

การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบพ่นฝอยมาแปรรูป สำหรับการผลิตผงเกลือ

The Design and Development of Spray Drying Technology for the Production of Processed Salt

ณัฐดนัย พรรณเจริญวงศ์^{1*} รพีพัฒน์ ลาตศรีทา¹ กมลรัตน์ อ้อเถาว์²
ทรงศักดิ์ ดวงการ² และ นวพล อัมพุล²

¹อาจารย์ ²นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
จังหวัดขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบพ่นฝอยมาแปรรูปสำหรับการผลิตผงเกลือให้เป็นอาหารผงพร้อมใช้งาน โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ชุดหัวฉีด หอบแห้ง และระบบดักเก็บผลิตภัณฑ์ผง การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นแบบไหลของของไหลในทิศทางเดียวกัน ขนาดของหอบแห้งจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 m สูง 1.5 m ใช้ชุดทำความร้อนขนาด 15 kW ใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติแบบ พี ไอ ดี ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ในการควบคุมการทำงาน โดยได้ใช้น้ำเกลือเป็นวัตถุดิบในการทดสอบ อุณหภูมิของอากาศขาเข้ามี 5 ระดับคือ 130 140 150 160 และ 170 °C ความเร็วของอากาศขาเข้ามี 5 ระดับคือ 8 8.5 9 9.5 และ 10 m/s จากการทดสอบพบว่า เครื่องอบแห้งสามารถทำให้น้ำเกลือแห้งกลายเป็นผงได้โดยมีปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ระหว่าง 1.0 - 2.5 % (ฐานเปียก) อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคบริสุทธิ์ (มอก.2086-2544) ชั้นคุณภาพที่หนึ่งซึ่งมีความชื้นไม่เกิน 3 %

Abstract

The objective of study was to design and development of spray drying technology for production of salt powder. The process design and build spray dryer that consisted of three parts: an atomizer, a drying column and a dry powder collecting unit. The operation of a spray dryer was co-current flow. A drying column had diameter 0.5 m, high 1.5 m and heater 15 kW with automatic temperature control, PID 220 V AC power. The test used a saline solution. The inlet air temperature had 5 levels: 130 140 150 160 and 170 °C. The inlet air velocity had 5 levels: 8 8.5 9 9.5 and 10 m/s. The results were a spray dryer be able to saline solution became salt powder with moisture content between 1.0 - 2.5 % (wet basis), which was in the standard of pure consumable salt (TIS 2086-2544) and can be classified at first class that moisture content had no more than 3 %

คำสำคัญ : การอบแห้งแบบพ่นฝอย เกลือ ความชื้น

Keywords : Spray Dryer, Salt, Moisture Content

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ nattadon.pa@gmail.com โทร. 0 4323 540

1. บทนำ

เกลือ (Salt) เป็นสารประกอบที่เกิดจากโลหะหรือธาตุเทียบเท่าโลหะ ไปแทนที่ไฮโดรเจน (H) ในกรดอาจแทนที่ทั้งหมดหรือแทนเพียงอะตอมก็ได้ ส่วนใหญ่มีรสเค็ม มีหลายสีตามองค์ประกอบของธาตุ เกลือแกงมีชื่อทางเคมีว่าโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride) สูตรทางเคมีคือ NaCl มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า เกลือสมุทร มีลักษณะทางกายภาพเป็นผลึกสีขาว สามารถละลายน้ำได้ดี ในธรรมชาติพบมากในน้ำทะเล ใช้ในการอุปโภค บริโภค

การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dry) สามารถประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอาหารผง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบกว่าวิธีการอบแห้งวิธีอื่นคือ ใช้เวลาสั้นและสะดวกต่อการบรรจุ ใช้ผลิตอาหารแห้งได้หลายประเภทและคุณภาพสูง เช่น นมถั่วเหลืองผง ได้ใช้เครื่องอบแห้งพ่นฝอยโดยใช้ลมร้อนขาเข้าที่ 110 130 และ 150 °C และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 6 9 และ 12 โดยน้ำหนักที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำนมถั่วเหลืองผงที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยพบว่า การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 130 °C และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 12 โดยน้ำหนักจะให้นมถั่วเหลืองผงที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด น้ำสับปรดผง ใช้อุณหภูมิลมร้อนที่ 130 150 และ 170 °C และปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่ร้อยละ 37 40 และ 43 ของน้ำ น้ำหนักแห้ง พบว่า ผลผลิตแห้งที่ได้มีความชื้นร้อยละ 2.04-3.64 มาตรฐานแห้ง และความสามารถในละลายมากกว่าร้อยละ 90 การเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตลดลง และอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เป็นต้น

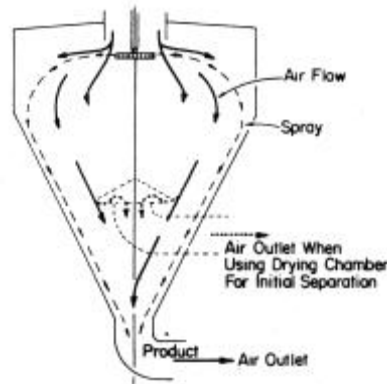
ดังนั้นเพื่อให้ได้ผงเกลือสำหรับการบริโภค งานวิจัยนี้จึงศึกษา ออกแบบ และพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบพ่นฝอยมาแปรรูปน้ำเกลือให้เป็นอาหารผง โดยมีปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต้องอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคบริสุทธิ์ (มอก.2086-2544)

2. วิธีการทดลอง



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ชุดหัวฉีด 2 หัว หอบอบแห้ง และระบบดักเก็บผลิตภัณฑ์ผง การทำงานของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นแบบไหลของของไหลในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยเป็นแบบไหลของของไหลในทิศทางเดียวกัน

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถเขียนสมการสมดุลพลังงานได้ดังสมการ

$$Q_{total} = Q_{dry} + Q_{loss} \quad (1)$$

$$Q_{total} = G_a C_a (T_{a2} - T_{a1}) \quad (2)$$

$$Q_{dry} = hA\Delta T_{LMTD} = h_v V_c \Delta T_{LMTD} \quad (3)$$

$$Q_{loss} = U_L A_c (T_{a1} - T_d) \quad (4)$$

เมื่อ

G_a คืออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแห้งที่

อุณหภูมิอากาศร้อนขาเข้า kg/h

C_a คือค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ kcal/kg°C

A_c คือพื้นที่ผิวของหอบอบแห้ง m^2

U_L คือสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน kcal/ $m^2 h^\circ C$

T_{a1} คืออุณหภูมิอากาศขาเข้า $^\circ C$

T_{a2} คืออุณหภูมิอากาศขาออก $^\circ C$

h คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน kcal/ $m^2 h^\circ C$

h_v คือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร kcal/ $m^3 h^\circ C$

V_c คือปริมาตรของหอบอบแห้ง m^3

ΔT_{LMTD} คือความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยล็อกกลีทิม $^\circ C$

T_d คืออุณหภูมิบรรยากาศระเปาะแห้ง $^\circ C$

A คือพื้นที่ผิวของอนุภาคของเหลวทั้งหมดภายในหอบอบแห้ง

คำนวณหาสมดุลความชื้นเมื่อความชื้นขาเข้าเท่ากับความชื้นขาออกจากสมการ

$$G_a H_1 + M_s W_{s1} = G_a H_2 + M_s W_{s2} \quad (5)$$

เมื่อ

H คือความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศ kg/kg dry air

M_s คืออัตราการไหลเชิงมวลสารแห้งที่มีในสารป้อน kg/h

W_s คืออัตราส่วนความชื้นที่มีในสารป้อนต่อมวลสารแห้งที่มีอยู่ในสารป้อน kg/kg dry solid

คำนวณหาสมดุลความร้อนเมื่อความร้อนขาเข้าเท่ากับผลรวมของความร้อนขาออกกับความร้อนสูญเสียจาก

สมการ

$$G_a Q_{a1} + M_s Q_{s1} = G_a Q_{a2} + M_s Q_{s2} + Q_{loss} \quad (6)$$

$$Q_a = C_a (T - T_r) + aH$$

$$Q_s = C_{ds} (T - T_r) + W_s C_w (T - T_r) \quad (7)$$

เมื่อ

Q_a คือเอนทัลปีของอากาศ kcal/kg

Q_s คือเอนทัลปีของสารอบแห้ง kcal/kg

a คือค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ kcal/kg°C

C_{ds} คือค่าความจุความร้อนของของแข็งแห้ง kcal/kg°C

C_w คือค่าความจุความร้อนของน้ำ kcal/kg°C

คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งทั้งหมดจากสมการ

$$Q_{dry} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (8)$$

$$Q_1 = M_s C_{ds} (T_{s2} - T_{s1}) \quad (9)$$

$$Q_2 = M_s w_{s1} C_w (T_{w2} - T_{s1}) \quad (10)$$

$$Q_3 = M_s (w_{s1} - w_{s2}) a \quad (11)$$

$$Q_4 = M_s w_{s2} C_w (T_{a2} - T_w) \quad (12)$$

$$Q_5 = M_s (w_{s1} - w_{s2}) C_{a2} (T_{a2} - T_{w2}) \quad (13)$$

คำนวณหาพื้นที่ผิวของหอบแห้ง A_c จาก

$$Q_{loss} = U_L A_c (T_{a1} - T_c) \quad (14)$$

เมื่อ

Q_{loss} คือความร้อนสูญเสีย kcal/kg

T_{a1}, T_{a2} คืออุณหภูมิของอากาศขาเข้าและขาออกตามลำดับ °C

T_c คืออุณหภูมิของบรรยากาศกระเปาะแห้ง °C

หอบแห้งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหุ้มฉนวนมีค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนเท่ากับ

$$U_L = 15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

$$A_c = \pi D_c L' + \left(\frac{\pi}{2} D_c \sqrt{\left(\frac{D_c}{2} \right)^2} \right) \quad (15)$$

เมื่อ

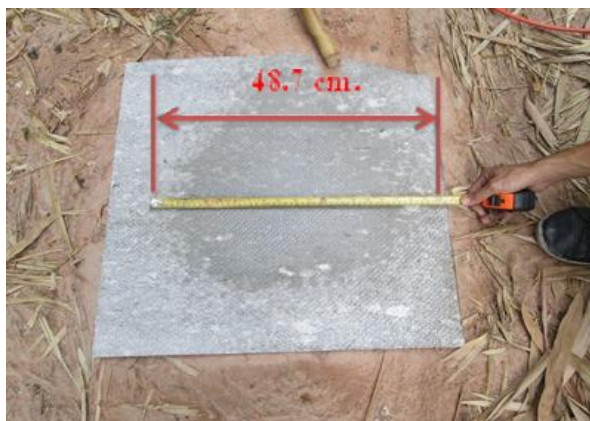
D_c คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหอบแห้งที่ได้จาก

การทดลองหาค่า, m

L' คือความสูงของหอบแห้งรูปทรงกระบอก, m

A_c คือพื้นที่ผิวของหอบแห้ง, m^2

โดยทดลองหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหอบแห้ง ด้วยวิธีการทดลองหาค่าโดยการฉีดยาเพื่อหาระยะการกระจายตัวสูงสุดของละอองของเหลว พบว่าการกระจายตัวสูงสุดของละอองของเหลวอยู่ที่ 48.7 เซนติเมตร หรือประมาณ 50 เซนติเมตร ($D_c = 0.5$ m) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ทดลองหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหอบแห้ง

ดังนั้นขนาดของหอบแห้งจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 m สูง 1.5 m ใช้ชุดทำความร้อนขนาด 15 kW โดยใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติแบบ พี ไอ ดี ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ในการควบคุมการทำงานโดยได้นำน้ำเกลือเป็นวัตถุทดสอบ อุณหภูมิของอากาศขาเข้ามี 5 ระดับคือ 130 140 150 160 และ 170 °C ความเร็วของอากาศขาเข้ามี 5 ระดับคือ 8 8.5 9 9.5 และ 10 m/s



รูปที่ 4 ตู้อบลมร้อน

นำเกลือที่ได้จากการอบแต่ละการทดลอง มาอบแห้งหาค่าความชื้นสุดท้ายด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ดังรูปที่ 4 ที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยใช้สมการ

$$MC(\%wb) = \frac{(W_w - W_d)}{W_w} \times 100 \quad (16)$$

เมื่อ

$MC(\%wb)$ คือเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานเปียก

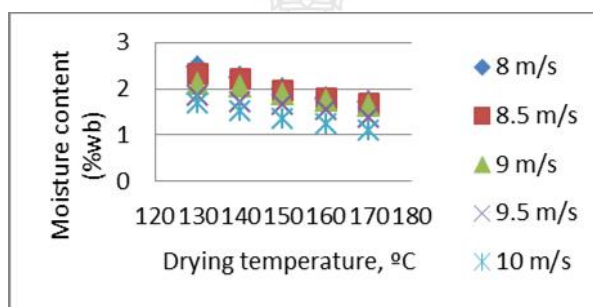
%

W_w คือน้ำหนักเกลือก่อนอบ g

W_d คือน้ำหนักเกลื่อหลังอบ g

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

จากการทดลองเครื่องอบแห้งแบบฟันทอยเพื่อผลิตผงเกลือพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของผงเกลือกับความเร็วของอากาศขาเข้าและอุณหภูมิของอากาศขาเข้าแสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของผงเกลือกับความเร็วของอากาศขาเข้า และอุณหภูมิของอากาศขาเข้า

จากรูปพบว่าแนวโน้มของความชื้นของผงเกลือจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิอากาศร้อนมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเพิ่มความเร็วของอากาศขาเข้าค่าความชื้นของผงเกลือก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน โดยค่าความชื้นของผงเกลือมีค่าอยู่ระหว่าง 1-2.5 % (ฐานเปียก) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคบริสุทธิ์ (มอก.2086-2544) ชั้นคุณภาพที่หนึ่งซึ่งมีความชื้นไม่เกิน 3 % โดยผงเกลือที่ได้หลังจากการอบแห้งแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เกลือที่ได้หลังจากการอบแห้ง

4. สรุป

ขนาดของหอบแห้งที่ได้ออกแบบมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 m สูง 1.5 m ใช้ชุดทำความร้อนขนาด 15 kW ใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติแบบ พี ไอ ดี ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ในการควบคุมการทำงาน เครื่องอบแห้งสามารถทำให้น้ำเกลือแห้งกลายเป็นผงได้โดยมีปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้อยู่ระหว่าง 1.0 - 2.5 % (ฐานเปียก) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคบริสุทธิ์ (มอก.2086-2544) คุณภาพที่หนึ่งซึ่งมีความชื้นไม่เกิน 3 %

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนพานนท์. 2554. เกลือ. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร.เว็บไซต์ www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1464/salt. เข้าดูเมื่อ 13/12/2555.
- วสันต์ ดั่งคำจันทร์. 2546. ปัจจัยในการทำงานที่สำคัญสำหรับการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยกรณีศึกษากระเจี๊ยบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์ และคณะ. 2546. สมบัติทางกายภาพของน้ำมันถั่วเหลืองผงและคินรูปที่ผ่านกรรมวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: ครั้งที่ 41. 242-250 น.
- สโรบล สโรชวิสิต และชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. 2554. ผลของอุณหภูมิการอบแห้งและสารช่วยอบแห้งต่อคุณภาพของน้ำสับประรดผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.: ปีที่ 34 ฉบับที่ 3. 203-215 น.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2545. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกลือบริโภคบริสุทธิ์ (มอก. 2086-2544). กระทรวงอุตสาหกรรม
- Arun S. Mujumdar. 1987. *Handbook of Industrial Drying*. Marcel Dekker Incorporated, New York.
- Keith Masters. 1985. *Spray drying handbook*. Halstead Press, New York.