บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดเกลียวคู่ ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานั้น ยังคงยึดหลักการทำงานแบบเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชชนิดเกลียวเดี่ยว ที่ถูกสร้างขึ้นมาแล้ว คือ มีระบบการทำงานต่างๆ ของเครื่อง เช่น การส่งกำลังมอเตอร์ไปยังชุดเฟืองทด การเปลี่ยนความเร็วรอบของการบีบอัด แต่เปลี่ยนเกลียวที่ใช้สำหรับบีบอัดจากเกลียวเดี่ยวเป็นเกลียวคู่ โดยใช้เฟืองตรงรับกำลังจากมอเตอร์ช่วยในการขับพาเกลียวทั้งสองให้หมุนบีบอัดเมล็ดพืช และปรับการทำงานของเครื่องให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมในการผลิต เช่น แรงบีบอัด ความเร็วรอบ และอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งการปรับความเหมาะสมของเครื่องเหล่านี้ จะส่งผลถึงขีดความสามารถในการทำงาน และประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิต แต่ก็ยังมีปัญหาของเครื่องบีบอัดแบบเกลียวคู่ ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิต เช่น การเกิดแรงย้อนกลับ น้ำมันรั่วซึมบริเวณช่องคายกาก และตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลต่ออัตราการผลิตของเครื่องบีบอัดแบบเกลียวคู่ จึงเกิดแนวคิดที่จะทำการพัฒนา และศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตของเครื่องบีบอัดแบบเกลียวคู่

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชแบบเกลียวเดี่ยว

ได้มีการพัฒนาจากเครื่องบีบอัดหลายๆ แบบมาเป็นเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชแบบเกลียวเดี่ยว งานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชเกลียวเดี่ยวโดยนำวัตถุดิบที่เป็นพืชน้ำมันมาทำการทดลองบีบอัด 5 ชนิด คือ เมล็ดทานตะวัน เมล็ดถั่วลิสง เมล็ดงาขาว เมล็ดฟักทอง เมล็ดถั่วเหลือง และเนื้อมะพร้าวตากแห้ง เพื่อหาปริมาณน้ำมันที่ได้จากการบีบอัดระหว่างเครื่องแบบเกลียวเดี่ยว ในการทดลองใช้วัตถุดิบ ครั้งละ 500 กรัม เพื่อทำการหาขนาดของช่องคายกากและความเร็วรอบในการบีบอัดที่เหมาะสม กับวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันขณะบีบอัด ต้องไม่ควรเกินอุณหภูมิกำหนด คือ 60 องศาเซลเซียสได้ผลการทดลอง ดังนี้

1) กรณีเมล็ดทานตะวันกะเทาะเปลือก พบว่าเมื่อใช้ช่องคายกากขนาด 15 มิลลิเมตร จะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันจากการบีบอัดมากที่สุด คือ 318 กรัม ส่วนปริมาณน้ำมันเมื่อใช้ช่องคายกากขนาดอื่นๆ จะลดลงเมื่อช่องคายกากมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากสามารถคายกากได้ง่าย และน้ำมันบางส่วนยังบีบออกมาไม่หมด สามารถวัดอุณหภูมิของน้ำมันได้ 49 องศาเซลเซียส

กากที่ได้จากการบีบอัดมีลักษณะเป็นแท่งแข็ง และแห้ง น้ำมันที่ได้ค่อนข้างใสมีตะกอนปะปนอยู่เล็กน้อย

2) กรณีเมล็ดงาขาว พบว่าช่องคายกากขนาด 15 มิลลิเมตร จะได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด อุณหภูมิน้ำมันเท่ากับ 59 องศาเซลเซียส แต่เมื่อเพิ่มขนาดช่องคายกากให้ใหญ่ขึ้น ปริมาณน้ำมันก็จะลดลง เพราะการคายกากกระทำได้ง่ายและรวดเร็ว ทั้งนี้ขนาดเมล็ดที่เล็กของเมล็ดงาก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้กระบวนการบีบอัดใช้เวลาน้อย กากที่ได้จากการบีบอัดมีลักษณะเป็นผงความละเอียดของผงจะแตกต่างกันไปตามขนาดของช่องคายกาก น้ำมันที่ได้ค่อนข้างใสมีตะกอนปะปนอยู่ปานกลาง

3) กรณีเมล็ดถั่วลิสง พบว่าช่องคายกากขนาด 15 มิลลิเมตร จะได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุด อุณหภูมิของน้ำมันเท่ากับ 49 องศาเซลเซียส แต่กากที่ได้มีบางส่วนที่มีลักษณะไหม้ ทั้งนี้เนื่องมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการบีบอัดค่อนข้างนาน น้ำมันที่ได้มีความใสมีตะกอนปะปนอยู่น้อยมาก

4) กรณีเมล็ดฟักทองกะเทาะเปลือก พบว่าช่องคายกากขนาด 15 มิลลิเมตร อุณหภูมิน้ำมันเท่ากับ 53 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เกินขอบเขตอุณหภูมิกำหนด จะได้ปริมาณน้ำมันมากที่สุดแต่เมื่อเพิ่มขนาดให้มากขึ้น ปริมาณน้ำมันก็จะลดลง เนื่องการคายกากกระทำได้ง่าย และน้ำมันบางส่วนยังไม่ถูกบีบออกมา กากที่ได้จากการบีบอัดมีลักษณะเป็นแท่งแข็ง น้ำมันที่ได้มีสีเข้มและมีตะกอนปะปนอยู่ค่อนข้างมาก

5) กรณีเมล็ดถั่วเหลือง พบว่าช่องคายกากขนาด 15 มิลลิเมตร จะได้ปริมาณน้ำมันมากเท่ากับช่องคายกากขนาด 20 มิลลิเมตร แต่อุณหภูมิเมื่อใช้ช่องคายกากขนาด 20 มิลลิเมตรต่ำกว่าช่องคายกากขนาด 15 มิลลิเมตร และใช้เวลาในการบีบอัดน้อยกว่า กากที่ได้มีลักษณะเป็นแท่ง ไม่แข็งมาก น้ำมันที่ได้น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำมันของพืชชนิดอื่น มีตะกอนปะปนอยู่เล็กน้อย

จากการทดลองบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดพืชแต่ละชนิดพบว่าถ้าขนาดช่องคายกากมีขนาดแคบจะได้ปริมาณน้ำมันในการบีบอัดมาก แต่จะใช้เวลาในการบีบอัดนานทำให้อุณหภูมิของน้ำมันที่ได้จากการบีบอัดสูง และส่งผลถึงกากที่ถูกคายออกมา เมล็ดพืชที่ใช้เวลาในการบีบอัดนาน เช่น เมล็ดถั่วลิสง และฟักทอง จะได้กากที่แข็งมากและมีรอยไหม้ในบางบริเวณ ความใสของน้ำมันที่ได้ขึ้นอยู่กับความละเอียดในการบีบอัด เมล็ดพืชที่มีความแข็งน้อยสามารถบีบอัดได้ง่ายจะให้น้ำมันที่มีตะกอนปะปนอยู่มาก เช่น เมล็ดฟักทองและเมล็ดงา [3]

2.1.2 การออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันสะเดาแบบสกรูแนวนอน

เครื่องบีบอัดน้ำมันสะเดาแบบสกรูแนวนอน ได้ออกแบบโดยอาศัยหลักการลำเลียงของสกรูไปที่ส่วนปลายเพื่อบีบอัดและลำเลียงออกไปพร้อมๆ กัน มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ชุดต้นกำลัง ชุดส่งกำลัง และชุดลำเลียงบีบอัด ต้นกำลังใช้มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า ส่งกำลังไปยังสกรู ซึ่งสกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร ระยะพิตซ์ 30 มิลลิเมตร และยาว 205 มิลลิเมตร ลักษณะของสกรูเป็นแบบระยะพิตซ์และความลึกคงที่ หมุนอยู่ในกระบอกบีบอัด ตัวกระบอกอัดเจาะรูด้านข้างเพื่อให้น้ำมันไหลออก ซึ่งรูมีขนาด 1 มิลลิเมตร ส่วนหัวของสกรูมีฝาครอบบีบอัดที่เจาะรูตรงกลางใส่ขนาดช่องคายกากเพื่อให้เกิดการบีบอัดมากขึ้น ที่ช่องคายกากก็เจาะรูขนาดเล็กเพื่อให้กากสะเดาลำเลียงออกมา ในการทดสอบหาประสิทธิภาพการบีบอัด ได้ทดสอบที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 20, 30 และ 40 รอบต่อนาทีตามลำดับ และขนาดของช่องคายกากมี 2 ขนาดคือ 5 และ 8 มิลลิเมตร จากการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพในการบีบอัดสูงสุด 17.76% ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที และขนาดช่องคายกากขนาด 8 มิลลิเมตร [4]

2.1.3 การออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันแบบใช้เกลียวเดียว

เครื่องบีบอัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันแบบเกลียวอัด ได้ถูกออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อบีบอัดน้ำมันทานตะวันซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ชุดต้นกำลัง สกรูลำเลียง และหัวบีบอัด ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า ขับสกรูลำเลียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ระยะพิตช์ 25 มิลลิเมตร ยาว 310 มิลลิเมตร จะหมุนอยู่ภายในกระบอกอัดน้ำมันทานตะวันจะไหลออก จากรูเจาะที่อยู่รอบๆ กระบอกบีบอัด จากการทดสอบประสิทธิภาพในการบีบอัด ที่ความเร็ว 20, 30 และ 38 รอบต่อนาที ขนาดรูเจาะรอบๆ กระบอกอัด 1 และ 2 มิลลิเมตรแบบใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน พบว่าที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 38 รอบต่อนาที ขนาดรูเจาะรอบๆกระบอกบีบอัด 1 มิลลิเมตร แบบไม่ใช้ความร้อน มีประสิทธิภาพการบีบอัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันสูงสุด 25.23 % [5]

2.1.4 การออกแบบและสร้างเครื่องบดอัดน้ำมันงาแบบจานหมุน

เครื่องบดอัดน้ำมันงาแบบจานหมุนอาศัยหลักการการทำงานของเครื่องบดแบบจานเดี่ยว โดยการออกแบบได้กำหนดให้ชุดจานบดชุดบนและจานบดชุดล่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตรโดยที่ชุดจานบดชุดบนนั้นอยู่กับที่และจานบดชุดล่างนั้นมีการหมุนรอบตัวเองและมีชุดป้อนเมล็ดงาขาวคั่วที่มีลักษณะเป็นเกลียวลำเลียงอยู่ด้านบน โดยอาศัยกำลังขับจากเพลาขับจานบดชุดล่างโดยกำลังขับที่ใช้มีขนาด 0.25 แรงม้า และที่ผิวหน้าจานบดชุดบนและล่างมีการเซาะร่องขนาดกว้าง 1 มิลลิเมตรและมีความลึก 1 มิลลิเมตรเพื่อเพิ่มความเสียดทานให้กับการบดเมล็ดงาขาวคั่ว โดยการทดสอบได้แบ่งระดับความเร็วที่ใช้ในการทดสอบออกเป็น 3 ระดับ คือ 20 , 30 และ 40 รอบต่อนาทีโดยระยะช่องว่าง ที่ใช้ในการทดสอบคือ 0.40 มิลลิเมตร โดยการทดสอบจะได้ระยะที่

เหมาะสมในการบดและระดับความเร็วรอบที่เหมาะสมการบดทดสอบจะได้คือความเร็วรอบที่เหมาะสมคือ 40 รอบต่อนาทีเป็นระดับความเร็วรอบที่ให้อัตราการทำงานที่ 0.667 กิโลกรัมงาคั่วต่อชั่วโมง [6]

2.1.5 การวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมของเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดา

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการบีบอัดเมล็ดสะเดาที่ผ่านการกะเทาะเปลือก และไม่กะเทาะเปลือกเพื่อหาค่าความเร็วรอบในการหมุนของสกรูบีบอัด ความเร็วรอบการหมุนของสกรูป้อน และค่าระยะความห่างระหว่างสกรูกับบูชที่เหมาะสม โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นได้มาจากการเปรียบเทียบกันระหว่างผลของการบีบอัดเมล็ดสะเดาแบบที่ไม่กะเทาะเปลือกกับแบบกะเทาะเปลือกบีบอัดครั้งเดียว จากผลการทดลองโดยการใช้เมล็ดสะเดาที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่น้ำหนัก 1 กิโลกรัมบีบอัดครั้งเดียว ตั้งระยะการบีบอัดที่ระยะห่างระหว่างลีดสกรูกับบูช 2 มิลลิเมตร ความเร็วรอบในการบีบอัด 23 รอบต่อนาที ความเร็วในการป้อน 23 รอบต่อนาที ได้น้ำมันดิบ 203.06 กรัม ได้กากหรือเนื้อสะเดา 777.26 กรัม อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะบีบอัด 51.60 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการผลิต 8.33 กิโลกรัมต่อชั่วโมง [7]

2.1.6 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบีบอัดน้ำมันจากพืชด้วยเครื่องแบบเกลียวเดี่ยว

ในการดำเนินการสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันออกจากจากเมล็ดพืชชนิดเกลียวเดี่ยว ได้ใช้อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ให้ได้หลายระดับตามความต้องการ และค่าที่ได้จากการทดลองทำให้รู้ว่าเมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป จะมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่บีบอัด โดยความเร็วรอบในการบีบอัดสูงส่งผลให้การบีบอัดมีประสิทธิภาพไม่ดีเนื่องจากเมล็ดพืชจะถูกเกลียวสกรูบีบอัดลำเลียงออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันน้อย เนื่องจากน้ำมันที่ยังบีบอัดไม่หมด ได้ปะปนออกมากับกากเสียก่อน ส่วนทำการปรับความเร็วรอบให้ต่ำลง จะส่งผลให้เกลียวสกรูบีบอัดมีการบีบอัดวัตถุดิบช้าลง เกิดการบีบอัดอย่างเต็มที่ ทำให้ได้ปริมาณของน้ำมันมาก แต่ก็จะทำให้เวลาในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน [8]

2.2 กระบวนการผลิตน้ำมัน

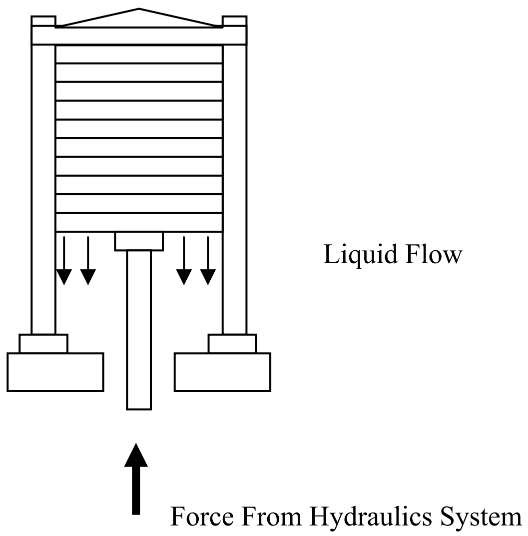
กระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชแบ่งออกเป็น 3 วิธี ได้แก่

2.2.1 กระบวนการบีบหรือใช้แรงอัด (Mechanical Expression) ใช้เครื่องบีบด้วยแรงอัดสูงสุด นิยมใช้กับวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำมันมาก เครื่องมือที่ใช้มี 2 ชนิด คือ เครื่องบีบแบบไฮดรอลิคส์ (Hydraulic Press) ซึ่งปัจจุบันใช้น้อยและแบบสกรู (Screw Press or Expeller) แบบไฮดรอลิคส์นั้นเมื่อบีบน้ำมันออกแล้วจะเอากากออกทุกครั้งไป ส่วนแบบสกรูจะทำการป้อนวัตถุดิบเข้าเครื่องบีบติดต่อกันตลอดเวลาโดยไม่ต้องเสียเวลาหยุดเครื่องหลังการบีบอัด [9]

การบีบอัดส่วนใหญ่จะใช้ในการสกัดน้ำมันและผลไม้ โดยบ่อยครั้งที่จะใช้ร่วมกับการลดขนาดเพื่อเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์ ทำให้สามารถสกัดองค์ประกอบของสารจากวัตถุดิบพืชเพื่อการบริโภคโดยตรงเพื่อใช้ในกระบวนการแปรรูปต่อไปได้ เช่น น้ำตาลและน้ำมันพืช สารที่ต้องการจะสกัดเหล่านี้จะอยู่ในระหว่างโครงสร้างเซลล์ของพืช จึงจำเป็นต้องทำให้ผนังเซลล์แตกหรือทำลายเซลล์เหล่านี้ก่อนเพื่อปลดปล่อยสารดังกล่าวออกมา โดยในเซลล์พืชที่ให้น้ำมันจะมีน้ำมันที่เป็นอนุภาคน้ำมันซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10-80 ไมโครเมตร เนื่องจากความแตกต่างของประเภทน้ำมัน ความชื้น ลักษณะรู และความเป็นของแข็งของวัตถุดิบ รวมทั้งสัดส่วนของเปลือกในเมล็ดน้ำมันพืชแต่ละชนิด วิธีสกัดน้ำมันโดยการกดอัดทำได้ใน 2 ขั้นตอน คือ การลดขนาดเพื่อให้เกิดพัลพ์ตามด้วยการแยกด้วยการกดอัด หรือทำในขั้นตอนเดียว ซึ่งจะรวมทั้งการทำให้เซลล์แตกและดันน้ำมันออกมา โดยทั่วไปแล้วการสกัดในหนึ่งขั้นตอนจะประหยัดกว่าและให้ผลผลิตสูงกว่า ค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำกว่าการสกัดดีขึ้นเนื่องจากความหนืดของน้ำมันลดลง ช่วยทำให้สามารถแยกน้ำมันออกจากเซลล์และกำจัดความชื้นได้ง่ายขึ้น ความชื้นจะไปหล่อลื่นพัลพ์ระหว่างการบีบอัดทำให้ความดันเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความชื้นจะช่วยเพิ่มการไหลของน้ำมันผ่านรูของเค้กที่ถูกอัด จึงลดปริมาณของน้ำมันที่หลงเหลืออยู่ในเค้ก ทำให้ช่วยเพิ่มผลผลิตของน้ำมันได้ดังนั้นค่าปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของพัลพ์ในการสกัดน้ำมันเพื่อให้ได้ผลผลิตการสกัดน้ำมันสูงสุด จึงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเมล็ดพืช ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตของเหลวจากการอัด ได้แก่ ความสุกและสภาวะการเจริญเติบโตของวัตถุดิบปริมาณการแตกของเซลล์ ความต้านทานของของแข็งต่อการทำลายเชิงกล อัตราเร็วของการเพิ่มความดันเวลาในการบีบอัด ความดันสูงสุดที่ให้แก่เครื่องบีบอัด ความหนาของแข็งที่ถูกบีบอัด อุณหภูมิของของแข็งและของเหลว และความหนืดของของเหลวที่ถูกบีบอัด [4]

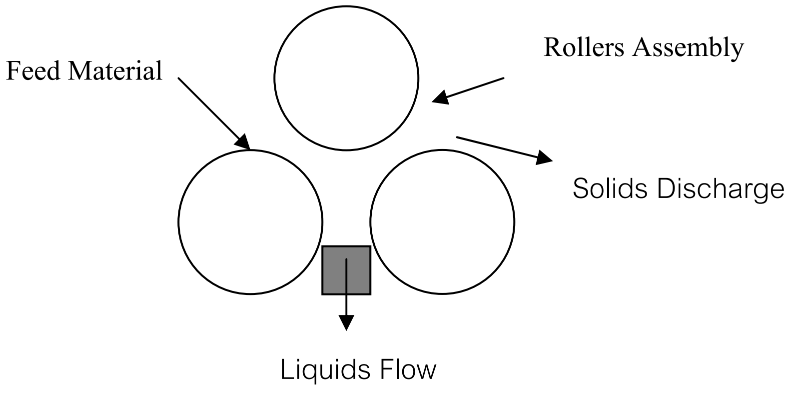
เครื่องมือในบีบอัดการแยกองค์ประกอบที่เป็นของเหลวออกจากของแข็งอาจทำได้หลายวิธี การใช้เครื่องมือในการบีบอัด (Mechanical Expression) เป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งการบีบอัดเพื่อเอาของเหลวออกจากวัตถุดิบโดยทั่วไปสามารถทำได้ 3 แบบ คือ

1) เครื่องบีบอัดโดยใช้แรงดันอัด การบีบอัดแบบนี้วัตถุจะถูกบีบอัดด้วยแรงโดยตรงของเหลวจะไหลลงด้านล่าง โดยการบีบอัดจะทำได้เป็นครั้งไม่สามารถทำได้ต่อเนื่องได้ และมักจะใช้แรงจากระบบไฮดรอลิคส์สำหรับงานขนาดใหญ่หรือต้องการแรงดันสูงส่วนงานขนาดเล็กจะใช้แรงงานคนแทน [4] ดังรูปที่ 2.1



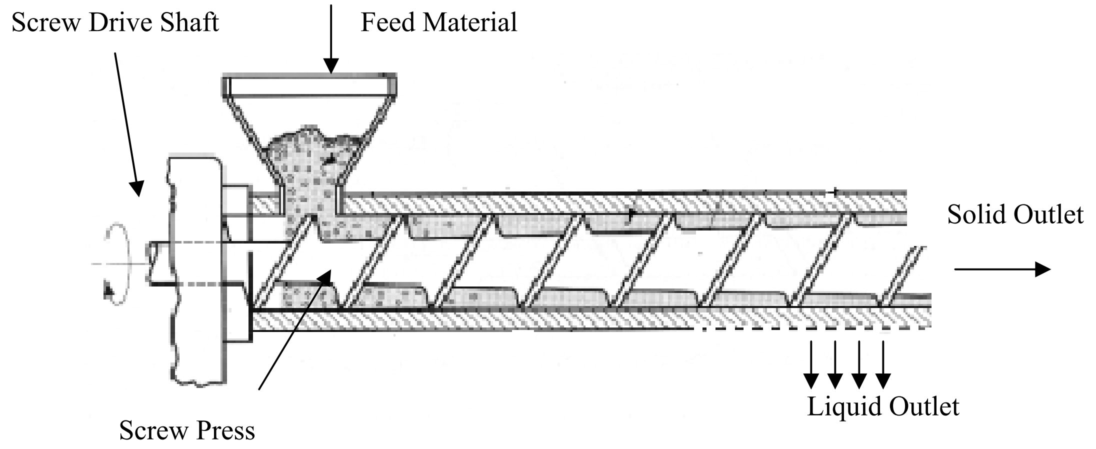
รูปที่ 2.1 เครื่องบีบอัดแบบใช้แรงดันอัด [4]

2) เครื่องบีบอัดแบบใช้ลูกกลิ้ง เครื่องบีบอัดนี้สามารถบีบอัดได้อย่างต่อเนื่องโดยการป้อนวัสดุหรือวัตถุดิบผ่านเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง 3 ลูก ซึ่งวางเรียงกันเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยลูกกลิ้งจะทำหน้าที่เป็นตัวบีบ รัด รีด และนวดเอาของเหลวออกมา กากและของเหลวจะถูกแยกออกจากกันด้านล่างของลูกกลิ้งและมีถาดรองรับของเหลว โดยทั่วไปมักใช้บีบอัดกับพืชเส้นใยหยาบและแข็ง เช่น ใช้คั้นอ้อยในอุตสาหกรรมน้ำตาล เป็นต้น [4] ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การบีบอัดโดยใช้ลูกกลิ้ง [4]

3) การบีบอัดแบบใช้เกลียวอัด การบีบอัดแบบใช้เกลียวอัด นี้วัสดุจะถูกคั้นด้วยแรงผ่านเกลียวเกลียวจะเป็นตัวบดอัดเพื่อบีบเอาของเหลวออก ของเหลวที่ได้จะไหลผ่านช่องตะแกรง ส่วนกากจะถูกลำเลียงออกทางท้ายเครื่อง ซึ่งเหมาะที่จะใช้บีบอัดผลไม้และการรีดน้ำมันออกจากเมล็ด การส่งกำลังจากเพลาสู่เกลียวเป็นวิธีที่ทำให้เกิดการอัดสูง โดยที่ลักษณะของเกลียว ความห่างของเกลียว การลดลงของพื้นที่หน้าตัดเกลียวจะมีผลกระทบต่อการบีบหรือบดอัดเมื่อใช้หลักการนี้ การอัดจะเกิดขึ้นระหว่างเกลียวกับผนังกระบอกจึงทำให้มีความเสียดทานสูงระหว่างการบีบคั้น เป็นผลให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งความร้อนนี้จะช่วยลดความหนืดของน้ำมัน เครื่องสกัดน้ำมันบางชนิดอาจติดตั้งเครื่องทำความร้อนกับตัวเครื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตจากการสกัด ความจุในการทำงานของเครื่องอยู่ในระดับ 40-800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กากหลังจากบีบอัดน้ำมันจะมีปริมาณค้างอยู่ประมาณ 5-18 % ของน้ำหนักกาก [5] ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การบีบอัดแบบใช้เกลียวอัด [5]

2.2.2 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง โดยใช้เฮกเซนซึ่งเป็นเคมีภัณฑ์ปิโตเลียมเข้าสกัดน้ำมันพืชออกจากวัตถุดิบ โดยมีความร้อนเข้าช่วย เมื่อเฮกเซนระเหยตัวออกไปจะเหลือน้ำมันดิบแยกตัวออกจากกาก กรรมวิธีการผลิตในชั้นนี้อาจทำได้หลายวิธีตัวทำละลายที่ต้องดีมีสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดีและไม่เป็นพิษ ในโรงงานทั่วไปใช้เฮกเซนที่มีจุดเดือด 62-70 องศาเซลเซียสเป็นตัวทำละลาย แต่ในยุโรปนิยมใช้ไซโคคลเฮกเซนซึ่งมีจุดเดือด 72-80 องศาเซลเซียส เนื่องจากมีปัญหาเรื่องราคาและปริมาณของตัวทำละลายที่นับวันจะ

ขาดแคลน ผู้ผลิตต้องพิถีพิถันเรื่องการเลือกออกแบบโรงงานเพื่อให้มีการสูญเสียตัวทำละลายน้อยที่สุด เครื่องสกัดที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องมี 2 แบบคือ

1) Percolation Extractor ตัวทำละลายหรือมิสเซลลา ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีน้ำมันละลายอยู่จะถูกปั๊มลงไปพรมวัตถุดิบที่ผ่านมาตามสายพานที่มีลักษณะเป็นตะแกรง ซึ่งจะผ่านลงไปยังที่รองรับแล้วถูกดูดกลับมาใหม่เพื่อสกัดน้ำมันจากวัตถุดิบที่มีปริมาณน้ำมันสูงและเหมาะสมกับโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูงแต่มีเนื้อที่ค่อนข้างจำกัดสามารถใช้ระบบนี้ได้ [9]

2) Immersion Extractor วัตถุดิบเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายจำนวนมาก วัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าทางตอนบนของเครื่องสกัดผ่านสวนทางกับตัวทำละลายที่ป้อนเข้าสู่ตัวเครื่องทางด้านล่าง จากกระบวนการสกัดจะได้มิสเซลลาส่งไปกลั่นแยกเอาตัวทำละลายออกจะได้น้ำมันดิบ ตัวทำละลายที่กลั่นได้นำกลับมาใช้ในการสกัดได้อีก ส่วนกากนำไปอบไล่ตัวทำละลายเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ การอบกากด้วยความร้อนยังช่วยทำลายสารยับยั้งการเจริญเติบโตและลดความชื้นให้เหลือ 10-12 เปอร์เซ็นต์ [9]

2.2.3 กระบวนการสกัดโดยใช้เครื่องบีบและตัวทำลาย (Expeller Solvent Extraction) เป็นการสกัดโดยใช้วิธีบีบอัดและใช้สารละลายเข้าด้วยกัน โดยในช่วงแรกป้อนวัตถุดิบแล้งบีบเพื่อแยกน้ำมันออกเพียงบางส่วน (Pre-pressing) ให้เหลือน้ำมัน 10-20 % ในกากวัตถุดิบแล้วใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำลายอีกต่อหนึ่ง วิธีนี้สามารถบีบน้ำมันออกจนเหลือน้ำมันในกาก 3%

2.3 เมล็ดพืชที่ใช้ทำการทดลอง

2.3.1 ทานตะวัน (Sunflower)

ลักษณะของลำต้นจะตรง สูงประมาณ 3-4 ฟุต แต่ถ้าปลูก ในถิ่นที่มีอากาศเย็นอาจสูงได้ถึง 6 ฟุต ลักษณะใบกลมรีกว้างประมาณ 4-8 นิ้ว ยาว 1 ฟุต ขอบใบเป็นรอยจักฟันเลื่อย ปลายใบแหลม ดอกมีขนาดใหญ่ดอกบานเต็มที่โตประมาณ 5-10 นิ้ว มีสีเหลืองสด ตรงกลางดอกมีเกสรเป็นวง กลีบดอกบานแผ่เป็นวงกลมทำให้เกสรดอกเด่นชัดขึ้น

ทานตะวันเป็นพืชน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญเป็นที่ต้องการของตลาดโลกและตลาดภายในประเทศรองจากถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวันที่สกัดจากเมล็ดมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 35โดยน้ำหนัก และเป็นน้ำมันคุณภาพสูง ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เช่น linoleic และ linolenic สูงถึงร้อยละ 60-70 กรดไขมันเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในการช่วยลดโคเรสเตอรอลที่เป็นสาเหตุของโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด และยังประกอบไปด้วยไวตามิน เอ ดี อี และ เค ซึ่งคุณภาพของไวตามินอีจะสูงกว่าน้ำมันพื้นชนิดอื่นๆ เมื่อเก็บน้ำมันทานตะวันไว้นานๆ จะไม่เกิดกลิ่นหืน

อีกทั้งยังไม่ทำให้สีและรสชาติเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้น้ำมันทานตะวันยังนิยมใช้ในอุตสาหกรรมทำเนยเทียม สี น้ำมันชักเงา สบู่ และน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ [10] ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

รูปที่ 2.4 ดอกทานตะวัน [14]

รูปที่ 2.5 เมล็ดทานตะวัน [15]

2.3.2 งา (Sesame)

งาเป็นไม้ล้มลุกสูงประมาณ 30 -100 เซนติเมตร ลำต้นเป็นเหลี่ยมมีร่องตามยาวลำต้นมีขนปกคลุม ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงตรงข้ามหรือสลับลักษณะใบเป็นรูปไข่หรือรูปใบหอกกว้างประมาณ 2-5 เซนติเมตรยาวประมาณ 6-10 เซนติเมตร ดอกเป็นดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีขาวหรือสีชมพู ผลเป็นผลแห้ง เมล็ดแบนรูปไข่สีดำ น้ำตาลหรือขาว น้ำมันงาที่สกัดจากเมล็ดมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 55 โดยน้ำหนัก ปัจจุบันการบริโภคน้ำมันงากันอย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นผลพลอยได้ จากการสกัดน้ำมันก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกหลายอย่าง ทั้งเป็นอาหารมนุษย์และสัตว์เลี้ยง ทำปุ๋ย ใช้เป็นเชื้อเพลิง และอื่นๆ [11] ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7

รูปที่ 2.6 ดอกงา [17]

รูปที่ 2.7 เมล็ดงา [18]

2.3.3 ถั่วลิสง (Groundnut)

ถั่วลิสงเป็นพืชล้มลุกจะมีอายุสั้นไม่เกิน 1 ปีลำต้นนั้นจะมีความสูงประมาณ 30-70 เซนติเมตร ลักษณะลำต้นจะเป็นเหลี่ยมและจะมีขนเป็นสีเหลืองออกขาวเล็กน้อย ตัวใบจะมีลักษณะกลมหรือรี ตรงปลายของมันจะมนหรือแหลมเล็กน้อย ดอกจะออกตามง่ามใบคล้ายผีเสื้อ เมล็ดจะมีลักษณะกลมยาวและหนาฝักจะมีความยาวประมาณ 1-5 เซนติเมตรภายในฝักจะมีเมล็ดประมาณ 1-4 เม็ด จะติดผลในฤดูหนาว

ในโรงงานบีบหรือสกัดน้ำมันถั่วลิสงส่วนใหญ่ใช้เม็ดที่มีคุณภาพต่ำ เมล็ดลีบ มีขนาดเล็กและแตกหัก ความต้องการใช้เมล็ดในปีหนึ่งๆ มีประมาณ 12,000 ตัน ซึ่งจะได้น้ำหนักประมาณ 11,000 ตันเศษ ส่วนใหญ่ใช้ภายในประเทศ ส่งออกปริมาณน้อยมาก น้ำมันถั่วลิสงมีวิตามินในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย และสูงกว่าน้ำมันพืชที่ใช้ในการปรุงอาหารส่วนใหญ่หลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย และข้าวโพด ถึงประมาณ 2-3 เท่า [12] ดังรูปที่ 2.8 และ 2.9

รูปที่ 2.8 ดอกถั่วลิสง [19]

รูปที่ 2.9 เมล็ดถั่วลิสง [20]

2.3.4 ฟักทอง (Pumpkin)

ฟักทอง มีวิตามินเอ บำรุงร่างกาย ช่วยบำรุงสายตา เนื้อฟักทองมีสารแคโรทีน (Carotene) สูง สารนี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไวตามินเอในร่างกาย จึงให้ประโยชน์ช่วยบำรุงสายตา กระดูก และฟันให้แข็งแรง เนื้อฟักทองยังประกอบด้วยแป้ง โปรตีน ไขมัน ฟอสฟอรัส แคลเซียม

และเหล็ก เมล็ดมีฟอสฟอรัสในปริมาณสูง รวมทั้งแป้ง โปรตีน และน้ำประมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก

เมล็ดมีน้ำมัน บำรุงประสาท ขับพยาธิ (ได้มีการทดลองทางคลีนิค พบว่าเมล็ดฟักทองใช้ถ่ายพยาธิตัวตืดได้ และฆ่าพยาธิใบไม้ได้ด้วย) ยอดอ่อน ใบอ่อน ดอกตูม ผล ใช้เป็นอาหาร รับประทานเป็นผัก และปรุงเป็นของหวาน ส่วนเมล็ดแห้งมีสารคิวเคอร์บิทีน (Cucurbitine) เป็นสารสำคัญ ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าพยาธิได้ผลดี [13] ดังรูปที่ 2.10 และ 2.11

รูปที่ 2.10 ผลฟักทอง [21]

รูปที่ 2.11 เมล็ดฟักทอง [22]

2.3.5 ถั่วเหลือง (Soybean)

ถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งที่ดีของไขมันและโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมล็ดถั่วเหลืองมีหลายขนาดและหลากหลายสีรวมถึงสีดำ สีน้ำตาล สีฟ้า สีเหลืองเปลือกถั่วเหลืองที่แก่แล้วจะแข็งแรงทนต่อน้ำ ถ้าส่วนห่อหุ้มเมล็ดแตก ถั่วเหลืองอาจจะไม่งอก รอยที่คล้ายๆแผลเป็นสามารถเห็นได้ชัด บนส่วนห่อหุ้มเมล็ดเรียกว่า hilum หรือ แผลเป็นบนเมล็ดพืช และเป็นคล้ายรูเปิดเล็กๆที่สามารถดูดซึมน้ำ เข้าไปได้แต่ที่น่าสังเกต เมล็ดถั่วเหลืองบรรจุโปรตีนไว้สูง และสามารถทำให้แห้งโดย ไม่เสียหายและสามารถทำให้ฟื้นกลับมาโดยการใส่น้ำ

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นสี่เหลี่ยมปกคลุมด้วยขนสีเทาขาว ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ใบประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ รูปร่างคล้ายรูปไข่ปลายแหลม ใบค่อนข้างหนา ผิวมันทั้งด้านบนและด้านล่าง ดอกเป็นช่อสีขาวหรือม่วงแดง ออกดอกเมื่ออายุประมาณ 25-30 วันเก็บเกี่ยวอายุประมาณ 90-100วัน ฝักแบนขาวติดเป็นกระจุกที่ข้อของต้น และกิ่ง ในฝักมีเมล็ด 3-5 เมล็ดรูปไข่ เมล็ดกลม ผิวสีเหลืองมันตาค่อนข้างลึกสีน้ำตาลอ่อน มีปริมาณน้ำมันร้อยละ 18-20 โดยน้ำหนัก [14] ดังรูปที่ 2.12 และ 2.13

รูปที่ 2.12 ฝักของถั่วเหลือง [23]

รูปที่ 2.13 เมล็ดถั่วเหลือง [24]

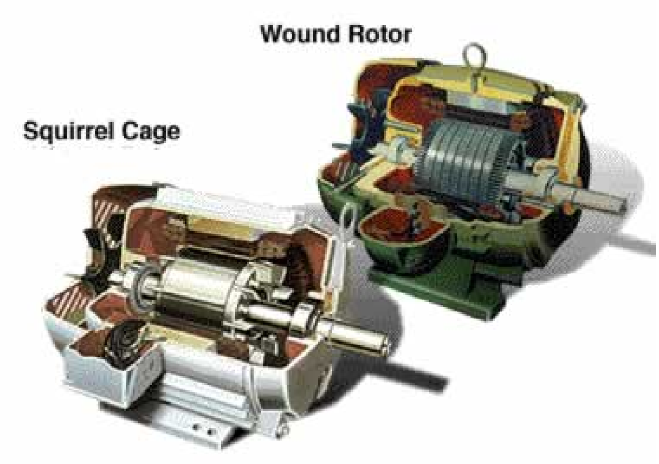
เมล็ดพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณน้ำมันที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณน้ำมันในวัตถุดิบสำคัญที่ใช้สกัดน้ำมัน

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณน้ำมันในวัตถุดิบสำคัญที่ใช้สกัดน้ำมัน [15]

วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำมัน (%)
เนื้อมะพร้าวแห้ง	65-68
งา	50-55
ผลปาล์ม	45-50
ถั่วลิสง	45-50
เมล็ดทานตะวัน	55-60
ดอกคำฝอย	30-35
มะกอก	25-30
เมล็ดฝ้าย	18-20
ถั่วเหลือง	18-20
ฟักทอง	60-65

2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สามเฟส (Three Phase Induction Motors)

มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสเป็นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าทั้งสามเฟส 3 สาย และสามเฟส 4 สาย มีขนาดตั้งแต่ 0.5 แรงม้า และขนาดใหญ่ 400 แรงม้าขึ้นไป แต่ก็มีใช้กันบ้างไม่มากนัก ส่วนประกอบของมอเตอร์สามเฟสที่สำคัญมี 3 อย่างคือ สเตเตอร์ หรือโครงมอเตอร์ โรเตอร์ และฝาปิดทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 มอเตอร์สามเฟส [16]

2.4.1 สเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟสจะเหมือนกับสเตเตอร์ของมอเตอร์สปลิทเฟส และคาปาซิเตอร์ ที่เป็นมอเตอร์ 1 เฟสทุกประการ แต่ขดลวดที่พันไว้ที่สเตเตอร์แทนที่จะมีขดสตาร์ทและขดรันเหมือนกับมอเตอร์ 1 เฟสนั้น มอเตอร์ 3 เฟส จะมีเฉพาะขดรันอย่างเดียวและมีขดลวดแยกกันอยู่เป็น 3 ชุด คือ ขดลวดเป็นของเฟส A เฟส B และเฟส C [16]

2.4.2 โรเตอร์ซึ่งเป็นตัวหมุนของมอเตอร์ 3 เฟสแยกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ แบบวาล์วโรเตอร์ และแบบสควิเรลเคจ

1) แบบวาล์วโรเตอร์ (Wound Rotor) คือโรเตอร์ที่มีลวดอาบน้ำยา หรือลวดหุ้มด้ายพันอยู่มีวงแหวน หรือสลิปริง (Slip Ring) อยู่ 3 วง ขดลวดที่พันอยู่บนโรเตอร์จะพันเป็นสามเฟสต่อเป็นแบบสตาร์ปลายของคอยล์ทั้ง 3 เฟส ต่อออกมาเข้าสลิปริงทั้งสาม จะมีแปรงถ่าน 3 ชุด และต่อไปเข้ากับตัวควบคุมกระแส หรือรีโอสตัต (Rheostat) จะมีลวดความต้านทาน 3 ชุด แต่ละชุดจะมีไว้แต่ละเฟสของคอยล์โรเตอร์ และสวิตซ์สำหรับเลือกหาความต้านทานการควบคุมมอเตอร์ให้เริ่มหมุน

ช้าๆ จนกระทั่งหมุนเร็วสูงสุด เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนความต้านทานทั้ง 3 ชุด จะต่ออันดับกับขดลวดทั้งสามเฟสของโรเตอร์ ขณะเริ่มหมุนไปจะค่อยๆ ลดความต้านทานทั้ง 3 ชุดทีละน้อยๆ พร้อมๆกัน ทำให้ความเร็วของมอเตอร์เพิ่มขึ้น เมื่อมอเตอร์หมุนไปเต็มที่ความต้านทานทั้ง 3 ชุดจะถูกตัดออกหมดและคอยล์ทั้ง 3 เฟส จะถูกตัดวงจรกันได้ตรงสุดของ รีโอสตัต แบบวาล์วโรเตอร์จะมีในมอเตอร์ 3 เฟสขนาดใหญ่ [11]

2) แบบสควิเรลเคจ (Squirel Gage)โรเตอร์แบบนี้เมื่อโรเตอร์ของสปลิทเฟส และคาปาซิเตอร์ มอเตอร์ขนาดเล็กจะมีโรเตอร์แบบสควิเรลเคจ บางทีจะออกแบบให้มีสควิเรลเคจ 2 ชุด หรือ 2 ชั้น เพื่อให้มอเตอร์มีกำลังสตาร์ทสูง [11]

3) ฝาปิดทั้งสองข้าง (End Plates) เป็นที่ติดตั้งลูกปืนเพื่อรองรับเพลา หรือแกนโรเตอร์เหมือนสปลิทเฟส หรือคาพาซิเตอร์มอเตอร์ แต่เนื่องจากมอเตอร์สามเฟสมีเฉพาะขดรันอย่างเดียวที่ฝาปิดของมอเตอร์จึงไม่มีเซตริฟิวกัลสวิตซ์

ในกรณีที่จะเลือกใช้มอเตอร์อย่างถูกต้อง ลักษณะของเครื่องจักร โหลดขณะทำงานสิ่งที่สำคัญที่จะกำหนดความต้องการ [16]

การหากำลังของมอเตอร์

$$W_P = \frac{2\ Tn}{60\ \ 1000} \qquad (2.12)$$

เมื่อ
W_P = กำลังงานที่เพลารับ หรือส่ง (kw)
T = โมเมนต์แรงบิดของเพลา (Nm)
n = ความเร็วรอบของเพลา (rpm)

2.5 แบริ่ง (Bearing)

2.5.1 แบริ่งลูกปืน

แบริ่งที่ใช้ในการทำงานของเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดาจะใช้แบริ่ง แบบที่เป็นแบริ่งลูกปืน แบริ่งลูกปืนใช้สำหรับรองรับเพลา โครงสร้างของแบริ่งประกอบด้วยแหวนนอกแหวนใน จะมีลูกปืนเป็นตัวลดแรงเสียดทานลักษณะเป็นลูกทรงกลม ลูกปืนจะวิ่งอยู่บนทางวิ่งของแหวนนอกและแหวนใน โดยมีกรอบบังคับระยะห่างลูกปืนแต่ละลูก ความเสียดทานที่เกิดขึ้นกับแบริ่งลูกปืน จะเป็นแบบ Rolling Friction จึงมีความเสียอดทานน้อยกว่าแบริ่งปลอกประมาณ 25 ถึง 50 % ทำให้กำลังงานสูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทานน้อย นอกจากนี้การเยื้องศูนย์ของเพลา และตัวแบริ่งมีน้อย เนื่องจากมีระยะคลอนน้อยการบำรุงรักษา และการหล่อลื่นทำได้ง่าย การผลิตแบริ่ง

ลูกปืนจะเป็นมาตรฐานเหมือน ๆ กัน ดังนั้น การถอดเปลี่ยนอะไหล่จึงทำได้ทุกเวลา และทุกสถานที่ สำหรับข้อเสียของแบริ่งลูกปืนก็คือ ทนต่อรงกระแทกไม่ดีขณะใช้งานจึงมีเสียงดังกว่าแบริ่งปลอก และยังต้องมีชิ้นส่วนไว้ใช้จับยึดตัวแบริ่ง การประกอบจึงยุ่งยาก

การแบ่งชนิดของแบริ่งลูกปืน อาจแบ่งตามลักษณะการรับแรง แบริ่งที่ใช้รับแรงในแนวรัศมีเรียกว่า Radial Bearing ใช้รับแรงในแนวแกน เรียกว่า Axial Bearing หรือ Thrust Bearing บางชนิดอาจใช้รับแรงในแนวรัศมีและในแนวแกนพร้อมกันก็ได้ ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 แบริ่งลูกปืนสำหรับแรงในแนวแกนต่างๆ [17]

a. Cylindrical Rolle Bearing ใช้รับแรงในแนวรัศมี
b. Ball Thrust Bearing ใช้รับแรงในแนวแกน
c. Deep Groove Ball Bearing ใช้รับแรงบนแนวแกนและแรงแนวรัศมี

2) การกำหนดมาตรฐานของแบริ่ง

การกำหนดมาตรฐานของแบริ่ง ทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตแบริ่ง ได้ราคาถูกลงทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก และทำให้การดูแลรักษาตลอดจนการเก็บแบริ่งสำรองกระทำได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้เอง สมาคม AFBMA ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์มาตรฐานของแบริ่งชนิดต่างๆ จึงรวมกับสมาคมเกี่ยวกับโรลลิ่งแบริ่งอื่นๆ จัดทำมาตรฐานให้เข้ากับองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) มาตรฐานนี้จะบอกถึงมิติภายนอกของแบริ่ง คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก – ภายใน และความหนา ส่วนมิติภายในแบริ่งให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตจะออกแบบ [11]

ประสิทธิภาพของการรับภาระแบบ Dynamic load จะเป็นดังสมการ

$$L = 10^6 \left(\frac{f_{H}.C}{F}\right)^x \qquad (2.13)$$

เมื่ออายุ L = อายุการใช้งานกำหนดเป็นจำนวนรอบ

f_H = แฟคเตอร์ความแข็ง ณ อุณหภูมิใช้งาน

ตารางที่ 2.2 แฟคเตอร์ความแข็ง ณ อุณหภูมิใช้งาน [19]

T	150C	200C	250C	300C
f_H	1	0.9	0.75	0.6

C = Dynamic load rating

X = 3 เมื่อเป็น Baller bearing ทุกชนิด

= เมื่อเป็น Baller Needle Taper Tonn bearing

F = Dynamic equivalent load

$$= XF_r + YF_a \quad (2.14)$$

F_R = แรงในแนวรัศมี (kN)

F_A = แรงในแนวแกน

X = แฟคเตอร์ของแรงในแนวรัศมี Ball bearing

Y = แฟคเตอร์ของแรงในแนวรัศมี Ball bearing

อายุการใช้งานของแบริ่งเมื่อคิดเป็นชั่วโมงการใช้งาน จะได้สมการ

$$L_h = \frac{L}{n.60} \quad (2.15)$$

L_h = อายุการใช้งานกำหนดของแบริ่ง (ชม.)

L = อายุการใช้งานกำหนด (รอบ)

n = ความเร็วรอบในการใช้งาน

2.6 คัปปลิง (Coupling)

การต่อเพลาเข้าด้วยกันทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ทำได้คือการใช้คัปปลิง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุที่ว่าเพลาที่ใช้งานมีขนาดยาวมาก จึงต้องต่อกันโดยใช้คัปปลิงหรืออาจใช้ต่อเพลาของเครื่องต้นกำลังมาขับชิ้นส่วนอื่นก็ได้ คัปปลิงที่ใช้กับเครื่องจักรมีความมุ่งประสงค์หลายประการ

1) ใช้ต่อเพลาของอุปกรณ์ที่ผลิตแยกกัน เช่นเพลาของมอเตอร์กับเครื่องสูบ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถถอดออกซ่อมแซมได้

2) ช่วยให้เพลามีการเยื้องศูนย์กันได้บ้างหรือทำให้เกิดภาวะอ่อนตัว ทางกล

3) ช่วยลดการส่งแรงกระตุกจากเพลาอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง

4) ช่วยป้องกันการเกิด การเกินภาระ

5) ช่วยลดการสั่นสะเทือน

คัปปลิง แบ่งปืน 2 ชนิด คือ แข็งเกร็ง และแบบอ่อนตัว ในแบบอ่อนตัวนั้นจะใช้ต่อเพลาเยื้องแนวได้เล็กน้อย ซึ่งในส่วนนี้จะขอพูดถึงคัปปลิงแบบอ่อนตัวที่ใช้วัตถุดิบยืดหยุ่น ซึ่งสามารถรับแรงกระตุกได้ดี คัปปลิงแบบนี้มีการอ่อนตัวทางมุมบิดได้ จึงทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ช่วยปรับผิดศูนย์เชิงมุมได้ด้วย ดังนั้นชิ้นส่วนที่นำมาต่อกับคัปปลิงประเภทนี้จะรับการสั่นสะเทือนที่ไม่มาก ดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 ลักษณะของคัปปลิงแบบยืดหยุ่น [18]

โดยทั่วไปจะมีสมการที่ใช้คำนวณ ดังนี้

$$T = N_C \,.\, P \,.\, A.\, R_C \qquad (2.16)$$

เมื่อ T = โมเมนต์บิด (นิวตันเมตร)

N_C = จำนวนปากคัปปลิง

P = ความต้านแรงของวัสดุที่ใช้รองรับการสั่นสะเทือน (นิวตันต่อตารางเมตร)

R_C = รัศมีจากจุดศูนย์กลาง (เมตร)

โดยทั่วไป ถ้าชิ้นส่วนอ่อนรับแรงอัดถ้าเป็นแบบยาง จะใช้ค่าความต้านแรงของวัสดุเท่ากับ 2.068 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร แต่ถ้าเป็นแบบพลาสติก จะใช้ค่าความต้านแรงของวัสดุเท่ากับ 7.58 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

ในทางปฏิบัติมักไม่นิยมคำนวณหาขนาดของคัปปลิง แต่จะเลือกใช้ขนาดคัปปลิงจากบริษัทผู้ผลิตซึ่งเป็นขนาดมาตรฐาน โดยจะเลือกขนาดคัปปลิงจากขนาดของเพลาที่ใช้งานทั้งนี้เพราะผู้ผลิตได้ออกแบบสร้างคัปปลิงให้สามารถส่งโมเมนต์บิดได้สูงสุดเท่าที่เพลาจะส่งได้อยู่แล้ว ดังนั้นจึงใช้ขนาดของเพลาเพื่อเลือกขนาดคัปปลิงได้ เมื่อต้องการตรวจสอบว่าคัปปลิงจะใช้งานได้หรือไม่ก็อาจทำได้โดยตรวจสอบแรงเฉือนในสลักเกลียว แรงอัดบนสลักเกลียว แรงเฉือนบนหน้าแปลนที่ดุมล้อ (Hub) และแรงเฉือนและแรงอัดบนลิ่ม [18]

2.7 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์แปลงไฟชนิดหนึ่ง ที่แปลงไฟตรงที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ไปเป็นไฟสลับที่มีแรงดันและความถี่ขนาดต่างๆ แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนอินพุทของอินเวอร์เตอร์ จะมีคลื่นซายน์ แต่เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นแตกต่างจากรูปซายน์ โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ มีอินพุทเป็นไฟสลับจากแหล่งจ่าย (50 Hz หรือ 60Hz) ไฟสลับนี้จะเปลี่ยนเป็นไฟตรงโดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter) จากนั้นไฟตรงจะถูกแปลงเป็นไฟสลับที่สามารถปรับค่าแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ วงจรทั้งสองส่วนนี้เป็นวงจรหลักที่แปลงรูปคลื่นผ่านพลังอินเวอร์เตอร์ นอกจากนี้ยังมีวงจรสำหรับควบคุมการทำงานของวงจรทั้งสองส่วนนั้น [19]

2.8 ฮีสเตอร์ (Heater)

ได้รับการออกแบบมาเพื่อสามารถรัดท่อได้ ฉนวนทำจากแผ่นไมก้า (Mica) ลวดมีลักษณะแบนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 25-300 มิลลิเมตร ความกว้างอยู่ระหว่าง 20-100 มิลลิเมตร ด้านนอกจะหุ้มด้วยแผ่นเหล็ก หรือแผ่นสแตนเลส

2.9 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels)

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels) เหล็กชนิดนี้มีธาตุโครเมียมผสมอยู่ 11.5% หรือมากกว่านี้มีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resisting Steels) แบ่งออกได้เป็นสองชนิด คือชนิดที่ทนต่อการกัดกร่อนเพียงอย่างเดียว และอีกชนิดทนต่อการกัดกร่อนแล้วยังมีผิวสวยงามคงทนอีกด้วย

เหล็กกล้าไร้สนิมโดยทั่วๆ ไปแล้วแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1) เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดมาร์เทนซิติค (Martensitic Stainless Steels) เหล็กกล้าชนิดนี้มีธาตุโครเมียมผสมอยู่ตั้งแต่ 11.5 – 18% และมีธาตุอื่นผสมอยู่ด้วยในปริมาณน้อย

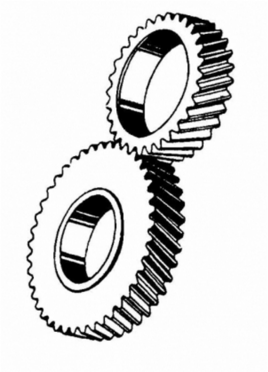
2) เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดเฟอร์ริติค (Ferritic Stainless Steels) เหล็กกล้าชนิดนี้มีธาตุโครเมียมผสมอยู่ตั้งแต่ 14 – 27% มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่เล็กน้อย

3) เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเทนนิติค (Austenitic Stainless Steels) เหล็กกล้าชนิดนี้มีธาตุโครเมียมผสมอยู่ 18% ธาตุนิเกิลผสมอยู่ 8 – 10% มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.15% [19]

2.10 เฟือง (Gear)

การถ่ายทอดการหมุนจากต้นกำลังนั้น ทำได้หลายวิธี เช่น ด้วยการใช้สายพาน โซ่ ล้อความฝืด เป็นต้น ล้อความฝืดก็คือ ล้อสองล้อที่ถูกกดให้ติดกัน เมื่อล้อหนึ่งหมุน หรือเป็นล้อขับก็จะทำให้อีกล้อหนึ่งหมุนตาม เพราะผิวหน้าของล้อทั้งสองเกิดความฝืด เนื่องจากการสัมผัส แต่ถ้าหากมีภาระมากๆ เช่น มีการส่งกำลังสูงๆ จะทำให้เกิดการลื่นไถล การส่งกำลังจึงไม่แม่นยำ เพื่อที่จะแก้ไขข้อเสียเหล่านี้จึงได้มีการนำเอาฟันเฟืองมาติดไว้ที่ผิวของล้อโดยรอบล้อจึงมีลักษณะเป็นล้อฟันเฟืองซึ่งต่อๆ มาเราจึงเรียกว่า "เฟือง" ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สามารถส่งกำลังหรือถ่ายทอดการหมุนได้แม่นยำเที่ยงตรง และไม่มีการลื่นไถล

เฟืองเฉียง (Helical Gear) เป็น เฟืองส่งกำลังที่มีฟันเฉียงทำมุมกับแกนหมุน มีลักษณะคล้ายเฟืองฟันตรง แต่มีเสียงที่เกิดจากการทำงานเบากว่าเฟืองฟันตรง นอกจากนั้นเฟืองเฉียงยังใช้ในการส่งกำลังให้กับเพลาที่ไม่ขนานกันได้อีกด้วย [20] ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ลักษณะของเฟืองเฉียง [20]

2.10.1 รูปร่างและส่วนต่างๆ ของเฟืองเฉียง แสดงดังรูปที่ 2.17

•Addendum คือระยะห่างตามผิวโค้งระหว่างวงกลมพิตซ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดหรือความสูงของฟันเหนือวงกลมพิต

• Dedendum คือระยะห่างวัดตามผิวโค้งจากวงกลมพิตซ์ถึงโค่นร่องฟัน Addendum

• Clearance คือระยะห่างวัดตามผิวโค้งระหว่างยอดฟันกับโคนของเฟืองที่นำมาขบกัน

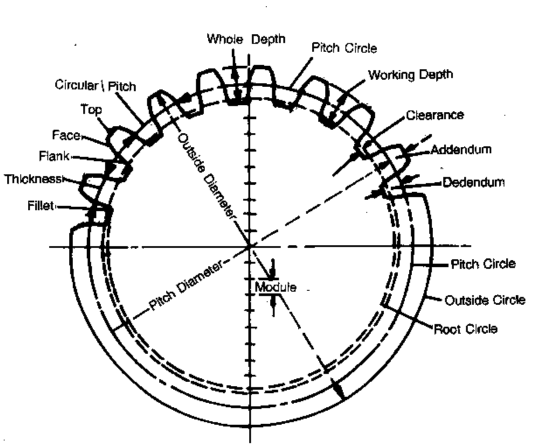
• Working Depth คือระยะที่ฟันของเฟืองอีกตัวหนึ่งขบเข้าหาช่องว่างของฟันเฟืองอีกตัวหนึ่ง

• Whole Depth คือความลึกเต็มของฟันหรือระยะที่เท่ากับ Addendum + Dedendum

• Circular Pitch คือระยะห่างจากจุดๆหนึ่งบนฟันๆหนึ่ง ไปยังจุดเดียวกันของฟันที่อยู่ถัดไป

• Circular Thickness คือความหนาของฟันวัดตามเส้นรอบวงกลมพิตซ์ ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Arc-Thickness

• Pressure Angle คือมุมระหว่างเส้นตรงที่ลากผ่านจุดสัมผัสของฟันเฟืองสองฟันที่ขบกันและเส้นสัมผัสวงกลมพื้นฐานของวงกลมทั้งสองและเส้นที่ทำมุมฉากกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเฟือง ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ส่วนต่างๆ ของเฟือง [20]

2.10.2 ระบบเฟืองที่ใช้กันทั่วไปมี 3 ระบบ ดังนี้

1) Circular Pitch System คือระยะห่างจากจุดๆ หนึ่งบนฟันๆ หนึ่งไปจุดเดียวกันของฟันที่อยู่ถัดไป ดังนั้นแสดงว่าจะต้องมี Circular Pitch เป็นจำนวนมากบนล้อฟันเฟือง

เส้นรอบวงกลมพิตซ์จะเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ x 3.1416 ดังนั้นเมื่อรู้เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์และจำนวนฟันก็จะหา Circular Pitch ได้จาก

$$CP = \frac{PDx3.1416}{N} \tag{2.17}$$

เมื่อ	CP	=	Circular Pitch
	PD	=	Pitch Diameter
	N	=	Number of Teeth

2) Diametral Pitch System คืออัตราส่วนของจำนวนฟันของเฟืองกับเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ในระบบนิ้ว เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$DP = \frac{N}{PD} \tag{2.18}$$

เมื่อ DP = Diametral Pitch

3) Module System ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตซ์ของเฟืองถูกแบ่งออกเป็นหลายๆ ส่วนในขณะที่มีฟันอยู่บนล้อเฟืองและแต่ละส่วนมีระยะห่างที่แน่นอนเราเรียกว่าโมดูล [20]

2.11 ปะเก็น (Gasket)

ปะเก็นเป็นวัสดุอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้สำหรับปิดช่องกันรั่วหรือทำให้รอยต่อปิดแน่นป้องกันการรั่วซึมของของไหล ปะเก็นอาจทำจากวัสดุประเภทยาง หนัง กระดาษ ไม้ก๊อก พลาสติก หรือโลหะ [21] ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 แสดงปะเก็นชนิดต่างๆ [21]

ปะเก็นหนัง ประกอบด้วยใยที่ล็อคเข้าด้วยกัน มีความแข็งแรงสูงและให้คุณลักษณะภายในที่มีความสามารถในการอ่อนตัวบิดงอได้มีความทนทานและสามารถต้านทานการขัดสี รวมทั้งยังเป็นวัสดุที่มีความอ่อนนิ่มในตัว แต่ยังมีข้อจำกัดในการขยายตัวเมื่อทำการหล่อ และยังขาดความแข็งและการยืดตัว [21] ดังรูปที่ 2.20

รูปที่ 2.20 ปะเก็นหนัง [22]