บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ข้าวเปลือกเป็นอาหารหลักของมนุษย์ในหลายๆ ประเทศรวมทั้งประเทศไทย ซึ่งในประเทศไทยของเรานั้น ข้าวเป็นทั้งผลผลิตทางกสิกรรมที่สำคัญต่อเศรษฐกิจในด้านอุตสาหกรรมการส่งออกที่นำรายได้ให้กับประเทศ และเป็นทั้งอาหารหลักของประชาชนในชาติที่ใช้ข้าวเพื่อการบริโภคเป็นประจำทุกวัน ปัญหาของข้าวเปลือกไทยที่เกิดขึ้นเสมอภายหลังจากการเก็บเกี่ยวหรือก่อนที่จะขายข้าวเปลือกออกสู่ตลาดโลก หรือก่อนที่จะนำข้าวเปลือกไปผ่านกรรมวิธีการสีข้าวเพื่อให้ได้ข้าวสารนั้นประสบกับปัญหาคือ ข้าวเปลือกมักมีปริมาณความชื้นสูงเกินกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งส่งผลให้เกรดหรือคุณภาพของข้าวเปลือกต่ำทำให้ขายไม่ได้ราคา เก็บรักษาข้าวเปลือกไว้ไม่ได้นานเพราะการที่เก็บข้าวเปลือกที่มีค่าปริมาณความชื้นสูงข้าวเปลือกจะเสื่อมคุณภาพลงอย่างรวดเร็ว ราคายิ่งตกต่ำลงไปอีก และหากนำข้าวเปลือกที่มีปริมาณความชื้นสูงเกินค่ามาตรฐานไปสีจะได้ข้าวสารที่มีคุณภาพไม่ดี คือมีเปอร์เซนต์ของข้าวเต็มเมล็ดต่ำ เมล็ดข้าวจะแตก หัก บ่น ง่าย และหากเกษตรกรเก็บข้าวเปลือกที่มีปริมาณความชื้นสูงไว้ทำพันธุ์เมื่อนำไปเพาะกล้า จะมีเปอร์เซนต์การงอกน้อย ดังนั้นการทำให้ข้าวเปลือกมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ในค่ามาตรฐานหลังจากที่เก็บเกี่ยวจึงมีความสำคัญมากต่อการยกระดับมาตรฐานของข้าวเปลือกไทยเพื่อให้สามารถสู้กับข้าวเปลือกของต่างประเทศได้

จากการศึกษาของ Plost และ Zuritz (1967) พบว่าเมล็ดข้าวเปลือกจะต้องมีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับค่าปริมาณความชื้นสมดุลย์ (equilibruim moisture content) ของเมล็ดข้าวเปลือก ณ ที่อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะนั้น ซึ่งถ้านำข้าวเปลือกที่มีค่าปริมาณความชื้นเท่ากับค่าปริมาณความชื้นสมดุลย์ดังกล่าวไปทำการสี จะได้เปอร์เซนต์ข้าวสารเต็มเมล็ดมากที่สุด และเมื่อนำไปเพาะจะได้เปอร์เซนต์การงอกสูงเช่นกัน ซึ่งจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ค่าปริมาณความชื้นสมดุลย์โดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 13 - 14 % มาตรฐานเปียก

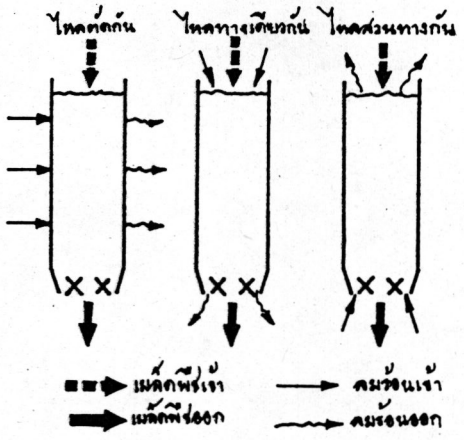
และจากการศึกษาของ C.W.Hall (1957 และ 1970) ของ Matz (1969)

และการศึกษาของ Singh (1973) พบว่าถ้าต้องการเก็บรักษาข้าวเปลือกไว้นาน 1 ปี ข้าวเปลือกจะต้องมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 12 - 14 % มาตรฐานเปียก และถ้าต้องการเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 5 ปี ข้าวเปลือกต้องมีค่าปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 10 - 12 % มาตรฐานเปียก ซึ่งคุณภาพของข้าวเปลือกที่เก็บไว้จะเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

โดยปกติข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวแล้วมักมีปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 17 - 22 % มาตรฐานเปียก ขึ้นอยู่กับสภาพของอากาศขณะทำการเก็บเกี่ยว ดังนั้นเพื่อให้ข้าวเปลือกมีคุณภาพจึงจำเป็นต้องพยายามลดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกให้เหลืออยู่ในช่วง 12 - 14 % มาตรฐานเปียก กรรมวิธีในการลดปริมาณความชื้นข้าวเปลือกโดยการใช้ระบบอบแห้งแบบไหลอย่างต่อเนื่อง (continuous flow dryer) เป็นกรรมวิธีหนึ่งที่สามารถลดปริมาณความชื้นในข้าวเปลือกลงได้อย่างรวดเร็วเมื่อปริมาณข้าวเปลือกมีจำนวนมาก ๆ ซึ่งเหมาะกับระบบอุตสาหกรรมการผลิตข้าวโดยเฉพาะประเทศไทยที่ปลูกข้าวมากที่สุดประเทศหนึ่งของโลก

กรรมวิธีการอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลอย่างต่อเนื่อง(continuous flow dryer) แบ่งได้เป็น 3 แบบตามทิศทางการไหลของเมล็ดพืชและลมร้อน คือ

1. การอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลตัดกัน (cross flow grain dryer)
2. การอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลทางเดียวกัน (concurrent flow grain dryer)
3. การอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลสวนทางกัน (counter flow grain dryer)



รูป 1.1 ลักษณะพื้นฐานของการอบแห้งแบบไหลต่อเนื่อง

จากการศึกษาของ Thompson et al (1968 ,1969) เกี่ยวกับการอบแห้งข้าวโพดแบบไหลอย่างต่อเนื่องทั้ง 3 แบบ คือ แบบไหลตัดกัน แบบไหลทางเดียวกัน และแบบไหลสวนทางกัน โดยกำหนดว่าข้าวโพดที่ผ่านการอบทั้ง 3 แบบ จะต้องมีค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยเหลืออยู่เท่ากัน พบว่า

ก. ที่ระดับความลึกของชั้นข้าวโพดระดับเดียวกัน การอบแห้งแบบไหลทางเดียวกัน และแบบไหลสวนทางกันจะไม่มีความแตกต่างของค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชเกิดขึ้น ส่วนการอบแห้งแบบไหลตัดกันจะมีความแตกต่างของค่าปริมาณความชื้นในเมล็ดพืชเกิดขึ้น คือ เมล็ดพืชที่อยู่ทางด้านที่ลมร้อนไหลเข้ามีค่าปริมาณความชื้นน้อยกว่าเมล็ดพืชที่อยู่ทางด้านที่ลมร้อนไหลออก ในการอบแห้งถ้าอบให้เมล็ดด้านที่มีลมร้อนไหลเข้ามีค่าปริมาณความชื้นพอดีกับที่ต้องการ เมล็ดพืชที่อยู่ทางด้านที่ลมร้อนไหลออกจะยังคงมีค่าปริมาณความชื้นสูงกว่า และในทางกลับกันถ้าให้เมล็ดพืชทางที่ลมร้อนไหลออกมีค่าปริมาณความชื้นพอดี เมล็ดพืชที่อยู่ทางด้านที่ลมร้อนไหลเข้าจะมีค่าปริมาณความชื้นต่ำกว่าที่ต้องการ ทำให้เมล็ดพืชแห้งเกินไป (over heating) ส่งผลให้เกิดรอยร้าว เมล็ดแตกหักง่าย

ข. พิจารณาการเกิดการกลั่นตัวของไอน้ำ(condensation)ในอากาศที่ใช้อบ พบว่าการอบแห้งแบบไหลตัดกัน เกิดการกลั่นตัวได้ง่ายที่บริเวณส่วนบน ตรงบริเวณที่เมล็ดพืชไหลเข้าลมร้อนกำลังจะไหลออก

ส่วนการอบแห้งแบบไหลสวนทางกัน มีการกลั่นตัวของไอน้ำตรงบริเวณทางเข้าของเมล็ดพืชและลมร้อนไหลออกเช่นเดียวกันกับแบบไหลตัดกัน แต่แบบไหลสวนทางกันเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าถ้าระยะความลึกของการอบแห้งนั้นลึกเกินไป ซึ่งสามารถป้องกันได้โดยไม่ให้ค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชที่ไหลเข้าสูงเกินไป หรือเลือกระยะความลึกที่เหมาะสม

สำหรับการอบแห้งแบบไหลทางเดียวกัน ไม่เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำในขณะทำการอบ เนื่องจากจุดที่ลมร้อนและเมล็ดพืชพบกันจะแตกต่างจากการอบแห้งแบบไหลสวนทางกัน คือ ขณะที่ลมร้อนไหลมาสัมผัสกับเมล็ดพืชนั้นลมร้อนมีอุณหภูมิสูง แต่มีอัตราความชื้นต่ำ ส่วนเมล็ดพืชนั้นมีอุณหภูมิต่ำ แต่มีปริมาณความชื้นสูง ดังนั้นการแลกเปลี่ยนความร้อน และมวลความชื้นจึงเกิดขึ้น เมล็ดพืชจะได้รับพลังงานความร้อนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่ลมร้อนอุณหภูมิลดลง และค่าปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชลดลง แต่ของลมร้อนกลับเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่ลมร้อนจะเกิดการกลั่นตัว แต่ปรากฏ

ว่าจุดที่ลมร้อนจะเกิดการกลั่นตัวนั้นความลึกของระยะอบนั้นมากกว่าระยะที่ใช้ในการอบจริง ดังนั้นการกลั่นตัวของไอน้ำจึงไม่เกิดขึ้น

ค. พิจารณาอุณหภูมิของเมล็ดพืชพบว่า การอบแห้งแบบไหลตัดกันกับแบบไหลสวนทางกัน เมล็ดพืชจะถูกลมร้อนที่มีอุณหภูมิสูงมากที่สุดในตำแหน่งที่เมล็ดพืชกำลังจะไหลออกจากระบบ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เมล็ดพืชมีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ดังนั้นโอกาสที่อุณหภูมิของเมล็ดพืชจะสูงเกินจุดวิกฤตจึงเกิดได้ง่ายกว่าการอบแห้งแบบไหลทางเดียวกัน ที่เมล็ดพืชที่มีความชื้นมากที่สุดและมีอุณหภูมิต่ำสุดพบกับลมร้อนที่มีอุณหภูมิมากที่สุด ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงแรกของระยะอบแห้งพลังงานความร้อนของลมร้อนถูกใช้ไปเพื่อทำให้น้ำในเมล็ดพืชระเหยออก อุณหภูมิของเมล็ดพืชจึงไม่เพิ่มขึ้นอย่างทันที

ง. เปรียบเทียบรอยร้าวที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพืช โดยการตรวจสอบด้วยวิธีเอกซเรย์ภายหลังจากที่ทำการอบแห้งพบว่า การอบแห้งแบบไหลทางเดียวกันเมล็ดพืชมีรอยร้าวเกิดเพิ่มขึ้นจากเดิมน้อยที่สุด

ต่อมา Muhlbauer และ Isaacs (1975) ได้ทำศึกษาการอบแห้งแบบไหลตัดกันเปรียบเทียบกับการอบแห้งแบบไหลทางเดียวกัน พบว่าเมื่อทำการอบเมล็ดพืชที่มีค่าปริมาณความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นเท่ากันและอบให้เหลือปริมาณความชื้นเฉลี่ยที่เท่ากัน พลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดพืชเมื่อคิดเป็นค่าพลังงานความร้อนต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากเมล็ดพืช พบว่าการอบแห้งแบบไหลทางเดียวกันใช้พลังงานเพียง 4,185 - 5,120 kJ/kg น้ำ ส่วนการอบแห้งแบบไหลตัดกันนั้นใช้พลังงานความร้อนถึง 7,500 kJ/kg น้ำ

ดังนั้นการอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลทางเดียวกัน จึงเป็นวิธีการอบแห้งที่ให้คุณภาพของเมล็ดพืชและมีประสิทธิภาพในการอบแห้งดีกว่าแบบอื่น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาขบวนการอบแห้งแบบไหลทางเดียวกัน (concurrent flow dryer) โดยทำการศึกษากับข้าวเปลือกที่ปลูกในประเทศไทย โดยเน้นการศึกษาในเรื่องปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ของข้าวเปลือกในขณะที่ข้าวเปลือกไหลผ่านระดับความลึกระยะต่างๆ ของเครื่องอบแห้ง ซึ่งวิธีการศึกษาจะทำโดยการศึกษาจากการจำลองแบบ และทำการทดลอง แต่เนื่องจากการทดลองอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องจริงมีความสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายสูงมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงยึดหลักการศึกษาโดยวิธีการจำลองแบบซึ่งใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการแก้ปัญหา ส่วนการทดลองนั้นจะเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย โดยสร้างเครื่องจำลองขนาดเล็กที่สามารถทำงานได้

เช่นเดียวกับเครื่องอบแห้งจริงที่มีขนาดใหญ่ทำการศึกษาระบบอบแห้งในช่วงความลึกประมาณ ø.75 เมตร เท่านั้น เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบในช่วงความลึกที่เท่ากัน

สำหรับการศึกษาจากการจำลองแบบจะทำการศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของเมล็ดข้าวเปลือก

1.2 <u>วัตถุประสงค์ในการวิจัย</u>

1.2.1 ศึกษาระบบอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน เพื่อหาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของค่าปริมาณความชื้น และอุณหภูมิของข้าวเปลือก ที่ระยะความลึกต่าง ๆ

1.2.2 ศึกษาค่าปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของข้าวเปลือกและลมร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะความลึกของการอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน โดยทำการศึกษาจากการจำลองแบบ

1.2.3 ศึกษาค่าปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของข้าวเปลือกและลมร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะความลึกของการอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน โดยทำการศึกษาจากการทดลอง

1.2.4 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการศึกษาจากการจำลองแบบกับการทดลองเพื่อตรวจสอบสมการที่ใช้เป็นแบบจำลอง

1.3 <u>ขอบเขตในการวิจัย</u>

1.3.1 สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแบบจำลองระบบอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน โดยใช้หลักการของการสมดุลย์ทางพลังงาน (energy balance) และการสมดุลย์ทางมวล (mass balance) ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการแก้ปัญหา

1.3.2 ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยแก้ปัญหาเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงความชื้นและ

อุณหภูมิของข้าวเปลือก ณ ตำแหน่งความลึกใด ๆ เพื่อหาตัวแปรต่าง ๆ ที่สำคัญในการควบคุมให้ค่าปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกเหลืออยู่ประมาณ 13 % ตามมาตรฐานเปียก และอุณหภูมิของข้าวเปลือกสูงไม่เกิน 55 องศาเซลเซียส

1.3.3 ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยแก้ปัญหาเพื่อหาค่าการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นและอุณหภูมิของลมร้อน ณ ตำแหน่งความลึกใด ๆ เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของลมร้อนขณะทำการอบ

1.3.4 สร้างเครื่องทดลองเพื่อทำการทดลองอบแห้งข้าวเปลือก ซึ่งมีระยะความลึกในการอบแห้ง 0.75 เมตร และทำการทดลอง

1.3.5 ตรวจสอบเปอร์เซนต์รอยร้าวของเมล็ดข้าวเปลือก

1.4 <u>ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1.4.1 ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น และอุณหภูมิของข้าวเปลือกขณะที่เคลื่อนที่ภายในห้องอบแห้ง

1.4.2 ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการควบคุมการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของข้าวเปลือกและลมร้อน

1.4.3 ข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบนี้ต่อไป

1.4.4 แบบจำลองและเครื่องทดลองสามารถนำไปใช้ศึกษาการอบแห้งเมล็ดพืชชนิดอื่น

1.4.5 สามารถทำให้ข้าวเปลือกของไทยมีคุณภาพ เกรดที่ดีอยู่ในระดับมาตรฐาน ทั้งยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน อันจะเป็นผลดีต่อเศรษฐกิจของชาติโดยเฉพาะในด้านอุตสาหกรรมการผลิตและส่งออกข้าวเปลือก

1.5 <u>ขั้นตอนในการทำวิทยานิพนธ์</u>

1.5.1 ศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของข้าวเปลือก

1.5.3 ศึกษาและสร้างสมการเพื่อใช้เป็นแบบจำลองของระบบอบแห้งแบบไหลในทิศทางเดียวกัน โดยใช้หลักการของการสมดุลย์ทางพลังงานและทางมวล

1.5.4 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองแบบ

1.5.5 ออกแบบ และสร้างเครื่องทดลอง เพื่อศึกษาระบบโดยการทดลอง

1.5.6 เปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลที่ได้

1.5.7 สรุปผลการวิจัย เขียนและจัดพิมพ์