สถาบันวิจัยและพัฒนา

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

DESIGN AND FABRICATION THE AUTOMATIC FORMING KHAO TAN MACHINE

ลงทะเบียนวันที่ 13 พ.ย. 2549
เลขทะเบียน 069506
เลขหมู่ วน S 539.5 พ464ก
หัวเรื่อง เทคโนโลยีการเกษตร
สำนักวิทยบริการฯ

โดย

นายบุญทัน ศรีบุญเรือง

ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2548

คำนิยม

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋น ซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบเพื่อศึกษาถึงความสามารถและประสิทธิภาพของเครื่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงและออกแบบให้ใช้งานได้จริงในเชิงอุตสาหกรรม ในการวิจัยครั้งนี้ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาฯทุกท่าน โดยเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ของภาควิชาฯ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่ควบคุมดูแลโรงฝึกงานที่ให้ความสะดวกและช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา ผลของการวิจัยในครั้งนี้คงเป็นประโยชน์กับการพัฒนาประเทศต่อไป

บุญทัน ศรีบุญเรือง

กรกฎาคม 2549

บทคัดย่อ

เครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติมีจุดประสงค์ในการออกแบบเพื่อลดเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปข้าวแต๋นให้มีการผลิตที่ได้จำนวนมากขึ้นในจำนวนเวลาที่เท่ากันกับกลุ่มแม่บ้านและยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน โดยตัวเครื่องประกอบไปด้วย เกลียวลำเลียง 4 ตัวใช้ในการลำเลียงข้าวเหนียวนึ่งที่ผสมกับน้ำแตงโม,กะทิ ,น้ำตาลและเกลือในการขับเคลื่อนเกลียวลำเลียงทั้ง 4 ตัวนั้นจะอาศัยต้นกำลังจากมอเตอร์ 1 เฟสขนาด1.5 แรงม้าในการขึ้นรูปนั้นจะใช้ตัวขึ้นรูปที่ทำมาจากแผ่นสแตนเลสตีจนมีลักษณะโค้งตัวที่ใช้ควบคุมจะใช้ลูกเบี้ยวตีที่ก้านกดตัวขึ้นรูปเพื่อขึ้นรูปข้าวเหนียวโดยจะมีตัวเจนีวาใช้ควบคุมจังหวะเกลียวลำเลียงในการดันข้าวเหนียวออกมา เมื่อข้าวเหนียวถูกขึ้นรูปแล้วจะมีแผ่นรองที่ทำจาก Superlene เลื่อนตัวออกปล่อยข้าวเหนียวที่ขึ้นรูปแล้วตกลงบนที่รองรับ

การทดสอบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นได้ทำการทดสอบ 5 ครั้งในแต่ละครั้งจะใช้ข้าวเหนียวดิบ 3 กิโลกรัม นำไปนึ่งผสมกับน้ำแตงโม,กะทิ ,น้ำตาลและเกลือ จากการทดสอบในแต่ละครั้งจะสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ครั้งละ 24 ชุด โดยใน 1 ชุดทำได้ 4 ชิ้นรวมในแต่ละครั้งจะได้ 96 ชิ้น ทำการทดสอบ 5 ครั้งจะได้ 490 ชิ้น เป็นชิ้นงานที่สามารถนำไปใช้ได้จำนวน 336 ชิ้น โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 23 นาที

ABSTRACT

Automatic forming Machine khao tan have object in design for save time in forming khao tan. It have got more product in save time with housekeepers group and save cost for worker. Thereare 4 screw conveyors use convey cooked glumic rice that mixing with watermelon juice, coconut milk, sugar and salt. The operation of 4 screw conveyors use motor single phase 1.5 horsepower.

The forming is controlled by cam. Geneva is control screw conveyors to push glumic rice out when it out there is superlene plate support.when it move glumic rice will fall to tray

Test Automatic forming Machine khao tan 5 time. Each time is use glumic rice 3 kg mixing with watermelon juice, coconut milk, sugar and salt. Each test give product 24 set, each set can make 4 piece. Test 5 time give 490 piece, It is can use 336 piece and use time all 23 min.

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของ การวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทบทวนสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวแต๋น	3
ทฤษฎีเกี่ยวกับมอเตอร์	9
ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา	11
ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่	16
ทฤษฎีเกี่ยวกับเกลียวลำเลียง	20
ทฤษฎีเกี่ยวกับลูกเบี้ยว	22
การขึ้นรูปอาหาร	24
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	26
อุปกรณ์ที่ใช้สร้าง	26
วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ	27
แผนดำเนินงาน	28
วิธีการ	28
บทที่ 4 ผลการการทดลองและวิจารณ์	36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก ก	51
ภาคผนวก ข	69
ภาคผนวก ค	79

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่ไก่ 7

2 การดำเนินงานและสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ 28

ตารางผนวกที่

ก.1 ตารางภาคผนวกที่1 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 1 51

ก.2 ตารางภาคผนวกที่2 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 2 54

ก.3 ตารางภาคผนวกที่3 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 3 58

ก.4 ตารางภาคผนวกที่4 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 4 61

ก.5 ตารางภาคผนวกที่5 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 5 65

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ (เรียงตามบท)		
1	แสดงรูปร่างลักษณะของเพลา	11
2	แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ	12
3	แสดงรูปแบบการส่งกำลังด้วยโซ่ขับ	16
4	แสดงโซ่ขับที่มีอุปกรณ์ตึงโซ่	17
5	แสดงรูปแบบส่งกำลังด้วยโซ่ขับที่ไม่เหมาะสม	17
6	แสดงการสัมผัสของข้อโซ่กับเฟืองโซ่	18
7	เกลียวมาตรฐาน	20
8	เกลียวเรียว	21
9	ลักษณะการใช้งานเกลียวป้อน	21
10	ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์	22
11	การสร้างส่วนโค้งของลูกเบี้ยวแบบสไปราล	24

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
ข.1	แสดงกราฟการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 1-5	69
ข.2	แสดงกราฟการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 6-10	70
ข.3	แสดงกราฟการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 11-15	71
ข.4	แสดงกราฟการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 16-20	72
ข.5	แสดงกราฟการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 21-24	73
ข.6	แสดงกราฟการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 1-5	74
ข.7	แสดงกราฟการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 6-10	75
ข.8	แสดงกราฟการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 11-15	76
ข.9	แสดงกราฟการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 16-20	77
ข.10	แสดงกราฟการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบครั้งที่ 21-24	78
ค.1	แสดงการต้มน้ำแดงโม , เกลือ ,น้ำตาล , กะทิ	79
ค.2	แสดงการผสมข้าวเหนียวกับน้ำแดงโมที่ต้มแล้ว	79
ค.3	แสดงรูปเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋น	80

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพกาดผนวกที่		หน้า
ค.4	แสดงการติดตั้งอุปกรณ์	81
ค.5	แสดงการทำงานของเจนิวากับตัวแคล็ก	82
ค.6	แสดงลักษณะชิ้นงานที่สมบูรณ์	82
ค.7	แสดงลักษณะชิ้นงานที่สมบูรณ์บางส่วน	83
ค.8	แสดงชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์	84
ค.9	แสดงชิ้นงานที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้	84

รายการสัญลักษณ์

E	=	แรงดันไฟฟ้า(V)
C_B	=	แฟกเตอร์งาน(Working factor) สำหรับเครื่องจักรที่หมุน (เทอร์ไบน์ที่ใช้กับน้ำ และไอน้ำ)
C_t	=	เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์
F	=	แรงสูงสุดที่เกลียวลำเลียงรับภาระ
I	=	กระแสไฟฟ้า (A)
i	=	อัตราทดเฟืองโซ่
M_t	=	โมเมนต์บิดระบุ (N.m)
M_B	=	โมเมนบิดขณะขับภาระเป็น (N.m)
n	=	ความเร็วรอบของเพลา (rpm)
P	=	กำลังไฟฟ้า (W)
P	=	กำลังงานที่เพลารับ(KW)
r	=	รัศมีของเกลียวลำเลียง (mm)
T	=	แรงบิดทางกลที่ขับมอเตอร์ (N.m)
w	=	น้ำหนักข้าวเหนียวที่ผสมแล้ว
z	=	จำนวนฟันเฟือง
ω	=	ความเร็วเชิงมุม เรเดียน / วินาที

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของ การวิจัย

ข้าวแต๋นเป็นขนมพื้นเมืองของทางภาคเหนือที่แสดงถึงเอกลักษณ์ภูมิปัญญาพื้นบ้านที่แสดงถึงวัฒนธรรมของชาวพื้นบ้านที่บริโภคข้าวเหนียวเป็นอาหารหลัก และทำเป็นขนมพื้นบ้านเพื่อถนอมอาหาร โดยการนำเอาไปตากแดด แล้วนำมาทอดราดด้วยน้ำตาลนำมาบริโภค และใช้ในเทศกาลงานบุญต่างๆ ปัจจุบันมีการผลิตและจำหน่ายเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนตามนโยบาย หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์(OTOP) ทำให้กลุ่มแม่บ้านในหลายๆจังหวัดมีความสนใจที่จะผลิต และจำหน่ายเป็นสินค้าเป็นจำนวนมากตามความต้องการของตลาด เพราะข้าวแต๋นก็เป็นอีกสินค้าหนึ่งในนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์(OTOP) ที่ได้รับความนิยมสูง

ในการผลิตข้าวแต๋นมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน แต่มีความยุ่งยาก ทั้งนี้เพราะผู้ผลิตจะต้องทำการแช่ข้าวเหนียวเป็นเวลาประมาณ 7 ชั่วโมง แล้วนำไปนึ่ง และทำการผสมกับน้ำแตงโมที่ผสมกับ กะทิ, เกลือ และงาขาวที่เตรียมไว้ก่อนแล้ว นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำไปขึ้นรูป ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมานั้นสามารถที่จะทำโดยใช้แรงงานเพียง 1-2 คน ส่วนขั้นตอนการขึ้นรูปจะต้องใช้คนงาน 5-6 คน ซึ่งคนงานแต่ละคนก็ใช้เวลาในการขึ้นรูปข้าวแต๋นไม่เท่ากัน เฉลี่ย 5 ชั่วโมงทำได้ 8,000 แผ่น ซึ่งก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดในแต่ละวัน ทำให้ผู้ผลิตต้องขาดรายได้อันพึงจะได้เป็นจำนวนมาก เนื่องจากความต้องการของตลาดในแต่ละวันเฉลี่ย 15,000 แผ่น แต่ผู้ผลิตมีกำลังผลิตเพียงวันละ 8,000 แผ่นเท่านั้น อีกทั้งค่าแรงงานก็มีราคาสูงเฉลี่ยตกคนละ 5,000 บาทต่อเดือน คนงาน 6 คนก็เป็นเงิน 30,000 บาทต่อเดือน ซึ่งเป็นจำนวนเงินที่ผู้ผลิตจะต้องจ่ายเป็นค่าแรงงาน โดยที่ยังไม่ได้รวมค่าอุปกรณ์ ค่าวัตถุดิบที่นำมาทำข้าวแต๋น จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้ผู้ผลิตมีความต้องการที่จะลดค่าใช้จ่ายด้านนี้ลงให้ได้มากที่สุด ทางผู้ผลิตจึงมีความคิดที่อยากจะได้เครื่องทุนแรง เพื่อจะลดค่าใช้จ่ายและเวลาลงอีกทั้งยังสามารถลดความยุ่งยากที่เกิดขึ้นลงด้วย และจะส่งผลให้รายรับมีมูลค่ามากขึ้น

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาและความต้องการของผู้ผลิต ที่ต้องการจะลดค่าใช้จ่าย ค่าแรงงาน ลดเวลา และลดความยุ่งยากในการขึ้นรูปข้าวแต๋น จึงเกิดแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแตนที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ผลิต และเพื่อเป็นการส่งเสริมการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรให้เกิดมูลค่ามากขึ้นตามนโยบายหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์(OTOP)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋น

1.22 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดเวลาการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 สร้างเครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋น เป็นรูปวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 – 6.5 เซนติเมตร

1.3.2 วัตถุดิบที่ใช้จะมีส่วนผสมที่คือ ข้าวเหนียว, น้ำแตงโม, กะทิ, เกลือ และงาขาว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-6.5 เซนติเมตร

1.4.2. สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตและลดเวลาในการผลิต

1.4.3. เพิ่มความสะดวกในการทำงานและลดต้นทุนในการจ่ายค่าแรงงาน

บทที่ 2
ทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับข้าวแต๋น

ข้าวแต๋นทำจากข้าวเหนียวนึ่ง เอามากดใส่พิมพ์แล้วเอาไปตากแดดให้แห้ง แล้วเอามาทอด ข้าวแต๋นมีหลายชนิด อย่างที่เห็นในรูปเป็นข้าวแต๋นแบบดั้งเดิม เรียกว่า ข้าวแต๋นขาว อีกแบบหนึ่งเรียกข้าวแต๋นแดง ทั้งสองอย่างแตกต่างกันตรงที่ข้าวแต๋นขาวจะไม่ใช้น้ำอ้อยคลุกข้าวให้เข้ากันก่อนกดใส่พิมพ์แล้วเอาไปตาก แต่ข้าวแต๋นแดงจะคลุกน้ำอ้อยก่อนตาก ข้อแตกต่างอีกอย่างหนึ่งของข้าวแต๋นทั้งสองชนิดก็คือ ข้าวแต๋นแดงนั้นเมื่อจี่หรือทอดแล้วไม่ต้องหยอดน้ำอ้อยเคี่ยวเพราะมีรสหวานอยู่เนื้อข้าวเรียบร้อยแล้ว แต่ข้าวแต๋นขาวจะหยอดน้ำอ้อยเคี่ยวบนผิวหน้าเพื่อเพิ่มความหวาน ข้าวแต๋นขาวไม่ค่อยมีให้เห็น ทำข้าวแต๋นแดงเป็นพื้น ทอดเสร็จก็ยังต้องหยอดน้ำอ้อยเคี่ยวลงไปอีกความหวานเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของคนโบราณ (http://ns.yupparaj.ac.th/web4142/M406/406-11/01.htm)

2.2 ส่วนประกอบ

ข้าวเหนียว	5	กิโลกรัม	
น้ำแดงโม	1500	ลูกบาศก์เซนติเมตร	
กะทิ	250	ลูกบาศก์เซนติเมตร	
น้ำตาลทราย	150	กรัม	
งาขาว	200	กรัม	
เกลือ	30	กรัม	

2.2.1 วิธีการทำข้าวแต๋น

1. นำข้าวเหนียวแช่น้ำเป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้วนำไปนึ่งจนเมล็ดข้าวเหนียวใส
2. นำน้ำแดงโมที่เตรียมไว้แล้วมาตั้งไฟให้เดือด
3. ใส่กะทิ น้ำตาลและเกลือลงผสมตั้งให้เดือดอีกครั้ง
4. ยกลงแล้วใส่งาขาวลงผสม
5. นำข้าวเหนียวที่นึ่งเสร็จแล้วใส่น้ำแดงโมที่ผสมแล้วลงไปในข้าวเหนียวคนรวมกันให้ทั่ว
6. นำข้าวเหนียวที่มูลแล้วมาทำการขึ้นรูปโดยการใช้ฝาขวดเช่น ฝาขวดกาแฟมาเจาะรูด้านข้างเพื่อสะดวกในการเอาข้าวเหนียวออกจากฝา

7. นำข้าวเหนียวที่ขึ้นรูปแล้วไปวางลงบนตะแกรงและนำไปตากแดด 1 วัน
8. ข้าวเหนียวที่แตกแดดแล้วนำมาทอดในน้ำมันก็จะได้ข้าวแต๋นซึ่งมีลักษณะที่พองขึ้น มีสีเหลือง

2.3 ความสำคัญของข้าวเหนียว

ข้าว (Rice) เป็นอาหารที่มีความสำคัญที่สุดของคนในเอเชีย (Juliano และคณะ,1964) เป็นพืชที่ปลูกมากในประเทศไทย และเป็นอาหารหลักของคนไทยมาเป็นเวลาช้านาน จัดได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากชนิดหนึ่งในด้านของการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการส่งออกของประเทศ ได้ถือเอาข้าวเป็นเป้าหมายหลักอันหนึ่งที่ต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อการส่งออกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่าOryza sativa Lมีความหมายตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง ชื่อไม้ล้มลุก หลายชนิด หลายสกุลในวงศ์ Gramineae โดยเฉพาะ Oryza sativa Linn. ซึ่งใช้เมล็ดเป็นอาหารหลัก มีหลายพันธุ์ เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวที่นิยมบริโภคกันทั่วไปมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) เป็นข้าวที่มีอะมิโลส (Amylose) สูงร้อยละ40-50 เช่น ข้าวพันธุ์ กข. 1 กข.7หอมมะลิ105 เป็นต้นชนิดที่ 2 ข้าวเหนียว(glutinous rice,waxy,sweetหรือ mochji rice)เป็นข้าวที่มีอะมิโลสต่ำประกอบด้วยแป้งที่มีอะมิโลเพคติน(Amylopectin)สูงถึงร้อยละ 95(Beanและ คณะ, 1964) มีอะมิโลสเพียงร้อยละ5-8 เช่นข้าวพันธุ์ กข.8 สันป่าตอง เขี้ยวงู และพระตะบอง เป็นต้น(วุฒิชัย, 2535 หน้า122) ทั้ง อะมิโลส และอะ-มิโลเพคตินมีความสัมพันธ์กับคุณภาพในการหุงต้มและการบริโภคข้าวเหนียวซึ่งมีอะมิโลสต่ำกว่าข้าวเจ้าเมื่อหุงต้มแล้วจะเหนียวกว่าข้าวเจ้า

ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่นิยมบริโภคกันเป็นอาหารหลักของประชากรในแถบภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย รวมทั้งประเทศใกล้เคียงเช่นประเทศลาว(นิศาและสุภาพร, 2538 หน้า 9)ในบ้านเราการนำเมล็ดข้าวเหนียวมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ต่างๆยังมีน้อยกว่าการแปรรูปเมล็ดข้าวเจ้าโดยมากนิยมนำมาทำอาหารหวานต่างๆกันมากกว่าเช่นข้าวเหนียวเปียก ข้าวเหนียวมูล เป็นต้น สำหรับในต่างประเทศ การแปรรูปเมล็ดข้าวเหนียวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้แก่ การใช้แป้งข้าวเหนียว เป็นสารทำให้เกิดความคงตัว(stabilizer)ในซอสในเกรวี่ต่างๆใช้เป็นสารป้องกันการแยกตัวในอาหารแช่แข็ง และใช้ทำขนมหวาน(desserts)กันมากในประเทศจีน ฟิลิปปินส์ (Bean และคณะ,1984) ใช้ทำขนมปังกรอบข้าว(rice crackers)ได้แก่ อาราเร่ (arare) หรือโอกากิ (Okaki) (Apintanapong, 1994)

การหุงต้มข้าวเหนียวโดยทั่วไป ทำได้โดยนำข้าวสารมาแช่น้ำให้อิ่มตัวอย่างน้อย 5-6 ชั่วโมง หรือ แช่หนึ่งคืน (เพื่อให้ได้ข้าวสุกที่อ่อนนิ่ม) ชาวข้าว สะเด็ดน้ำ แล้วนึ่งให้สุกบรรจุลงในภาชนะ เช่นถุงพลาสติก กล่องพลาสติก หรือภาชนะเครื่องจักรสานเป็นต้น ข้าวเหนียวสุกดังกล่าวจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นเนื่องจากภาชนะบรรจุไม่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็น

สาเหตุทำให้อาหารเน่าเสียได้ และภาชนะบรรจุบางชนิดทำให้ข้าวสัมผัสกับอากาศได้ทำให้ข้าวแห้งแข็งเร็วขึ้น คุณภาพของเนื้อสัมผัสด้านความนุ่มจะมีน้อยลง คุณภาพด้านกลิ่นและรสเปลี่ยนไป ทำให้การยอมรับของผู้บริโภคลดลง นอกจากนั้นผู้บริโภคต้องเสียเวลาในการเตรียมการหุงต้มทุกวัน ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีพในสภาวะสังคมเศรษฐกิจในปัจจุบัน และที่สำคัญที่สุดก็คือ การสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของข้าวอันเนื่องมาจากขบวนการหุงต้ม

2.4 เกลือ

เป็นสารปรุงรสที่คนนิยมใช้มากที่สุดในโลก และยังใช้เติมในเนื้อสัตว์ ปลา และพืชผัก เพื่อให้เก็บไว้ได้นาน และยังใช้ในการเคลือบยาและสารเคมีที่ใช้กับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากที่สุด จนในสมัยโบราณชาวยุโรปตีราคาค่าตัวของทาสเป็นเกลือแทนทอง และคำว่าเงินเดือนในภาษาอังกฤษ (salary) นั้นมีรากศัพท์มาจากภาษาโรมัน "sal" แปลว่าเกลือ

ในสมัยโบราณชาวยุโรปใช้เกลือปนหล้าเพื่อเป็นอาหารวัวและต่อมามีผู้สังเกตว่าถ้าใส่เกลือมากเกินไปวัวจะตาย และวัวที่ท้องจะออกลูกก่อนกำหนด จึงคิดว่าในเกลือคงมีสารพิษเจือปนอยู่ด้วย เมื่อเร็ว ๆ นี้เองได้มีการศึกษาทดลองพบว่า ถ้าปนเกลือลงไปในอาหารหนูทดลองประมาณร้อยละ 5.6 หนูจะมีอายุสั้นกว่าหนูที่กินอาหารมีเกลือต่ำหลายเดือน และถ้าเพิ่มเกลือลงไปในอาหารมากขึ้น (8.4%) หนูจะมีอายุสั้นลงไปอีก 8 เดือน ซึ่งถ้านำมาเทียบกับอายุขัยของคนก็พอจะกล่าวได้ว่าคนที่กินเค็มจัด อายุจะสั้นกว่าคนที่ไม่กินเค็มถึง 32 ปี ตั้งแต่บัดนั้นมาจึงเริ่มมีความรู้ว่าเกลือเป็นสารบั่นทอนอายุ

ในคนที่กินเกลือ (โซเดียม) มาก จะมีโปแตสเซียมในร่างกายน้อย ทั้งนี้เนื่องจากโปแตสเซียมจะถูกน้ำไปทำลายสารพิษที่เกิดจากเกลือและถูกขับออกจากร่างกาย จึงทำให้เกลือโปแตสเซียมในร่างกายน้อยลงไป ดังนั้นในวงการอุตสาหกรรมอาหาร จึงเติมเกลือโปแตสเซียมลงไปในอาหารที่ผลิต เพื่อเป็นการชดเชยการกินเกลือมาก

จากการศึกษาปรากฏว่า โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกงเท่านั้น ที่ทำให้เกิด โรคความดันโลหิตสูง แต่เกลือโซเดียมอื่น ๆ เช่น โซดาผง โซเดียมไบคาร์บอเนต (BAKING SODA) โซเดียมซิเตรท (ในผลไม้รสเปรี้ยว เช่น ส้ม) โซเดียมคาร์เตรท (ในเหล้าองุ่น) โซเดียมแอสคอร์เบต (วิตามินซี) เหล่านี้ไม่ทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง

จากการศึกษาในสัตว์ทดลองยังพบว่า เกลือยังอาจทำให้เกิดโรคมะเร็งของกระเพาะอาหารบางชนิด (ANAPLASTIC ADENOCARCINOMA) ได้อีกด้วย (วิจริต บุณยะโหตระ, 2533)

2.5 งา

งาเป็นพืชไร่ล้มลุกที่มีเมล็ดขนาดเล็กสีดำหรือสีขาวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ปกติเราจะใช้เมล็ดงาเป็นส่วนปรุงแต่งอาหารพวกขนมหลายชนิด เช่น ขนมถั่วกระจก ถั่วตัด สลัดงา กระยาสารท ขนม

คอเปิด ขนมถั่วแปบ และพวกน้ำจิ้มทอดมัน สุกี้ ฯลฯ เนื่องจากเมื่อนำมาคั่วแล้วจะมีกลิ่นหอม น่ารับประทาน

จากการศึกษาพบว่าเมล็ดงาจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าน่าสนใจชนิดหนึ่ง เพราะในแต่ละเมล็ดเล็ก ๆ จะมีสารอาหารสำคัญๆเข้าไปแออัดยัดเยียดอยู่เต็มไปหมดไม่ว่าจะเป็นโปรตีนไขมันวิตามิ และเกลือแร่ต่างๆไขมันในงาจะมีอยู่มากประมาณ45-57%จัดเป็นไขมันที่มีคุณภาพดีเพราะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงและไม่เกิดการเหม็นหืนง่ายเนื่องจากมีสารกันหืนตามธรรมชาตินอกจากนั้นยังช่วยลดคอเรสเตอรอลในเลือดด้วย

ส่วนโปรตีนก็มีอยู่ไม่น้อยกว่า20%เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงเพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นอยู่ครบทุกชนิดโดยเฉพาะเมธิโอนินซึ่งมีอยู่น้อยในโปรตีนถั่วเหลืองแต่กลับมีมากในงาดังนั้นผู้ที่บริโภคอาหารมังสวิรัติซึ่งร่างกายจะได้รับโปรตีนจากธัญพืชจึงต้องบริโภคเมล็ดงาร่วมกับเมล็ดถั่วด้วยจึงจะได้รับกรดอะมิโนที่จำเป็นอย่างเพียงพอในเมล็ดงาจะอุดมไปด้วยวิตามินบีทุกชนิด(ยกเว้นวิตามินบี 12) ซึ่งจะช่วยในการบำรุงสมอง ประสาท และป้องกันโรคเหน็บชาส่วนเกลือแร่จะมีมากถึง4.1-6.5%ที่สำคัญ ก็คือ พวกธาตุเหล็ก ไอโอดีน สังกะสี แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะแคลเซียม และฟอสฟอรัสในงาจะมีอยู่มากกว่าผักชนิดอื่น ๆ ถึง40 และ20 เท่าตามลำดับ ดังนั้นงาจึงเป็นแหล่งของสารอาหารที่น่าสนใจอย่างหนึ่งที่อาจจะช่วยบรรเทาโรคบางชนิดได้ เช่น โรคเหน็บชา โรคปวดตามข้อกระดูกเป็นต้น(ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์จุฬาฯ, 2541)

เมื่อเปรียบเทียบงากับถั่วเหลืองและไข่แล้วพบว่า งามีไขมันสูงกว่าถั่วเหลืองประมาณ 3 เท่า และสูงกว่าไข่ ประมาณ 4-6 เท่า มีโปรตีนสูงกว่าไข่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่าถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้ โปรตีนในงายังแตกต่างจากพืชตระกูลถั่วและพืชให้น้ำมันอื่น ๆ เพราะมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ซึ่งพืชดังกล่าวขาดแคลน เช่น เมธไธโอนินและซีสติน แต่งามีไลซีนต่ำ ดังนั้นอาจใช้งาเสริมอาหารถั่ว ธัญพืช และอาหารแป้งอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของงาเปรียบเทียบกับถั่วเหลืองและไข่ไก่

ชนิด / โภชนาการ	งาสีขาว	งาสีดำ	ถั่วเหลือง	ไข่ไก่
ความชื้น	5.26	5.87	8.42	71.28
ไขมัน	48.60	51.26	17.78	11.5
คาร์โบไฮเดรต	21.25	20.18	32.32	0.48
ใยอาหาร	6.01	4.36	4.06	-
เถ้า	7.04	6.01	5.86	0.96
โปรตีน	17.62	16.84	35.60	12.93
แคลเซียม	0.71	0.84	0.24	0.06
ฟอสฟอรัส	0.54	0.66	0.55	0.22

ที่มา http://www.doa.go.th/data-agri/SESAMI/3var/var01.html)

2.6 แตงโม

ชื่อสามัญ : Water melon

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : Citrullus vulgaris Schrad

แตงโม ลักษณะเป็นไม้เถา ลำต้นเลื้อยทอดตามพื้นดิน มีมือเกาะตามแขนง ใบค่อนข้างใหญ่ ขอบใบหยักเว้าลึกแบบนิ้วมือ ดอกเดี่ยวสีเหลือง ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกดอกกัน แต่อยู่บนต้นเดียวกัน ผลกลมหรือรี ยาวเปลือกหนาแต่แตกง่าย มีสีเขียว เหลือง และลายหลายสี

ส่วนที่นำมาใช้

เนื้อของแตงโม เปลือก เมล็ด

สารที่มีคุณประโยชน์

- ประกอบไปด้วย วิตามินเอ วิตามินซี และธาตุแคลเซียม
- ภายในเนื้อของแตงโมยังมี Citrulline ซึ่งละลายในน้ำแต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์
- เมล็ดใน (Keunel) มี (citrulline) เป็นยาเย็นและขับปัสสาวะ
- ใช้เปลือกแตงโมประคบแผล หรือรอยฟกช้ำบวมเป่งที่รู้สึกปวดแสบ ปวดร้อนให้ลดลง รู้สึก

เย็นสบาย

- ใบ รสฝาดเย็น ชงกับน้ำร้อนรับประทานเป็นยาลดไข้
- ใบ,เถา,ราก รสฝาดเย็น แก้บิด แก้ท้องร่วง
- เปลือกลูก รสจืดเย็นฝาด แก้ร้อนในกระหายน้ำ แก้ปากและลิ้นเป็นแผล บำรุงธาตุ ช่วยย่อยอาหาร แก้ดีซ่าน แก้เบาหวาน
- ผลอ่อน ใช้เป็นเครื่องเคียงรับประทานกับน้ำพริก ใช้แกงส้ม แกงเลียง ผลแก่ รับประทานสด
- น้ำคั้นจากผล รสหวานเย็น แก้ร้อนในกระหายน้ำ แก้ปากเป็นแผล ขับปัสสาวะ
- เมล็ด รสมัน เย็น แก้กระเพาะปัสสาวะอักเสบ แก้ลมขึ้นเบื้องสูง ขับเสมหะ แก้อาเจียนเป็นเลือด แก้ไอเรื้อรัง บำรุงร่างกาย บำรุงธาตุ บำรุงปอดและสมอง
- ราก,น้ำยางจากราก รสฝาดเย็น แก้ตกเลือดหลังคลอด

2.7 น้ำตาลทราย

"น้ำตาล" เป็นสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์ นับตั้งแต่คลอดออกจากครรภ์มารดา อาหารที่จำเป็นของทารก คือ น้ำนมก็มีน้ำตาลผสมอยู่ หรือในอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น ข้าว ขนมปัง ก็ประกอบด้วยน้ำตาลพวกโมโนแซกคาไรด์(monosaccharide)นอกจากนี้ในผักและผลไม้ก็มีน้ำตาลอยู่ด้วยเช่นกัน

ในการทำงานของอวัยวะภายในและเนื้อเยื่อของร่างกาย ตลอดจนการหายใจ การไหลเวียนของโลหิต การขับปัสสาวะและการย่อยอาหารล้วนแล้วแต่ต้องใช้พลังงานจากน้ำตาลทั้งสิ้นนอกจากนี้พบพลังงานในการเคลื่อนไหวร่างกายของมนุษย์ร้อยละ70 ก็มาจากน้ำตาลดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำตาลมีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อชีวิตเป็นอย่างมาก

น้ำตาลที่คนทั่วไปรู้จักและนิยมบริโภคกันเป็นประจำได้แก่ น้ำตาลทรายขาว น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลกรวดซึ่งน้ำตาลเหล่านี้ส่วนทำมาจากอ้อยหรือพืชผักที่มีรสหวานชนิดอื่นสำหรับน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดงนั้น ถูกจัดอยู่ในประเภทอาหารทั่วไปตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 และไม่จำเป็นต้องมีฉลาก ดังนั้นเราจึงไม่พบเครื่องหมาย"อย"บนหีบห่อผลิตภัณฑ์

2.7.1 น้ำตาลทรายขาว (White Sugar)

น้ำตาลทรายขาวทำมาจากอ้อยซึ่งเป็นพืชธรรมชาติ ซึ่งกว่าจะเป็นน้ำตาลทรายขาวได้นั้นจะต้องผ่านกระบวนการฟอกขาวทางเคมี และการแยกสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ออก ทำให้น้ำตาลมีสีขาวและบริสุทธิ์ แต่ถ้าจะพูดถึงคุณค่าทางโภชนาการแล้ว น้ำตาลทรายขาวจะมีคุณค่าน้อยกว่าน้ำตาล

ทรายแดงมาก ทั้งนี้เพราะสารบางอย่างจะลดน้อยลง เนื่องจากสูญหายไปในกระบวนการในการผลิตของน้ำตาลทรายขาว

อันตรายเนื่องจากการบริโภคน้ำตาลทรายขาวการบริโภคน้ำตาลทรายขาวมากจะทำให้ปริมาณน้ำตาลในเลือดต่ำ ซึ่งจะทำให้มีอาการเหนื่อยตลอดเวลา เพลีย จิตใจหดหู่ หงุดหงิด ปวดศรีษะ ง่วงโกรธง่าย อารมณ์ร้าย หัวใจเต้นเร็ว หัวใจสั่น มือสั่น มือเท้าเย็น กลัวโดยไม่มีเหตุผล หิวบ่อย อยากรับประทานของหวานเรื่อยๆ ในเด็กจะทำให้ไม่มีสมาธิในการเรียน ชุกชนผิดปกติ ความจำไม่ดี ชอบทะเลาะ บางครั้งมีความคิดอยากทำร้ายตัวเอง

เหตุที่รับประทานน้ำตาลทรายขาวมากแล้วทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำจากคำอธิบายของ นายแพทย์ไรฟอร์ด ในวารสารพรีเวนชั่น ฉบับเดือนตุลาคม ค.ศ.1987 มีความว่า ตามปกตินำ้ตาลที่ไหลอยู่ในกระแสโลหิตของคนเรานั้นมีประมาณไม่เกิน 2 ช้อนชาเท่านั้น ถ้าเกินจากนี้อินซูลินซึ่งเป็นฮอร์โมนจากตับอ่อนจะไหลออกมาเก็บน้ำตาล (Glucose) รวมกับน้ำตาลที่ควรจะต้องไหลเวียนอยู่ในกระแสโลหิตไปเก็บไว้ที่ตับและกล้ามเนื้อ จึงทำให้น้ำตาลในเลือดน้อยเกิดกาวะน้ำตาลในเลือดต่ำลง

2.8 กะทิ

กะทิเป็นส่วนประกอบในอาหารไทยหลากหลายชนิด ทั้งอาหารคาวและอาหารหวาน แต่เนื่องจากกะทิมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งอาจมีผลต่อการเพิ่มปริมาณของโคเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL-cholesterol) ในเลือด อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุการตายอันดับ 2 ของคนไทยในขณะนี้ดังนั้นผู้ที่ต้องระวังการบริโภคกรมดไขมันอิ่มตัว เช่น ผู้ที่มีปัญหาโคเลสเตอรอลในเลือดสูง โรคหัวใจขาดเลือด หรือ โรคอ้วน รวมทั้งผู้ที่เอาใจใส่สุขภาพจึงมักจะงดหรือหลีกเลี่ยงบริโภคอาหารที่มีกะทิ นอกจากนี้กะทิยังมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณต่ำที่ทำให้สัดส่วนของกรมไขมันไม่เหมาะสมตามสัดส่วนที่มีการแนะนำให้บริโภค

2.9 เครื่องต้นกำลัง

2.9.1 ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าเปรียบเสมือนต้นกำลังในงานอุตสาหกรรมทั่วไปโดยมีลักษณะการทำงานเป็นแบบหมุนเชิงมุม ซึ่งหลักการหมุนมอเตอร์นั้นเกิดจากการดูดและผลักกันของขั้วแม่เหล็กลักษณะการพิจารณาในการเลือกมอเตอร์ใช้งานในการพิจารณาเลือดมอเตอร์นั้น การเลือกขนาดมอเตอร์ให้

มีความเหมาะสมกับชนิดของงานเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก เพราะการเลือกมอเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้งานที่ได้มีประสิทธิภาพสูง และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด โดยมีหลักในการเลือกใช้มอเตอร์ดังนี้

1. ชนิดของงานและกำลังงานซึ่งงานนั้น ๆ ต้องการ เช่น ในการใช้งานที่ต้องการให้มอเตอร์ยกของจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเลือกใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดมาก ๆ เมื่อเริ่มต้นหมุนและมีกำลังม้าเพียงพอที่จะยกของนั้นได้

2. ลักษณะกำลังของไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้กับมอเตอร์ต้องมีความเหมาะสม

3. ลักษณะภายนอกของมอเตอร์ต้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของงาน เมื่อสามารถเลือกมอเตอร์ได้ตามข้อกำหนดข้างต้น โดยที่มีขนาดแรงม้าต่ำที่สุดก็จะได้มอเตอร์ที่มีราคาถูก ในกรณีเลือกขนาดมอเตอร์ให้มีแรงม้าต่ำเกินไปจะส่งผลทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลงตามไปด้วย

จากการพิจารณาในการเลือกใช้มอเตอร์ข้างต้น เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน จึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Atternating Current Moter) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. มอเตอร์กระแสสลับเฟสเดียว
2. มอเตอร์กระแสสลับสามเฟส

2.9.1.1 กำลังของมอเตอร์เฟสเดียว

กำลังของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวโดยทั่วไป สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$P = IE \cos\theta \quad (1)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า (W)

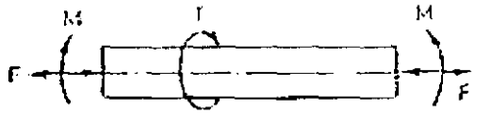
I = กระแสไฟฟ้า (A)

E = แรงดันไฟฟ้า(V)

$\cos\theta$ = Power factor

2.9.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา

เพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกลที่มีความสำคัญของระบบการส่งกำลัง กำลังที่ส่งผ่านเพลาในรูปของโมเมนต์แรงบิด (Torque)ในการส่วนผ่านกำลังระหว่างเพลาหนึ่งไปอีกเพลาหนึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพาน ฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงเนื่องจากการขบกันของเฟืองแรงเนื่องจากแรงฉุดของโซ่ หรือแรงดึงของสายพานมากระทำต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์(bending moment) ขึ้นบนเพลาและบางกรณีอาจมีแรงกระทำตามแนวแกนของเพลาด้วย ดังนั้นในขณะที่เพลาทำหน้าที่ส่งผ่านกำลัง เพลาจะรับโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัดพร้อม ๆ กัน



<u>ภาพที่ 1</u> แสดงรูปร่างลักษณะของเพลา

ที่มา: มานพ, 2545

โดยปกติทั่วไปรูปหน้าตัดเพลาจะเป็นวงกลมขนาดไม่เท่ากันแต่จะตกบ่าเป็นชั้นๆ บางตำแหน่งจะมีร่องลิ่มเพื่อใช้ในการติดตั้งพูลเล่ย์ เฟือง แบริ่ง หรือชิ้นส่วนอื่นๆเพลาที่ใช้โดยทั่วไปจะมีทั้งเพลากลวงและเพลาตัน

สำหรับวัสดุที่ใช้ทำเพลาส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กเหนียว (Steel) เช่น St50, St60 หรือ St70 ในกรณีที่ต้องการความแข็งแรงสูงๆ และคงทนต่อการใช้งานมากๆ อาจใช้พวกเหล็กผสม (Alloy Steel) เช่น Chrom-Nickel หรือChrom- Varadium Steel (40 Mn 4, 34 Cr 4, 16 Mn, Cr 5 หรือ 18 CrNi 8เป็นต้น)

2.9.2.1 การออกแบบเพลา

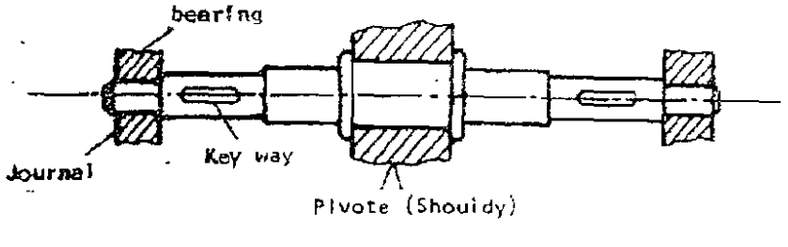
เครื่องจักรกลเกือบทุกประเภทมีส่วนที่ใช่เพลาในการถ่ายทอดการหมุน หรือการหมุนการส่งกำลังโดยอาศัยชิ้นส่วนสำคัญคือ เพลา(Shaft)เป็นชิ้นส่วนหมุนและใช้งานในการส่งกำลังแกน(Axial) เป็นชิ้นส่วนเดียวกับเพลาแต่ไม่หมุนส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่กับที่ก็ตาม เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด แรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ซึ่งการคำนวณจึงต้องใช้แรงเค้นเข้าช่วยแรงเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้

2.9.2.2 วัสดุเพลา

วัสดุที่ใช้ทำเพลาคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและมีความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นในการทำเพลา ถ้าเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm. ก็มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อนเพื่อมีราคาถูกที่สุดที่จะพยายามเลือกใช้ เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา

2.9.2.3 ขนาดของเพลา

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศได้กำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งระบุขนาดเป็น (Norminal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช่รองรับเพลาด้วย ในการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาความล้าหรือความหนาแน่นที่เกิดกับเพลา



<u>ภาพที่ 2</u> แสดงเพลาอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

ในการออกแบบขนาดของเพลาสำหรับงานปกติทั่วไปจะพิจารณาเฉพาะกำลังงานที่ภาระและจะคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลาเพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอสำหรับงานพิเศษในบางกรณีจึงจะพิจารณาถึงความแกร่งและ Critical speed และในการคำนวณกำลังงานและภาระของเพลา

สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$P = \frac{(2.\omega.T.n)}{(60.1000)} \quad (KW) \qquad (2)$$

เมื่อ P = กำลังงานที่เพลารับ(KW)

n = ความเร็วรอบของเพลา (rpm)

T = แรงบิดทางกลที่ขับมอเตอร์ (N.m)

ω = ความเร็วเชิงมุม เรเดียน / วินาที (มงคล, 2535)

และเนื่องจากเพลาเป็นชิ้นส่วนเครื่องมือกลมีความสำคัญของระบบการส่งผ่านกำลังและกำลังที่ส่งผ่านเพลาอยู่ในรูปของโมเมนต์ของแรงบิด(Torgue)ในการส่งผ่านกำลังระหว่างเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งซึ่งจำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง เช่น เฟือง โซ่ สายพานฯลฯ ดังนั้นจึงเกิดแรงเนื่องจากการขบกันของเฟือง แรงเนื่องจากแรงฉุดของโซ่หรือแรงดึงที่เกิดจากสายพานมากระทบต่อเพลาอันเป็นผลให้เกิดโมเมนต์ดัดขึ้นในเพลา

- ค่าความปลอดภัย(Safety factor) การตรวจสอบเพื่อหาค่าความปลอดภัยของเพลาจะต้องตรวจสอบบริเวณที่อันตราย เช่น บริเวณที่มีโมเมนต์ดัดสูงๆ บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเพลา
- ค่า Equivalent Stress ที่เกิดขึ้นบริเวณนั้นจะต้องน้อยกว่า ค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลาบริเวณนั้น ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าเพลาบริเวณนั้นจะไม่เกิดการเสียหายเมื่อนำไปใช้งาน
- ความแกร่ง (Rigidity or Stiffness) หมายถึง ความทนทานต่อการอ่อนตัวหรือการบิดไปของเพลาเมื่อใช้งาน
- มุมที่เพลาบิดไป (Angle of Stiffness) เมื่อเพลาหมุนขณะที่ส่งกำลังก็จะบิดตัวไปด้วย เนื่องจากโมเมนต์บิดที่มากระทำมุมที่บิดไปของเพลา
- Deflection เมื่อเพลาอยู่ภายใต้แรงที่พื้นที่หน้าตัดหนึ่งๆ จะมี Bending moment

และ Shear force ซึ่งทำให้มีความเค้นขึ้นดังกล่าวมาแล้วเพลาเหล่านี้นอกจากจะทนความเค้นได้แล้ว ยังจะต้องไม่โก่งมากอีกด้วย มิฉะนั้นจะใช้งานไม่ได้ดีตามต้องการ (บรรเลง และ กิติ, 2530)

2.9.2.4 การคำนวณเพลา

ในการคำนวณเพลาจำเป็นจะต้องคำนึงถึงแรงที่เข้ากระทำหลาย ๆ แรง ต่อเนื่องด้วยเพลาที่

ใช้ในงานที่มีความเร็วรอบไม่สูงมากนักและรับภาระสถิตเพียงอย่างเดียวจึง คำนวณเฉพาะโมเมนต์ที่เกิดจากแรงบิดเท่านั้น

$$T = F \times r \qquad (3)$$

$$P = \frac{M_T . 2.\pi . n}{60} \qquad (4)$$

$$= \frac{M_T . \pi . n}{30}$$

$$M_T = \frac{P.1000.30}{\pi . n} \qquad (5)$$

$$M_T = \frac{9550.P}{n}$$

เมื่อ P = กำลังงานระบุในเพลา (kW)

N = ความเร็วรอบของเพลา (rpm)

M_t = โมเมนต์ระบุ (N.m)

$$M_B = M_t C_B \qquad (6)$$

เมื่อ M_B = โมเมนบิดขณะขับภาระเป็น (N.m)

C_B = แฟกเตอร์งาน(Working factor) สำหรับเครื่องจักรที่หมุน

(เทอร์ไบน์ที่ใช้กับน้ำ และไอน้ำ)

ในการคำนวณความเค้นทางปฏิบัติจะมีค่า C_B ดังนี้ (มานพ , 2545)

เครื่องกลทำงานด้วยไฟฟ้า	1,0 –1,1
ชุดเดรน เครื่องไส เครื่องยนต์ลูกสูบ	1,2 – 1,5
เครื่องตีอัด เครื่องปั๊มรู	1,6 – 2,0
ค้อนกล เครื่องย่อยหิน เครื่องรีดโลหะ	2,0 – 3,0

2.9.2.5 ทฤษฎีการหากำลังของมอเตอร์

$T \times \omega$ = กำ ลังทางกลของมอเตอร์ (7)

เมื่อ T = แรงบิดทางกลที่ขับมอเตอร์

ω = ความเร็วเชิงมุม เรเดียน / วินาที (มงคล, 2535)

2.9.2.6 การคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลาง (Ød) ของเพลาโดยประมาณ

ส่วนใหญ่การคำนวณอันดับแรกจะยังไม่ทราบค่าโมเมนต์ดัดที่แน่นอน เพราะ ระยะของเพลาล้อหรือแรงยังไม่ทราบค่า จึงมีการคำนวณค่าโมเมนต์บิดและจำนวนรอบเพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Ød ของเพลาได้โดยประมาณดังสูตร

$$Ød \approx C_1 \times M_B^{1/3} \quad (8)$$

C_1 เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

C_1 = 6,9 เมื่อ τ all = 15 N/mm^2 สำหรับ St 37 , St 42

C_1 = 6,3 เมื่อ τ all = 20 N/mm^2 สำหรับ St 50 , St 60

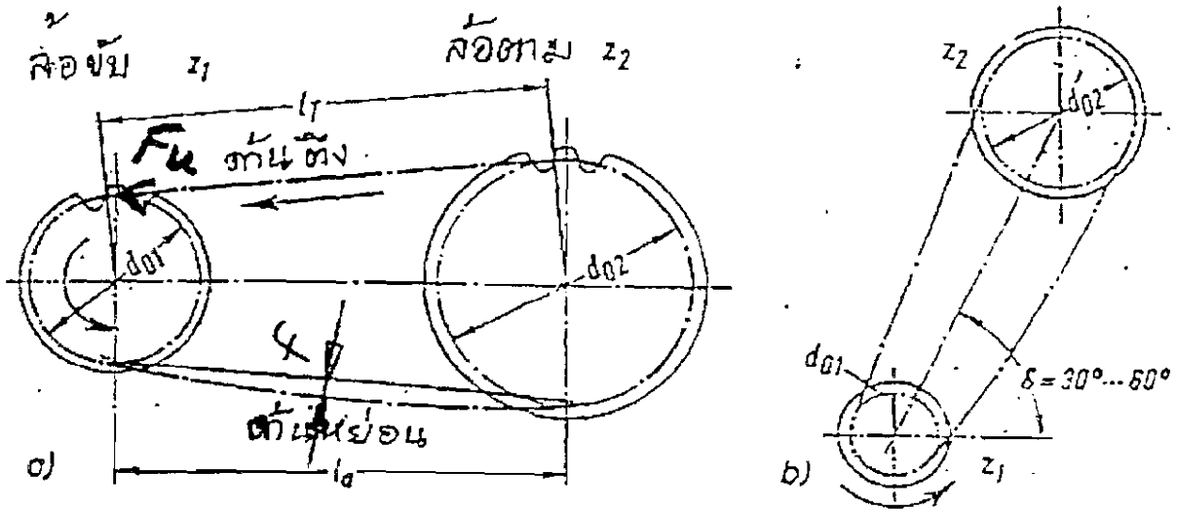
C_1 = 5,8 – เมื่อ τ all = 25 N/mm^2 สำหรับ St สำหรับเหล็กกล้าที่มีความเค้นสูง

Safety factor = 1.6 – 2.0

2.9.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่

2.9.3.1โซ่ขับ (chain drive)

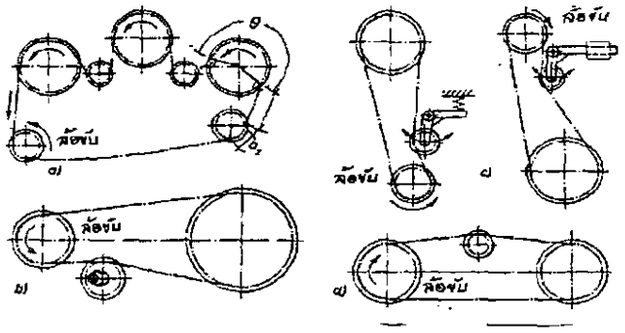
โซ่ขับมีข้อดีตรงที่ไม่มีการลื่น (Slip) ขณะส่งกำลัง มีอายุการใช้งานนานและสามารถส่งถ่าย
กำลังไปหลายเพลาจากแหล่งส่งกำลังเพียงแหล่งเดียวได้มาตรฐานโซ่ขับที่สำคัญได้แก่ BS-series-ISO Type B และมาตรฐานอเมริกัน (ANSI)-ISOType A



ภาพที่ 3 แสดงรูปแบบการส่งกำลังด้วยโซ่ขับ a) แนวนอน b) แนวเอียง
ที่มา : มานพ , 2545

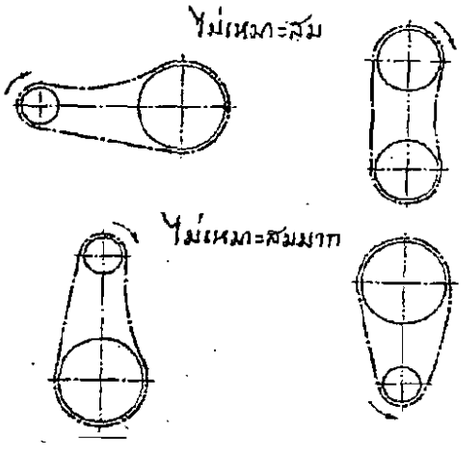
2.9.3.2 อุปกรณ์ดึงโซ่ขับ

เพื่อให้โซ่ขับส่งกำลังอย่างมีประสิทธิภาพควรจะให้มีมุมโอบของโซ่รอบเฟืองโซ่อย่างน้อยที่สุดให้ได้จำนวนฟันรวม z/3



ภาพที่ 4 แสดงโซ่ขับที่มีอุปกรณ์ดึงโซ่ a) ชุดเฟืองส่งกำลังที่มีเฟืองโซ่สะพาน b) เฟืองดึงโซ่แบบเยื้องศูนย์ (Eccentric) c) เฟืองโซ่แบบใช้สปริงและน้ำหนักถ่วง d) เฟืองดึงโซ่แบบค้ำโซ่

ที่มา : มานพ ,2545



ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบส่งกำลังด้วยโซ่ขับที่ไม่เหมาะสม

ที่มา : มานพ ,2545

ในการใช้เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟันน้อย จะทำให้เกิดการคัดงอของข้อโซ่ โดยเฉพาะที่ความเร็วสูง จะทำให้เกิดการสึกหรอของข้อต่อโซ่เร็วขึ้นมีผลทำโซ่ยืดออกเร็วขึ้น ปกติจะอนุญาตให้ยืดออกได้ไม่เกิน 3 %

ด้วยเหตุนี้เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟัน (z) น้อยกว่า 17 ฟัน จะนำมาใช้งานที่ใช้มือหมุนหรืองานหมุน รอบช้า ในทางปฏิบัติจำนวนฟันของล้อเฟืองสามารถกำหนดได้ดังนี้

z = 11-13 ฟัน ใช้งานที่ความเร็ว v < 4 m/s ที่ระยะพิตช์ p < 20 mm และความยาวโซ่เกินกว่า 40 ข้อโซ่ สำหรับงานขับเคลื่อนที่มีแรงกระแทกน้อย

z = 14-16 ฟัน ใช้งานที่ความเร็ว v < 7 m/s สำหรับภาระปานกลาง

z = 17-25 ฟัน ใช้งานที่ความเร็ว v < 24 m/s เหมาะสำหรับเฟืองโซ่ขนาดเล็ก

z = 26-79 ฟัน ใช้งานกับเฟืองโซ่ขนาดใหญ่

z = 80-120 ฟัน ใช้งานกับเฟืองโซ่ที่โตมาก ๆ

อัตราทดเฟืองโซ่ คือ

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} \qquad (9)$$

เมื่อ i = อัตราทดเฟืองโซ่

n_1 = ความเร็วรอบเฟืองขบ

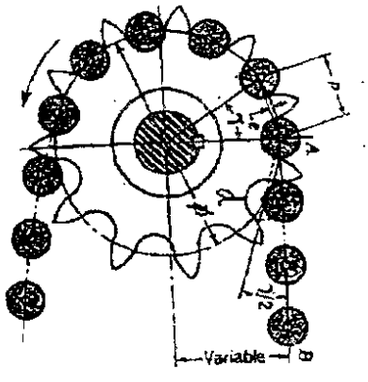
n_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม

z_1 = จำนวนฟันเฟืองขบ

z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม

โดยปกติจะใช้ i < 7 และที่ i = 10 สำหรับความเร็วโซ่ต่ำ

หมายเหตุ : ให้หลีกเลี่ยงการออกแบบเฟืองโซ่โตเป็นเฟืองขับ เฟืองโซ่เล็กเป็นเฟืองตาม (ทดรอบ ให้เร็วขึ้น เพราะไม่เหมาะสม)



<u>ภาพที่ 6</u> แสดงการสัมผัสของข้อโซ่กับเฟืองโซ่

ที่มา : มานพ , 2545

โดยทั่วไปภาระพิเศษที่โซ่ขับรับไว้จะเกิดจากสภาพดังต่อไปนี้

1. เฟืองโซ่ที่มีฟันน้อยกว่า 9 ฟัน ส่งกำลังที่ความเร็วรอบต่ำหรือน้อยกว่า 16 ฟันที่ความเร็วสูง
2. ภาระกระชากหรือกระตุก (Shock load) หรือเปลี่ยนทิศทางส่งกำลังบ่อย ๆ
3. มีเฟืองโซ่มากกว่า 3 ตัวในการขับ
4. การหล่อลื่นไม่เพียงพอ
5. โซ่ต้องทำงานในสภาวะที่มีฝุ่นหรือสกปรก

2.9.3.3 การเลือกโซ่ขับ

1. อายุโซ่ลูกกลิ้งจะถูกกำหนดจากการสึกหรอระหว่างบูชและโบลต์ในลำดับแรกจะสัมพันธ์

กับแรงดึงโซ่ พื้นที่ข้อต่อ การหล่อลื่น และจำนวนการหมุนรอบของโซ่

2. ต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ
3. สำหรับสภาพงานที่สม่ำเสมอโดยปราศจากแรงพลวัต ภายนอกมากระทำเพิ่มเติมและให้

มีการยืดออกจากการสึกหรอสูงสุดไม่เกิน 3%

ข้อดีของการขับด้วยโซ่ คือ

1. มีขนาดกะทัดรัดกว่าเมื่อเทียบกับการขับด้วยสายพาน
2. โหลดบนเพลาน้อยกว่าการขับด้วยสายพานเนื่องจากไม่ต้องมีแรงดึงเบื้องต้น
3. ส่งกำลังได้สูง
4. มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง
5. ส่งกำลังได้ระยะทางไกล 5-8 เมตร
6. โซ่เส้นเดียวสามารถขับได้หลาย ๆ เพลา
7. การติดตั้งทำได้สะดวก

ข้อเสีย

1. ระยะพิตช์ของโซ่เพิ่มขึ้น (โซ่ยืดออก) เนื่องจากการสึกกร่อนของข้อต่อซึ่งต้องใช้ตัวปรับความตึง
2. การบำรุงรักษายุ่งยากกว่าสายพาน

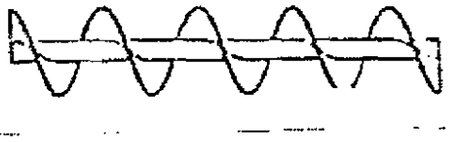
3. เกิดเสียงดังและการสั่นสะเทือนในขณะทำงาน เนื่องจากการกระแทกระหว่างโซ่กับโค่นฟันของจานโซ่และความเร็วไม่คงที่

2.9.3.4 ค่าความปลอดภัย (safety factor)

การตรวจสอบหาค่าความปลอดภัยของเพลา จะต้องตรวจสอบบริเวณที่อันตราย เช่น บริเวณ
ที่มีโมเมนต์ดัดสูง ๆ บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเพลา ค่า Equivalent stress ที่เกิดขึ้นบริเวณนั้นจะต้องน้อยกว่าค่าความเค้นที่ยอมให้ใช้งานได้ของเพลาบริเวณนั้น ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าเพลาบริเวณนั้นจะไม่เกิดการเสียหายเมื่อนำไปใช้งาน

2.9.4 เกลียวป้อน (Screw feeders)

เกลียวป้อนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของวัสดุออกจากถังบรรจุอย่างสม่ำเสมอ เกลียวป้อนมักบรรจุอยู่ในรางปิด มี 4 ชนิดแบ่งตามระยะพิตช์
ระยะพิตช์มาตรฐาน (Regular full pitch)
ระยะพิตช์สั้น (Regular short or half pitch)
เกลียวมาตรฐาน (Taper full pitch)
ระยะพิตช์สั้นเกลียวเรียว (Taper short pitch)
ระยะพิตช์มาตรฐานนั้น ใช้กับวัสดุที่เคลื่อนไหลง่าย และช่วงทางออกวัสดุจากถังควรอยู่บริเวณช่วงหลังของใบเกลียว เพื่อป้องกันการเกิดเขดไม่ถ่ายเทวัสดุในถังและช่วงเปิดจากถังไม่ควรยาวกว่า 2 เท่าของระยะพิตช์ดังรูปที่ 7

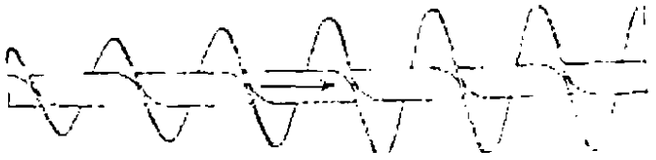


<u>รูปที่ 7</u> เกลียวมาตรฐาน

(Hinterlong, B.J.A.D.Sinden, 1985)

ส่วนระยะพิตช์สั้นใช้ในกรณีที่วัสดุเคลื่อนไหลไม่สะดวก มีโอกาสที่จะทำให้เกลียวป้อนที่ภาระเกินได้ง่าย

ส่วนเกลียวเรียวที่ใช้ในการป้อนวัสดุที่เป็นก้อน สามารถรับวัสดุจากถังบรรจุหรือถังพักได้ตลอดความยาวของเกลียวเรียว โดยไม่เกิดเขตไม่ถ่ายเท เกลียวแบบนี้กินกำลังงานน้อยกว่าเกลียวปกติที่มีระยะวัสดุจากฉังเท่ากันดังรูปที่ 8



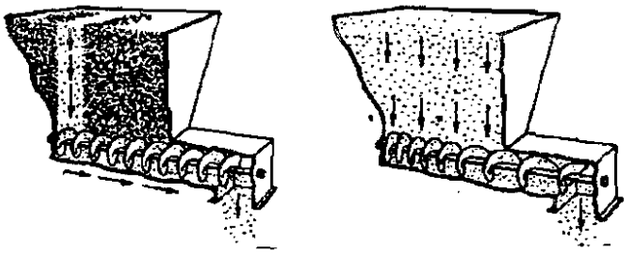
<u>รูปที่ 8</u> เกลียวเรียว

(Hinterlong, B.J.A.D.Sinden, 1985)

ในปัจจุบันมีเกลียวป้อนที่ใช้เพลาเรียวแทนเกลียวเรียว ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เกิดเขตไม่ถ่ายเทในรางเกลียวป้อนซึ่งมีเกลียวลำเลียงต่อออกมาอีกนั้นต้องมีชุดแขวนต่อ 0(Intermediate banger)กรณีอย่างนี้เกลียวลำเลียงจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเกลียวป้อนและขนาดเกลียวลำเลียงที่มาต่อ

2.9.4.1 เกลียวป้อนหลายเกลียว

เกลียวป้อนหลายเกลียวมีลักษณะเป็นเกลียวป้อนในแนวราบวางเรียงกันเต็มพื้นที่ได้ถังบรรจุวัสดุดังรูป 9ใช้กับวัสดุที่อัดตัวกันภายใต้ความดันมีการเคลื่อนไหลไม่สะดวกหรือติดขัดต้นกำลังขับที่ใช้อาจมีหลายตัวหรือตัวเดียวก็ได้การคำนวณทำแบบเดียวกันกับเกลียวป้อนเดี่ยวและคูณด้วยจำนวนเกลียว



<u>รูปที่ 9</u> ลักษณะการใช้งานเกลียวป้อน

(Hinterlong, B.J.A.D.Sinden, 1985)

2.9.5 ลูกเบี้ยว (Eccentric)

ในการจับชิ้นงานให้แน่น ถ้าต้องการความสะดวกและรวดเร็วการจับยึดชิ้นงานหรือคลายชิ้นงานแล้ว ลูกเบี้ยวนับได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุด ลูกเบี้ยวที่ใช้ในการจับยึดชิ้นงานมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

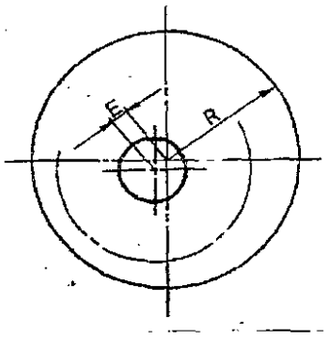
ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ (Simple Eccentric)

ลูกเบี้ยวแบบสไปราล (Spiral Eccentric)

2.9.5.1 ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ (Simple Eccentric)

เป็นลูกเบี้ยวแบบง่าย ๆ ที่ได้จากการเจาะรูในชิ้นงานทรงกระบอกให้เยื้องศูนย์ ออกไปจาก
ศูนย์เดิม ช่วงของการกดงานอาศัยระยะของการเยื้องศูนย์ ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์นี้มีข้อดี คือ การออกแบบและสร้างได้ง่าย แต่มีข้อเสียที่ว่า ลูกเบี้ยวชนิดนี้มีโอกาสคลายตัวได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับการสั่นสะเทือน

ถ้าต้องการให้การจับชิ้นงานของลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ ไม่คลายตัว (Self Locking) จะต้อง
ออกแบบให้อัตราส่วนของระยะเยื้อง (E) กับรัศมีของลูกเบี้ยว (R) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1: 15 [E:R $\leq$ 1: 15] ถ้า E:R มากกว่านี้แล้วจะทำให้คลายตัวได้เอง



รูปที่ 10 ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์

2.9.5.2 ลูกเบี้ยวแบบสไปราล (Spiral Eccentric)

เป็นลูกเบี้ยวที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานได้ดีกว่าลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์เพราะกดงานได้
นิ่มนวลกว่าทั้งนี้เนื่องจากหน้าสัมผัสของลูกเบี้ยวแบบสไปราล ถูกทำให้โค้งตามสไปราลของอาคิมิดิส โค้งของสไปราลนี้เองทำให้ทิศทางของแรงกดมีระยะห่างจากจะศูนย์กลางการหมุนของลูกเบี้ยว (ระยะ a) เท่ากันตลอดไม่ว่ามุมของแขนโยกจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตามจากรูปที่11จะเห็นว่าเมื่อส่วนโค้งของลูกเบี้ยวเปลี่ยนตำแหน่งไประยะaก็ยังคงเดิมซึ่งผิดกับลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ซึ่งระยะa นี้จะเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆตามมุมเอียงของแขนโยกแต่ลูกเบี้ยวแบบสไปราลก็มีข้อเสียที่ว่าการออกแบบสร้างทำได้ยาก และนอกจากนั้นกรรมวิธีการผลิตลูกเบี้ยวสไปราลยังทำได้ยากอีกด้วย

2.9.5.2.1 การออกแบบสร้างลูกเบี้ยวแบบสไปราล

การออกแบบสร้างลูกเบี้ยวแบบสไปราล ทำได้ดังนี้ คือ

<u>วิธีสร้าง</u>

เขียนวงกลมรัศมี 0-L

แบ่งระยะ 0-L ออกเป็นส่วน ๆ ในที่นี้ใช้ 12 ส่วน

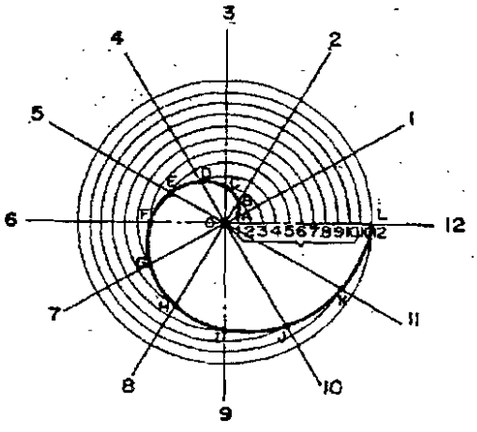
แบ่งวงกลมออกเป็นส่วน ๆ ให้มีจำนวนเท่ากับการแบ่ง 0-L (12 ส่วน)

ใช้ O เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี 0-1เขียวส่วนโค้งไปตัดกับเส้น 0-1 ที่จุด A

ในทำนองเดียวกันใช้รัศมี 0-2 , 0-3 ,...,0-12 เขียนส่วนโค้งตัดกับเส้น 0-2, 0-3,...,0-12 ที่จุด B, C,...,L ตามลำดับจนกระทั่งครบทั้ง 12 ส่วน

เขียนส่วนโค้งผ่านจุด A, B, C,..., L ก็จะได้ส่วนโค้งของลูกเบี้ยวแบบสไปราลตามต้องการ

หมายเหตุ : ระยะ 0-L คือระยะรัศมีของลูกเบี้ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อลูกเบี้ยวเคลื่อนที่ไป 360° ใช้อักษรย่อว่า " r_0"



<u>รูปที่ 11</u> การสร้างส่วนโค้งของลูกเบี้ยวแบบสไปราล

2.9.6 การขึ้นรูปอาหาร

การทำให้อาหารมีรูปร่างต่าง ๆ กันนอกจากจะสะดวกในการบริโภคแล้ว ยังทำให้ผู้ซื้อสนใจเลือกซื้ออาหารที่มีรูปร่างน่ารับประทาน ปฏิบัติการทำรูปร่างอาหารมีหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ สามารถกล่าวได้โดยสังเขปดังนี้ (คณะอุตสาหกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

2.9.6.1 การหล่อในแบบพิมพ์ (Casting)

เป็นวิธีทำรูปร่างโดยเทส่วนผสมอาหารที่เป็นของเหลวในแบบพิมพ์ แล้วทิ้งไว้ให้แข็งตัวก่อนแกะออกจากแบบเช่น การทำช็อกโกแลตแท่ง ไอศกรีมแท่ง เป็นต้น

2.9.6.2 การกดในแบบพิมพ์ (Molding)

คล้ายกับวิธีแรกแต่ใช้กับอาหารผลแห้งที่ผสมสารช่วยยึดประสานทำให้อาหารยึดติดกัน การทำรูปร่างต้องใช้แรงอัดให้อาหารเข้าไปในแบบพิมพ์ อาหารบางชนิดเมื่อถูกอัดจะเกิดความร้อนหลอมตัวเองให้ประสานเป็นรูปร่างเช่น การทำน้ำตาลก้อน นมผงอัดเม็ด เป็นต้น

2.9.6.3 การดันผ่านเกลียวอัด (Extrusion)

การหมุนของเกลียวแต่ละรอบจะดันให้อาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าผ่านรูพิมพ์
(die) เกิดรูปร่างแบบต่าง ๆ แล้วนำอาหารไปอบหรือทอดให้สุกในกระบวนการถัดไป เครื่องเกลียวอัดบางแบบสามารถให้ความร้อนในท่ออัดจึงทำให้อาหารสุกได้ และเมื่อผ่านพ้นรูพิมพ์ไอน้ำในอาหารจะดันออกจากชิ้นอาหารทำให้เกิดการพองตัววิธีนี้เป็นที่นิยมมากในการทำอาหารขบเคี้ยว(snackfood)

2.9.6.4 การรีดเป็นแผ่น (Flaking)

ใช้กับอาหารเริ่มต้นที่มีสภาพกึ่งแข็งกึ่งเหลวโดยนำอาหารผ่านลูกกลิ้งความร้อนเพื่อทำให้อาหารสุกพร้อมกับระเหยน้ำทิ้งไป ได้อาหารเป็นแผ่นมีความกรอบน่ารับประทานเช่น แผ่นกรอบแป้งข้าวโพด (corn flack)

2.9.6.5 การปั้นรูปร่าง (Shaping)

ขนมอบหลายชนิดใช้วิธีทำรูปร่างด้วยฝีมือประดิษฐ์ก่อนนำไปทำให้สุกในเตาอบ เช่น การทำขนมเปี๊ยะ เป็นต้น

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง

1. ประแจขนาดต่างๆ
2. เครื่องตัดโลหะ
3. เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
4. เครื่องตัดพลาสม่า
5. เครื่องกัด
6. เครื่องเจียระไน
7. เครื่องกลึง
8. เครื่องเจาะ
9. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
10. ฟุดเหล็ก
11. ฉากเหล็ก
12. เลื่อยมือ
13. ไขควง
14. ตลับเมตร
15. ซีแคมป์
16. คีมล็อค
17. ปากกาจับชิ้นงาน
18. ดอกต๊าปเกลียว
19. ตะไบ
20. ค้อน
21. เหล็กดอกนำศูนย์
22. เจียรมือ
23. สว่านมือ
24. ลวดเชื่อม
25. ดอกสว่านขนาดต่างๆ

3.1.2 วัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

รายการ			จำนวน	
1. เหล็กกล่อง	ขนาด	1 ½" x 1 ½"	3	เส้น
2. เหล็กฉาก	ขนาด	1 ½" x 1 ½"	1	เส้น
3. เหล็กเพลา	ขนาด	1 ½"	1	เส้น
4. เหล็กเพลา	ขนาด	1"	1	เส้น
5. ตุ๊กตา	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง din 1"		10	ตัว
6. ตุ๊กตา	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง din 19 mm.		8	ตัว
7. โซ่	เบอร์ 40 A		2	กล่อง
8. เฟืองโซ่	ขนาด	10 ฟัน	1	ตัว
9. เฟืองโซ่	ขนาด	15 ฟัน	2	ตัว
10. เฟืองโซ่	ขนาด	30 ฟัน	3	ตัว
11. เฟืองโซ่	ขนาด	35 ฟัน	1	ตัว
12. เฟืองโซ่	ขนาด	50 ฟัน	2	ตัว
13. เฟืองโซ่	ขนาด	12 ฟัน	4	ตัว
14. เฟืองดอกจอก	ขนาด	10 ฟัน	1	ตัว
15. เฟืองดอกจอก	ขนาด	16 ฟัน	1	ตัว
16. มอเตอร์	ขนาด 1 แรงม้า 1 เฟส		1	ตัว
17. เกียร์ทด	อัตราทด 1:10		1	ตัว
18. น๊อต	เบอร์ 6		20	ตัว
19. น๊อต	เบอร์ 8		5	ตัว
20. น๊อต	เบอร์ 10		30	ตัว

ตารางที่ 2.2 การดำเนินงานและสร้างเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

	รายการ	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
1.	เสนอโครงงานพร้อมชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	←→							
2.	ศึกษาและรวบรวมข้อมูล		←	—	—	→			
3.	ส่งแบบร่างโครงงาน			←→					
4.	ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ			←	—	—	—	→	
5.	ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบ						←	—	→
6.	นำเสนอโครงงาน								←→
7.	แก้ไขโครงงาน							←	— →
8.	ส่งรูปเล่มโครงงาน								←→

3.1.3 วิธีการทดสอบ

1. แช่ข้าวเหนียว 3 กิโลกรัม นาน 7 ชั่วโมง
2. คั้นน้ำแตงโม 2 ลูก เอาแต่น้ำ
3. ต้มน้ำแตงโมที่คั้นได้ พร้อมเติมน้ำตาล เกลือ และน้ำกะทิ ตั้งไฟไว้ให้เดือด ทำเสร็จตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. นึ่งข้าวเหนียว ให้เม็ดข้าวเหนียวมีสีขาวใส
5. ผสมน้ำแตงโมที่ต้มแล้วกับข้าวเหนียวที่นึ่งเสร็จ คลุกเคล้าให้ทั่ว ให้ข้าวเหนียวทุกเม็ดถูกน้ำแตงโม
6. นำข้าวเหนียวที่ผสมแล้วใส่ลงในถังบรรจุที่ตัวเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋น
7. จับเวลาที่ใช้ขึ้นรูปแต่ละชิ้น
8. วัดขนาดของแต่ละชิ้นงาน
9. ชั่งน้ำหนักของชิ้นงาน
10. จดบันทึก

069506

สถาบันวิทยบริการ

แบบเครื่อง

การออกแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

ในการออกแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติอาศัยการเคลื่อนที่ของเกลียวป้อนส่งข้าวเหนียว โดยใช้ Genrva Wheel เป็นตัวส่งกำลังในการบังคับให้เกลียวป้อนเคลื่อนที่เป็นจังหวะแทนการใช้ Step motor เพื่อเป็นการสะดวกในการนำไปใช้งานและการซ่อมบำรุงเมื่อนำไปใช้กับกลุ่มแม่บ้าน นอกจากจะใช้ Genrva Wheel แล้วยังมีชิ้นส่วนอื่นของเครื่องที่ใช้ทำงานร่วมกัน คือ ลูกเบี้ยวทำหน้าที่บังคับหัวกดขึ้นรูปข้าวแต๋นให้มีลักษณะหน้าเว้าลงไป โดยแม่พิมพ์นั้นจะใช้ Superlene ที่มีลักษณะเป็นแผ่นเจาะให้เป็นรู เพื่อทำเป็นแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูป

3.2.1 การคำนวณเลือกเฟืองโซ่

ในการเลือกเฟืองโซ่นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนวณเพื่อเลือกขนาดเฟืองโซ่ที่เหมาะสมจะนำมาใช้งาน และง่ายต่อการติดตั้ง ดังนั้นในการคำนวณขนาดต่าง ๆ ของเฟืองที่ใช้จึงมีการกำหนดขนาดเบื้องต้นเพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องที่ใช้ดังนี้

การคำนวณเฟือง

มอเตอร์ 1 แรงม้า = 1450 รอบต่อนาที
จากรูปแบบของเครื่องจะมีการทดโซ่เป็นระยะๆ ดังนี้
ระยะที่ 1 จากมอเตอร์มายังเกียร์ทดให้เป็น Z_1 และ Z_2
ระยะที่ 2 จากเกียร์ทดมายังเพลาส่งกำลัง(ขับเจนีวา) Z_3 และ Z_4
ระยะที่ 3จากเพลาส่งกำลัง(ขับเจนีวา) มายังเพลาส่งกำลัง(ลูกเบี้ยว) Z_5และ Z_6
ระยะที่ 4จากเพลาส่งกำลัง(ขับเจนีวา) มายังเกลียวลำเลียง Z_6และ Z_8
ระยะที่ 5ใช้เฟืองคอกจอกในการทดรอบจากเพลา(ขับเจนีวา) Z_5และ Z_9

จากสมการที่ 9 คำนวณอัตราทด
จากมอเตอร์มายังเกียร์ทดให้เป็น Z_1 และ Z_2

เมื่อ $Z_1 = 10$ ฟัน
$Z_2 = 15$ ฟัน

Z_3 = 15 ฟัน

Z_4 = 30 ฟัน

Z_5 = 30 ฟัน

Z_6 = 30 ฟัน

Z_7 = 50 ฟัน

Z_8 = 50 ฟัน

Z_9 = 16 ฟัน

n_1 = 1450 rpm

แทนค่า

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$\frac{1450}{n_2} = \frac{15}{10}$$

$$n_2 = 967 \text{ rpm}$$

จากมอเตอร์ออกจากเกียร์ทด มีอัตราทด 10: 1 จะได้

$$i = \frac{n_2}{n_3}$$

$$n_3 = 96.7 \text{ rpm}$$

จากเกียร์ทดมายังเพลาส่งกำลัง(ขับเจนีวา) Z_3 และ Z_4

$Z_3 = 15$, $Z_4 = 30$, $n_3 = 96.7$ rpm

$$\frac{96.7}{n_4} = \frac{30}{15}$$

$$n_4 = 49 \text{ rpm}$$

จากเพลาส่งกำลัง(ขับเจนีวา) มายังเพลาส่งกำลัง(ลูกบี้ยว) Z_5และ Z_7

$Z_4 = Z_5 = Z_6 = 30$, $Z_7 = 50$, $n_4 = n_5 = n_6$ = 49 rpm เนื่องจากเฟืองตัวที่ 4 5 6อยู่บนเพลาเดียวกัน และทำงานที่ความเร็วรอบเดียวกัน

$$\frac{49}{n_7} = \frac{50}{30}$$

$$n_7 = 30 \text{ rpm}$$

จากเพลาส่งกำลัง(ขับเจนีวา) มายังเกลียวสำเสียง Z_6และ Z_8

$Z_4 = Z_5 = Z_6 = 30$, $Z_8 = 12$, $n_4 = n_5 = n_6$ = 49 rpm เนื่องจากเฟืองตัวที่ 4 ,5, 6 อยู่บนเพลาเดียวกันและทำงานที่ความเร็วรอบเดียวกัน

$$\frac{49}{n_8} = \frac{12}{30}$$

$$n_8 = 122.5 \text{ rpm}$$

ใช้เฟืองดอกจอกในการทดรอบจากเพลา(ขับเจนีวา) Z_5และ Z_9

$Z_5 = 30$, $Z_9 = 16$ n_5 = 49 rpm

$$\frac{49}{n_9} = \frac{16}{30}$$

$$n_9 = 92 \text{ rpm}$$

ความเร็วที่ผ่านเฟืองดอกจอก $Z_{10} = 10$

$$\frac{92}{n_{10}} = \frac{10}{16}$$

$$n_{10} = 148 \text{ rpm}$$

เฟืองที่ออกจากเฟืองดอกจอกใช้เฟือง $Z_{11} = 32$ มีความเร็วรอบคือ

$$\frac{148}{n_{11}} = \frac{32}{10}$$

$$n_{11} = 47 \text{ rpm}$$

เฟืองที่ใช้ขับจานหมุนใช้เฟือง 50 ฟัน ∴ ความเร็วรอบของจานหมุนคือ

$$\frac{47}{n_{12}} = \frac{50}{32}$$

$$n_{12} = 30 \text{ rpm}$$

∴ ความเร็วรอบของจานหมุน คือ 30 rpm

3.2.2 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาเกลียวลำเลียง

จากสมการที่ 3 $T = F \times r$

เมื่อ T = M_t = โมเมนต์บิด (N.m)

F = แรงสูงสุดที่เกลียวลำเลียงรับภาระ

r = รัศมีของเกลียวลำเลียง (mm)

tan55 = แรงเสียดทานของข้าวเหนียว

แทนค่า F = [(w × 9.81× tan 55)+(น้ำหนักกดจากเกลียวลำเลียง×9.81)]

แทนค่า F = $[(3.35 \times 9.81 \times \tan 55)+(3 \times 9.81)]$

F = 76.36

r = 0.02 m

แทนค่า T = 76.36×0.02

$T = M_t = 1.53$ N.m

จากสมการที่ 6 $M_B = M_t.C_B$

เมื่อ C_B = 1.1 (เครื่องกลทำงานด้วยไฟฟ้า)

แทนค่า $M_B = 1.53 \times 1.1$

$= 1.68$ N.m

เมื่อ M_B = โมเมนบิดขณะขับภาระเป็น (N.m)

C_1 = เป็นแฟกเตอร์ขึ้นอยู่กับโมเมนต์

= 6,9 เมื่อ $\tau_{all} = 15$ N/mm^2 สำหรับ St 37 , St 42

จากสมการที่ 8 $Ød \approx C_1 \times M_B^{1/3}$

แทนค่า $Ød = 6.9 \times 1.68^{1/3}$

$= 8.20$ mm

เมื่อ Safety factor = 1.4 (เมื่อเพลาทำงานรอบช้า)

$Ød = 8.20 \times 1.4$

$= 11.48$ mm

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา 11.48 มิลลิเมตร

เพื่อความสะดวกในการใช้งานจริงจึงเลือกขนาดเพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร และป้องกันการโก่งตัวของเพลา

3.2.3 การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

จากสมการ 7 $P = T \times \omega$

จากสมการที่ 3 $T = F \times r$

F = [(w × 9.81 × tan 55)+(น้ำหนักกดจากเกลียวลำเลียง × 9.81)] × จำนวนเกลียวลำเลียง

$$= [(3.35 \times 9.81 \times \tan 55) + (3 \times 9.81)] \times 4$$

$$= 305.46 \text{ N}$$

แทนค่า $T = 187.77 \times 0.02$

$$= 6.11 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60}$$

$$\omega = \frac{2.\pi.1450}{60}$$

แทนค่า $P = 6.11 \times \frac{2.\pi.1450}{60}$

$$= 927.76 \text{ watt}$$

จาก 746 watt = 1 hp

$\therefore$ $P = 1.24$ hp

เพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงเลือกใช้มอเตอร์ 1 เฟส 1.5 hp

3.2.4 การคำนวณหาระยะระยะพิตช์ ของเกลียวลำเลียง

คำนวณหาระยะพิตช์ ของเกลียวลำเลียงจากน้ำหนักที่ต้องการคือ 25 g โดยแปลงให้เป็นปริมาตรโดย

จาก $D = \frac{m}{V}$

$$896.76 = \frac{0.025}{V}$$

$$V = 2.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

จากปริมาตรของข้าวเหนียวจึงคำนวณหาระยะพิตช์โดยการประมาณ เพื่อเมื่อนำมาหาปริมาตรแล้วมีค่าใกล้เคียงให้มากที่สุด

สมมติให้ระยะพิตช์ = 0.013 m

$V = (0.04^2 - 0.019^2)0.023$

$$V = 2.85 \times 10^{-5}\ m^3$$

$\therefore$ ใช้ระยะพิตช์ที่ 0.013 m เพราะปริมาตรที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับที่ต้องการ

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 เกณฑ์การพิจารณา

- ชิ้นสมบูรณ์[1] มีลักษณะเป็นวงกลมแบนเต็มวง เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-6.5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 20-25 กรัม
- ชิ้นสมบูรณ์บางส่วน[2] มีรูปร่างใกล้เคียงวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-6.5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 20-25 กรัม
- ชิ้นไม่สมบูรณ์[3] มีรูปร่างใกล้เคียงวงกลม เส้นผ่านศูนย์กลางสูงกว่าหรือต่ำกว่า 6-6.5 เซนติเมตร ไม่เกิน 0.2 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย สูงกว่าหรือต่ำกว่า 20-25 กรัม ไม่เกิน 2 กรัม
- ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ไม่มีรูปร่างใกล้เคียงวงกลม ไม่สามารถวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้

4.2 ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2.1 แสดงการทดสอบการขึ้นข้าวรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 1

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
1	6.7	27.69	11.3
2	6.5	25.60	11.3
3	6.6	24.50	11.4
4	6.7	25.18	11.4
5	6.0	25.04	11.3
6	6.2	23.81	11.2
7	6.3	21.16	11.1
8	6.0	20.45	11.3
9	6.5	24.01	11.4
10	6.5	20.21	11.5
11	6.0	22.73	11.5

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
12	6.8	24.80	11.4
13	6.4	20.15	11.4
14	6.0	22.69	11.5
15	6.5	24.82	11.6
16	6.6	25.68	11.6
17	6.2	22.85	11.5
18	6.3	23.19	11.5
19	6.3	23.97	11.7
20	6.1	21.48	11.7
21	6.3	24.24	11.7
22	6.0	21.17	11.8
23	6.0	20.85	11.7
24	5.8	19.56	11.6

ข้าวเหนียวดิบ	3000	กรัม
ข้าวเหนียวที่ผสมแล้ว	213.83	กรัม
ข้าวเหนียวที่สามารถขึ้นรูปได้	2187.12	กรัม
ข้าวเหนียวที่สูญเสีย	1026.71	กรัม

วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากตารางที่1ในการทดลองครั้งที่1ในการขึ้นรูปข้าวแต๋น ชุดที่1-4 ชิ้นงานจะมีขนาดที่ใหญ่กว่า และมีน้ำหนักที่มากกว่าค่าที่ต้องการเป็นเพราะข้าวเหนียวที่ทำการผสมกับน้ำแดงโมนั้นยังไม่มีความเหนียวที่เพียงพอคือ ข้าวเหนียวยังเกาะตัวกันได้ไม่ดีนัก ทำให้ค่าน้ำหนักและขนาดที่ได้มานั้นมีค่าที่สูงกว่าตามต้องการต้องการ ส่วนชุดที่5-23 ชิ้นงานส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้ มีอยู่ 2 ชุดที่ไม่ได้ตามที่ต้องการซึ่งเกิดจากข้าวเหนียวมีการดกค้างที่ปากทางออกของถังแล้วถูกดันออกมาพอดีทำให้มีขนาดที่ใหญ่กว่าที่ควรจะเป็น ส่วนชุดที่ 24 นั้นไม่สามารถที่จะนำมาทำการขึ้นรูปได้เนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่ไม่ตรงตามต้องการและ ลักษณะ

ชิ้นงานที่ได้ไม่มีลักษณะเป็นวงกลม เกิดจากการที่ข้าวเหนียวมีการเกาะตัวกันมากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่งผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ

ตารางที่ 4.2.2 แสดงการทดสอบการขึ้นข้าวรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 2

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
1	6.6	28.86	10.9
2	6.7	30.25	11.2
3	6.7	29.14	11.2
4	6.6	27.33	11.3
5	6.0	25.34	11.4
6	6.0	24.24	11.2
7	6.2	23.87	11.4
8	6.0	20.78	11.4
9	6.1	22.49	11.5
10	6.3	24.80	11.5
11	6.5	22.25	11.6
12	6.4	22.80	1.6
13	6.8	23.26	11.6
14	6.0	24.27	11.5
15	6.5	21.30	11.7
16	6.3	23.85	11.6
17	6.2	21.68	11.5
18	6.5	24.06	11.5
19	6.4	23.80	11.6
20	6.0	21.23	11.6
21	6.1	23.27	11.7
22	5.8	20.55	11.7

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
23	5.8	19.68	11.7
24	5.4	19.35	11.8

ข้าวเหนียวดิบ	3000	กรัม
ข้าวเหนียวที่ผสมแล้ว	3403.83	กรัม
ข้าวเหนียวที่สามารถขึ้นรูปได้	2284.72	กรัม
ข้าวเหนียวที่สูญเสีย	1119.11	กรัม

วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 2ในการทดลองครั้งที่ 2 ในการขึ้นรูปข้าวแต๋นชุดที่ 1-4 ชิ้นงานจะมีขนาดที่ใหญ่กว่า และมีน้ำหนักที่มากว่าค่าที่ต้องการ เป็นเพราะข้าวเหนียวที่ทำการผสมกับน้ำแตงโมนั้นยังไม่มีความเหนียวที่เพียงพอ คือ ข้าวเหนียวยังเกาะตัวกันได้ไม่ดีนักทำให้ค่าน้ำหนักและขนาดที่ได้มานั้นมีค่าที่สูงกว่าที่ต้องการส่วนชุดที่ 5-22 ชิ้นงานส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมสามารนำไปใช้งานได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นอย่างยิ่งส่วนชิ้นที่ 23-24 นั้นไม่สามารถที่จะนำมาทำการขึ้นรูปได้เนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่ไม่ตรงตามต้องการ คือ ลักษณชิ้นงานที่ได้ไม่มีลักษณะเป็นวงกลม เกิดจากการที่ข้าวเหนียวมีการเหนียวตัวมากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่งผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ

ตารางที่ 4.2.3 แสดงการทดสอบการขึ้นข้าวรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 3

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
1	6.8	31.45	11.4
2	6.7	29.55	11.4
3	6.7	28.29	11.3

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
4	6.5	27.58	11.3
5	6.5	25.63	11.3
6	6.4	25.55	11.4
7	6.5	23.39	11.4
8	6.3	23.49	11.5
9	6.0	23.26	11.4
10	6.4	24.86	11.5
11	6.0	22.74	11.5
12	6.0	25.16	11.6
13	6.0	22.79	11.5
14	6.0	21.85	11.5
15	6.4	23.69	11.4
16	6.5	25.15	11.5
17	6.4	23.32	11.5
18	6.7	22.83	11.6
19	6.0	21.86	11.5
20	6.3	22.29	11.6
21	6.0	20.49	11.6
22	5.8	18.75	11.7
23	5.8	18.59	11.7
24	5.7	18.63	11.6

ข้าวเหนียวดิบ	3000	กรัม
ข้าวเหนียวที่ผสมแล้ว	3352.89	กรัม
ข้าวเหนียวที่สามารถขึ้นรูปได้	2273.80	กรัม
ข้าวเหนียาที่สูญเสีย	1079.09	กรัม

วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 3 ในการทดลองครั้งที่ 3 ในการขึ้นรูปข้าวแต๋น ชุดที่1-6 ชิ้นงานจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าและมีน้ำหนักที่มากว่าค่าที่ต้องการ เป็นเพราะข้าวเหนียวที่ทำการผสมกับน้ำแตงโมนั้นยังไม่มีความเหนียวที่เหมาะสม คือ ข้าวเหนียวยังเกาะตัวกันได้ไม่ดีนัก ทำให้ค่าน้ำหนักและขนาดที่ได้มานั้นมีค่าที่สูงกว่าที่ต้องการส่วนชุดที่ 7-21 ชิ้นงานส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมสามารนำไปใช้งานได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นอย่างยิ่งมีอยู่ 1 ชุดที่ไม่ได้ตามที่ต้องการ ซึ่งเกิดจากข้าวเหนียวมีการตกค้างที่ปากทางออกของถังแล้วถูกดันออกมาพอดีทำให้มีขนาดที่ใหญ่กว่าที่ควรจะเป็น ส่วนชุดที่ 22-24 นั้นไม่สามารถที่จะนำมาทำการขึ้นรูปได้เนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่ไม่ตรงตามต้องการคือ ลักษณะชิ้นงานที่ได้ไม่มีลักษณะเป็นวงกลมเกิดจากการที่ข้าวเหนียวมีการเหนียวตัวมากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่งผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ

ตารางที่ 4.2.4 แสดงการทดสอบการขึ้นข้าวรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 4

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
1	6.7	29.61	11.0
2	6.7	27.25	11.1
3	6.6	25.52	11.3
4	6.5	23.58	11.3
5	6.5	24.65	11.2
6	6.5	23.34	11.4
7	6.4	23.25	11.4
8	6.5	25.07	11.3
9	6.6	25.34	11.5
10	6.4	21.74	11.6
11	6.4	21.57	11.6
12	6.5	21.58	11.4

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
13	6.6	25.25	11.6
14	6.2	21.15	11.5
15	6.3	23.32	11.6
16	6.1	21.34	11.6
17	6.0	21.25	11.5
18	6.3	23.24	11.5
19	6.2	22.56	11.5
20	6.3	21.64	11.6
21	6.0	20.45	11.6
22	5.9	18.87	11.6
23	5.8	18.64	11.7
24	5.7	15.58	11.6

ข้าวเหนียวดิบ	3,000	กรัม
ข้าวเหนียวที่ผสมแล้ว	3362.74	กรัม
ข้าวเหนียวที่สามารถขึ้นรูปได้	2319.28	กรัม
ข้าวเหนียวที่สูญเสีย	1043.46	กรัม

วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 4 ในการทดลองครั้งที่ 4 ในการขึ้นรูปข้าวแต๋น ชุดที่ 1-2 ชิ้นงานจะมีขนาดที่ใหญ่กว่าและมีน้ำหนักที่มากว่าค่าที่ต้องการ เป็นเพราะข้าวเหนียวที่ทำการผสมกับน้ำแดงโมนั้นยังไม่มีความเหนียวที่เหมาะสม คือข้าวเหนียวยังเกาะตัวกันได้ไม่ดีนัก ทำให้ค่าน้ำหนักและขนาดที่ได้มานั้นมีค่าที่สูงกว่าที่ต้องการและเกิดจากการน้ำแดงโมที่เติมนั้นมีปริมาณที่ ส่วนชุดที่ 3-21 ชิ้นงานส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นอย่างยิ่ง มีอยู่ 1ชุดที่ไม่ได้ตามที่ต้องการซึ่งเกิดจากข้าวเหนียวมีการตกค้างที่ปากทางออกของถังแล้วถูกดันออกมาพอดีทำให้มีขนาดที่ใหญ่กว่าที่ควรจะเป็น ส่วนชุดที่ 22-24 นั้นไม่สามารถที่จะนำมาทำการขึ้นรูปได้เนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่ไม่ตรงตามความต้องการคือ ลักษณะชิ้นงานที่ได้ไม่มีลักษณะเป็นวงกลม เกิดจากการที่ข้าวเหนียวมีการเหนียวตัว

มากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่งผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ

ตารางที่ 4.2.5 แสดงการทดสอบการขึ้นข้าวรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 5

ชุดที่	ขนาดเฉลี่ย (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)
1	6.8	30.34	10.8
2	6.7	28.21	10.9
3	6.6	28.76	10.8
4	6.5	26.49	11.1
5	6.4	24.65	11.2
6	6.3	25.84	11.4
7	6.3	25.31	11.4
8	6.5	25.85	11.6
9	6.3	23.76	11.3
10	6.2	22.69	11.4
11	6.2	21.64	11.7
12	6.3	23.45	11.5
13	6.2	21.53	11.6
14	6.3	22.86	11.7
15	6.3	23.46	11.4
16	6.3	22.74	11.5
17	6.0	23.57	11.8
18	6.4	23.34	11.7
19	6.5	24.69	11.7
20	6.3	21.75	11.6
21	6.2	22.36	11.5
22	6.0	20.51	11.5
23	5.7	16.91	11.6
24	5.6	16.87	11.7

ข้าวเหนียวดิบ	3000	กรัม
ข้าวเหนียวที่ผสมแล้ว	3401.54	กรัม
ข้าวเหนียวที่สามารถขึ้นรูปได้	2270.32	กรัม
ข้าวเหนียวที่สูญเสีย	1131.22	กรัม

วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากตารางที่ 5 ในการทดลองครั้งที่ 5ในการขึ้นรูปข้าวแต๋น ชุดที่ 1-4 ชิ้นงานจะมีขนาดที่ใหญ่กว่า และมีน้ำหนักที่มากว่าค่าที่ต้องการ เป็นเพราะข้าวเหนียวที่ทำการผสมกับน้ำแตงโมนั้นยังไม่มีความเหนียวที่เพียงพอ คือข้าวเหนียวยังเกาะตัวกันได้ไม่ดีนัก ทำให้ค่าน้ำหนักและขนาดที่ได้มานั้นมีค่าที่สูงกว่าที่ต้องการส่วน ชุดที่ 5-2 ชิ้นงานส่วนใหญ่ที่ได้มีขนาดและน้ำหนักที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นอย่างส่วนชิ้นที่ 23-24 นั้นไม่สามารถที่จะนำมาทำการขึ้นรูปได้เนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่ไม่ตรงตามต้องการคือลักษณชิ้นงานที่ได้ไม่มีลักษณะเป็นวงกลม เกิดจากการที่ข้าวเหนียวมีการเหนียวตัวมากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวเป็นไปอย่างช้า ๆ ส่งผลให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ตามต้องการ

วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากทั้ง 5 ตารางที่ได้นั้นทำให้ทราบว่าช่วงที่ทำการขึ้นรูปแล้วออกมาใช้ได้ตรงตามที่กำหนดไว้นั้น จะขึ้นอยู่กับเวลาที่ข้าวเหนียวมีความเหนียวที่เหมาะสม โดยประมาณจากเวลาที่ทำแต่ละชุดนั้นทำให้ทราบว่าเวลาประมาณ 40 วินาที หลังจากการผสมข้าวเหนียวกับน้ำแตงโมสามารถขึ้นรูปออกมาได้ชิ้นงานที่ตรงตามต้องการ แต่หลังจากผ่านไปได้สักพักข้าวเหนียวที่ใช้จะมีความเหนียวที่มากขึ้น ซึ่งทำให้การขึ้นรูปเป็นไปได้ยากขึ้น ยิ่งปล่อยไว้นานเท่าใดข้าวเหนียวจะยิ่งเหนียวมากขึ้น อีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลคือ การที่ผสมข้าวเหนียวกับน้ำแตงโมนั้น ถ้าปริมาณน้ำแตงโมที่ผสมนั้นมีปริมาณที่มาก จะส่งผลให้ชิ้นงานที่ออกมาชิ้นแรกๆ จะมีปริมาณข้าวเหนียวที่มากกว่าที่ต้องการ ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ชัดเจนกว่าตารางอื่น เนื่องจากปริมาณน้ำแตงโมที่จะผสมนั้นจะไม่มีปริมาณที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับข้าวเหนียวที่ทำการนึ่งว่าจะสามารถคลุกกับน้ำแตงโมได้ทั่วถึงมากน้อยเพียงใด

4.3 ความสามารถของเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

ข้าวแต๋นที่สามารถนำไปใช้ได้โดยคัดชิ้นงานที่ใช้ไม่ได้ออก คือ

ชิ้นสมบูรณ์	มาจากครั้งที่ 1	จำนวน 6 ชุด	คิดเป็น 24 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 2	จำนวน 8 ชุด	คิดเป็น 32 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 3	จำนวน 6 ชุด	คิดเป็น 24 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 4	จำนวน 7 ชุด	คิดเป็น 28 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 5	จำนวน 7 ชุด	คิดเป็น 28 ชิ้น
ชิ้นสมบูรณ์บางส่วน	มาจากครั้งที่ 1	จำนวน 9 ชุด	คิดเป็น 36 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 2	จำนวน 8 ชุด	คิดเป็น 32 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 3	จำนวน 10 ชุด	คิดเป็น 40 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 4	จำนวน 9 ชุด	คิดเป็น 36 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 5	จำนวน 9 ชุด	คิดเป็น 36 ชิ้น
ชิ้นไม่สมบูรณ์	มาจากครั้งที่ 1	จำนวน 2 ชุด	คิดเป็น 8 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 2	จำนวน 1 ชุด	คิดเป็น 4 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 3	จำนวน 0 ชุด	คิดเป็น 0 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 4	จำนวน 1 ชุด	คิดเป็น 4 ชิ้น
	มาจากครั้งที่ 5	จำนวน 1ชุด	คิดเป็น 4 ชิ้น

รวมทั้งสิ้นจำนวน 336 ชิ้น เมื่อเทียบกับเวลาทั้งหมดในการขึ้นรูปทั้ง 5 ครั้งดังแสดงในตารางที่ 1,2,3,4,5 เป็นเวลา ประมาณ 23 นาที

เมื่อนำไปเทียบเป็นการทำงานใน 1 ชั่วโมง จะได้ 876 ชิ้น
เมื่อนำไปเทียบเป็นการทำงานใน 8 ชั่วโมง (1 วัน) จะได้ 7,008 ชิ้น
เมื่อนำไปเทียบเป็นการทำงานใน 1 เดือน (30 วัน)จะได้ 210,240 ชิ้น

4.4 พลังงานที่ใช้ในการทำงาน

การใช้พลังงานคิดจากสมการที่ 1

$$P = IE\cos\theta \ (Kw)$$

วัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้ได้ = 2.88 A

แรงดันไฟฟ้า = 220 V

$\cos\theta$ = 0.56

แทนค่า

$$P = 2.88 \times 220 \times 0.56$$

$$P = 354.82 \text{ watt} = 0.355 \text{ kw-hr}$$

จาก 1 Kw -hr = 1 unit

ดังนั้น 0.355 kw-hr = 0.355 unit

พลังงานที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง คือ 0.355 kw-hr

พลังงานที่ใช้ใน 1 วัน คือ 2.84 kw-hr

พลังงานที่ใช้ใน 1 เดือน คือ 85.2 kw-hr

ค่าไฟฟ้าต่อเดือน คือ 85.2 × 3 = 255.6 บาท (ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท)

4.5 วิเคราะห์หาจุดคุ้มทุน

กลุ่มแม่บ้าน

ค่าจ้างต่อคนต่อเดือน = 6,000 บาท

จำนวนคนที่จ้าง = 6 คน

คิดเป็นเงิน = 36,000 บาท

ค่าวัสดุ

ข้าวเหนียวต่อเดือน 4,500 กิโลกรัม = 45,000 บาท (ทำข้าวแต๋นได้ 180,000 ชิ้น)

แตงโมต่อเดือน 100 ลูก = 1,500 บาท

น้ำตาล 20 กิโลกรัม = 260 บาท

เกลือ 10 กิโลกรัม = 75 บาท

น้ำกะทิ 60 กิโลกรัม = 1,320 บาท

คิดเป็นเงิน = 48,155 บาท

ค่าจ้างคนงาน 6 คนต่อเดือน = 36,000 บาท

คิดเป็นเงิน = 84,155 บาท

ราคาขาย 100 ชิ้นคิดเป็นเงิน 70 บาท

∴ ใน 1 เดือนทำข้าวแต๋นได้ 180,000 ชิ้น คิดเป็นเงิน 126,000 บาท

กำไรที่ได้ 126,000-84,155 = 41,845 บาท

เครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติ

ข้าวเหนียวต่อเดือน 4500 กิโลกรัม = 45,000 บาท (ทำข้าวแต๋นได้ 210,240 ชิ้น)

แตงโมต่อเดือน 100 ลูก = 1,500 บาท

น้ำตาล 20 กิโลกรัม = 260 บาท

เกลือ 10 กิโลกรัม = 75 บาท

น้ำกะทิ 60 กิโลกรัม = 1,320 บาท

คิดเป็นเงิน = 48,155 บาท

ค่าจ้างคนงาน 1 คนต่อเดือน = 6,000 บาท

คิดเป็นเงิน = 54,155 บาท

ราคาขาย 100 ชิ้นคิดเป็นเงิน 70 บาท

∴ ใน 1 เดือนทำข้าวแต๋นได้ 210,240 ชิ้น คิดเป็นเงิน 147,168 บาท

กำไรที่ได้ 147,168-54,155 = 93,013 บาท

กำไรที่ได้เมื่อนำมาหักค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง 40,000 บาท

จะเหลือกำไร 93,013-40,000 = 53,013 บาท

∴ จากกำไรที่ได้แสดงให้เห็นว่าจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 1 เดือน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ทำให้สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ครั้งที่	ชิ้นสมบูรณ์ (ชุด)	ชิ้นสมบูรณ์บางส่วน[2] (ชุด)	ชิ้นไม่สมบูรณ์[3] (ชุด)	ไม่สามารถขึ้นรูปได้[4] (ชุด)	จำนวนชุดที่ทำได้ (ชุด)	เวลา (เฉลี่ย)
1	6	9	7	2	24	11.50
2	8	8	5	3	24	11..55
3	6	10	4	3	24	11.58
4	7	9	5	3	24	11.55
5	7	9	6	2	24	11.56

จากชิ้นงานที่ได้สรุปได้ว่า

ชิ้นสมบูรณ์กับชิ้นสมบูรณ์บางส่วน สามารถที่จะนำไปใช้งานได้ เพราะมีลักษณะและน้ำหนักตรงตามความต้องการ คือ มีลักษณะเป็นวงกลมแบนเต็มวง หรือ มีรูปร่างใกล้เคียงวงกลม โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-6.5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 20-25 กรัม

ชิ้นไม่สมบูรณ์ บางส่วนจะนำไปใช้ได้ โดยดูจากลักษณะรูปร่างที่มีความใกล้เคียงวงกลม โดย มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือมากกกว่า 6-6.5 เซนติเมตรไม่เกิน 0.2 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย น้อยกว่าหรือมากกกว่า 20-25 กรัม ไม่เกิน 2 กรัม

ชิ้นงานที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เพราะรูปร่างของชิ้นงานที่ได้ไม่มีลักษณะเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและน้ำหนักที่ได้ไม่เป็นไปตามลักษณะของ ชิ้นสมบูรณ์ ชิ้นสมบูรณ์บางส่วน ชิ้นไม่สมบูรณ์ บางส่วนที่นำไปใช้ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋นอัตโนมัติพบว่า เมื่อข้าวเหนียวที่ผสมแล้วเริ่มเกาะตัวกันมากขึ้นทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวเป็นไปได้อย่างช้า ๆ โดยเกลียวลำเลียงไม่สามารถลำเลียงข้าวเหนียวออกมาได้ และ ความสัมพันธ์ของกลไกที่ใช้ยังมีความไม่แม่นยำ

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรที่จะเปลี่ยนชนิดของใบเกลียวโดยใช้แบบใบเกลียวระยะพิตช์เพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้การเคลื่อนตัวของข้าวเหนียวดีขึ้น และอาจมีการนำระบบนิวแมติกส์มาใช้ในการควบคุมจังหวะในการทำงาน

เอกสารอ้างอิง

บุญชู สิริมุสิกะ , สินาฏ ปรีชาเชาว์.2545. โครงงานวิศวกรรมการออกแบบและสร้างเครื่องรีดยางพาราชนิดให้ความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยวและแปรสภาพ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 124 น.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2542. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. 1. พิมพ์ครั้งที่ 6. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ. 322 น.

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. สมาคมส่งเสริม
เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ. 322 น.

รวมบทความจากวรสารเทคนิค. 2546. ขนถ่ายวัสดุ ชุดที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. เอ็มแอนด์อี, กรุงเทพฯ. 307 น.

www.Google.com เข้าถึงได้จาก : ที่มา http://www.doa.go.th/data-agri/SESAM1/3var/var01.html

www.Google.com เข้าถึงได้จาก : www.kalathai.com/search_result/control_research.php

www.Google.com เข้าถึงได้จาก : (http://ns.yupparaj.ac.th/web4142/M406/406-11/01.htm

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 1

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
1	1	6.7	27.69	11.3
	2	6.6	27.95	11.3
	3	6.7	27.47	11.3
	4	6.7	27.61	11.3
2	1	6.6	25.66	11.3
	2	6.5	25.40	11.3
	3	6.5	25.56	11.3
	4	6.6	25.63	11.3
3	1	6.6	25.00	11.4
	2	6.6	24.32	11.4
	3	6.5	24.60	11.4
	4	6.6	24.20	11.4
4	1	6.6	25.27	11.4
	2	6.7	25.05	11.4
	3	6.7	25.41	11.4
	4	6.7	25.41	11.4
5	1	6.0	25.01	11.3
	2	6.0	25.17	11.3
	3	6.1	25.00	11.3
	4	5.9	25.02	11.3
6	1	6.2	23.71	11.2
	2	6.1	23.69	11.2
	3	6.1	23.87	11.2
	4	6.3	23.81	11.2

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
7	1	6.3	21.10	11.1
	2	6.3	21.25	11.1
	3	6.4	21.17	11.1
	4	6.3	21.01	11.1
8	1	6.1	20.57	11.3
	2	6.0	20.43	11.3
	3	6.0	20.31	11.3
	4	6.0	30.47	11.3
9	1	6.5	24.03	11.4
	2	6.4	23.97	11.4
	3	6.5	24.03	11.4
	4	6.6	23.98	11.4
10	1	6.4	20.25	11.5
	2	6.5	20.19	11.5
	3	6.5	20.20	11.5
	4	6.6	20.20	11.5
11	1	6.1	22.85	11.5
	2	6.0	22.69	11.5
	3	6.0	22.70	11.5
	4	6.0	22.68	11.5
12	1	6.5	24.91	11.4
	2	6.5	24.80	11.4
	3	6.6	24.75	11.4
	4	6.5	24.77	11.4
13	1	6.4	20.21	11.4
	2	6.4	20.17	11.4
	3	6.4	20.16	11.4
	4	6.5	20.07	11.4

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
14	1	6.0	22.71	11.5
	2	6.0	22.60	11.5
	3	6.0	22.67	11.5
	4	6.1	22.63	11.5
15	1	6.5	24.79	11.6
	2	6.5	24.85	11.6
	3	6.3	24.81	11.6
	4	6.4	24.81	11.6
16	1	6.6	25.68	11.6
	2	6.5	25.61	11.6
	3	6.6	25.72	11.6
	4	6.6	25.70	11.6
17	1	6.3	22.91	11.5
	2	6.1	22.78	11.5
	3	6.1	22.81	11.5
	4	6.1	22.84	11.5
18	1	6.3	23.22	11.5
	2	6.4	23.15	11.5
	3	6.2	23.17	11.5
	4	6.2	23.25	11.5
19	1	6.3	23.98	11.7
	2	6.2	23.97	11.7
	3	6.2	23.95	11.7
	4	6.4	24.00	11.7
20	1	6.2	21.53	11.7
	2	6.2	21.44	11.7
	3	6.0	21.37	11.7
	4	6.0	21.57	11.7

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
21	1	6.3	24.30	11.7
	2	6.4	24.19	11.7
	3	6.4	24.21	11.7
	4	6.2	24.25	11.7
22	1	6.1	21.19	11.8
	2	6.0	21.20	11.8
	3	6.0	21.18	11.8
	4	5.9	21.15	11.8
23	1	6.1	20.90	11.7
	2	6.1	20.82	11.7
	3	5.8	20.85	11.7
	4	6.0	20.84	11.7
24	1	5.9	19.56	11.6
	2	5.7	19.61	11.6
	3	5.8	19.50	11.6
	4	5.9	19.55	11.6

ตารางภาคผนวกที่ ก. 2 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 2

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
1	1	6.6	28.29	10.9
	2	6.5	28.83	10.9
	3	6.7	28.91	10.9
	4	6.5	28.92	10.9
2	1	6.7	30.17	11.2
	2	6.6	30.32	11.2
	3	6.8	30.27	11.2

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	4	6.8	30.25	11.2
3	1	6.7	29.20	11.2
	2	6.9	29.17	11.2
	3	6.7	29.06	11.2
	4	6.9	29.12	11.2
4	1	6.2	27.29	11.3
	2	6.7	27.37	11.3
	3	6.7	27.26	11.3
	4	6.9	27.33	11.3
5	1	6.0	25.34	11.4
	2	6.0	25.41	11.4
	3	5.8	25.30	11.4
	4	6.1	25.29	11.4
6	1	6.1	24.24	11.2
	2	5.9	24.32	11.2
	3	6.0	24.20	11.2
	4	6.0	24.21	11.2
7	1	6.3	23.89	11.4
	2	6.4	23.86	11.4
	3	6.0	23.90	11.4
	4	6.1	23.84	11.4
8	1	5.9	20.79	11.4
	2	6.2	20.80	11.4
	3	6.1	20.72	11.4
	4	6.0	20.82	11.4
9	1	6.3	22.53	11.5
	2	6.0	22.48	11.5
	3	5.9	22.46	11.5

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	4	6.2	22.51	11.5
10	1	6.8	24.82	11.5
	2	6.1	24.87	11.5
	3	6.2	24.73	11.5
	4	6.0	24.78	11.5
11	1	6.5	22.26	11.6
	2	6.7	22.30	11.6
	3	6.3	22.24	11.6
	4	6.4	22.19	11.6
12	1	6.5	22.91	11.6
	2	6.4	22.72	11.6
	3	6.4	22.76	11.6
	4	6.3	22.82	11.6
13	1	6.4	23.30	11.6
	2	6.5	23.27	11.6
	3	6.3	23.27	11.6
	4	6.6	23.22	11.6
14	1	6.2	24.27	11.5
	2	6.0	24.30	11.5
	3	6.0	24.28	11.5
	4	5.9	24.21	11.5
15	1	6.6	21.29	11.7
	2	6.6	21.31	11.7
	3	6.4	21.33	11.7
	4	6.5	21.27	11.7
16	1	6.4	23.90	11.6
	2	6.2	23.86	11.6
	3	6.3	23.80	11.6

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	4	6.4	23.83	11.6
17	1	6.1	21.70	11.5
	2	6.3	21.68	11.5
	3	6.2	21.68	11.5
	4	6.1	21.66	11.5
18	1	6.6	24.10	11.5
	2	6.5	24.07	11.5
	3	6.5	24.02	11.5
	4	6.5	24.05	11.5
19	1	6.5	23.80	11.6
	2	6.3	23.76	11.6
	3	6.4	23.84	11.6
	4	6.5	23.79	11.6
20	1	6.1	21.20	11.6
	2	6.0	21.26	11.6
	3	5.8	21.24	11.6
	4	6.0	21.21	11.6
21	1	6.0	23.25	11.7
	2	6.0	23.31	11.7
	3	6.1	33.24	11.7
	4	6.2	23.27	11.7
22	1	5.7	20.47	11.7
	2	5.9	20.56	11.7
	3	5.8	20.58	11.7
	4	5.9	20.57	11.7
23	1	5.7	19.63	11.7
	2	5.8	19.74	11.7
	3	5.8	19.72	11.7

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	4	5.9	19.69	11.7
24	1	5.5	19.30	11.8
	2	5.4	19.34	11.8
	3	5.4	19.29	11.8
	4	5.3	19.47	11.8

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 3

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
1	1	6.7	31.45	11.4
	2	6.9	31.45	11.4
	3	6.9	31.47	11.4
	4	6.7	31.45	11.4
2	1	6.8	29.56	11.4
	2	6.6	29.54	11.4
	3	6.6	29.53	11.4
	4	6.8	29.57	11.4
3	1	6.8	28.21	11.3
	2	6.7	28.29	11.3
	3	6.6	28.29	11.3
	4	6.7	28.35	11.3
4	1	6.4	27.50	11.3
	2	6.6	27.60	11.3
	3	6.4	27.61	11.3
	4	6.6	27.59	11.3
5	1	6.6	25.60	11.3
	2	6.5	25.64	11.3

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	3	6.5	25.63	11.3
	4	6.5	26.63	11.3
6	1	6.5	25.60	11.4
	2	6.5	25.54	11.4
	3	6.3	25.50	11.4
	4	6.3	25.55	11.4
7	1	6.5	23.42	11.4
	2	6.6	23.35	11.4
	3	6.6	23.38	11.4
	4	6.4	23.39	11.4
8	1	6.2	23.51	11.5
	2	6.3	23.42	11.5
	3	6.3	23.48	11.5
	4	6.4	23.55	11.5
9	1	5.9	23.30	11.4
	2	6.0	23.24	11.4
	3	6.1	23.27	11.4
	4	5.8	23.32	11.4
10	1	6.4	24.91	11.5
	2	6.4	24.84	11.5
	3	6.3	24.85	11.5
	4	6.5	24.82	11.5
11	1	6.2	22.81	11.5
	2	6.1	22.75	11.5
	3	5.8	22.69	11.5
	4	5.8	22.72	11.5
12	1	6.0	25.21	11.6
	2	6.0	25.10	11.6

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	3	6.1	25.17	11.6
	4	5.9	25.14	11.6
13	1	5.9	22.82	11.5
	2	5.9	22.79	11.5
	3	6.1	22.78	11.5
	4	6.0	22.75	11.5
14	1	6.2	21.87	11.5
	2	6.0	21.82	11.5
	3	5.8	21.85	11.5
	4	5.8	21.85	11.5
15	1	6.4	23.68	11.4
	2	6.5	23.70	11.4
	3	6.3	23.65	11.4
	4	6.5	23.69	11.4
16	1	6.7	25.17	11.5
	2	6.4	25.13	11.5
	3	6.4	25.20	11.5
	4	6.6	25.09	11.5
17	1	6.5	23.31	11.5
	2	6.3	23.33	11.5
	3	6.4	23.29	11.5
	4	6.5	23.36	11.5
18	1	6.7	22.85	11.6
	2	6.9	22.80	11.6
	3	6.5	22.84	11.6
	4	6.5	22.82	11.6
19	1	6.1	21.90	11.5
	2	6.3	21.84	11.5

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	3	5.9	21.82	11.5
	4	5.7	21.86	11.5
20	1	6.5	22.26	11.6
	2	6.2	22.29	11.6
	3	6.1	22.29	11.6
	4	6.5	22.31	11.6
21	1	6.0	20.51	11.6
	2	5.9	20.50	11.6
	3	6.1	20.47	11.6
	4	6.0	20.48	11.6
22	1	5.9	18.80	11.7
	2	5.8	18.72	11.7
	3	5.8	18.70	11.7
	4	5.7	18.79	11.7
23	1	5.9	18.62	11.7
	2	5.9	18.53	11.7
	3	5.8	18.61	11.7
	4	5.8	18.59	11.7
24	1	5.9	18.67	11.6
	2	5.8	18.61	11.6
	3	5.7	18.58	11.6
	4	5.5	18.64	11.6

ตารางภาคผนวกที่ ก.4 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 4

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
1	1	6.9	29.65	11.0

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	2	6.6	29.58	11.0
	3	6.5	29.61	11.0
	4	6.8	29.58	11.0
2	1	6.7	27.26	11.1
	2	6.7	27.23	11.1
	3	6.6	27.29	11.1
	4	6.8	27.30	11.
3	1	6.7	25.50	11.3
	2	6.6	25.54	11.3
	3	6.6	25.53	11.3
	4	6.6	25.51	11.3
4	1	6.4	23.60	11.3
	2	6.5	23.57	11.3
	3	6.5	23.58	11.3
	4	6.5	23.58	11.3
5	1	6.7	24.65	11.2
	2	6.4	24.67	11.2
	3	6.3	24.63	11.2
	4	6.5	24.65	11.2
6	1	6.5	24.64	11.4
	2	6.7	24.66	11.4
	3	6.3	24.67	11.4
	4	6.5	24.63	11.4
7	1	6.3	23.27	11.4
	2	6.5	23.25	11.4
	3	6.5	23.25	11.4
	4	6.3	23.23	11.4
8	1	6.6	25.10	11.3

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	2	6.4	25.04	11.3
	3	6.6	25.05	11.3
	4	6.4	25.09	11.3
9	1	6.7	25.30	11.5
	2	6.8	25.32	11.5
	3	6.5	25.36	11.5
	4	6.5	25.38	11.5
10	1	6.3	21.75	11.6
	2	6.5	21.74	11.6
	3	6.5	21.74	11.6
	4	6.3	21.73	11.6
11	1	6.4	21.57	11.6
	2	6.4	21.58	11.6
	3	6.3	21.59	11.6
	4	6.5	21.55	11.6
12	1	6.5	21.58	11.4
	2	6.5	21.57	11.4
	3	6.5	21.58	11.4
	4	6.5	21.59	11.4
13	1	6.7	25.25	11.6
	2	6.6	25.30	11.6
	3	6.5	25.23	11.6
	4	6.6	25.22	11.6
14	1	6.1	21.17	11.5
	2	6.1	21.17	11.5
	3	6.4	21.13	11.5
	4	6.2	21.12	11.5
15	1	6.6	23.35	11.6

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	2	6.3	23.30	11.6
	3	6.1	23.31	11.6
	4	6.1	23.32	11.6
16	1	6.0	21.30	11.6
	2	6.1	21.36	11.6
	3	6.1	21.36	11.6
	4	6.2	21.34	11.6
17	1	5.8	21.27	11.5
	2	5.9	21.23	11.5
	3	6.0	21.26	11.5
	4	6.3	21.24	11.5
18	1	6.5	23.25	11.5
	2	6.6	23.24	11.5
	3	6.0	23.24	11.5
	4	6.1	23.24	11.5
19	1	6.2	22.59	11.5
	2	6.2	22.56	11.5
	3	6.2	22.55	11.5
	4	6.2	22.54	11.5
20	1	6.5	21.54	11.6
	2	6.0	21.70	11.6
	3	6.1	21.66	11.6
	4	6.4	21.66	11.6
21	1	6.1	20.45	11.6
	2	6.2	20.46	11.6
	3	6.0	20.45	11.6
	4	5.7	20.44	11.6
22	1	5.7	18.96	11.6

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
	2	5.8	18.86	11.6
	3	5.9	18.84	11.6
	4	6.1	18.85	11.6
23	1	6.0	18.67	11.7
	2	5.8	18.66	11.7
	3	5.7	18.60	11.7
	4	5.7	18.63	11.7
24	1	5.8	15.54	11.6
	2	5.6	15.58	11.6
	3	5.7	15.59	11.6
	4	5.7	15.61	11.6

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 แสดงผลการทดสอบการขึ้นรูปข้าวแต๋นครั้งที่ 5

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
1	1	7.0	30.30	10.8
	2	6.9	30.38	10.8
	3	6.8	30.34	10.8
	4	6.5	30.34	10.8
2	1	6.6	28.25	10.9
	2	6.8	28.18	10.9
	3	6.7	28.20	10.9
	4	6.7	28.21	10.9
3	1	6.4	28.76	10.8
	2	6.8	28.79	10.8
	3	6.8	28.76	10.8
	4	6.4	28.73	10.8

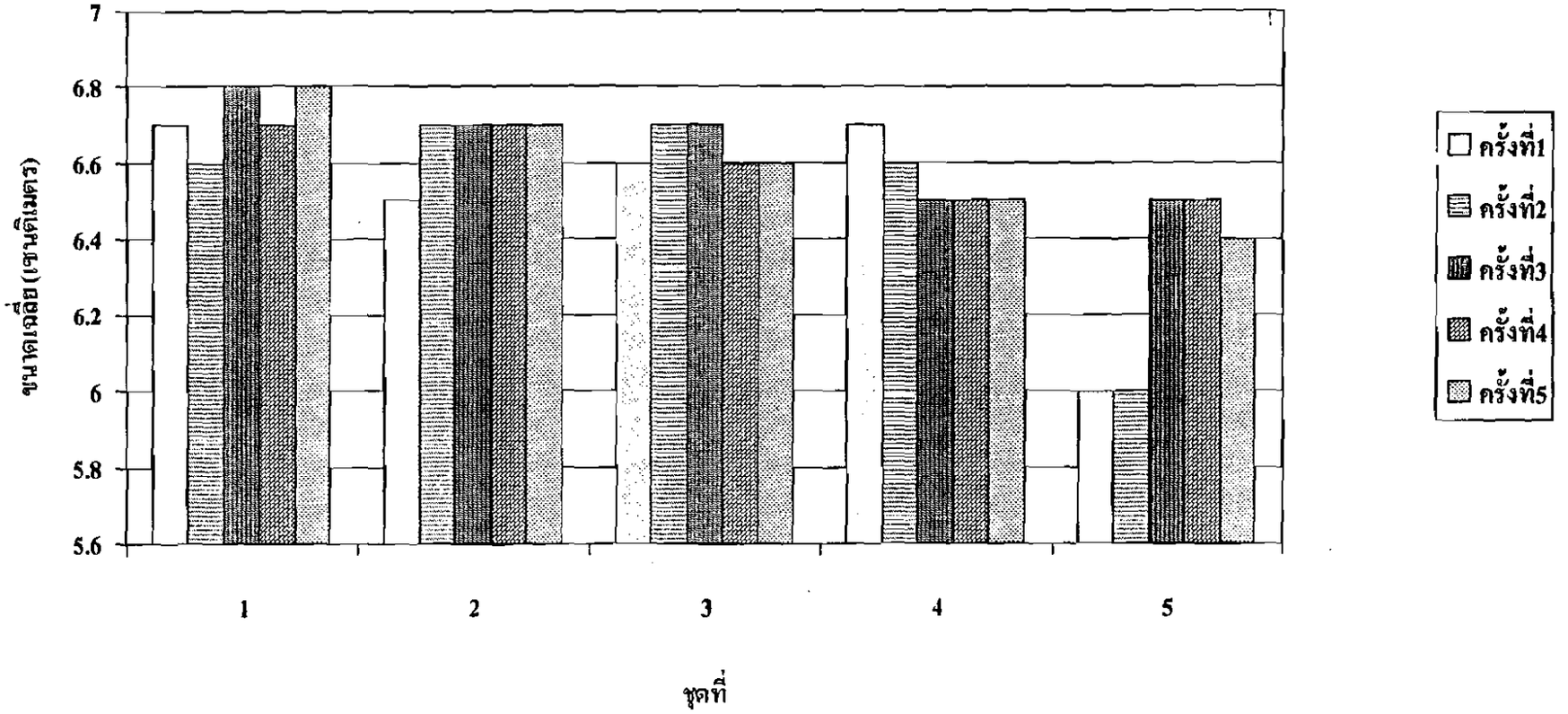
ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
4	1	6.8	26.52	11.1
	2	6.5	26.45	11.1
	3	6.2	26.50	11.1
	4	6.5	26.49	11.1
5	1	6.5	24.60	11.2
	2	6.3	24.65	11.2
	3	6.3	24.67	11.2
	4	6.5	24.68	11.2
6	1	6.5	25.88	11.4
	2	6.1	25.79	11.4
	3	6.2	25.80	11.4
	4	6.4	25.86	11.4
7	1	6.3	25.32	11.4
	2	6.1	25.28	11.4
	3	6.1	25.29	11.4
	4	6.7	25.35	11.4
8	1	6.2	25.82	11.6
	2	6.3	25.85	11.6
	3	6.7	25.86	11.6
	4	6.8	25.88	11.6
9	1	6.3	23.78	11.3
	2	6.2	23.70	11.3
	3	6.2	23.76	11.3
	4	6.5	23.80	11.3
10	1	6.2	22.69	11.4
	2	6.1	22.70	11.4
	3	6.2	22.66	11.4
	4	6.3	22.72	11.4

ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
11	1	6.3	21.62	11.7
	2	6.3	21.64	11.7
	3	6.1	21.65	11.7
	4	6.1	21.65	11.7
12	1	6.0	23.42	11.5
	2	6.5	23.47	11.5
	3	6.5	23.46	11.5
	4	6.2	23.43	11.5
13	1	6.2	21.54	11.6
	2	6.2	21.53	11.6
	3	6.2	21.53	11.6
	4	6.1	21.52	11.6
14	1	6.2	22.84	11.7
	2	6.4	22.89	11.7
	3	6.3	22.86	11.7
	4	6.3	22.85	11.7
15	1	6.2	23.44	11.4
	2	6.3	23.45	11.4
	3	6.3	23.46	11.4
	4	6.3	23.47	11.4
16	1	6.2	22.72	11.5
	2	6.2	22.73	11.5
	3	6.6	22.76	11.5
	4	6.3	22.75	11.5
17	1	6.6	23.59	11.8
	2	6.2	23.55	11.8
	3	6.6	23.57	11.8
	4	6.2	23.57	11.8

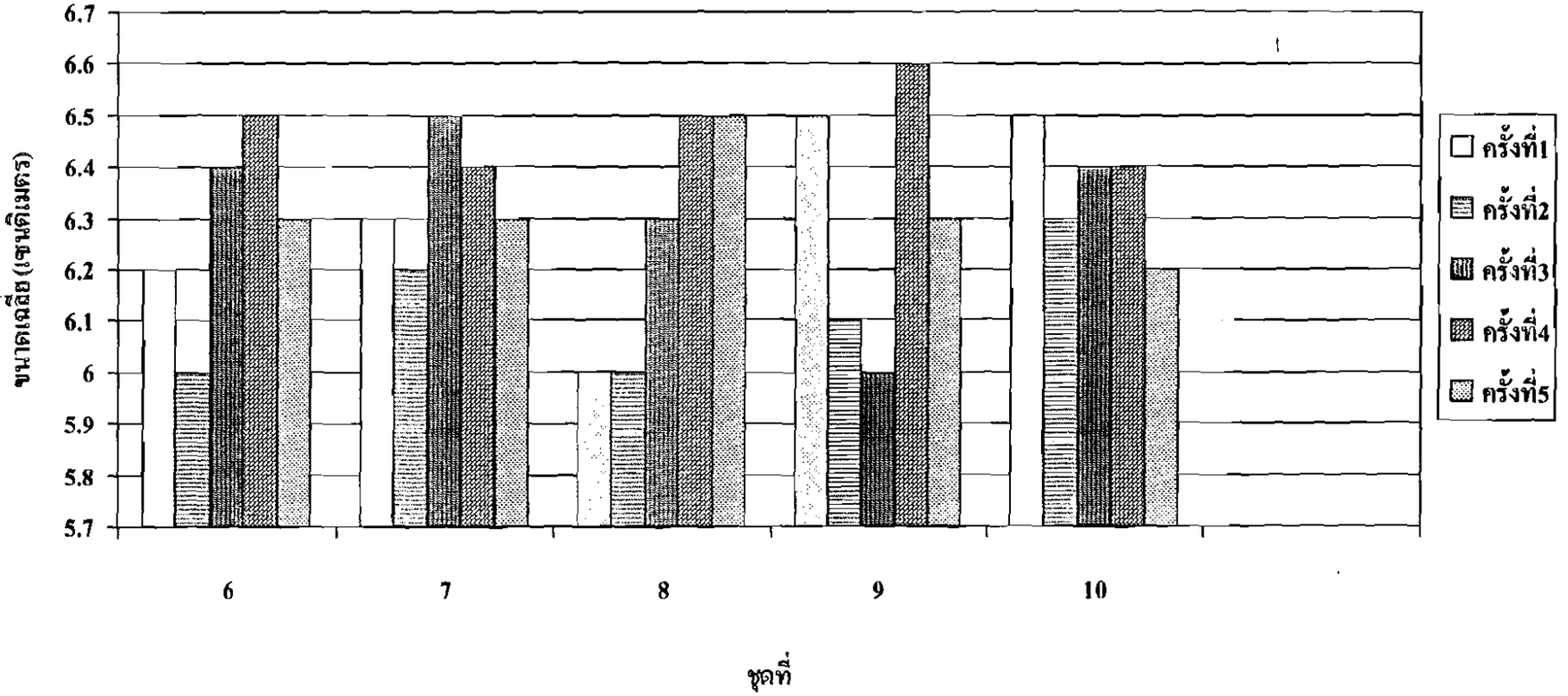
ชุดที่	ชิ้นที่	ขนาด (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)	เวลา (วินาที)
18	1	6.5	23.36	11.7
	2	6.5	23.35	11.7
	3	6.0	23.30	11.7
	4	6.2	23.35	11.7
19	1	6.0	24.75	11.7
	2	6.0	24.70	11.7
	3	6.4	24.68	11.7
	4	6.4	24.65	11.7
20	1	6.3	21.75	11.6
	2	6.3	21.76	11.6
	3	6.3	21.72	11.6
	4	6.3	21.77	11.6
21	1	6.3	22.39	11.5
	2	6.2	22.37	11.5
	3	6.2	22.37	11.5
	4	6.1	22.31	11.5
22	1	5.8	20.48	11.5
	2	5.9	20.50	11.5
	3	6.3	20.53	11.5
	4	6.0	20.52	11.5
23	1	6.0	16.96	11.6
	2	6.0	16.92	11.6
	3	5.5	16.89	11.6
	4	5.3	16.87	11.6
24	1	5.7	16.90	11.7
	2	5.5	16.84	11.7
	3	5.5	16.87	11.7
	4	5.7	16.87	11.7

ภาคผนวก ข

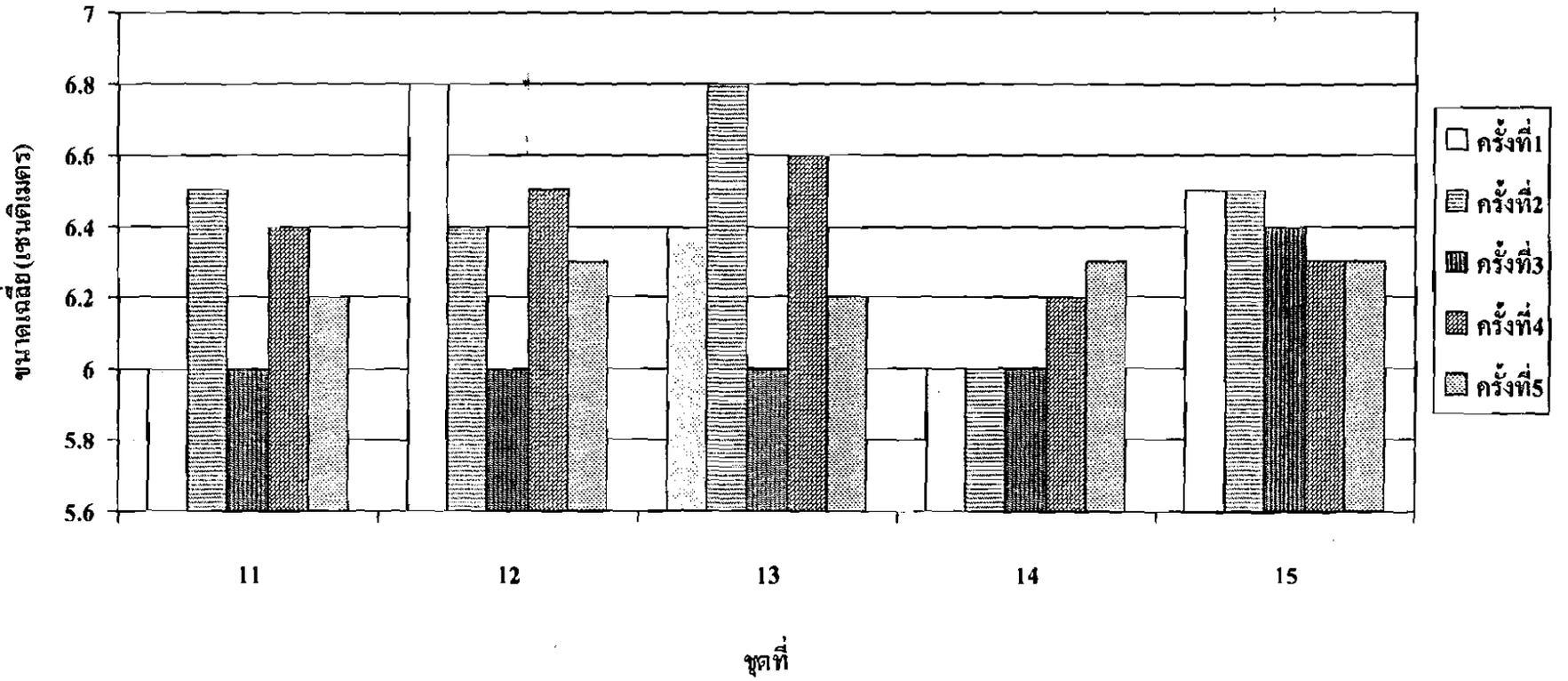
<u>กราฟภาคผนวก ข1</u> แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดสอบ 5 ครั้ง



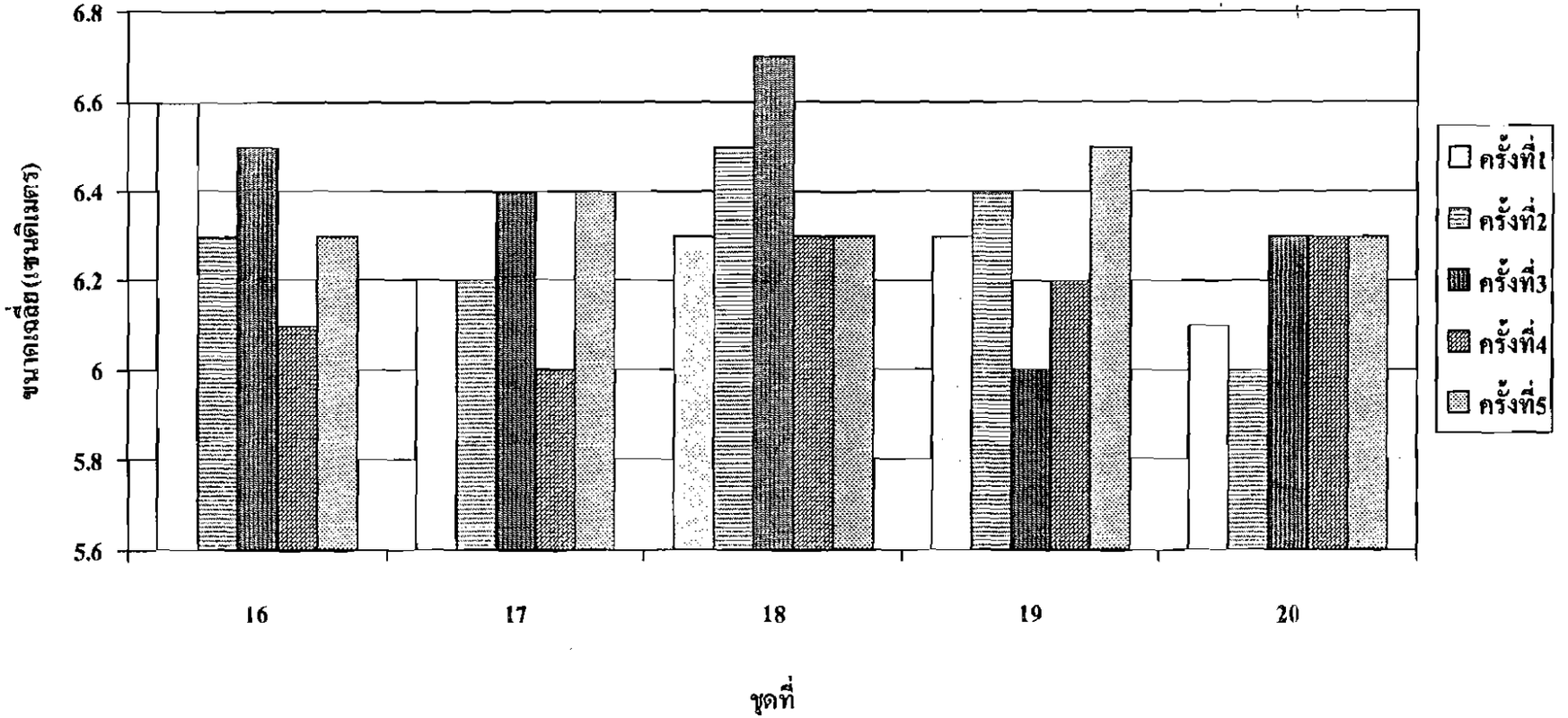
<u>กราฟภาคผนวก ข2</u> แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



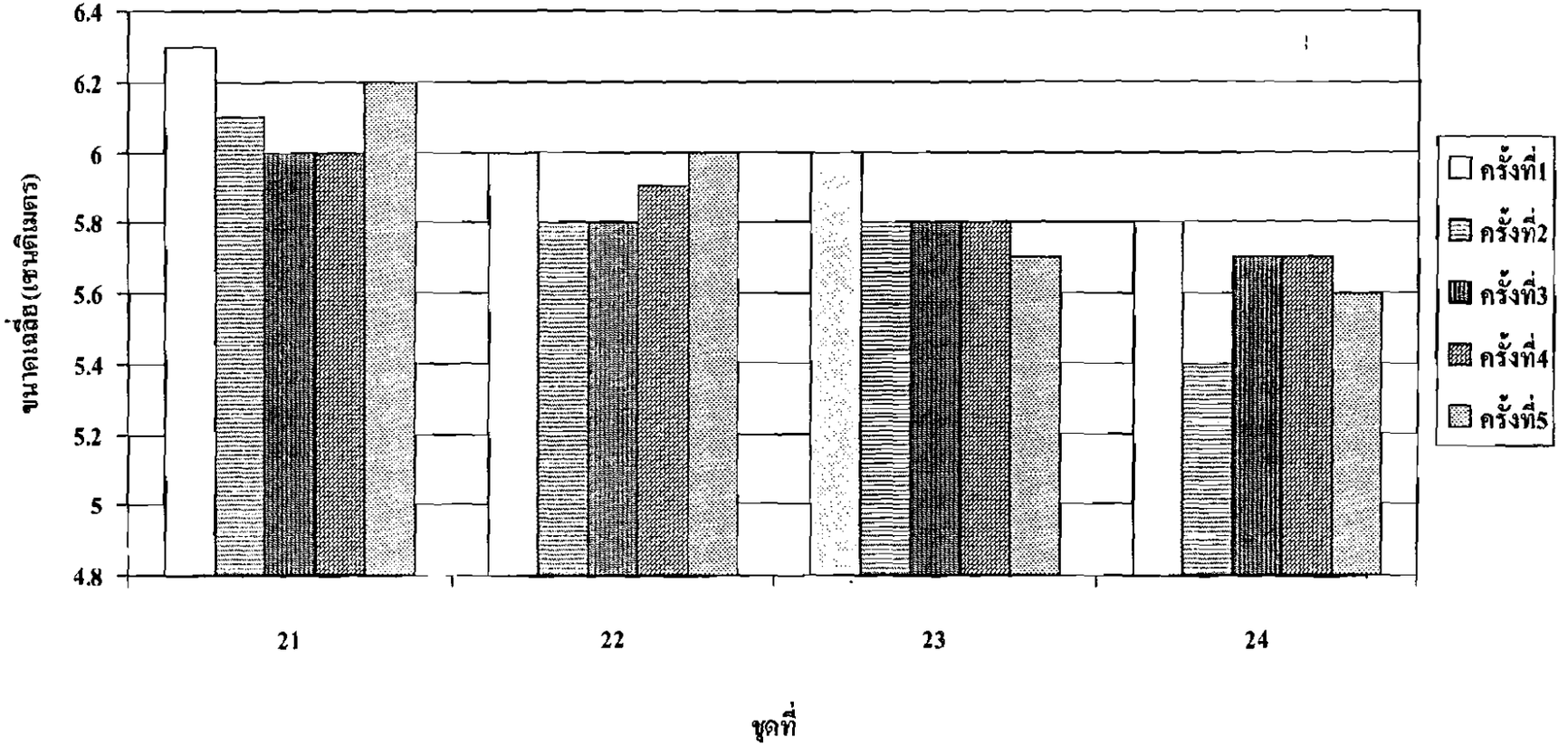
<u>กราฟภาคผนวกข3</u> แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



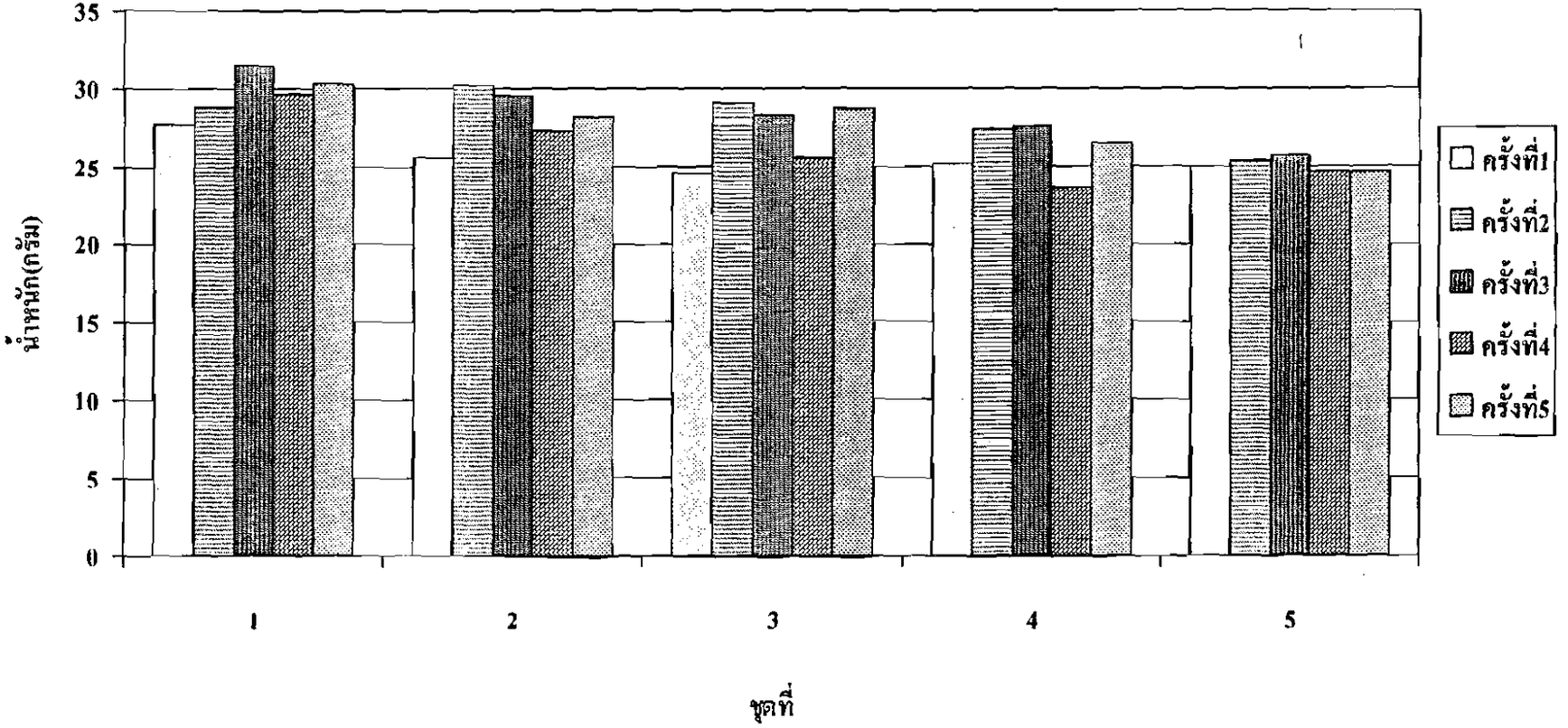
<u>กราฟภาคผนวก ข4</u> แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



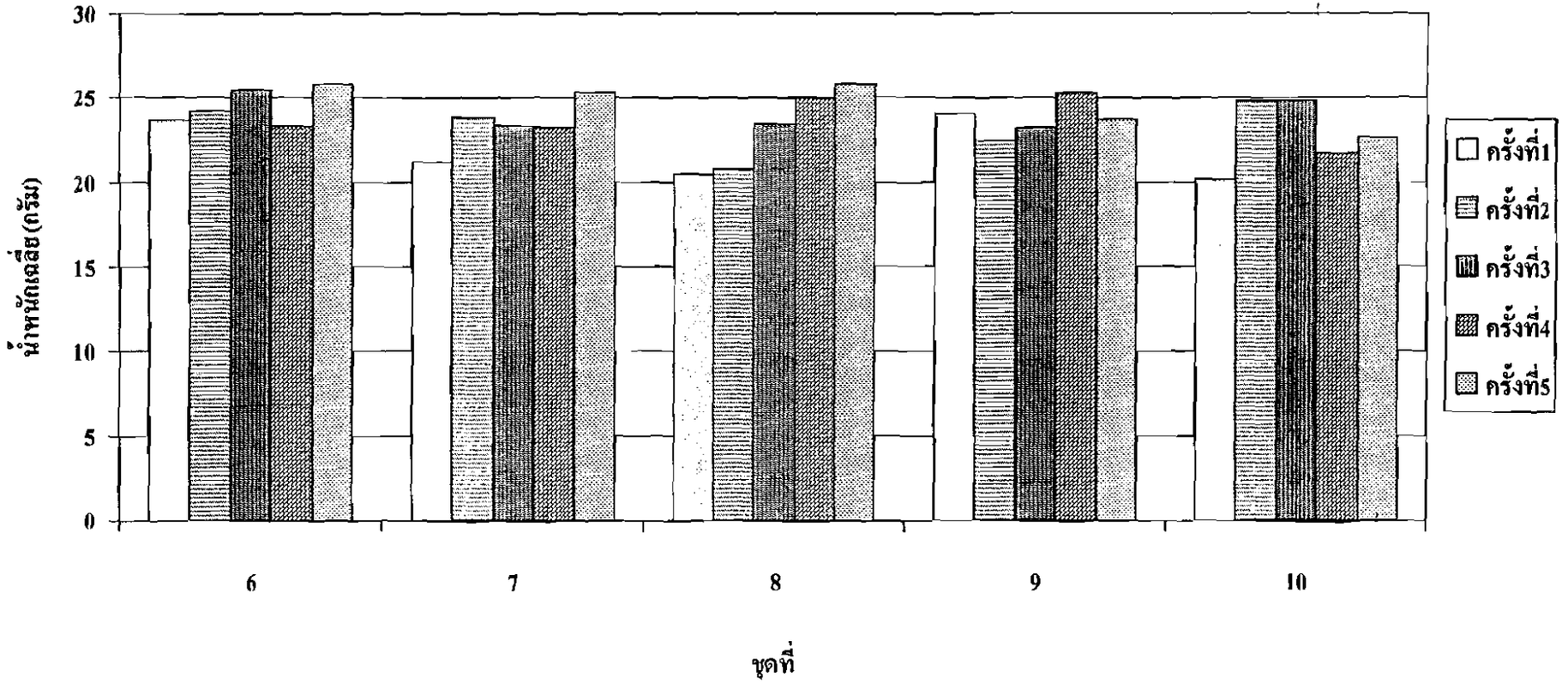
<u>กราฟภาคผนวก ข5</u> แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบขนาดเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



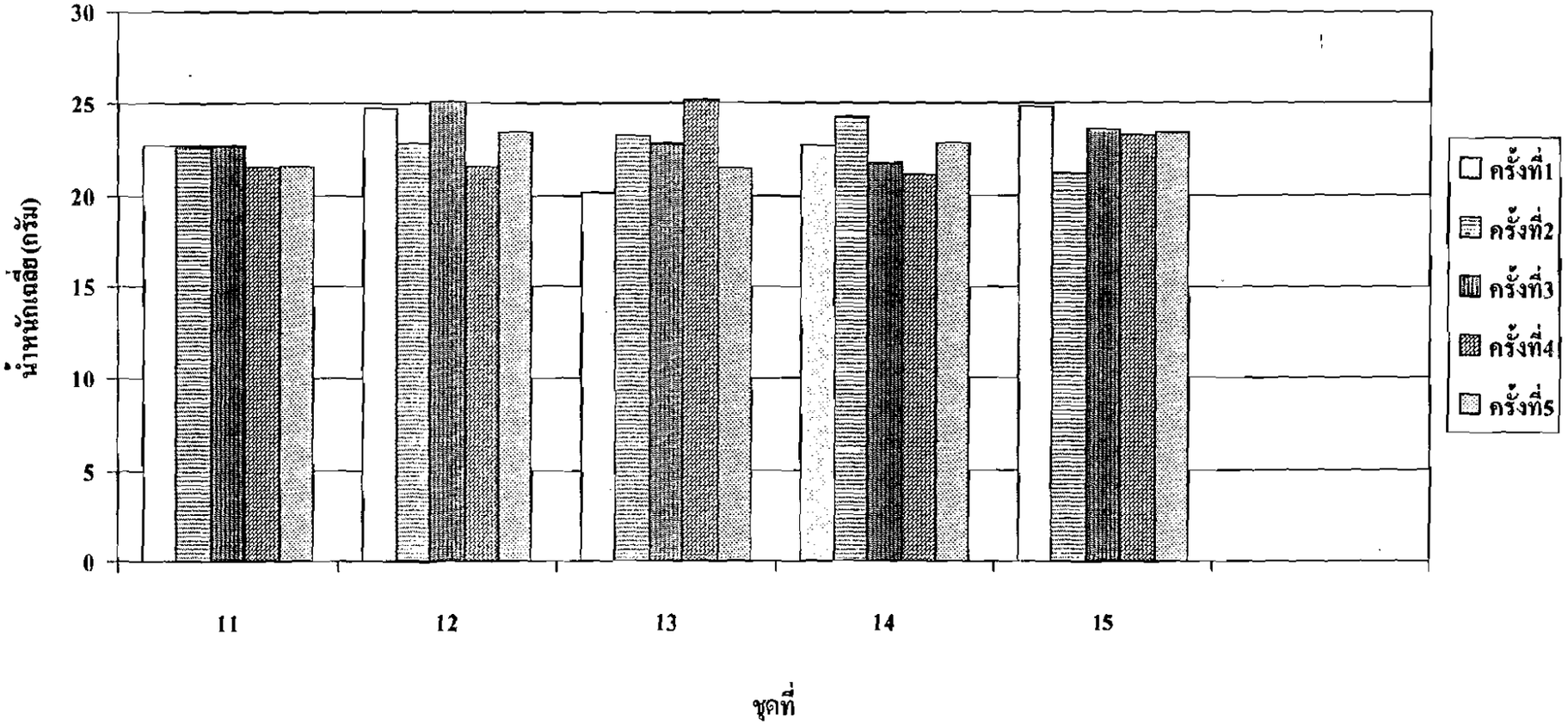
กราฟผนวก ข6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักแฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



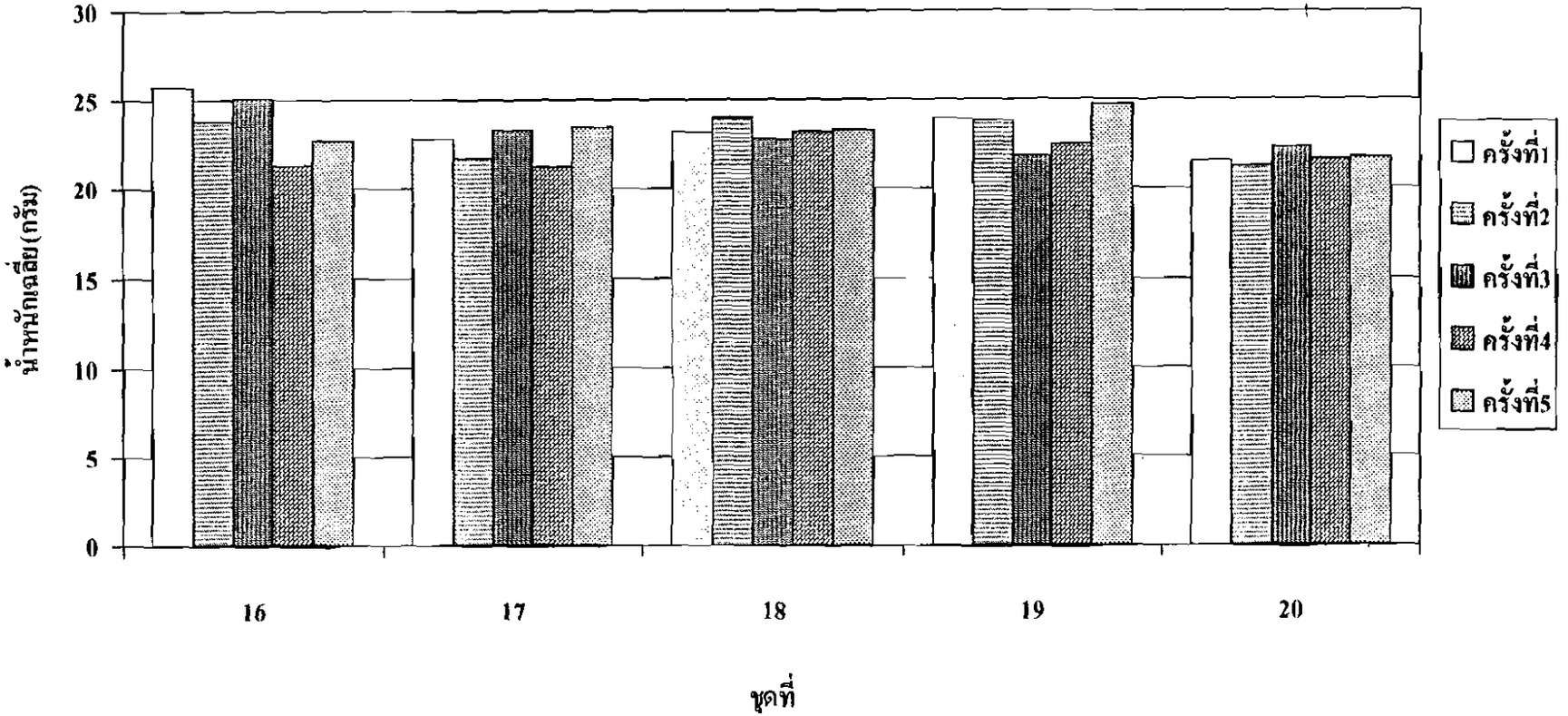
กราฟภาคผนวก ข7 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



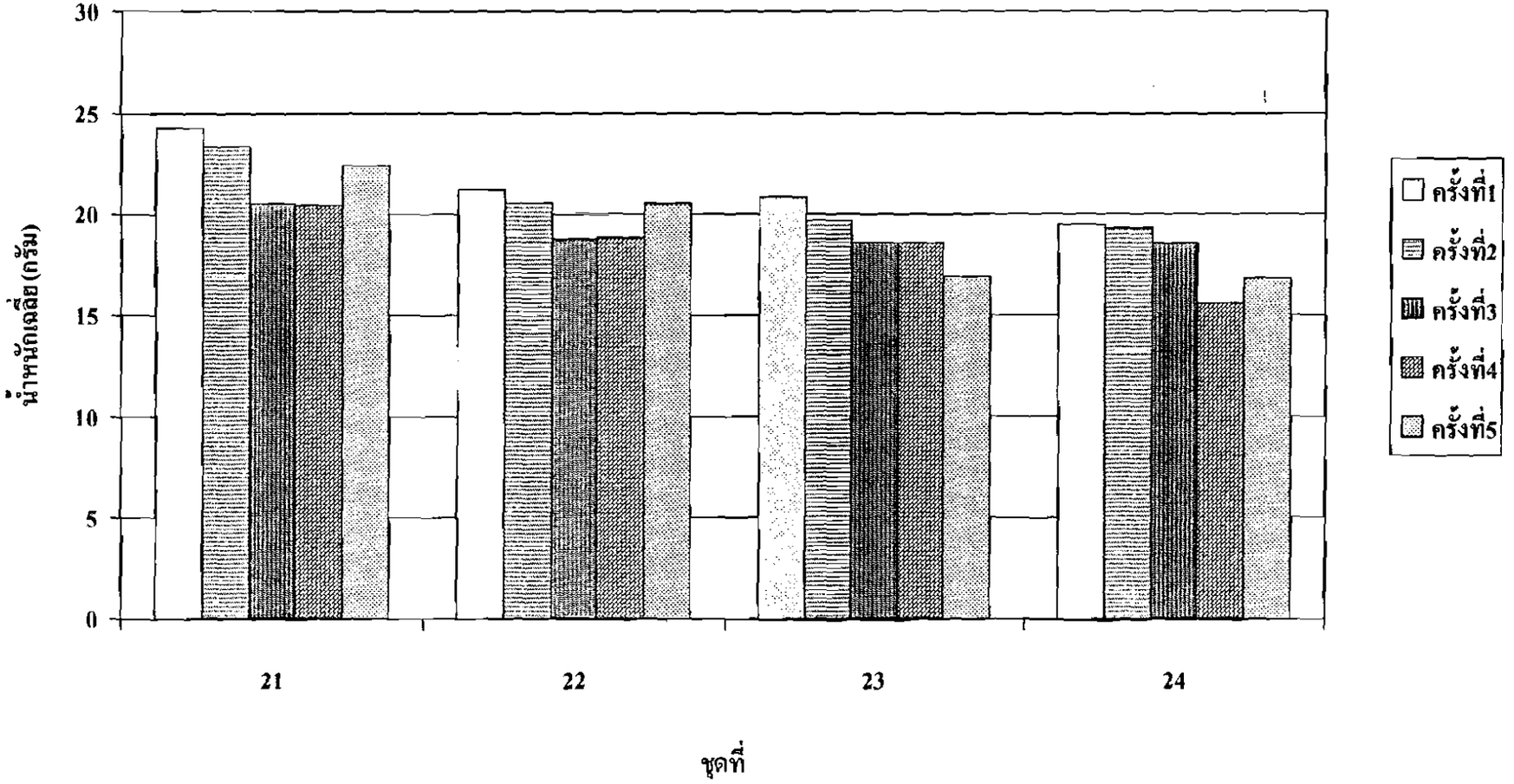
กราฟภาคผนวก ข8 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



กราฟภาคผนวก ข9 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



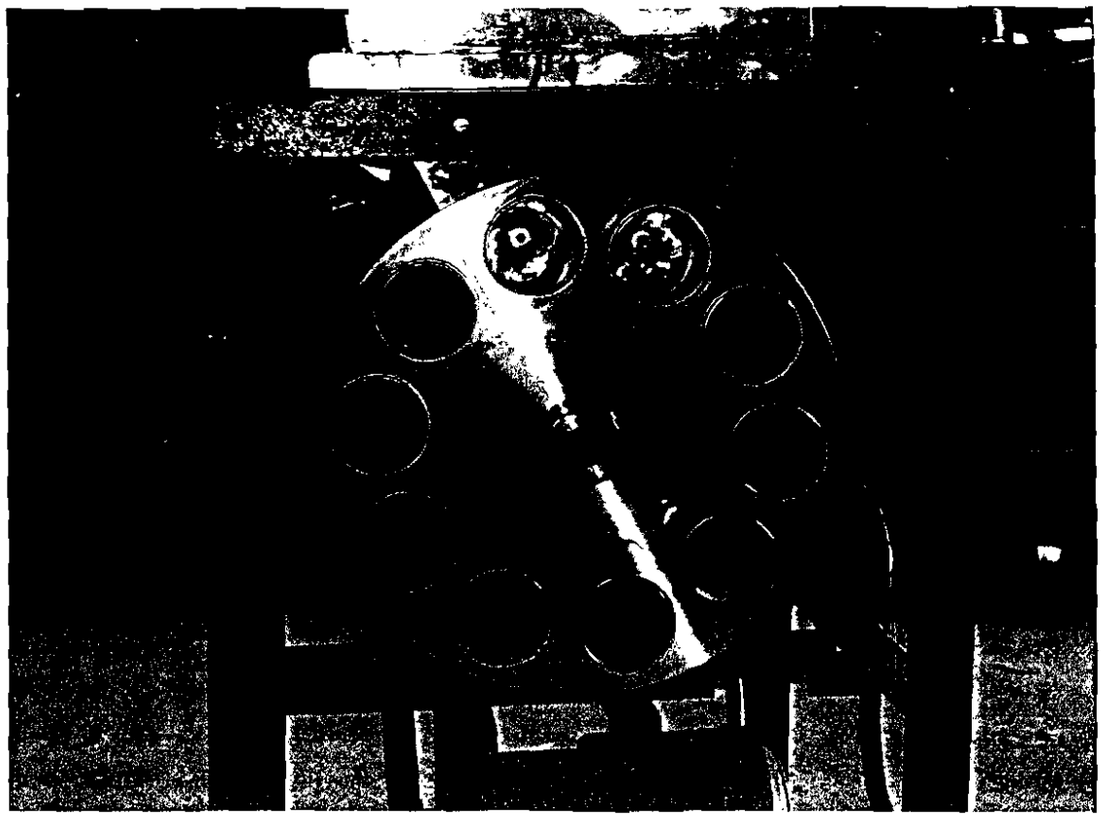
<u>กราฟภาคผนวกที่10</u> แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละชุดในการทดลอง 5 ครั้ง



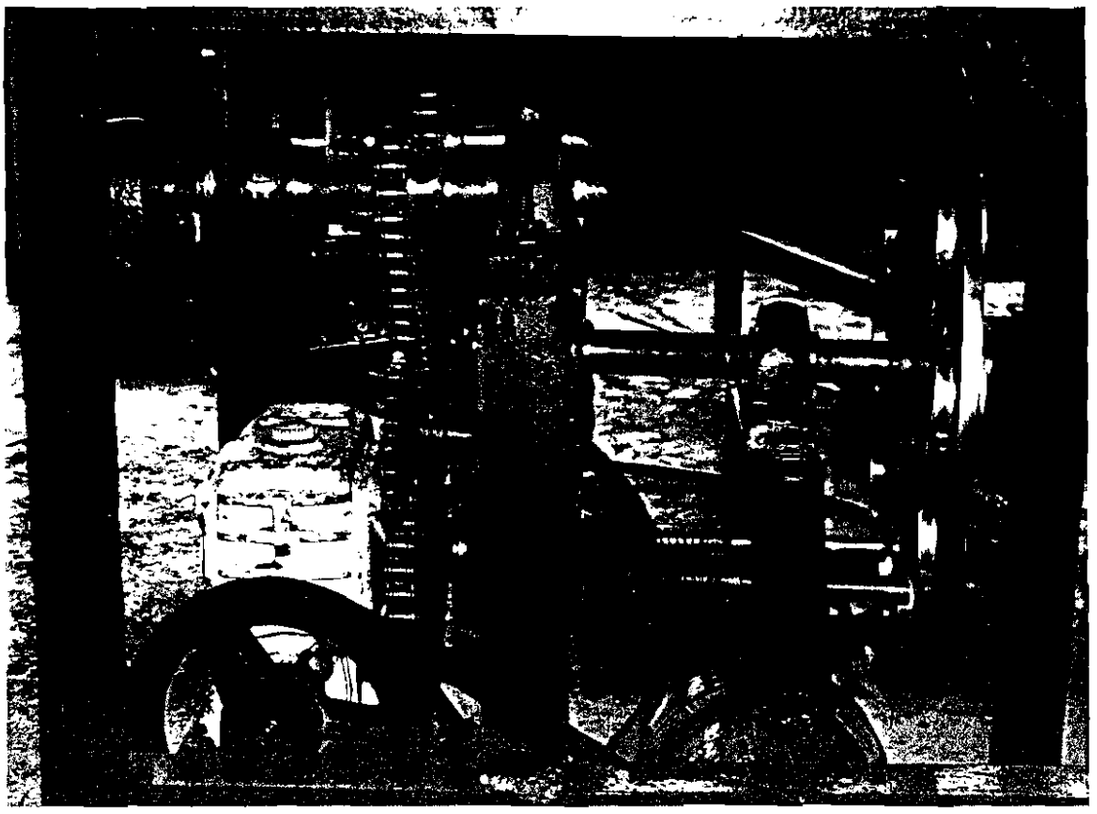
ภาคผนวก ค

<u>ภาพผนวกที่ ค.1</u> แสดงการต้มน้ำแดงโม , เกลือ ,น้ำตาล , กะทิ

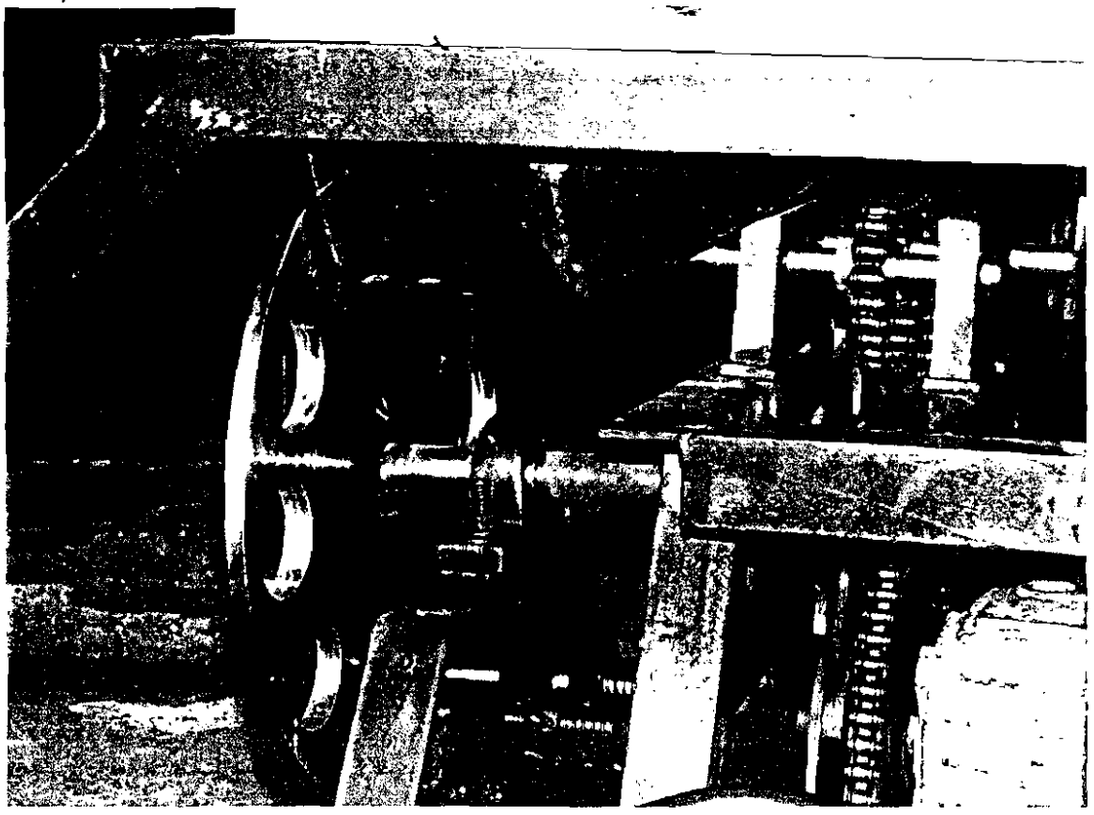
<u>ภาพผนวกที่ ค.2</u> แสดงการผสมข้าวเหนียวกับน้ำแดงโมที่ต้มแล้ว



ภาพผนวกที่ ค.3 แสดงรูปเครื่องขึ้นรูปข้าวแต๋น

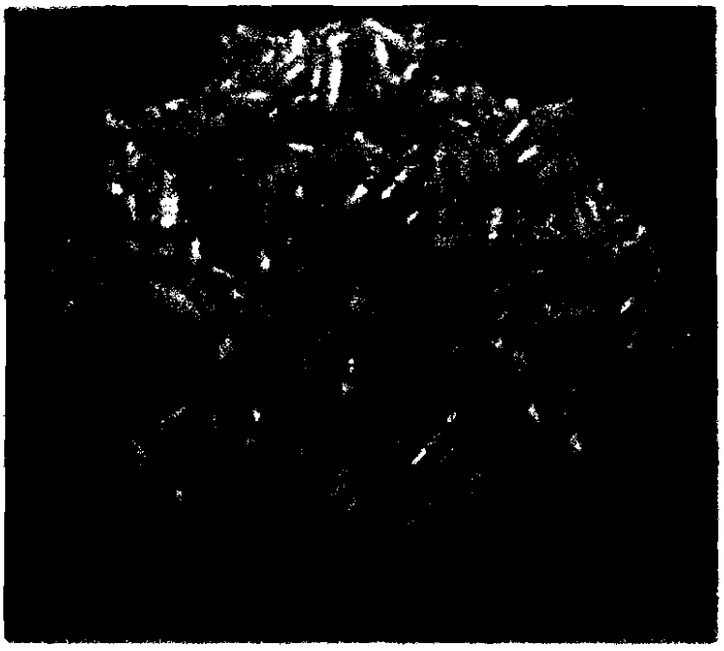


<u>ภาพผนวกที่ ค.4</u> แสดงการติดตั้งอุปกรณ์



<u>ภาพผนวกที่ ค. 5</u> แสดงการทำงานของเจนิวากับตัวแคล็ก

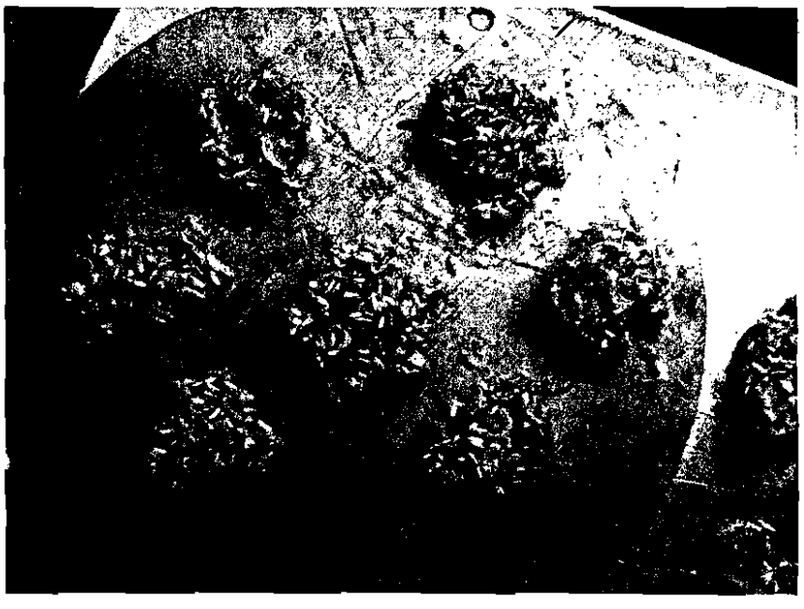
<u>ภาพผนวกที่ ค.6</u> แสดงลักษณะชิ้นงานที่สมบูรณ์



<u>ภาพผนวกที่ ค.7</u> แสดงลักษณะชิ้นงานที่สมบูรณ์บางส่วน

สถาบันวิทยบริการ

ภาพผนวกที่ ค.8 แสดงชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์



ภาพผนวกที่ ค.9 แสดงชิ้นงานที่ไม่สามารถขึ้นรูปได้