สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ

THE DESIGN OF AUTOMATIC TAMARIND BLOCK COMPRESSED MACHINE

T045817

โดย

นางสาวชารวี โชติศิริ

นางสาวควงรัตน์ ชัยวัฒนเมธิน

นายวีรชัย สิริองอาจยิ่ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45817
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ

THE DESIGN OF AUTOMATIC TAMARIND BLOCK COMPRESSED MACHINE

โดย

นางสาวชารวี โชติศิริ

นางสาวดวงรัตน์ ชัยวัฒนเมธิน

นายวีรชัย สิริองอาจยิ่ง

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นางสาวชารวี โชติศิริ
2. นางสาวดวงรัตน์ ชัยวัฒนเมธิน
3. นายวีรชัย สิริองอาจยิ่ง

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ

นางสาวชารวี โชติศิริ
นางสาวดวงรัตน์ ชัยวัฒนเมธิน
นายวีรชัย สิริองอาจยิ่ง

อาจารย์เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ และพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ โดยใช้หลักการกำหนดปริมาตรของก้อนมะขามเปียก ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ โดยการทดลองหาความหนาแน่นเฉลี่ยของมะขามเปียก เพื่อเพิ่มความเร็วของกระบวนการผลิตมะขามเปียกอัดก้อน ระดับอุตสาหกรรม สำหรับงานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับอัดก้อนมะขามเปียกน้ำหนัก 250 กรัม มีขนาด 3 × 7 × 10 เซนติเมตร กลไกการเคลื่อนที่ และระบบควบคุมเป็นระบบนิวเมติกส์ โดยใช้กระบอกลมทั้งหมด 2 กระบอก ทำงานร่วมกันอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการป้อนแท่งมะขามเปียก จากการทดลองพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถอัดก้อนมะขามเปียกได้ในอัตรา 4 ก้อนต่อนาที ภายใน 1 วัน สามารถอัดมะขามก้อนได้ 1,920 ก้อน คิดเป็นน้ำหนักรวม 480 กิโลกรัม ลักษณะของก้อนมะขามที่อัดได้มีลักษณะผิวเรียบ ได้มุมคม สมบูรณ์ดี น้ำหนักที่ชั่งได้มีความคลาดเคลื่อน 12.9% โดยเฉลี่ย

คำสำคัญ มะขามเปียก / ระบบนิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Design of Automatic Tamarind Block Compressed Machine

Miss Charawee Chotsiri
Miss Duangrat Chaiwattanamethin
Mr. Virachai Siriaonga

Mr. Kiattisak Roonprasang Advisor
2001

Abstract

This research was conducted to design and develop Automatic Tamarind Block Compressed Machine in order to speed up the blocking process of tamarind industry. The blocking started first with fixing volume of tamarind lump to reach required weight that was measured by average density of each lump. This research also designed the simulated machine for blocking 250 g in size of 3 × 7 × 10 cm tamarind lump. The flow mechanic and control system of the prototype was pneumatics, using 2 air cylinders continuously working together after feeding the lump into the system. From the test, it was found that the simulation was able to block 4 lumps of tamarind in a minute time. Therefore , it could process 1920 lumps , totaling 480 kg tamarind. The blocks coming out were smooth, sharp cut and perfect whilst weight error around 12.9% in average.

Keywords Tamarind / Pneumatics System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร และแหล่งข้อมูล	3
2.1 มะขาม	3
บทที่ 3 ทฤษฎี และหลักการ	13
3.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามเปียก	13
3.2 การทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก	13
3.3 สรุปผลการทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก	17
3.4 หลักการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก	18
บทที่ 4 การคำนวณ และการสร้างเครื่องต้นแบบ	25
4.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ	25
4.2 การออกแบบรางป้อน และบล็อกพิมพ์	25
4.3 การออกแบบสปริง	26
4.4 การคำนวณหาขนาดกระบอกลมนิวเมติกส์	28
4.5 การออกแบบวงจรนิวเมติกส์	29
บทที่ 5 การวางแผน และวิธีการทดลอง	35
5.1 การทดสอบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ	35
บทที่ 6 ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง	37
6.1 ผลการทดลอง	37
6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 สรุป และวิจารณ์	43
7.1 สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง	43
7.2 ข้อเสนอแนะ	43
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	45
ภาคผนวก ก.	46
ภาคผนวก ข.	50
กิตติกรรมประกาศ	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการแปรรูปมะขามเปียกก้อน	10
รูปที่ 3.1 บล็อกพิมพ์มะขามเปียกที่ใช้ทดลอง	16
รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของบล็อกพิมพ์และแรงกดสูงสุดเฉลี่ย	17
รูปที่ 4.1 วงจรนิวเมติกส์ลำดับการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก	29
รูปที่ 4.2 เครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ	31
รูปที่ 4.3 มุมมองด้านหน้าเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ	32
รูปที่ 4.4 มุมมองด้านข้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ	33
รูปที่ 4.5 มุมมองด้านข้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ	34
รูปที่ 6.1 ก้อนมะขามเปียกก่อนที่จะการอัดจำนวน 10 ตัวอย่าง	41
รูปที่ 6.2 ก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดก้อนจำนวน 10 ตัวอย่าง	41
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างกราฟแสดงแรงกดมะขามเปียกที่ความสูงบล็อกพิมพ์ 3 cm	47
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างกราฟแสดงแรงกดมะขามเปียกที่ความสูงบล็อกพิมพ์ 5 cm	48
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างกราฟแสดงแรงกดมะขามเปียกที่ความสูงบล็อกพิมพ์ 7 cm	49
รูปที่ ข.1 มุมมองไอโซเมตริกเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ	51
รูปที่ ข.2 มุมมองด้านหน้าเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ	52
รูปที่ ข.3 มุมมองด้านข้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ	53
รูปที่ ข.4 มุมมองไอโซเมตริกส่วนบล็อกพิมพ์ที่ใช้อัดก้อนมะขามเปียก	54
รูปที่ ข.5 มุมมองด้านหน้าส่วนบล็อกพิมพ์ที่ใช้อัดก้อนมะขามเปียก	54
รูปที่ ข.6 มุมมองไอโซเมตริกการติดตั้งกระบอกลมแนวตั้งกับบล็อกพิมพ์	55
รูปที่ ข.7 มุมมองไอโซเมตริกการติดตั้งกระบอกลมแนวนอนกับแป้นดันมะขามเปียก	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	คุณค่าอาหารของฝักมะขามสด 100 กรัม	9
ตารางที่ 2	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะขามของไทย	12
ตารางที่ 3.1	ตารางผลการทดลอง	14
ตารางที่ 3.2	การทดลองหาน้ำหนักที่คลาดเคลื่อนจากมะขามเปียกที่มีปริมาตรคงที่	15
ตารางที่ 3.3	ผลการทดลองแรงที่ใช้กดมะขามเปียก	16
ตารางที่ 6.1	ตารางผลการทดลองหาความเร็วกระบอกลมแนวตั้ง	37
ตารางที่ 6.2	ตารางผลการทดลองหาความเร็วกระบอกลมแนวนอน	37
ตารางที่ 6.3	ตารางผลการทดลองหาเวลาที่ใช้อัดก้อนมะขามเปียก 1 ก้อน	38
ตารางที่ 6.4	ตารางผลการทดลองหาความเร็วที่เหมาะสม	39
ตารางที่ 6.5	ตารางผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดของกระบอกลมด้านหลัง (cm^2)
A'	=	พื้นที่หน้าตัดของกระบอกลมด้านหน้า (cm^2)
C	=	กำหนดค่าดัชนีสปริง
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลม (cm)
D_s	=	เส้นผ่านศูนย์กลางขดสปริง (mm)
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (cm)
E	=	โมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ (N/mm^2)
F_{min}	=	แรงที่ใช้กดมะขามเปียก (N)
F_n	=	แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน (N)
F_{n1}	=	แรงที่ได้สุทธิในการทำงานขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก (N)
F_{n2}	=	แรงที่ได้สุทธิในการทำงานขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่เข้า (N)
F_R	=	แรงที่เกิดจากแรงเสียดทาน (N)
F_{Sp}	=	แรงต้านของสปริง (N)
F_{th}	=	แรงที่ได้จากกระบอกลมทางทฤษฎี (N)
G	=	โมดูลัสเฉือนของวัสดุ (N/mm^2)
H_B	=	ความสูงบล็อกพิมพ์ (mm)
H_T	=	ความสูงของก้อนมะขามเปียกก่อนป้อน (mm)
k	=	ค่าความต้านทานของสปริง (N/mm)
L_f	=	ความยาวสปริงอิสระ (mm)
L_s	=	ความยาวสปริงขนาดหดตัวสูงสุด (mm)
L_1	=	ความยาวระยะชักกระบอกลมแนวตั้ง (mm)
L_2	=	ความยาวระยะชักกระบอกลมแนวนอน (mm)
n	=	จำนวนขดทำการของสปริง (ขด)
n_t	=	จำนวนขดทั้งหมดของสปริง (ขด)
P	=	ความดันใช้งาน (bar)
R_c	=	สัมประสิทธิการกดติด (%)
X_1	=	ระยะความยาวในการกดมะขามเปียก (mm)
δ_s	=	ระยะหดตัวของสปริงสูงสุด (mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

δ_w = ระยะหดตัวของสปริงสูงสุดในการทำงาน (mm)

τ = ค่าความเค้นเฉือน (N)

σ_u = ความต้านทานแรงดึงต่ำสุด (N)

σ_d = ความต้านทานแรงดึงออกแบบ (N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

มะขามเปียก เป็นชื่อที่ใช้เรียกส่วนของเนื้อในฝักมะขามที่แก่จัด มีรสเปรี้ยวซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของอาหารหลายชนิดเช่น ต้มยำ แกงส้ม แกงเหลือง แกงฮังเล ต้มโคล้ง ต้มส้ม น้ำพริกเผา น้ำพริกแจ่ว น้ำจิ้มต่าง ๆ น้ำมะขามพร้อมดื่ม มะขามแก้ว และมะขามเปียก ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นส่วนประกอบของอาหาร มะขามเปียกยังสามารถนำไปเป็นยาสมุนไพรได้เพราะมะขามเปียกประกอบด้วยกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดทาร์ทาริค กรดซิตริค เป็นต้น มะขามเปียกจะมีฤทธิ์เป็นยาระบาย ตัวเนื้อมะขามเปียกช่วยลดอุณหภูมิของร่างกาย ช่วยลดความร้อน และลดไข้ ซึ่งในตะวันออกกลางนิยมดื่มน้ำมะขาม เพื่อช่วยลดความร้อนของร่างกาย แก้กระหายน้ำ จากที่มะขามเปียกมีรสเปรี้ยวนี้จะเป็นตัวช่วยกัดเสมหะให้ละลายไปได้ มีวิตามินสูง ช่วยบำรุงกระดูกป้องกันเลือดออกตามไรฟัน อาจใช้น้ำมะขามเปียกผสมน้ำต้มข่า ใส่เกลือเล็กน้อยรับประทานเป็นยาขับเลือดลม แล้วยังสามารถใช้ประโยชน์ทางด้านความงามก็ได้ โดยนำมาพอกจะทำให้ผิวพรรณผุดผ่องสวยงามขึ้น หรือนำไปผสมปูนแดงปิดพอกบริเวณที่เป็นฝี

มะขามเปียก เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีการส่งออกต่างประเทศมูลค่าส่งออกปีละเกือบ 500 ล้านบาท [1] และมีแนวโน้มการส่งออกที่สูงขึ้น แต่ยังคงประสบปัญหาด้านพื้นที่ในการขนส่งและการเก็บรักษา เพราะขนาดของมะขามเปียกที่ส่งออกในปัจจุบันมีขนาดที่ใหญ่ มีรูปทรงที่ต้องใช้พื้นที่ในการขนส่งมาก ดังนั้นมะขามเปียกจึงถูกนำมาลดขนาด และอัดให้เป็นรูปร่าง โดยใช้แรงงานคน จึงทำให้ใช้เวลามาก อัตราการผลิตต่ำ มีขนาด และน้ำหนักไม่ได้มาตรฐาน

เครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการแปรรูป อัดมะขามเปียกให้รูปร่างเป็นก้อน ที่มีขนาด และน้ำหนักตามต้องการ โดยมีอัตราการผลิตที่สูง ได้ขนาดที่เป็นมาตรฐาน เวลาในการอัดมะขามเปียกเป็นก้อนน้อยกว่าการใช้แรงงานคน ดังนั้นในการออกแบบ และสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ จำเป็นต้องศึกษา และหาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของมะขามเปียกเช่น ความหนาแน่น ความชื้น ความหนืด ความทนทานต่อแรงอัดของมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษา และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ เป็นข้อมูลในการปรับปรุงให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขต

1. สร้างเครื่องจักรอัตโนมัติที่สามารถทำงานเพื่ออัดมะขามเปียกเป็นก้อนทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. มะขามที่อัดเป็นก้อนมีขนาด 7 cm × 10 cm × 3 cm มีน้ำหนัก 250 g

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร และแหล่งข้อมูล

2.1 มะขาม [7]

มะขามเป็นพืชตระกูลถั่ว มีชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า Tamarindus indica Linn. มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนของแอฟริกาตะวันออก บริเวณอะบิสซีเนีย จนถึงลุ่มแม่น้ำแซมเบไซในอินเดียตอนใต้ มนุษย์เริ่มรู้จักปลูกมะขามเมื่อประมาณก่อนคริสตศตวรรษที่ 4 แพร่เข้ามาในประเทศไทยจากพม่า และเมื่อนำมาปลูกบริเวณ หล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ และได้กลายพันธุ์เป็นมะขามหวานเมื่อประมาณ 200 ปีที่แล้ว มะขามหวานพันธุ์แรกคือพันธุ์หมื่นจง

มะขามเป็นพืชยืนต้นไม่ผลัดใบ เจริญเติบโตช้า เจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด และทนความแห้งแล้งได้ดี ถึงช่วงฤดูแล้งหรือหลังจากเก็บเกี่ยวผลมะขามแล้ว มะขามจะทิ้งใบบ้างแต่ก็จะเจริญเติบโตขึ้นใหม่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งปรากฏว่าการปลูกมะขามในบริเวณที่แห้งแล้งจะได้ผลที่ดีกว่าบริเวณที่ชุ่มชื้น และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เพราะในบริเวณดังกล่าวมะขามเจริญเติบโตทางใบ ลำต้น และกิ่งก้านสาขามากกว่าจะออกผลต่อไป เพราะมะขามจะออกดอกได้ดีต้องมีช่วงแล้งระยะหนึ่ง เมื่อได้รับน้ำฝนจะแตกดอกออกผลต่อไป ทำให้การปลูกมะขามในประเทศไทยเหมาะกับการปลูกในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคใต้บางจังหวัดทั่วไป

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

ซึ่งลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ของมะขามมีดังนี้

ราก มะขามเป็นพืชที่ระบบรากมีการแผ่กระจายได้ดี ทำให้สามารถหาอาหารได้ดีโดยเฉพาะมะขามที่เพาะจากเมล็ดจะมีรากแก้วสามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้มากขึ้นทำให้เป็นพืชที่สามารถทนความแห้งแล้งได้ดี และนิยมใช้ต้นมะขามที่ได้จากการเพาะเมล็ดเป็นต้นตอสำหรับทาบกิ่งมะขามพันธุ์ดีโดยเฉพาะมะขามหวาน

ลำต้น มะขามลำต้นสูงประมาณ 6 - 10 m มีลักษณะอ้วน และบิดไขว้เปลือก ลำต้นมีสีน้ำตาลอ่อน จะเปลี่ยนเป็นสีเทาดำ เมื่ออายุมากขึ้น เปลือกจะมีริ้วรอยมาก แตกเป็นร่อง เป็นสะเก็ดตามแนวยาว ลำต้นมีกิ่งก้านสาขามาก ไม่มีหนาม กิ่งเหนียวหักยาก ทรงพุ่มแน่น ปลายกิ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้อยย้อยลงมาสู่ตากพื้นดินประมาณ 3 ฟุต ซึ่งลักษณะทรงพุ่มของมะขามหวาน และมะขามเปรี้ยวมี 2 ลักษณะคือ

1. แบบทรงพุ่มทึบ กิ่งก้านทึบ และประสานกันค่อนข้างแน่น โคนกิ่งจะแตกกิ่งย่อยมากกว่าทรงพุ่มโปร่ง
2. แบบทรงพุ่มโปร่ง กิ่งก้านยาว ข้อ และตาห่าง ทำให้ลักษณะลำต้นโปร่งซึ่งมะขามหวานที่มีทรงพุ่มโปร่งจะให้ผลมากกว่าทรงพุ่มทึบ

ดอก ดอกมะขามมีลักษณะเป็นช่อ บานจากโคนช่อไปทางด้านปลายช่อ ดอกเกิดบริเวณปลายกิ่งหรือซอกใบ ยาวประมาณ 5 - 10 cm ช่อหนึ่ง ๆ มีประมาณ 10 - 15 ดอก ดอกมีกลิ่นหุ้มดอกอ่อน 1 กลีบ มีสีแดง ขอบมีขนสั้นสีขาวจะหลุดร่วงไปเมื่อดอกบาน กลีบเลี้ยงมี 4 กลีบ มีสีเหลือง ปลายกลีบแหลม มีสีแดงเรื่อ ๆ กลีบมี 5 กลีบ มีสีเหลือง และมีลายเส้นสีแดง ปลายกลีบมีรอยย่น เกสรตัวผู้อยู่ใต้กลีบดอก มีเกสร 3 อันติดกัน มะขามจะเริ่มออกดอก และติดฝักเมื่อเริ่มฤดูฝน ซึ่งทำให้ปีใดมีฝนตกล่าช้าจะทำให้การออกดอก และติดฝักของมะขามล่าช้าออกไปด้วย

ใบ ใบมะขามเป็นใบประกอบยาวประมาณ 7 - 15 cm มีใบย่อยประมาณ 14 - 40 ใบ ใบย่อยมีลักษณะยาวปลายใบมนกลมหรือเว้าเล็กน้อย ก้านใบย่อยมีขนาดยาวประมาณ 1 - 2.4 cm และกว้างประมาณ 4.5 - 9 mm

ผล ผลของมะขามมีลักษณะเป็นฝักทรงกระบอกแบนเล็กน้อย ยาวประมาณ 3 - 14 cm กว้างประมาณ 2 cm ฝักอ่อนมีสีเขียวสด และที่ผิวเปลือกมีนวลหรือละอองสีน้ำตาลทำให้เห็นเป็นสีเขียวปนน้ำตาล เนื้อในมีสีขาวนวลรสเปรี้ยวจัด เมื่อฝักมีอายุมากขึ้น เนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองนวล และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มยุบตัวแห้งลงร่อนออกจากฝัก เมื่อแก่เปลือกฝักจะมีน้ำตาลอ่อนปนเทา บีบแตกง่าย เนื้อหุ้มเมล็ดจะอยู่ติดกันเป็นพืด ลักษณะเหนียวหนืด มีเส้นใยยึดอยู่ 3 เส้น ตามความยาวของฝัก ซึ่งเรียกว่า “รก”

ส่วนประกอบของของเนื้อมะขามจะแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตคือ ถ้าอยู่ในระยะฝักดิบจะมีน้ำประมาณร้อยละ 63.3 - 68.6 เนื้อประมาณร้อยละ 31.3 - 31.6 ส่วนมะขามแก่จะมีเนื้อประมาณร้อยละ 55 เมล็ดร้อยละ 33.9 เปลือก และรกประมาณร้อยละ 11.1

เมล็ด เมล็ดมะขามเมื่ออ่อนเปลือกมีสีขาว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มมันเป็นเงา เนื้อในเมล็ดมีสีขาว ซึ่งประกอบด้วยเปลือกเมล็ดร้อยละ 30.1 แป้งร้อยละ 51.47 ส่วนที่เหลือเป็นความชื้น แป้งในเมล็ดมะขาม มีประโยชน์สามารถใช้บริโภคได้ เพราะมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวสาลี นอกจากนั้นยังใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพราะแป้งเมล็ดมะขามประกอบด้วยสารโพลีแซคคาไรด์ ชื่อเจลโลส ประมาณร้อยละ 60 เมื่อนำไปผสมกับสารละลายบอแรกซ์แล้วจะได้กาวที่มีความเหนียวสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของมะขาม [4]

ชนิดของมะขามสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แบ่งตามรสชาติ และแบ่งตามลักษณะฝัก

1. แบ่งตามรสชาติ การแบ่งตามลักษณะนี้มะขามจะมี 2 ชนิด คือ มะขามเปรี้ยว และมะขามหวาน มะขามเปรี้ยว ที่ปลูกกันอยู่ในขณะนี้ถึงแม้จะมีจำนวนมาก และสามารถส่งออกแต่ละปีมีมูลค่าหลายสิบล้านบาท แต่ปัจจุบันยังไม่มีการรวบรวมพันธุ์มะขามเปรี้ยว ว่ามีทั้งหมดกี่พันธุ์แต่โดยทั่วไปแล้วมะขามเปรี้ยวจะแบ่งตามลักษณะของฝัก ซึ่งมี 2 พันธุ์คือ
   ก) มะขามขี้แมว มะขามเปรี้ยวพันธุ์นี้มีฝักลักษณะค่อนข้างกลม สั้น มีข้อน้อย และมีฝักขนาดเล็ก พบมีการปลูกอยู่ทั่วไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งถ้าไม่มีการคัดฝักที่ดีแล้วจะเป็นลักษณะที่ไม่ดีของมะขามเปรี้ยว และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เพราะฝักมะขามชนิดนี้มีเนื้อเพียงร้อยละ27 ของน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นเมล็ดร้อยละ 51 ของน้ำหนัก และร้อยละ 22 เป็นเปลือก และรก
   ข) มะขามกระดาน มะขามเปรี้ยวพันธุ์นี้มีฝักขนาดโต แบนยาว และโค้งเล็กน้อย มีเนื้อประมาณร้อยละ 41 ของน้ำหนัก ซึ่งทำให้มะขามเปรี้ยวพันธุ์นี้เป็นลักษณะที่ดีของมะขามเปรี้ยว มีการปลูกมากทางภาคใต้ และบริเวณที่มีการปลูกมากคือ อำเภอสมิงพระ จังหวัดสงขลา อำเภอคานเนียง จังหวัดสงขลา อำเภอลานสะกา อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรธรรมราช และอำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล

มะขามหวาน คาดว่าเกิดจากการกลายพันธุ์ของมะขามเปรี้ยว โดยมีแหล่งกำเนิดบริเวณอำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ มะขามหวานพันธุ์แรกคือพันธุ์หมื่นจง ต่อมาจึงเกิดมะขามหวานพันธุ์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นโดยเกิดจากการกลายพันธุ์จากพันธุ์หมื่นจง

2. การแบ่งชนิดมะขามตามลักษณะฝัก การแบ่งมะขามตามลักษณะนี้มะขามจะมี 4 ชนิดคือ
   ก) ชนิดฝักดาบ ลักษณะฝักจะโค้งงอเล็กน้อยคล้ายรูปดาบ
   ข) ชนิดฝักฆ้อง ลักษณะฝักจะโค้งงอจนเกือบจรดกันเป็นวงกลม ซึ่งมีลักษณะวงกลมคล้ายฆ้องวง
   ค) ชนิดฝักดิ่ง ลักษณะฝักยาวจะไม่โค้งงอเหมือนสองชนิดแรก เมื่อฝักแก่จะมีเปลือกชิดกับก้านตอนบน
   ง) ชนิดฝักกระดูก ลักษณะฝักจะโค้งงอเล็กน้อย และมีลักษณะเป็นปล้องเห็นได้ชัดเจนคล้ายถั่วลิสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ลักษณะเนื้อ [3]

เนื้อมะขามหวานแต่ละพันธุ์ไม่เหมือนกัน ทั้งรสชาติ และสี ความแตกต่างของมะขามหวานในเรื่องสี แบ่งได้ดังนี้

1. สีน้ำตาลเข้มเกือบดำ
2. สีน้ำตาลอ่อน
3. สีเหลืองคล้ายขี้ผึ้ง
4. สีน้ำตาลแดงเข้ม และสีค่อนข้างเหลือง

เนื้อมะขามเปรี้ยวนั้นจะมีลักษณะเนื้อสีน้ำตาลอ่อน กับสีน้ำตาลเข้ม (เมื่อแก่จัด) แต่หลังจากแปรรูปเก็บแล้วสีอ่อน ๆ จะเข้มขึ้น

2.1.4 การเพาะปลูกมะขาม [5]

สภาพภูมิอากาศ มะขามเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนมีการระบายน้ำได้ดี ไม่ชอบพื้นที่แฉะน้ำท่วมขัง สามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ดี ต้องการน้ำในช่วงออกดอก และติดฝัก ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน ไม่ต้องการน้ำระยะหนึ่งในช่วงฟักตัว คือประมาณเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม เพื่อกระตุ้นให้มีการออกดอกต่อไป แต่ในบางพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ และมีความชื้นสูงเช่น บางจังหวัดทางภาคใต้ของไทย การปลูกมะขามจะเจริญเติบโตได้ดีมาก แต่ให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตทางลำต้น และกิ่งก้านสาขามากกว่าจะออกดอกออกผล ดังนั้น มะขามจึงเหมาะสำหรับปลูกทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

การเพาะปลูก ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกมะขาม คือ ช่วงต้นฤดูฝน เพื่อที่จะได้อาศัยน้ำฝน ในช่วงที่ต้นมะขามยังเล็กอยู่ ซึ่งจะสามารถตั้งตัวได้ก่อนย่างเข้าฤดูแล้ง มีระยะการปลูกประมาณ 8 × 8 m ถึง 15 × 15 m ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพราะถ้าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจะใช้ระยะปลูกชิด และห่างมากขึ้นในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

การดูแลรักษา มะขามที่ปลูกในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ มะขามเปรี้ยว และมะขามหวาน แต่มะขามหวานมีราคาแพง และเป็นที่ต้องการของตลาดมากกว่า ทำให้การปลูกมะขามหวานได้รับการดูแลเป็นอย่างดี ขณะที่การปลูกมะขามเปรี้ยวเป็นไปตามธรรมชาติขาดการดูแลรักษาอย่างเพียงพอ ดังนั้นการปลูกมะขามเปรี้ยวถ้ามีการดูแลรักษาที่ดีขึ้น โดยใช้การดูแลมะขามหวานเป็นแนวทางจะช่วยให้การผลิต และคุณภาพของมะขามเปรี้ยวดีขึ้น

การเก็บเกี่ยว มะขามแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้ในช่วงฤดูแล้งคือระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม ซึ่งการเก็บเกี่ยวแตกต่างกันระหว่างมะขามเปรี้ยว และมะขามหวาน กล่าวคือ มะขาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรี้ยว จะใช้วิธีปีนขึ้นบนต้นแล้วเขย่า ฝักมะขามที่แก่เต็มที่จะร่วงลงบนพื้นดิน หลังจากนั้นจะเก็บรวบรวมนำมาแกะเปลือกหรือเมล็ด

การเก็บรักษา การเก็บรักษามะขามเปียกในประเทศอินเดีย เมื่อแกะเปลือก และเมล็ดออกแล้ว จะคลุกกับน้ำตาลทรายบรรจุในถังจนอัดแน่น หรือคลุกกับเกลือความเข้มข้นร้อยละ 10 ปั้นเป็นก้อนกลมนำไปผึ่งแดด และน้ำค้างประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำไปบรรจุในกระสอบซึ่งบุด้วยเสื่อที่ทำจากใบอินทผลัมหรือใบตาลโตนด โดยค่อย ๆ บรรจุทีละชั้น และใช้ไม้ทุบไล่อากาศออกจนแน่น ส่วนการเก็บรักษามะขามเปียกของไทยมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือนำเกลือป่น 2 - 3 kg มาละลายน้ำเล็กน้อย นำไปคลุกมะขามเปียกน้ำหนัก 70 - 80 kg ให้ทั่วจนสามารถเก็บรักษาได้นาน และป้องกันไม่ให้เนื้อมะขามเป็นสีดำ เพราะมะขามเปียกเมื่อทิ้งไว้ 15 วันจะเริ่มเปลี่ยนสี ถ้าเปลี่ยนเป็นสีดำราคาจำหน่ายจะลดลงเกือบครึ่งหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม การนำเกลือมาคลุกกับเนื้อมะขามเปียกเพื่อทำการเก็บรักษานั้นจะอยู่ได้นาน 6 - 7 เดือนเท่านั้น หลังจากนั้นเนื้อมะขามก็จะเริ่มเปลี่ยนสีได้เช่นกัน [2]

การผลิต

1. พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิต พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตมะขามของประเทศไทยมีแนวโน้มลดต่ำลงโดยตลอด ทั้งนี้มะขามเป็นพุ่มไม้ขนาดใหญ่ ใช้พื้นที่เพาะปลูกมากแต่ราคาไม่สูงเช่นผลไม้อื่นที่ให้ราคาดีกว่า เช่น มะม่วง ขนุน นอกจากนั้น ความต้องการเชิงมากขึ้นก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่กระตุ้นให้เกษตรกรตัดต้นมะขามมาทำเชิงขาย เป็นผลที่ทำให้พื้นที่เพาะปลูก และผลผลิตลดลงดังกล่าว

2. ค่าใช้จ่ายในการเพาะปลูก เนื่องจากการปลูกมะขามในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ มะขามหวาน และมะขามเปรี้ยว แต่มะขามหวานราคาสูงกว่ามะขามเปรี้ยวมาก มีผลต่อการดูแลรักษาแตกต่างกันไปด้วยโดยการปลูกมะขามหวานเกษตรกรจะให้ความสนใจมากกว่า ตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์ บริเวณที่จะปลูก วิธีการปลูก มีการดูแลรักษาที่ดี และให้ความพิถีพิถันในการเก็บเกี่ยว ขณะที่ปลูกมะขามเปรี้ยวเป็นไปตามธรรมชาติ ขาดการคัดเลือกพันธุ์ที่ดี ปลูกด้วยเมล็ด และเกือบจะไม่ได้ดูแลรักษาเลย ค่าใช้จ่ายในการปลูกมะขามเปรี้ยวจึงต่ำมาก

2.1.5 <u>ประโยชน์ของมะขาม</u>

มะขามนับได้ว่าเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง และทุกส่วนของลำต้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งสิ้น กล่าวคือ ลำต้นนิยมใช้ทำเขียง เครื่องเรือน และอุปกรณ์การเกษตรอื่น ๆ เนื่องจากเนื้อไม้มีลักษณะละเอียด เหนียว ทำให้มีความทนทานสูง และเนื้อไม้มีลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายสวยงาม ใบ ดอก ทั้งผลอ่อน ผลแก่ สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เนื้อในนำมาป่นเป็นแป้งใช้ลงผ้าให้แข็ง

ส่วนการใช้เป็นสมุนไพร ทุกส่วนของมะขามก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ กล่าวคือ

ราก ในประเทศไนจีเรียตอนเหนือใช้รักษาโรคเรื้อน ในประเทศอินเดียใช้รากมะขามอายุ 1 ปี ผสมพริกไทย และคลุกกับเนยสดจนเป็นแป้งเปียกตัดเป็นชิ้น รับประทานวันละ 3 เวลา ใช้แก้โรคบิด

เปลือก นำมาต้มเป็นยาแก้อาการท้องร่วง ท้องเดิน นำเปลือกมาต้มกับเกลืออมแก้ปวดฟัน นอกจากนั้นในต่างประเทศ เช่น มอริเชียสนำเปลือกมาต้มรักษาโรคหืด ในอินโดนีเซียนำเปลือกไปเผาไฟใช้ทำให้ฟันคงทนแข็งแรง ในประเทศฟิลิปปินส์ นำขี้เถ้าจากเปลือกละลายน้ำดื่มแก้เจ็บคอ แก้โรคหนองใน และเปลือกนำมาตำพอกรักษาแผลผุพอง แผลน้ำร้อนลวก

ใบอ่อน และดอก ใช้ต้มกับน้ำ และทุบหอมแดงใส่ใช้โกรกศีรษะเด็ก แก้หวัด คัดจมูก ต้มกับน้ำพออุ่นใช้รักษาโรคไข้ข้ออักเสบ และดื่มรักษาโรคลำไส้

ใบแก่ นำมาต้มใช้อาบน้ำหลังคลอด และใช้อบสมุนไพร เนื่องจากใบมีรสเปรี้ยว เมื่อนำมาต้มกับน้ำทำให้มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ๆ ช่วยทำให้ผิวพรรณสะอาดขึ้น และช่วยต้านทานโรคเนื่องจากผิวหนังของคนมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน ซึ่งน้ำมะขามก็มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อน เช่นกัน จึงช่วยเสริมฤทธิ์ของกรดบริเวณผิวหนัง นอกจากนี้น้ำต้มใบมะขามอ่อนยังล้างแผลเรื้อรังได้ดีอีกด้วย

ผล เนื้อในของผลหรือฝักแก่ที่เรียกว่า “มะขามเปียก” มีกรดหลายชนิด ใช้เป็นยาละลายในคนของสัตว์ได้ดี โดยในคนใช้มะขามเปียกประมาณ 15 - 20 g หรือขนาดเท่าหัวแม่มือประมาณ 5 - 6 ก้อน จิ้มเกลือรับประทาน แล้วดื่มน้ำตามมาก ๆ หรือเอาเนื้อมะขามเปียกมาคั้นน้ำเกลือเล็กน้อยสวนทวารผู้ที่มักมีอาการท้องผูกประจำจะทำให้ระบายได้ ใช้แก้เสมหะ แก้หวัด ผสมปูนแดงปิดผอกบริเวณที่เป็นฝี น้ำมะขามเปียกผสมน้ำต้มข่า และใส่เกลือเล็กน้อยรับประทานเป็นยาขับลม ใช้ป้องกันโรคไข้เลือดออกตามไร้ฟัน นอกจากนั้น เนื้อมะขามเปียกยังช่วยลดอุณหภูมิของร่างกายได้ ซึ่งทำให้ประชาชนในบริเวณตะวันออกกลางนิยมดื่มน้ำมะขามเพื่อช่วยลดความร้อนของร่างกาย และแก้กระหายได้

เมล็ด เมล็ดที่ต้มสุกแล้วนำมาตำพอกรักษาอาการแผลฝีได้ดี ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิ แก้โรคท้องร่วง โรคบิด และอาเจียน

เปลือกหุ้มเมล็ด ในแอฟริกาใต้ใช้แก้โรคบิด ต้มเอาน้ำล้างแผล ฝี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คุณค่าอาหารของฝักมะขามสด 100 g

พลังงาน	7	kcal
โปรตีน	2.3	g
ไขมัน	0.2	g
คาร์โบไฮเดรต	14.7	g
แคลเซียม	429	mg
ฟอสฟอรัส	13	mg
เหล็ก	3	mg
วิตามินบี1	0.08	mg
วิตามินบี2	0.34	mg
ไนอาซีน	1.5	mg
วิตามินซี	44	mg
เบต้า-แคโรทีน	791*	RE
ใยอาหาร	-	g

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข , 2535

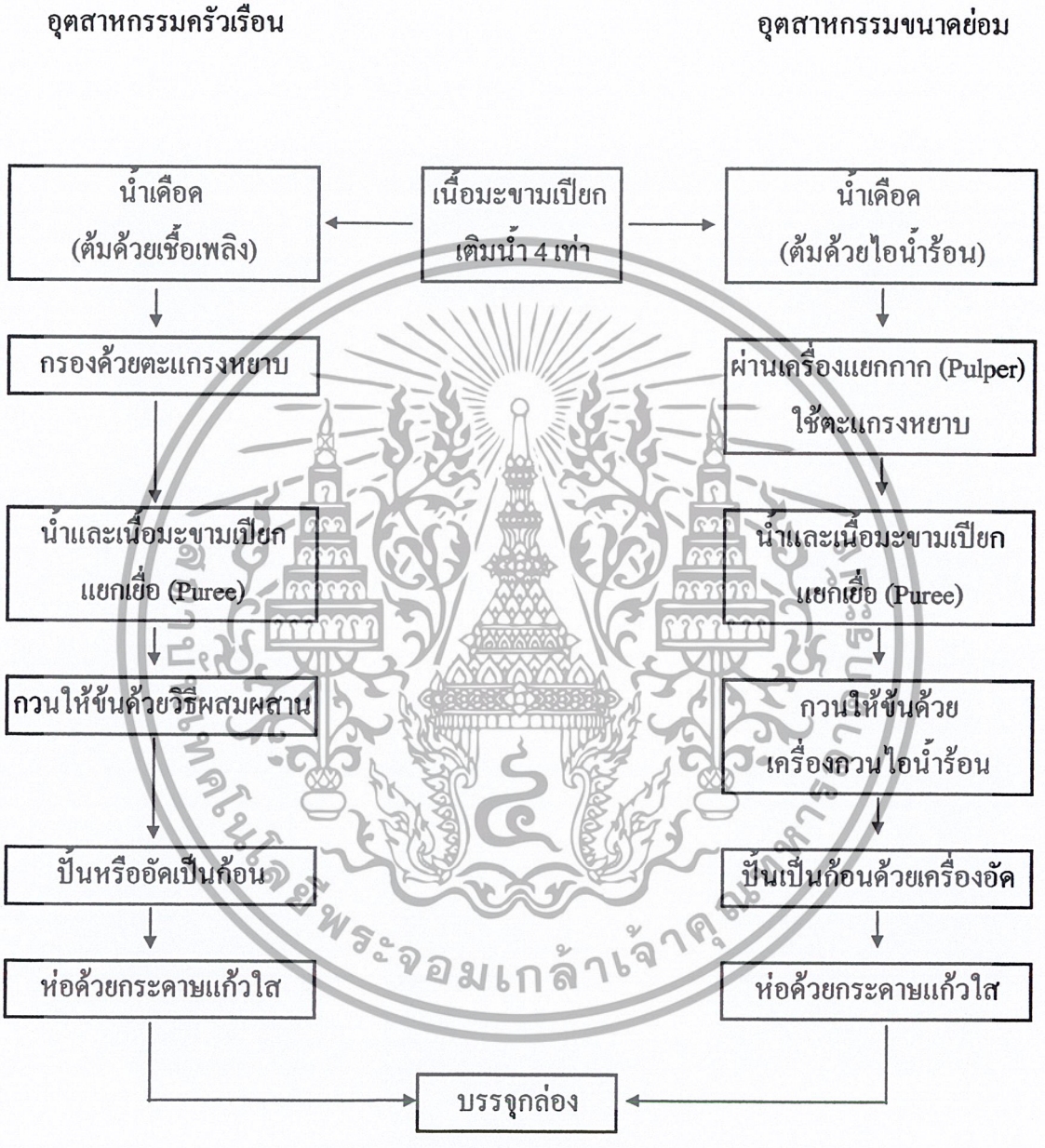
หมายเหตุ * คือ วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

RE คือ ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล

- คือ ไม่มีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำเนื้อมะขามเปียกอัดก้อน



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการแปรรูปมะขามเปียกก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 การตลาด

1. ตลาดในประเทศ เนื่องจากการผลิตมะขามในประเทศในขณะนี้มี 2 ชนิด คือมะขามหวาน และมะขามเปรี้ยว ซึ่งมีลักษณะการตลาดแตกต่าง คือ

มะขามหวาน การจำหน่ายของเกษตรมีทั้งการจำหน่ายเอง และการจำหน่ายให้แก่พ่อค้าคนกลาง โดยบรรจุในถุงพลาสติก กระสอบปุ๋ย หรือกล่องกระดาษ แล้วแต่ความนิยมของเกษตรกร ราคาจำหน่ายกิโลกรัมละ 40 - 200 บาท ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะขาม

มะขามเปรี้ยวมีแหล่งผลิตที่สำคัญ 2 แหล่ง คือ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยมะขามภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเก็บเกี่ยวได้ก่อนช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมส่วนภาคเหนือจะเก็บเกี่ยวได้ล่าช้ากว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือคือประมาณเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนแต่มะขามจากภาคเหนือจะมีคุณภาพดีกว่ามะขามจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ สีสวย เนื้อใส และหนา ทำให้มะขามจากภาคเหนือมีราคาดีกว่ามะขามจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เมื่อมะขามแก่ เกษตรกรจะเก็บรวบรวมผลผลิตนำมาแกะเปลือก และรกหลังจากนั้นจึงนำไปจำหน่ายแก่พ่อค้าคนกลาง อาจจะแกะเมล็ดออกถ้าตลาดต้องการ การซื้อขายในขั้นนี้จะไม่มีการตรวจสอบระดับคุณภาพ การตรวจสอบดูด้วยสายตา และชิม คือต้องมีรสเปรี้ยวจัด ไม่มีสิ่งต่าง ๆ เจือปน เช่น กิ่งไม้ ใบไม้ กรวด ทราย ไม่ควรเปียกน้ำเพราะจะทำให้เน่าเสียง่าย และเป็นมะขามใหม่ ถ้ามะขามที่นำมาจำหน่ายมีลักษณะทางกายภาพไม่ดีผู้ค้าคนกลางจะส่งคืนผู้จำหน่ายต่อไป แต่ถ้ามีลักษณะทางกายภาพดีตามที่ต้องการ ผู้ค้าคนกลางจะชำระเงินให้ และกรณีที่ผู้ส่งออกรับซื้อจะชำระเงินในวันรุ่งขึ้น

สำหรับราคาที่ขายในท้องตลาดมะขามแห้งทั้งฝักประมาณกิโลกรัมละ 2 - 3 บาท ส่วนราคาขายส่งในตลาดกรุงเทพฯ มี 2 ชนิด คือ มะขามเปียกแบบแกะเมล็ด และแบบไม่แกะเมล็ด ซึ่งมะขามใน 2 ชนิดนี้ราคาต่ำในช่วงครึ่งแรกของปี เนื่องจากเป็นช่วงของการเก็บเกี่ยว และราคาจะสูงขึ้นในช่วงหลังของปี

2. ตลาดต่างประเทศ [6] มะขามที่ส่งออกมีทั้งมะขามเปรี้ยว และมะขามหวาน แต่การจัดเก็บข้อมูลของ กรมศุลกากร กระทรวงการคลัง มิได้แยกรหัสมะขามไว้โดยเฉพาะ เนื่องจากมีมูลค่าน้อย มะขามเป็นเครื่องเทศที่ประเทศในเอเชีย และตะวันออกกลางนิยมบริโภค เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยลดค่าความร้อนของร่างกาย และกระหายได้ การบริโภคจึงมีทั้งการบริโภคในรูปมะขามสด การแปรรูป รวมถึงการประกอบอาหาร ในระยะ ปี 2536 - 2541 ปริมาณ และมูลค่าการส่งออกมะขามของไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ผลผลิตจะส่งออกปีต่อปี เพราะถ้าสินค้าค้างสต็อก จะทำให้มีสีคล้ำ และเป็นเชื้อราได้ง่าย หากเก็บรักษาไม่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลาดการส่งออกของไทย ได้แก่ ปากีสถาน มาเลเซีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ซาอุดิอาระเบีย สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา คูเวต โดยมาเลเซีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ซาอุดิอาระเบีย สิงคโปร์ สหรัฐอเมริกา เป็นลูกค้าประจำของไทย โดนนำเข้ารวมกันคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 50 - 70 ของมูลค่าส่งออกทั้งหมดของไทยใน ปี 2541 ปริมาณ และมูลค่าส่งออกเพิ่มขึ้นมาก เมื่อเปรียบเทียบในระยะ 6 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับปากีสถาน มีความต้องการสูงขึ้น ปริมาณ และมูลค่าการส่งออกในช่วงปี 2538 - 2541 แสดง ตารางดังนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะขามของไทย

ประเทศ	2538		2539		2540		2541	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ปากีสถาน	231	1.4	1,179	7.6	145	0.8	7,620	60.8
มาเลเซีย	5,050	42.9	6,523	50.8	8,135	59.9	6,291	38.4
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	689	6.7	3,734	37.2	2,524	28.6	3,320	36.5
สหรัฐอเมริกา	141	6	355	12.5	427	22.1	632	34.5
ซาอุดิอาระเบีย	279	3.9	472	7.9	427	8.6	923	16.1
สิงคโปร์	2,063	22.9	1,785	15.4	1,307	14.8	867	10.4
อื่นๆ	1,665	31.1	2,939	50.2	2,422	52.6	2,811	72.5
รวม	10,118	114.9	16,987	181.6	15,407	187.4	22,464	269.2

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้านบาท

แนวโน้มการส่งออก แหล่งตลาดสำคัญของมะขามเปียกอยู่ในเอเชีย และตะวันออกกลาง โอกาสที่จะขยายไปตลาดอื่น ยังเป็นไปได้ช้า เพราะยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ประกอบกับมะขามเป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีแหล่งปลูกในเอเชีย จึงต้องใช้เวลาในการประชาสัมพันธ์ให้ต่างประเทศรู้จักมาขึ้นถึงประโยชน์ของมะขามเปียก เพื่อที่ตลาดจะได้กระจายตัวออกไป

ในการส่งออกนั้นไม่มีการจัดชั้นคุณภาพผู้ส่งออกจะใช้วิธีตรวจสอบด้วยตา เช่นเดียวกับการตลาดในประเทศจากนั้นนำมาผสมเกลือ และบรรจุหีบห่อ ซึ่งมีลักษณะ คือบรรจุในห่อพลาสติก และบรรจุในกระสอบป่าน บรรจุในห่อพลาสติกมีน้ำหนักห่อละ 100 g ขึ้นไป ตามความต้องการของตลาดต่างประเทศจากนั้นนำไปบรรจุกล่องกระดาษหรือลังไม้จะบุด้วยพลาสติกก่อนจะทำการบรรจุ จะมีน้ำหนัก 20 kg ขึ้นไป ส่วนในการบรรจุในกระสอบป่านมีน้ำหนักบรรจุประมาณ 50 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎี และหลักการ

3.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามเปียก

ในการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก จะต้องศึกษาลักษณะทางกายภาพของมะขามเปียก เพื่อใช้ในการออกแบบการทำงานของเครื่องจะต้องศึกษาลักษณะภายนอกของมะขามเช่น ลักษณะเนื้อ ความหนืด ความชื้น สี ความเป็นกรด รส และคุณค่าทางอาหาร

3.2 การทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ

3.2.1 การทดลองหาความหนาแน่นของมะขามเปียก

การส่งออกมะขามเปียกไปสู่ตลาดต่างประเทศ จะกำหนดเป็นน้ำหนัก 100 g 250 g และ 500 g ดังนั้นการอัดก้อนมะขามเปียกให้ได้น้ำหนักที่สม่ำเสมอทุกก้อน จะใช้ปริมาตรเป็นตัวกำหนด ในการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก การที่จะหาปริมาตรได้ ก็ต้องหาความหนาแน่นของมะขามเปียก แล้วนำมาคำนวณหาปริมาตรของมะขามเปียก

วัสดุและอุปกรณ์

1. มะขามเปียกแบ่งเป็นก้อน 10 - 20 g จำนวน 10 ก้อน
2. กระบอกตวง ขนาด 100 cc
3. ฟิล์มใสห่ออาหาร
4. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

1. แบ่งมะขามเปียกเป็นก้อนเล็ก ๆ จำนวน 10 ก้อน ให้ได้น้ำหนักของก้อนมะขามอยู่ระหว่าง 10 - 20 g โดยความละเอียดของน้ำหนักที่ชั่งได้เป็นทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกผล
2. นำมะขามเปียกจากข้อที่ 1 มาห่อฟิล์มใสห่ออาหาร ทุกด้านเพื่อป้องกันน้ำเข้า
3. เติมน้ำในกระบอกตวง ขนาด 100 ml ให้น้ำสูงระดับหนึ่ง จดบันทึกระดับน้ำ
4. ค่อย ๆ หย่อนก้อนมะขามเปียกที่ห่อด้วยฟิล์มใสห่ออาหารลงในกระบอกตวง ระดับของน้ำที่ถูกแทนที่ โดยมะขามเปียก ก็จะสูงขึ้น อ่านระดับน้ำที่ถูกแทนที่แล้ว บันทึกผล
5. ทำซ้ำ ข้อ 3 - 4 จนครบ 10 ก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คำนวณหาความหนาแน่นของมะขามเปียก จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}}$$

7. หาค่าเฉลี่ยความหนาแน่น จากมะขามเปียกทั้ง 10 ก้อน

ตารางที่ 3.1 ตารางผลการทดลอง

ตัวอย่างมะขามเปียก	น้ำหนักมะขามเปียก (g)	ระดับน้ำก่อนทดลอง (ml)	ระดับน้ำหลังทดลอง (ml)	ปริมาตรแทนที่น้ำ (ml)	ความหนาแน่น (g / cm^3)
1	15.39	66	80	14	1.0993
2	11.64	68	78	10	1.1640
3	12.88	51	62	11	1.1709
4	12.62	47	58	11	1.1473
5	10.40	52	60	8	1.3000
6	11.69	58	69	11	1.0627
7	10.56	47	55	8	1.3200
8	12.04	55	65	10	1.2040
9	16.94	52	66	14	1.2100
10	14.17	58	70	12	1.1808
ความหนาแน่นมะขามเปียกเฉลี่ย (g / cm^3)					1.1859

3.2.2 <u>การทดลองหาน้ำหนักที่คลาดเคลื่อนจากมะขามเปียกที่มีปริมาตรคงที่</u>

จากการทดลองข้างต้นต้องมีการตรวจสอบค่าความหนาแน่นที่ทดลองได้ เพื่อหาความคลาดเคลื่อนเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีในการออกแบบ

วัสดุและอุปกรณ์

1. มะขามเปียกน้ำหนัก 1.5 kg
2. เครื่องชั่งดิจิตอล ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

1. นำมะขามเปียกมาอัดเป็นก้อนให้ได้ขนาด 3 cm × 7 cm × 10 cm จำนวน 5 ก้อน
2. นำก้อนมะขามเปียกจากข้อ 1 มาชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล และจดบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การทดลองหาน้ำหนักที่คลาดเคลื่อนจากมะขามเปียกที่มีปริมาตรคงที่

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (g)	ความคลาดเคลื่อน (g)	ความคลาดเคลื่อน(%)
1.	250.60	0.60	0.240
2.	248.42	-1.58	-0.630
3.	255.25	5.25	2.100
4.	254.95	4.95	1.980
5.	251.16	1.16	0.460

3.2.3 การทดลองหาแรงที่ใช้กดมะขามเปียกก้อน

วัตถุประสงค์การทดลอง

เพื่อหาแรงที่ใช้กดมะขามเปียกที่บล็อกพิมพ์ขนาดต่าง ๆ เพื่อใช้นำไปคำนวณออกแบบสปริงและปรับปรุง และพัฒนาเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกให้ได้ขนาดต่าง ๆ

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine
2. มะขามเปียกก้อน 3 ขนาด คือ

   ขนาดความหนา 10 cm กว้าง 5 cm ยาว 10 cm

   ขนาดความหนา 7 cm กว้าง 5 cm ยาว 10 cm และ

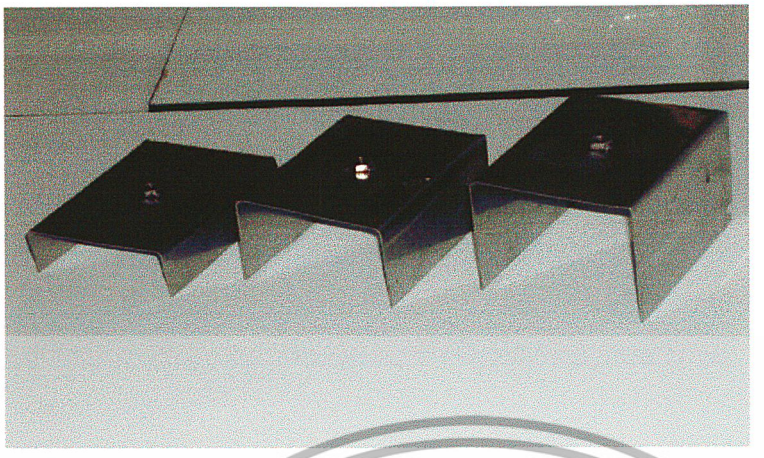
   ขนาดความหนา 5 cm กว้าง 5 cm ยาว 10 cm จำนวนขนาดละ 3 ตัวอย่าง
3. บล็อกพิมพ์ 3 ขนาด คือ

   ขนาด 7 cm × 7 cm × 10 cm

   ขนาด 5 cm × 7 cm × 10 cm และ

   ขนาด 3 cm × 7 cm × 10 cm ขนาดละ 1 บล็อกพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อกพิมพ์มะขามเปียกที่ใช้ทดลอง

วิธีการทดลอง

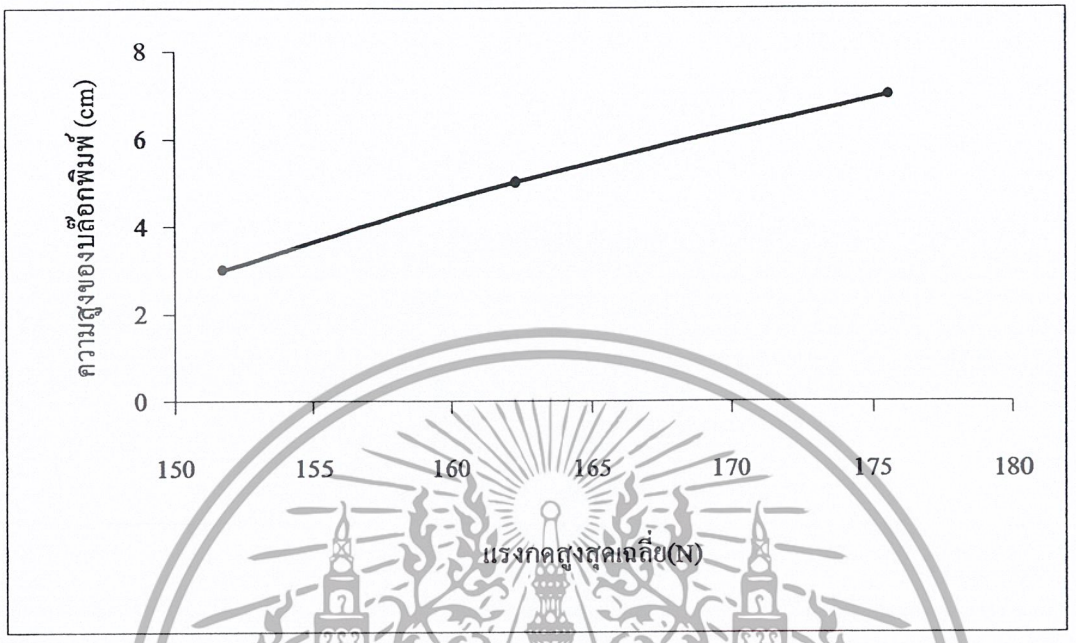
1. นำมะขามเปียกก้อนวางลงบนฐานรองของเครื่อง Universal Testing Machine
2. ติดตั้งบล็อกพิมพ์กับเครื่อง Universal Testing Machine
3. เปิดเครื่อง Universal Testing Machine ให้เริ่มทำงานวัดค่าแรงกด จนบล็อกพิมพ์กดอัดมะขามจนบล็อกติดกับฐานรอง แล้วอ่านค่าแรงกดสูงสุดที่ได้
4. ทดลองซ้ำจนครบ 3 ครั้ง ที่ความเร็วที่ใช้กด เท่ากับ 5 cm/s แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำค่าแรงกดสูงสุดไปคำนวณหาค่า k ของสปริงต่อไป
5. นำค่าแรงกดที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างความสูงของบล็อกพิมพ์ กับ ค่าแรงกดสูงสุดเฉลี่ย

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองแรงที่ใช้กดมะขามเปียก

ขนาดบล็อกพิมพ์ (cm)	ค่าแรงกดสูงสุด (N)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
3	123.02	189.50	142.74	151.75
5	153.12	171.92	161.99	162.34
7	176.11	172.37	178.17	175.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของบล็อกพิมพ์ และแรงกดสูงสุดเฉลี่ย

3.3 สรุปผลการทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ

3.3.1 สรุปผลการทดลองหาความหนาแน่นของมะขามเปียก

1. ความหนาแน่นเฉลี่ย = 1.1859 (g/cm^3)
2. มะขาม 250 g มีปริมาตร = $\frac{250}{1.1859}$

   = 210.81 cm^3
3. มะขาม 250 g มีขนาด กว้าง×ยาว×สูง = 3 cm × 7 cm × 10 cm

3.3.2 สรุปผลการทดลองหาน้ำหนักที่คลาดเคลื่อนจากมะขามเปียกที่มีปริมาตรคงที่

1. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ น้ำหนักมะขามเปียก เมื่อมีขนาดมะขามเปียก 3 cm × 7 cm × 10 cm ประมาณ ± 2.1 %

3.3.3 สรุปผลการทดลองหาแรงที่ใช้กดมะขามเปียกก้อน

1. ค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการกดมะขามเปียกก้อนเท่ากับ 189.50 N
2. ค่าแรงกดสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความสูงของบล็อกพิมพ์มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45817

3.4 หลักการออกแบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก

3.4.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่อง [10]

โครงสร้าง คือ สิ่งที่จัดสร้างขึ้นโดยต่อรวมหน่วยต่าง ๆ เข้าด้วยกันทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายหลายอย่าง ซึ่งต้องการมาตรการความมั่นคงบางประการ รูปร่างโครงสร้างแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากมีแรงหรือน้ำหนักบรรทุก เป็นตัวการจัดระเบียบหรือบังคับ ให้เกิดเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันไป เมื่อแรงที่ถ่ายทอดต่อเนื่องถูกตามกฎเกณฑ์แล้ว โครงสร้างนั้นจะตั้งอยู่ได้มั่นคง และก่อให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจเมื่อมองดู ฉะนั้นเมื่อต้องใช้วัสดุต่าง ๆ กัน ก็ต้องใช้ให้เหมาะสมกับความสามารถของการรับแรงนั้นด้วยอย่างดี

แรงต้านภายในเนื้อวัสดุประกอบเป็นโครงสร้าง แรงต้านภายใน (Resistance Forces) ที่ได้กล่าวนี้ อาจแบ่งเป็น 5 ชนิด ด้วยกันซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้

1. แรงดึง (tension or Pull or Suction) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุ นั้นยืดออกยาวออกหรือขาดจากกัน
2. แรงอัด (Compression or Push or Pressure) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุสั้นเข้าบีบเข้า หรือแตก
3. แรงเฉือน (Shear) กระทำกับวัสดุในแนวสัมผัส Tangential กับพื้นผิวที่ต้องรับแรงนี้ วัสดุไม่จำเป็นต้องติดกันเป็นเนื้อเดียวกันทางกายภาพ เพื่อต้านแรงเฉือนนี้ก็ได้ แต่ก็มีแรงอัดกดไว้ให้พื้นผิวดังกล่าวชนกันแน่นอยู่ เมื่อมีแรงขนาดเพียงพอต้านแรงเฉือนดังกล่าวมิให้วัสดุเคลื่อนจากกันก็ได้
4. แรงดัด (Bending) เมื่อโครงสร้างรับแรงดัดแล้ว ผิวบนจากแรงสะเทิน (Neutral Axis) ขึ้นไปรับแรงอัด และผิวร่างของแกนสะเทินรับแรงดึงด้วย หรือบางกรณีเกิดกับตรงกันข้าม แรงดัดก่อให้เกิดแรงต้านทานแรงดัดที่มีขนาดเท่ากันขึ้นภายในเนื้อวัสดุ
5. แรงบิด (Torsion or Torque or Twisting) ตามความพยายามที่จะบิดวัสดุให้ขาดออกจากกัน

ในแรงทั้ง 5 แรงนี้ แรงใน 2 ประการหลังคือแรงดัดสามารถแยกเป็นแรงดึงแรงอัดได้ แรงบิดแยกเป็นแรงเฉือนได้ ดังนั้นถ้าพิจารณาแต่ละชิ้นส่วนเล็ก ๆ ในเนื้อวัสดุโครงสร้าง จะมีแรงพิจารณาอยู่เพียงแรงดึง และแรงเฉือนเท่านั้น ซึ่งเราสามารถรู้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้น และผลเนื่องจากการกระทำของแรง ก็สามารถกะขนาดหน้าตัดของวัสดุ โครงสร้าง และรูปร่างได้ โดยหาขนาดของแรง และความเข้มข้นของแรงนี้เรียกว่า ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 <u>ระบบนิวเมติกส์</u> [9]

การทำงานของระบบนิวเมติกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. เครื่องอัดลม (air compressor)
2. เครื่องกรองท่อเมน (main air filter)
3. เครื่องทำลมแห้ง (air dryer)
4. กรองลม (air filter)
5. วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve)
6. อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator)
7. อุปกรณ์เก็บเสียง (air silencer)
8. วาล์วควบคุมแบบ 5/2
9. วาล์วบังคับความเร็ว (speed control valve)
10. กระบอกลม (air cylinder)
11. วาล์วควบคุมแบบ 3/2 (limit switch)

กระบอกลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะในการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง

ตัวกระบอกลมมักทำด้วยท่อชนิดไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบ เพื่อลดการสึกหรอของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระบอกลมอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระบอกลมเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระบอกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 mm ลงมา ถ้าโตกว่านี้นิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตนเลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีขึ้นรูป

การทำงานของกระบอกลมเป็นกระบอกลมแบบมีลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้กระบอกลมดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจมีด้านเดียวหรือสองด้านก็ตาม เพื่อช่วยลดความเร็วหรือลดอัตราหน่วงของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกลม โดยการใช้วาล์วเข็ม (Needle valve) กับวาล์วกันกลับ (check valve) ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระบอกลม ลมที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความลำบาก และเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดการกระแทก โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ระหว่าง 15 - 40 mm ขึ้นอยู่กับขนาดเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านศูนย์กลางของกระบอกลม ที่ตัวกระบอกลมจะมีวาล์วเข็ม เมื่อก้านสูบเลื่อนไปถึงช่องกันกระแทกลมที่อยู่ด้านหน้าลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงตอนใกล้สุดระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วกันกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบได้เต็มที่ ลูกสูบเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอใกล้จะสุดระยะชัก คือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลม ลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าอีกเช่นเดย การทำให้เกิดแรงกันกระแทกได้มากน้อย สามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของกระบอกสูบลมนั่นเอง

ในปัจจุบันได้มีการนำกระบอกลมแบบต่าง ๆ เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละแบบก็มีลักษณะการทำงาน และการนำไปใช้งานแตกต่างกันไปดังต่อไปนี้

1. กระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว
2. กระบอกลมแบบทางเดียวชนิดไดอะแฟรม
3. กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง
4. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง
5. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางแบบสองตอน
6. กระบอกลมชนิดทำงานสองทางแบบมีเบรกก้านสูบ
7. กระบอกลมชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง
8. กระบอกลมแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่
9. กระบอกลมชนิดพิเศษที่ใช้กับลักษณะเฉพาะ

3.4.3 <u>การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลม</u>

แรงที่ได้รับจากลูกสูบเพื่อไปดันให้ก้านสูบไปกระทำกับโหลดที่เคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับความดันลมที่ใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ และแรงเสียดทานของซีลที่กระทำต่อกระบอกลม ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ ตามกฎของปาสคาล

$$F_{th} = 10\,(A \times P) \qquad (3.1)$$

แรงที่หาได้จากากรคำนวณในสมการที่ 1 นั้นเป็นแรงทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัตินั้นขณะที่ทำงานแรงจะลดลงเนื่องจากค่าความเสียดทานมีค่าประมาณ 3% ถึง 10% ของแรงที่คำนวณได้ตามทฤษฎี (ในกรณีที่ค่าความดันลมอัดที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 4 บาร์ ถึง 8 บาร์) นั่นคือ แรงในทางปฏิบัติจะมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_n = 10\,(A \times P) - F_R \qquad (3.2)$$

เนื่องจากลักษณะของกระบอกลมในการใช้งานมีอยู่หลายแบบด้วยกันดังได้กล่าวไว้ตอนต้น แต่ในการคำนวณนี้จะขอกล่าวเฉพาะกระบอกลมแบบพื้นฐานที่ใช้กันทั่วไป คือกระบอกลมแบบทำงานทางเดียว และกระบอกลมแบบทำงานสองทาง

สำหรับกระบอกลมชนิดทำงานทางเดียว

$$F_n = 10\,(A \times P) - (F_R + F_{Sp})$$

$$F_n = 10\,(\frac{\pi}{4} D^2 \times P) - (F_R + F_{Sp}) \qquad (3.3)$$

สำหรับกระบอกลมชนิดทำงานสองทาง

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งออก

$$F_{n1} = 10\,(A \times P) - F_R$$

$$F_{n1} = 10\,(\frac{\pi}{4} D^2 \times P) - F_R \qquad (3.4)$$

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งเข้า

$$F_{n2} = 10\,A' \times P - F_R$$

$$A' = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$F_{n2} = 10\,[\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \times P] - F_R \qquad (3.5)$$

3.4.4 <u>คำนวณหาขนาดความยาวกระบอกลม</u>

- ความยาวระยะชักของกระบอกลมแนวตั้ง

$$L_1 = X_1 + H_T + H_B \qquad (3.6)$$

- ความยาวระยะชักของกระบอกลมแนวนอน

$$L_2 = \text{ระยะจากแป้นดันถึงด้านนอกของโครงสร้างเครื่อง} \qquad (3.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 สปริง [8]

สปริงเป็นชิ้นส่วนที่มีความยืดหยุ่นซึ่งมีใช้ในเครื่องจักรกลทั่วไป ถึงแม้ว้าชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องจักรกลจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน แต่สปริงจะมีความยืดหยุ่นมากว่าสปริงอาจจะมีรูปร่างต่างกัน และทำจากวัสดุหลายชนิด ซึ่งจำเป็นจะต้องเลือกวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสม

วัสดุสำหรับลวดสปริง

จุดประสงค์ของการใช้สปริงส่วนมากจะเป็นไปในรูปของการเก็บพลังงานในสปริง ความเค้นที่เกิดขึ้นในสปริงขณะใช้รับแรงจะมีค่าสูงขึ้นมาก ดังนั้นจึงต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงมาทำสปริง

1. Hard-drawn wire (ASTM A227) เป็นวัสดุมีราคาถูกที่สุด ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.50 mm จนถึง 16 mm ขดขณะเย็นได้ มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.45 % ถึง 0.75 % คุณภาพผิวต่ำกว่าชนิดอื่น ดังนั้นไม่ควรใช้กับชิ้นงานที่ต้องการอายุการใช้งานยาวนานมาก และใช้ในชิ้นงานที่ต้องการความแม่นยำในการใช้งานสูง
2. Music wire (ASTM A228) ทำโดยวิธี hard-drawn แต่ใช้เหล็กกล้าที่มีคุณภาพสูง คุณภาพผิวดีเป็นพิเศษมีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.70 % ถึง 1.00 % ขดขณะเย็นได้ ลวดชนิดนี้เป็นลวดที่มีการใช้กันมากที่สุดในจำพวกสปริงขนาดเล็ก มีความแข็งแรงสูง และสามารถทนแรงที่กระทำซ้ำกันได้ดีมาก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.10 mm จนถึง 6.35 mm
3. Oil-tempered wire (ASTM A229) ผลิตโดยวิธีรีดเย็น แล้วจึงชุบแข็ง และอบเหนียว (tempered) มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.55 % ถึง 0.75 % มักใช้วิธีขดขณะเย็นแล้วอบคลายความเค้นที่อุณหภูมิประมาณ 230 °C ผิวไม่ดีนักแต่ดีกว่า Hard-drawn wire มีราคาถูกกว่า Music wire มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.50 mm จนถึง 16 mm
4. Value spring quality carbon steel (ASTM 230) เป็น Oil-tempered wire ที่มีคุณภาพสูงที่สุดมีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.60 % ถึง 0.75 % มีผิวที่ดีเป็นพิเศษ จึงเหมาะสำหรับใช้กับงานที่อาจเสียหายเนื่องมาความล้า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.50 mm จนถึง 6.25 mm
5. Chrome vanadium steel (ASTM 231) ทนความเค้นได้สูงมาก เหมาะสำหรับรับแรงที่กระทำซ้ำกันเป็นอย่างมาก รับแรงกระแทกได้ดี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.50 mm จนถึง 12.50 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Chrome silicon steel (ASTM A401) เป็นโลหะผสมที่สามารถรับแรงได้สูง และมีคุณสมบัติรับแรงกระแทกได้ดี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.80 mm จนถึง 12 mm
7. Stainless steel (Chrome nickel ASTM A313 หรือ AISI 302) เป็นโลหะที่มีราคาแพง รับแรงได้สูง และสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี เหมาะสำหรับรับแรงกระแทกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.20 mm จนถึง 12.50 mm

สปริงอาจจะมีรูปร่างต่างกัน และทำจากวัสดุหลายชนิด ซึ่งจำเป็นจะต้องเลือกวัสดุที่ใช้ให้เหมาะสมในที่นี้เราจะเลือก Chrome vanadium steel (ASTM 231) ทนความเค้นได้สูงมาก เหมาะสำหรับรับแรงที่กระทำซ้ำกันเป็นอย่างมาก รับแรงกระแทกได้ดี ดังนั้นจึงเลือกสปริงแบบปลายตรง การที่เราจะออกแบบ และคำนวณแรงของสปริง จำเป็นต้องทราบแรงในช่วงการใช้งาน คือแรงต่ำสุด และสูงสุดที่สปริงทำงาน กำหนดให้สปริงถูกใช้งานในลักษณะงานปานกลางคือมีแรงที่มากระทำตลอดอายุการใช้งานระหว่าง 10^4 ถึง 10^6 ครั้ง

3.4.6 <u>คำนวณหาขนาดสปริง</u>

คำนวณค่าความเค้นเฉือนออกแบบ

กำหนดวัสดุที่ใช้ทำสปริงคือ Chrome vanadium steel (ASTM 231)

$$\sigma_u = \frac{1976}{d_s^{0.166}} \tag{3.8}$$

$$\sigma_d = 0.263\,\sigma_u$$

$$= 0.263 \times \frac{1976}{d_s^{0.166}}$$

$$\sigma_d = \frac{519.688}{d_s^{0.166}}$$

กำหนดค่าดัชนีสปริง (C) มีค่าเท่ากับ 10 จะได้ค่า K จากการเปิดตารางมีค่าเท่ากับ 1.14

$$\tau = \frac{1.14 \times 8 \times C \times F_{min}}{\pi d_s^2} \tag{3.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น $$\frac{519.688}{d_s^{0.166}} = \frac{1.14 \times 8 \times C \times F_{min}}{\pi d_s^2}$$

3.4.7 <u>คำนวณหาค่าความต้านทานของสปริง</u>

$$k = \frac{\text{แรงสูงสุดในช่วงการใช้งานสปริง} - \text{แรงต่ำสุดในช่วงการใช้งานสปริง}}{\text{ระยะที่สปริงหดตัวในระหว่างการใช้งาน}} \quad (3.10)$$

3.4.8 <u>คำนวณจำนวนขดลวดที่ใช้</u>

$$n = \frac{G \times d_s}{8kC^3} \quad (3.11)$$

เลือกสปริงแบบปลายตรง ฉะนั้น

$$n = n_t - 1.5 \quad (3.12)$$

3.4.9 <u>คำนวณความยาวสปริง</u>

$$L_s = d_s (n_t + 1) \quad (3.13)$$

$$R_c = \frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w} \quad (3.14)$$

$$L_f = L_s + \delta_s \quad (3.15)$$

3.4.10 <u>คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางขดสปริง</u>

$$D_s = C \times d_s \quad (3.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณ และการสร้างเครื่องต้นแบบ

ในการออกแบบเครื่องอัดมะขามเปียกจะต้องอาศัยข้อมูลดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อมาใช้ประกอบในการออกแบบ โดยเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติที่ออกแบบมีส่วนประกอบดังนี้

1 . โครงสร้าง
2 . รางป้อน
3 . บล๊อกพิมพ์
4 . ชุดสปริง
5. กระบอกลมนิวเมติกส์ในแนวตั้ง
6. กระบอกลมนิวเมติกส์ในแนวนอน
7. วงจรนิวเมติกส์

4.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

- เครื่องอัดก้อนมะขามเปียกเป็นเครื่องจักรที่ทำงานเกี่ยวข้องกับอาหาร และอุปกรณ์บางส่วนของเครื่องก็ต้องสัมผัสกับมะขามซึ่งมีความเป็นกรด และมีความชื้น ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องควรเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม จึงเลือกใช้แสตนเลสเพราะมีความแข็งแรง ทนต่อการกัดกร่อนได้ และเป็นวัสดุที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคอาหารอีกด้วย
- ใช้เหล็กกล่องขนาด 1 in × 1 in

4.2 การออกแบบรางป้อน และบล็อคพิมพ์

- รางป้อนใช้แสตนเลสความหนา 1 mm
- บล็อคพิมพ์ ใช้แสตนเลสความหนา 6 mm มีขนาดเท่ากับ 3 cm × 7 cm × 10 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การออกแบบสปริง [8]

4.3.1 <u>คำนวณค่าความเค้นเฉือนออกแบบ</u>

กำหนดวัสดุที่ใช้ทำสปริงคือ Chrome vanadium steel (ASTM 231)

จากสมการ (3.8) $\sigma_u = \frac{1976}{d_s^{0.166}}$

$$\sigma_d = 0.263\sigma_u$$

$$= 0.263 \times \frac{1976}{d_s^{0.166}}$$

$$= \frac{519.688}{d_s^{0.166}}$$

กำหนดค่าดัชนีสปริง (C) มีค่าเท่ากับ 10 จะได้ค่า K จากการเปิดตารางมีค่าเท่ากับ 1.14

แรงที่ใช้ในการกดอัดก้อนมะขามเปียกมีค่าเท่ากับ 47.375 N

Safety factor = 4

แรงที่ใช้ในการออกแบบสปริง $= 47.375 \times 4$

$F_{min} = 189.5$ N

จากสมการ (3.9) $\tau = \frac{1.14 \times 8 \times C \times F_{min}}{\pi d_s^2}$

ฉะนั้น $\frac{519.688}{d_s^{0.166}} = \frac{1.14 \times 8 \times 10 \times 189.5}{\pi d_s^2}$

จากการแก้สมการ $d_s = 3.62$ mm

ให้ทำการเลือกขนาดลวดสปริงที่แนะนำ คือ 4.00 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 <u>คำนวณหาค่าความต้านทานของสปริง</u>

จากสมการ (3.10) $k = \frac{F_{min}}{X_1}$

$k = \frac{189.5}{100}$

$k = 1.895 \ N/mm$

4.3.3 <u>คำนวณจำนวนขดลวดที่ใช้</u>

กำหนดค่า โมดุลัสยืดหยุ่น (E) = 200 kN / mm และโมดุลัส (G) = 80 kN / mm

จากสมการ (3.11) $n = \frac{G \times d_s}{8kC^3}$

$n = \frac{80000 \times 4}{8 \times 1.895 \times 10^3}$

$n = 21.11$ ขด

เลือกสปริงแบบปลายตรง ฉะนั้น

จากสมการ (3.12) $n = n_t - 1.5$

$n_t = 21.11 + 1.5$

$n_t = 22.61$ ขด

4.3.4 <u>คำนวณความยาวสปริง</u>

จากสมการ (3.13) $L_s = d_s (n_t + 1)$

$L_s = 4 \times (22.61 + 1)$

$L_s = 94.44 \ mm$

$\delta_w = 200 \ mm$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (3.14) $R_c = \frac{\delta_s - \delta_w}{\delta_w}$

$R_c = 20\,\%$

$\delta_s = (0.2 \times 200) + 200$

$\delta_s = 240 \text{ mm}$

จากสมการ (3.15) $L_f = L_s + \delta_s$

$L_f = 94.44 + 240$

$L_f = 334.44 \text{ mm}$

4.3.5 <u>คำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางสปริง</u>

จากสมการ (3.16) $D_s = C \times d_s$

$D_s = 10 \times 4$

$D_s = 40 \text{ mm}$

4.4 การคำนวณหาขนาดกระบอกลมนิวเมติกส์ [9]

4.4.1 <u>การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลม</u>

กำหนดให้ทำงานที่ความดัน 7 bar

- เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลมแนวตั้ง

จากสมการ (3.3) $D^2 = \frac{4 \times (F_s + F_{min})}{9 \times P \times \pi}$

$D^2 = \frac{4 \times (379 + 189.5)}{9 \times 7 \times 3.14}$

$D^2 = 11.495$

$D = 3.39 \text{ cm}$

- **เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกลมแนวนอน**

เนื่องจากกระบอกลมแนวนอนรับภาระน้อยมากจึงสามารถใช้ขนาดใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 <u>การคำนวณหาขนาดความยาวกระบอกสูบ</u>

- ขนาดความยาวกระบอกลมแนวตั้ง

จากสมการ (3.6) $L_1 = X_1 + H_T + H_B$

$L_1 = 10 + 7 + 3$

$L_1 = 20$ cm

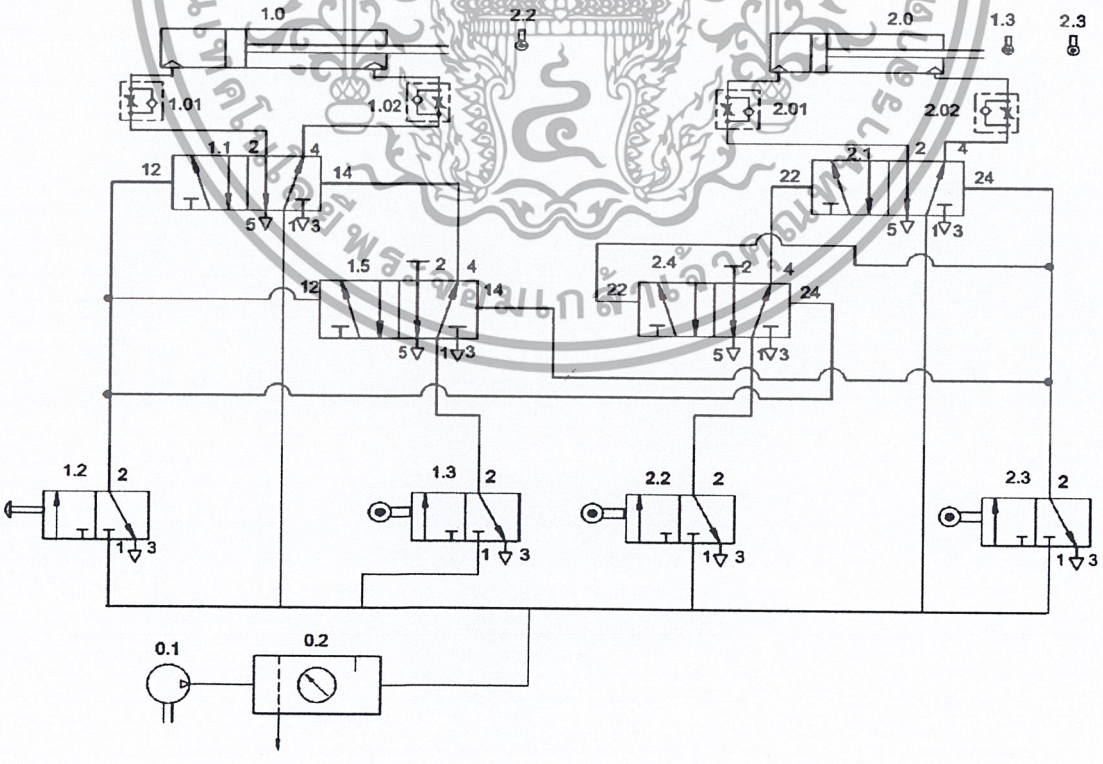
- ขนาดความยาวกระบอกลมแนวนอน

จากสมการ (3.7) L_2 = ระยะจากแป้นดันถึงด้านนอกของโครงสร้างเครื่อง

$L_2 = 30$ cm

4.5 การออกแบบวงจรนิวเมติกส์

เราสามารถออกแบบระบบวงจรนิวเมติกส์ได้ดังรูปที่4.1



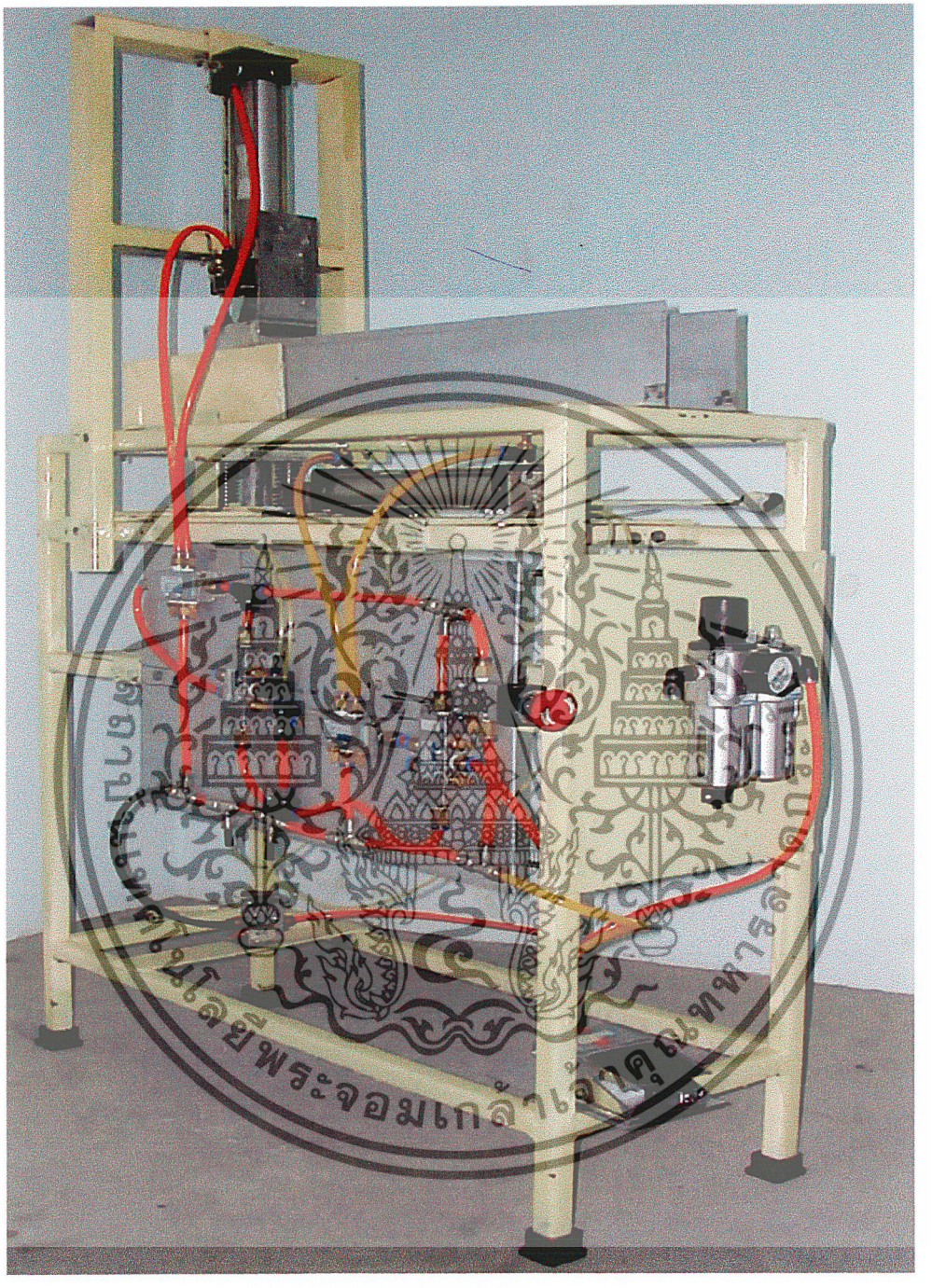
รูปที่ 4.1 วงจรนิวเมติกส์ลำดับการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวงจรนิวเมติกส์ของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

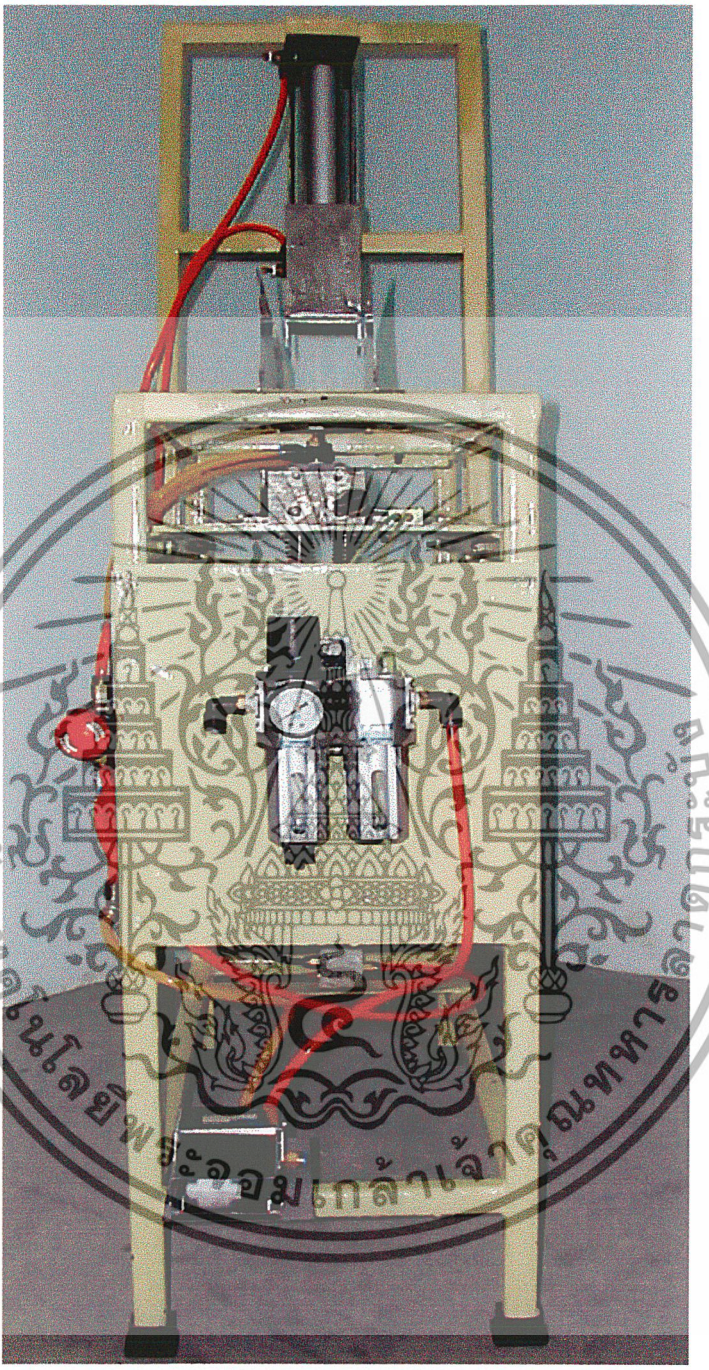
1. กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ความยาวระยะชัก 200 mm จำนวน 1 กระบอก
2. กระบอกลมชนิดทำงานสองทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ความยาวระยะชัก 300 mm จำนวน 1 กระบอก
3. เครื่องอัดลมชนิดลูกสูบ (air compressor) จำนวน 1 เครื่อง
4. ถังพักลมขนาด 3 m^3 จำนวน 1 ถัง
5. เครื่องกรองท่อเมน (main air filter) จำนวน 1 เครื่อง
6. เครื่องทำลมแห้ง (air dryer) จำนวน 1 เครื่อง
7. กรองลม (air filter) จำนวน 1 เครื่อง
8. วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve) จำนวน 1 ตัว
9. อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (oil lubricator) 1 เครื่อง
10. อุปกรณ์เก็บเสียง (air silencer) 12 ตัว
11. วาล์วควบคุมแบบ 5/2 จำนวน 4 ตัว
12. วาล์วบังคับความเร็ว (speed control valve) จำนวน 4 ตัว
13. วาล์วควบคุมแบบ 3/2 (limit switch) จำนวน 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



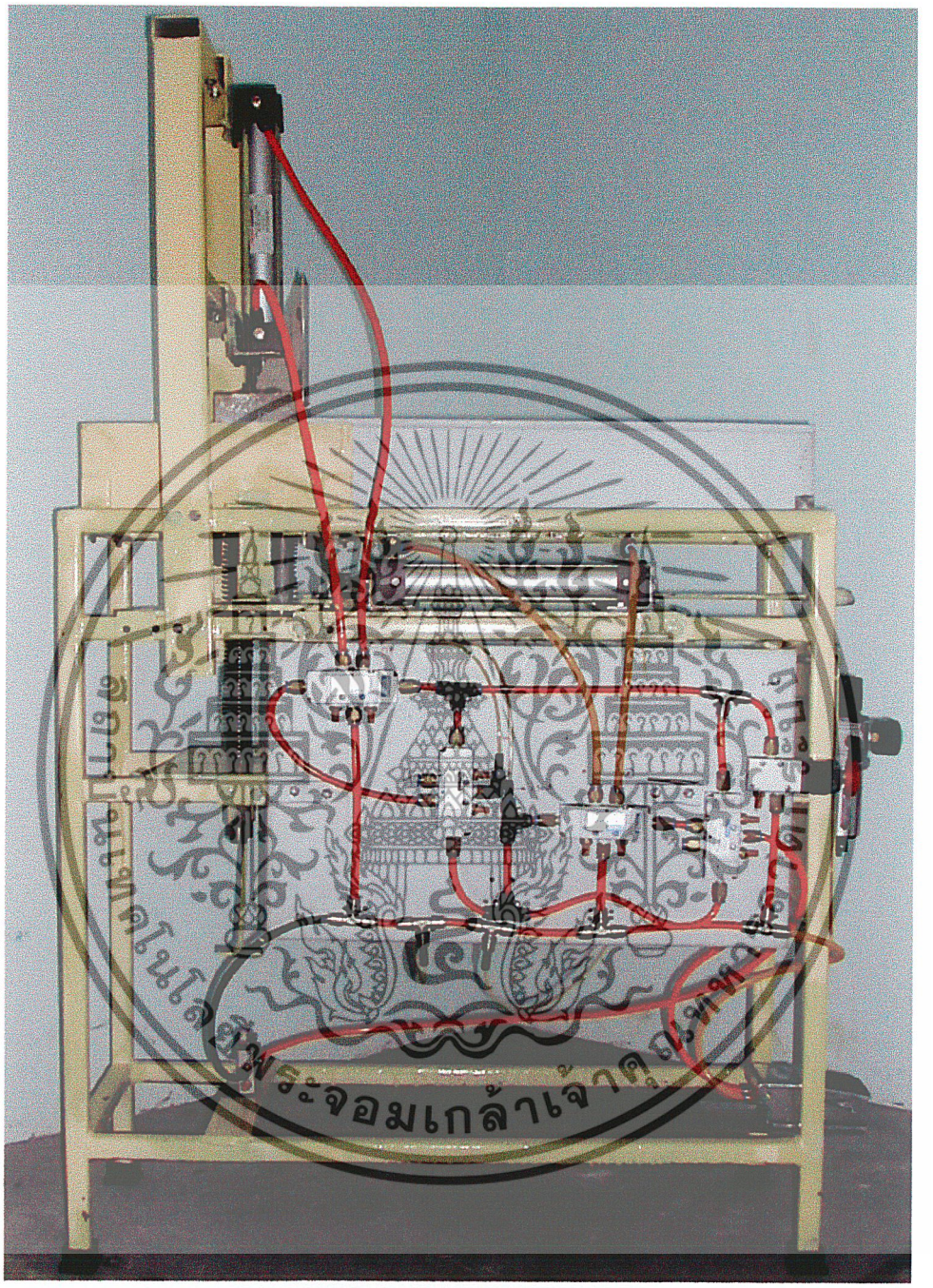
รูปที่ 4.2 เครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



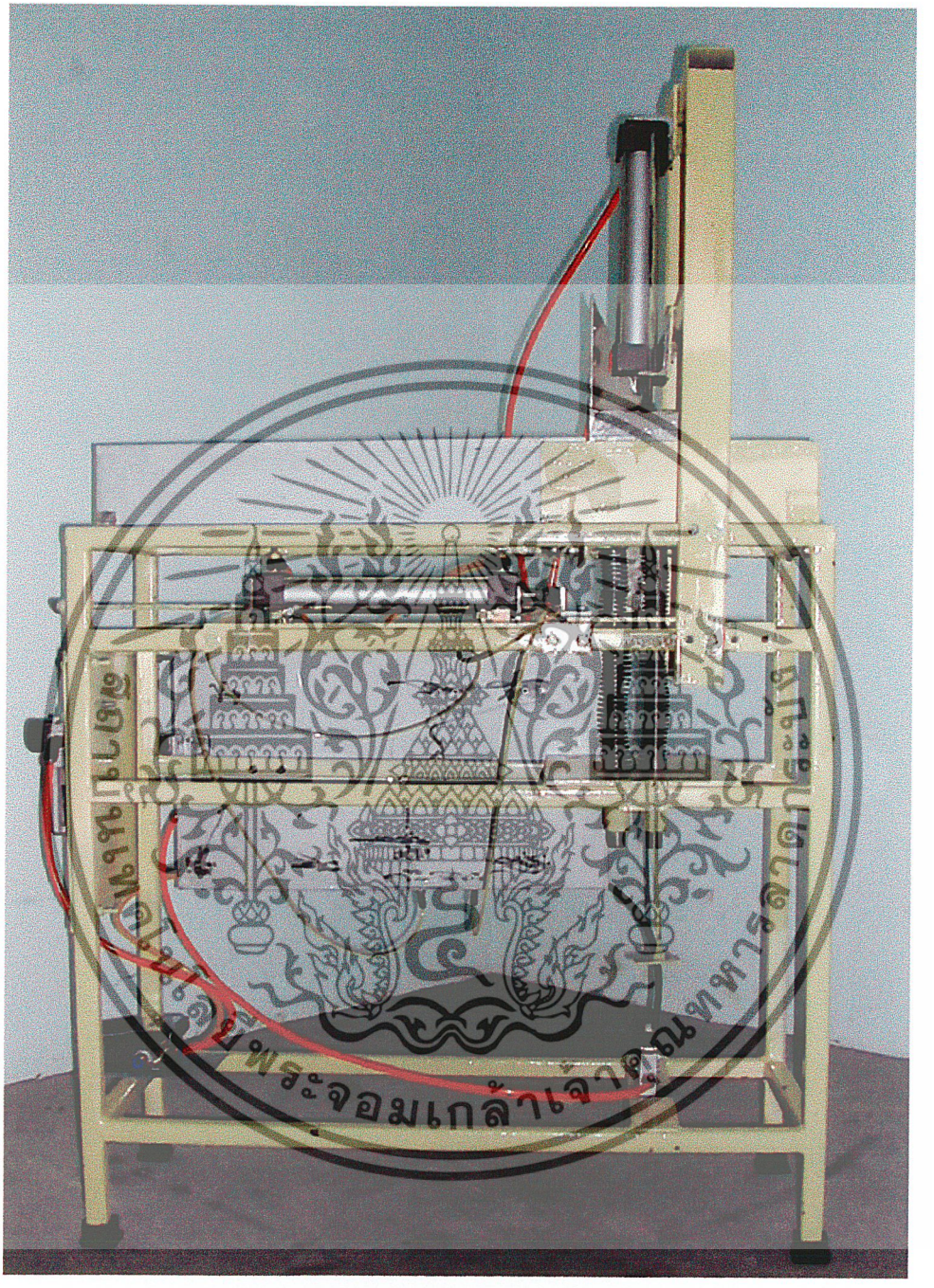
รูปที่ 4.3 มุมมองด้านหน้าเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 มุมมองด้านข้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 มุมมองด้านข้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวางแผน และวิธีการทดลอง

เครื่องอัดก้อนมะขามเปียกที่สร้างขึ้นนี้ สามารถทำการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ

5.1.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ
2. เพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการอัดก้อนมะขามเปียก 1 ก้อน
3. เพื่อทดสอบคุณลักษณะภายนอกของก้อนมะขามเปียกที่ถูกอัดด้วยเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกที่ความเร็วในการทำงานของเครื่องต่าง ๆ กัน โดยพิจารณาจากรูปร่างและน้ำหนักที่ได้
4. เพื่อหาความเร็วในการทำงานของเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และที่มะขามเปียกก้อนมีคุณภาพดีที่สุด

วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องอัดก้อนมะขามเปียก
2. มะขามเปียก
3. นาฬิกาจับเวลา
4. ไม้บรรทัด
5. เครื่องชั่ง

วิธีการทดลอง

1. ปรับวาล์วความเร็วลมเข้ากระบอกลมนิวเมติกส์แนวตั้ง และกระบอกลมนิวเมติกส์แนวนอนที่ค่าสูงสุด
2. เริ่มจับเวลาตั้งแต่กระบอกลมนิวเมติกส์แนวตั้ง ทำงาน จนกระบอกลมนิวเมติกส์แนวตั้งกลับตำแหน่งเดิม บันทึกผลการทดลอง
3. ชั่งน้ำหนักมะขามเปียก และป้อนมะขามเปียกตามรางป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กดสวิตช์เริ่มต้นการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ
5. ชั่งน้ำหนักมะขามเปียกก้อนที่ได้หลังจากการกดอัดโดยเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก วัดขนาด และ สังเกตุลักษณะเนื้อ บันทึกผลการทดลอง
6. ทำซ้ำข้อ 2 - 4 โดยปรับเฉพาะวาล์วความเร็วลมเข้ากระบอกลมนิวเมติกส์แนวตั้ง ที่ความเร็วต่าง ๆ 6 ระดับ ทำการทดลองจำนวน 3 ตัวอย่าง ต่อความเร็ว 1 ระดับ
7. เลือกระดับความเร็วที่ทำให้ได้ลักษณะมะขามเปียกที่ดีที่สุด
8. ปรับวาล์วปรับวาล์วความเร็วลมเข้ากระบอกสูบนิวเมติกส์แนวตั้ง ที่ระดับความเร็วที่เหมาะสมที่สุด ทำซ้ำ ข้อ 2 และ ข้อ 4 จำนวน 10 ตัวอย่าง

(หมายเหตุ : ทดลองที่ความดัน 7 bar)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลอง

6.1.1 ผลการทดสอบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ

ตารางที่ 6.1 ตารางผลการทดลองหาความเร็วกระบอกลมแนวตั้ง

ความเร็วลม ระดับ	จับเวลา(s)				ความเร็วกระบอกลมแนวตั้ง cm / s
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	0.63	0.8	0.69	0.71	28.30
2	1.04	1.06	1	1.03	19.35
3	1.35	1.31	1.25	1.30	15.35
4	1.73	1.63	1.74	1.70	11.76
5	2.37	2.37	2.37	2.37	8.44
6	4.94	4.81	4.87	4.87	4.10

หมายเหตุ กระบอกลมแนวตั้งมีระยะชัก 20 cm

ตารางที่ 6.2 ตารางผลการทดลองหาความเร็วกระบอกลมแนวนอน

จับเวลา (s)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
	0.17	1.13	1.26	1.24	1.17	0.994
ความเร็วสูงสุดของกระบอกลมแนวนอน (m/s)	50 cm / s					

หมายเหตุ กระบอกลมแนวนอนมีระยะชัก 25 cm

ระยะทางเคลื่อนที่ในการทดลอง 50 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ผลการทดลองหาเวลาที่ใช้อัดมะขามเปียก 1 ก้อน

ความเร็วกระบอกลม ระดับที่	จับเวลา(s)						ความเร็ว ก้อน/นาที
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	
1	3.00	3.44	3.14	3.00	3.00	3.12	23.09
2	3.59	3.30	3.43	3.50	3.52	3.47	20.76
3	3.74	3.65	3.73	3.68	3.80	3.72	19.34
4	4.13	4.10	4.04	4.20	4.19	4.13	17.42
5	4.94	5.00	4.86	4.94	5.10	4.97	14.49
6	8.03	7.70	7.80	7.86	7.80	7.84	9.19

ลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยการทหารลาดกระบัง

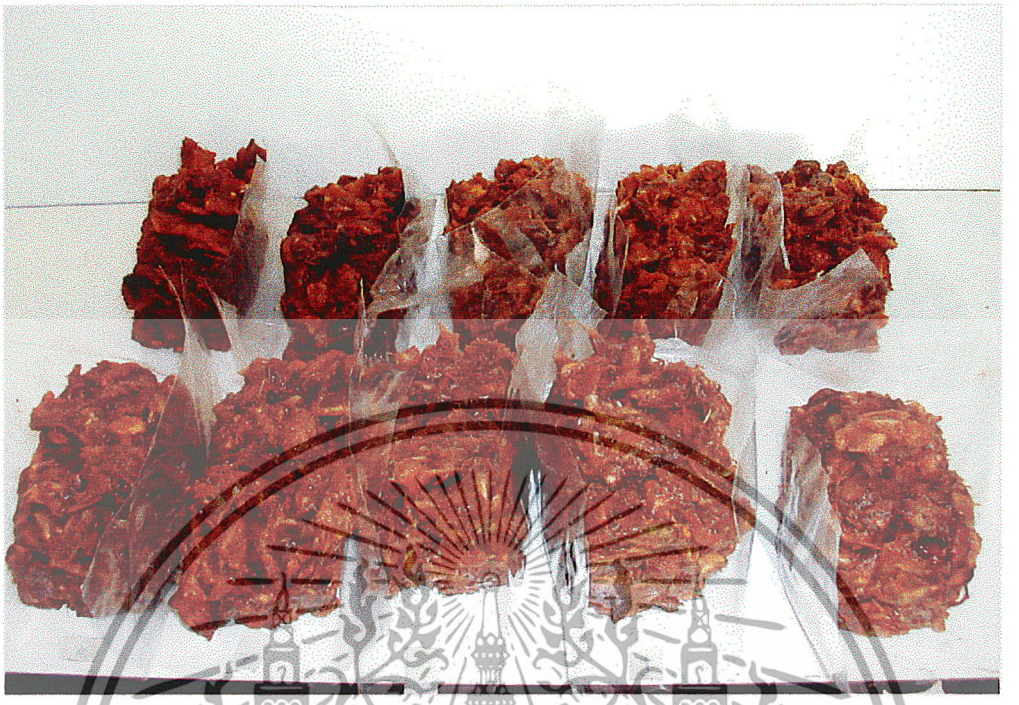
ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองหาความเร็วที่เหมาะสม

ตัวอย่างมะขามเปียก	เวลาที่ใช้อัดมะขามเปียก 1ก้อน(s)	น้ำหนักมะขามเปียกที่ป้อน(g)	น้ำหนักมะขามเปียกอัดก้อน(g)	ขนาด (หนา×กว้าง×ยาว) (cm × cm × cm)	ลักษณะเนื้อมะขามเปียกก้อน		
					การอัดแน่นของเนื้อ	ความเรียบของผิว	ความสม่ำเสมอของขอบ
1	3.12	351	312	3 × 7 × 12	ปานกลาง	น้อย	น้อย
2	3.47	350	306	3 × 6.6 × 12	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
3	3.72	351	312	3 × 7 × 11.5	มาก	มาก	มาก
4	4.13	350	318	3 × 7 × 12	มาก	มาก	มาก
5	4.97	350	311	3 × 6.8 × 12	มาก	ปานกลาง	ปานกลาง
6	7.84	350	310	3 × 6.6 × 11.5	ปานกลาง	น้อย	ปานกลาง

ลิขสิทธิ์ของวิทยาลัยการอาชีพปราณบุรี

ตารางที่ 6.5 ผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก

ตัวอย่างมะขามเปียก	น้ำหนักมะขามเปียกที่ป้อน(g)	น้ำหนักมะขามเปียกอัดก้อน(g)	%การคาดเคลื่อนของน้ำหนักมะขามเปียก	ขนาดของก้อนมะขามเปียก			ลักษณะเนื้อของมะขามเปียก		
				หนา cm	กว้าง cm	ยาว cm	การอัดแน่นของเนื้อ	ความเรียบของผิว	ความสม่ำเสมอของขอบ
1	300	280	12.0%	3.0	7.0	11.0	มาก	มาก	ปานกลาง
2	300	284	13.6%	3.0	7.0	11.0	มาก	ปานกลาง	ปานกลาง
3	300	290	16.0%	2.9	6.5	11.0	มาก	มาก	มาก
4	300	272	8.8%	3.0	7.0	10.5	มาก	มาก	มาก
5	300	268	7.2%	2.9	6.8	10.5	มาก	มาก	มาก
6	300	289	15.6%	3.3	6.8	11.7	มาก	ปานกลาง	ปานกลาง
7	300	278	11.2%	3.3	6.7	11.3	มาก	ปานกลาง	ปานกลาง
8	300	291	16.4%	3.0	7.0	11.3	มาก	มาก	ปานกลาง
9	300	286	14.4%	3.3	6.8	10.5	มาก	มาก	ปานกลาง
10	300	284	13.6%	3.1	7.0	10.2	มาก	ปานกลาง	มาก
เฉลี่ย	300	282.2	12.9%	3.1	7.0	10.9	มาก	มาก	ปานกลาง



รูปที่ 6.1 ก้อนมะขามเปียกก่อนอัดก้อนจำนวน 10 ตัวอย่าง

รูปที่ 6.2 ก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดก้อนจำนวน 10 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก สามารถสรุปเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

1. ระดับความเร็วของกระบอกลมแนวตั้งที่เหมาะสมในการอัดก้อนมะขามเปียกคือใช้เวลา 3.72 วินาที ในการอัดก้อนมะขามเปียก 1 ก้อน ลักษณะของก้อนมะขามเปียกที่ได้ ผิวเรียบ เนื้ออัดแน่นสม่ำเสมอ และได้มุมคม กว่าระดับความเร็วอื่น
2. น้ำหนักของก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดด้วยเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบที่ระดับความเร็วที่เหมาะสม เกิดการคลาดเคลื่อนจากที่ออกแบบไว้คือ 250 g เท่ากับ 12.9 % โดยเฉลี่ย เนื่องจากความยาวของก้อนมะขามเปียกที่ได้ มีความยาวเกินกว่าความยาวที่ออกแบบไว้ จึงทำให้น้ำหนักของก้อนมะขามเปียกที่ได้เกินกว่าน้ำหนักที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุป และวิจารณ์

7.1 สรุป และวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ระดับความเร็วกระบอกลมแนวตั้งที่เหมาะสมสำหรับเครื่องอัดก้อนมะขามเปียก สามารถอัดก้อนมะขามเปียก 1 ก้อนใช้เวลา 3.72 วินาที ซึ่งไม่รวมระยะเวลาในการป้อน ทำให้มีอัตราการอัดก้อนมะขามเปียกไม่ต่ำกว่า 4 ก้อนต่อนาที เนื้อมะขามเปียกที่ได้มีลักษณะผิวเรียบ เนื้ออัดแน่นสม่ำเสมอ ได้มุมที่คม ลักษณะก้อนสมบูรณ์ดี และมีน้ำหนักก้อนมะขามเปียกคลาดเคลื่อนที่ออกแบบไว้ 12.9 % โดยเฉลี่ย

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. เนื่องจากการติดตั้งกระบอกลมแนวตั้ง และแผ่นกั้นมะขามเปียกทั้งด้านหน้า และด้านหลังไม่แม่นยำตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้ จึงทำให้มีน้ำหนักก้อนมะขามเปียกคลาดเคลื่อนที่ออกแบบไว้
2. วงจรนิวเมติกส์ควบคุมการทำงานของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบไม่ได้ออกแบบให้มี ค่าความปลอดภัย (safety factor) เพื่อความปลอดภัยในการทำงานจริง
3. ควรสร้างแป้นดันมะขามเปียกออกจากบล็อกพิมพ์ให้มีขนาดที่พอดีกับบล็อกพิมพ์เพื่อลดการย้อนกลับของมะขามเปียกขณะดันมะขามเปียกออกจากบล็อกพิมพ์
4. ก้อนมะขามเปียกมีการติดแป้นดันมะขามเปียกกลับมา ทำให้ก้อนมะขามเปียกที่ผ่านการอัดรูปร่างเสียไปบ้าง

7.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองควรมีการปรับปรุงเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกต้นแบบ ดังนี้

1. ควรสร้าง และติดตั้งส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกให้แม่นยำตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้
2. ควรออกแบบเปลี่ยนวัสดุที่เป็นหน้าสัมผัสมะขามเปียกในส่วนของแป้นดันมะขามเปียกออกจากบล็อกพิมพ์ เพื่อไม่ให้ก้อนมะขามเปียกกดแป้นดันกลับไป
3. ควรทำการทดลองหลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง, 2544, ข้อมูลงานวิจัยจากสายการผลิตมะขามเปียก บริษัทดีไฮเดรทฟูดส์โปรดัก ลาดหลุมแก้ว ปทุมธานี , บันทึกข้อมูลวิจัย.
2. เดชา ศิริภัทร , 2528 , " มะขามเปรี้ยว " , ฐานเกษตรกรรม , หน้า 65-75.
3. กนก ชวนานนท์ , 2534 ," คู่มือมะขามหวาน ", ฐานเกษตรกรรม , หน้า 7-16.
4. ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ , " ศักยภาพมะขามเปรี้ยว " , **มะขามหวาน 4** , หน้า 38-40.
5. กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตก้าวหน้า , 2530 , " การปลูกมะขามเปรี้ยว " , **นิตยสารเพื่อการพัฒนาผลิตผลไม้** , หน้า 59-61.
6. จตุพล ยางสูง สุนันท์ สมวัน และ ดวงใจ ลอสิงห์ , 2542 , " การหาค่า A_w and Sorption Isotherm ของมะขามหวานพันธุ์ศรีชมพู " , ปริญญานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี, ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. , หน้า 1-7.
7. วัชราภรณ์ โสภารินทร์ , 2538 ," การออกแบบปรับปรุงบรรจุภัณฑ์มะขามเปียกเพื่อการส่งออก บ.ไทยสมเด็จ " , ปริญญานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาศิลปอุตสาหกรรม สจล. , หน้า 1-31.
8. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน , 2541 , " การออกแบบเครื่องจักกล เล่มที่ 1 " , บ. ซีเอ็ดยูเคชั่น , หน้า 255-269.
9. ปานเพชร ชินินทร และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ , 2539 , " นิวเมติกส์อุตสาหกรรม " , บ. ซีเอ็ดยูเคชั่น , หน้า 94-116.
10. วรพงษ์ ศรีวงษ์คง, " การออกแบบเครื่องจักกล เล่มที่ 1 " ,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2531.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างกราฟที่แสดงค่าแรงกดจากการทดลองหาค่าแรงกดก้อนมะขามเปียกด้วยเครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine ที่บล็อกพิมพ์ขนาดความสูงต่าง ๆ

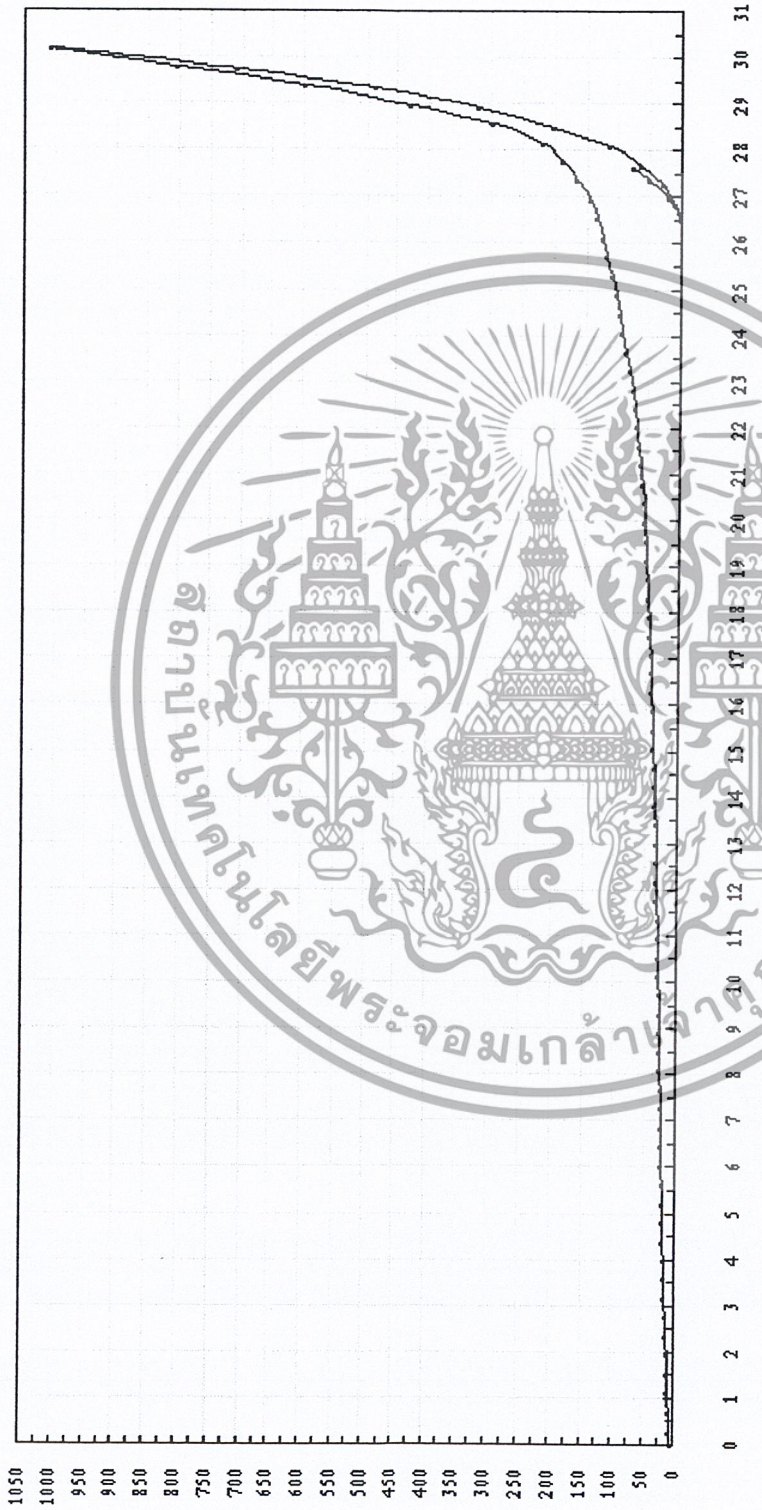
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 ตัวอย่างกราฟแสดงแรงกดก้อนมะขามเปียกที่ความสูงปลอกพิมพ์ 3 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2 ตัวอย่างกราฟแสดงแรงกดก้อนมะยมเปียกที่ความสูงปลีกพิมพ์ 5 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

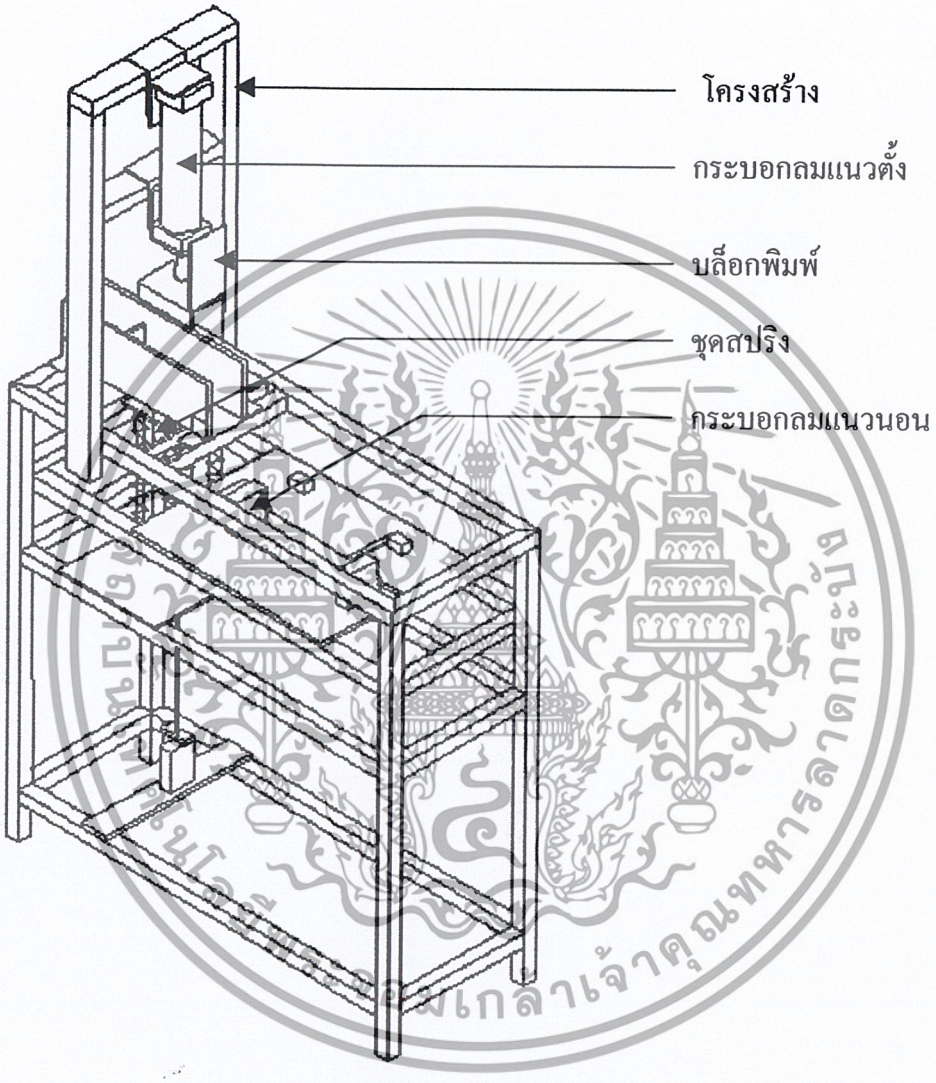


รูปที่ ก.3 ตัวอย่างกราฟแสดงแรงกดก่อนและขณะเปิดที่ความสูงปลีอกพิมพ์ 7 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

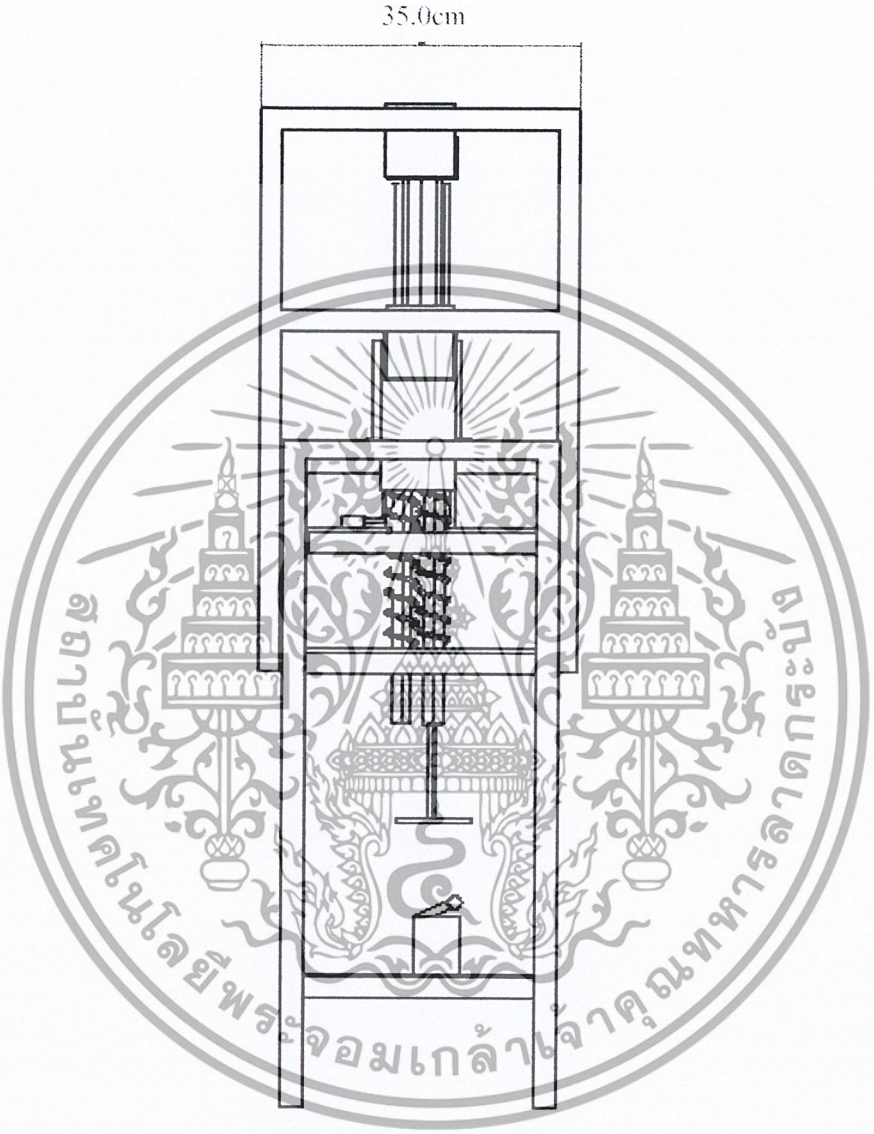
ภาคผนวก ข.
แบบเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



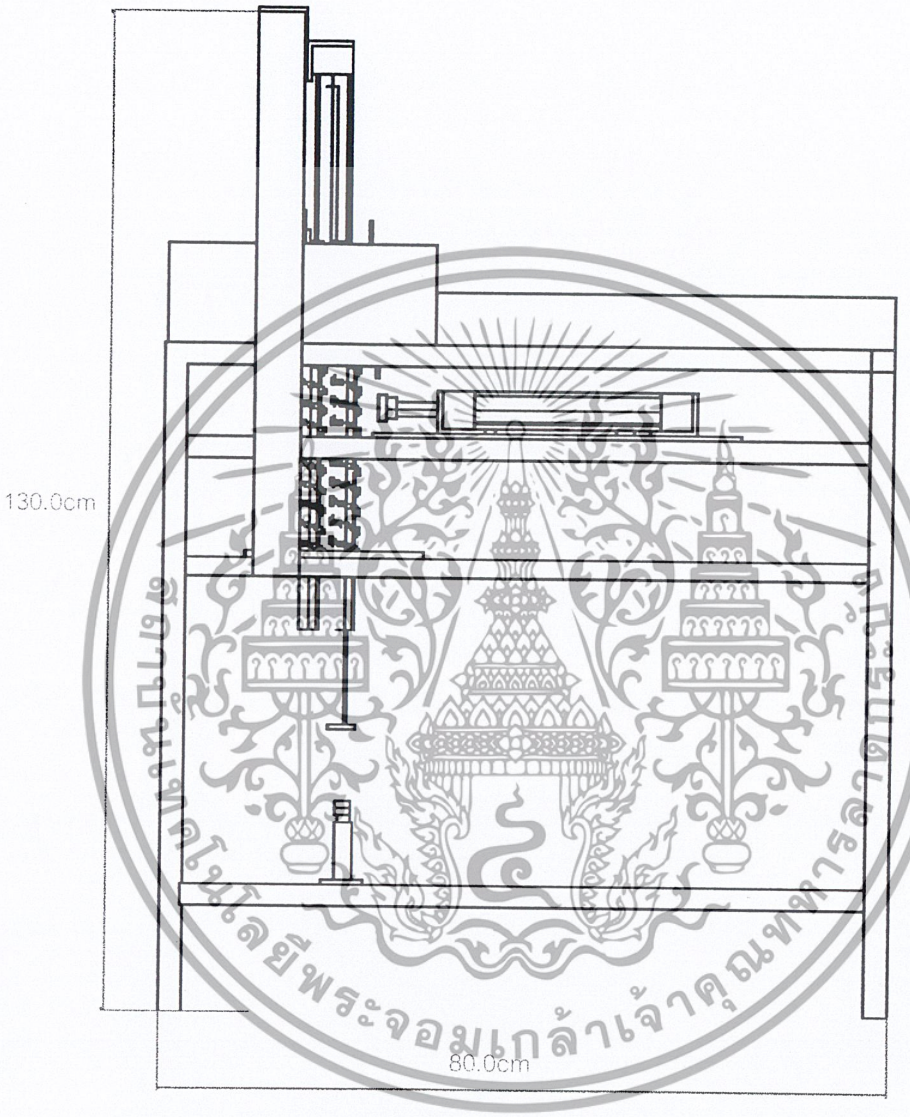
รูปที่ ข.1 มุมมองไอโซเมตริกเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



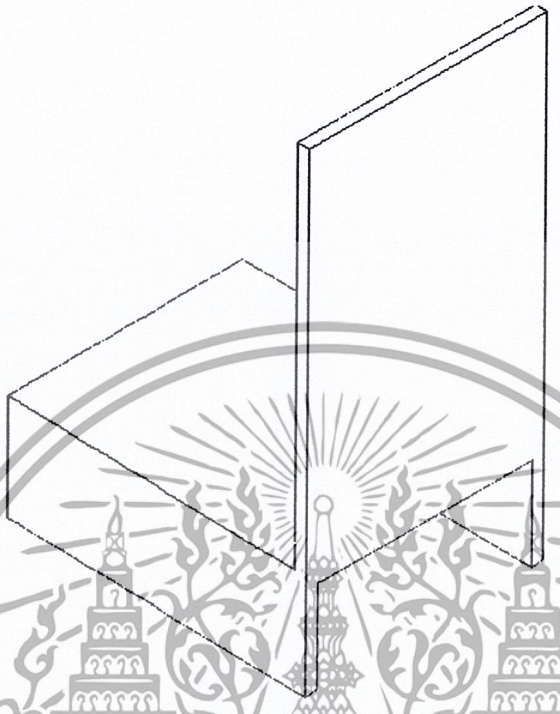
รูปที่ ข.2 มุมมองด้านหน้าเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 มุมมองด้านข้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติต้นแบบ

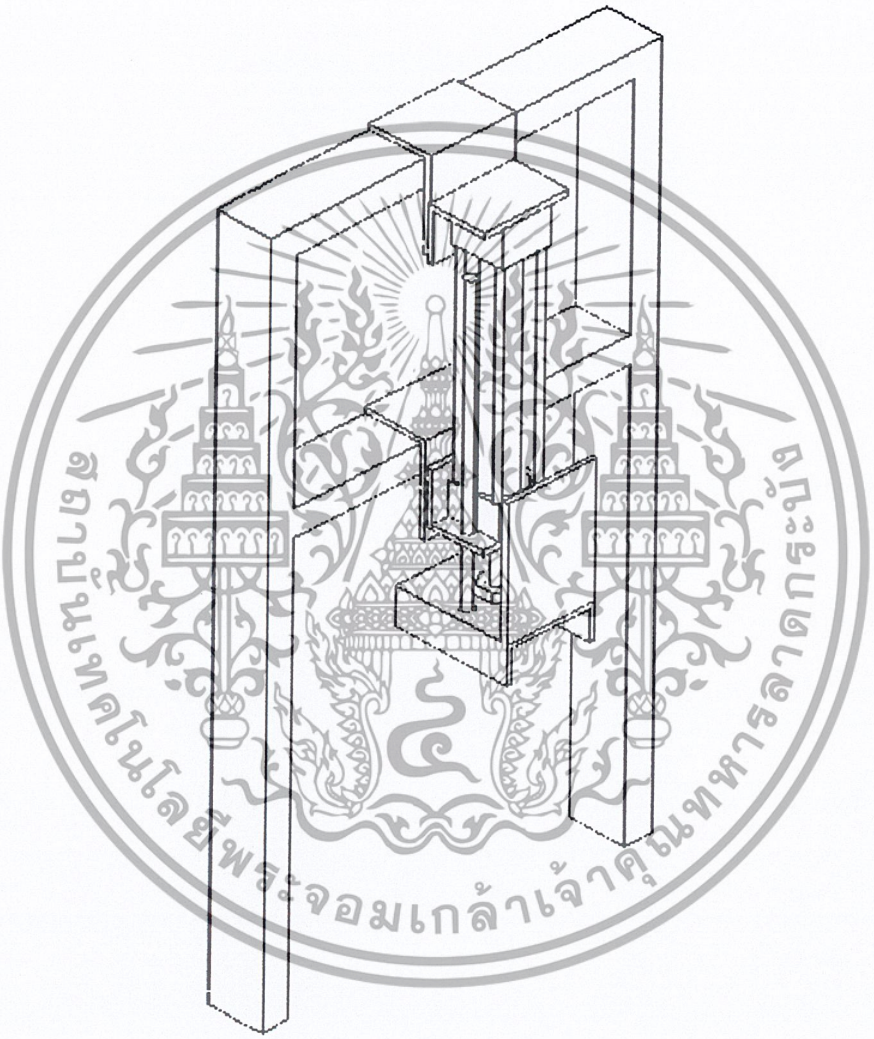
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 มุมมองไอโซเมตริกส่วนบล็อกพิมพ์ที่ใช้อัดก้อนมะขามเปียก

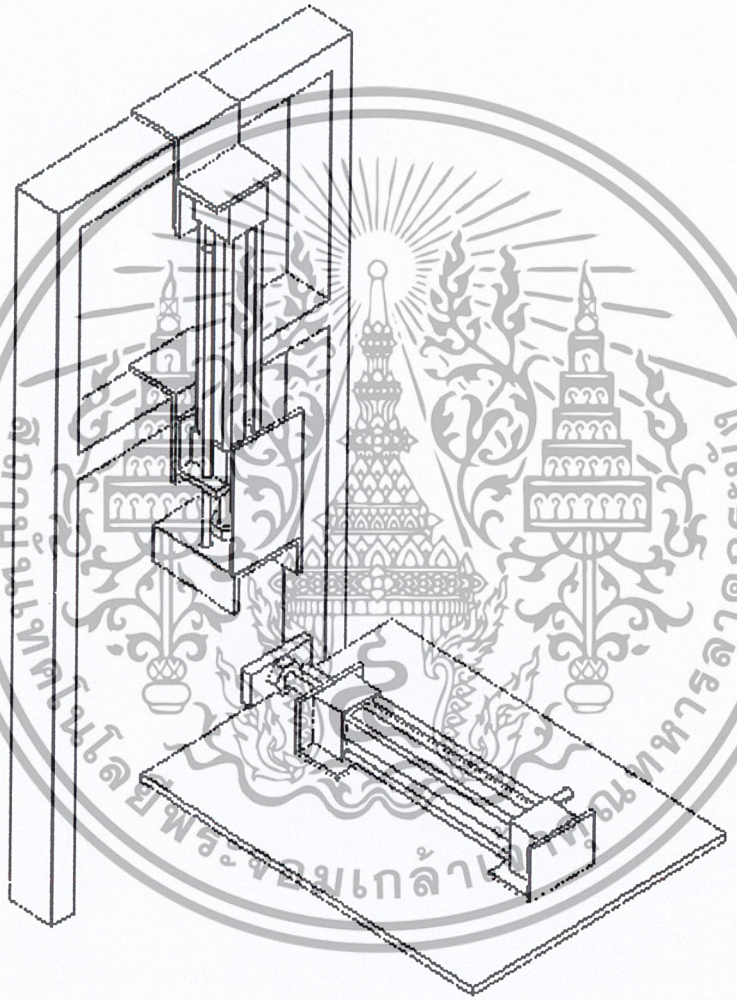
รูปที่ ข.5 มุมมองด้านหน้าส่วนบล็อกพิมพ์ที่ใช้อัดก้อนมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 มุมมองไอโซเมตริกการติดตั้งกระบอกลมแนวตั้งกับบล็อกพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 มุมมองไอโซเมตริกการติดตั้งกระบอกลมแนวนอนกับแป้นดันมะขามเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารณ์หลาย ๆ ท่านที่ให้คำปรึกษา และชี้แนะ ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการออกแบบ และสร้างเครื่องอัดก้อนมะขามเปียกอัตโนมัติ พร้อมทั้งช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

อาจารย์เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสง ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน

เพื่อน ๆ ทุกท่านที่ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้