บทที่ 3

การออกแบบเครื่องจักรเบื้องต้น

จากการเก็บข้อมูลดังรายละเอียดในบทที่ 2 แล้ว ทีมวิจัยได้มีการวิเคราะห์ข้อมูล และออกแบบการทดลองต่างๆ เกี่ยวกับกระบวนการผลิต ตั้งแต่ระบบการปอกเปลือก ระบบการตัด และระบบการอบ ที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องจักรในส่วนต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จะมีการออกแบบเครื่องจักร วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทำงานของระบบ และความเป็นไปได้ในการดำเนินการสร้างจริงซึ่งจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขของงบประมาณในการทำวิจัย ซึ่งส่วนต่างๆ ที่จะมีการออกแบบจะแยกตามขั้นตอนการผลิตหมากแว่น เนื่องจากหมากเมื่อทำเป็นหมากแว่นแล้วจะได้ราคาที่สูงกว่าหมากผ่าซีก ส่วนรายละเอียดระบบการอบจะมีการอธิบายรายละเอียดในบทที่ 4 เนื่องจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดลองมีเป็นจำนวนมาก และเป็นส่วนที่ไม่ได้ดำเนินการสร้างจริงในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ส่วนระบบอื่นๆ คือ ระบบปอกเปลือกและการหั่นหมากสดจะมีการกล่าวรายละเอียดไว้ในบทนี้ กล่าวโดยสรุปบทที่ 3 มีการอธิบายแยกเป็น 2 ประเด็นหลัก คือ 1.) การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องจักรเบื้องต้นสำหรับกระบวนการปอกเปลือกและหั่นหมากสด แต่ยังไม่ได้ดำเนินการสร้าง เพื่อให้ผู้อ่านรายงานวิจัยฉบับนี้ได้ทราบว่าผู้ดำเนินงานวิจัยได้มีการทดลองออกแบบเครื่องจักรในลักษณะใดไปแล้วบ้าง มีข้อดีและข้อเสียอย่างไร ซึ่งทางผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำเอาแนวความคิดต่างๆ ไปพัฒนา เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป และอีกประเด็นคือ 2.) การวิเคราะห์และออกแบบเครื่องหั่นต้นแบบที่พิจารณาแล้วว่าเป็นแบบที่เป็นไปได้สูงสุด และได้ดำเนินการสร้างเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ซึ่งในส่วนของรายละเอียดทางผู้วิจัยคงไม่สามารถใส่รายละเอียดทั้งหมดได้ เนื่องจากทางผู้วิจัยกำลังดำเนินการขอจดทะเบียนสิทธิบัตรสำหรับเครื่องหั่นต้นแบบดังกล่าว

3.1 การวิเคราะห์และแนวคิดการสร้างเครื่องหั่นหมาก

ส่วนของรายละเอียดเป็นการอธิบายถึงแนวคิดเริ่มต้นในการสร้างเครื่องหั่นหมาก แต่ไม่สามารถดำเนินการสร้างได้ด้วยข้อจำกัดบางประการ เหตุผลที่ได้มีการเขียนสรุปไว้ก็เพื่อให้ผู้อ่านรายงานวิจัยฉบับนี้ได้ทราบว่าผู้ดำเนินงานวิจัยได้มีการทดลองออกแบบเครื่องจักรในลักษณะใดไปแล้วบ้าง มีข้อดีและข้อเสียอย่างไร ซึ่งทางผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะมีประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำเอาแนวความคิดต่างๆ ไปพัฒนา เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป ซึ่งการวิเคราะห์และออกแบบเบื้องต้นจะประกอบไปด้วยรายละเอียด การวิเคราะห์กระบวนการระบบปอกเปลือก และการวิเคราะห์กระบวนการหั่นหมากทั้งเปลือก

3.1.1 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานระบบปอกเปลือก

ด้านการออกแบบเครื่องหั่นหมาก จากการศึกษาและเก็บข้อมูลจากเกษตรกร พบว่ากระบวนการเอาเนื้อหมากสดออกจากเปลือกในกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมมี 2 แนวทาง คือ

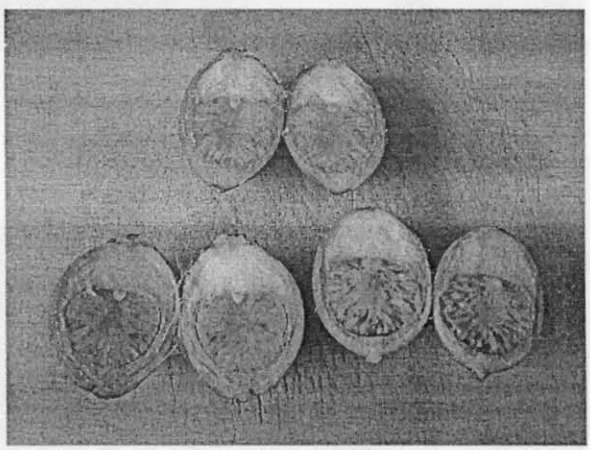
1. ผ่าหมากสดเป็น 2 ซีก นำไปตากแดดเพื่อให้เนื้อหมากแห้ง และเอาเนื้อหมากออก
2. ปอกเปลือกเป็นกลีบ ทำการแงะเอาเปลือกออก แยกเนื้อหมากสดออกมา จะได้หมากสดที่มีลักษณะเป็นทรงกลม จากนั้นนำเอาหมากสดมาหั่นเป็นแว่น

จากกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมทั้ง 2 แนวทางดังกล่าว ทำให้มีแนวคิดในการออกแบบระบบหั่นหมากออกเป็น 3 แนวทางเลือก จากนั้นก็วิเคราะห์ข้อดีข้อเสีย และความเป็นไปได้ในการสร้างเครื่องสำหรับแต่ละแนวทาง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การออกแบบให้เป็นระบบผ่าซีก

แนวความคิดสำหรับแนวทางที่ 1 คือ เครื่องจักรรับหมากสด แล้วทำการผ่าครึ่งออกเป็น 2 ซีก ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ให้ความร้อนกับหมากที่ผ่าซีก เพื่อให้เนื้อหมากหลุดออกมาจากเปลือก ถ้าเป็นการผึ่งแดดจะทำการผึ่งประมาณ 1-2 แดด หรือออกแบบให้เครื่องจักรมีระบบในการให้ความร้อนกับหมากผ่าซีก จากนั้นทำการแกะเอาเนื้อหมากออกมา ขั้นตอนการผ่าซีกสามารถสรุปได้ดังนี้

รับหมากสด ⟶ ใช้มีดผ่า 2 ซีก ⟶ ให้ความร้อน ⟶ แยกเนื้อหมากซีก



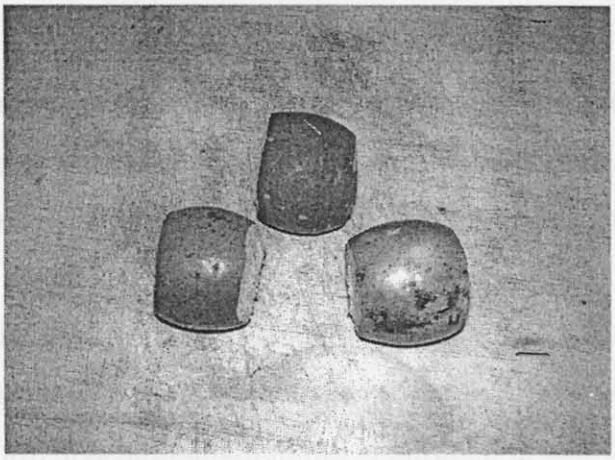
รูปที่ 3. 1 หมากผ่าซีก

จากการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าวิธีการผ่าหมากแบบซีก ทั้งหมากดิบและแก่สามารถเข้ากระบวนการแบบผ่าซีกได้ทั้งหมด เนื้อหมากที่ได้ออกมาหลังจากการให้ความร้อนจะมีความแข็งประมาณ 2-3 เท่าเมื่อเทียบกับของเดิม (ดังการทดลองที่ 1 ภาคผนวก ข.) เป็นผลให้ยากต่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่นหมากแว่น เป็นต้น

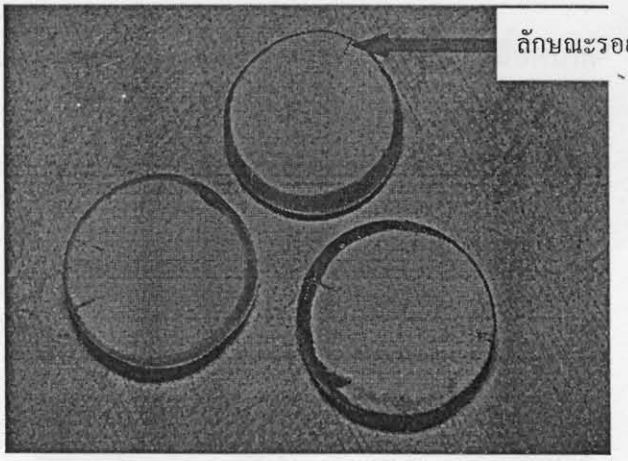
2. การออกแบบให้เป็นระบบการแกะเปลือก

แนวความคิดสำหรับแนวทางที่ 2 คือ การออกแบบให้เครื่องจักรมีความสามารถในการปอกเปลือกหมากก่อน แล้วค่อยนำเนื้อหมากไปหั่น วิธีการปอกเปลือกหมากนั้นมีแนวคิด คือ นำหมากสดมาทำการตัดหัวท้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 จากนั้นทำการกรีดเปลือกหมากให้เป็นกลีบรอบลูกหมาก 4-5 กลีบ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ขั้นตอนสุดท้ายของการปอกเปลือก คือ ทำการดึงเอาเปลือกหมากออกก็จะได้เนื้อหมากออกมา ดังแสดงในรูปที่ 3.4 กล่าวโดยสรุปขั้นตอนการแกะเปลือกหมากโดยเครื่องจักรดังนี้ คือ

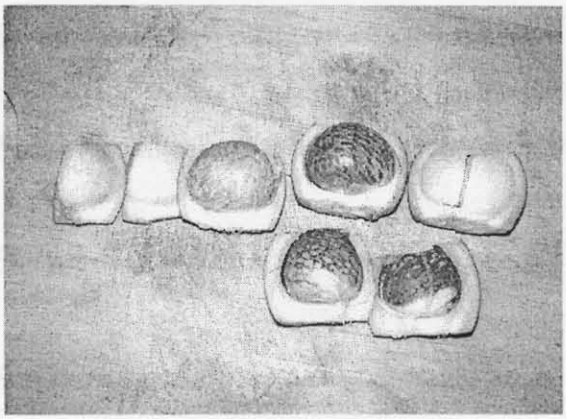
รับหมากสด → ผ่านการสับหัวและท้าย → กรีดเปลือก → แยกเนื้อหมาก



รูปที่ 3.2 หมากตัดหัวท้ายแล้ว



รูปที่ 3.3 ลักษณะของรอยกรีด(ดังลูกศร)



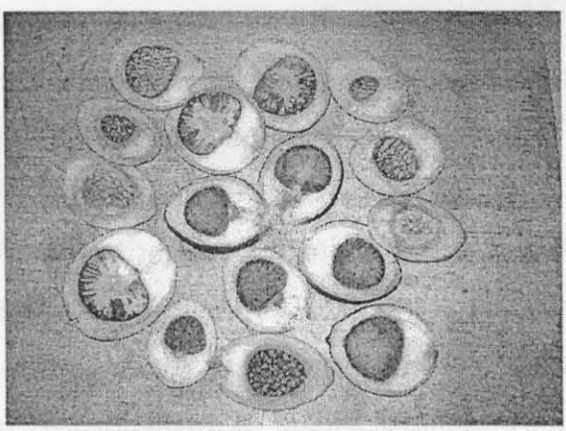
รูปที่ 3.4 ลักษณะเปลือกหมากและเนื้อหมากที่ได้จากการแกะเปลือก

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าวิธีการแกะเปลือกหมากก่อนการหั่น สามารถใช้ได้กับหมากทั้ง ดิบและแก่ เนื้อหมากที่ได้ออกมาเป็นลักษณะทรงกลม (ลักษณะเดิม) สามารถเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ทั้งหมด เนื่องจากเนื้อหมากที่ได้เป็นเนื้อที่ยังไม่ได้ผ่านความร้อน

3. การออกแบบให้เป็นระบบการหั่นทั้งเปลือก

แนวความคิดสำหรับแนวทางที่ 3 คือ เครื่องหั่นหมากสดทั้งเปลือก โดยนำหมากสดมาทำการวิ่งผ่านใบมีด เนื้อหมากที่ได้จะได้เนื้อและเปลือกหมากติดกันอยู่ลักษณะเป็นแว่น ดังแสดงในรูปที่ 3.5 จากนั้นทำการแยกเนื้อหมากออกจากเปลือกโดยอาศัยความร้อน เพื่อให้เกิดการหดตัวของเนื้อหมากและจะได้เนื้อหมากแว่นออกมา ซึ่งขั้นตอนการหั่นทั้งเปลือกสามารถแสดงได้ดังนี้

รับหมากสด ⟶ ผ่านใบมีดทั้งผล ⟶ ใช้ความร้อน ⟶ แยกเนื้อหมาก



รูปที่ 3.5 หมากลักษณะเป็นแว่นที่ได้จากการวิ่งผ่านใบมีด

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าวิธีการหั่นหมากทั้งเปลือก สามารถตัดได้รวดเร็ว ลักษณะเนื้อหมากที่ออกมามีลักษณะเป็นแว่น ในการอบให้เนื้อหมากหลุดออกมาจากเปลือกใช้ความร้อนน้อยกว่าวิธีผ่าซีก นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ได้สองลักษณะ คือ หมากผ่าซีก หรือหมากแว่น

จากแนวคิดทั้ง 3 วิธีสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละวิธีได้ ดังตารางที่ 3.1

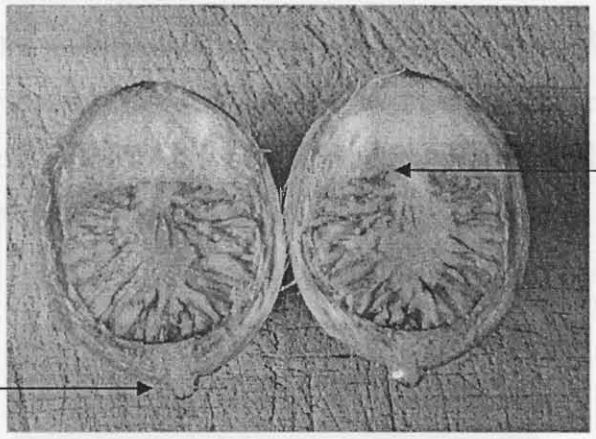
ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบการเอาเนื้อหมากออกแต่ละวิธี

รูปแบบระบบ	ขั้นตอน	จำนวนลักษณะผลิตภัณฑ์	เนื้อที่ได้	ความซับซ้อน
ผ่าครึ่ง	3	หมากผ่าซีก	ผ่าครึ่ง	ไม่ซับซ้อน
แกะเปลือก	3	หมากแว่น หมากผ่าซีก หมากกลีบส้ม หมากแห้งทั้งเมล็ด หมากผ่าสี่ชิ้น	เนื้อกลม	ซับซ้อน
หั่นทั้งเปลือก	3	หมากแว่น หมากผ่าซีก	แว่น	ไม่ซับซ้อน

จากตารางที่ 3.1 พบว่า วิธีการแกะหรือปอกเปลือกหมากก่อนการหั่น สามารถที่จะแปรรูปหมากได้หลายรูปแบบ โดยเฉพาะเป็นหมากแว่นได้ตามวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้ หลังจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแล้ว ขั้นตอนต่อไปของการดำเนินงานวิจัย คือ การออกแบบวิธีการปอกเปลือกหมาก

สำหรับการปอกเปลือกหมากนั้น ทางผู้วิจัยพบว่าเนื้อหมากจะติดแน่นกับเปลือก การที่จะให้เนื้อหมากแยกจากเปลือกได้ง่ายต้องใช้ความร้อนช่วย เพื่อให้เนื้อหมากหดตัว (สังเกตได้จากการที่เกษตรกรต้องนำหมากผ่าซีกไปตากแดด ก่อนที่จะแยกเอาเนื้อหมากได้) จากแนวความคิดดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงทดลองให้ความร้อนกับหมากสดก่อนที่จะปอกเปลือก ดังการทดลองที่ 1 รายละเอียดการทดลองแสดงในภาคผนวก ข. จากการทดลองดังกล่าวพบว่าการให้ความร้อนหมากสดก่อนจะเป็นผลทำให้การยึดติดระหว่างเนื้อหมากและเปลือกหมากลดลง (เนื้อหมากหลุดจากเปลือก) แต่ความแข็งของเนื้อหมากมีค่าสูงขึ้น ทำให้เป็นปัญหาในการหั่นเนื้อหมากให้เป็นแว่น ดังนั้นการให้ความร้อนก่อนการปอกเปลือกหมากจึงไม่เหมาะสม

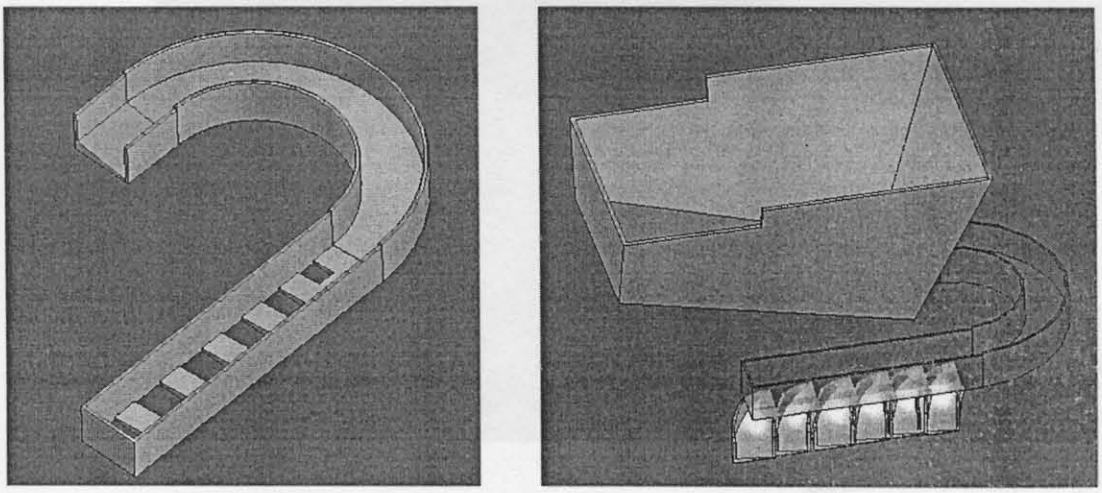
จากการทดลองที่ 1 พบว่าการให้ความร้อนก่อนไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบระบบการทำงานของระบบปอกเปลือกหมากสด จากข้อมูลเบื้องต้น พบว่าหมากจะมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ หมากกลม และหมากกลมรี ซึ่งลักษณะของลูกหมากกลมรีจะมีเปลือกหนาด้านหัว และจะมีเนื้อหมากค่อนไปทางด้านท้ายของหมาก และบริเวณเปลือกหมากด้านหัวที่ติดกับเนื้อหมากจะมีลักษณะยึดแน่นกับเนื้อหมาก ดังรูปที่ 3.6 ส่วนด้านท้ายของเนื้อหมากที่ติดกับเปลือกนั้นเปลือกจะมีความแข็งมากขึ้นเมื่อหมากเริ่มแก่



รูปที่ 3.6 ลักษณะหมากสด

จากลักษณะดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นเหตุผลเริ่มแรกสำหรับกระบวนการปอกเปลือกของเครื่องจักรว่าควรจะมีการตัดเปลือกบริเวณส่วนหัวและส่วนท้ายของหมาก เพื่อง่ายต่อการปอกเปลือก ดังนั้นระบบการปอกเปลือกจะประกอบไปด้วย การลำเลียงหมากสดเข้าสู่ระบบตัดหัว-ท้าย การตัดหัว-ท้าย การกรีดเปลือกหมาก และการปอกเปลือก ดังสามารถจะอธิบายในรายละเอียดแต่ละส่วนได้ดังนี้

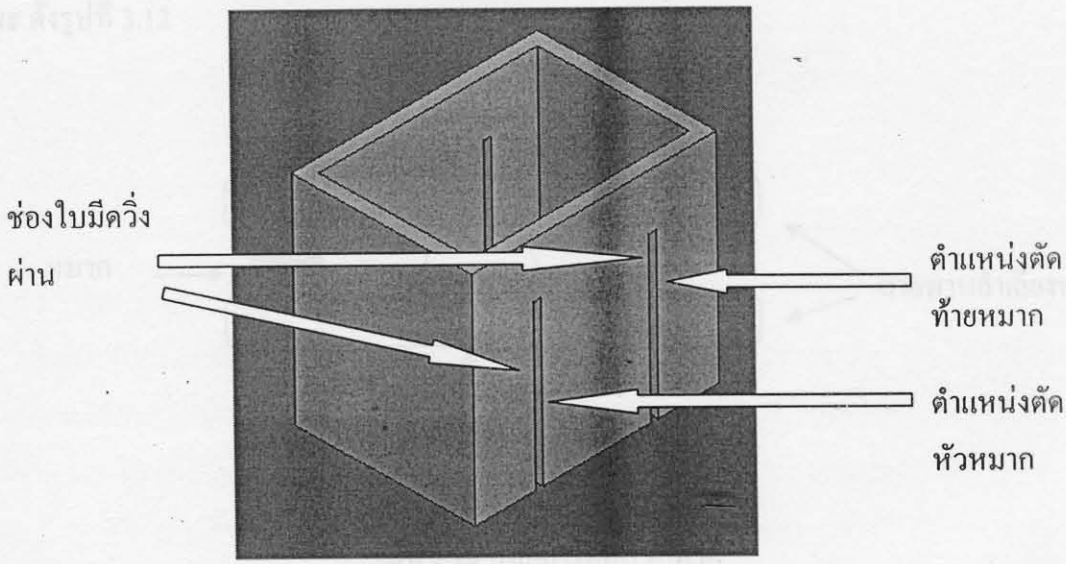
1. <u>หลักการลำเลียง</u> ก่อนเข้ากระบวนการตัดหัว-ท้ายจะใช้รางช่วยในการลำเลียงหมากและมีการคัดแยกขนาดของหมากก่อนเข้าสู่กล่องตัดหัว-ท้าย ดังรูปที่ 3.7 โดยจะมีการนำหมากสดใส่ในภาชนะก่อนที่จะลำเลียงผ่านราง และมีการคัดขนาดโดยเรียงจากคัดผลขนาดเล็กก่อนไล่ลำดับไปเรื่อยๆ จนถึงขนาดที่โตที่สุด เนื่องจากหมากแต่ละขนาดจะมีระยะในการตัดหัว-ท้ายที่แตกต่างกัน



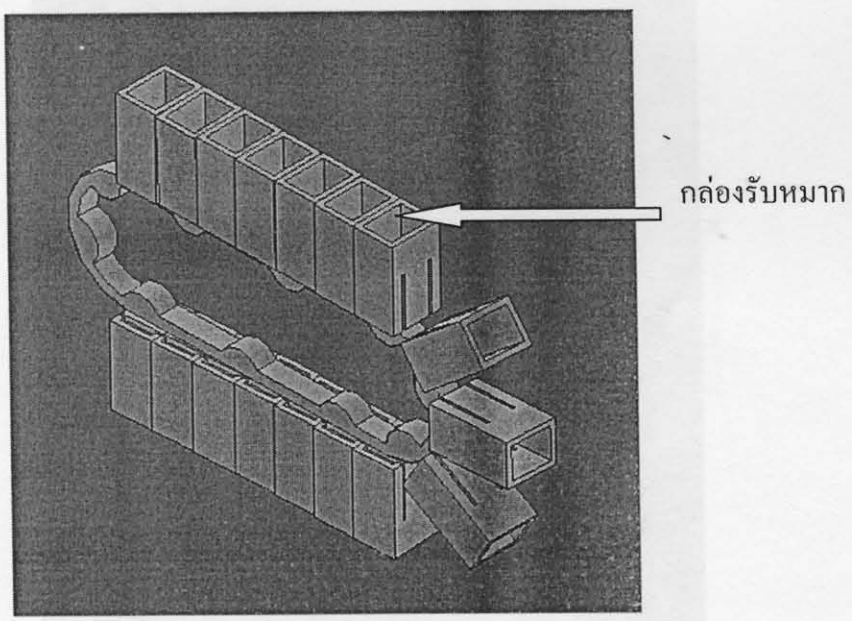
รูปที่ 3.7 ลักษณะของรางลำเลียงหมาก

2. <u>หลักการออกแบบการตัดหัว-ท้าย</u>

ในการตัดหัว-ท้ายนั้นจะมีลักษณะเป็นกล่องที่มีช่องว่างบริเวณหัวและท้าย ดังรูปที่ 3.8 เพื่อให้ใบมีดวิ่งทะลุตัดหมากได้ โดยมีหลักเบื้องต้น คือ หมากจะถูกลำเลียงผ่านรางให้ตกลงบนกล่องซึ่งติดอยู่บนสายพาน ดังรูปที่ 3.9 สายพานจะทำหน้าที่นำหมากวิ่งผ่านใบมีด ซึ่งใบมีดจะเป็นวงกลมแบนและหมุนอยู่ตลอดเวลา

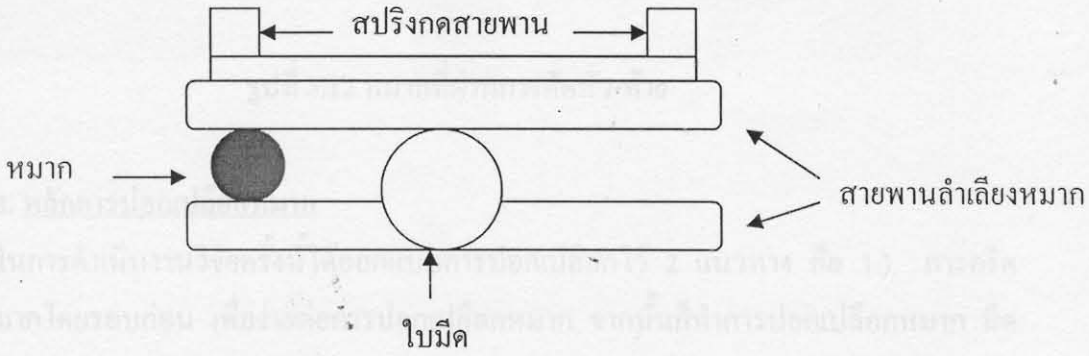


รูปที่ 3.8 ลักษณะของกล่องตัดหัว-ท้าย

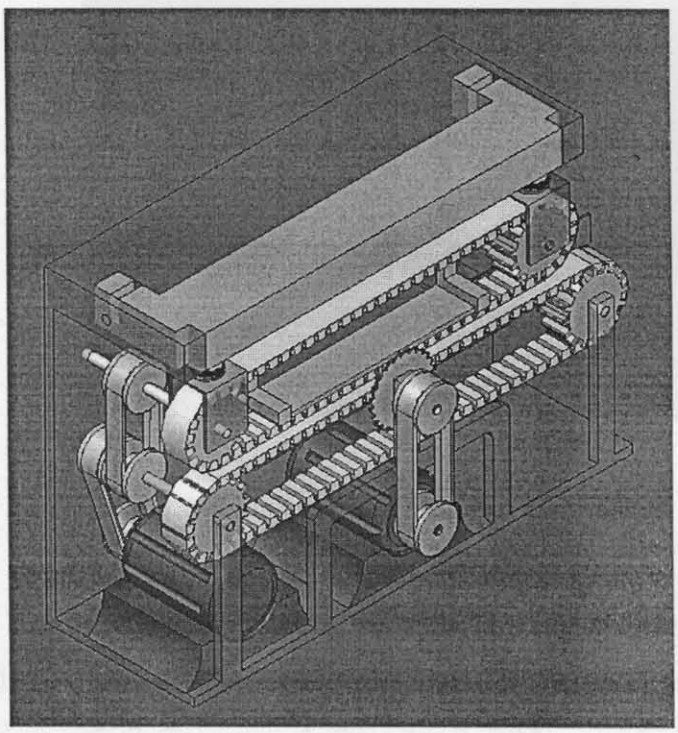


รูปที่ 3.9 ลักษณะการวางกล่องบนสายพาน

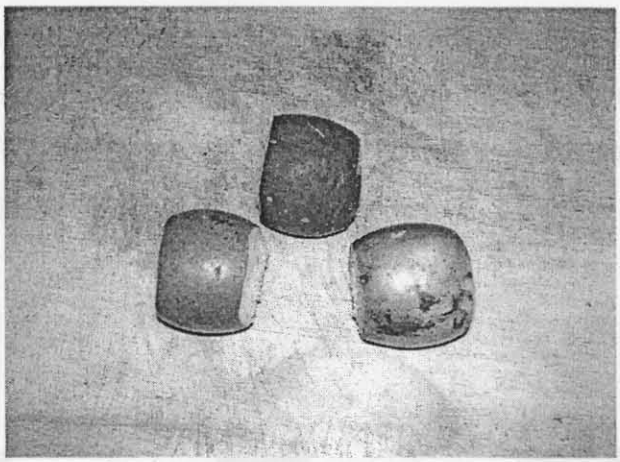
หลักการตัดหัว-ท้ายหมาก เริ่มจากการป้อนหมากด้วยคน จากนั้นหมากจะถูกลำเลียงผ่านสายพานลำเลียงที่มีลักษณะแบน 2 เส้นประกบหมาก ซึ่งสายพานทำหน้าที่ลำเลียงหมากเข้าหาใบมีด ใบมีดมีลักษณะวงกลมแบนและหมุนอยู่กับที่ตลอดเวลา สายพานบนจะมีแผ่นเหล็กวางทับไว้ และมีสปริงติดบริเวณหัวและท้ายแผ่นเหล็ก เพื่อทำหน้าที่กดสายพานให้หมากอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการขณะใบมีดตัดหมาก ดังรูปที่ 3.10 และส่วนประกอบของเครื่องจักรดังแสดงได้ดังรูปที่ 3.11 จากกระบวนการทำงานดังกล่าว ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในกระบวนการตัดหัว-ท้ายนั้น หมากจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.10 หลักการตัดหัวหมาก



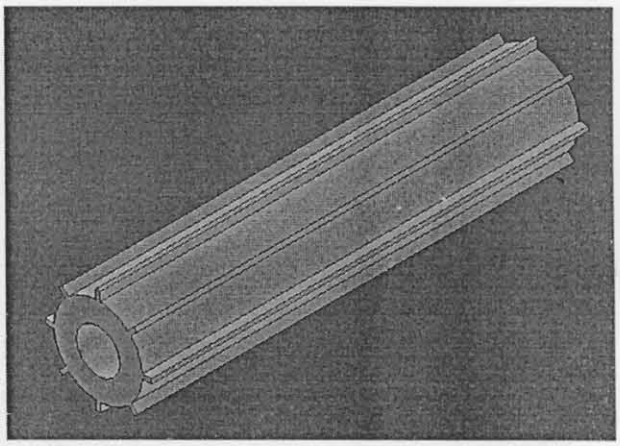
รูปที่ 3.11 แบบจำลองระบบตัดหัว-ท้าย



รูปที่ 3.12 หมากที่ผ่านการตัดหัว-ท้าย

3. <u>หลักการปอกเปลือกหมาก</u>

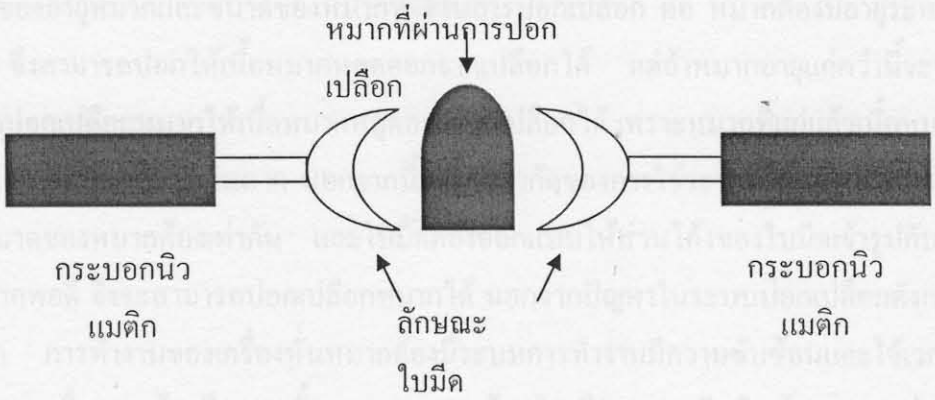
ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบการปอกเปลือกไว้ 2 แนวทาง คือ 1.) การกรีดเปลือกหมากโดยรอบก่อน เพื่อง่ายต่อการปอกเปลือกหมาก จากนั้นก็ทำการปอกเปลือกหมาก มีดปอกเปลือกหมากจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.13 ซึ่งมีลักษณะเหมือนเฟือง มีฟันในการปอกเปลือกหมาก ใบมีดจะมี 2 ตัว ทำหน้าที่หมุนเข้าออกจากกันบีบให้เปลือกหมากหลุดออก อย่างไรก็ตามสำหรับแนวทางที่ 1 มีข้อจำกัดในเรื่องการทำใบมีดปอก ดังนั้นจึงได้มีการนำเสนอในแนวทางที่ 2



รูปที่ 3.13 ลักษณะของอุปกรณ์ปอกเปลือกหมาก

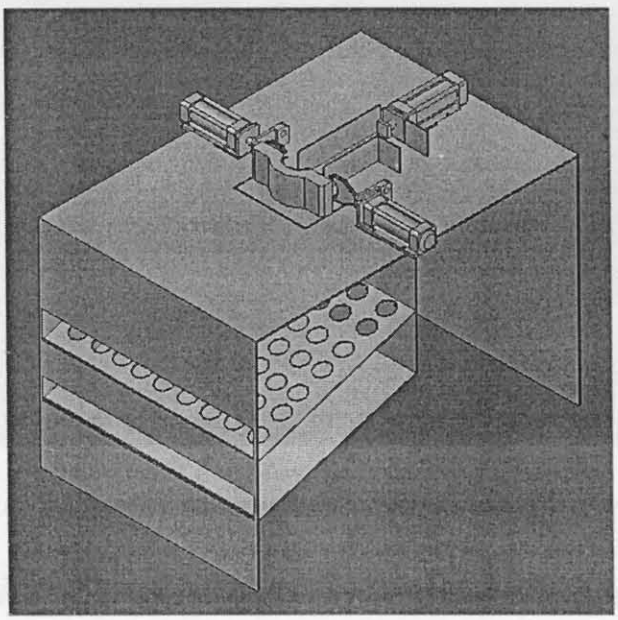
แนวทางที่ 2 ในการปอกเปลือกหมาก คือ ให้หมากที่ผ่านการตัดหัว-ท้ายมาแล้วลำเลียงเข้าสู่กระบวนการปอกเปลือก โดยระบบการปอกเปลือกจะมีหลักการทำงาน คือ กระบอกนิวเมติกส์จะทำหน้าที่ดันหมากเข้าหาชุดใบมีดทีละลูก ใบมีดจะมีคมมีดที่มีลักษณะโค้งตามลักษณะส่วนโค้ง

ของเปลือกหมาก ซึ่งมีใบมีด 2 อัน ยึดติดอยู่กับกระบอกนิวเมติกส์ เมื่อหมากถูกดันผ่านเข้ามา กระบอกนิวเมติกส์จะดันใบมีดทั้ง 2 เข้าไปกดหมาก พร้อมบิดตัวสวนทางกันทำให้เปลือกหมากและเนื้อหมากหลุดจากกันดังรูปที่ 3.14 กรณีที่เปลือกหมากไม่หลุดจากเนื้อหมากจะมีตัวคัดแยกเปลือกและเนื้อหมากอีกครั้ง



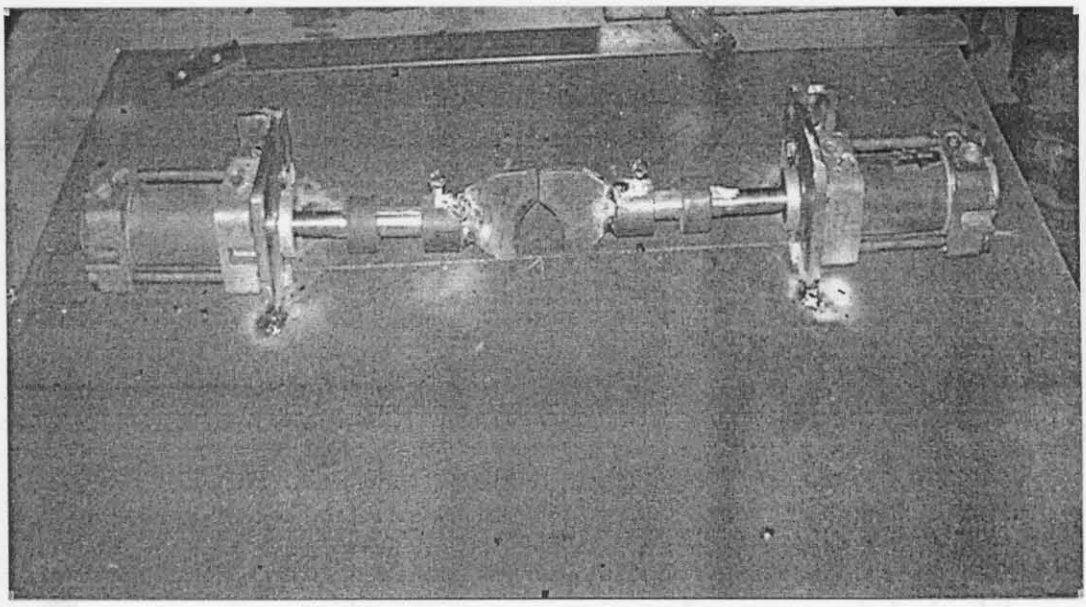
รูปที่ 3.14 วิธีการปอกเปลือกหมาก

จากหลักการในการตัดหัว-ท้าย แล้วนำมาทำการปอกเปลือกหมาก สามารถนำมาออกแบบโครงสร้างเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 3.15 ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวจะมีส่วนการแยกเนื้อหมากและเปลือกหมากด้วยตะแกรงที่มีการเจาะรูตามขนาดของเนื้อหมากที่ผ่านการปอกเปลือกแล้ว



รูปที่ 3.15 แบบจำลองระบบปอกเปลือก

เมื่อได้มีการออกแบบระบบเครื่องจักรดังกล่าวแล้ว ก็ได้มีการทดลองสร้างระบบปอกเปลือกต้นแบบด้วยระบบนิวเมติกส์จริง ดังรูปที่ 3.16 ซึ่ง ประกอบด้วยกระบอกนิวเมติกส์ 2 กระบอก บริเวณปลายแต่ละกระบอกจะมีใบมีดที่มีลักษณะโค้งตามผิวของหมาก เมื่อทดลองใช้งานระบบดังกล่าว พบว่าสามารถปอกเปลือกหมากได้จริง อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบปัญหาในการดำเนินการสร้าง คือ ประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างต่ำ เนื่องจากระบบปอกเปลือกมีข้อจำกัดการใช้งานในส่วนของอายุหมากและขนาดของหมากที่ใช้ในการปอกเปลือก คือ หมากต้องมีอายุระหว่าง 6-7 เดือน จึงสามารถปอกให้เนื้อหมากหลุดออกจากเปลือกได้ แต่ถ้าหมากอายุแก่กว่านี้จะทำให้ไม่สามารถปอกเปลือกหมากให้เนื้อหมากหลุดออกจากเปลือกได้ เพราะหมากที่แก่แล้วเนื้อหมากจะยึดติดแน่นกับเปลือกหมากแน่นมาก นอกจากนี้แล้วข้อจำกัดของการใช้ระบบปอกเปลือกอีกอย่างหนึ่ง คือ ขนาดของหมากต้องเท่ากัน และใบมีดต้องออกแบบให้ส่วนโค้งของใบมีดเข้ารูปกับลักษณะของหมากพอดี จึงจะสามารถปอกเปลือกหมากได้ นอกจากปัญหาในระบบปอกเปลือกดังกล่าวแล้ว ยังพบว่า การทำงานของเครื่องหั่นหมากต้องมีระบบการทำงานมีความซับซ้อนและใช้เวลาในการทำงานมาก เนื่องจากต้องมีระบบทั้งหมด 4 ระบบด้วยกัน คือ ระบบตัดหัว-ท้าย ระบบปอกเปลือก ระบบหั่น และระบบอบแห้ง และมีปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบปอกเปลือกสูง เนื่องจากเป็นระบบที่ซับซ้อนและมีการทำงานหลายขั้นตอน

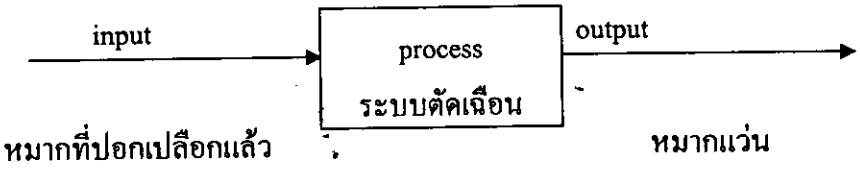


รูปที่ 3.16 ระบบปอกเปลือกต้นแบบที่มีการสร้างเพื่อทดลองการทำงาน

จากข้อจำกัดที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงได้มีการตัดระบบการปอกเปลือกออกไป และใช้แนวความคิดของการหั่นทั้งเปลือกแทน อย่างไรก็ตามหากสามารถปอกเปลือกหมากได้แล้ว ทางทีมวิจัยก็ได้มีการทดลองการหั่นเนื้อหมากที่ได้จากการปอกเปลือกแล้ว (เนื่องจากต้องมีการทดลองถึงความเป็นไปได้ ในแง่ที่ปอกเปลือกได้แล้ว จะสามารถทำขั้นตอนต่อไปได้ดีหรือไม่เพียงไร จึงได้มี

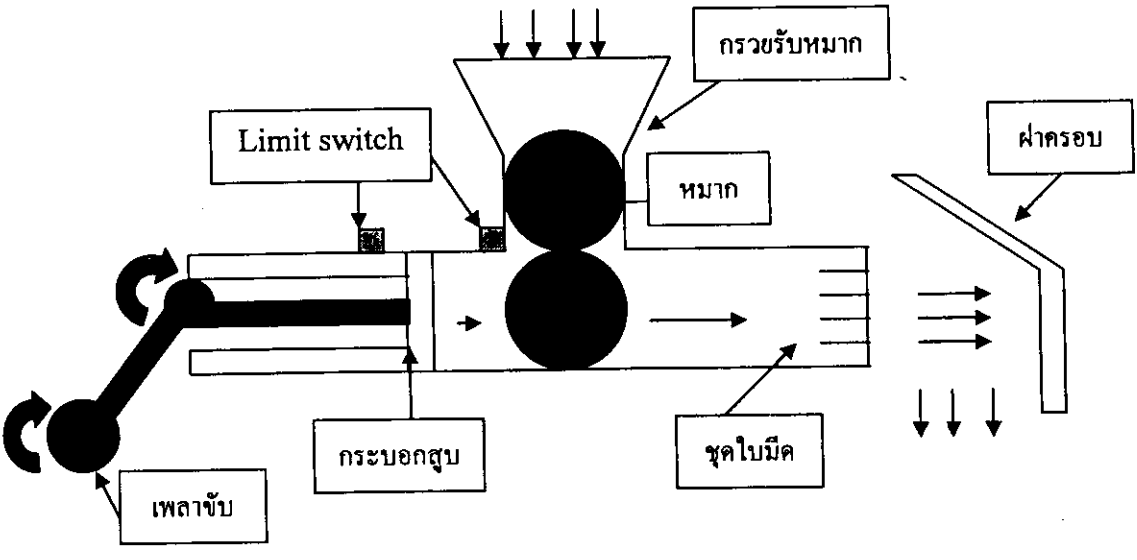
การออกแบบการทดลองการหั่นเนื้อหมาก และการออกแบบระบบการหั่นเนื้อหมาก) ดังแสดงในการทดลองที่ 2 และที่ 3 (ภาคผนวก ข.) จากแนวความคิดที่ว่ากระบวนการหั่นเนื้อหมากมีแนวทางที่เป็นไปได้ 2 แนวทาง คือ ให้เนื้อหมากวิ่งผ่านใบมีด หรือให้ใบมีดวิ่งผ่านเนื้อหมาก จากการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่าเนื้อหมากที่ได้มีลักษณะเป็นแว่นตามความหนาของชุดใบมีดเหมือนกัน จากผลลัพธ์ดังกล่าวทีมวิจัยจึงได้มีการออกแบบกระบวนการทำงานในการหั่นเนื้อหมากสดให้เป็นหมากแว่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในระบบการการหั่นเนื้อหมากมี input คือ หมากที่ผ่านการปอกเปลือกจากระบบการปอกเปลือกแล้ว จากนั้นก็จะผ่านกระบวนการหั่นเนื้อหมาก และ output คือ หมากที่ผ่านการหั่นเนื้อหมากแล้ว ซึ่งมีลักษณะเป็นแว่นหนาเท่าๆ กัน แสดงได้ดังผังในรูปที่ 3.17 จากผังดังกล่าว สามารถออกแบบระบบได้ 4 แบบแสดงรายละเอียดได้ดังนี้



รูปที่ 3.17 ผังระบบการหั่นเนื้อหมาก

1. การหั่นด้วยระบบนิวเมติกส์ เป็นระบบที่ใช้อากาศเป็นตัวกลางในการส่งกำลังและควบคุมกระบวนการหั่นเนื้อหมาก หลักการทำงานของระบบหั่นหมากแสดงได้ดังรูปที่ 3.18

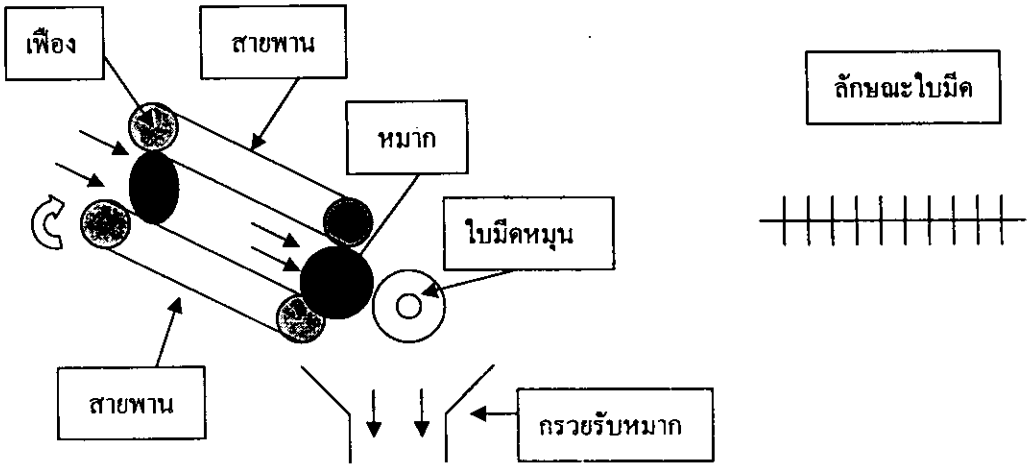


รูปที่ 3.18 การทำงานของกระบวนการหั่นเนื้อหมากด้วยระบบนิวเมติกส์

จากรูปจะเห็นได้ว่า เมื่อหมากที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วตกลงในกระบอกหรือกรวยรับหมาก ซึ่งมีตัว limit switch ติดอยู่ด้านล่าง เพื่อจับการเคลื่อนที่ของหมาก เมื่อหมากตกผ่านจุดนี้ไป ตัว limit switch ก็จะส่งสัญญาณไปยัง limit switch อีกตัวที่ติดไว้ที่กระบอกสูบ ซึ่งจะทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่โดยมีเพลาเป็นตัวขับอัดหมากที่ตกลงมาผ่านชุดใบมีดที่เรียงตัดเป็นชั้นๆ ตามแนวนอนอยู่ และเมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ผ่านตัว limit switch ก็จะทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ถอยกลับมาที่จุดเดิมเพื่อรอสัญญาณจากตัว limit switch ที่ติดอยู่กับกระบอกทางเข้าของหมาก หมากที่ถูกดันผ่านชุดใบมีดแล้วก็จะมีลักษณะเป็นแว่นๆ นอกจากนี้ระบบการหั่นจะประกอบด้วยฝาครอบเพื่อป้องกันการกระเด็นของหมาก และหมากแว่นจะตกลงด้านล่างของระบบ ความหนาของหมากแว่นขึ้นอยู่กับระยะห่างของชุดใบมีดที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ

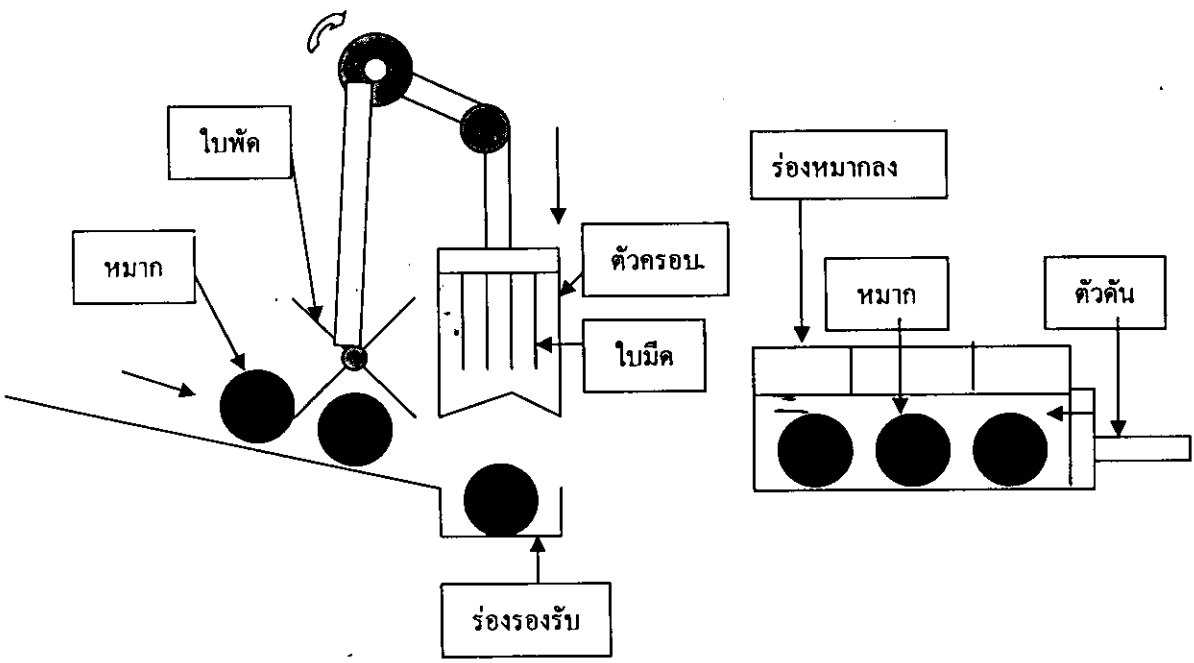
2. การหั่นด้วยระบบไฮดรอลิก เป็นระบบที่ใช้ของไหลเป็นตัวกลางในการส่งกำลัง ซึ่งมีหลักการทำงานของระบบการตัดเฉือนเหมือนกับระบบนิวแมติก แตกต่างตรงที่ใช้ของไหลในการส่งกำลังแทนอากาศเท่านั้น

3. การหั่นด้วยระบบสายพาน เป็นระบบที่มีการทำงานร่วมกับเฟือง หลักการทำงาน (ดังแสดงในรูปที่ 3.19) คือ หมากที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วจะไหลมารอที่สายพาน โดยสายพานมีลักษณะการจัดวางดังแสดงในรูป สายพานมีลักษณะแบนจำนวนสองเส้นขนานกันอยู่ และมีเฟืองเป็นตัวขับสายพานที่หัว-ท้ายดังรูป เมื่อหมากมาถึงจุดนี้สายพานก็จะทำหน้าที่พาหมากเคลื่อนที่เข้าหาใบมีดที่อยู่ตรงส่วนท้ายของสายพาน ใบมีดจะมีลักษณะเป็นวงกลมมีหลายใบมีดเรียงตัวกันอยู่ตามแนวของสายพานและหมุนอยู่ตลอดเวลา หมากที่มากับสายพานก็จะเคลื่อนที่เข้าหาใบมีด โดยที่สายพานเป็นตัวทำหน้าที่ในการจับยึดหมากให้หมากเคลื่อนที่ผ่านชุดใบมีด หมากที่ผ่านการตัดแล้วจะมีลักษณะเป็นแว่น ความหนาของหมากแว่นขึ้นกับระยะการวางของชุดใบมีดกับตำแหน่งสายพาน ส่วนหมากที่ผ่านการตัดแล้วจะตกลงด้านล่าง ถูกรองรับด้วยกรวย



รูปที่ 3.19 การทำงานของระบบสายพาน

4. การหั่นด้วยระบบเฟืองทด มีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.20 โดยหมากที่ผ่านการปอกแล้วจะเคลื่อนที่ไปตามราง มีใบพัดเป็นตัวลำเลียงหมากให้หมากเคลื่อนที่เข้าหาใบมีดที่ละลูก เมื่อหมากเคลื่อนตกลงบนร่อง ชุดใบมีดจะเคลื่อนที่จากด้านบนเข้าตัดหมาก ใบมีดมีลักษณะเรียงตัวเป็นชั้นๆ และมีตัวครอบใบมีดซึ่งทำหน้าที่ในการจับยึดหมาก และมีช่องให้ใบมีดสามารถวิ่งผ่านได้ โดยพื้นของร่องที่รองรับหมากจะมีลักษณะเป็นช่องให้ใบมีดวิ่งผ่านได้เช่นกัน หลังจากที่ตัดหมากแล้วจะมีตัวที่ทำหน้าที่ในการดันหมากที่ตัดแล้วออกจากร่องลงในที่รองรับ ซึ่งเป็นระบบที่ต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองของใบมีด ใบพัด และตัวดันหมากออกจากร่อง ด้วยวิธีการทดรอบของเฟือง



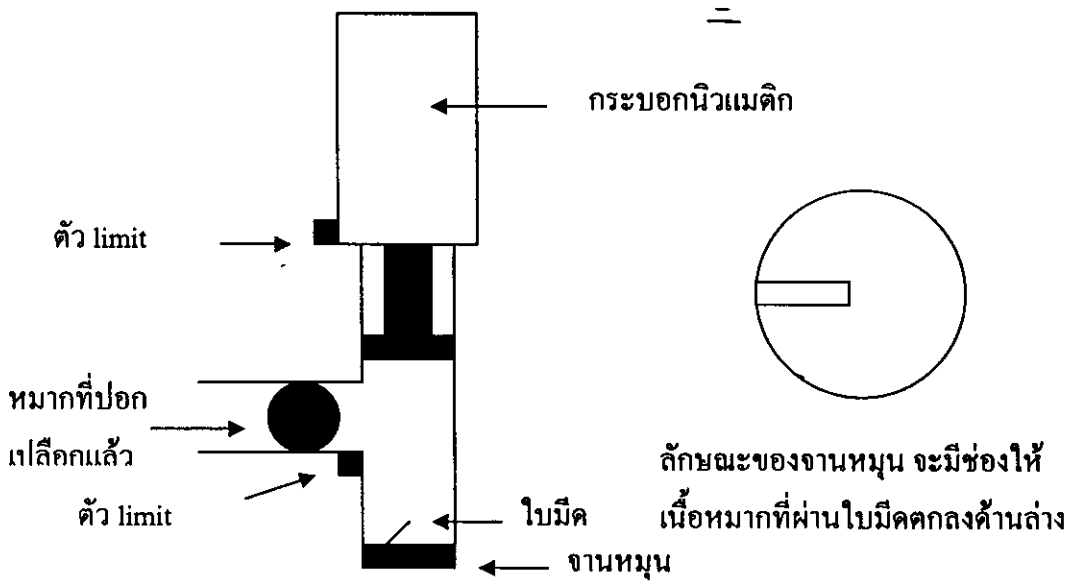
รูปที่ 3.20 การทำงานของระบบเฟืองทด

จากการออกแบบระบบหั่นเนื้อหมากทั้ง 4 ระบบ ได้มีการเปรียบเทียบปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ของทั้ง 4 ระบบ ดังแสดงรายละเอียดการเปรียบเทียบดังตารางที่ 3.2 จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าระบบเฟืองเป็นระบบที่มีความเหมาะสมในการออกแบบระบบตัดเฉือนมากที่สุด ซึ่งในการออกแบบนั้นต้องคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างเฟืองแต่ละตัวจึงจะทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมตามต้องการ จากนั้นจึงได้มีการออกแบบระบบการทำงานใหม่ดังรูปที่ 3.21 โดยมีหลักการทำงานดังนี้ คือ หมากที่ผ่านการปอกเปลือกแล้วจะถูกลำเลียงลงตามช่อง มีจานลักษณะวงกลมแบนเป็นตัวรองรับ และมีคมมีดยื่นขึ้นจากจาน (ใช้เป็นมีดหั่นเนื้อหมาก) ซึ่งจานจะหมุนอยู่ตลอดเวลา เมื่อหมากตกลงบนจานแบน limit switch จะจับการเคลื่อนที่และส่งสัญญาณไปที่

กระบอกนิวเมติกส์ที่อยู่ด้านบนให้กดเนื้อหมากลง โดยใบมีดก็จะทำหน้าที่หั่นเนื้อหมากออกเป็นแว่นๆ ตามต้องการ ความหนาของเนื้อหมากสามารถกำหนดได้ ด้วยการปรับระยะห่างของใบมีด

ตารางที่ 3.2 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของระบบต่างๆ

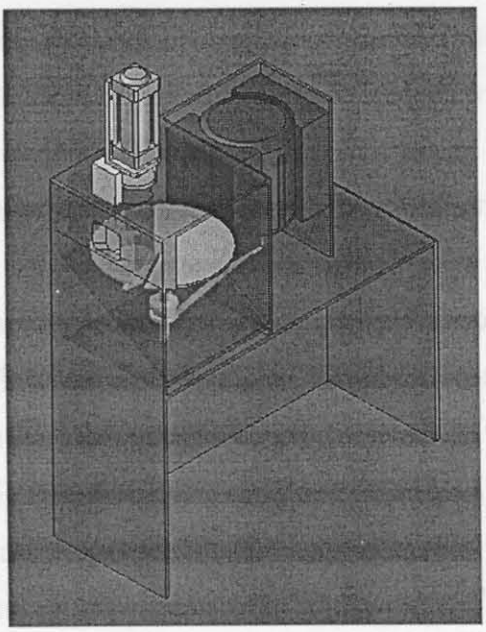
ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ระบบนิวแมติก	ระบบไฮดรอลิก	ระบบสายพาน	ระบบเฟือง
1.ต้นทุน	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
2.พลังงาน	ไฟฟ้า , ลม	ไฟฟ้า , น้ำมัน	ไฟฟ้า	ไฟฟ้า
3.ผลิตภัณฑ์	หมากแว่นตามต้องการ	หมากแว่นตามต้องการ	หมากแว่นตามต้องการ	หมากแว่นตามต้องการ
4.ระบบทำงาน	ซับซ้อน	ซับซ้อน	ไม่ซับซ้อน	ไม่ซับซ้อน
5.ความสะดวกในการใช้งาน	สะดวก	ไม่สะดวก (คอยเช็ดน้ำมันหล่อลื่น)	สะดวก	สะดวก
6.ความสะอาด	สะอาด	ไม่สะอาด (น้ำมัน)	สะอาด	สะอาด



รูปที่ 3.21 การทำงานของระบบหั่นเนื้อหมาก

จากแนวคิดต่างๆ ในการหั่นเนื้อหมาก สามารถนำมาออกแบบโครงสร้างเครื่องจักรได้ ดัง

รูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แบบจำลองระบบตัดเฉือน

นอกเหนือจากการออกแบบระบบการทำงานของเครื่องหั่นหมากแล้ว ทางทีมวิจัยยังได้มีการทดลองวัดแรงที่ต้องใช้ในการกรีดเปลือกหมากเพื่อการปอกเปลือก และแรงที่ใช้ในการหั่นเนื้อหมาก ดังการทดลองที่ 4 ซึ่งพบว่า แรงที่ใช้ในการกรีดผลหมากมีค่าประมาณ 633.5 N และแรงในการหั่นเนื้อหมากมีค่าประมาณ 280.75 N

3.1.2 การวิเคราะห์กระบวนการทำงานระบบหั่นหมากทั้งเปลือก

จากที่กล่าวมาในหัวข้อที่แล้วว่าระบบการปอกเปลือกหมากเป็นระบบที่มีปัญหาในการใช้งาน และส่งผลให้จำเป็นต้องมีระบบการทำงานอื่นที่ตามมาอีกหลายระบบ คือ ระบบการแยกเปลือกหมากออกจากเนื้อหมาก การลำเลียงเนื้อหมากไปยังระบบการหั่น ระบบการหั่น ระบบการเก็บหมากที่หั่นแล้ว ดังนั้นทางผู้วิจัย จึงมีแนวความคิดใหม่ในการที่จะสร้างเครื่องหั่นหมาก คือ ต้องออกแบบให้มีการหั่นหมากทั้งเปลือก จึงจะสามารถลดปัญหาต่างๆ ที่กล่าวข้างต้นได้ ดังนั้นทางทีมวิจัยจึงได้มีการออกแบบการทดลองกระบวนการหั่นหมากทั้งเปลือก ดังการทดลองที่ 5 (แสดงรายละเอียดการทดลองในภาคผนวก ข.) เป็นการทดลองให้หมากสดวิ่งผ่านใบมีด โดยวัตถุประสงค์ของการทดลอง คือ ศึกษาความเป็นไปได้ของการหั่นหมากทั้งเปลือกว่าสามารถทำได้หรือไม่ และผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไปตามความต้องการหรือไม่ จากการทดลองดังกล่าวพบว่า ไม่สามารถหั่นหมากให้เป็นแว่นได้ตามต้องการ ดังนั้นวิธีการที่จะให้หมากสดวิ่งผ่านใบมีดจึงไม่เหมาะสม จากผลลัพธ์ดังกล่าวทางทีมวิจัย จึงได้มีการออกแบบระบบหั่นทั้งเปลือกโดยให้ใบมีดวิ่งผ่านหมากสดที่มีการกำหนดให้อยู่กับที่แทนแนวความคิดเริ่มต้น แนวความคิดในการหั่นหมากสดทั้งเปลือก พบว่า

แนวทางการหั่นหมากทั้งเปลือกที่จะเป็นไปได้มี 3 แนวทาง คือ หั่นหมากสดทั้งเปลือก หั่นหมากสดที่มีการตั้งทิ้งไว้ประมาณ 2-3 วัน และการหั่นหมากสดทั้งเปลือกที่มีการอบแห้งทั้งเปลือกแล้ว จากแนวทางทั้ง 3 แนวทาง ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลองที่ 6 (ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข.) เพื่อศึกษาว่าแนวทางใดสามารถที่จะหั่นหมากทั้งเปลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการสูงสุด

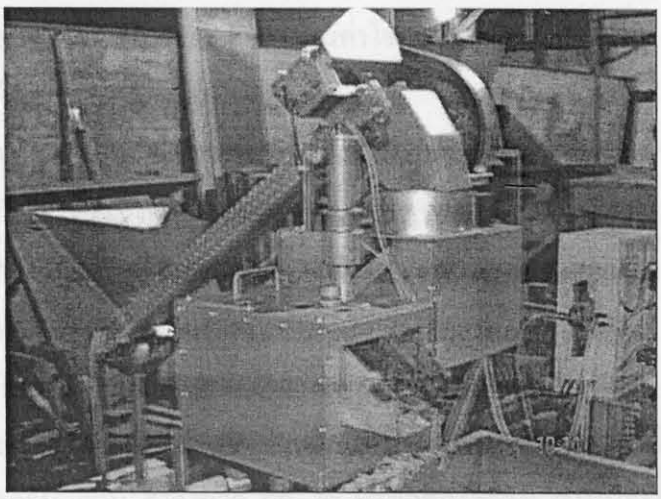
จากตารางที่ ข.3 พบว่าการหั่นหมากที่ทิ้งไว้ 5 วัน จะได้ลักษณะของเปลือกหมากเป็นแว่นและมีเนื้อหมากติดอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และเนื้อหมากที่ได้จะมีลักษณะเป็นแว่น ดังนั้นหมากที่เหมาะสมในการหั่นคือ หมากที่ทิ้งไว้ 5 วัน เพราะเมื่อทำการหั่นแล้วจะทำให้เนื้อหมากเป็นแว่นเปลือกและเนื้อหมากจะยึดติดกันน้อย ทำให้ง่ายต่อการคัดแยกต่อไป ในการทดลองครั้งนี้จะเห็นว่ามีการทดลองเปรียบเทียบตั้งแต่การหั่นหมากสด ซึ่งพบว่ามีปัญหา คือ เนื้อหมากแว่นส่วนใหญ่จะติดกับเปลือก ซึ่งทำให้การแยกเป็นเรื่องที่ยาก ทางทีมวิจัยจึงทดลองทิ้งไว้ 1 วัน 2 วัน จนกระทั่งถึง 5 วัน เพื่อดูว่าทิ้งไว้กี่วันจึงจะทำให้หั่นแล้วเนื้อหมากจะหลุดออกจากเปลือกได้ดีที่สุด จึงพบว่า 5 วันจะเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด สิ่งที่ตั้งเป้าหมายไว้ในการทดลอง คือ จำนวนวันที่ทิ้งหมากไว้จะต้องน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเริ่มการทดลองตั้งแต่ 1 วัน เป็นต้นไป จนได้ค่าที่ยอมรับได้ นั่นคือ 5 วัน ทีมวิจัยจึงไม่ได้ทำการทดลองต่อไปเป็นวันที่ 6 หรือ 7 เพราะจะทำให้ทิ้งไว้นานเกินไป และจะมีปัญหาในเรื่องการจัดการหมากสดที่จะนำเข้าสู่เครื่องจักร

กล่าวโดยสรุป หมากที่เหมาะสมในการหั่น คือ หมากที่ผ่านการทิ้งไว้แล้ว 3-5 วัน และจำเป็นต้องมีระบบการคัดแยกเนื้อหมากออกจากเหลือกหลังจากที่มีการหั่นแล้ว จากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในการหั่นหมากพบว่าหมากแว่นและเปลือกหมากประมาณมากกว่าร้อยละ 90 แยกออกจากกัน เพียงแต่ยังผสมกันหลังจากที่มีการหั่นแล้ว ดังนั้นการทดลองต่อไปจึงเป็นการทดลองการแยกเนื้อหมากออกจากเปลือก โดยอาศัยแนวความคิดที่ว่า เปลือกและเนื้อหมากมีความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะแยกทั้งสองส่วนออกจากกันด้วยน้ำ หากแยกออกจากกันด้วยน้ำทำให้มีปัญหาว่าหมากแว่นที่ผ่านน้ำจะมีปัญหาเกี่ยวกับการอบแห้งหรือไม่ ทางผู้วิจัยจึงได้มีการทดลองอบแห้งหมากแว่นที่ผ่านน้ำด้วย แต่รายละเอียดของการอบแห้งจะมีการนำเสนอในบทที่ 4 ส่วนต่อไปนี้จะเป็นการนำเสนอถึงการทดลองแยกเนื้อหมากออกจากเปลือกด้วยวิธีการผ่านน้ำว่าจะมีผลลัพธ์เป็นอย่างไร ดังการทดลองที่ 6 (รายละเอียดในภาคผนวก ข.) จากผลการทดลองพบว่า ลูกหมากที่ทิ้งไว้ 5 วัน แล้วทำการหั่นลูกหมากทั้งเปลือก และนำไปแช่น้ำ จะเห็นได้ว่า เปลือกหมากจะลอยตัวขึ้นเหนือน้ำเป็นส่วนใหญ่ มีบางส่วนเท่านั้นที่เป็นชิ้นส่วนเล็กๆ จะจมน้ำ และเนื้อหมากจะแยกออกจากเปลือกหมากชัดเจน เพราะเนื้อหมากจะจมน้ำ ดังนั้นจึงสมควรใช้หลักการดังกล่าวประยุกต์ใช้ออกแบบระบบคัดแยก

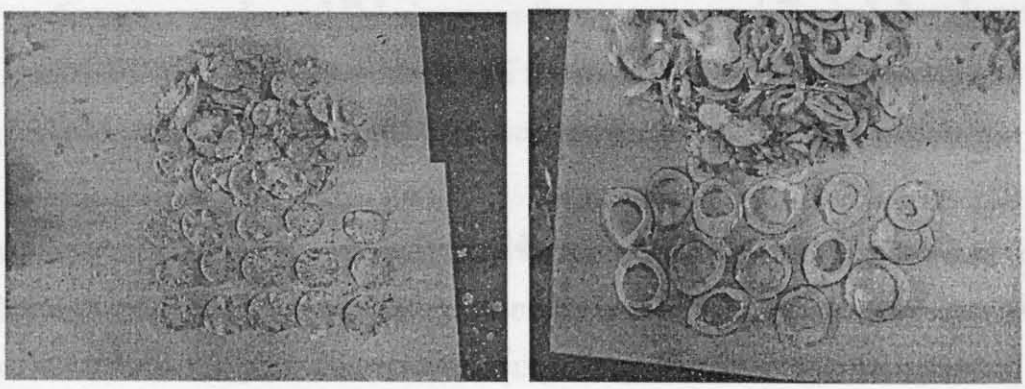
เมื่อการทดลองยืนยันได้ว่าการแยกเนื้อหมากและเปลือกหมากสามารถทำได้แน่นอน ดังนั้นทางทีมวิจัยจึงได้ตัดสินใจออกแบบและสร้างเครื่องหั่นหมากต้นแบบ กล่าวโดยสรุป คือ

ระบบการหั่นที่จะดำเนินการสร้างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ การหั่นทั้งเปลือกโดยใช้ชุดใบมีดที่มีระยะห่างระหว่างใบมีดเท่ากับความหนาของหมากแว่นที่ต้องการวิ่งผ่านหมากสดที่มีการทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน หลังจากนั้นก็จะมีการแยกเนื้อหมากแว่นโดยการใช้น้ำเป็นตัวแยก หลังจากวิเคราะห์แล้วก็ดำเนินการสร้างเครื่องหั่นต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 3.23 ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนเก็บและลำเลียงหมากสดไปสู่ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 2 คือการตัดหมากสดให้เป็นหมากแว่น ส่วนระบบการแยกด้วยน้ำเป็นระบบที่มีการใช้เงินเกินวงเงินงบประมาณที่ได้ตั้งไว้ในงานวิจัยครั้งนี้ จึงยังไม่ได้ดำเนินการสร้าง ผู้วิจัยได้มีการวางแผนเขียนข้อเสนอโครงการต่อไป เพื่อที่จะนำงบประมาณมาสร้างระบบแยกและระบบอบให้กับเครื่องหั่นหมากต้นแบบต่อไป

จากการทดลองใช้งานเครื่องจักรต้นแบบดังการทดลองที่ 7 และที่ 8 (รายละเอียดในภาคผนวก ข.) พบว่าหมากแว่นที่ได้จากการหั่นของเครื่องจักร (ดังแสดงในรูปที่ 3.24) เป็นไปตามความต้องการของตลาด และกำลังการผลิตที่ได้จากเครื่องจักรต้นแบบ คือ 70 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 3.23 เครื่องหั่นหมากต้นแบบที่ได้ทำการสร้างในงานวิจัย



รูปที่ 3.24 หมากแว่นที่ได้จากการหั่นของเครื่องจักรต้นแบบ

ในส่วนของรายละเอียดเครื่องหั่นต้นแบบผู้วิจัยยังไม่ขอนำเสนอผ่านรายงานวิจัยฉบับนี้ เนื่องจากผู้วิจัยกำลังดำเนินการขอจดสิทธิบัตรเครื่องหั่นแบบต้นแบบ

3.2 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับเครื่องหั่นหมากต้นแบบ

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์จะเป็นการวิเคราะห์รายจ่าย และรายได้จากการผลิตหมากแห้ง ซึ่งจะมีการกล่าวแยกเป็น 2 ประเด็น คือ การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการทำงานแบบดั้งเดิม กับการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการผลิตด้วยการใช้เครื่องหั่นหมากต้นแบบ

3.2.1 การประเมินรายได้จากการผลิตด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม

การผลิตด้วยวิธีการดั้งเดิม ซึ่งเป็นการใช้แรงงานคนในการหั่นหมากเป็น 2 ซีก หรือหั่นหมากเป็นหมากแว่น และทำการตากแดด เพื่อทำเป็นหมากแห้งและส่งขายในการวิเคราะห์จะวิเคราะห์กำลังการผลิตเฉพาะในส่วนของการผลิตหมากแว่น กรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมมีกำลังการผลิต คือ 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน การวิเคราะห์แยกเป็นค่าใช้จ่าย และรายได้ ดังนี้

รายจ่ายที่เกิดขึ้น คือ

1. ค่าใช้จ่ายในการซื้อหมากสด ซึ่งกำลังการผลิตหมากสด 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 160 กิโลกรัมต่อวัน (8 ชั่วโมงต่อวัน) ดังนั้นการประมาณค่าใช้จ่ายหมากสดประมาณ 160 × 3 (ราคาหมากสดประมาณ 3 บาทต่อกิโลกรัม) รวมค่าหมากสดประมาณ 504 บาทต่อวัน
2. ค่าแรงงานการปฏิบัติงานวันละ 150 บาท

รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น คือ 504 + 150 = 654 บาทต่อวัน

รายได้ที่เกิดจากการขายหมากแห้ง คือ จากกำลังการผลิตหมากสด 160 กิโลกรัมต่อวัน คิดเป็นหมากแห้ง 53 กิโลกรัมต่อวัน ราคาขาย คือ 70 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจะสามารถทำรายได้ประมาณ 53 × 70 = 3,710 บาทต่อวัน

สรุปได้ว่าจากการผลิตแบบดั้งเดิมสามารถทำกำไรได้ประมาณ 3,710 บาทต่อวัน หาก 1 ปี ทำงาน 330 วัน จะสามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร คือ **1,224,300 บาทต่อปี** อย่างไรก็ตามในการประเมินข้างต้น คือ ในกรณีที่แรงงานคนทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งในความเป็นจริงไม่สามารถทำได้เต็มประสิทธิภาพอย่างแน่นอน รายได้ต่อปีที่ควรจะเป็นจึงน่าจะน้อยกว่ารายได้ประเมินข้างต้น

3.2.2 การประเมินรายได้จากการผลิตด้วยการใช้เครื่องหั่นหมากต้นแบบ

ในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วยการประเมินราคาเครื่องจักร ประเมินรายได้ที่คาดว่าจะได้รับ หลังจากนั้นก็จะมีการคำนวณความคุ้มทุนของการใช้เครื่องจักร

1. การประเมินราคาเครื่องจักร จากเครื่องจักรหั่นต้นแบบที่ดำเนินการสร้างจริง ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 4 ส่วนหลักๆ คือ

1. ค่าใช้จ่ายระบบลำเลียงหมากเข้าสู่ระบบป้อนประมาณ 26,540 บาท ตามตาราง ข.5

2. ค่าใช้จ่ายระบบป้อนหมากเข้าสู่ระบบหั่นหมากที่ละลูก 26,160 บาท ตามตาราง ข.6

3. ค่าใช้จ่ายระบบหั่นหมากประมาณ 28,020 บาท ตามตาราง ข.7

4. ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์ควบคุมประมาณ 6,720 บาท ตามตาราง ข.8

5. ค่าใช้จ่ายวัสดุรวมต่างๆ ประมาณ 13,020 บาท ตามตาราง ข.9

รวมราคาการสร้างประมาณ 101,000 บาท ซึ่งรายละเอียดในตารางต่างๆ จะเป็นการแสดงรายการวัสดุที่ใช้ในการสร้างแต่ละระบบ อายุการใช้งานเครื่องจักรประมาณ 10 ปี ดังนั้นหากคิดค่าเสื่อมเครื่องจักรแบบเส้นตรง จะได้เป็นค่าเครื่องจักร 10,100 บาทต่อปี

2. การประมาณค่าบำรุงรักษาและค่าปฏิบัติงานต่อปี สามารถประมาณการได้ดังนี้

ค่าต้นกำลัง	36,000	บาท
ค่าปฏิบัติงานและบำรุงรักษาจากผู้จำหน่ายเครื่อง(ช่าง)	5,000	บาท
ค่าแรงงานการปฏิบัติงาน(วันละ 150 บาท)	108,000	บาท
รวม	**149,000**	**บาท**

ดังนั้นรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด คือ 159,100 บาท ต่อปี

2. การประเมินรายได้จากการขายหมากแห้ง ความสามารถของเครื่องหั่นต้นแบบสามารถผลิตได้ 70 กิโลกรัมหมากสด ต่อ ชั่วโมงในแต่ละวัน(8 ชั่วโมง) สามารถผลิตได้ 560 กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็นหมากแห้งได้ประมาณ 180 กิโลกรัมหมากแห้งต่อวัน ราคาขายอยู่ที่ 70 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้น ใน 1 วันสามารถมีรายได้จากหมากแห้ง คือ 12,600 บาท หาก 1 ปี ทำงาน 330 วัน จะมีรายได้ 4,158,000 บาท

3. การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเครื่องจักรรวม คือ	159,100 บาทต่อปี
ค่าหมากสด กิโลกรัมละ 3 บาท 560 กิโลกรัมต่อวัน	
(ดั้งนั้น ค่าหมากสด = 560 × 330 ×3)	554,400 บาทต่อปี
รายได้ (= 180 × 330 × 70)	4,158,000 บาทต่อปี

จากรายได้ที่เกิดขึ้นพบว่าภายในปีแรก ก็สามารถคืนทุน และทำกำไรได้ประมาณ (4,158,000 – 554,400) **3,603,600 บาทต่อปี** ซึ่งจากการประมาณเบื้องต้น พบว่าการใช้เครื่องหั่นหมากต้นแบบสามารถทำกำไรเพิ่มขึ้นจากวิธีการดั้งเดิมประมาณ 3 เท่า

การประเมินทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น พบว่า การสร้างเครื่องหั่นหมากดังกล่าวมีความคุ้มค่าในการดำเนินการสร้างเป็นอย่างยิ่ง