซ์เบดแบบแนวตั้งเพื่อสร้างระบบลำเลียงอัตโนมัติโดยใช้ฮีตปั๊มร่วมกับฮีตเตอร์

Study Corn Floating Level in Vertical Fluidized bed for Automatic Transport by Heat pump and Heater

จิรเมธา สังข์เกษม[1] กิติศักดิ์ กังละ[2] วรากร เกิดทรัพย์[3] พร้อมพันธ์ แสงแก้ว[4] เกรียงศักดิ์ จุ้นเส้ง[5] บัญชา บูรพัฒนศิริ[6]

[1 2 3 4 5] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล, [6] สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

1761 ถนน พัฒนาการ แขวง สวนหลวง เขต ประเวศ กทม. 10250

โทร 02-3216930-9 ต่อ 1203 E-mail: charinsu@yahoo.com

Gerametha Sungkasem[1] Kitisak Kangla[2] Warakorn Kerdsup[3] Prompun Sangkaew[4] Kriengsak Junsen[5]

Buncha Burapattanasiri[6]

[1 2 3 4 5] Department of Mechanical Engineering, [6] Department of Electronics, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University

1761 Pattanakarn Rd., Suanluang, Prawet, Bangkok 10250

Tel: 02-3216930 -9 Ext.1203 E- mail: charinsu@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาความสูงของเมล็ดข้าวโพดในฟลูอิดไดซ์เบดที่วางในแนวตั้ง ซึ่งเป็นแนวคิดของนำระบบลำเลียงอัตโนมัติในเบดแบบแนวตั้ง โดยการทดลองวัดหาค่าความสูงของการลอยตัวของเมล็ดข้าวโพดในเบดจะเพิ่มขึ้นซึ่งแปรผกผันกับอัตราการอบแห้ง (Drying rate) ที่ต่ำลงเรื่อยๆจนถึงเวลาอบแห้งที่จุดกักเก็บที่ 14% Dry-basis หรือต่ำกว่า และในส่วนของแหล่งพลังงานความร้อนได้จากฮีตปั๊ม และความพลังงานความร้อนเสริมจากชุดฮีตเตอร์ในฟลูอิดไดซ์เบดเพิ่มความร้อนเสริมให้เบดควบคุมอุณหภูมิที่ 80 $^{\circ}C$ ผลการทดลองเมื่อใช้ลิ้นปีกผีเสื้อปรับให้ความเร็วของอากาศร้อนให้ไหลเข้าเบดในลักษณะการไหลแบบปั่นป่วนที่ความเร็วระดับต่างๆ ปรากฏว่าความเร็วอากาศที่7 m/s สามารถลดความชื้นตามมาตรฐานกักเก็บได้ที่ 14 %moisture content (Mc dry-basis) ที่เวลา 120 min โดยมีความสูงของเบดที่ได้จากการทดลองที่ 46 cm.

คำสำคัญ : 1. ความสูงของเบด 2. ความชื้นมาตรฐานเปียก3. ความชื้นมาตรฐานแห้ง และ 4.อัตราการอบแห้ง

Abstract

The research is study some corn floating level in fluidized bed for idea automatic transport to storage. The experiment groups are measure to determine the corn floating level in the bed, which was inversely proportional to the drying rate, until the drying time 120 minutes was 14% Dry- basis or lower and in the heat source from the heat pump and preheat from the heater in to fluidized bed. The experiment groups are control heat in to the bed at the temperature at 80 $^{\circ}C$. The results of the experiment control a turbulent of air velocity and hot air in to the bed by butterfly valve at different speeds. It appears that the air velocity is 7m/s can be reduce moisture content by 14% moisture content dry-basis at 120 minutes with a bed height of 46 cm.

keywords : 1. Corn floating level 2. Moisture content wet-basis 3. Moisture content dry-basis and 4.Drying rate

1. บทนำ

แนวคิดของงานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยที่พัฒนาต่อเนื่องจากงานวิจัยเรื่อง "การเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยใช้ฮีตเตอร์เป็นความร้อนเสริมในฟลูอิดไดซ์เบดที่ใช้ฮีตปั๊ม" โดยเป็นเบดแบบแนวตั้งซึ่งระบบการลำเลียงเดิมโดยการใส่เมล็ดข้าวโพดที่ด้านบนของเบดและ ยกเบดคว่ำลงเพื่อเทเมล็ดข้าวโพดออก ซึ่งมีความยากลำบากต่อการลำเลียง ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดที่จะทำให้เกิดการลำเลียงเมล็ดข้าวโพดแบบอัตโนมัติแบบต่อเนื่องโดยไม่ต้องใช้แรงงานคนในการป้อนและนำเมล็ดข้าวโพดออกจากเบดเลย จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำการการทดลองอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้งเริ่มต้น 350% Moisture content Dry-basis จนกระทั่งถึงความชื้นกักเก็บที่ %14 Moisture content Dry-basis ที่เวลา 120 min หรือ 2 ชั่วโมงโดยใช้เบดที่มีความสูง 1.5 เมตรโดยการทดลองก่อนหน้าความสูง 1.5 เมตรนี้จะไม่มีเมล็ดข้าวโพดกระเด็นออกมาระหว่างทำการอบแห้ง ดังนั้นการวิจัยเรื่องนี้จึงได้เพิ่มการทดลองและศึกษาความสูงของเมล็ดข้าวโพดที่ลอยตัวสูงขึ้นในเบด ณ เวลาการอบแห้งทุกๆ10 min จนถึง 120 min เพื่อให้ได้ขนาดความสูงของเบดที่ตัดแล้วจะได้เมล็ดข้าวโพดที่หลุดลอยออกจากเบดเข้าสู่กรวยและนำไปสู่บรรจุภัณฑ์เพื่อกักเก็บต่อไป

การที่เมล็ดข้าวโพดลอยตัวสูงขึ้นเกิดจากความดันจากพัดลมอัดอากาศและ อากาศร้อนที่ถูกอัดพัดลมอัดอากาศ (Blower) เป่าผ่านฮีตเตอร์จากทางด้านล่างก่อนทางเข้าเบดด้วยความเร็วอากาศเฉลี่ย 7 m/s แต่ละช่วงของการทดลอง ทำให้เมล็ดข้าวโพดลอยตัวสูงขึ้นเรื่อยๆเมื่อเวลาผ่านไปเกิดจากการระเหยของน้ำออกจากเมล็ดข้าวโพดทำให้เมล็ดข้าวโพดมีน้ำหนักเบาขึ้นและลอยตัวสูงขึ้นจนกระทั่งถึงน้ำหนักของที่เมล็ดข้าวโพดที่ต่ำกว่าจุดกักเก็บก็จะหลุดลอยออกจากเบด

2. ทฤษฎีและ การออกแบบ

การคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆของฟลูอิดไดซ์เบด สำหรับการไหลที่ทางเข้าเบดแบบ Steady flow ทำได้ดังนี้

2.1 การคำนวณหาสถานะของฟลูอิดไดเซชัน

ปัจจัยหลักของการออกแบบฟลูอิดไดซ์เบดต้องคำนวณความเร็วอากาศต่ำสุดและความสูงต่ำสุดที่ทำให้เกิดสภาวะฟลูอิดไดเซชัน

สามารถเขียนสมการของ Ergun [1.] ในเทอมของความดันตกคร่อมเบด เพื่อหาความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่นดังนี้

$$\frac{1.75}{\phi_s \varepsilon_{mf}^3}\left(\frac{D_p U_{mf}\rho_g}{\mu}\right)^2+\frac{150(1-\varepsilon_{mf})(D_p U_{mf}\rho_g)}{\phi_s^2 \varepsilon_{mf}\mu}=\frac{D_p^3\rho_g(\rho_s-\rho_g)g_c}{\mu^2} \quad (1)$$

ค่าของตัวแปรของแฟคเตอร์รูปร่าง ϕ_s และ ค่าของสัดส่วนช่องว่างต่ำสุด ε_{mf}

$$\phi_s=\frac{A_{sp}}{A_{sq}} \ , \ \varepsilon_{mf}=\sqrt[3]{\frac{1}{14\phi_s}} \quad (2)$$

และ ความสูงต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่นจากสมการ [1.]

$$L_{mf}=\frac{(1-\varepsilon)L_o}{(1-\varepsilon_{mf})} \quad (3)$$

จากการคัดเลือกเมล็ดข้าวโพด 100 เมล็ด D_p =0.011 m แล้วทำการหาปริมาตรเทียบเท่าและพื้นที่ผิวของเมล็ดข้าวโพดจากเครื่องวัดพื้นที่ (Polar Planimeter) ได้ค่าของ แฟคเตอร์รูปร่าง ϕ_s = 0.1489 และ สัดส่วนช่องว่างต่ำสุด ε_{mf} = 0.7828 นำไปแทนค่าใน (1)ได้ค่าของความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชัน

U_{mf} = 2.394 m/s และ คำนวณหาความสูงต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชัน L_{mf} = 0.538 m

2.2 การหาความดัน ณ ตำแหน่งต่างๆใน ฟลูอิดไดซ์เบด

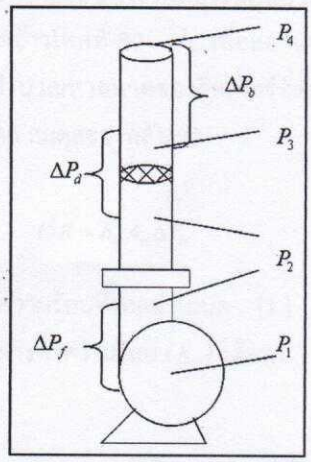
จากรูปที่ 1 ความดันและความดันตกคร่อมที่ตำแหน่งต่างๆประกอบด้วย 1. ความดันที่ทางเข้าและทางออกของพัดลมอัดอากาศ P_1 และ P_2 ตามลำดับ 2. ความดันที่ทางเข้าและ ทางออกเบด P_3 และ P_4 ตามลำดับ 3. ความดันตกคร่อมเบด ΔP_b 4.ความดันตกคร่อมตะแกรงกระจายอากาศ ΔP_d และ 5. ความดันตกคร่อมพัดลมอัดอากาศ ΔP_f

2.2.1 ความดันลดในเบด

สามารถหาได้จากสมการที่เขียนในรูปความสูงและความหนาแน่นโดยที่ ρ_s = 1,446.47 kg/m^3 และ ρ_g =1.127 kg/m^3 เมื่อแทนค่า ε_{mf} และ L_{mf} จะได้

$$\Delta P_b = P_3 - P_4 = L_{mf}(1-\varepsilon_{mf})(\rho_s - \rho_g)\frac{g}{g_c} \qquad (4)$$

และ ความดันลดในเบด ΔP_b =171.23 N/m^2



รูปที่ 1. ตำแหน่งของความดันลดในเบด ณ.จุดต่างๆ

2.2.2 ความดันตกคร่อมตะแกรงกระจายอากาศ

ความดันที่ทางเข้าเบด P_3 =1.03×10^5 N/m^2 ความดันตกคร่อมตะแกรงไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของความดันตกคร่อมเบด [1.] ดังนั้นค่าของ ΔP_d =294.68 N/m^2 จากสมการ [1.] ดังนี้

$$\Delta P_d = 0.1\Delta P_b = P_2 - P_3 \qquad (5)$$

2.2.3 การหาขนาดของพัดลมอัดอากาศ

ความดันที่ทางออกของพัดลมอัดอากาศ P_2 =1.03175 ×10^5 N/m^2 และ ความดันตกคร่อมพัดลมอัดอากาศ ΔP_f =1850.19 N/m^2 สามารถหาขนาดของพัดลมอัดอากาศจากสมการดังนี้

$$Power = Q_2(\Delta P_f) \qquad (6)$$

โดยที่ $$Q_2 = U_{mf} A_t \frac{P_3}{P_2} \qquad (7)$$

คำนวณกำลังของพัดลมอัดอากาศ ได้ 0.454 hp.

2.3 การคำนวณหาสัดส่วนรูเจาะของตะแกรงคำนวณออกแบบ

สัดส่วนของรูเจาะตะแกรงมีผลต่อความเร็วของการไหลในเบด จึงควรเลือกตะแกรงที่มีสัดส่วนรูเจาะเหมาะสมกับ พัดลมอัดอากาศที่ได้ออกแบบไว้ใน หัวข้อ 2.2.3 โดยหาได้จาก [1.]

$$\frac{U_o}{U_{or}} = \text{สัดส่วนของพื้นที่รูเจาะต่อพื้นที่ทั้งหมด} \qquad (8)$$

โดยที่ความเร็วสำหรับเบดว่างเปล่า U_0 ของสมการ Ergun [1.] เพื่อใช้หาสัดส่วนของพื้นที่รูเจาะของตะแกรงต่อ พื้นที่ทั้งหมด

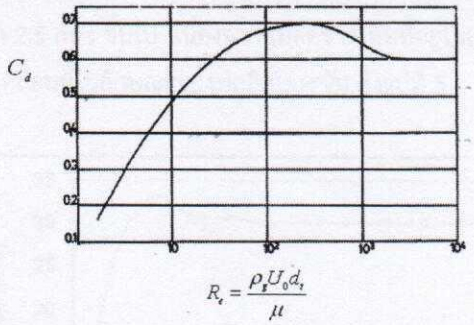
$$\frac{\Delta P_b g_c}{L_0} = \frac{150(1-\varepsilon_{mf})^2 \mu U_0}{\varepsilon_{mf}{}^3(\phi_s.D_p)^2} + \frac{1.75(1-\varepsilon_{mf})\rho_g U_0^2}{\varepsilon_{mf}^3(\phi_s.D_p)} \qquad (9)$$

ผลการคำนวณได้ค่าความเร็วในเบดว่างเปล่า $U_0 = 5.41 m/s$ ก่อนความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านรูเจาะของตะแกรง [1.] หาได้

$$U_{or} = C_d\left[2g_c\frac{\Delta P_d}{\rho_g}\right]^{1/2} \qquad (10)$$

และ ค่าสัมประสิทธิ์ของตะแกรงกระจายอากาศ C_d หาได้จากรูปที่ 2 เมื่อคำนวณค่าของเรย์โนลด์นัมเบอร์ โดยกำหนด d_t = 0.18 m ดังนี้

$$R_e = \frac{\rho_g U_0 d_t}{\mu} = 26{,}308.06 \qquad (11)$$



รูปที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ตะแกรงกระจายอากาศ C_d [1.]

ได้ค่า C_d =0.6 เมื่อแทนค่า U_0 และ U_{or} ลงใน (8) จะได้ สัดส่วนพื้นที่ต่อ รูเจาะ= 52.13 % ต่อพื้นที่ทั้งหมด

2.4 การหาขนาดของฮีตเตอร์

ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิอากาศสำหรับอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ 80 $^{\circ}C$ เพื่อออกแบบขนาดฮีตเตอร์และ คำนวณหาขนาดของฮีตเตอร์ที่ต้องใช้ในการอบแห้งได้จาก สมดุลของพลังงาน

$$I^2 R = h_w A_w \Delta T_b \qquad (12)$$

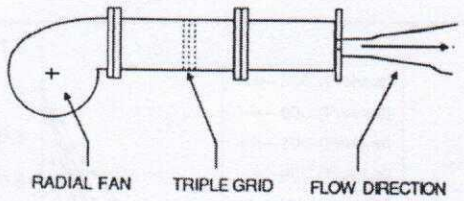
การพาความร้อนที่ไหลผ่านเบด [1.] สามารถหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_w) ได้จาก

$$\left(\frac{h_w D_p}{k_g}\right) = 0.58(\mathrm{Pr})^{0.5}\left(B.\frac{D_p G}{\mu_g}\right)^{0.45}\left(\frac{\rho_s(1-\varepsilon_{mf})}{\rho_g}\right)^{0.18}\left(\frac{C_{ps}}{C_{pg}}\right)^{0.36} \qquad (13)$$

เมื่อแทนค่าจะได้สัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_w =86.61 W/m^2K เมื่อแทนค่าจะได้สัมประสิทธิ์การพาความร้อน h_w =86.61 W/m^2K ปริมาณความร้อนที่เบดต้องการเท่ากับ 2.16 kW ขนาดขดลวดความต้านทานในฮีตเตอร์ต้องไม่น้อยกว่า 36.8 Ω เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ 220 *Volt*

2.5 การวัดการไหลแบบปั่นป่วนที่ทางเข้าเบด

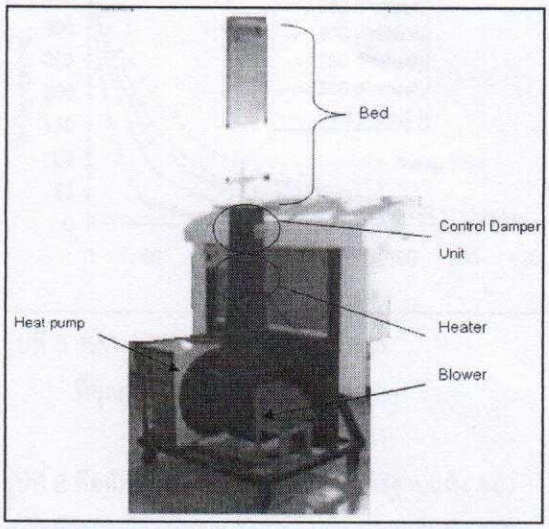
ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์ $R_e = 26{,}308$ เป็นการไหลแบบปั่นป่วน ส่วนการวัดความเร็วของอากาศเมื่อไหลผ่านลิ้นปีกผีเสื้อได้ใช้วิธีการวัด แบบ Triple grid [3.] ดังรูปที่ 3 โดยเจาะรูที่ตำแหน่งทางเข้าเบด โดยรอบจำนวน 3 แถว และวัดโดยรอบที่ความลึกในท่อ 3 ระดับ



รูปที่ 3 วิธีวัด Triple grid ของการไหลแบบปั่นป่วน [2.]

3. ข้อมูลที่ได้จากการออกแบบ

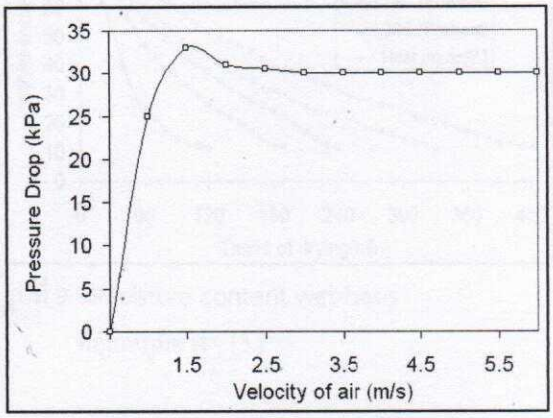
ขนาดที่คำนวณได้เลือกใช้ขนาดของ พัดลมอัดอากาศที่มีขนาดใกล้เคียงที่สุดคือ ขนาด 2 แรงม้า ขนาดของฮีตเตอร์ ที่ใช้อบแห้งโดยพันขดลวดความร้อนที่มีความต้านทาน 36.8 Ω ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเบด 0.25 m และ ขนาดของท่อลมที่ทางเข้าเบดมีขนาด 0.18 m เครื่องอบแห้งที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแสดงในรูปที่ 4



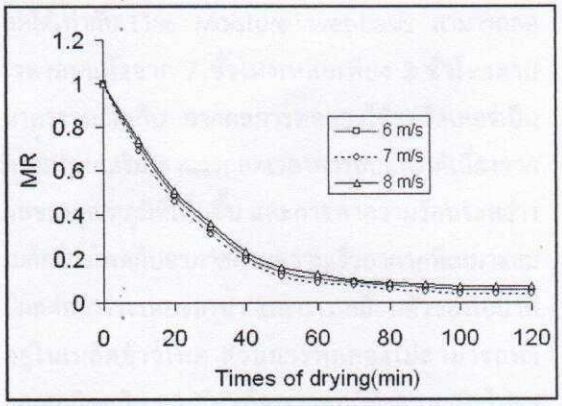
รูปที่ 4 ชุดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดแบบความร้อนเสริม[3.]

4. ผลการทดลอง

การทดลองได้ควบคุมความชื้นของเมล็ดข้าวโพดเริ่มต้นที่ 350 % Mc (dry-basis) เพื่อต้องการลดให้เหลือความชื้นสุดท้าย 14 % Mc (dry-basis) หรือต่ำกว่า โดยการทดลองเริ่มต้นจะเป็นการวัดความดันตกคร่อมเบด ผลการทดลองที่ได้ความดันตกคร่อมเบดจะมีความดันคงที่เมื่อความเร็วของอากาศที่ทางเข้าเบดมากกว่า 2.5 m/s ขึ้นไป เนื่องจาก เมล็ดข้าวโพดที่อยู่ในเบดจะเคลื่อนที่ในลักษณะของฟลูอิดไดเซชัน ดังรูปที่ 5

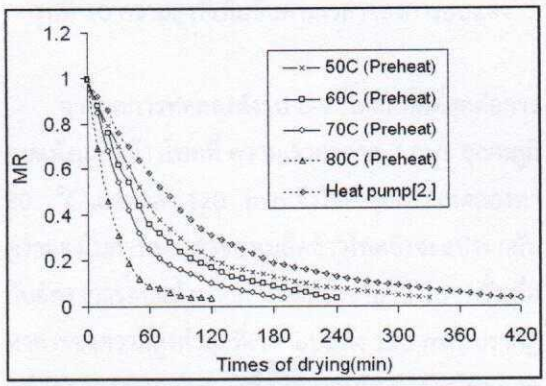


รูปที่ 5 ผลความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและความเร็วอากาศของเบด [3.]



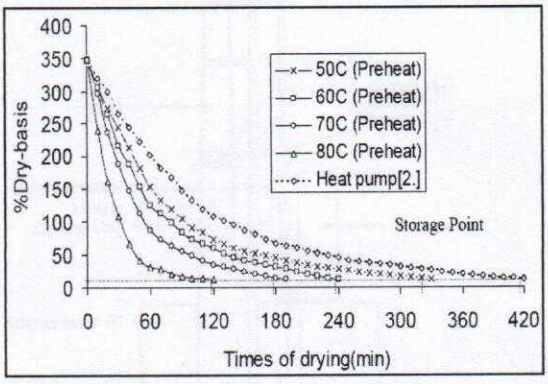
รูปที่ 6 อัตราการอบแห้ง MR ที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}C$ ณ ความเร็วอากาศระดับต่างๆ [3.]

การทดลองหาความเร็วอากาศที่ทางเข้าเบดดังรูปที่ 6 เพื่อหาความเร็วอากาศที่ใช้อ้างอิงสำหรับการทดลองขั้นต่อไป ผลปรากฏว่าความเร็วอากาศที่ 7.0 m/s เป็นความเร็วต่ำสุดและ อุณหภูมิ 80 $^{\circ}C$ ซึ่งเป็นอุณหภูมิสูงสุดโดยที่เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้ปกติโดยไม่เกิดการน๊อคของคอมเพรสเซอร์เนื่องจากระบายความร้อนไม่ทัน ที่อุณหภูมิที่ 45 $^{\circ}C$ ที่ความเร็วอากาศ 7 m/s เท่ากัน โดยผลจากการทดลองใช้ความร้อนเสริมจากฮีตเตอร์ที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}C$ สามารถลดเวลาอบแห้งจาก 7 ชั่วโมงเหลือเพียง 2 ชั่วโมงตามมาตรฐานกักเก็บ



รูปที่ 7 อัตราการอบแห้ง MR ที่อุณหภูมิต่างๆ [3.]

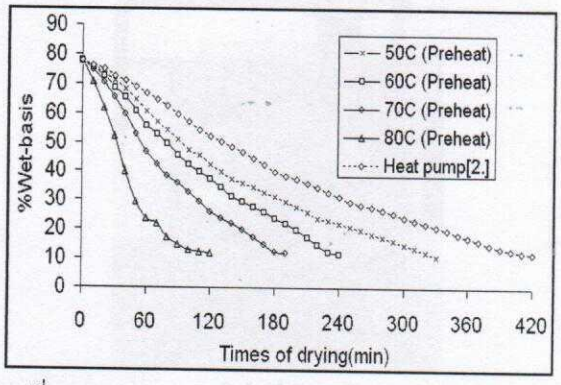
รูปที่ 7 เป็นการเปรียบเทียบ อัตราส่วนความชื้น Moisture Ratio ของเมล็ดข้าวโพดโดยใช้ความร้อนเสริมที่อุณหภูมิ 50, 60, 70 และ 80 $^{\circ}C$ เปรียบเทียบกับฮีตปั๊ม



รูปที่ 8 %Moisture content dry-basis ที่อุณหภูมิต่างๆ [3.]

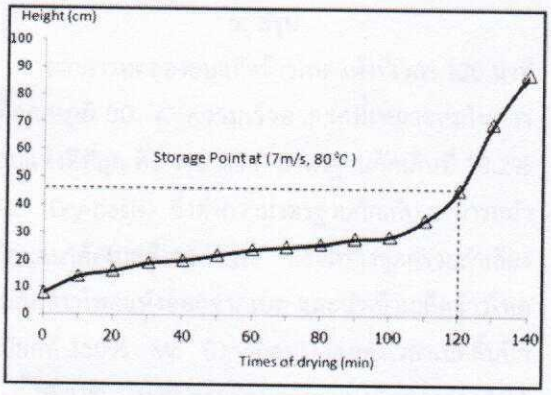
รูปที่ 8 คืออัตราเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง ของเมล็ดข้าวโพดโดยที่ความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้น 350

% Moisture content dry-basis และความชื้นสุดท้ายที่สามารถลดได้เท่ากับ 10.2% เปรียบเทียบอัตราเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก ของเมล็ดข้าวโพดโดยที่ความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้น 350 % Mc dry-basis และความชื้นสุดท้ายที่ลดได้เท่ากับ 10.2% Moisture content dry-basis ตามมาตรฐานกักเก็บ ที่ต่ำกว่า 14% Moisture content dry-basis



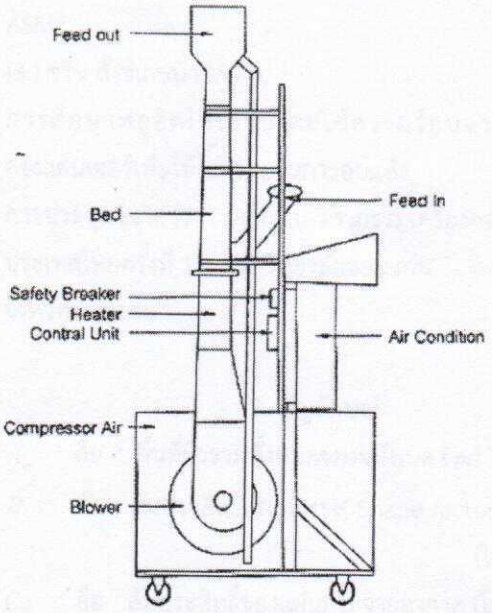
รูปที่ 9 %Moisture content wet-basis ที่อุณหภูมิต่างๆ [3.]

รูปที่ 9 เป็นการเปรียบเทียบ อัตราการอบแห้ง ของเมล็ดข้าวโพดโดยมีความชื้นมาตรฐานเปียกเริ่มต้น 80 % Moisture content wet-basis และความชื้นสุดท้ายที่ลดได้เท่ากับ 11% Moisture wet-basis สามารถลดเวลาอบแห้งจาก 7 ชั่วโมงเหลือเพียง 2 ชั่วโมงตามมาตรฐานกักเก็บ จากผลการทดลองใช้ชุดฮีตเตอร์เป็นความร้อนเสริม สามารถลดเวลาการอบแห้งได้เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และการพาความร้อนระหว่างเมล็ดข้าวโพดกับอากาศด้วยความเร็วอากาศที่เหมาะสมมีผลต่อการระเหยของน้ำ และการเคลื่อนตัวของไอน้ำที่อยู่ในเมล็ดข้าวโพด ส่วนการทดลองไม่สามารถทำอุณหภูมิสูงเกิน 80 $^{\circ}C$ เนื่องอุณหภูมิที่สูงมากเกินไปจะทำให้ฮีตปั๊มมีปัญหาต่อการระบายความร้อนจนทำให้ทำงานผิดปกติจนชุดโอเวอร์โหลดตัดการทำงานได้ ทำให้ต้องเพิ่มความเร็วอากาศสูงเกิน 10 m/s จึงไม่สามารถเปรียบเทียบที่สภาวะของความเร็วอากาศเดียวกันได้



รูปที่ 10 ความสูงที่เพิ่มขึ้นตามเวลาของการอบแห้ง

จากผลการทดลองดังรูป 6-9 ได้ผลที่ดีที่สุดต่อการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ ความเร็วอากาศ 7 m/s อุณหภูมิ 80 ^{0}C และเวลา 120 min จึงใช้อ้างอิงการทดลองหาความสูงในการลอยตัวของเมล็ดข้าวโพดซึ่งจะแปรผกผันกับอัตราการอบแห้งจากการทดลองจำนวน 10 ครั้งเพื่อหาค่าของความสูงต่ำสุดที่เวลาอบแห้ง 120 min ปรากฏว่าได้ความสูง 48 cm. เพื่อตัดเบดให้เมล็ดข้าวโพดหลุดลอยออกจากเบดเข้าสู่ชุดลำเลียงเพื่อกักเก็บโดยมีชุดกรวยลำเลียง (Feed out)และท่อเพิ่มขึ้นมาดังรูป



รูปที่ 10 ชุดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดหลังจากเพิ่มชุดลำเลียงอัตโนมัติแบบต่อเนื่อง

รูปที่ 11 ชุดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดหลังจากเพิ่มชุดลำเลียงอัตโนมัติแบบต่อเนื่อง

รูปที่ 10 และ 11 คือชุดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดหลังจากตัดเบดให้เหลือ 46 cm. เพิ่มชุดกรวยลำเลียงและท่อลำเลียงเมล็ดข้าวโพดแห้งออกจากเบด ส่วนท่อใส่เมล็ดข้าวโพดทางเข้า (feed in)ควบคุมโดยลิ้นปีกผีเสื้อที่มีเสตปปิ้งมอเตอร์ที่สามารถตั้งเวลาในการเปิดไว้ 120 นาทีเพื่อนำเมล็ดข้าวโพดเข้ามาใหม่เป็นระบบอัตโนมัติแบบต่อเนื่อง

รูปที่ 12 เมล็ดข้าวโพดแห้งถูกลำเลียงผ่านท่อ

5. สรุป

จากการทดลองอบแห้งข้าวโพดแห้งที่เวลา 120 นาที ที่อุณหภูมิ 80 $^{\circ}C$ ความเร็วอากาศที่เหมาะสมในการอบแห้งดีที่สุด คือ 7.0 m/s มาตรฐานกักเก็บที่ 10.2% Mc (Dry-basis) ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานกักเก็บ สามารถนำข้อมูลมาตัดเบดที่ 46 cm. และสร้างชุดกรวยลำเลียงเมล็ดข้าวโพดแห้งออกจากเบด และนำเข้าเมล็ดข้าวโพดเปียกที่ 350% Mc (Dry-basis) โดยตั้งเวลาเปิดลิ้นปีกผีเสื้อที่ 120 นาที จากข้อมูลและแนวคิดดังกล่าวจึงได้สร้างชุดทดลองฟลูอิดไดซ์เบดอัตโนมัติแบบต่อเนื่องเป็นผลสำเร็จ

6. เอกสารอ้างอิง

[1.] สมศักดิ์ ดำรงเลิศ (2525). ฟลูอิดไดซ์เซชั่น, ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2.] P.Diodati, N. Paone and G.L.Rossi. (1993) Comparison of Velocity Measurement by Laser-Dropper Velocimetry, Hotwire Anemometry and Particle Image Velocimetry in a Fully Developed Turbulent jet turbulent Flows, ASME,.

[3.] ชริน สังข์เกษม (2547), การศึกษาฟลูอิดไดเซชั่นโดยใช้ความร้อนจากชุดคอนเดนเซอร์เพื่อใช้ในกระบวนการอบแห้ง, การประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

7. สัญลักษณ์

A_w คือ พื้นที่ผิวรวมทั้งหมดของผนังเบด (m^2)

B คือ สัมประสิทธิ์เชิงรูปทรง(Shape factor) (ไม่มีหน่วย)

C_d คือ สัมประสิทธิ์ของแผ่นกระจายอากาศ (ไม่มีหน่วย)

C_{ps} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของข้าวโพด (3.6 $kJ/kg.K$)

C_{pg} คือ ความร้อนจำเพาะของอากาศ (1.007 $kJ/kg.K$)

D_p คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเม็ดข้าวโพด (m)

d_t คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเบด (m)

g_c คือ อัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

h_w คือ สัมประสิทธิ์พาความร้อนของเบด ($W/m^2.K$)

L_{mf} คือ ความสูงต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่น (m)

L_o คือ ความสูงของเม็ดข้าวโพดที่ใส่ในเบด (m)

M คือ มวลขณะอบแห้งที่เวลาใดๆ (g)

M_i คือ มวลขณะเริ่มต้นอบแห้ง (g)

M_e คือ มวลที่ความชื้นสมดุล (g)

m_w คือ มวลเปียก (g)

m_d คือ มวลแห้ง (g)

N_{or} คือ จำนวนรูของตะแกรงต่อหน่วยพื้นที่ (ไม่มีหน่วย)

ΔP_b คือ ความดันลดภายในเบด (N/m^2)

ΔP_f คือ ความดันตกคร่อมพัดลมอัดอากาศ (N/m^2)

ΔP_d คือ ความดันตกคร่อมแผ่นกระจายลม (N/m^2)

P_1 คือ ความดันของ เครื่องอัดอากาศ (N/m^2)

P_2 คือ ความดันในท่อทางเข้าสะเป้าเต็ดเบด (N/m^2)

P_3 คือ ความดัน ณ. ตำแหน่งทางเข้าเบด (N/m^2)

P_4 คือ ความดัน ณ. ตำแหน่งทางออกของเบด (N/m^2)

$Power$ คือ กำลังของพัดลมอัดอากาศ (hp.)

Pr คือ แพรนตัลนัมเบอร์ (ไม่มีหน่วย)

R_e คือ เรย์โนลด์นัมเบอร์ (ไม่มีหน่วย)

ΔT คือ ผลต่างอุณหภูมิอบแห้งข้าวโพดกับอากาศที่อุณหภูมิห้อง(K)

U_0 คือ ความเร็วของอากาศในเบดว่างเปล่า (m/s)

U_{or} คือ ความเร็วอากาศที่ผ่านแผ่นกระจายลม(m/s)

U_{mf} คือ ความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิดไดซ์เบด (m/s)

V_2 คือ ความเร็วลมในท่อทางเข้าสะเป้าเต็ดเบด (m/s)

ε คือ สัดส่วนช่องว่างเฉลี่ย (ไม่มีหน่วย)

ε_{mf} คือ สัดส่วนช่องว่างต่ำสุด (ไม่มีหน่วย)

ϕ_s คือ แฟคเตอร์รูปร่าง (ไม่มีหน่วย)

ρ_s คือ ความหนาแน่นของเมล็ดข้าวโพด (1,446 $kg./m^3$)

ρ_g คือ ความหนาแน่นของอากาศ (1.127 $kg./m^3$)

μ คือ ความหนืดของอากาศ (1.91×10^{-5} $kg./m.s$)