พระบรมราชูปถัมภ์ สถาบันเทคโนโลยีการ
วิทยาลัยการอาชีพมหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สาเหตุและที่มาของปัญหา

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญประเภทหนึ่งของประเทศไทย เพราะนอกจากใช้ในการบริโภคของประชากร และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ภายในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอีกด้วย [1] การเก็บผลผลิตข้าวโพดไว้บริโภคตลอดปี จำเป็นต้องมีวิธีการเก็บรักษาที่ดี เพื่อให้คุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค ปัจจัยที่สำคัญของการเก็บรักษา คือ เมล็ดพืชต้องมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสม สามารถเก็บรักษาให้ปลอดภัยจากสารพิษแอฟลาทอกซินอันเกิดจากเชื้อราได้ตลอดเวลาที่กักเก็บไว้

การศึกษาที่มาของปัญหาเพื่อหาทางป้องกันอันเกิดจากสารพิษนี้ จึงมีส่วนสำคัญโดยต้องทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสารแอฟลาทอกซิน ซึ่งมีหลายสาเหตุดังเช่น ชนิดของเชื้อรา ชนิดของอาหาร และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสร้างแอฟลาทอกซินคือ 25 - 30 องศาเซลเซียส และที่สำคัญ คือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เชื้อราชอบขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ประมาณร้อยละ 85 ขึ้นไป การลดปัญหาอันเกิดจากสารแอฟลาทอกซินให้ได้ผลดีที่สุด คือการลดการเกิดของเชื้อรา โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ดีมีค่าประมาณร้อยละ 65 ซึ่งตรงกับความชื้นของข้าวโพดประมาณร้อยละ 10 - 15

กระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับข้าวโพดที่จะส่งออกไปยังต่างประเทศโดยคำนึงถึงองค์ประกอบของคุณภาพที่สำคัญ คือ 1. ความชื้นภายในเมล็ด 2. เมล็ดเสีย 3. เมล็ดแตก 4. สิ่งเจือปน 5. องค์ประกอบของคุณภาพอื่นๆสำหรับข้าวโพด สำนักงานมาตรฐานได้แบ่งมาตรฐานข้าวโพดออกเป็น 2 ชั้น คือ ข้าวโพดชั้น 1 และข้าวโพดชั้น 2 โดยกำหนดมาตรฐานของแต่ละชั้นไว้ดังนี้ ข้าวโพดชั้น 1 ต้องเป็นข้าวโพดเมล็ดดี หากจะมี

1. เมล็ดสีอื่น ต้องไม่เกินร้อยละ 1 ของน้ำหนัก

2. เมล็ดเสียบางส่วน และเมล็ดเสียมากรวมกัน ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก แต่เมล็ดเสียมากรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก

3. เมล็ดที่ถูกแมลงทำลายต้องไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

4. เมล็ดแตกและเมล็ดลีบ รวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

5. วัสดุอื่นต้องไม่เกินร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก ะไม่มีเมล็ดพืชน้ำมัน หรือวัสดุมีพิษเจือปน

6. ความชื้นโดยเฉลี่ยต้องไม่เกินร้อยละ 14.5 ของน้ำหนัก และไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งเกินร้อยละ 15 ของน้ำหนัก

ข้าวโพดชั้น 2 ต้องเป็นข้าวโพดเมล็ดดี หากจะมี

1. เมล็ดสีอื่น ต้องไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก

2. เมล็ดเสียบางส่วนและเมล็ดเสียมาก รวมกันไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนักแต่เมล็ดเสียมากรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

3. เมล็ดที่ถูกแมลงทำลายต้องไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก

4. เมล็ดแตกและเมล็ดลีบรวมกันต้องไม่เกินร้อยละ 3 ของน้ำหนัก

5. วัสดุอื่นต้องไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก และไม่มีเมล็ดพืชน้ำมัน หรือวัสดุมีพิษเจือปน

6. ความชื้นโดยเฉลี่ยต้องไม่เกินร้อยละ 15.5 ของน้ำหนัก

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ เครื่องอบแห้งที่ใช้กันในปัจจุบันยังมีประสิทธิภาพต่ำ ซึ่งเป็นผลทำให้ค่าใช้จ่ายสูง ไม่เป็นที่นิยม ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศร้อนจะมีผลกับประสิทธิภาพมาก [8]

ในการเพิ่มศักยภาพการถ่ายเทความร้อนและมวลสารนั้น ได้มีการนำระบบสั่นสะเทือนเครื่องอบแห้งเข้าช่วย ซึ่งปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อนและมวลสารในการอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่น ที่มีระบบสั่นสะเทือนนั้น Mujumdar, Pakowski et al.[2-4] กล่าวถึงข้อดีของระบบนี้ว่า

1. ในการอบแห้งวัสดุที่มีปริมาณความชื้นสูง ทำให้อนุภาคมีลักษณะฟลูอิดไดเซชั่นได้ง่ายด้วยการสั่นสะเทือนของระบบสั่นสะเทือน

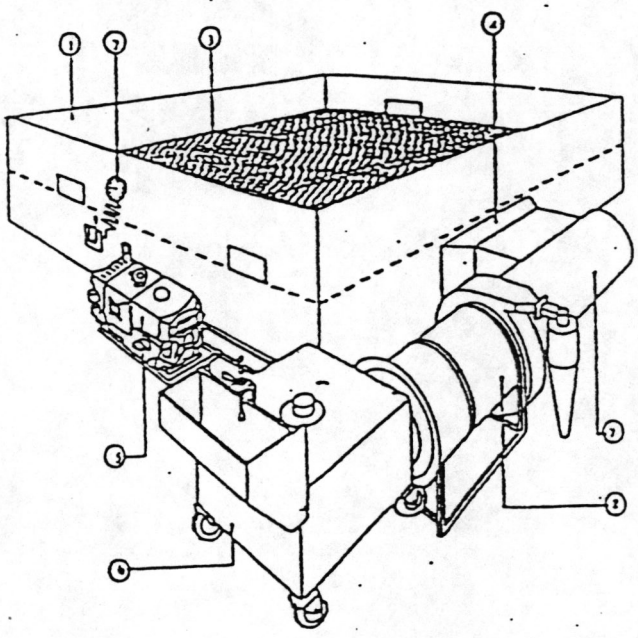
2. สามารถลดปริมาณความเร็วลมที่ใช้ในการทำให้เกิดฟลูอิดไดเซชั่น

3. อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น จากการแตกกระจายของวัสดุเปียกที่จับตัวเป็นกลุ่มก้อน

คำถามในการอบแห้งที่เราต้องการทราบก็คือ การอบแห้งที่เงื่อนไขใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ใช้อุณหภูมิอากาศร้อนเท่าไร อุณหภูมิอากาศร้อนและเมล็ดข้าวโพดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เราจะใช้คำตอบของคำถามเหล่านี้ในการกำหนดจุดเริ่มต้นในการออกแบบเครื่องอบแห้งที่เหมาะสมได้รวดเร็วยิ่งขึ้นกว่าแบบลองผิดลองถูก โดยการหาคำตอบนี้ทำได้โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับการทดลอง เพื่อตรวจสอบผลจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1.2 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

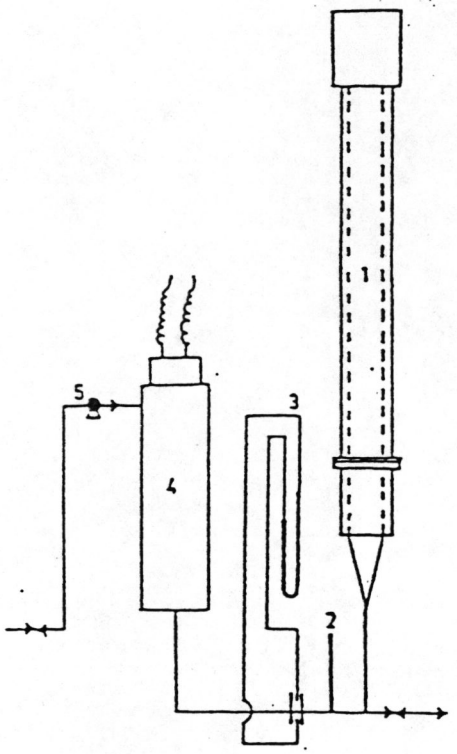
กองเกษตรวิศวกรรมได้ออกแบบเครื่องอบเมล็ดพืช -1 ที่เหมาะสำหรับการใช้เศษวัสดุทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง เช่น แกลบ อุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้อยู่ในช่วง 43-49 องศาเซลเซียส ปริมาณอากาศร้อน 30 ลูกบาศก์เมตร/นาที/ลูกบาศก์เมตรข้าวเปลือก เวลาที่ใช้อบไม่เกิน 6 ชั่วโมง จะสามารถอบข้าวเปลือกได้เต็มที่ไม่เกิน 2,000 กิโลกรัม แต่การควบคุมอากาศร้อนทำได้ลำบากมาก เนื่องจากอัตราการเผาไหม้ไม่สม่ำเสมอ และในอากาศร้อนจะมีความชื้นที่เกิดจากการสันดาปของเชื้อเพลิง ทำให้ประสิทธิภาพของการลดความชื้นลดลง เครื่องมือแสดงไว้ในรูป 1.1 [5]



รูป 1.1 เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชของกองเกษตรวิศวกรรม [5]

ส่วนประกอบของเครื่องมือ
1. กะบะใส่เมล็ดพืช
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. ตะแกรง
4. ท่อผ้าใบ
5. เครื่องยนต์
6. เตาเผาแกลบ
7. ท่อลม
8. พัดลม

อดิศร พิพัฒนวนิชและสาวิตรี บิณฑสันต์ ได้ศึกษาการนำเทคนิคฟลูอิดไดเซชั่นมาอบแห้งเมล็ดพืชเช่นข้าวโพดและถั่วเขียว โดยนำเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูงบรรจุในหอทดลองปล่อยอากาศจากเครื่องอัดอากาศ ผ่านเครื่องทำความร้อนแล้วเข้าไปในเบด ความเร็วอากาศร้อนที่ใช้จะเป็น 1.25 เท่าของความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิดไดซ์ ส่วนการควบคุมอุณหภูมิอากาศให้คงที่ทำได้ยาก เพราะอากาศจากเครื่องอัดอากาศ มีขนาดไม่สม่ำเสมอ อุณหภูมิที่ใช้จะมีค่าเป็นช่วงๆเช่น 80-86 องศาเซลเซียส และ 115-125 องศาเซลเซียส การใช้อุณหภูมิเพื่อทำให้น้ำที่ผิวของเมล็ดพืชระเหยได้เร็ว แล้วยังช่วยให้อัตราการซึมผ่านของความชื้นจากภายในมาสู่ภายนอกเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังแสดงเครื่องมือในรูป 1.2 [6]

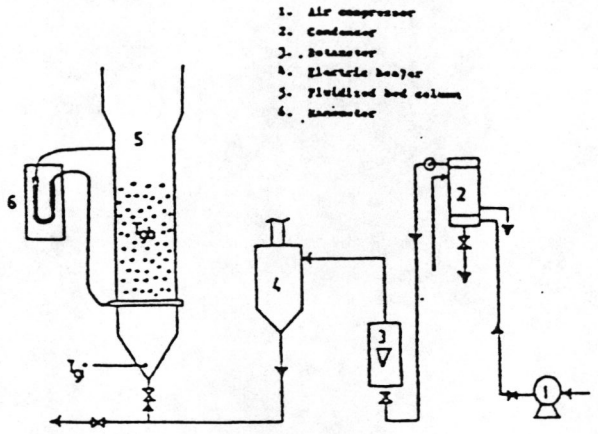


ส่วนประกอบของเครื่องมือ

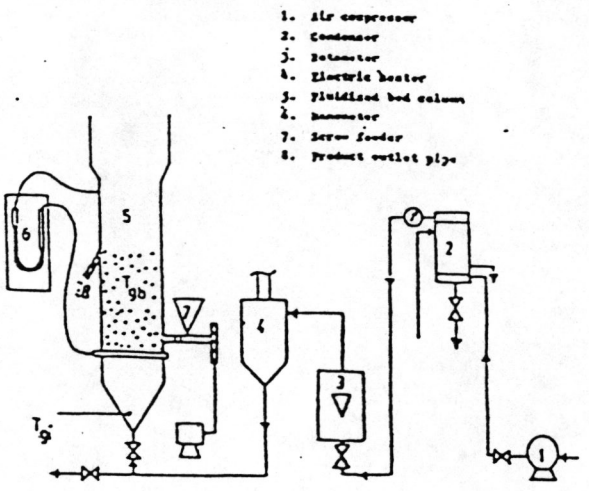
1. ฟลูอิดไดซ์เบดคอลัมน์
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. มานอมิเตอร์
4. แหล่งผลิตอากาศร้อน
5. เครื่องอัดอากาศ

รูป 1.2 เครื่องฟลูอิดไดเซชั่นสำหรับการอบแห้งเมล็ดพืช [6]

รัตนา ศานติยานนท์ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องมือทั้งแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เทคนิคฟลูอิดไดซ์เบดทำข้าวนึ่งให้แห้ง จากผลการทดลองพบว่า การทำข้าวนึ่งให้แห้งได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง ควรเป็นระบบที่มีการป้อนข้าวอย่างต่อเนื่อง เพราะทำได้สะดวกรวดเร็ว ข้าวที่ได้มีคุณภาพดี สภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ อุณหภูมิอากาศร้อน 183 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของอากาศ 0.65 กิโลกรัม/วินาที/ตารางเมตร และอัตราการผลิตข้าวนึ่ง 31.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังแสดงเครื่องมือในรูป 1.3 และ 1.4 [7]

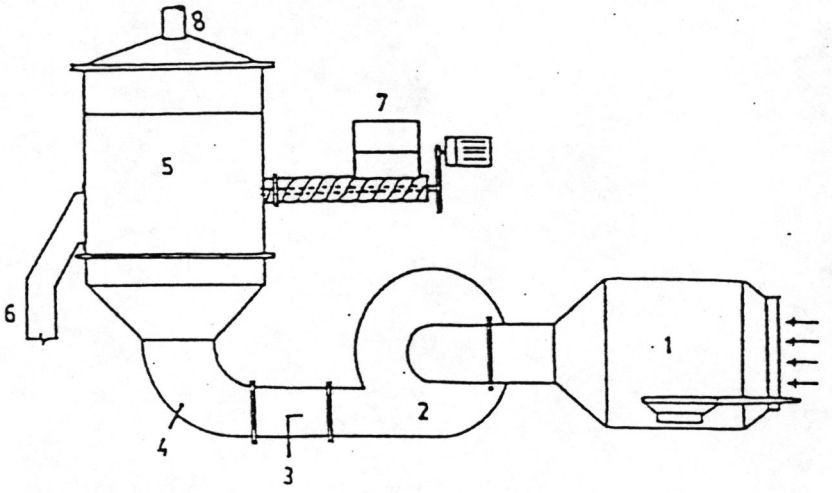


รูป 1.3 เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์แบบไม่ต่อเนื่อง



รูป 1.4 เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์แบบต่อเนื่อง

สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์, กษิรา บิลมาศ ศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดแบบชั้นเดียว ลดความชื้นข้าวโพดจากความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 18-22 (น้ำหนักเปียก) พบว่าที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 18 และ 21 สามารถลดความชื้นได้ตรงตามความต้องการของตลาด คือ ร้อยละ 14.5 และ 13 สำหรับการเก็บรักษา แต่ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องมือยังต่ำ คือ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 6 สาเหตุจากการสูญเสียความร้อนไปกับอากาศร้อนของเครื่องมือซึ่งมีอุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ รวมทั้งเป็นเหตุให้ค่าใช้จ่ายในการอบแห้งสูง ดังแสดงเครื่องมือในรูป 1.5 [8]

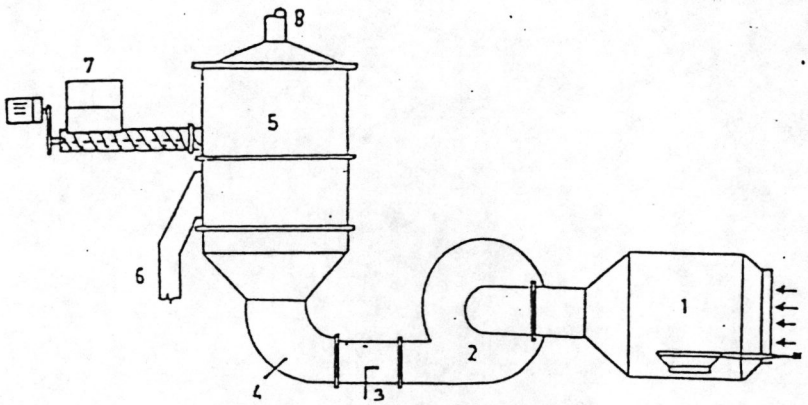


รูป 1.5 เครื่องอบแห้งเมล็ดข้าวโพดแบบฟลูอิดไดซ์เบดชั้นเดียว [8]

ส่วนประกอบของเครื่องมือ

1. เครื่องผลิตอากาศร้อน
2. เครื่องเป่าอากาศ
3. ปิทอตทิว
4. เทอร์โมคับเปิลวัดอุณหภูมิ
5. ตัวเครื่องอบแห้ง
6. ทางออกเมล็ดข้าวโพด
7. เครื่องป้อนเมล็ดข้าวโพด

มินา แซ่แต้ ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวโพดในฟลูอิดไดซ์เบดหลายชั้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะที่สุดในการอบแห้งข้าวโพด ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยอากาศร้อนที่มีอุณหภูมิสูง โดยทำการเพิ่มชั้นในการอบแห้ง กล่าวคือ จากในงานวิจัยของ สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์ และกษิรา บิลมาศนั้น ได้สร้างเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดแบบชั้นเดียว ก็ได้พัฒนาประสิทธิภาพของเครื่อง โดยสร้างเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดแบบ 2 ชั้นขึ้น โดยเมล็ดข้าวโพดชื้นจะถูกป้อนเข้าทางชั้นบนแล้วไหลออกทางชั้นล่าง เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยเหล็กกล้า ที่มีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 75 เซนติเมตร และสูง 90 เซนติเมตร เมล็ดข้าวโพดที่ใช้ทดลองมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 18-25 โดยน้ำหนักเปียก มีอัตราการป้อนในช่วง 37-111 กิโลกรัม/ชั่วโมง อุณหภูมิอากาศร้อนมีค่าเปลี่ยนแปลงจาก 90-110 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วอากาศประมาณ 13354.4 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพ ทางความร้อนของเครื่องมือเฉลี่ยร้อยละ 12.25 ดังแสดงเครื่องมือในรูปที่ 1.6 [9]

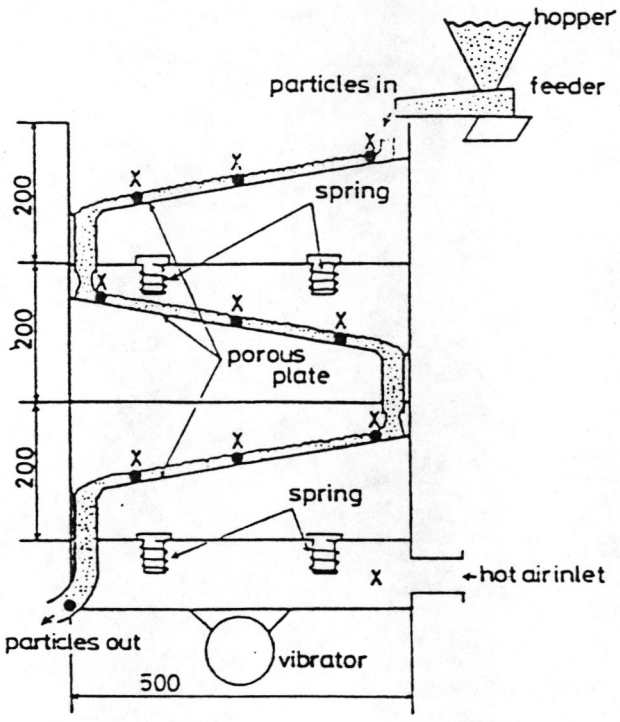


รูปที่ 1.6 เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดแบบ 2 ชั้น [9]

ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้ง

1. เครื่องผลิตอากาศร้อน
2. เครื่องเป่าอากาศ เป็นตัวดูดอากาศร้อนไปยังเครื่องอบแห้ง
3. พิทอตทิว ใช้ตรวจสอบความเร็วของอากาศ
4. เทอร์โมคับเปิล วัดอุณหภูมิ
5. ตัวเครื่องอบแห้ง มี 2 ชั้น ใช้สำหรับอบแห้งข้าวโพด
6. ทางออกของข้าวโพด หลังจากผ่านการอบแห้งแล้ว
7. เครื่องป้อนข้าวโพด จะมีเครื่องควบคุมอัตราการป้อนข้าวโพด

Masanobu Hasatani,Norio Arai และ Kiyoshi Hori [16] ได้ทำการวิจัยถึงผลของการนำระบบสั่นสะเทือนเชิงกลเข้ามาประยุกต์ใช้ในเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดหลายชั้น โดยได้ผลสรุปว่า ผลจากการนำระบบสั่นสะเทือนเชิงกลเข้ามามีส่วนในการอบแห้งนั้น จะได้ผลที่มีส่วนคล้ายกับการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศร้อน กล่าวคือ เมื่อมีการเพิ่มอัตราการสั่นสะเทือน เราจะได้อัตราการอบแห้งที่เพิ่มขึ้น



รูป 1.7 เครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด 3 ชั้น ที่มีระบบสั่นสะเทือนเชิงกล

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมานั้น พบว่า ในงานวิจัยของ มินา แซ่แต้ [9] นั้นจะมีการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน ของเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด โดยการเพิ่มชั้นการไหลของเมล็ดข้าวโพด และในงานวิจัยของ Hasatani M [16] นั้นจะเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการอบแห้งจากการนำระบบสั่นสะเทือนเชิงกลเข้ามาใช้กับเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ จะได้นำผลที่ได้จากการศึกษางานวิจัยของทั้ง 2 ท่าน มาเป็นแนวทางในงานวิจัย คือ

1. สร้างโปรแกรมการทำนายผลการอบแห้งในเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดแบบชั้นเดียวกับเมล็ดข้าวโพด

2. การทดลองเพื่อหาค่าอัตราส่วนความชื้นอิสระวิกฤตของเมล็ดข้าวโพด

3. นำระบบสั่นสะเทือนเชิงกลข้ามาใช้กับเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อ

   3.1 การไหลที่ดีของเมล็ดข้าวโพด

   3.2 เพิ่มอัตราการอบแห้งของเมล็ดข้าวโพด

4. เพิ่มชั้นการไหลของเมล็ดข้าวโพดจากที่ มินา แซ่แต้ [9] จัดทำไว้ 2 ชั้นเป็น 4 ชั้น เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดแนวตั้ง

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนในการอบแห้งข้าวโพด ในเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดหลายชั้นที่มีระบบสั่นสะเทือน

1.3.2 เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการอบแห้ง

1.3.3 เพื่อสร้างโปรแกรมการทำนายผลการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ จะเป็นการพัฒนาเครื่องอบแห้งฟลูอิดไดเซชั่นแบบต่อเนื่อง ในลักษณะใกล้เคียงกับของ มินา แซ่แต้ [9] แต่เพิ่มชั้นการไหลของเมล็ดข้าวโพดมากขึ้น และติดตั้งระบบสั่นสะเทือนเชิงกลให้กับเครื่องอบแห้ง เพื่อให้เมล็ดข้าวโพดมีโอกาสสัมผัสกับอากาศร้อนได้นานขึ้น การเคลื่อนตัวตามชั้นการไหลเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง

ส่วนของการสร้างโปรแกรมการทำนายผลการอบแห้ง จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้น จะทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เซชั่น ในลักษณะแบบจำลองสำหรับการอบแห้งที่มีชั้นการไหลเพียงชั้นเดียว และนำผลการทำนายจากแบบจำลอง มาเปรียบเทียบกับผลจากการทดลองที่จำกัดชั้นการไหลของเมล็ดข้าวโพดไว้ชั้นเดียวเช่นกัน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทำให้ได้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่นที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น และเป็นประหยัดพลังงานแก่ส่วนรวมด้วย

1.5.2 เป็นการเริ่มต้นการพัฒนาด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการอบแห้งข้าวโพดด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดเซชั่น

1.5.3 สามารถทำให้ข้าวโพดไทยมีคุณภาพ อันเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของชาติ

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 ศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆของข้าวโพด

1.6.3 ศึกษาและสร้างสมการเพื่อใช้เป็นแบบจำลองการอบแห้ง โดยใช้หลักการสมดุลย์ทางพลังงานและทางมวล

1.6.4 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองแบบ

1.6.5 ออกแบบและสร้างเครื่องมือทดลองเพื่อศึกษาระบบโดยการทดลอง

1.6.6 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่ได้

1.6.7 สรุปผลการวิจัย เขียนและจัดพิมพ์