การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงา ด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว

A STUDY OF PARAMETERS INFLUENCE THE PRODUCTION RATE OF SESAME OIL PROCESS USING A SINGLE SCREW PRESSED MACHINE

สญชัย เข็มเจริญ

SONCHAI KAMCHARLEARN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2552

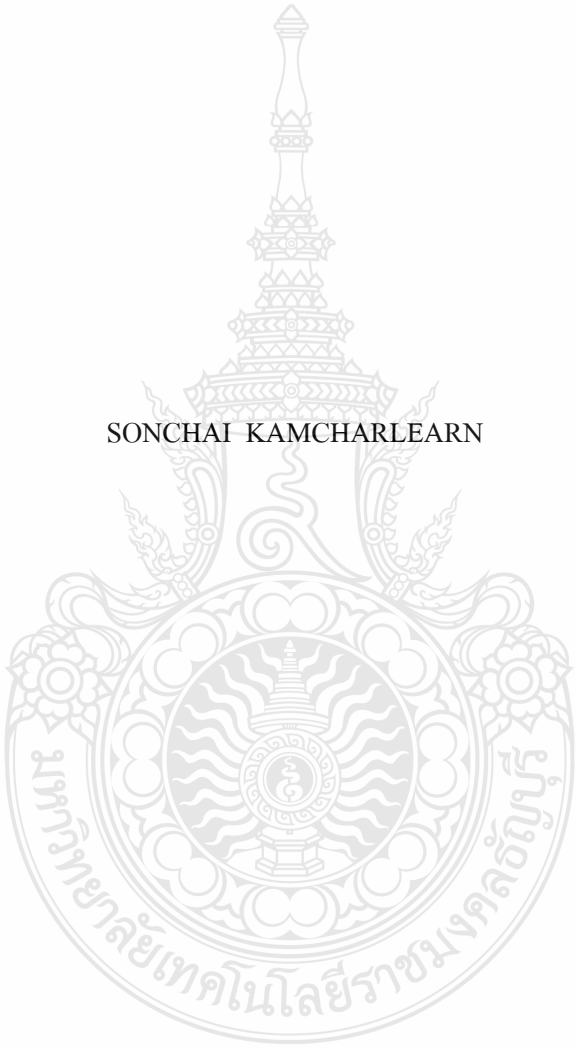
การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงา ด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว

สญชัย เข็มเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2552

A STUDY OF PARAMETERS INFLUENCE THE PRODUCTION RATE OF SESAME OIL PROCESS USING A SINGLE SCREW PRESSED MACHINE

SONCHAI KAMCHARLEARN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI
2009

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว A STUDY OF PARAMETERS INFLUENCE THE PRODUCTION RATE OF SESAME OIL PROCESS USING A SINGLE SCREW PRESSED MACHINE
ชื่อนักศึกษา	นายสญชัย เข็มเจริญ
รหัสประจำตัว	124970404025-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. ศิวกร อ่างทอง
วัน เดือน ปี ที่สอบ	10 พฤษภาคม 2552
สถานที่สอบ	ห้องประชุมเฟืองทอง ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร. เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์)

..... กรรมการ
(ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์)

..... กรรมการ
(ดร. ศิริชัย ต่อสกุล)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร. ศิวกร อ่างทอง)

.....
(ผศ.ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2552

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสญชัย เข็มเจริญ

COPYRIGHT © 2009 ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2552
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว
นักศึกษา	นายสญชัย เข็มเจริญ
รหัสประจำตัว	124970404025-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2552
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร. ศิวกร อ่างทอง

บทคัดย่อ

กระบวนการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดน้ำมันแบบเกลียวเดี่ยว เป็นกระบวนการบีบน้ำมันอย่างต่อเนื่องที่มีเกลียวทำหน้าที่ป้อนและบีบอัดเมล็ดงาก่อนที่จะดันกากผ่านช่องทางออกกากงา อัตราการผลิตและประสิทธิภาพของเครื่องจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น ขนาดช่องทางออกกากงา ขนาดของเกลียว ความลึกร่องเกลียว ระยะพิตช์ และความเร็วรอบเกลียวอัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องบีบอัดน้ำมันแบบเกลียวเดี่ยว

ในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ จะดำเนินการโดยการออกแบบสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันงาที่มีเกลียวขนาดต่างระยะพิตช์กัน 5 ขนาด คือ 23, 24, 25, 26 และ 27 มม. ความลึกร่องเกลียวอัด 5 ขนาด คือ 8, 8.5, 9, 9.5 และ 10 มม. ในการทดสอบจะใช้ทางออกกากงาที่มีขนาดต่างกัน 3 ขนาด คือ ϕ 7, 8 และ 9 มม. และความเร็วรอบเกลียวอัดทำการทดลอง ที่ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที การทดลองบีบน้ำมันแต่ละครั้งจะใช้เมล็ดงา 1 กก. แล้วทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้ เวลาที่ใช้ในการบีบอัด และปริมาณของน้ำมันที่ได้จากการบีบอัด

จากทดลองพบว่า ขนาดระยะพิตช์ ความลึกร่องเกลียว ความเร็วรอบเกลียวอัด และทางออกกากงา มีอิทธิพลทั้งต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตที่แตกต่างกัน อัตราการผลิตสูงสุดที่เครื่องบีบอัดสามารถทำได้ คือ 2.76 กก./ชม.โดยใช้เกลียวอัดที่มีระยะพิตช์ 24 มม. ช่องทางออกกากงาขนาด ϕ 7 มม. ที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 รอบ/นาที และวัดประสิทธิภาพการผลิตได้ 76.83% อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันสูงสุดที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 89.56% โดยใช้ระยะพิตช์เกลียวอัด 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 8 มม. และความเร็วรอบเกลียวอัด 15 รอบ/นาที แต่อัตราการผลิตจะต่ำลงเหลือเพียง 1.46 กก./ชม.

คำสำคัญ : เครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว กระบวนการบีบอัดน้ำมันงา

Thesis Title : A STUDY OF PARAMETERS INFLUENCE THE PRODUCTION RATE OF SESAME OIL PROCESS USING A SINGLE SCREW PRESSED MACHINE

Student Name : Mr. Sonchai Kamcharlearn

Student ID : 124970404025-4

Degree Award : Master of Engineering

Study Program : Industrial Engineering

Year of Achievement : 2009

Thesis Advisor : Asst. Prof. Dr. Sivakorn Angtong

ABSTRACT

A process of pressed sesame oil by using a single screw pressed machine is a continuous process of production. The screw feed and pressed sesame seeds to produce oil before push the sesame cake through extruded ring. The production rate of the machine is depended upon a number of parameters such as die geometries, extruded ring size, screw geometry, screw pitch and pressed speed. This research aims to study those parameters that influence the production rate of the process of pressed sesame oil.

This study carried out by experimental works varying pitch size of the screw (23, 24, 25, 26 and 27 mm) depth size of screw (8, 8.5, 9, 9.5 and 10 mm) sizes of extruded ring (7, 8, and 9 mm) and speeds of screws (10, 15, 20, 25 and 30 rpm). One kg of sesame seeds was used for each experiment. The test results such as process time and oil volume were recorded for further analysis.

The experimental results showed that those experimental parameters influenced the production rate and process efficiency. The machine gave the highest production rate (2.76 kg/hr) when using a 24 mm pitch of screw, ϕ 7 mm extruded ring and 30 rpm screw speed. Estimated product efficiency was 76.83%. However, the product efficiency was increased to 89.56% when using a 24 mm pitch of screw, ϕ 8 mm extruded ring and 15 rpm screw, while the production rate was reduced to 1.46 kg/hr

Keywords: a single screw pressed machine, pressed sesame oil process

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว สามารถดำเนินการให้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ โดยได้รับคำแนะนำและให้ข้อคิดเห็นต่างๆ จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิวกร อ่างทอง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงศ์ และ ดร. ศิริชัย ต่อสกุล กรรมการ

กระผมขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นประธานกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ผู้ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือทุกท่าน

ท้ายนี้กระผมใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ใหญ่ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจทำให้สำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สญชัย เข็มเจริญ

10 พฤษภาคม 2552

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์วิทยานิพนธ์	2
1.3 สมมติฐานการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 แนวคิดของงานวิจัย	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.3 ทฤษฎีทางสถิติรูปทั่วไปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล	10
2.4 วรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมา	13
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	15
3.1 การออกแบบเครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว	16
3.2 การสร้างและประกอบเครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว	18
3.3 การทดลองบีบอัดน้ำมันงา เกลียวบีบอัดชุดที่ 1	19
3.4 สรุปผลการทดลองเกลียวชุดที่ 1 ระยะความลึกร่องเกลียวคงที่ 9 มม.	21
3.5 สร้างเกลียวอัดชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.	21
3.6 การทดลองบีบอัดน้ำมันงา เกลียวอัดชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.	21
3.7 สรุปเปรียบเทียบผลการทดลองชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.	22
3.8 สรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองชุดที่ 1 กับ ผลการทดลองชุดที่ 2	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	24
4.1 ผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันงาเกลียวชุดที่ 1 ความลึกร่องเกลียวคงที่ 9 มม.	24
4.2 สรุปผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันเกลียวบีบอัดชุดที่ 1	36
4.3 ผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันงาเกลียวชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.	37
4.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ	43
4.5 สรุปผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันเกลียวบีบอัดชุดที่ 2	47
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการทดลอง	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	54
ก การคำนวณเกลียวอัด	55
ข ตารางผลการทดลอง	61
ค ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	64
ง เอกสารการนำเสนอผลงานวิชาการ	69
ประวัติผู้เขียน	79

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแบบจำลอง 3 ปัจจัย แบบผลตายตัว	12
3.1 จำนวนการทดลองผลของอัตราการผลิต ที่ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ แปร ผัน ระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ทางออกกากงา 3 ขนาด	20
3.2 จำนวนการทดลองผลของประสิทธิภาพ ที่ระยะความลึกคงที่ แปรผันระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	20
3.3 จำนวนการทดลองผลของอัตราการผลิต ที่ระยะพิตต์คงที่ แปรผันความลึกร่อง เกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	22
3.4 จำนวนการทดลองผลของประสิทธิภาพ ที่ระยะพิตต์คงที่ แปรผันระยะความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	22
ภาคผนวก ก	54
ก.1 แสดงค่าแฟ็คเตอร์ Y	59
ภาคผนวก ข	61
ข.1 ผลการทดลองของอัตราการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผัน ระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	62
ข.2 ผลการทดลองของประสิทธิภาพ ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผัน ระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	62
ข.3 ผลการทดลองของอัตราการผลิต ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	63
ข.4 ผลการทดลองของประสิทธิภาพ ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	63
ภาคผนวก ค	64
ค.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของอัตราการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผัน ระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	65
ค.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของประสิทธิภาพการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผันระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	66
ค.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของอัตราการผลิต ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่อง เกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	67
ค.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของประสิทธิภาพ ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่อง เกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด	68

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เครื่องบีบน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว	4
2.2	เมล็ดงาขาว	5
2.3	ลักษณะของเกลียวอัดแบบกระบอกเกลียวคงที่และระยะพิตต์เกลียวคงที่	8
2.4	ส่วนต่างๆทางเรขาคณิตของเกลียวอัด	8
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	15
3.2	รูปแบบเครื่องบีบน้ำมันงาแบบสกรูเกลียวเดี่ยวพื้นฐาน	16
3.3	แบบเกลียวบีบอัด ชุดที่ 1	17
3.4	ลักษณะเกลียวอัด	17
3.5	กระบอกเกลียวอัด	17
3.6	แบบทางออกกากงา	18
3.7	ทางออกกากงา	18
3.8	เครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบสกรูเกลียวเดี่ยว	19
3.9	แบบเกลียวบีบอัด ชุดที่ 2	21
4.1	ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตต์กับขนาดทางออกกากงาและความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด (Max. Rate)	25
4.2	ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตต์กับขนาดทางออกกากงา ที่ให้อัตราการผลิตเฉลี่ย (Rate A) ทุกความเร็วรอบเกลียวอัด	25
4.3	ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตต์กับขนาดทางออกกากงาและความเร็วรอบเกลียวอัดที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด (Max. Eff.)	26
4.4	ผลของอัตราการผลิตเฉลี่ยทุกความเร็วรอบของทางออกกากงาทั้ง3 ขนาดที่ระยะพิตต์ต่างๆ	26
4.5	ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาดที่อัตราการผลิตสูงสุด	27
4.6	ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่อัตราการผลิตเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ	27
4.7	ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง3 ขนาดที่ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด	28

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับทางออกกากงา ทั้ง 3 ขนาด ที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยทุกระยะพิตต์	28
4.9	ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับอัตราการผลิตที่ระยะพิตต์ทั้ง 5 ขนาด	29
4.10	ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับอัตราการผลิตเฉลี่ยของทุกระยะพิตต์	30
4.11	ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับประสิทธิภาพการผลิตการผลิต ที่ระยะพิตต์ทั้ง 5 ขนาด	30
4.12	ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยทุกระยะพิตต์	31
4.13	ผลการเปรียบเทียบอัตราการผลิตสูงสุดในการบีบอัดของแต่ละทางออกกากงา	31
4.14	ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดในการบีบอัดน้ำมันของแต่ละทางออกกากงา	32
4.15	กราฟหาจุดตัดระหว่างอัตราการผลิตและ ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดในการบีบอัดน้ำมัน	32
4.16	ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต	33
4.17	ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต	34
4.18	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตต์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่ออัตราการผลิต	34
4.19	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตต์ (Pitch)ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการผลิต	35
4.20	ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกร่องเกลียวกับขนาดทางออกกากงา และความเร็วรอบ เกลียวที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด	38
4.21	ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกร่องเกลียวกับขนาดทางออกกากงา ที่ให้อัตราการผลิตเฉลี่ย (Rate A) ทุกความเร็วรอบ	38
4.22	ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกร่องเกลียวกับขนาดทางออกกากงา และความเร็วรอบเกลียวอัดที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด	39
4.23	ผลของประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยทุกความเร็วรอบของทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่ระยะพิตต์ต่างๆ	39
4.24	ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาดที่อัตราการผลิตสูงสุด	40

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาดที่อัตราการ ผลิตเฉลี่ยทุกระยะพิตต์	40
4.26 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาดที่ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด	41
4.27 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาดที่ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ย	41
4.28 อัตราการผลิตเฉลี่ยกับทางออกกากงา	42
4.29 ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยกับทางออกกากงา	42
4.30 กราฟหาจุดตัดระหว่างอัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด	43
4.31 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต	44
4.32 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต	44
4.33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	45
4.34 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตต์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการผลิต	46
ภาคผนวก ก	54
ก.1 เกลียวอัด	56

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

δ	พิกัดความโตระหว่างสันเกลียวกับผิวบาเรล
θ	มุมเอียงของสันเกลียว
α	มุมเอียงของเกลียว
F_u	แรงในแนววงกลมของเกลียวอัด
ρ	มุมเสียดทาน
μ	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
τ_i	ตัวแปรหลักที่หนึ่ง
β_j	ตัวแปรหลักที่สอง
γ_k	ตัวแปรหลักที่สาม
ε_{ijkl}	ค่าผิดพลาดรวม
σ^2	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง
MS	ค่ากลางผลรวม
F_0	ค่าทางสถิติของเอฟ-เทส
Σ	ค่าผลรวม
SS_A	ค่าผลบวกกำลังสอง
SS_E	ค่าเบี่ยงเบนผลบวกกำลังสอง
SS_T	ค่าผลบวกกำลังสองทั้งหมด

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาสมบัติของงาในรูปของน้ำมันพบว่าน้ำมันงาเป็นที่รู้จักกันมานานแล้วเมล็ดประกอบด้วยน้ำมันประมาณ 44–57 % [1] งา มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเป็นอาหารที่มีแร่ธาตุที่สำคัญคือธาตุเหล็กไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม ฟอสฟอรัสเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินบี เช่น B1, B2, B3, B5, B6 วิตามิน E ไบโอติน โคลิน ไอโนสิตอล มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มีเลซิตินที่มีความสำคัญมากต่อความสมบูรณ์ของร่างกาย และมีสรรพคุณทางยา เช่น ช่วยบำบัดอาการนอนไม่หลับ อ่อนเปลี้ยเพลียแรง เป็นเหน็บชา ปวดตามข้อกระดูก เบื่ออาหาร ท้องผูก เมื่อยสายตา ขาดสมาธิความจำเสื่อม ช่วยย่อยไขมัน ช่วยลดคอเรสเตอรอล และไขมันในเลือดที่จะเกาะตัวกันเป็นลิ่ม ช่วยชะลอความหงอกของเส้นผม และช่วยให้ผมดกดำมันวาว ช่วยในการย่อย กระตุ้นการไหลเวียนโลหิต และระบบประสาทเป็นยาอายุวัฒนะ ทำให้ร่างกายสดชื่น ดูหนุ่มสาว และแก่ช้า ทั้งยังรักษาผิวหนังให้เปล่งปลั่งสดใส ช่วยเสริมภูมิต้านทานของร่างกายต่อการติดเชื้อและป้องกันโรคหวัดและลดอาการหวัดภูมิแพ้ แพ้อากาศ ลดอาการท้องผูกและขับพยาธิจากลำไส้ช่วยฟื้นฟูสภาพผิวให้เต่งตึงลดริ้วรอยเหี่ยวย่น ช่วยลดอาการอักเสบของริดสีดวง [2]

จากการศึกษากระบวนการผลิตน้ำมันโดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธีการหลัก คือ 1) การบีบ (Pressing) ซึ่งจะนิยมใช้บีบเมล็ดพืชน้ำมัน เครื่องบีบมีทั้งแบบกระบวนการบีบอัดเป็นชุด (Batch pressing) และกระบวนการบีอัดแบบต่อเนื่อง (Continuous pressing) กระบวนการบีบน้ำมัน อาจแบ่งแยกย่อยเป็น 2 วิธี คือ กระบวนการบีบเย็น (Cold pressing) และกระบวนบีบร้อน (Hot pressing) 2) การสกัด การสกัดน้ำมันออกจากวัตถุดิบด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก และใช้สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดน้ำมันออกจากกากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด ตัวทำละลายที่ใช้จะต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เอ็น-เฮกเซน (n-henxane) คาร์บอนไดซัลไฟด์และไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ เฮกเซน [1]

เครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว เป็นกระบวนการบีบอัดแบบต่อเนื่องวิธีการหนึ่ง ซึ่งเป็นกระบวนการบีบอัดน้ำมันแบบเย็นทำให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพสูง จากการศึกษาพบว่ามีตัวแปรหลายตัวที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต (Efficient Production) ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เลือกทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต และอัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยวซึ่ง จะทำให้รู้ถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

เพื่อที่จะนำไปสู่การปรับปรุงเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยวและเพื่อเพิ่มประสิทธิผลการผลิต (Effective Production)

1.2 วัตถุประสงค์วิทยานิพนธ์

ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว

1.3 สมมติฐานการศึกษา

ตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว ได้แก่

1.3.1 ขนาดความกว้างของร่องเกลียว

1.3.2 ขนาดความลึกของร่องเกลียว

1.3.3 ขนาดระยะพิตต์ของเกลียว

1.3.4 ขนาดรูทางออกของน้ำมัน

1.3.5 ขนาดรูทางออกของกากงา (Die)

1.3.6 ความเร็วรอบในการบีบอัด

1.3.7 อุณหภูมิในการบีบอัด

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลจากขนาดระยะพิตต์ของร่องเกลียว จำนวน 5 ระดับ

1.4.2 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลมาจากขนาดความลึกของร่องเกลียว จำนวน 5 ระดับ

1.4.3 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลจากขนาดรูทางออกของกากงาจำนวน 3 ขนาด

1.4.4 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลจากความเร็วรอบเกลียวอัดจำนวน 5 ระดับ

1.4.5 ระดับอุณหภูมิในการบีบอัดคงที่

1.4.6 ขนาดรูทางออกของน้ำมันคงที่

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.5.1 วิธีที่ใช้ศึกษา ค้นคว้าและวิจัย

- ศึกษาข้อมูลพื้นฐานจากตำรา ผลงานวิจัยที่ผ่านมา และข้อมูลทาง Internet
- ทำการออกแบบและสร้างเกลียวอัดตามขนาดของตัวแปรที่กำหนด
- ออกแบบการทดลองและทดลองทำการผลิตเพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ
- วิเคราะห์ผลจากการทดลอง โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ

- สรุปผลอิทธิพลของตัวแปรที่เกิดขึ้น

1.5.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และเหตุผลในการคัดเลือก

- ลักษณะข้อมูลเชิงปริมาณตัวเลข
- การเลือกข้อมูล ได้จากผลของการประมวลข้อมูลของโปรแกรมทางสถิติ
- การคัดเลือกข้อมูล ได้จากค่าความเชื่อมั่นทางสถิติ
- เหตุผลในการคัดเลือก โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1.5.3 เครื่องมือและวิธีการ

- เครื่องจักรกลอัตโนมัติ จัดทำชิ้นส่วนเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว
- เครื่องบีบน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว
- เครื่องชั่งน้ำหนัก
- คอมพิวเตอร์ประมูลผล
- โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงอิทธิพลของความลึกร่องเกลียวอัดที่มีผลต่ออัตราการผลิต และประสิทธิภาพการผลิต

1.6.2 ทราบถึงอิทธิพลของระยะพิตต์ของเกลียวอัดที่มีผลต่ออัตราการผลิต และประสิทธิภาพการผลิต

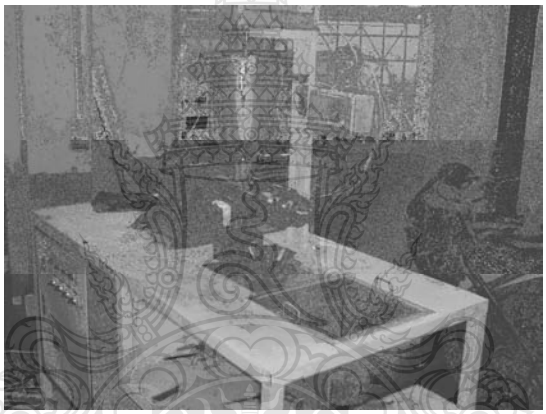
1.6.3 ทราบถึงความสัมพันธ์ร่วมของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิต และประสิทธิภาพการผลิต

1.6.3 นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปออกแบบสร้างเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยวที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดของงานวิจัย

เนื่องจากผู้ดำเนินงานวิจัยได้ทำวิจัยเรื่อง การออกแบบสร้างเครื่องบีบน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว มาก่อนในเบื้องต้น แต่ยังขาดการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต ที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการศึกษาตัวแปรหลักมีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาการผลิตอย่างไร



รูปที่ 2.1 เครื่องบีบน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยวส่วนใหญ่จะทำการศึกษาความเร็วรอบเกลียวอัดมีอิทธิพลอย่างไรต่ออัตราการผลิตเท่านั้น ในกรณีศึกษาอิทธิพลของระยะพิตต์ ความลึกร่องเกลียวและขนาดทางออกกากงา จะเป็นการศึกษาประกอบการทำฮาร์ดแวร์ และเป็นการศึกษาเงื่อนไขเฉพาะแต่ละเครื่องผู้ดำเนินงานวิจัยจึงได้ทำการวิจัยในเรื่องนี้

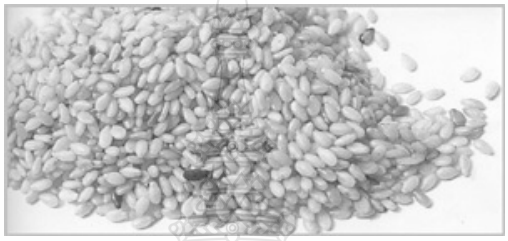
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งา

งาเป็นพืชน้ำมันเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกประมาณ 380,000 ไร่ ผลผลิต 35,000 ตัน ใช้ในการบริโภคภายในประเทศ 40 % และส่งออกไปต่างประเทศ 60 % คิดเป็น

มูลค่าประมาณ 700 ล้านบาท เป็นพืชที่มีศักยภาพด้านการผลิตและการตลาดสูง ปลูกง่าย อายุสั้น ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีพอสมควร [3]

งาเป็นเมล็ดพืชน้ำมัน ในเมล็ดงามีน้ำมันมากถึง 35–57 % เป็นน้ำมันที่เก็บได้นานไม่หืน งาอุดมไปด้วยสารอาหารแบะวิตามินมากมาย งามีธาตุเหล็กช่วยบำรุงเลือด ธาตุไอโอดีนป้องกันโรคคอพอกธาตุสังกะสีบำรุงผิวหนัง มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสช่วยบำรุงกระดูกและฟัน งามีแคลเซียมมากกว่าพืชผักชนิดอื่นๆ ถึง 40 เท่า มีฟอสฟอรัสมากกว่าพืชผักถึง 20 เท่า มีวิตามินบี ไม่ว่าจะเป็นวิตามิน บี1 บี2 บี3 บี5 บี6 บี9 ไบโอดีน โคลิน ไอโพลิตอล กรดอะมิโนแบนโซอิน ซึ่งล้วนเป็นวิตามินบีทั้งสิ้น จะขาดก็แต่วิตามิน บี 12 เท่านั้น [3]



รูปที่ 2.2 เมล็ดงาขาว

2.2.2 น้ำมันงา

น้ำมันงามี 2 ชนิด คือน้ำมันงาดิบ เป็นน้ำมันงาที่ถูกบีบจากงาดิบ และน้ำมันงาสุก เป็นน้ำมันงาที่ถูกบีบจากงาที่คั่วสุก น้ำมันงาสุกจะมีสีน้ำตาลแดงมีกลิ่นหอมเป็นที่นิยมนำมาปรุงอาหาร ส่วนน้ำมันงาดิบนั้นมีสีเหลืองแกมเขียว กลิ่นไม่หอมเท่าน้ำมันงาสุก น้ำมันงาดิบนี้มีคุณสมบัติที่ดีกว่าน้ำมันงาสุก น้ำมันงาดิบสามารถนำมาบริโภค เช่น การนำมาปรุงอาหารแทนน้ำมันพืชอื่นๆได้ แต่ราคาสูงกว่า

2.2.3 การผลิตน้ำมัน

วิธีการที่นิยมในการบีบน้ำมันมี 2 วิธี คือ

1) การบีบ (Pressing หรือ Expelling)

การบีบอัดเป็นวิธีการแยกน้ำมันออกจากวัตถุดิบที่ใช้กันมานานแล้ว โดยเฉพาะนิยมใช้กับเมล็ดพืชน้ำมัน เครื่องบีบมีหลายชนิดและกระบวนการมีทั้งเป็นชุด (Batch pressing) และต่อเนื่อง (Continuous pressing) ซึ่งอาจเป็นการบีบเย็น (Cold pressing) หรือการบีบร้อน (Hot pressing) ก็ได้

- การบีบเย็น นิยมใช้กับเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันสูง เช่น งา ถั่วลิสง ถั่วเหลือง มะกอก และมะพร้าว เป็นต้น แรงกดที่กระทำต่อเนื้อเยื่อของเมล็ดพืชจะทำให้ผนังเซลล์แตกและ บีบน้ำมันแยกออกมา น้ำมันที่ได้สามารถนำไปใช้ได้เลย โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ น้ำมันที่ได้จะมีคุณภาพดีและคงสภาพเช่นเดียวกับเมื่ออยู่ในเมล็ด และไม่มีปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

เกิดขึ้นได้ในน้ำมัน ตัวอย่างเช่น น้ำมันงาและน้ำมันถั่วลิสงที่สกัดแยกโดยวิธีนี้จะมีกลิ่นหอม (Nutty flavors) ส่วนน้ำมันมะกอกจะมีกลิ่นแรง แต่เป็นกลิ่นที่คนยอมรับ อย่างไรก็ตามการทำ Cold pressing มีประสิทธิภาพที่ต่ำ เพราะในกากยังมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันเหลืออยู่อีกมาก

- การบีบร้อน มีประสิทธิภาพดีกว่าการบีบเย็น กากที่เหลือจากการบีบเย็นจะนำมากระทำขั้นตอนต่อไปโดยใช้การบีบร้อน ซึ่งอาจเป็นเครื่องอัดแบบไฮโดรลิก (Hydraulic batch press) หรือเครื่องอัดแบบเกลียวอัด (Continuous screw press) หรือ expeller การสกัดแยกน้ำมันโดยวิธีเหล่านี้จะใช้ความดันประมาณ 1-15 ตันต่อตารางนิ้ว และจะยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากเพียง 2-4 % เท่านั้น

กระบวนการบีบน้ำมัน มีขั้นตอนที่ควรกระทำดังนี้

- การคัดเลือกและทำความสะอาด ก่อนนำเมล็ดพืชเข้าเครื่องบีบ ต้องคัดเลือกเอาเมล็ดอ่อนแตกหัก เสียหาย หรือถูกทำลายทางกลออกเสียก่อน เพราะน้ำมันในเมล็ดเหล่านี้อาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นหรือไฮโดรไลซิสแล้ว หลังคัดเลือกเอาแต่เมล็ดที่ดีแล้วนำมาทำความสะอาด เพื่อยัดแยกเอาสิ่งปนปลอมอื่นๆ และส่วนของพืชไม่ให้น้ำมันออกเสียก่อน

- การอบแห้งและเก็บรักษา เมล็ดพืชที่สะอาดแล้วหากต้องการเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งก่อนนำไปสกัดน้ำมัน ควรนำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้น เพราะเมล็ดที่มีความชื้นสูงจะทำให้น้ำมันเกิดการหืนได้เร็วขึ้น

- การเอาเปลือกออกและบด เมล็ดพืชที่สะอาดและแห้งแล้วจะถูกนำไปบด หรือทำให้แตกเป็นชิ้นเล็ก เพราะการบดทำให้ผนังเซลล์ของเมล็ดแตกออกและเพิ่มพื้นที่ผิว จะทำให้บีบเอาน้ำมันออกมาได้ง่าย การบดยิ่งละเอียดเท่าไหร่ยิ่งบีบน้ำมันออกได้ง่าย แต่ต้องรีบกระทำโดยเร็ว หากปล่อยทิ้งไว้ให้สัมผัสกับอากาศเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและไฮโดรไลซิสได้อย่างรวดเร็ว

- การทำให้สุก เมล็ดพืชบางชนิดหลังจากบดให้ละเอียดแล้ว จะนำไปนึ่งให้ร้อนเพื่อทำลายโปรตีนที่ผนังเซลล์ ทำลายเอนไซน์ไลพอกซิจิเนสและไลเพสที่ถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ที่แตกระหว่างการบด ช่วยป้องกันไม่ให้ไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและไฮโดรไล-ซิล ความร้อนยังช่วยลดความหนืดของน้ำมัน ทำให้น้ำมันไหลออกมาง่าย การนึ่งจะขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ ความชื้นของเมล็ดพืช และเครื่องมือที่ใช้บีบน้ำมัน อย่างไรก็ตาม การใช้ความร้อนต้องควบคุมให้เหมาะสม เพราะหากใช้ความร้อนสูงเกินไปจะเร่งให้เกิดออกซิเดชั่นได้

- การบีบน้ำมัน เครื่องมือที่ใช้บีบน้ำมันชนิดเครื่องอัดแบบไฮโดรลิกจะให้ผลดีที่สุดโดยเฉพาะเมื่อใช้กับเมล็ดฝ้ายที่มีความชื้น 5-6 % ถ้าเป็นเครื่องอัดแบบเกลียวอัดหากเป็นเมล็ดถั่วเหลืองควรมีความชื้นประมาณ 3% มะพร้าวและเมล็ดงาความชื้นประมาณ 2 % ถ้าเมล็ดพืชมีความชื้นสูงจะทำให้มีน้ำมันเหลืออยู่ในกากมาก กากที่ได้จากเครื่องอัดแบบเกลียวอัดจะมีน้ำมันอยู่ประมาณ 3-9 % ขึ้นอยู่กับความเร็วของการหมุนของเกลียวอัด เกลียวอัดที่หมุนเร็วมากจะอัดเมล็ดพืชและบีบ

น้ำมันออกมาเร็ว ทำให้มีน้ำมันเหลืออยู่ในกากมาก กากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัดซึ่งมีน้ำมันเหลืออยู่นี้ จะถูกนำไปสกัดแยกน้ำมันที่เหลืออกอีกครั้งหนึ่ง โดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย หรืออาจส่งกากขายให้กับโรงงานทำอาหารสัตว์ [1]

2) การสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย

การสกัดน้ำมันออกจากวัตถุดิบด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก และใช้สกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือสกัดน้ำมันออกจากกากที่เหลือจากการบีบด้วยเครื่องอัด ตัวทำละลายที่ใช้จะต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เอ็น-เฮกเซน (n-henxane) คาร์บอนไดซัลไฟด์และไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น ตัวทำละลายที่นิยมใช้กันมาที่สุดคือ เฮกเซน

วิธีการสกัดทำได้โดยให้ตัวทำละลายไหลซึมผ่านเมล็ดที่บดละเอียด น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะละลายออกมากับตัวทำละลาย เมื่อน้ำมันละลายออกมาแล้ว นำไปกลั่นแยกเอาตัวทำละลายออก สารละลายของน้ำมันในตัวทำละลายบางทีเรียกว่า Misscella ซึ่งประกอบด้วยตัวทำละลาย น้ำหรือความชื้น น้ำมัน และกาก ซึ่งกากจะแยกออกจากน้ำมันโดนการกรอง ส่วนเฮกเซนและน้ำแยกออกโดยการระเหย (Evaporation) ที่ความดันต่ำ และได้น้ำมันออกมาประมาณ 98 % และมีความชื้นเหลืออยู่น้อยกว่า 0.15 % โดยน้ำหนัก ขั้นตอนการระเหยเอาตัวทำละลายออกต้องใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำที่สุด เพราะหากใช้อุณหภูมิสูงเกินไป จะเร่งให้เกิดออกซิเดชั่น ทำลายสารต้านออกซิเดชั่นและทำให้น้ำมันที่ได้มีสีเข้มขึ้น [1]

2.2.4 เกลียวอัด (Extruder)

การบีบแบบใช้เกลียวนี้วัสดุจะถูกบีบด้วยแรงผ่านเกลียว เกลียวจะเป็นตัวบีบเพื่อบีบเอาของเหลวออก ของเหลวที่ได้จะไหลผ่านช่องตะแกรง ส่วนกากจะถูกลำเลียงออกทางท้ายเครื่อง ซึ่งเหมาะที่จะใช้บีบอัดผลไม้และการรีดน้ำมันออกจากเมล็ด การส่งกำลังจากเพลาสู่เกลียวเป็นวิธีที่ทำให้เกิดการอัดสูง โดยที่ลักษณะของเกลียว ความห่างของเกลียว การลดลงของพื้นที่หน้าตัดเกลียวจะมีผลกระทบต่อการบีบหรือบดอัดเมื่อใช้หลักการนี้ การอัดจะเกิดขึ้นระหว่างเกลียวกับผนังกระบอกจึงทำให้มีความเสียดทานสูงระหว่างการบีบคั้น เป็นผลให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งความร้อนนี้จะช่วยลดความหนืดของน้ำมัน เครื่องสกัดน้ำมันบางชนิดอาจติดตั้งเครื่องทำความร้อนกับตัวเครื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตจากการสกัด ความจุในการทำงานของเครื่องอยู่ในระดับ 40-800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กากหลังจากบีบอัดน้ำมันจะมีปริมาณค้างอยู่ประมาณ 5-18 % ของน้ำหนักกาก [4]

การบีบผ่านเกลียวอัดกำลังได้รับความนิยมมากคือ

1) ความหลากหลาย กระบวนการดังกล่าวสามารถสร้างความหลกาหลายของผลิตภัณฑ์ได้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถดัดแปลงให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้บริโภคได้

2) ลดค่าใช้จ่าย การบีบผ่านเกลียวอัดเป็นวิธีที่ใช้ค่าใช้จ่ายต่ำและให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีอื่นๆ

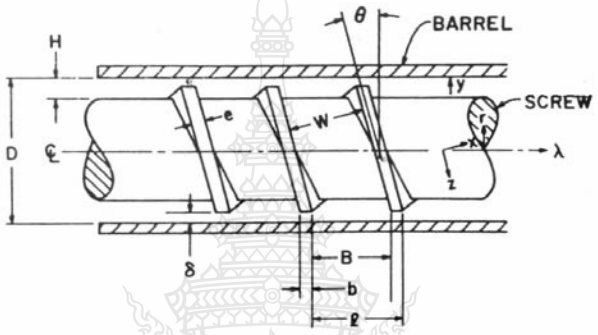
3) ให้อัตราการผลิตสูงและสามารถผลิตในลักษณะต่อเนื่องแบบอัตโนมัติได้

4) ไม่มีข้อเสียจากกระบวนการ

CONSTANT ROOT DIAMETER, CONSTANT PITCH SCREW WITH RESTRICTIONS IN CONSTANT DIAMETER BARREL

รูปที่ 2.3 ลักษณะของเกลียวอัดแบบกระบอกเกลียวคงที่และระยะพิตต์เกลียวคงที่

[ที่มา : Judson (1981)]



รูปที่ 2.4 ส่วนต่างๆทางเรขาคณิตของเกลียวอัด

[ที่มา : Judson (1981)]

การคำนวณขนาดเกลียวอัด จำเป็นต้องใช้ข้อมูลในการคำนวณดังนี้ [5]

คำนวณหาขนาดของเกลียวอัดในการใช้งาน (Ds)

$$Ds = D - 2\delta \tag{2.1}$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางกำหนด

δ = พิกัดความโตระหว่างสันเกลียวกับผิวบาเรล

คำนวณหาความรัศมีของสันเกลียวในการใช้งาน (Hs)

$$Hs = H - \delta \tag{2.2}$$

เมื่อ H = พิกัดความเผื่อของความโตระหว่างกระบอกเกลียวกับผิวบาเรล

δ = พิกัดความเผื่อความโตระหว่างสันเกลียวกับผิวบาเรล

คำนวณหาความโตของโคนเกลียว (Dr)

$$Dr = Ds - 2Hs \tag{2.3}$$

คำนวณหาพิกัดความเผื่อของเกลียวอัด (2δ)

$$2\delta = D - D_S \tag{2.4}$$

คำนวณหารัศมีพิกัดความเผื่อของเกลียวอัด (δ)

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{l}{\pi \times Ds}\right) \tag{2.5}$$

คำนวณหาความกว้างของระยะห่างฟันเกลียว

$$\mathrm{W} = \mathrm{C} \times \cos\theta \tag{2.6}$$

เมื่อ B = ความกว้างของระยะฟันเกลียวตามแกน

คำนวณหาความกว้างสันเกลียว (e)

$$\mathrm{e} = b \times \cos\theta \tag{2.7}$$

เมื่อ b = ความกว้างสันเกลียววัดตามแนวแกน

คำนวณหาความยาวร่องเกลียวทั้งหมด (Z)

$$\mathrm{Z} = \frac{l}{\sin\theta} \tag{2.8}$$

คำนวณหาความเร็วรอบเส้นรอบวงนอกของเกลียวอัด (V)

$$\mathrm{V} = \pi \times Ds \times N \tag{2.9}$$

เมื่อ N = ความเร็วรอบเพลาส่งกำลัง (ผ่านการทดรอบโดยเกียร์ทดรอบ อัตราส่วน 1 :10 รอบต่อนาที)

คำนวณหามุมเอียงของเกลียว (α)

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{p}{\pi d_2}\right) \tag{2.10}$$

เมื่อ p = ระยะพิตต์

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

คำนวณหาพื้นที่ผิวร่องเกลียว(A)

$$\mathrm{A} = \left[\frac{\pi(d^2 - {d_3}^2) \times \cos\alpha}{4}\right] \tag{2.11}$$

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลางกำหนด

d_3 = เส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวใน

คำนวณหาค่าความดัน(P)

$$P = \frac{F}{A} \tag{2.12}$$

เมื่อ F = Fv = แรงอัดในเกลียวเกลียวอัด

P = ความดันเกลียวเกลียวอัด คือ 3.6 นิวตันต่อตารางเมตร (ค่าที่ได้จากการทดลองโดยการกดอัดเมล็ดงาด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิก)

คำนวณหาแรงในแนววงกลมของเกลียวเกลียวอัด (F_u)

$$F_u = Fv \times \tan \alpha \tag{2.13}$$

คำนวณหาโมเมนต์บิดในแกนเกลียวเกลียวอัด (M_{af})

$$M_{af} = \left[Fv \times (\frac{d_2}{2}) \times \tan(\alpha + \rho) \right] + \left[Fv \times \mu(\frac{d_2}{2}) \right] \tag{2.14}$$

เมื่อ ρ = มุมเสียดทาน

μ = 0.15(ค่าคงที่)

คำนวณหาแรงบิดเกลียวอัด(T)

$$T = 9.55 \times \frac{H}{h} \tag{2.15}$$

เมื่อ H = กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ (วัตต์)

h = ความเร็วรอบเกลียวอัด (ทดรอบโดยเฟืองทด อัตราส่วน 1 :10 รอบ/นาที)

คำนวณหาแรงบิดมอเตอร์(T)

$$T = 9.55 \times \frac{H}{h} \tag{2.16}$$

เมื่อ H = กำลังไฟฟ้ามอเตอร์ (วัตต์)

h = ความเร็วรอบมอเตอร์

2.3 ทฤษฎีทางสถิติรูปทั่วไปของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล [6]

ผลของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นอาจจะขยายไปสู่กรณีทั่วไปได้ ในกรณีที่ปัจจัย A มีจำนวนระดับเท่ากับ a ปัจจัย B มีจำนวนระดับเท่ากับ b ปัจจัย C มีจำนวนระดับเท่ากับ c ต่อไปเช่นนี้เรื่อย ๆ และทั้งหมดนี้ถูกจัดให้อยู่ในลักษณะของการทดลองเชิงแฟกทอเรียลซึ่ง

จะมีจำนวนข้อมูลที่ได้ทั้งหมดในการทดลองเท่ากับ abc…n และจะต้องมีเรพลิเคตอย่างน้อย 2 เรพลิเคต $(n \le 2)$ เพื่อที่จะทำให้สามารถหาค่าผลรวมของกำลังสองที่เกิดจากความผิดพลาดได้ ถ้าอันตรกิริยาที่เป็นไปได้ทั้งหมดถูกนำเข้าไปพิจารณาในแบบจำลอง

ถ้าปัจจัยในการทดลองทั้งหมดเป็นแบบค่าตายตัว เราสามารถที่จะคิดสูตรและทดลองสมมติฐานเกี่ยวกับผลหลักและอันตรกิริยาได้โดยง่าย สำหรับแบบจำลองแบบผลตายตัว ตัวทดลองเชิงสถิติสำหรับผลหลักและอันตรกิริยาสามารถหาได้โดยสร้างค่ากำลังสองเฉลี่ยของสิ่งนั้นขึ้น แล้วหารด้วยค่ากำลังสองเฉลี่ยของความผิดพลาด (เหมือนกับกรณีของ 2 ปัจจัย) และการทดลองสอบสมมติฐานจะใช้ F-Test แบบทดสอบปลายด้านบนหนึ่งด้าน (Upper – Tail, One – Tail Test) จำนวนระดับขั้นความเสรีสำหรับผลหลักของปัจจัยใด ๆ มีค่าเท่ากับจำนวนระดับของปัจจัยนั้นลบด้วย 1 และจำนวนระดับขั้นความเสรีของอันตรกิริยามีค่าเท่ากับผลคูณของระดับขั้นความเสรีและส่วนประกอบของอันตรกิริยานั้น ๆ

ตัวอย่างเช่น พิจารณาแบบจำลองการวิเคราะห์ความแปรปรวน 3 ปัจจัย

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \begin{cases} i = 1,2,\ldots,a \\ j = 1,2,\ldots,b \\ k = 1,2,\ldots,c \\ l = 1,2,\ldots,n \end{cases} \quad (2.17)$$

สมมติว่า A, B และ C มีค่าตายตัว ตารางสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงได้ดังตารางที่ 2.1ค่าของเอฟ-เทส ของผลหลักและอันตรกิริยาหาได้โดยตรงจากค่ากำลังสองเฉลี่ยคาดหมายที่ได้ การคำนวณค่าผลรวมทั้งหมดของกำลังสองในตารางที่ 2.1 มีสูตรในการคำนวณดังนี้ [7]

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijkl}^2 - \frac{y^2}{abcn} \quad (2.18)$$

ค่าผลรวมของกำลังสองของผลหลักหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$SS_A = \frac{1}{bcn}\sum_{j=1}^{a} y_{i...}^2 - \frac{y^2_{....}}{abcn} \quad (2.19)$$

$$SS_B = \frac{1}{acn}\sum_{j=1}^{b} y_{.j..}^2 - \frac{y^2_{....}}{abcn} \quad (2.20)$$

$$SS_C = \frac{1}{abn}\sum_{j=1}^{c} y_{..k.}^2 - \frac{y^2_{....}}{abcn} \quad (2.21)$$

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแบบจำลอง 3 ปัจจัย แบบผลตายตัว [7]

สาเหตุของความแตกต่าง	ผลบวกกำลังสอง	ระดับขั้นความเสรี	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	ผลค่าเฉลี่ยกำลังสอง	ตัวสถิติ F_0
A	SS_A	$a-1$	MS_A	$\sigma^2+\frac{bcn\sum\tau_i^2}{a-1}$	$F_0=\frac{MS_A}{MS_E}$
B	SS_B	$b-1$	MS_B	$\sigma^2+\frac{acn\sum\beta_j^2}{b-1}$	$F_0=\frac{MS_B}{MS_E}$
C	SS_C	$c-1$	MS_C	$\sigma^2+\frac{abn\sum\gamma_k^2}{c-1}$	$F_0=\frac{MS_C}{MS_E}$
AB	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	MS_{AB}	$\sigma^2+\frac{cn\sum\sum(\tau\beta)_{ij}^2}{(a-1)(b-1)}$	$F_0=\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
AC	SS_{AC}	$(a-1)(c-1)$	MS_{AC}	$\sigma^2+\frac{bn\sum\sum(\tau\gamma)_{ij}^2}{(a-1)(c-1)}$	$F_0=\frac{MS_{AC}}{MS_E}$
BC	SS_{BC}	$(b-1)(c-1)$	MS_{BC}	$\sigma^2+\frac{an\sum\sum(\beta\gamma)_{ij}^2}{(b-1)(c-1)}$	$F_0=\frac{MS_{BC}}{MS_E}$
ABC	SS_{ABC}	$(a-1)(b-1)(c-1)$	MS_{ABC}	$\sigma^2+\frac{n\sum\sum\sum(\tau\beta\gamma)_{ijk}^2}{(a-1)(b-1)(c-1)}$	$F_0=\frac{MS_{ABC}}{MS_E}$
$Error$	SS_E	$abc(n-1)$	MS_E	σ^2	
$Total$	SS_T	$abcn-1$			

เพื่อที่จะคำนวณค่าผลรวมของกำลังสองแบบ 3 ปัจจัยของอันตรกิริยา จะต้องสร้างตามผลรวมซึ่งประกอบด้วยเซลล์จำนวน A x B, A x C และ B x C เซลล์ขึ้นมา ซึ่งเกิดจากการยุบตารางข้อมูลเบื้องต้นให้อยู่ในรูปของตารางแบบ 2 ทาง จำนวน 3 ตาราง เพื่อคำนวณค่าต่างๆ เหล่านี้ ค่าผลรวมของกำลังสองหาได้จาก

$$SS_{AB}=\frac{1}{cn}\sum_{j=1}^{a}\sum_{k=1}^{b}y_{ij..}^2-\frac{y^2}{abcn}-SS_A-SS_B$$
$$=SS_{Subtotals(AB)}-SS_A-SS_B \qquad (2.22)$$
$$SS_{AC}=\frac{1}{bn}\sum_{j=1}^{a}\sum_{k=1}^{c}y_{i.k.}^2-\frac{y^2}{abcn}-SS_A-SS_C$$
$$=SS_{Subtotals(AC)}-SS_A-SS_C \qquad (2.23)$$

$$SS_{BC} = \frac{1}{an}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} y_{.jk.}^2 - \frac{y^2}{abcn} - SS_B - SS_C$$
$$= SS_{Subtotals(BC)} - SS_B - SS_C \quad (2.24)$$

ค่าผลรวมของกำลังสองของอันตรกิริยาแบบ 3 ปัจจัย หาได้จากสูตร

$$SS_{ABC} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{c} y_{ijk.}^2 - \frac{y_{...}^{\ 2}}{abcn} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} \quad (2.25)$$
$$= SS_{Subtotals(ABC)} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} \quad (2.26)$$

ค่าผลรวมของกำลังสองของความผิดพลาดหาได้จากการลบผลรวมของกำลังสองทั้งหมดที่เกิดจากผลหลักและอันตรกิริยาจากผลรวมทั้งหมดของกำลังสอง

$$SS_E = SS_T - SS_{Subtotals(ABC)} \quad (2.27)$$

2.4 วรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมา

2.4.1 การศึกษาการผลิตน้ำมันงาของชาวไทยใหญ่ [8] หมู่บ้านปางหมู จังหวัดแม่ฮ่องสอน เรียกการผลิตน้ำมันงาว่า การอีดน้ำมันงา จะใช้ครกบดงาโดยใช้แรงงานจากวัว หรือใช้พลังงานน้ำ ซึ่งจะใช้เวลาทำการบดประมาณ 3 ชั่วโมง นำมากรองและตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 3 วัน (1 ครกจากงา 15 กิโลกรัม จะได้น้ำมันงาประมาณ 5 – 6 ขวดสุราแม่โขง)

2.4.2 สญชัย [9] การสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันงาเพื่อการเพิ่มผลผลิตในการบีบอัดน้ำมันงาและต้องการลดสารตกค้างจากการสกัด จากงานวิจัยได้เลือกวิธีการผลิตน้ำมันงาโดยใช้กระบวนการบีบอัดน้ำมันงาจากเครื่องบีบอัดแบบสกรูเกลียวเดี่ยว โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์ของสกรูเกลียว 55 มม. ขนาดความลึกร่องเกลียว 9 มม. ความกว้างร่องเกลียว 8 มม. ซึ่งได้อัตราการผลิตน้ำมันงาขาว 1.577 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่ขนาดดาย 12 มม. ความเร็วรอบสกรู 90 รอบต่อนาที และมีประสิทธิภาพในการบีบอัดสูงสุด 87.67 % ที่ขนาดดาย 11 มม. ความเร็วรอบสกรู 45 รอบต่อนาที

2.4.3 ประสพ [10] การออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันสะเดาแบบสกรูแนวนอน การออกแบบโดยอาศัยหลักการลำเลียงของสกรูไปที่ส่วนปลายเพื่อบีบอัด และลำเลียงออกไปพร้อมๆ กัน มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ชุดต้นกำลัง ชุดส่งกำลัง และชุดลำเลียงบีบอัด ต้นกำลังใช้มอเตอร์ 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า ส่งกำลังไปยังสกรู ซึ่งสกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50.8 มิลลิเมตร ระยะพิตช์ 30 มิลลิเมตร และยาว 205 มิลลิเมตร ลักษณะของสกรูเป็นแบบระยะพิตช์และความลึกคงที่ 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

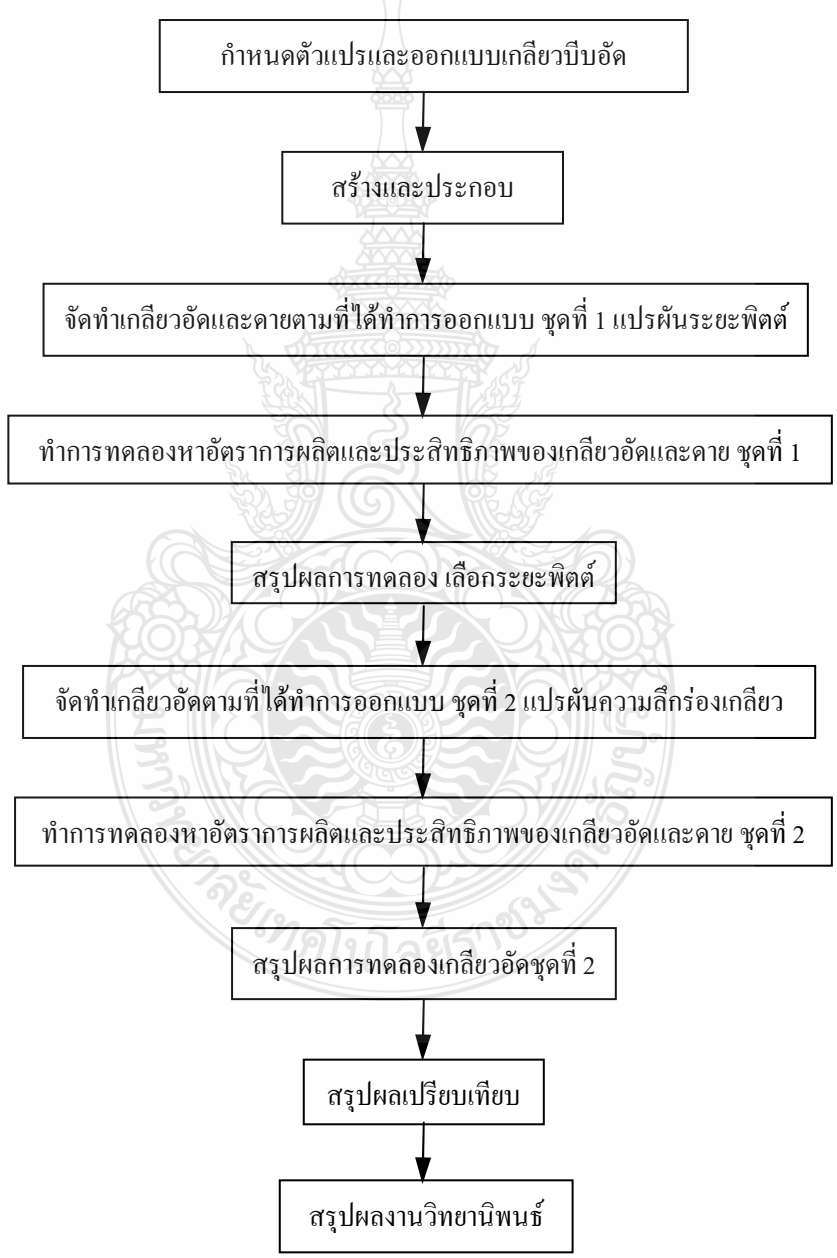
2.4.4 มาลิณีย์ [4] การออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดทานตะวันแบบใช้เกลียว การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อบีบอัดน้ำมันทานตะวัน ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ชุดต้นกำลัง สกรูลำเลียง และหัวบีบอัด ชุดต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส ขนาด 3 เฟส ขนาด 3 แรงม้า ขับสกรูลำเลียงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ระยะพิตต์ 25 มิลลิเมตร ยาว 310 มิลลิเมตร จะหมุนอยู่ภายในกระบอกอัดน้ำมันทานตะวันจะไหลออก จากรูเจาะที่อยู่รอบๆ กระบอกบีบอัด จากการทดสอบประสิทธิภาพในการบีบอัด ที่ความเร็ว 20, 30 และ 38 รอบต่อนาที ขนาดรูเจาะรอบๆกระบอกอัด 1 และ 2 มิลลิเมตรแบบใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน พบว่าที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 38 รอบต่อนาที ขนาดรูเจาะรอบๆกระบอกบีบอัด 1 มิลลิเมตร แบบไม่ใช้ความร้อน มีประสิทธิภาพการบีบอัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันสูงสุด 25.23 %

2.4.5 ณรงค์ศักดิ์ [11] การวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมของเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดา การวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการบีบอัดเมล็ดสะเดาที่ผ่านการกะเทาะเปลือก และไม่กะเทาะเปลือกเพื่อหาค่าความเร็วรอบในการหมุนของสกรูบีบอัด ความเร็วรอบในการหมุนของสกรูป้อน และค่าระยะความห่างระหว่างสกรูกับบูชที่เหมาะสม โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นได้มาจากการเปรียบเทียบกันระหว่างผลของการบีบอัดเมล็ดสะเดาแบบที่ไม่กะเทาะเปลือก กับแบบกะเทาะเปลือกบีบอัดครั้งเดียวจากผลการทดลองโดยการใช้เมล็ดสะเดาที่ผ่านการกะเทาะเปลือกที่น้ำหนัก 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

2.4.6 T.Olayanju [12] การวิจัยเรื่อง Effect of Worm shaft Speed, Moisture Content and Variety on Oil Recovery from Expelled Beniseed. ทำการทดลองบีบอัดเมล็ดงา 2 ชนิด (Yandev 55 และ E8) โดยใช้ความเร็วรอบของ Worm shaft 30 – 75 รอบ/นาที ที่ Moisture Content 4.1-10.3 % พบว่าที่ความเร็วรอบ 30 - 45 รอบ/นาที ได้น้ำมันเพิ่มขึ้นจาก 37.56 – 70.62 % เมื่อเพิ่มรอบถึง 75 รอบ/นาที ได้น้ำมันลดลง จาก 40.23 – 38.79 % จากเมล็ดงาทั้งชนิดได้น้ำมันสูงสุด 79.63 และ 74.28 % ตามลำดับ สรุปว่าความเร็วรอบของ Worm shaft มีผลต่อการบีบน้ำมันงา

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบสกรูเกลียวเดี่ยว ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังแผนภูมิการไหล (Flow Chart) ต่อไปนี้

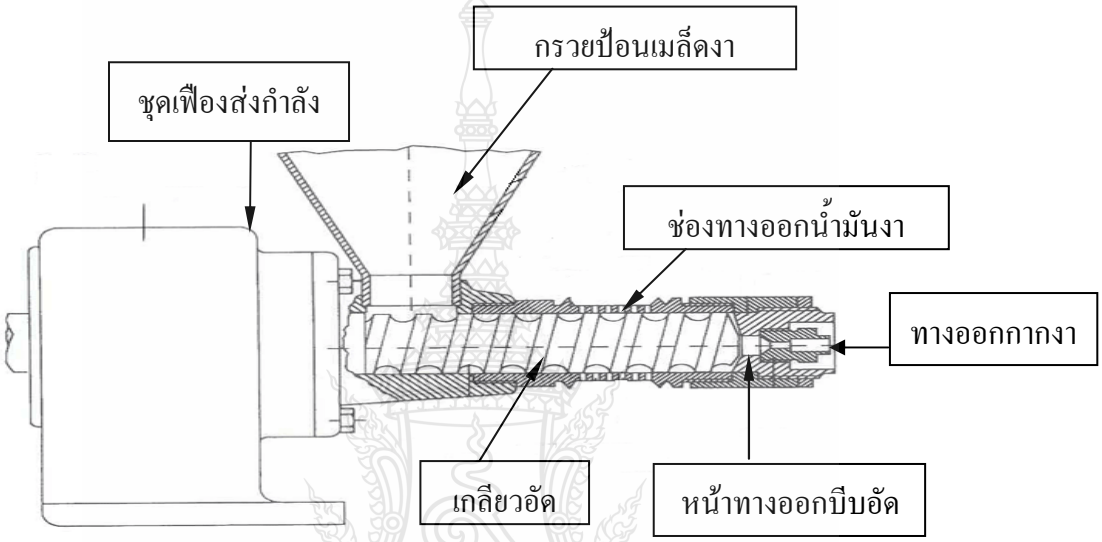


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การออกแบบเครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว

3.1.1 การออกแบบเกลียวอัดเบื้องต้น

การออกแบบเบื้องต้น อ้างอิงจากงานวิจัย เรื่อง การออกแบบสร้างเครื่องชุดเครื่องบีบอัดน้ำมันงา [9] และงานวิจัยเรื่อง เครื่องบีบน้ำมันจากเมล็ดพืชแบบเกลียวเดี่ยว [13] โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์ของเกลียว 55 มม. ขนาดความยาวเกลียวอัด 215 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ระยะพิตต์ 24 มม. และใช้ต้นกำลังขนาดมอเตอร์ขับ 1 แรงม้า โดยมีลักษณะส่วนประกอบของเครื่องดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 รูปแบบเครื่องบีบน้ำมันงาแบบสกรูเกลียวเดี่ยวพื้นฐาน

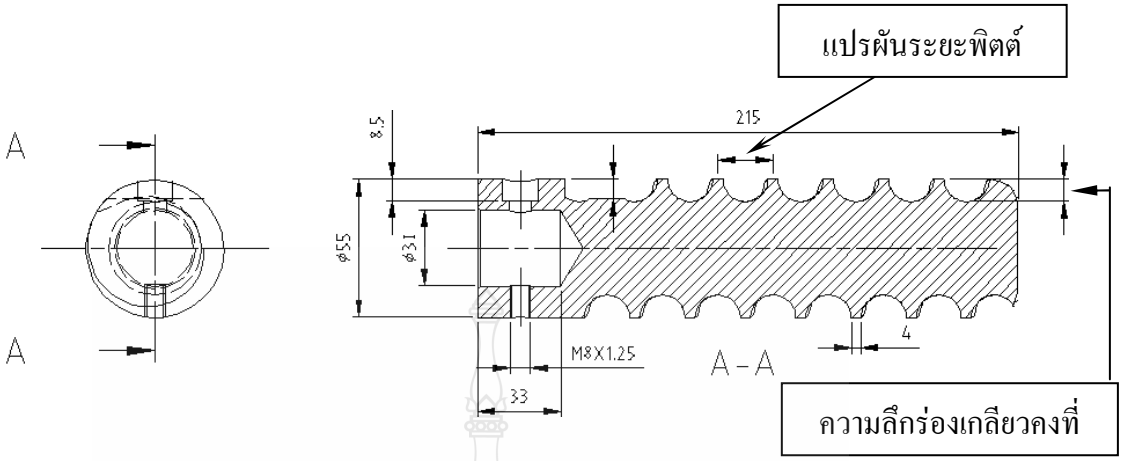
3.1.2 การออกแบบเกลียวบีบอัด

การออกแบบเกลียวบีบอัด ดำเนินการเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบเกลียวอัด ชุดที่ 1 ให้ความลึกคงที่ 9 มม. เนื่องจากเป็นระดับความลึกระดับกลางของงานวิจัยที่ผ่านมา [9] แปรผันระยะพิตต์จำนวน 5 ระดับ คือ ขนาด 23, 24, 25, 26 และ 27 มม.

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบเกลียวอัด ชุดที่ 2 ให้ระยะพิตต์คงที่ แปรผันความลึกจำนวน 5 ระดับ คือขนาด 8, 8.5, 9, 9.5 และ 10 มม. (ต้องทำการทดลองบีบอัดน้ำมัน เกลียวชุดที่ 1 ก่อน เพื่อสรุประยะพิตต์ที่เหมาะสม)

การออกแบบเกลียวอัด ชุดที่ 1 ดังรูปที่ 3.3

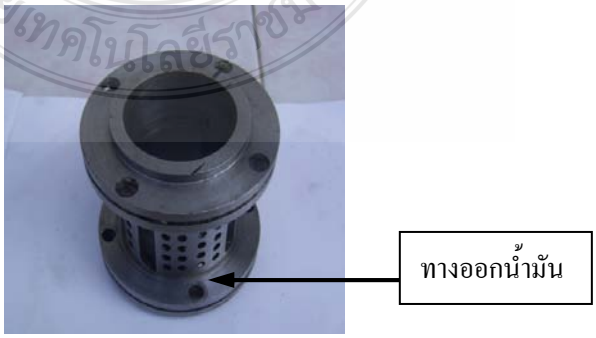


รูปที่ 3.3 แบบเกลียวบีบอัด ชุดที่ 1

รูปที่ 3.4 ลักษณะเกลียวอัด

3.1.3 การออกแบบกระบอกบีบอัดและช่องทางออกน้ำมัน

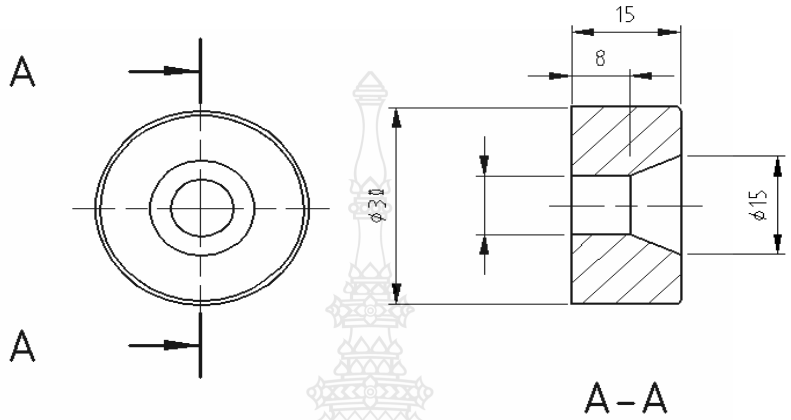
การออกแบบกระบอกบีบอัด และหน้าทางออกบีบอัด [9] กระบอกบีบอัดจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่าเกลียวอัด 0.5 มม.



รูปที่ 3.5 กระบอกเกลียวอัด

3.1.4 การออกแบบช่องทางออกกากงา

การออกแบบหน้าทางออกบีบอัดประกอบช่องทางออกกากงา ต้องทำการออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยน ช่องทางออกกากงาได้สะดวก โดยช่องทางออกกากงาจะมี 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7, 8 และ 9 มม. ซึ่งที่ขนาดทางออกกากงาโตมากว่านี้ได้ทำการทดลองมาแล้ว [9] ทางออกกากงาตามรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ทางออกกากงา

รูปที่ 3.7 ทางออกกากงา

3.1.5 การคำนวณหาต้นกำลังมอเตอร์ ดังภาคผนวก ก.1

3.2 การสร้างและประกอบเครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว

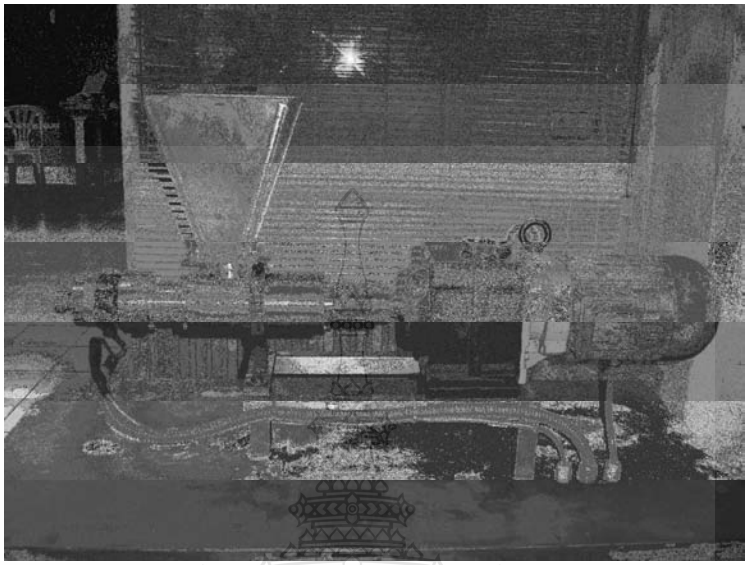
การสร้างและประกอบเครื่องประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างชุดกระบอกบีบอัด ประกอบด้วย

- ชุดต่อการส่งกำลังและต่อกับเกลียวอัด
- ชุดกระบอกบีบอัดและช่องทางออกน้ำมัน
- ชุดหน้าทางออกกากงา
- กรวยป้อนงา

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเกลียวบีบอัดชุดที่ 2 จำนวน 5 เกลียว ตามขนาดที่ออกแบบ โดยใช้วิธีการกัด (Milling) แล้วนำไปขุบเคลือบผิวให้เรียบ

ขั้นตอนที่ 3 ประกอบเครื่อง และทำการทดสอบการทำงานของเครื่อง รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบสกรูเกลียวเดี่ยว

3.3 การทดลองบีบอัดน้ำมันงา เกลียวบีบอัดชุดที่ 1

การทดลองใช้งาขาว เป็นวัตถุดิบทำการทดลอง โดยใช้งาทำการทดลองครั้งละ 1 กิโลกรัม โดยแปรผันความเร็วรอบเกลียวอัด จำนวน 5 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที ขนาดระยะพิตต์เกลียวจำนวน 5 ขนาด คือ 23, 24, 25, 26 และ 27 มม. ขนาดช่องทางออกกากงา จำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7, 8 และ 9 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม.

ตารางที่ 3.1 จำนวนการทดลองผลของอัตราการผลิต ที่ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ แปรผันระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ระยะพิตต์ (มม.)					ระยะพิตต์ (มม.)					ระยะพิตต์ (มม.)				
	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
25	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
30	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75

หมายเหตุ ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ข.1

ตารางที่ 3.2 จำนวนการทดลองผลของประสิทธิภาพ ที่ระยะความลึกคงที่ แปรผันระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	ประสิทธิภาพ (%)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ระยะพิตต์ (มม.)					ระยะพิตต์ (มม.)					ระยะพิตต์ (มม.)				
	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
25	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
30	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75

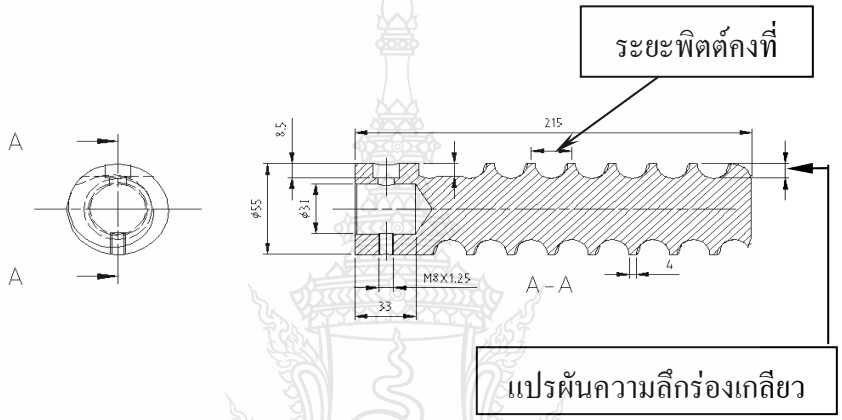
หมายเหตุ ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ข.2

3.4 สรุปผลการทดลองเกลียวชุดที่ 1 ระยะความลึกร่องเกลียวคงที่ 9 มม.

สรุปผลการทดลอง เพื่อทำการเลือกขนาดระยะพิตต์ ที่ให้ประสิทธิผล ในกระบวนการบีบอัดน้ำมันที่ให้ประสิทธิผลสูงสุด ซึ่งสรุปได้ว่าที่ ระยะพิตต์ 24 มม. เป็นขนาดที่ให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด เลือกขนาดระยะพิตต์นี้มาทำการทดลองต่อไป

3.5 สร้างเกลียวอัดชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.

การออกแบบเกลียวชุดที่ 2 ให้ระยะพิตต์คงที่ แปรผันความลึก จำนวน 5 ระดับ คือขนาด 8, 8.5, 9, 9.5 และ 10 มม. (ต้องทำการทดลองบีบอัดน้ำมันเกลียวชุดที่ 1 ก่อน แล้วจึงสรุประยะพิตต์ที่เหมาะสม)



รูปที่ 3.9 แบบเกลียวบีบอัด ชุดที่ 2

3.6 การทดลองบีบอัดน้ำมันงา เกลียวอัดชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.

การทดลองใช้งาขาว เป็นวัตถุดิบทำการทดลอง โดยใช้งาทำการทดลองครั้งละ 1 กิโลกรัม โดยแปรผันความเร็วรอบเกลียวอัด จำนวน 5 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที ความลึกร่องเกลียวจำนวน 5 ขนาด คือ 8, 8.5, 9, 9.5 และ 10 มม. ขนาดช่องทางออกกากงา จำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7, 8 และ 9 มม.

ตารางที่ 3.3 จำนวนการทดลองผลของอัตราการผลิต ที่ระยะพิตต์คงที่ แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)				
	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
25	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
30	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75

หมายเหตุ ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ข.3

ตารางที่ 3.4 จำนวนการทดลองผลของประสิทธิภาพ ที่ระยะพิตต์คงที่ แปรผันระยะความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	ประสิทธิภาพ (%)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)				
	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
25	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
30	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75

หมายเหตุ ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ข.4

3.7 สรุปเปรียบเทียบผลการทดลองชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.

สรุปผลการทดลอง ชุดที่ 2 เพื่อทำการเลือกขนาดระยะความลึกที่ให้ประสิทธิผล ในกระบวนการบีบอัดน้ำที่ให้ประสิทธิผลสูงสุด

3.8 สรุปการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองชุดที่ 1 กับ ผลการทดลองชุดที่ 2 รวม

สรุปเปรียบเทียบผลการทดลองชุดที่ 1 กับ ผลการทดลองชุดที่ 2 เพื่อหาเงื่อนไขในกระบวนการบีบอัดน้ำมันที่ให้ประสิทธิผลสูงสุด โดยใช้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ (ANOVA) แล้วนำไปสรุปผลการวิเคราะห์ผลร่วม

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

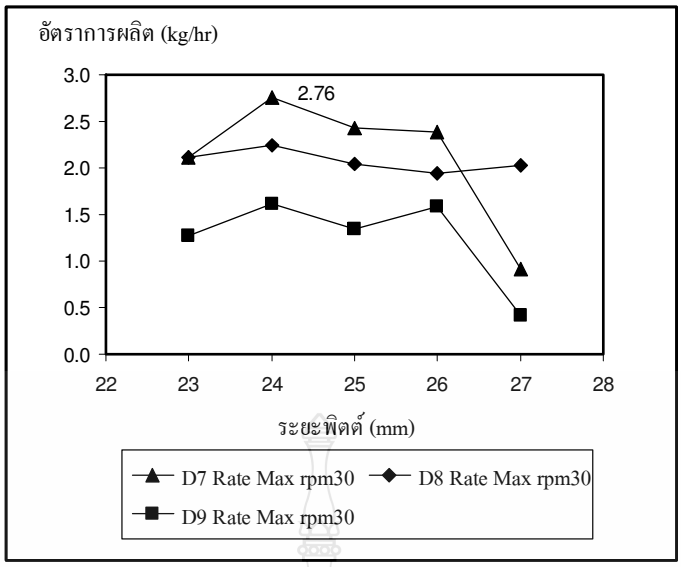
การทดลองเพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตเกลียวชุดที่ 1 ความลึกร่องเกลียวคงที่ 9 มม. ทำการทดลองบีบน้ำมันงาขาว โดยการแปรผันระยะพิตต์ (Pitch: P) 5 ระดับ คือ 23, 24, 25, 26 และ 27 มม. ทางออกกากงา (Die: D) 3 ขนาด ที่เส้นผ่าศูนย์กลาง (ϕ) คือ 7, 8 และ 9 มม. และความเร็วรอบเกลียวอัด (Speed: rpm) 5 ระดับคือ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที (rpm) ใช้งาครั้งละ 1 กิโลกรัม (kg) นำผลการทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาอิทธิพลที่มีความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตในการบีบอัดน้ำมัน และหาเงื่อนไขในกระบวนการบีบอัดน้ำมันที่ให้ประสิทธิผลสูงที่สุด และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ แล้วสรุปผลการทดลองเลือกระยะพิตต์ที่ให้ประสิทธิผลสูงสุด และให้ระยะพิตต์นี้เป็นระยะพิตต์คงที่ แล้วทำการทดลองเกลียวอัดชุดที่ 2 โดยการแปรผันความลึกร่องเกลียว (Depth) และตัวแปรอื่นเหมือนการทดลองเกลียวอัดชุดที่ 1 ดังกล่าวข้างต้น แล้วนำผลการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบสรุปผลเงื่อนไขกระบวนการบีบอัดน้ำมัน ที่ให้ประสิทธิผลสูงที่สุดและวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อหาอิทธิพลร่วมของตัวแปรหลัก

4.1 ผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันงาเกลียวชุดที่ 1 ความลึกร่องเกลียวคงที่ 9 มม.

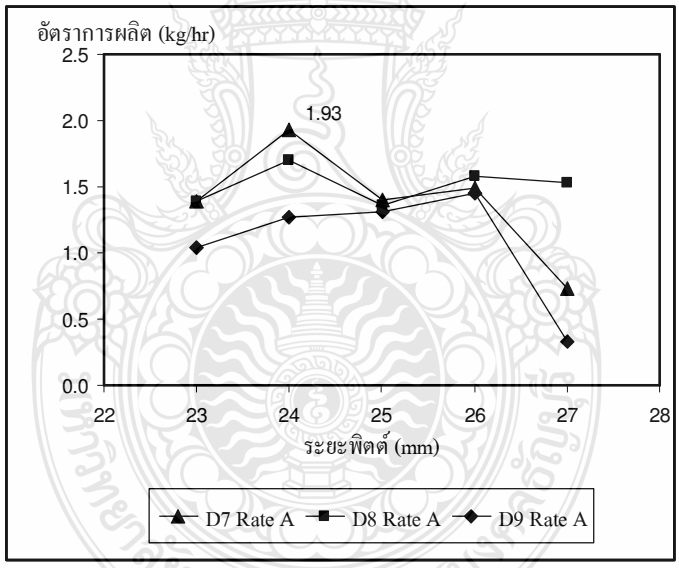
ทำการทดลองบีบอัดน้ำมันที่ระยะพิตต์ 23 มม. (P23), 24 มม. (P24), 25 มม. (P25), 26 มม. (P26), 27 มม. (P27) ทางออกกากงา 3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (ϕ) 7 มม. (D7), 8 มม. (D8) และ 9 มม. (D9) และความเร็วรอบ 5 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25 และ 30 rpm ความลึกร่องเกลียว 9 มม.ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 ผลการทดลองอิทธิพลของขนาดระยะพิตต์ต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

การทดสอบอิทธิพลของ ขนาดระยะพิตต์เกลียวอัดทั้ง 5 ขนาด ต่ออัตราการผลิตสูงสุด แสดงให้เห็นว่าขนาดของระยะพิตต์มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตแต่ความสัมพันธ์ของขนาดระยะพิตต์ที่เพิ่มขึ้นจะแปรผกผันกับอัตราการผลิต (รูปที่ 4.1) ขนาดของระยะพิตต์ที่ให้อัตราการผลิตดีที่สุดคือขนาด 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 7 มม. ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 rpm และขนาดที่ให้อัตราการผลิตต่ำสุดคือขนาด 27 มม. ขนาดทางออกกากงา ϕ 9 มม. ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 rpm

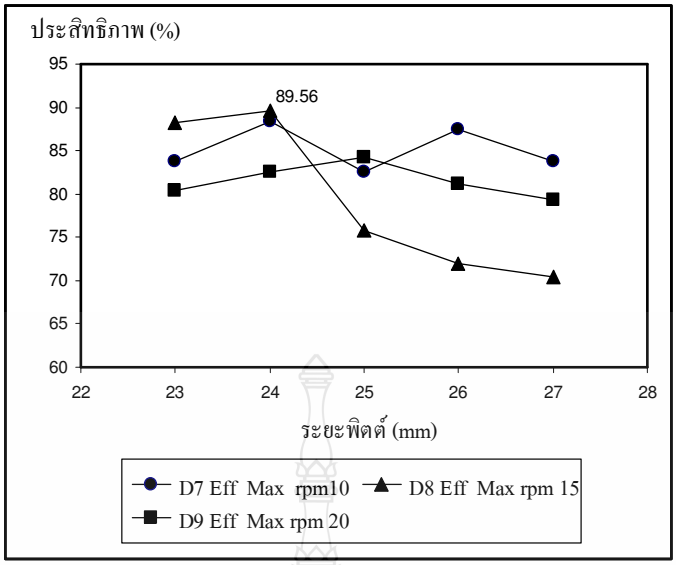


รูปที่ 4.1 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตต์กับขนาดทางออกกากงา และความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด (Rate Max)



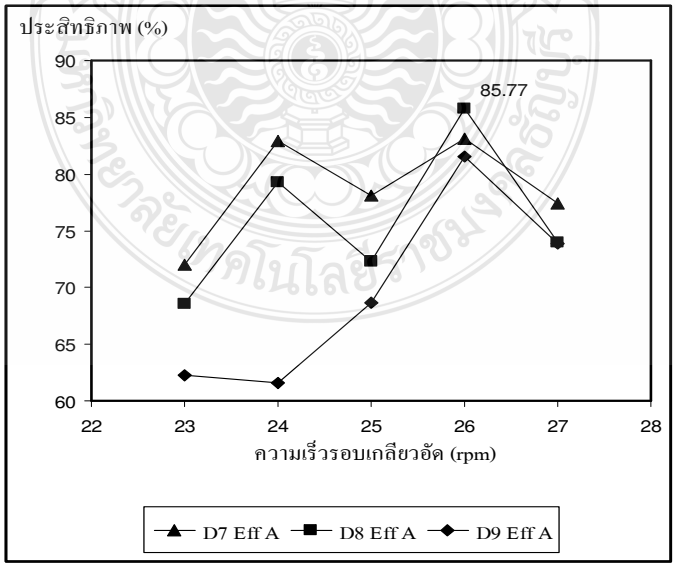
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตต์กับขนาดทางออกกากงา ที่ให้อัตราการผลิตเฉลี่ย (Rate A) ทุกความเร็วรอบเกลียวอัด

อัตราการผลิตเฉลี่ยสูงสุดที่ระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา 7 มม. และที่ต่ำสุดที่ระยะพิตต์ 27 มม. ขนาดทางออกกากงา 9 มม. ทั้งนี้เนื่องมาจากที่ทางออกกากงาขนาดใหญ่ ความเร็วรอบเกลียวอัดหมุนอัดไม่ทัน ทำให้ไม่เกิดการบีบอัดจึงให้อัตราการผลิตลดลง (รูปที่ 4.2) และ อัตราการผลิตแปรผกผันกับขนาดระยะพิตต์



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตต์กับขนาดทางออกกากงาและความเร็วรอบเกลียวอัดที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด (Eff Max)

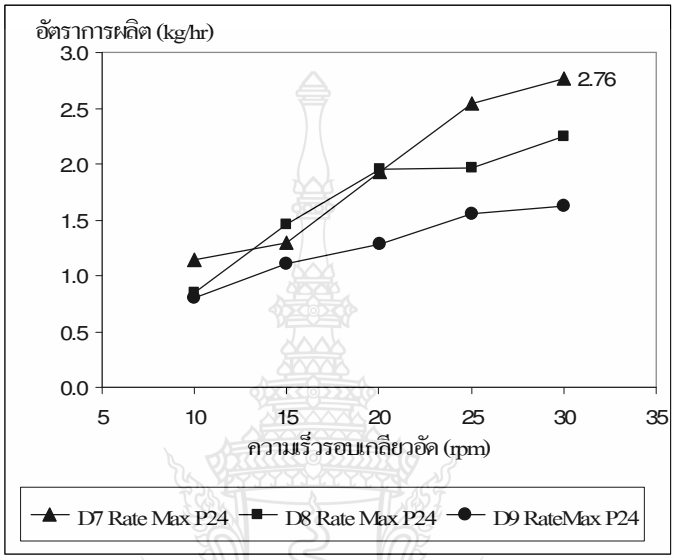
อย่างไรก็ตามขนาดของระยะพิตต์ ที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยดีที่สุด คือ ขนาด 26 มม. ทางออกกากงา 8 มม. และประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยต่ำสุด เมื่อใช้ระยะพิตต์ขนาด 24 มม. ทางออกกากงา 9 มม. เนื่องจากปริมาณงาในในระยะพิตต์แคบจะมีน้อยและทางออกกากงาใหญ่ทำให้ไม่เกิดการบีบอัดจึงทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ (รูปที่ 4.4)



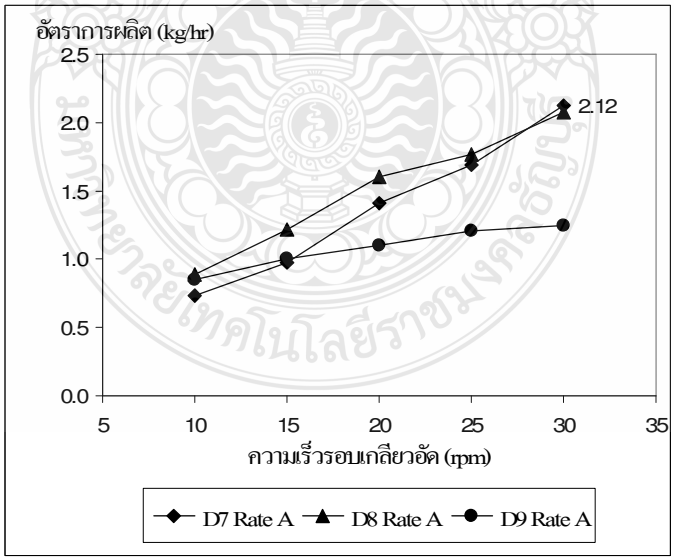
รูปที่ 4.4 ผลของอัตราการผลิตเฉลี่ยทุกความเร็วรอบของทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่ระยะพิตต์ต่างๆ

4.1.2 ผลการทดลองอิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัดต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

ผลการทดสอบอิทธิพลของความเร็วรอบทั้ง 5 ระดับแสดงให้เห็นว่า ขนาดความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลโดยตรง ต่ออัตราการผลิต กล่าวคือเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น อัตราการผลิตจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆ การทดลอง (รูปที่ 4.5)

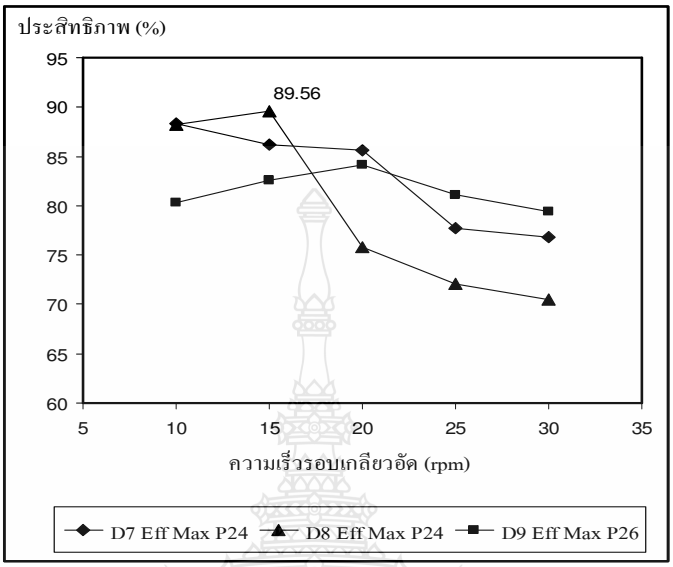


รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาดที่อัตราการผลิตสูงสุด

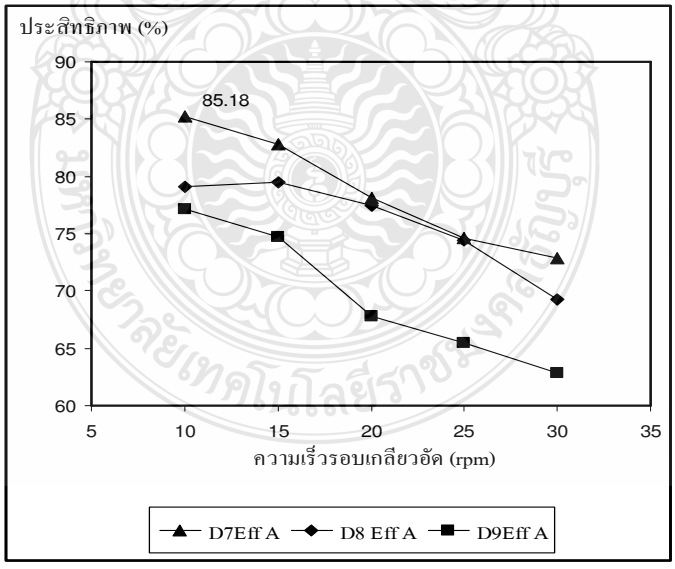


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่อัตราการผลิตเฉลี่ยทุกความเร็วรอบ

จากรูปที่ 4.5 ที่ขนาดระยะพิตต์ 24 มม. (P24) ความเร็วรอบ 30 rpm ทางออกกากงา ϕ 7 มม. (D7) ให้อัตราการผลิตการบีบอัดน้ำมันสูงที่สุด 2.76 กก./ชม. และเมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบ (รูปที่ 4.6) ความเร็วรอบเกลียวอัดจะเห็นว่ามีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการผลิตเช่นกัน



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด

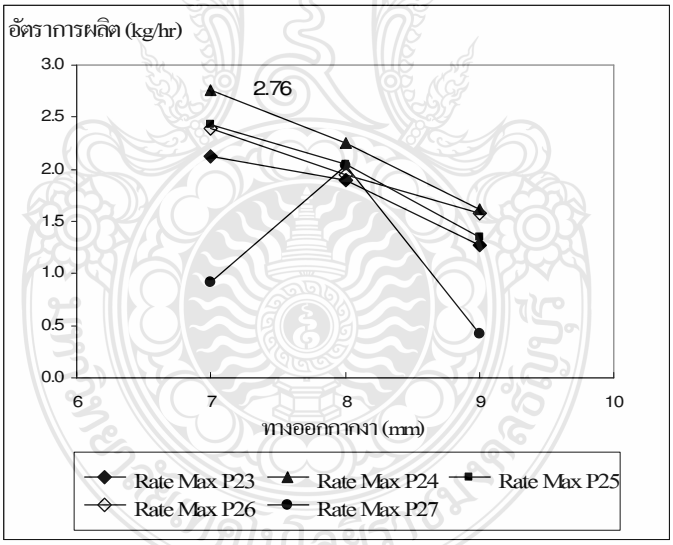


รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับทางออกกากงา ทั้ง 3 ขนาด ที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยทุกระยะพิตต์

จากรูปที่ 4.7-4.8 พบว่าความเร็วรอบเกลียวอัดมีอิทธิพลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการผลิต กล่าวคือที่ความเร็วรอบต่ำจะให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงและที่ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงจะให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำลง และที่ระยะพิตต์ 24 มม. (P24) ความเร็วรอบ 15 rpm ทางออกกากงา ϕ 8 มม. (D8) ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงที่สุด 89.56 % (รูปที่ 4.7) แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบ (รูปที่ 4.8) ที่ทางออกกากงาเล็ก (D7) จะให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดที่ความเร็วรอบต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาเป็นขนาดที่เหมาะสมสัมพันธ์กัน

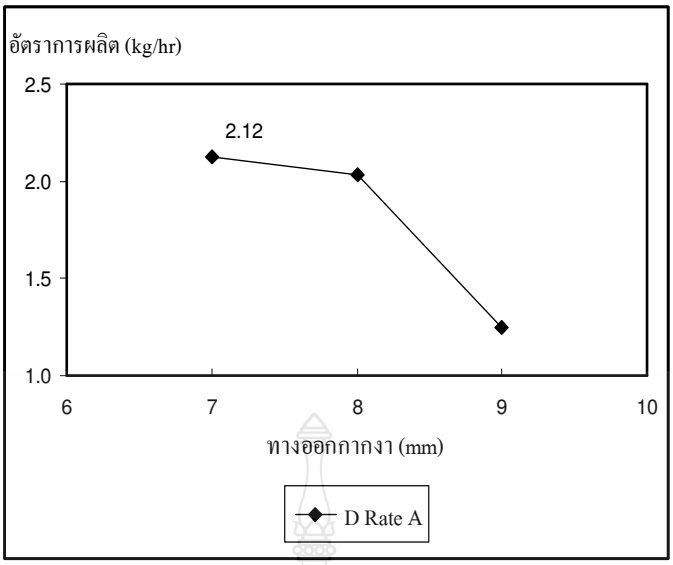
4.1.3 ผลการทดลองอิทธิพลของทางออกกากงาต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

จากการทดลองนำผลของอัตราการผลิตมาเปรียบเทียบที่ทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด และระยะพิตต์ทั้ง 5 ขนาด พบว่าขนาดทางออกกากงามีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการผลิตกล่าวคือที่ขนาดทางออกกากงาเล็กมีแนวโน้มให้อัตราการผลิตสูง และที่ขนาดทางออกกากงาใหญ่จะให้อัตราการผลิตต่ำ (รูปที่ 4.9) ส่วนผลของอัตราการผลิตที่ระยะพิตต์ 27 มม. (P27) ที่ขนาดทางออกกากงา 7 มม. ให้ผลของอัตราการผลิต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากที่ทางออกกากงาเล็กและระยะพิตต์กว้างจะทำให้เกิดการอัดสูงกากงาออกไม่ทันจึงทำให้อัตราการผลิตลดลง และที่ทางออกกากงาโตมาก ระยะพิตต์กว้างอัตราการผลิตลดลงเนื่องมาจากความเร็วรอบไม่สามารถอัดได้ทันที่จะทำให้เกิดแรงอัดในกระบอกได้



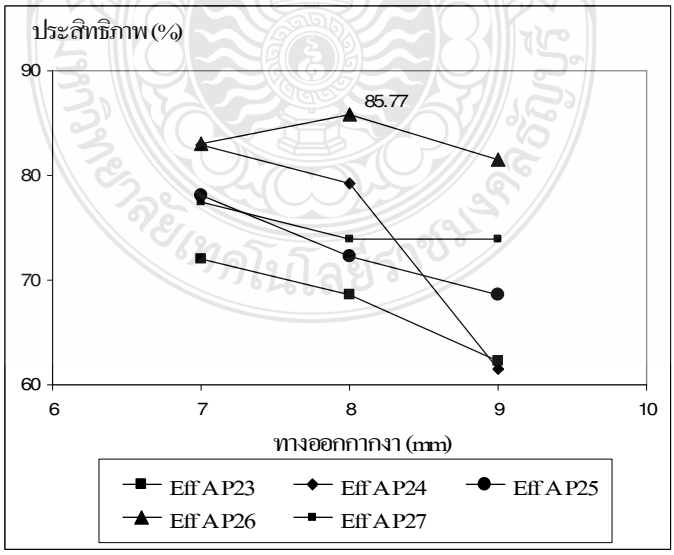
รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับอัตราการผลิตสูงสุดของระยะพิตต์ทั้ง 5 ขนาด

เมื่อนำผลของอัตราการผลิตเฉลี่ยของทุกระยะพิตต์ มาพร็อตกราฟจะพบได้ชัดเจนว่า ทางออกกากงามีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการผลิต กล่าวคือที่ทางออกกากงาเล็กจะให้อัตราการผลิตสูง และที่ทางออกกากงาใหญ่จะให้อัตราการผลิตต่ำ (รูปที่ 4.10)

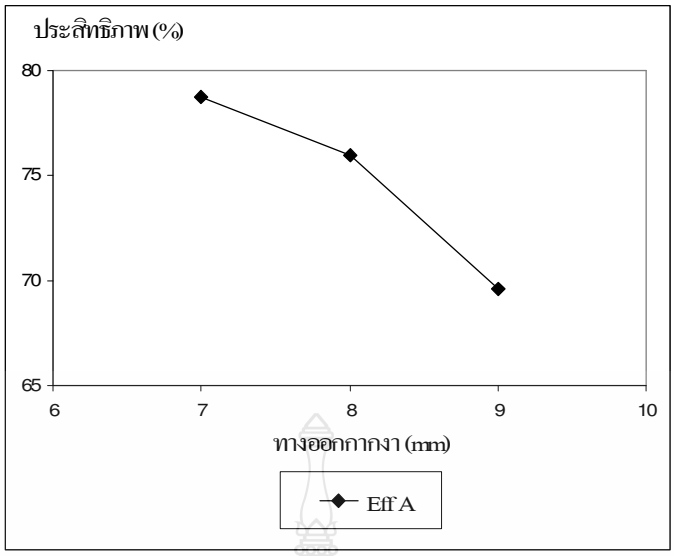


รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับอัตราการผลิตเฉลี่ยของทุกระยะพิตต์

ผลการทดลองอิทธิพลของทางออกกากงาต่อประสิทธิภาพการผลิตเมื่อนำผลของประสิทธิภาพการผลิตที่ระยะพิตต์ต่างๆ เปรียบเทียบกับทางออกกากงาจะพบว่าอิทธิพลของทางออกกากงามีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลงเมื่อทางออกกากงาใหญ่ขึ้น (รูปที่ 4.11) และได้นำค่าประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยของทุกระยะพิตต์มาเปรียบเทียบจะเห็นผลได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ ที่ขนาดทางออกกากงาเล็กมีอิทธิพลส่งให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงและที่ขนาดทางออกกากงาใหญ่มีอิทธิพลส่งให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำลง (รูปที่ 12)



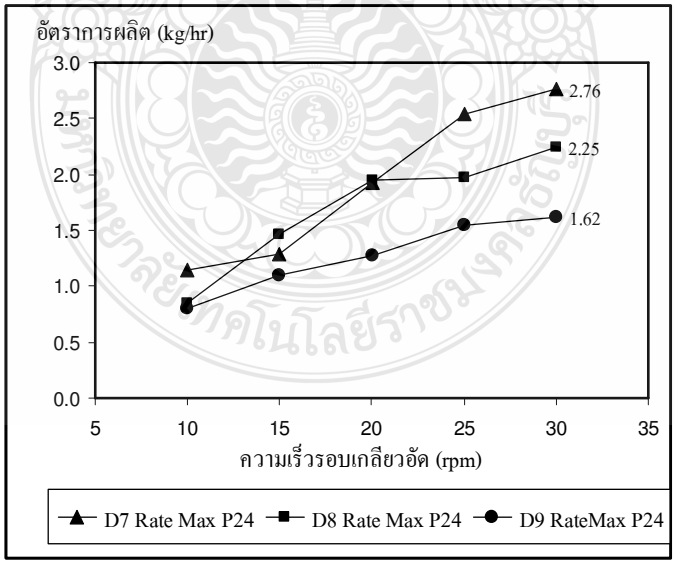
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับประสิทธิภาพการผลิต
เฉลี่ยทุกความเร็วรอบ ของระยะพิตต์ทั้ง 5 ขนาด



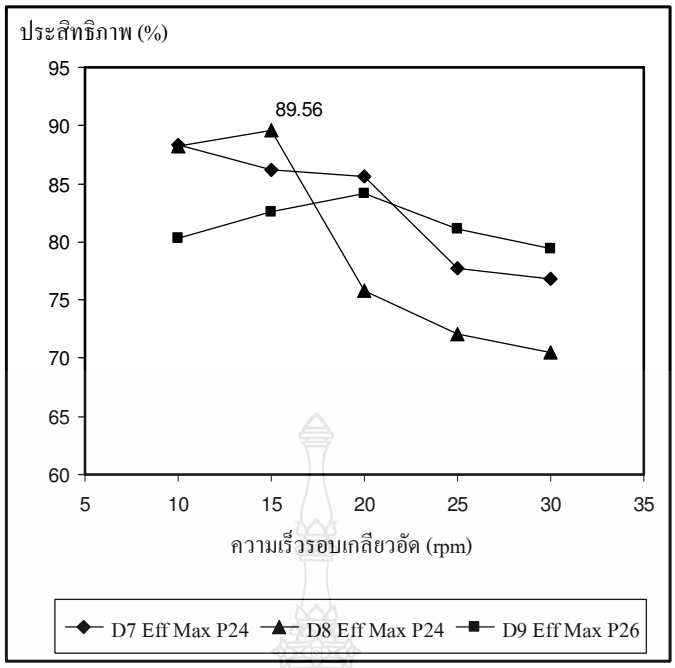
รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของทางออกกากงากับประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยทุกระยะพิตต์

4.1.4 ผลการทดลองบีบอัดน้ำมันที่ให้อัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด

ผลการบีบอัดน้ำมันที่ทางออกกากงา ϕ 7, 8, 9 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ให้อัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด จากรูปที่ 4.13 ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 7 มม. ที่ความเร็วรอบ 30 rpm ให้อัตราการผลิตในการบีบอัดน้ำมันงาสูงสุด 2.76 kg/hr



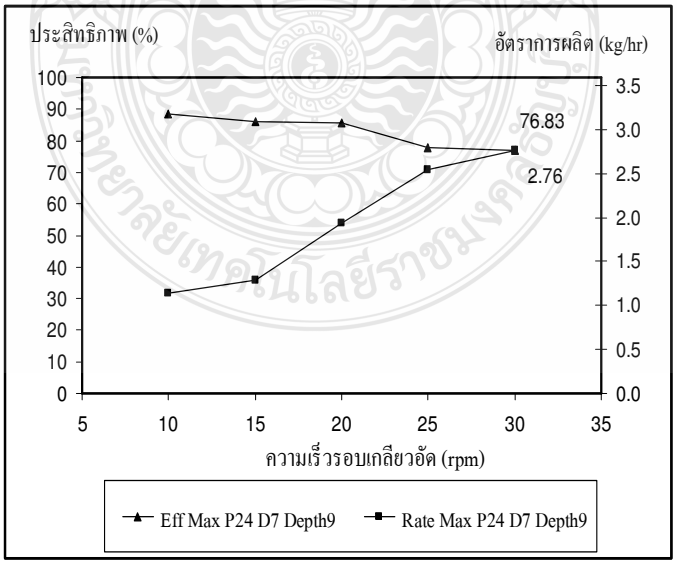
รูปที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบอัตราการผลิตสูงสุดในการบีบอัดของแต่ละทางออกกากงา



รูปที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดในการบีบอัดน้ำมัน ของแต่ละทางออกกากงา

จากรูปที่ 4.14 ที่ระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 8 มม. ที่ความเร็วรอบ 15 รอบ/นาทีให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด 89.56 %

4.1.5 การหาประสิทธิผลในการบีบอัดน้ำมันงา



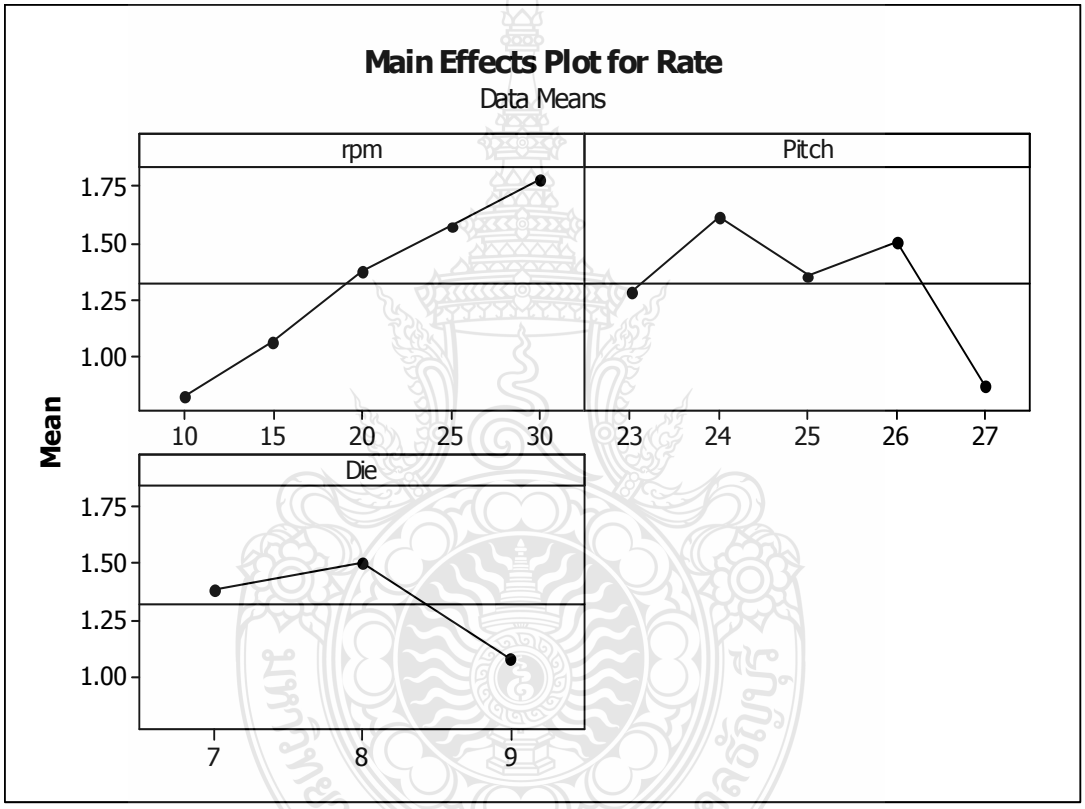
รูปที่ 4.15 กราฟหาจุดตัดระหว่างอัตราการผลิตและ ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด ในการบีบอัดน้ำมัน

จากรูปที่ 4.15 จุดตัดของกราฟระหว่างเส้นอัตราการผลิตของระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 7 มม. กับเส้นประสิทธิภาพการผลิตของระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา 7 มม. ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 rpm ให้ประสิทธิผลสูงสุดที่ อัตราการผลิตประมาณ 2.76 kg/hr ให้ประสิทธิภาพการผลิต 76.83 %

4.1.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

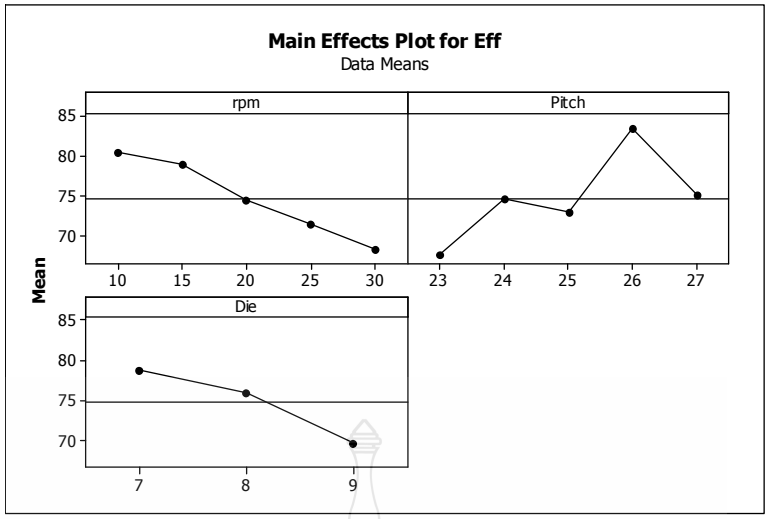
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Analyze Factorial Design) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมของตัวแปร (Interaction) โดยใช้โปรแกรม Minitab

การวิเคราะห์ผลตัวแปรหลัก (Main Effects) ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต



รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต

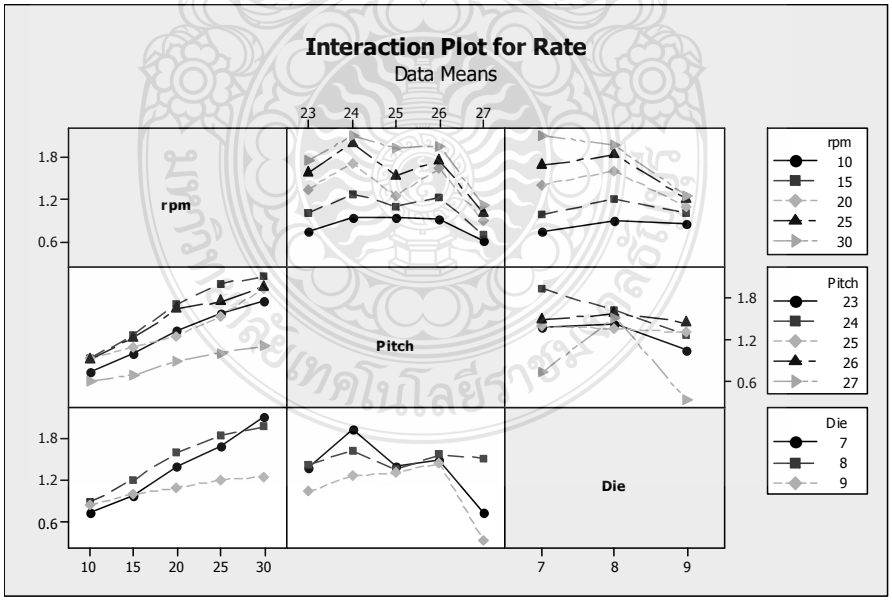
จากรูปที่ 4.16 ความเร็วรอบสูงขึ้น มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น ระยะพิตต์กว้างมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้อัตราการผลิตลดลง และ ขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้อัตราการผลิตลดลง



รูปที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต

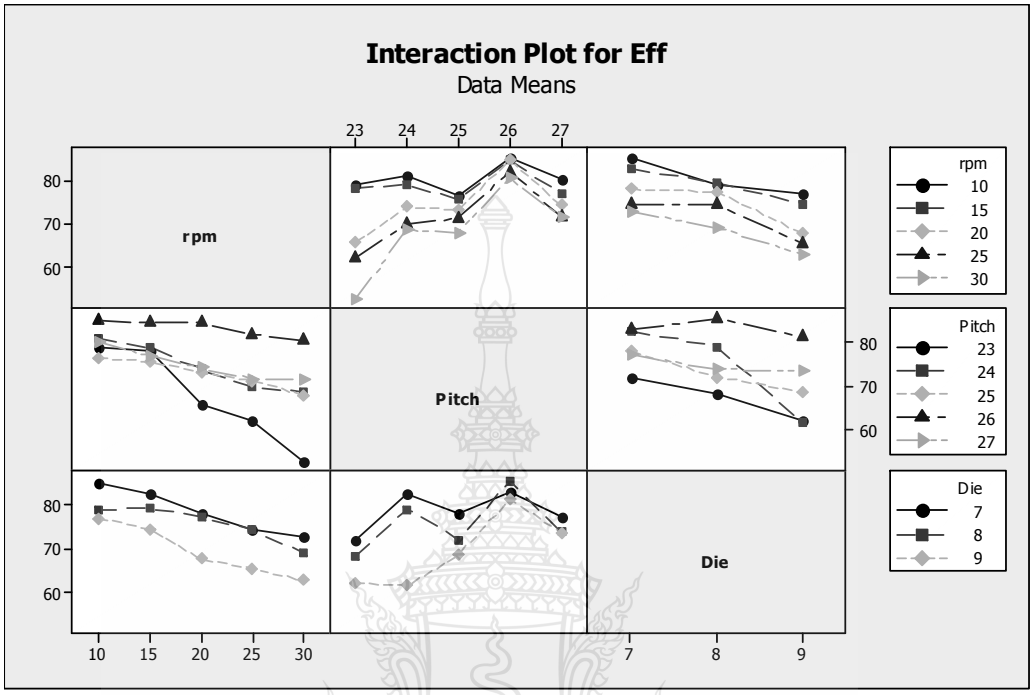
จากรูปที่ 4.17 ความเร็วรอบสูงขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ระยะพิตต์กว้างมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้นและมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นและขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

การวิเคราะห์ผลอิทธิพลร่วมของตัวแปรหลักที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต



รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตต์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่ออัตราการผลิต

จากรูปที่ 4.18 สรุปได้ว่า 1) ความเร็วรอบเกลียวอัดกับระยะพิตต์ ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง 2) ความเร็วรอบกับทางออกกากงา ที่ความเร็วรอบสูง ทางออกกากงาเล็กมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง 3) ระยะพิตต์กับทางออกกากงามีความสัมพันธ์ร่วมไม่ชัดเจน



รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตต์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการผลิต

จากรูปที่ 4.19 สรุปได้ว่า 1) ความเร็วรอบเกลียวอัดกับระยะพิตต์ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ 2) ความเร็วรอบกับทางออกกากงา ที่ความเร็วรอบสูง มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ 3) ระยะพิตต์กับทางออกกากงา ที่ระยะพิตต์น้อยทางออกกากงาเล็กมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูง

4.1.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ผลความสัมพันธ์ของตัวแปรหลัก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการผลิต

- Interaction ของ rpm กับ Pitch ได้ค่า P-Value 0.271 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Pitch ไม่มีผลทำให้อัตราการผิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และ
- Interaction ตัวแปรอื่นๆ ได้ค่า P-Value < 0.05 จึงสรุปได้ว่า Interaction ตัวแปรอื่นๆ มีผลทำให้อัตราการผลิต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการผลิต

- Interaction ของ rpm กับ Pitch ได้ค่า P-Value 0.057 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Pitch ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
- Interaction ของ Pitch กับ Die ได้ค่า P-Value 0.756 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ Pitch กับ Die ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05
- Interaction ของ rpm กับ Die ได้ค่า P-Value < 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Die มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.2 สรุปผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันเกลียวบีบอัดชุดที่ 1

4.2.1 ผลของอัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

- ที่ระยะพิตต์ 24 ทางออกกากงา ϕ 7 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบ 30 รอบ/นาทีให้อัตราการผลิตในการบีบอัดน้ำมันงาสูงสุด 2.76 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- ที่ระยะพิตต์ 24 ทางออกกากงา ϕ 8 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบ 15 รอบ/นาทีให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด 89.56 %
- ควรเลือกเงื่อนไข ในกระบวนการบีบอัดน้ำมันที่ ระยะพิตต์ 24 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ความเร็วรอบเกลียวบีบอัด 30 รอบ/นาที ทางออกกากงา 7 มม. ซึ่งจะให้อัตราการผลิตประมาณ 2.76 กิโลกรัม/ชั่วโมง ประสิทธิผลสูงสุดที่ 76.83 %

4.2.2 อิทธิพลของตัวแปรหลัก

- อิทธิพลของตัวแปรหลักต่ออัตราการผลิต ที่ความเร็วรอบสูงขึ้น มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น ระยะพิตต์โตมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้อัตราการผลิตลดลง และ ขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้อัตราการผลิตลดลง
- อิทธิพลของตัวแปรหลักต่อประสิทธิภาพการผลิต ที่ความเร็วรอบสูงขึ้นมีอิทธิพล ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ระยะพิตต์โตมากขึ้น มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้นและมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้น และขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

4.2.3 อิทธิพลร่วม (Interaction) ของตัวแปรหลักที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

- ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วม ต่ออัตราการผลิต สรุปได้ว่า

  1) ความเร็วรอบเกลียวอัดกับระยะพิตต์ ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง

2) ความเร็วรอบกับทางออกกากงา ที่ความเร็วรอบสูง ทางออกกากงาเล็กมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง

3) ระยะพิตต์กับทางออกกากงา ความสัมพันธ์ร่วมไม่ชัดเจน

- ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วม (Interaction) ต่อประสิทธิภาพการผลิต สรุปได้ว่า

1) ความเร็วรอบเกลียวอัดกับระยะพิตต์ ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ

2) ความเร็วรอบกับทางออกกากงา ที่ความเร็วรอบสูง มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิต ต่ำ

3) ระยะพิตต์กับทางออกกากงา ที่ระยะพิตต์น้อยทางออกกากงาเล็ก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิต ต่ำ

4.2.4 อิทธิพลร่วมของตัวแปรหลักจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

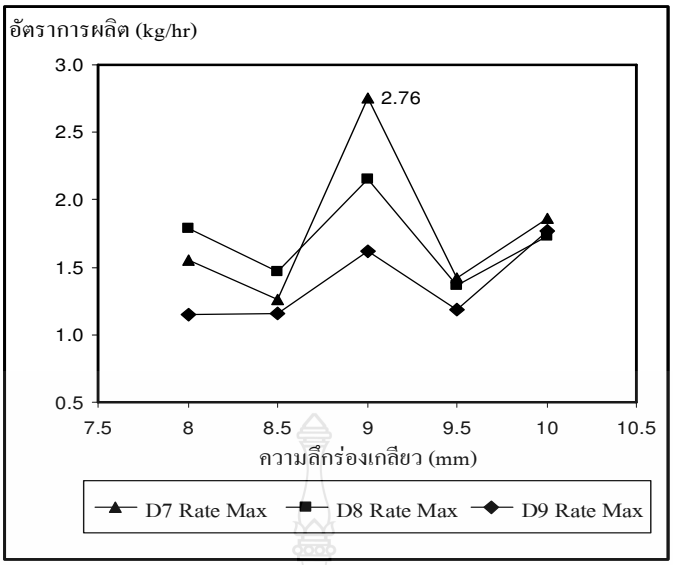
- Interaction ของ rpm กับ Pitch ไม่มีผลทำให้อัตราการผลิตแตกต่างกัน และ Interaction ตัวแปรอื่นๆ มีผลทำให้อัตราการผลิต มีความแตกต่างกัน
- Interaction ของ rpm กับ Pitch ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกัน
- Interaction ของ Pitch กับ Die ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกัน
- Interaction ของ rpm กับ Die มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกัน

4.3 ผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันงาเกลียวชุดที่ 2 ระยะพิตต์คงที่ 24 มม.

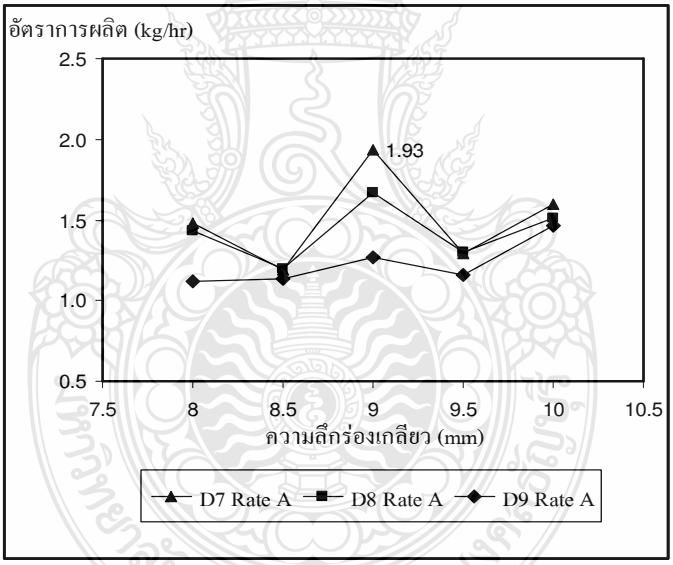
เมื่อทำการทดลองบีบอัดน้ำมัน (เกลียวชุดที่1) ที่ความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม.และแปรผันระยะพิตต์ ความเร็วรอบเกลียวอัด และทางออกกากงา แล้วสรุปได้ว่าที่ระยะพิตต์ 24 มม. เป็นระยะพิตต์ที่ให้ประสิทธิผลของอัตราการผลิตสูงสุด จึงเลือกระยะพิตต์ 24 มม. เป็นระยะพิตต์คงที่ มาทำการศึกษาอิทธิพลของความลึกร่องเกลียวที่มีต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต โดยทำการแปรผันระยะความลึกร่องเกลียว คือ 8, 8.5, 9, 9.5 และ 10 มม. ทางออกกากงา 3 ขนาด คือ ϕ7 มม., ϕ8 มม. และ ϕ9 มม. ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที

4.3.1 ผลการทดลองอิทธิพลของขนาดความลึกร่องเกลียวต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

ผลการทดลองอิทธิพลของความลึกร่องเกลียวต่ออัตราการผลิต จากรูปที่ 4.20-21 พบว่าความลึกร่องเกลียวมีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตมีแนวโน้มไม่ชัดเจน หรืออาจกล่าวได้ว่าความลึกรองเกลียวไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต และที่ความลึกร่องเกลียว 9 มม. เป็นระยะความลึกที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด คือ 2.76 kg/hr ที่ทางออกกากงา 7 มม.

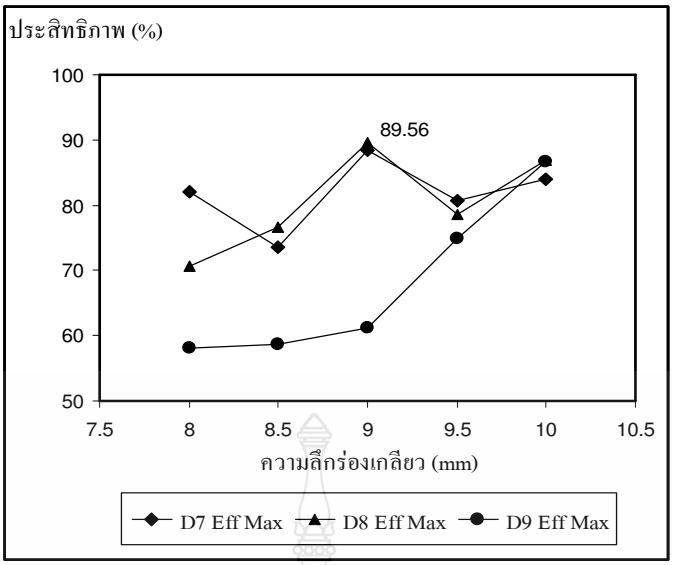


รูปที่ 4.20 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกร่องเกลียวกับขนาดทางออกกากงา และความเร็วรอบ เกลียวที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด

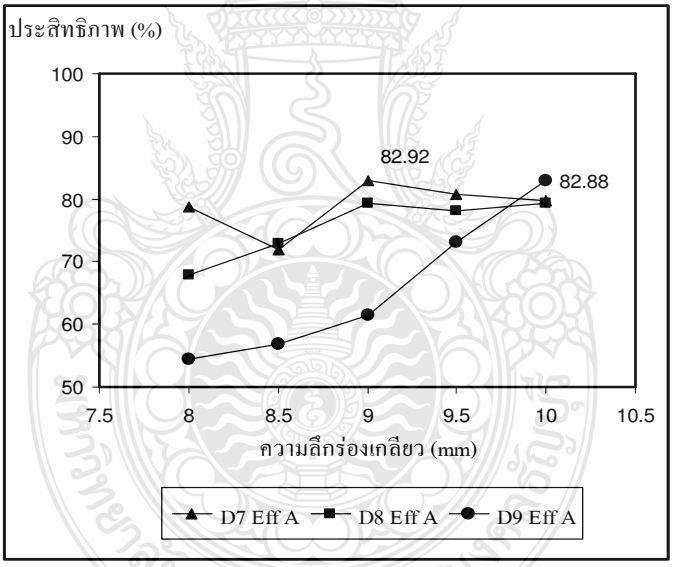


รูปที่ 4.21 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกร่องเกลียวกับขนาดทางออกกากงา ที่ให้อัตราการผลิตเฉลี่ย (Rate A) ทุกความเร็วรอบ

ผลการทดลองอิทธิพลของความลึกร่องเกลียวต่อประสิทธิภาพการผลิต จากรูปที่ 4.22-4.23 ที่ทางออกกากงา 7 และ 8 มม. อิทธิพลของร่องเกลียวมีแนวโน้มไม่ชัดเจน แต่ที่ทางออกกากงา 9 มม. จะเห็นแนวโน้มของอิทธิพลของความลึกร่องเกลียวได้ชัดเจน คือประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้นจะแปรตามความลึกร่องเกลียวที่เพิ่มมากขึ้นด้วย และมีแนวโน้มจะสูงขึ้นไปได้อีกด้วย



รูปที่ 4.22 ผลการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความลึกร่องเกลียวกับขนาดทางออกกากงา และความเร็วรอบเกลียวอัดที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด

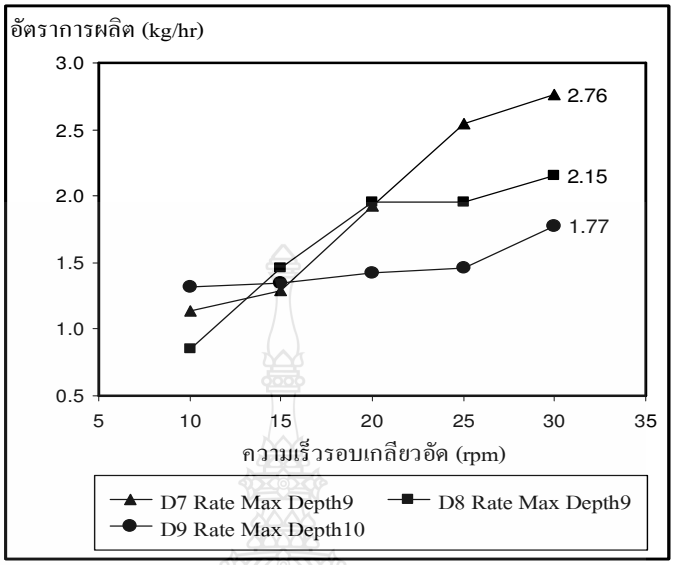


รูปที่ 4.23 ผลของประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยทุกความเร็วรอบของทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่ระยะพิตต์ต่างๆ

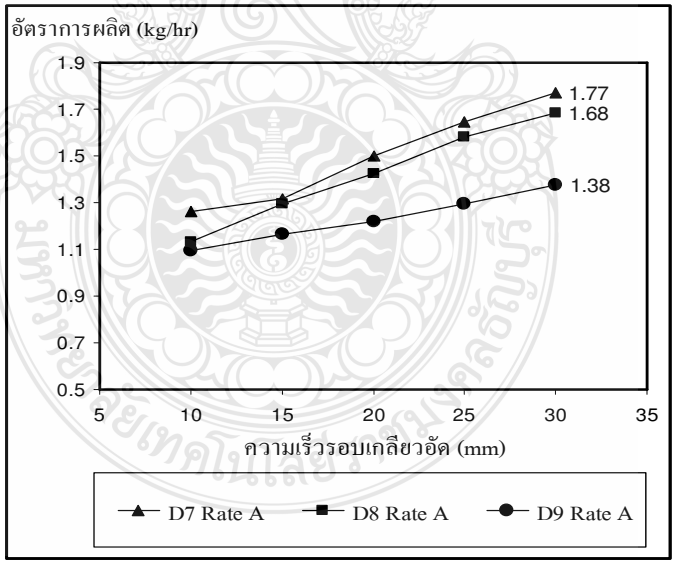
4.3.2 ผลการทดลองอิทธิพลของขนาดความเร็วรอบเกลียวอัดต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

ผลการทดลองอิทธิพลของขนาดความเร็วรอบเกลียวอัดต่ออัตราการผลิต ความเร็วรอบเกลียวมีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตโดยตรง กล่าวคือเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการผลิต

สูงขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามอัตราการผลิตสูงสุดยังคงอยู่ที่ทางออกกากงาที่ขนาด ϕ 7 มม. และความลึกร่องเกลียว 9 มม.



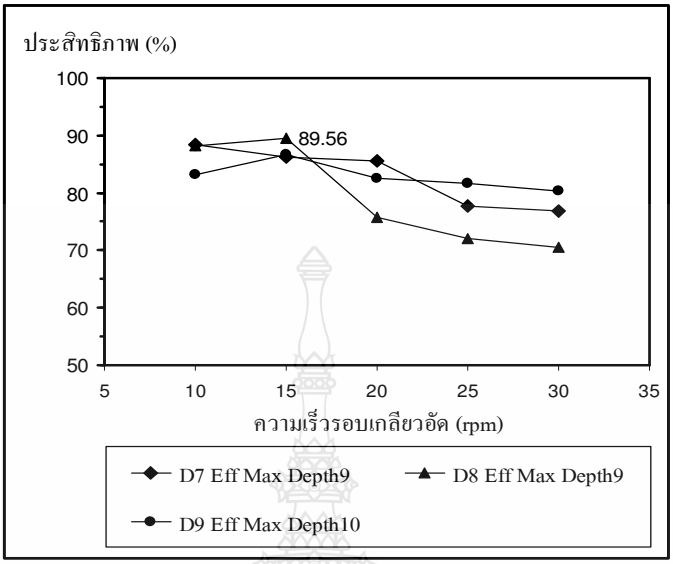
รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่อัตราการผลิตสูงสุด



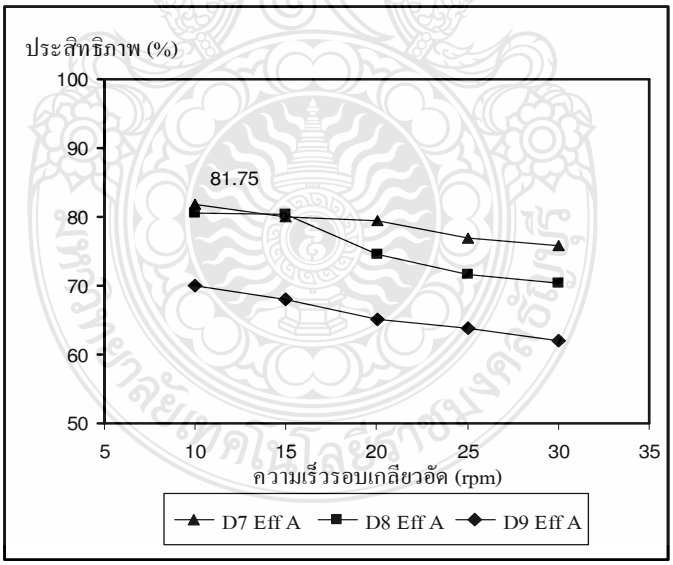
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่อัตราการผลิตเฉลี่ยทุกระยะพิตช์

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของอัตราการผลิตมาเปรียบเทียบ (รูปที่ 4.25) แนวโน้มอิทธิพลของความเร็วรอบมีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตซึ่งอัตราการผลิตสูงขึ้นจะแปรตามความเร็วรอบที่สูงขึ้น แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่

กับทางออกกากงาด้วย กล่าวคือ ที่ทางออกกากงามีขนาดเล็กลงจะทำให้อัตราการผลิตเพิ่มมากขึ้นและขนาดทางออกกากงาเล็กลงจะให้อัตราการผลิตสูงที่สุด ในทุกๆ ความเร็วรอบ



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด



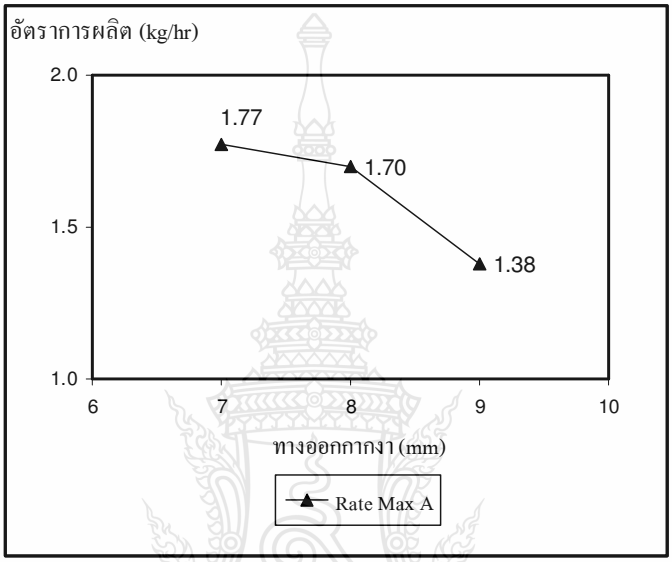
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาทั้ง 3 ขนาด ที่ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ย

ผลการทดลองอิทธิพลของขนาดความเร็วรอบเกลียวอัดต่อประสิทธิภาพการผลิตความเร็วรอบ

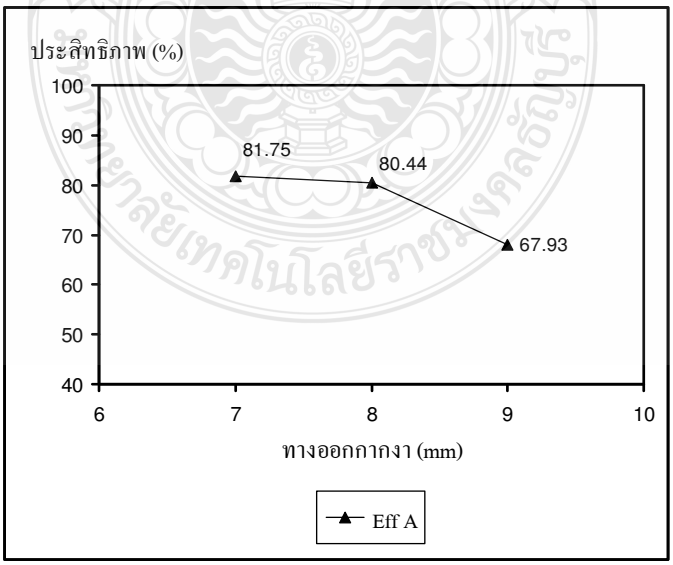
เกลียวมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิตโดยตรง กล่าวคือ เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง (รูปที่ 4.26-27)

4.3.3 ผลการทดลองอิทธิพลของทางออกกากงาต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

ผลการทดลองบีบอัดน้ำมันอิทธิพลของทางออกกากงาต่ออัตราการผลิต ทางออกกากงามีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต โดยแปรผกผันกับขนาดทางออกกากงา กล่าวคือเมื่อขนาดทางออกกากงามีขนาดเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้อัตราการผลิตลดลง (รูปที่ 4.28)



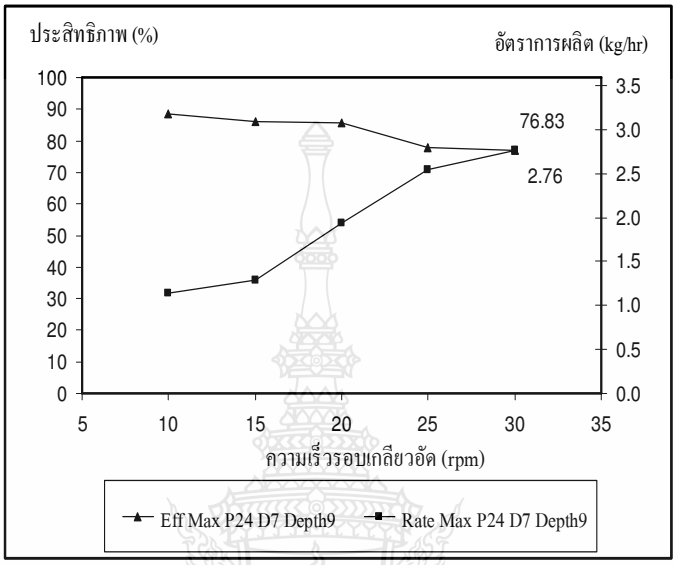
รูปที่ 4.28 อัตราการผลิตเฉลี่ยกับทางออกกากงา



รูปที่ 4.29 ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยกับทางออกกากงา

ผลการทดลองบีบอัดน้ำมันอิทธิพลของทางออกกากงาต่อประสิทธิภาพการผลิต ทางออกกากงามีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต โดยแปรผกผันกับขนาดทางออกกากงา กล่าวคือเมื่อขนาดทางออกากงามีขนาดเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง (รูปที่ 4.29)

4.3.4 การหาประสิทธิผลในการบีบอัดน้ำมันงา



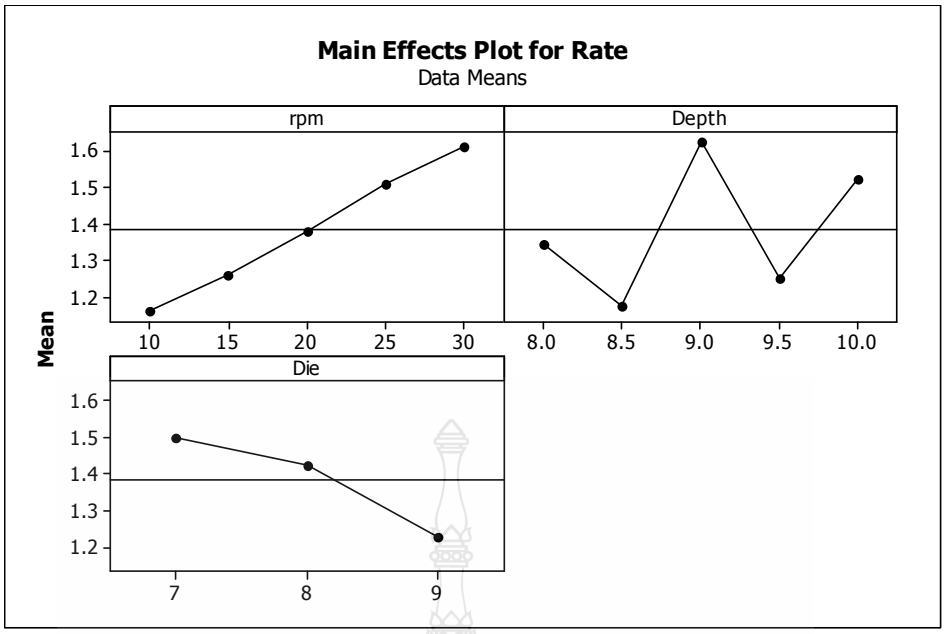
รูปที่ 4.30 กราฟหาจุดตัดระหว่างอัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด

จากรูปที่ 4.30 จุดตัดของกราฟระหว่างเส้นอัตราการผลิตของระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา 7 มม. กับเส้นประสิทธิภาพการผลิตของระยะพิตต์ 24 มม. ทางออกกากงา 7 มม. ความเร็วรอบเกลียว 30 rpm และความลึกร่องเกลียว 9 มม.ให้ประสิทธิผลสูงสุด ได้อัตราการผลิตประมาณ 2.76 kg/hr ให้ประสิทธิภาพการผลิต 76.83 %

4.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

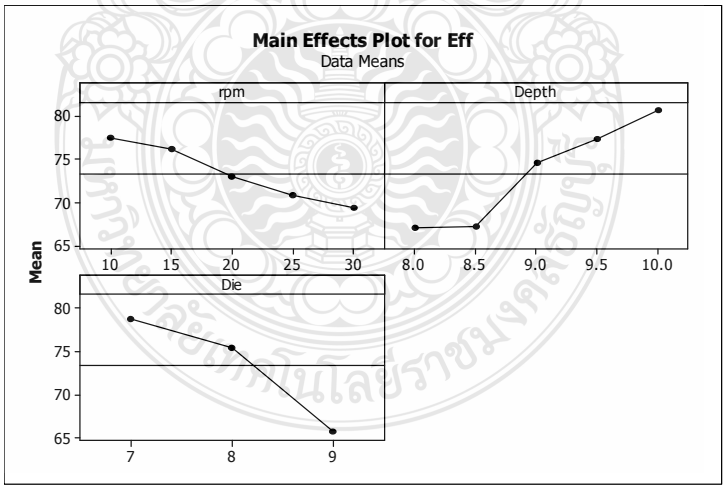
การวิเคราะห์ผลทางสถิติ (Analyze Factorial Design) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมของตัวแปร (Interaction) โดยใช้โปรแกรม Minitab

4.4.1 การวิเคราะห์ผลตัวแปรหลัก (Main Effects) ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต



รูปที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต

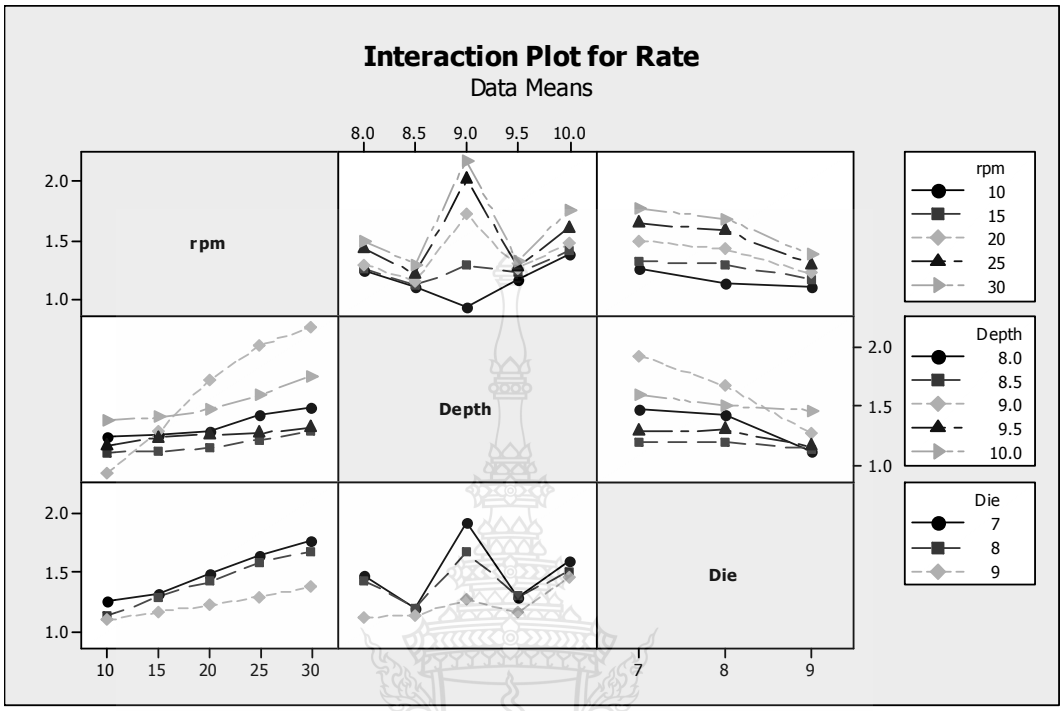
จากรูปที่ 4.31 ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงขึ้น มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น ความลึกร่องเกลียวไม่มีแนวโน้มต่ออัตราการผลิตและขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลง



รูปที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต

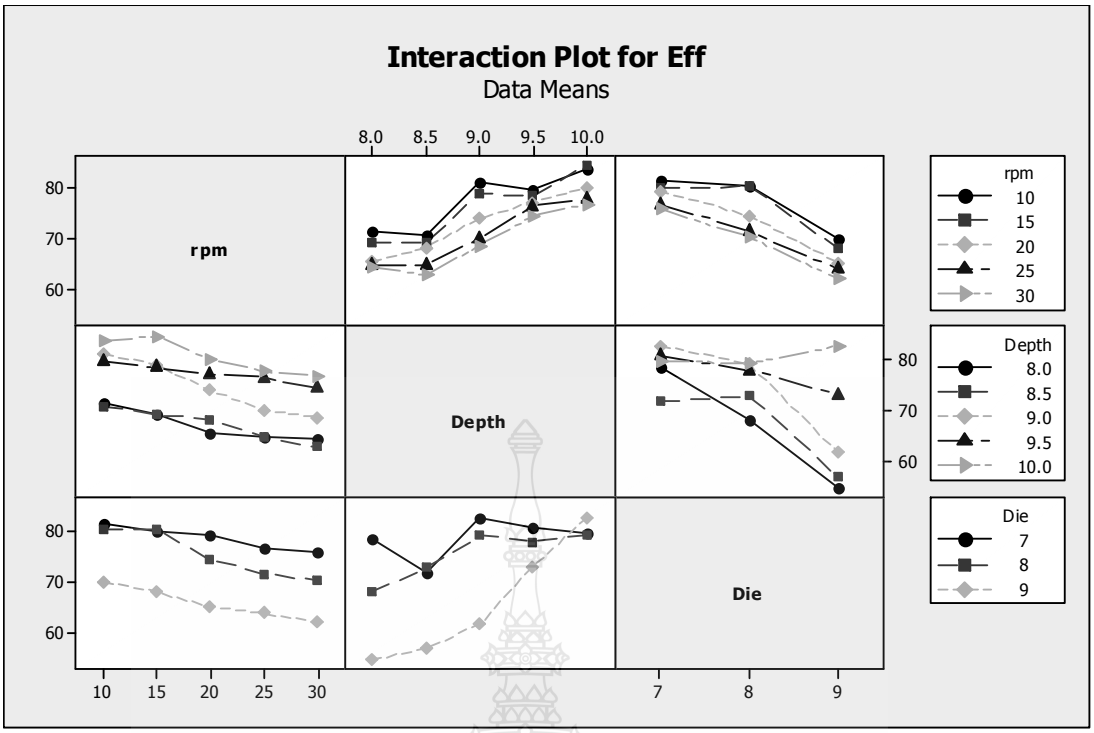
จากรูปที่ 4.32 ความเร็วรอบสูงขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ความลึกร่องเกลียวอัดมากมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น และขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

4.4.2 การวิเคราะห์ผลอิทธิพลร่วมของตัวแปรหลัก ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต



รูปที่ 4.33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตช์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่ออัตราการผลิต

จากรูปที่ 4.33 สรุปได้ว่า 1) ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงกับความลึกร่องเกลียวอัดระดับกลาง ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง 2) ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงกับทางออกกากงาโต มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลง 3) ความลึกร่องเกลียวอัดกับทางออกกากงา มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลงเมื่อขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้น



รูปที่ 4.34 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติอิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตช์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการผลิต

จากรูปที่ 4.34 สรุปได้ว่า 1) ความเร็วรอบเกลียวอัดต่ำกับความลึกร่องเกลียวอัดมาก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูง 2) ความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาเล็กมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูง และลดลงเมื่อทางออกกากงาโตมากขึ้น 3) ความลึกร่องเกลียวอัดมากกับทางออกกากงาเล็ก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น

4.4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ผลอิทธิพลร่วมของตัวแปรหลัก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการผลิต ได้ผลดังนี้

Interaction ของ rpm กับ Die ได้ค่า P-Value 0.289 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Die ไม่มีผลทำให้อัตราการผิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และ Interaction ตัวแปรอื่นๆ ได้ค่า P-Value < 0.05 จึงสรุปได้ว่า Interaction ตัวแปรอื่นๆ มีผลทำให้อัตราการผลิต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการผลิต

Interaction ของ rpm กับ Depth ได้ค่า P-Value 0.455 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Depth ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

Interaction ของ rpm กับ Die ได้ค่า P-Value 0.179 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Die ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

Interaction ของ Depth กับ Die ได้ค่า P-Value 0.000 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ Depth กับ Die มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.5 สรุปผลการทดลองการบีบอัดน้ำมันเกลียวบีบอัดชุดที่ 2

4.5.1 ผลของอัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

- ที่ระยะพิตต์ 24 ทางออกกากงา ϕ 7 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบ 30 รอบ/นาทีให้อัตราการผลิตในการบีบอัดน้ำมันงาสูงสุด 2.76 kg/hr
- ที่ระยะพิตต์ 24 ทางออกกากงา ϕ 8 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบ 15 รอบ/นาทีให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด 89.56 %
- ควรเลือกเงื่อนไข ในกระบวนการบีบอัดน้ำมันที่ ระยะพิตต์ 24 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ความเร็วรอบเกลียวบีบอัด 30 รอบ/นาที ทางออกกากงา 7 มม. ซึ่งจะให้อัตราการผลิตประมาณ 2.76 kg/hr ประสิทธิผลสูงสุดที่ 76.83 %

4.5.2 อิทธิพลของตัวแปรหลัก

- ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงขึ้น มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น ความลึกร่องเกลียวไม่มีแนวโน้มต่ออัตราการผลิต และ ขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลง
- ความเร็วรอบสูงขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ความลึกร่องเกลียวอัดมากมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น และขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

4.5.3 อิทธิพลร่วม (Interaction) ของตัวแปรหลักที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

- ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วม ต่ออัตราการผลิต สรุปได้ว่า

1) ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงกับความลึกร่องเกลียวอัดระดับกลางที่ความเร็วรอบสูง มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง

2) ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงกับทางออกกากงาโต มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลง

3) ความลึกร่อเกลียวอัดกับทางออกกากงา มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลกลงเมื่อขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้น

- ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วม (Interaction) ต่อประสิทธิภาพการผลิต สรุปได้ว่า

1) ความเร็วรอบเกลียวอัดต่ำกับความลึกร่องเกลียวอัดมาก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูง

2) ความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาเล็ก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิต สูง และลดลงเมื่อทางออกกากงาโตมากขึ้น

3) ความลึกร่องเกลียวอัดมากกับทางออกกากงาเล็ก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น

4.5.4 อิทธิพลร่วมของตัวแปรหลักจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการผลิต

  Interaction ของ rpm กับ Die ไม่มีผลทำให้อัตราการผิตแตกต่างกัน

  Interaction ตัวแปรอื่นๆ มีผลทำให้อัตราการผลิต มีความแตกต่างกัน

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการผลิต

  Interaction ของ rpm กับ Depth ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกัน

  Interaction ของ rpm กับ Die ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกัน

  Interaction ของ Depth กับ Die มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต ด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว ซึ่งตัวแปรหลักที่นำมาทำการศึกษา คือ ความเร็วรอบเกลียวอัด ขนาดระยะพิตช์เกลียวอัด ความลึกร่องเกลียว และขนาดทางออกกากงา ได้ดำเนินการทดลองและได้ทำการวิเคราะห์ผล ซึ่งสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลของอัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

ก. ผลของอัตราการผลิต ที่ระยะพิตช์ 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 7 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ความเร็วรอบ 30 รอบ/นาที ให้อัตราการผลิตในการบีบอัดน้ำมันงาสูงสุด 2.76 kg/hr

ข. ผลของประสิทธิภาพการผลิต ที่ระยะพิตช์ 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 8 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบ 15 รอบ/นาทีให้ประสิทธิภาพสูงสุด 89.56 %

ค. เงื่อนไขที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตบีบอัดน้ำมันที่ให้ประสิทธิผลสูงสุด คือ ที่ระยะพิตช์ 24 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 รอบ/นาที ทางออกกากงา 7 มม. ซึ่งจะให้อัตราการผลิตประมาณ 2.76 kg/hr ประสิทธิผลสูงสุดที่ 76.83 %

5.1.2 ผลของตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต

ก. อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัดต่ออัตราการผลิต คือ ที่ความเร็วรอบสูงขึ้น มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น

ข. อิทธิพลของระยะพิตช์ต่ออัตราการผลิต คือ ระยะพิตช์มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต แต่ความสัมพันธ์ของขนาดระยะพิตช์ที่เพิ่มขึ้นจะ ไม่แปรผันโดยตรงกับอัตราการผลิต

ค. อิทธิพลของความลึกร่องเกลียวต่ออัตราการผลิต คือ ความลึกร่องเกลียวมีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตไม่ชัดเจน

ง. อิทธิพลของขนาดทางออกกากงาต่ออัตราการผลิต คือ ทางออกกากงาโตมากขึ้นมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลง

5.1.3 ผลของตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต

ก. อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัดต่อประสิทธิภาพการผลิตคือที่ความเร็วรอบสูงขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพลดลง

ข. อิทธิพลของระยะพิตต์ต่อประสิทธิภาพการผลิต คือที่ระยะพิตต์โตมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้อัตราการผลิตลดลง

ค. อิทธิพลของความลึกร่องเกลียวต่อประสิทธิภาพการผลิต คือ ความลึกร่องเกลียวไม่มีแนวโน้มของอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิตอย่างชัดเจน ทั้งนี้จะมีอิทธิพลร่วมกับทางออกกากงาด้วย

ง. อิทธิพลของขนาดทางออกกากงาต่อประสิทธิภาพการผลิต คือทางออกกากงาโตมากขึ้น มีแนวโน้มอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง

5.1.4 ผลของอิทธิพลร่วมของตัวแปรหลักที่มีผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต

ก. ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วมต่ออัตราการผลิต สรุปได้ดังนี้

1) อิทธิพลร่วมของระยะพิตต์กับความเร็วรอบเกลียวอัด คือ ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง

2) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบกับทางออกกากงา คือที่ความเร็วรอบสูง ทางออกกากงาเล็กมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง

3) อิทธิพลร่วมของระยะพิตต์กับทางออกกากงา ความสัมพันธ์ร่วมไม่ชัดเจน

4) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับความลึกร่องเกลียว คือ ที่ความลึกร่องเกลียวระดับกลาง ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตสูง

5) อิทธิพลร่วมของความลึกร่องเกลียวอัดกับทางออกกากงา มีอิทธิพลทำให้อัตราการผลิตลดลงเมื่อขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้น

ข. ตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วมต่อประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมัน สรุปได้ว่า

1) อิทธิพลร่วมของระยะพิตต์กับความเร็วรอบเกลียวอัด คือ ที่ความเร็วรอบสูงมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพในกาบีบอัดน้ำมันต่ำ

2) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงา คือ คือ ที่ความเร็วรอบสูง ทางออกกากงาโตมากขึ้นมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมันต่ำ

3) อิทธิพลร่วมของระยะพิตต์กับทางออกกากงา คือที่ระยะพิตต์แคบทางออกกากงาเล็ก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น

4) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับความลึกร่องเกลียว คือ ที่ความลึกร่องเกลียวมาก ที่ความเร็วรอบต่ำมีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูง

5) อิทธิพลร่วมของความลึกร่องเกลียวอัดกับทางออกกากงคือ ความลึกร่องเกลียวอัดมากกับทางออกกากงาเล็ก มีอิทธิพลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น

5.1.5 อิทธิพลร่วมของตัวแปรหลักจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

ก. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของอัตราการผลิต

1) อิทธิพลร่วม (Interaction) ของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) กับระยะพิตต์ (Pitch) ได้ค่า P-Value 0.271 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัด กับระยะพิตต์ ไม่มีผลทำให้อัตราการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงา ได้ค่า P-Value 0.289 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงา ไม่มีผลทำให้อัตราการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3) อิทธิพลร่วมของตัวแปรอื่นๆ ได้ค่า P-Value < 0.05 จึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของตัวแปรอื่นๆ มีผลทำให้อัตราการผลิต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ข. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการผลิต

1) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับระยะพิตต์ ได้ค่า P-Value 0.057 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับระยะพิตต์ ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2) อิทธิพลร่วมของระยะพิตต์กับทางออกกากงา (Die) ได้ค่า P-Value 0.756 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของระยะพิตต์กับทางออกกากงา (Die) ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

3) อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงาได้ค่า P-Value < 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับทางออกกากงา มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4) อิทธิพลร่วมของความเร็วเกลียวอัดกับความลึกร่องเกลียว (Depth) ได้ค่า P-Value 0.455 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของความเร็วรอบเกลียวอัดกับความลึกร่องเกลียว ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5) อิทธิพลร่วมของความลึกร่องเกลียวกับทางออกกากงา ได้ค่า P-Value 0.000 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า อิทธิพลร่วมของความลึกร่องเกลียวกับทางออกกากงา มีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 นอกจากตัวแปรที่มีอิทธิพลที่กล่าวมาข้างแล้วยังมีตัวแปรอื่นๆ ที่ควรทำการศึกษาอีก เช่น ลักษณะรูปแบบของเกลียวอัด ลักษณะของร่องเกลียว ความยาวของเกลียวอัด ลักษณะของหน้าดายอัด และลักษณะของทางออก เป็นต้น

5.2.2 ความเรียบของผิวเกลียวอัดและ ชิ้นส่วนประกอบอื่นๆ เป็นตัวแปรอย่างหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง คือจะต้องมีความเรียบผิวสม่ำเสมอซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วิธีการขุบผิวให้เรียบ

5.2.3 การออกแบบให้ทางออกกากงาสามารถปรับขนาดได้ จะทำให้เครื่องบีบอัดสามารถใช้งานได้อย่างอเนกประสงค์ และเลือกปรับให้เหมาะสมกับความเร็วรอบได้

5.2.4 นอกจากขอบเขตของวิทยานิพนธ์นี้แล้ว ควรทำการศึกษาที่ความเร็วรอบเกลียวอัดสูงขึ้น และ ขนาดทางออกกากงาโตมากขึ้นไปอีก เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมัน**. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ

[2] เฉลียว ปิยะชน. 2539. **อายุรเวชวิถีสู่สุขภาพตามธรรมชาติ**. บริษัทพิมพ์ดี จำกัด, กรุงเทพฯ

[3] พัชรี กวนใจ. 2543. **น้ำมันงาภูมิปัญญาดั้งเดิมของชาวไต**.

[4] มาลิณีย์ เลาะเมาะห์. สุพัฒน์ ทองหนูน้อย และ จักรพงษ์ ขวัญเมือง. 2545. **การออกแบบและสร้าง เครื่องบีบอัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันแบบใช้เกลียว.** ปริญญานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[5] Judson, M. H. 1981. **Extrusion of food Volume I.** Boca Raton, Fla.

[6] ปารเมศ ชุติมา **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2545 หน้าที่ 239-241,277-279,280

[7] Douglas C. Montgomery, Arizona state university, **Design and Analysis of Experiments**, Sixth Edition,2005

[8] **สถาบันวิจัยพัฒนาแห่งประเทศไทย** ,http://www.tdri.or.th/reports/unpublished/survey/c_4.pdf (Online) **,**ปีที่พิมพ์. Available: http://www.tdri.or.th ,2544.(15 พฤศจิกายน 2550)

[9] ผศ.สญชัย เข็มเจริญและคณะฯคณะการวิจัย เรื่อง **การออกแบบสร้างเครื่องชุดผลิตน้ำมันงา** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ปีงบประมาณ 2548

[10] ประสพ อามาตย์สมบัติ และ พัฒนวิทย์ บอกสันเทียะ. 2540. **การออกแบบและสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันสะเดาแบบสกรูแนวนอน.** ปริญญานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[11] ณรงค์ศักดิ์ ศรีพุทธา, ปรเมศวร์ ศรีชัยเชิด และ วัชรศักดิ์ บำรุงจิตต์. 2546. **การวิเคราะห์หาค่าความเหมาะสมของเครื่องบีบอัดน้ำมันจากเมล็ดสะเดา.** ปริญญานิพนธ์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

[12] T.Olayanju, R,Akinoso and M. Oresanya. **" Effect of Wormshaft Speed and Moisture on Oil Recovery from Benseed"**. Agricultural Engineering International; the CIGR Ejournal. Manuscript FP06 008. Vol. VIII. July, 2006.

[13] ชลิตต์ มธุรสมนตรี และคณะฯ การวิจัย เรื่อง **เครื่องบีบน้ำมันจากเมล็ดพืชแบบเกลียวเดี่ยว** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ปีงบประมาณ 2548

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การคำนวณเกลียวอัด

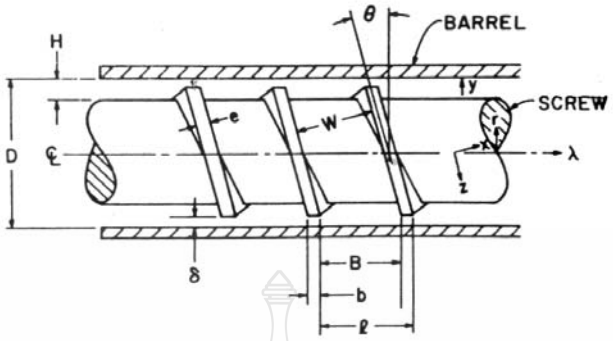
ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลอง

ภาคผนวก ค ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก ง เอกสารการนำเสนอผลงานวิชาการ

ภาคผนวก ก
การคำนวณเกลียวอัด

การคำนวณเกลียวอัด



รูปที่ ก.1 เกลียวอัด

การออกแบบแรงที่ใช้ในการอัดสกรู จำเป็นต้องรู้ข้อมูลดังนี้

เส้นผ่านศูนย์กลางกำหนด (D) = 56 มิลลิเมตร

ระยะพิตต์ (p) = 22 มิลลิเมตร

1) คำนวณขนาดเกลียวอัดในการใช้งาน (D_s)

$(D_s) = D - 2\delta$

$= 56\text{-}2(0.5)$

$= 55$ มิลลิเมตร

2) คำนวณหารัศมีสันเกลียวในการใช้งาน (H_S)

$(H_S) = H - \delta$

$= 7\text{-}0.5$

$= 6.5$ มิลลิเมตร

4.3) คำนวณหาความโตของโคนเกลียว (D_r)

$(D_r) = D_s - 2H_s$

$= 55 - (2 \times 6.5)$

$= 41.6$ มิลลิเมตร

4) คำนวณพิกัดความเผื่อของสกรู (2δ)

$2\delta = D - D_s$

$= 56\text{-}\ 55$

$= 1$

$\delta = \frac{1}{2} = 0.5$ มิลลิเมตร

5) คำนวณหารัศมีพิกัดความเผื่อของสกรู (θ)

$$\theta = \tan^{-1}\left[\frac{p}{\pi \times Ds}\right]$$

$$= \tan^{-1}\left[\frac{22}{\pi \times 55}\right]$$

$$= 7.256^{\circ}$$

6) คำนวณหาความกว้างสันเกลียว (e)

$$e = b \times \text{Cos}\ \theta$$

$$= 6 \times \text{Cos}\ 7.256^{\circ}$$

= 5.951 มิลลิเมตร

7) คำนวณหาความยาวของร่องเกลียวทั้งหมด (Z)

$$Z = \frac{P}{\sin\theta}$$

$$= \frac{22}{\sin 7.256}$$

= 174.184 มิลลิเมตร

8) เส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย (d_2)

$$d_2 = D_r + \left[\frac{D_s - D_r}{2}\right]$$

$$= 41.6 + \left[\frac{55 - 41.6}{2}\right]$$

= 48.3 มิลลิเมตร

เนื่องจากเกลียวสกรูเป็นเกลียวตัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ ϕ 55 มิลลิเมตร นำมาคำนวณหาแรงที่กระทำต่อเกลียวอัด คำนวณหาแรงที่กระทำต่อเกลียวอัดและโมเมนต์บิดในสกรู การคำนวณแรงที่กระทำต่อเกลียวสกรูนั้น สามารถหาได้จาก ขั้นตอนต่อไปนี้

9) มุมเอียงของสกรูป้อนสามารถหาได้จาก

$$\alpha = \tan^{-1}\left[\frac{p}{\pi \times d_2}\right]$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left[\frac{22}{\pi \times 48.3}\right]$$

$$= 8.24^{\circ}$$

จากสมการพื้นฐานคำนวณค่าความดัน $P = \frac{F}{A}$ สามารถนำมาคำนวณหาองค์ประกอบของแรงที่กระทำกับเกลียวอัดหรือเกลียวสกรูได้

$$F = P \times A$$

เมื่อ $F = F_v$ คือแรงอัดในสกรู

P = ค่าความดันภายในเกลียวสกรู คือ 3.6 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นโดยจากการอัดจากเครื่องอัดไฮดรอลิกส์)

A = คือพื้นที่ของร่องเกลียว

คือพื้นที่ของร่องเกลียว(A) สามารถคำนวณได้จาก

$$A = \left[\frac{\pi\left(D^2 - D_r{}^2\right)\cos\alpha}{4} \right]$$

$$A = \left[\frac{\pi\left(55^2 - 41.6^2\right)\cos 8.24}{4} \right]$$

$$= 1006.155 \text{ ตารางมิลลิเมตร}$$

ดั้งนั้นแรงอัดในสกรูในสกรู (F_v) เมื่อแทนค่าในสมการ

$$F_v = 3.6 \times 1006.155$$

$$= 3622.158 \text{ นิวตัน}$$

จากมุมเอียงของเกลียวสกรูสามารถนำมาคำนวณหาค่าของแรงในแนววงกลมของเกลียวสกรู (F_u) ได้จาก

$$F_u = F_V \times \tan\alpha$$

$$= 3622.158 \times \tan 8.24$$

$$= 524.542 \text{ นิวตัน}$$

ในการออกแบบเกลียวสกรูจะต้องพิจารณาถึงความสูญเสียอันได้แก่ ความหยาบของผิวชิ้นงาน และวัสดุที่นำมาทำเกลียวสกรูด้วย เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณได้ มีการกำหนด ค่าแฟ็คเตอร์ Y

$$F_v = F_u \times Y$$

หาค่าเฉลี่ยของค่าแฟ็คเตอร์ Y ได้จาก

$$Y = \left[\frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4}{4} \right]$$

อ่านค่าจากตารางแฟ็คเตอร์ Y

เมื่อ Y_1 เป็นภาระสถิตย์ จึ่งใช้ $Y_1 = 3$

Y_2 จำนวนผิววัสดุรองไม่มี จึ่งใช้ $Y_2 = 0$

Y_3 ผิวเป็นผิวชุบ จึ่งใช้ $Y3 = 1.5$

Y_4 ความยาว L = 174.184 มิลลิเมตร

$$5d = 5 \times 55$$

$$= 275 \text{ มิลลิเมตร}$$

$L < 5d$ จึ่งใช้ $Y_4 = 5$

ดังนั้นค่าเฉลี่ยแฟ็คเตอร์มีค่าเท่ากับเมื่อแทนค่าในสมการ

$$Y = \left[\frac{3+0+1.5+5}{4}\right]$$

$$= 2.625$$

แทนค่าในสมการที่ 3.2 จะได้

$$F_v = F_u \times Y$$

$$F_v = 524.542 \times 2.625$$

$$= 1376.922 \text{ นิวตัน}$$

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าแฟ็คเตอร์ Y

ประเภท ภาระ	Y_1	จำนวนผิววัสดุรอง	Y_2	สภาพผิวสัมผัส	Y_3	ความยาวสกรู	Y_4
สถิตย์	1.5	3	1.5	ผิวปาดละเอียดมาก	1.5	L>5d	1.5
เปลี่ยนแปลงไม่มาก	3	4	3	ผิวปาดละเอียด	3	L ≈ 5d	3
เปลี่ยนแปลงมาก	5	6	5	ผิวหยาบชโลมน้ำมัน	4	L<5d	5
				ผิวหยาบ ผิวตะใบหยาบ	5		

คำนวณหาค่าโมเมนต์ในแกนเกลียวสกรู

ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในเกลียวสกรู สามารถหาได้จาก

$$M_{at} = \left[F_v\left(\frac{d_2}{2}\right)\tan(\alpha+\rho)\right] + \left[F_v \times \mu\left(\frac{d_2}{2}\right)\right]$$

$$= \left[1376.922\left(\frac{0.0483}{2}\right)\tan(8.24+8.53)\right]$$

$$+ \left[1376 \times 0.15\left(\frac{0.0483}{2}\right)\right]$$

$$= 15 \text{ นิวตันเมตร}$$

เมื่อ F_v = แรงอัดในเกลียวสกรู

d_2 = เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย

α = มุมเอียงของเกลียวสกรูป้อน

$\mu = 0.15$

ρ = มุมเสียดทาน (θ) = $\tan^{-1}\mu = 8.53^\circ$

ดังนั้น โมเมนต์บิดในเกลียวสกรูมีค่าเท่ากับ 15 นิวตันเมตร

การคำนวณหาขนาดมอเตอร์ในการส่งกำลัง

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการคำนวณหาขนาดมอเตอร์ส่งกำลังคือ หาโมเมนต์บิดที่เกลียวสกรู เท่ากับ 15 นิวตันเมตรและความเร็วรอบสูงสุดมาคำนวณได้ จาก

เมื่อ T = M คือ ค่าโมเมนต์

N = ความเร็วรอบสูงสุด คือ 50

$$W_p = \frac{2.\pi.T.N}{60}$$

$$= 2 \times \pi \times 15 \times \left[\frac{50}{60}\right]$$

$$= 78.57 \text{ วัตต์}$$

1 แรงม้าเท่ากับ 746 วัตต์ ดังนั้นกำลังมอเตอร์เท่ากับ

$$W_p = 0.10 \text{ แรงม้า}$$

ดังนั้นกำลังมอเตอร์ที่ใช้ขับที่คำนวณได้เท่ากับ 0.10 แรงม้า จึงเลือกใช้มอเตอร์ในการส่งกำลังในการบีบอัดงาได้ตั้งแต่ 0.25 แรงม้าขึ้นไป แต่ในการสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันงาได้เลือกขนาดมอเตอร์ในการส่งกำลังแค่ 1 แรงม้าหรือ 0.746 กิโลวัตต์ในการใช้งาน เนื่องจากเป็นต้นกำลังที่มีอยู่แล้ว

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ผลการทดลองของอัตราการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผันระยะพิตช์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ระยะพิตช์ (มม.)					ระยะพิตช์ (มม.)					ระยะพิตช์ (มม.)				
	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27
10	0.74	1.14	0.59	0.63	0.58	0.74	0.85	0.96	0.90	0.99	0.70	0.80	1.26	1.24	0.23
15	1.02	1.29	0.95	0.92	0.70	1.02	1.46	1.06	1.44	1.12	1.01	1.10	1.30	1.35	0.27
20	1.50	1.93	1.25	1.66	0.71	1.50	1.95	1.21	1.75	1.60	1.02	1.28	1.30	1.52	0.36
25	1.55	2.54	1.76	1.84	0.75	1.55	1.97	1.54	1.85	1.90	1.20	1.55	1.33	1.57	0.39
30	2.12	2.76	2.43	2.39	0.91	2.12	2.25	2.05	1.94	2.03	1.27	1.62	1.35	1.58	0.42

ตารางที่ ข.2 ผลการทดลองของประสิทธิภาพการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผันระยะพิตช์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	ประสิทธิภาพการผลิต (%)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ระยะพิตช์ (มม.)					ระยะพิตช์ (มม.)					ระยะพิตช์ (มม.)				
	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27	23	24	25	26	27
10	85.41	86.14	79.55	83.9	79.03	71.18	89.56	73.77	87.83	75.23	78.71	61.24	74.13	82.58	76.81
15	66.93	85.59	79.2	82.95	75.74	76.66	75.83	74.19	87.09	73.4	53.85	60.61	66.53	84.2	73.89
20	64.91	77.69	75.16	81.71	73.76	71.5	72.04	74.15	83.54	71.09	50.34	60.28	64.78	81.12	70.58
25	59.01	76.83	74.23	79.52	74.9	52.77	70.45	69.9	82.69	70.37	45.95	58.61	60.12	79.4	70.09
30	83.82	88.37	82.54	87.41	83.76	70.64	88.28	69.34	87.72	79.63	82.38	66.96	77.78	80.34	78.04

ตารางที่ ข.3 ผลการทดลองของอัตราการผลิต ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	อัตราการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)				
	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10
10	1.40	1.12	1.14	1.19	1.47	1.21	1.09	0.85	1.16	1.34	1.10	1.12	0.80	1.14	1.32
15	1.42	1.13	1.29	1.25	1.50	1.26	1.09	1.46	1.30	1.37	1.11	1.12	1.10	1.15	1.35
20	1.50	1.21	1.93	1.30	1.55	1.28	1.10	1.95	1.33	1.45	1.11	1.14	1.28	1.15	1.42
25	1.52	1.25	2.54	1.31	1.61	1.64	1.24	1.95	1.34	1.73	1.14	1.15	1.55	1.17	1.46
30	1.55	1.26	2.76	1.42	1.86	1.79	1.47	2.15	1.36	1.65	1.15	1.16	1.62	1.19	1.77

ตารางที่ ข.4 ผลการทดลองของประสิทธิภาพการผลิต ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm)	ประสิทธิภาพการผลิต (%)														
	ทางออกกากงา 7 มม.					ทางออกกากงา 8 มม.					ทางออกกากงา 9 มม.				
	ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)					ความลึกร่องเกลียว (มม.)				
	8	8.5	9	9.5	10	8	8.5	9	9.5	10	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
10	82.04	73.53	88.37	80.76	84.04	73.36	77.29	88.28	78.42	85.07	58.73	61.63	66.96	80	83.09
15	79.21	72.13	86.14	82.08	80.68	70.69	76.63	89.56	78.54	86.79	58.05	58.65	61.24	75	86.69
20	78.53	71.77	85.59	81.79	79.35	64.69	76.28	75.83	78.02	78.29	53.36	56.66	60.61	72.06	82.54
25	77.2	70.87	77.69	81.25	77.63	65.26	68.49	72.04	78.24	73.94	51.68	55	60.28	70.18	81.76
30	76.53	70.81	76.83	78.1	77.11	65.62	65.54	70.45	77.04	72.93	50.59	51.78	58.61	68.45	80.33

ภาคผนวก ค
ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของอัตราการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผันระยะพิตช์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

Depth Constant for Rate

Multilevel Factorial Design

```
Factors:       3     Replicates:     1
Base runs:    75     Total runs:    75
Base blocks:   1     Total blocks:   1

Number of levels: 5, 5, 3
```

General Linear Model: Rate versus rpm, Pitch, Die

```
Factor  Type   Levels  Values
rpm     fixed       5  10, 15, 20, 25, 30
Pitch   fixed       5  23, 24, 25, 26, 27
Die     fixed       3  7, 8, 9


Analysis of Variance for Rate, using Adjusted SS for Tests

Source     DF    Seq SS   Adj SS   Adj MS      F      P
rpm         4   8.92316  8.92316  2.23079  60.02  0.000
Pitch       4   4.94580  4.94580  1.23645  33.27  0.000
Die         2   2.39322  2.39322  1.19661  32.19  0.000
rpm*Pitch  16   0.75777  0.75777  0.04736   1.27  0.271
rpm*Die     8   1.78230  1.78230  0.22279   5.99  0.000
Pitch*Die   8   2.91258  2.91258  0.36407   9.80  0.000
Error      32   1.18936  1.18936  0.03717
Total      74  22.90420


S = 0.192789   R-Sq = 94.81%   R-Sq(adj) = 87.99%


Unusual Observations for Rate

Obs     Rate      Fit   SE Fit  Residual     St Resid
 13  0.58000  0.31560  0.14598   0.26440      2.10 R
 28  0.70000  0.41293  0.14598   0.28707      2.28 R
 69  1.35000  1.60520  0.14598  -0.25520     -2.03 R
 73  0.91000  1.26427  0.14598  -0.35427     -2.81 R

R denotes an observation with a large standardized residual.
```

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของประสิทิภาพการผลิต ระยะความลึกร่องเกลียวอัดคงที่ 9 มม. แปรผันระยะพิตต์ 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

Depth Constant for Efficiency

General Linear Model: Eff versus rpm, Pitch, Die

```
Factor  Type   Levels  Values
rpm     fixed       5  10, 15, 20, 25, 30
Pitch   fixed       5  23, 24, 25, 26, 27
Die     fixed       3  7, 8, 9
```

Analysis of Variance for Eff, using Adjusted SS for Tests

```
Source         DF   Seq SS   Adj SS  Adj MS     F        P
rpm             4  1540.38  1540.38  385.09    17.21  0.000
Pitch           4  1952.56  1952.56  488.14    21.81  0.000
Die             2  1100.82  1100.82  550.41    24.59  0.000
rpm*Pitch      16    67.40    687.40   42.96     1.92  0.057
rpm*Die         8   110.66   110.66   13.83     0.62  0.756
Pitch*Die       8   766.94   766.94   95.87     4.28  0.001
Error          32   716.15   716.15   22.38
Total          74  6874.91
S = 4.73071   R-Sq = 89.58%   R-Sq(adj) = 75.91%
```

```
Unusual Observations for Eff

Obs      Eff      Fit  SE Fit  Residual     St Resid
  2  70.6400  77.3431  3.5820   -6.7031     -2.17 R
  3  82.3800  75.3983  3.5820    6.9817      2.26 R
 17  71.1800  78.6844  3.5820   -7.5044     -2.43 R
 20  89.5600  82.9517  3.5820    6.6083      2.14 R
 32  76.6600  68.5451  3.5820    8.1149      2.63 R
 47  71.5000  64.9457  3.5820    6.5543      2.12 R

R denotes an observation with a large standardized residual.
```

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของอัตราการผลิต ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

Pitch Constant for Rate

General Linear Model: Rate versus rpm, Depth, Die

```
Factor  Type   Levels  Values
rpm     fixed       5  10, 15, 20, 25, 30
Depth   fixed       5  8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0
Die     fixed       3  7, 8, 9


Analysis of Variance for Rate, using Adjusted SS for Tests

Source      DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS      F      P
rpm          4  1.95766  1.95766  0.48941  29.11  0.000
Depth        4  2.09391  2.09391  0.52348  31.13  0.000
Die          2  0.95539  0.95539  0.47770  28.41  0.000
rpm*Depth   16  1.80345  1.80345  0.11272   6.70  0.000
rpm*Die      8  0.17201  0.17201  0.02150   1.28  0.289
Depth*Die    8  0.65511  0.65511  0.08189   4.87  0.001
Error       32  0.53809  0.53809  0.01682
Total       74  8.17562


S = 0.129674   R-Sq = 93.42%   R-Sq(adj) = 84.78%


Unusual Observations for Rate

Obs     Rate      Fit   SE Fit  Residual     St Resid
 22  1.29000  1.53360  0.09819  -0.24360      -2.88 R
 38  1.95000  1.77107  0.09819   0.17893       2.11 R
 52  2.54000  2.34493  0.09819   0.19507       2.30 R
 67  2.76000  2.52827  0.09819   0.23173       2.74 R

R denotes an observation with a large standardized residual.
```

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของประสิทธิภาพ ระยะพิตต์คงที่ 24 มม. แปรผันความลึกร่องเกลียว 5 ระดับ ความเร็วรอบเกลียวอัด 5 ระดับ ขนาดทางออกกากงา 3 ขนาด

Pitch Constant for Efficiency

General Linear Model: Eff versus rpm, Depth, Die

```
Factor  Type   Levels  Values
rpm     fixed       5  10, 15, 20, 25, 30
Depth   fixed       5  8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0
Die     fixed       3  7, 8, 9


Analysis of Variance for Eff, using Adjusted SS for Tests

Source      DF   Seq SS   Adj SS   Adj MS       F      P
rpm          4   705.22   705.22   176.31   27.19  0.000
Depth        4  2243.08  2243.08   560.77   86.47  0.000
Die          2  2298.82  2298.82  1149.41  177.24  0.000
rpm*Depth   16   106.73   106.73     6.67    1.03  0.455
rpm*Die      8    80.46    80.46    10.06    1.55  0.179
Depth*Die    8  1480.06  1480.06   185.01   28.53  0.000
Error       32   207.52   207.52     6.48
Total       74  7121.89


S = 2.54656   R-Sq = 97.09%   R-Sq(adj) = 93.26%


Unusual Observations for Eff

Obs      Eff      Fit  SE Fit  Residual  St Resid
 12  80.0000  75.7728  1.9282    4.2272      2.54 R
 15  83.0900  86.5028  1.9282   -3.4128     -2.05 R
 23  89.5600  85.8084  1.9282    3.7516      2.26 R
 24  61.2400  65.3348  1.9282   -4.0948     -2.46 R

R denotes an observation with a large standardized residual.
```

ภาคผนวก ง
เอกสารการนำเสนอผลงานวิชาการ

การประชุมวิชาการการนำเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 2

23-24 เมษายน 2552

ณ ห้องประชุม ชั้น 7 อาคารกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สำนักบริหารวิชาการ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว

(A Study of Parameters Influence to the Production Rate of the Pressed Sesame Oil Process Using A Single Screw Press Machine)

สญชัย เข็มเจริญ* และ ศิวกร อ่างทอง#

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
#ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

บทคัดย่อ

กระบวนการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดน้ำมันแบบสกรูเกลียวเดี่ยว เป็นกระบวนการบีบน้ำมันอย่างต่อเนื่องที่มีเกลียวทำหน้าที่ป้อนและบีบอัดเมล็ดงาก่อนที่จะดันกากผ่านช่องทางออกกากงา ประสิทธิภาพของเครื่องจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น ขนาดช่องทางออกกากงา ขนาดของเกลียว และความเร็วรอบเกลียวอัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการผลิตของเครื่องบีบอัดน้ำมันแบบเกลียวเดี่ยว

ในการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ จะดำเนินการโดยการออกแบบสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันงา ที่มีเกลียวขนาดต่างระยะพิตช์ กัน 5 ขนาด คือ 23, 24, 25, 26 และ 27 มม. ในการทดสอบจะใช้ช่องทางออกกากงาที่มีขนาดต่างกัน 3 ขนาด คือ ϕ 7, 8, และ ϕ 9 มม. และความเร็วรอบเกลียวอัดทำการทดลอง ที่ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที ในการทดลองบีบน้ำมันแต่ละครั้งจะใช้เมล็ดงา 1 กก. แล้วทำการบันทึกผลการทดลองที่ได้ เวลาที่ใช้ในการบีบอัดและปริมาณของน้ำมันที่ได้จากการบีบอัด

จากทดลองพบว่า ขนาดระยะพิตช์ ความเร็วรอบและทางออกกากงา มีอิทธิพลทั้งต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตที่แตกต่างกัน อัตราการผลิตสูงสุดที่เครื่องบีบอัดสามารถทำได้ คือ 2.76 กก./ชม. โดยใช้เกลียวอัดที่มีระยะพิตช์ 24 มม. ช่องทางออกกากงาขนาด ϕ 7 มม. ที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 รอบ/นาที และวัดประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันได้ 76.83% อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันสูงสุดที่ได้จากการทดสอบจะมีค่าเท่ากับ 89.56% โดยใช้ ระยะพิตช์เกลียวอัด 24 มม. ทางออกกากงา ϕ 8 มม. และความเร็วรอบเกลียวอัด 15 รอบ/นาที แต่อัตราการผลิตจะต่ำลงเหลือเพียง 1.46 กก./ชม.

คำหลัก เครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว กระบวนการบีบอัดน้ำมันงา

Abstract

A process of pressed sesame oil by using a single screw pressed machine is a continuous process of production. The screw feed and pressed sesame seeds to produce oil before push the sesame cake through extruded ring. The production rate of the machine is depended upon a number of parameters such as die geometries, extruded ring size, screw geometry and pressed speed. This research aims to study those parameters that influence the production rate of the process of pressed sesame oil.

This study carried out by experimental works varying pitch size of the screw (23, 24, 25, 26 and 27 mm,), sizes of extruded ring (7, 8, and 9 mm) and speeds of screws (10, 15, 20, 25 and 30 rpm). A 1.0 kg of sesame seeds was used for each experiment. The test results such as process time and oil volume were recorded for further analysis.

The experimental results showed that those experimental parameters influenced the production rate and process efficiency. The machine gave the highest production rate (2.76 kg/hr) when using a 24 mm pitch of screw, ϕ 7 mm extruded ring and 30 rpm screw speed. Estimated product efficiency was 76.83%. However, the product efficiency was increased to 89.56% when using a 24 mm pitch of screw, ϕ 8 mm extruded ring and 15 rpm screw. On the other hand, the production rate was reduced to 1.46 kg/hr

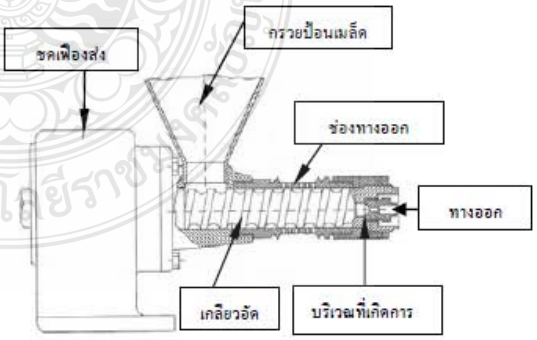
Keywords: *A Single Screw Press Machine, Pressed Sesame Oil Process*

1. บทนำ

กระบวนการผลิตน้ำมันจากเมล็ดพืช สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของกระบวนการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ กระบวนการบีบอัด (Pressing) และกระบวนการการสกัด (Extraction) โดยที่กระบวนการบีบอัดน้ำมันจะใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรในการบีบอัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืชซึ่งมี 2แบบคือ เครื่องบีบอัดแบบเป็นชุด (Batch pressing) และเครื่องบีบอัดแบบต่อเนื่อง (Continuous pressing) ซึ่งในการบีบอัดนั้นจะมีทั้งแบบกระตุ้นด้วยการเพิ่มอุณหภูมิ เรียกว่า กระบวนการบีบอัดร้อน (Hot pressing) และไม่การให้ความร้อนเรียกว่า กระบวนการบีบอัดเย็น (Cold pressing)

สำหรับกระบวนการการสกัดน้ำมันจะใช้ ตัวทำละลายเป็นตัวสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดพืช อย่างไรก็ตามตัวทำละลายที่ใช้จะต้องไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ เฮกเซน (n-hexane) คาร์บอนไดซัลไฟด์และไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น วิธีนี้สามารถสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช ที่มีปริมาณน้ำมันต่ำ หรือใช้สกัดน้ำมันออกจากกากที่เหลือจาก กระบวนการบีบอัดด้วยเครื่องจักรได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามข้อเสียของกระบวนการสกัดน้ำมันจะได้น้ำมันไม่บริสุทธิ์ เพราะน้ำมันที่ได้จากการสกัดจะมีตัวทำละลายปนเปื้อนบ้าง ในทางตรงกันข้าม กระบวนการบีบอัดน้ำมันจะได้น้ำมันที่บริสุทธิ์กว่าการสกัดเพราะ ในกระบวนการบีบอัดไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีใดๆ เป็นตัวทำละลาย

จากการศึกษาพบว่า เมล็ดงาประกอบน้ำมันประมาณ 45 – 57 % [2] อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีแร่ธาตุอาหารที่สำคัญหลายอย่างและมีสรรพคุณทางยา [3] การผลิตน้ำมันงานิยมใช้กระบวนการบีบอัดน้ำมันด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว เป็นกระบวนการบีบอัดเย็น แบบต่อเนื่อง น้ำมันงาที่ได้จากการผลิต จะไม่มีสารพิษตกค้าง [1] และได้น้ำมันงามีคุณภาพสูง ในการบวนการบีบอัดน้ำมันงาด้วยวิธีนี้มีปัจจัยหรือ ตัวแปรในการผลิตมีหลายตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการบีบอัดน้ำมัน เช่น ขนาดและรูปร่างของเกลียวอัด ความเร็วรอบ ขนาดของช่องทางออกน้ำมัน ขนาดของทางออกกากงา (รูปที่1) และอุณหภูมิในขณะทำการการบีบอัดน้ำ [4] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่สำคัญๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิตน้ำมันงา ด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว โดยที่จะเลือกทำการศึกษาอิทธิพลของ ความเร็วรอบของเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตช์ (Pitch) ของเกลียวอัด และทางออกกากงา (Die)



รูปที่ 1 ลักษณะโครงสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว [5]

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

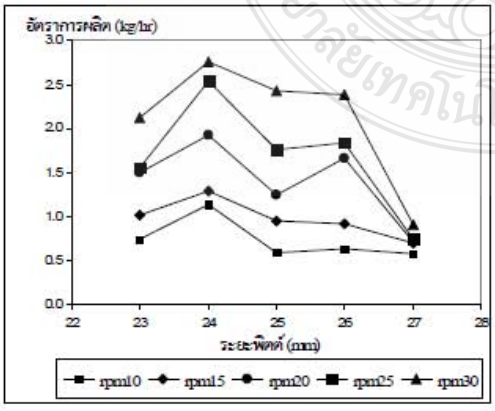
การดำเนินการทดลอง จะใช้เครื่องบีบอัดน้ำมันงาแบบเกลียวเดี่ยว ขนาด 1 แรงม้า ที่ออกแบบและสร้างขึ้นโดยงานวิจัย [4] ที่มีขนาดความยาวเกลียวอัด 215 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกลียวอัด 55 มม. ในการทดสอบตัวแปรต่างๆ แต่ละครั้งจะใช้เมล็ดงา 1 กิโลกรัมทำการบีบอัดเพื่อหาอัตราการผลิตต่อชั่วโมง (กก./ชม.) ประสิทธิภาพการผลิต (% น้ำมันที่ได้จากการผลิต) โดย มีตัวแปรของการทดสอบดังนี้

- ขนาดระยะพิตต์ของเกลียวอัด (P) 5 ขนาด คือ 23, 24, 25, 26 และ 27 มม.
- ความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) 5 ระดับคือ 10, 15, 20, 25 และ 30 รอบ/นาที
- ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของทางออกกากงา (ϕ) 3 ระดับคือ 7, 8 และ 9 มม.

3. ผลการทดลอง

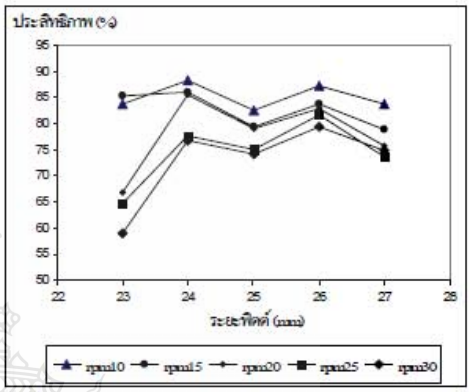
3.1 อิทธิพลของขนาดระยะพิตต์

การทดสอบอิทธิพลของ ขนาดระยะพิตต์เกลียวอัดทั้ง 5 ขนาด ต่ออัตราการผลิต แสดงให้เห็นว่าขนาดของระยะพิตต์มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต แต่ความสัมพันธ์ของขนาดระยะพิตต์ที่เพิ่มขึ้นจะ ไม่แปรผันโดยตรงกับอัตราการผลิต (รูปที่ 2) ขนาดของระยะพิตต์ที่ให้อัตราการผลิตดีที่สุดคือขนาด 24 มม. และขนาดที่ให้อัตราการผลิตต่ำสุดคือขนาด 27 มม. โดยใช้ขนาดทางออกกากงา ϕ 7 มม.



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของระยะพิตต์ กับอัตราการผลิต โดยใช้ทางออกกากงา ϕ 7 มม.

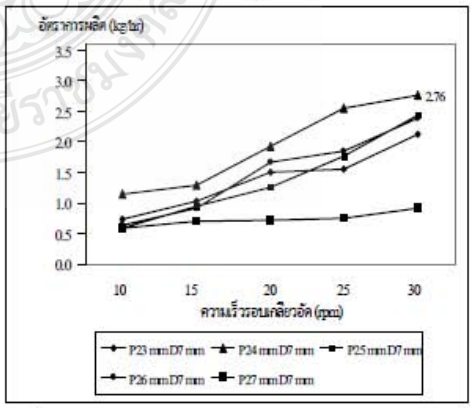
อย่างไรก็ตามขนาดของระยะพิตต์ ที่ประสิทธิภาพเฉลี่ยดีที่สุดคือขนาด 26 มม. และประสิทธิภาพเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อใช้ระยะพิตต์ขนาด 23 มม. (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของระยะพิตต์กับประสิทธิภาพของการผลิตโดยใช้ทางออกกากงา ϕ 7 มม.

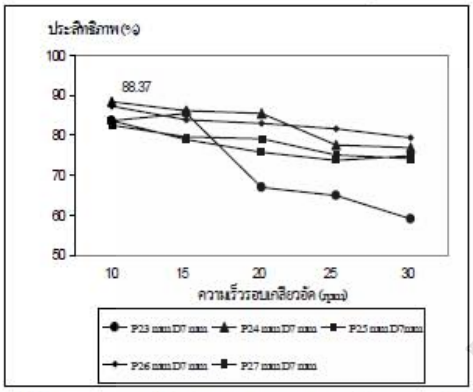
3.2 อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัด

ผลการทดสอบอิทธิพลของความเร็วรอบทั้ง 5 ระดับแสดงให้เห็นว่า ขนาดความเร็วรอบที่ใช้ในการทดสอบมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลโดยตรง ต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต กล่าวคือเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น อัตราการผลิตจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆ การทดลอง (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับอัตราการผลิตโดยใช้ทางออกกากงา ϕ 7 มม.

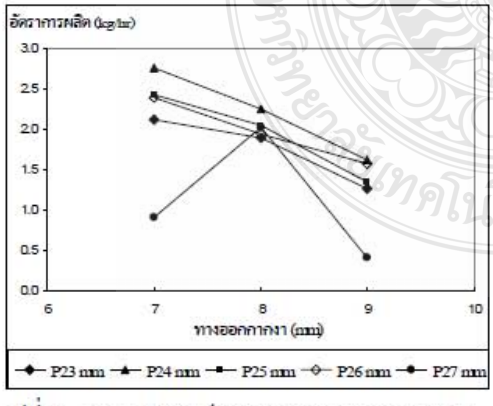
อย่างไรก็ตามการเพิ่มความเร็วรอบ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เกลียวอัดที่มีระยะพิตต์ 23 มม. ประสิทธิภาพการผลิต จะลดลงอย่างมาก (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับประสิทธิภาพการผลิต โดยใช้ทางออกกากงา ϕ 7 มม.

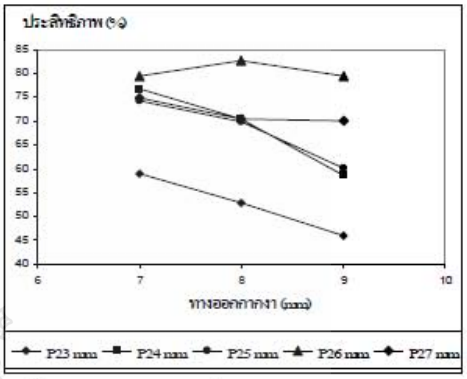
3.3 อิทธิพลของขนาดทางออกกากงา

ผลการทดสอบอิทธิพลของช่องคายกากงา ทั้ง 3 ระดับแสดงให้เห็นว่า ขนาดของทางออกกากงามีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต โดยจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของอัตราการผลิตจะลดลงเมื่อทางออกกากงามีขนาดโตขึ้น อย่างไรก็ตามแนวโน้มที่ลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดระยะพิตต์ของสกรูเกลียวที่ใช้ในการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ของขนาดทางออกกากงากับอัตราการผลิต โดยใช้ความเร็วรอบ 30 รอบ/นาที

การเพิ่มขนาดของทางออกกากงา จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ความสัมพันธ์ดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับขนาดระยะพิตต์ของเกลียวด้วยเช่นกัน (รูปที่ 7)

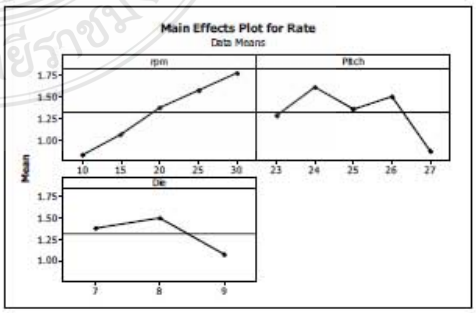


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของขนาดทางออกกากงากับประสิทธิภาพของการผลิตโดยใช้โดยใช้ความเร็วรอบ 30 รอบ/นาที

4. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

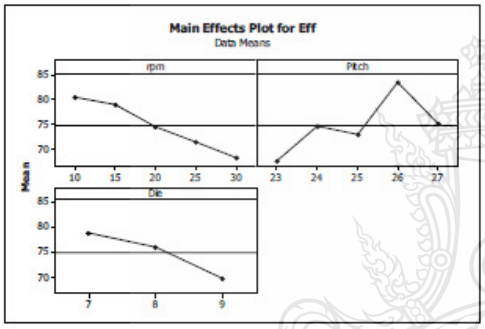
การวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อหาอิทธิพลของตัวแปรที่ทดสอบทั้ง 3 ตัวแปร โดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทำการวิเคราะห์ตัวแปรหลักและความสัมพันธ์ร่วม (Interaction) ของตัวแปร โดยใช้โปรแกรม Minitab ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ผลตัวแปรหลัก (Main Effects) ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมัน โดยนำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำมาพล็อตเพื่อดูแนวโน้ม



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่ออัตราการผลิต

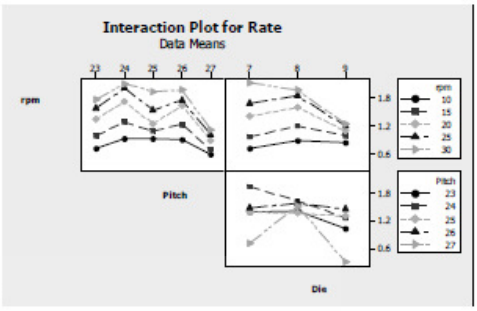
จากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่า ความเร็วรอบเกลียวอัดเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างสูงต่ออัตราการผลิต โดยอัตราการผลิตจะแปรผันตามระดับความเร็วรอบ เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นอัตราการผลิตจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งจะแตกต่างจาก อิทธิพลของระยะพิตช์ และทางออกกากงา ที่มีแนวโน้มไม่แน่นอน ระยะพิตช์ที่ให้อัตราการผลิตสูงสุด คือระยะพิตช์ 24 มม. และต่ำสุดคือระยะพิตช์ 27 มม. สำหรับทางออกกากงา มีขนาดเท่ากับ 8 มม อย่างไรก็ตาม ขนาดทางออกกากงา ϕ 7 และ 8 มม. มีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่เมื่อทางออกกากงามีขนาดโตขึ้นจะมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรหลัก ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมัน

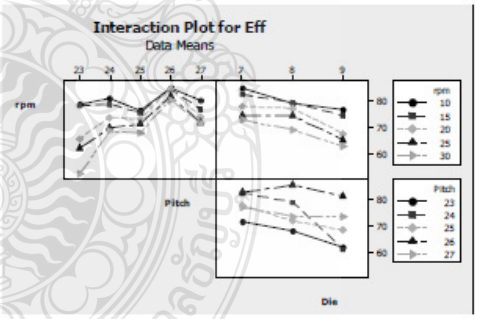
จากรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าตัวแปรหลักทั้ง 3 ตัวแปร ยังมีอิธิพลต่อประสิทธิภาพการผลิต การเพิ่มความเร็วรอบจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการผลิตมีแนวโน้มที่จะลดลงในอัตราที่เกือบจะคงที่ ในทำนองเดียวกันขนาดของทางออกกากงาที่ โตขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลงด้วยเช่นกัน แต่ขนาดที่เพิ่มขึ้นของระยะพิตช์ มีแนวโน้มที่จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มมากขึ้น

4.2 การวิเคราะห์ผลอิทธิพลร่วมของตัวแปรหลัก ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมัน



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตช์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่ออัตราการผลิต

จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่า อัตราการผลิตจะเพิ่มขึ้นตามขนาดความเร็วรอบเกลียวอัด ถึงแม้ว่าขนาดของระยะพิตช์และขนาดของทางคายกากงาจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ตาม แสดงให้เห็นว่า ความเร็วรอบมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับขนาดของระยะพิตช์ และ ขนาดของช่องทางออกกากงา แต่ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างระยะพิตช์กับทางออกกากงา ยังไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 11 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อิทธิพลของความเร็วรอบเกลียวอัด (rpm) ระยะพิตช์ (Pitch) ขนาดทางออกกากงา (Die) ที่มีผลร่วมกันต่อประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมัน

จากรูปที่ 11 จะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพการผลิตมีสัมพันธ์อย่างชัดเจน กับทั้งขนาดความเร็วรอบกับขนาดระยะพิตช์และขนาดทางออกกากงา เมื่อความเร็วรอบมากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตลดลง แต่ความสัมพันธ์ระหว่างระยะพิตช์ กับขนาด

ของช่องทางออกงาต่อประสิทธิภาพการผลิตยังไม่ชัดเจน

4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ผลความสัมพันธ์ของตัวแปรหลัก

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราการผลิต

Interaction ของ rpm กับ Pitch ได้ค่า P-Value 0.271 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Pitch ไม่มีผลทำให้อัตราการผิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และInteraction ตัวแปรอื่นๆ ได้ค่า P-Value < 0.05 จึงสรุปได้ว่า Interaction ตัวแปรอื่นๆ มีผลทำให้อัตราการผลิต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

- การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพในการบีบอัดน้ำมัน

Interaction ของ rpm กับ Pitch ได้ค่า P-Value 0.057 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Pitch ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

Interaction ของ Pitch กับ Die ได้ค่า P-Value 0.756 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ Pitch กับ Die ไม่มีผลทำให้ประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

Interaction ของ rpm กับ Die ได้ค่า P-Value < 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า Interaction ของ rpm กับ Die มีผลทำให้ประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ขนาดระยะพิตต์ ความเร็วรอบเกลียวอัด และทางออกกากงา มีอิทธิพลทั้งต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตที่แตกต่างกัน กล่าวคือเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นจะทำให้อัตราการผลิตเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันจะลดลง

อิทธิพลของขนาดของระยะพิตต์และ ขนาดทางออกกากงาต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต ไม่มีแนวโน้มที่แน่นอน กล่าวคือการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของขนาดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง อาจมีผลทำให้อัตราการผลิตและประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่เหลืออย่างไร

ดังนั้นการเลือกใช้ตัวแปรการผลิตทั้ง 3 ตัวแปร ให้เหมาะสมควรคำนึงถึงความต้องการในการผลิตว่าจะต้องการอัตราการผลิตสูงสุดหรือจะต้องการประสิทธิภาพสูงสุด หรือประสิทธิผลสูงสุด ดังนี้

- อัตราการผลิตที่ดีที่สุดที่ ระยะพิตต์ 24 ทางออกกากงา ϕ 7 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 รอบ/นาทีให้อัตราการผลิตในการบีบอัดน้ำมันงาสูงสุด 2.76 กก./ชม.
- ประสิทธิภาพการผลิตสูงสุดที่ระยะพิตต์ 24 มม.ทางออกกากงา ϕ 8 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ที่ความเร็วรอบ 15 รอบ/นาที ให้ประสิทธิภาพสูงสุด 89.56%
- ประสิทธิผลสูงสุดที่ ระยะพิตต์ 24 มม. ความลึกร่องเกลียว 9 มม. ความเร็วรอบเกลียวอัด 30 รอบ/นาที ทางออกกากงา 7 มม. ซึ่งจะให้อัตราการผลิตประมาณ 2.76 กก./ชม. ประสิทธิผลสูงสุดที่ 76.83%

6. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากมีตัวแปรหลายตัวควรทำการศึกษาตัวแปรตัวอื่นอีก เช่น ความลึกของร่องเกลียว ระยะพิตต์ของเกลียว และความเร็วรอบของเกลียวอัด แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กันว่ามีอิทธิพลต่ออัตราการผลิตและประสิทธิภาพอย่างไร เพื่อนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตต่อไป และควรเพิ่มความเร็วรอบเกลียวอัดให้สูงขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

[1] นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมัน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ

[2] พัชรี กวนใจ. 2543. น้ำมันงาภูมิปัญญาดั้งเดิมของชาวไต.

[3] เฉลียว ปียะชน. 2539. อายุรเวชวิถีสู่สุขภาพตาม ธรรมชาติ. บริษัทพิมพ์ดี จำกัด, กรุงเทพฯ

[4] การวิจัย เรื่อง การออกแบบสร้างเครื่องชุดผลิต น้ำมันงา ผศ.สญชัย เข็มเจริญและคณะฯ

[5] Judson, M. H. 1981. Extrusion of food Volume I. Boca Raton, Fla.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล นายสญชัย เข็มเจริญ

วัน เดือน ปี เกิด 11 กุมภาพันธ์ 2504

ที่อยู่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ อุตสาหการ-เชื่อมประสาน) วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา 2528
สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ เมื่อ พ.ศ. 2532

ประวัติการทำงาน เริ่มรับราชการที่วิทยาเขตเทเวศร์ ปี พ.ศ. 2528 จนถึงปัจจุบันรับราชการที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์

- การออกแบบและสร้างเครื่องผลิตสารสกัดจากสะเดา เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การผลิตสารสกัดจากสะเดาเชิงธุรกิจ : วิทยาการเพื่อการพึ่งตนเอง” 2544 (ผู้ร่วมโครงการวิจัย)
- การออแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเมล็ดสะเดา 2545 วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคล (หัวหน้าโครงการวิจัย)
- เครื่องคั้นน้ำอ้อยสด (หัวหน้าโครงการ) พ.ศ. 2547
- เครื่องสีและโม่เมล็ดพืชอเนกประสงค์ (หัวหน้าโครงการ) พ.ศ. 2548
- การออกแบบสร้างเครื่องบีบอัดน้ำมันงา (หัวหน้าโครงการ) พ.ศ. 2548
- การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่ออัตราการบีบอัดน้ำมันงาด้วยเครื่องบีบอัดแบบเกลียวเดี่ยว พ.ศ. 2552