การออกแบบเครื่องคั้นน้ำมะนาว
แบบต่อเนื่อง

(DESIGN OF LEMON JUICE EXTRACTOR)

โดย

นายนิรมล ประสมสินธุ์

นายพลธีร นาคันไพศาล

นายอัครเดช โสมวิภาต

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2537

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

ผู้จัดทำ

1. นายนิรมล ประสมสินธุ์
2. นายพลชัย พายันไพศาล
3. นายอัครเดช โสมวิภาต

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ปานมนัส ศิริสมบูรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์นิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๗

การออกแบบเครื่องคั้นน้ำมะนาว

แบบต่อเนื่อง

(DESIGN OF LEMON JUICE EXTRACTOR)

นายนิรมุล ประสมสินกุ์
นายพลชัย พาลันไพศาล
นายอัครเดช โสมวิภาต
อาจารย์ปานมนัส สิริสมบูรณ์
อาจารย์พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมนงค์

ปีการศึกษา 2537

วัน เดือน ปี 18 ม.ค. 2539
เลขทะเบียน 034789
เลขเรียกหนังสือ T 37089 ข6

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง ซึ่งในการออกแบบ-ใช้หลักการทำงานของระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า ประกอบกับคุณสมบัติของมะนาวบางประการ โดยออกแบบให้มีการป้อนมะนาวเข้าสู่ส่วนการบีบโดยอัตโนมัติ ซึ่งใช้หลักการของแรงโน้มถ่วงของโลก สำหรับการบีบมะนาวนั้นกระทำโดยลูกสูบที่ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า โดยทำการกดลูกมะนาวผ่านใบมีดสำหรับกรีดที่บริเวณผิวของมะนาว เพื่อให้น้ำมะนาวไหลออกดี และมีรสขมน้อยเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งลักษณะการทำงานออกแบบให้ใช้ลูกสูบจำนวน 2 ชุด ทำงานสลับกัน และมีการกำจัดกากออกจากเครื่องโดยอัตโนมัติ โดยการบรรจุรวมกันไว้แล้วนำไปจัดทิ้งต่อไป

เครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่องที่ออกแบบสร้างขึ้นนี้มีขนาด 800*700*700 มิลลิเมตร ใช้สำหรับมะนาวที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งเป็นมะนาวเบอร์ 5 ขนาดตั้งแต่ 3.8-4.0 ซม. โดยป้อนมะนาวทางด้านบนถาดรับมะนาว สำหรับอัตราการคั้นได้ทำการทดลองแล้ว คือ 10 ผล/นาที ซึ่งจากการทดสอบในเรื่องรสขมนั้น เป็นที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF LEMON JUICE EXTRACTOR

Niramul Prasomsint

Polchai Payappaisarn

Akadejh Somviphate

Panmanas Sirisomboon Advisor

Pimpen Pornchaloempong Advisor

1994

ABSTRACT

This study is to design and fabricate the lemon juice extractor, using pneumatic control. The lemons are fed to the extractor by gravity. The 2 solid stainless cylinders press and squeeze the each lemon one after another to get continuous process. Inside the squeeze chamber, there are 8 thin knifes installed, so the bitter taste of lemon is minimized. Waste from the process was collected automatically in the waste tank.

The lemon juice extractor is 300 x 700 x 700 mm., which can extract the number 5 (3.8-4 cm.) market size lemon, at the rate of 10 lemons/min.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	1
สารบัญภาพ	3
สารบัญตาราง	5
1. บทนำ	6
1.1 ความสำคัญของโครงการ	6
1.2 แหล่งที่ปลูกและการจำหน่ายในประเทศไทย	6
1.3 วัตถุประสงค์	8
1.4 ขอบเขตของโครงการ	8
2. ทฤษฎีและหลักการ	9
2.1 สมบัติทางกายภาพของมะนาวและน้ำมะนาว	9
2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์	11
3. ขั้นตอนการออกแบบและสร้าง	21
3.1 การทดสอบการบีบมะนาวเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น	21
3.2 ขั้นตอนการออกแบบการทำงานในระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า	22
3.3 แบบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.การทดสอบเครื่อง	35
4.1 วัตถุประสงค์	35
4.2 การทดสอบเพื่อหาอัตราการบีบที่เหมาะสม	35
4.3 การทดสอบเพื่อหาอัตราการคั้นน้ำมะนาวของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	41
5.สรุปและวิจารณ์	45
5.1 รายละเอียดลักษณะของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	45
5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับลักษณะของเครื่อง	45
ภาคผนวก	46
กิตติกรรมประกาศ	60
เอกสารอ้างอิง	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปภาพ		หน้า
รูปที่ 1.1	ผังการทำงานของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	8
รูปที่ 2.1	อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์	15
รูปที่ 2.2	การแบ่งประเภทของเครื่องอัดลม	16
รูปที่ 2.3	เครื่องอัดลมแบบต่างๆ	17
รูปที่ 3.1	5/2 D.C. Valve	23
รูปที่ 3.2	สัญลักษณ์วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว	23
รูปที่ 3.3	Alpharbetic with signal flow diagram	24
รูปที่ 3.4	Step motion diagram	25
รูปที่ 3.5	วงจรกำลังและตำแหน่งของสวิทช์	26
รูปที่ 3.6	วงจรควบคุม	26
รูปที่ 3.7	แบบลักษณะเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	28
รูปที่ 3.8	แบบถาดสำหรับใส่มะนาว	29
รูปที่ 3.9	แบบกระบอกใบมีด	30
รูปที่ 3.10	แบบที่รองรับการกดมะนาว	31
รูปที่ 3.11	แบบตะแกรงกรองเม็ดมะนาว	32
รูปที่ 3.12	แบบถังใส่น้ำมะนาวและกาก	33
รูปที่ 3.13	แบบแป้นกดลูกมะนาว	34
รูปที่ 4.1	แผนผังการทดสอบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
ภาคผนวก		
รูปที่ ง.1	รูปภายนอกของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	56
รูปที่ ง.2	รูปภายในห้องการทำงานคั้นน้ำมะนาวของเครื่อง	57
รูปที่ ง.3	ชุดควบคุมอุปกรณ์นิวเมติกส์	58
รูปที่ ง.4	ถาดสำหรับใส่มะนาวด้านบนเครื่อง	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1.1	พื้นที่ปลูกมะนาวของจังหวัดที่นิยมปลูก	7
ตารางที่ 1.2	ผลผลิตมะนาวแยกตามจังหวัดต่างๆในประเทศไทย	7
ตารางที่ 2.1	ขนาด น้ำหนัก และปริมาณน้ำมะนาวเฉลี่ยของมะนาวขนาดต่างๆ	9
ตารางที่ 2.2	คุณค่าทางอาหารของมะนาว	10
ตารางที่ 2.3	การเปรียบเทียบรูปแบบต่างๆของการทำงานโดยใช้เครื่องจักร	12
ตารางที่ 2.4	การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอัดลมแบบลูกสูบชักและลูกสูบหมุน	18
ตารางที่ 3.1	ผลการบีบมะนาว 4 ลักษณะ	21
ตารางที่ 4.1	ตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	38
ตารางที่ 4.2	ตารางบันทึกผลการทดสอบหาอัตราการคั้นน้ำมะนาวของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันประเทศไทยกำลังดำเนินนโยบายทางเศรษฐกิจและการค้าแบบอุตสาหกรรมใหม่ เพื่อพัฒนาการอุตสาหกรรม ให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้ว หรือ ประเทศที่กำลังพัฒนาอื่นๆ แต่เพราะพื้นฐานของประเทศไทย คนไทยประกอบอาชีพเกี่ยวกับเกษตรกรรม ซึ่งได้กระทำมาตั้งแต่โบราณกาล จวบจนถึงปัจจุบัน เพราะฉะนั้นแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมของไทยจึงต้องมีความเกี่ยวเนื่องกับการเกษตรกรรม ซึ่งจะเป็นการใช้วัตถุดิบตามธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศไทยเพื่อประโยชน์ของคนไทย เพื่อการค้าและผลกำไร ในการค้าขายกับประเทศอื่นๆ

มะนาว เป็นผลผลิตการเกษตรที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย (สถิติการเกษตร, 2536) มีพื้นที่ในการเพาะปลูกอยู่แทบจะทุกภาค โดยเฉพาะในภาคกลางถึงภาคใต้ตอนบน นอกจากนำผลมะนาวมาใช้ประโยชน์แล้ว น้ำมะนาว ยังนำมาใช้ในการประกอบอาหาร และการบริโภคอยู่มากประกอบกับสภาพในปัจจุบันความต้องการน้ำมะนาวในทางอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้นแต่วัสดุอุปกรณ์ในการผลิตน้ำมะนาวแต่เดิมยังใช้กันแต่ภายในครัวเรือนเท่านั้นจะมีขนาดเล็กได้น้ำมะนาวน้อยมาก เมื่อต้องการผลิตจำนวนมากๆ ยังสิ้นเปลืองแรงงานคนอีกด้วย จึงได้มีการคิดเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่องขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรม แต่มีราคาค่อนข้างแพงมาก ซึ่งยังไม่เหมาะในอุตสาหกรรมขนาดเล็กเท่าใดนัก

โครงงาน "เครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง" จัดทำขึ้นมาเพื่อศึกษาและทดลองผลิตเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง ให้มีประสิทธิภาพ โดยจะให้ได้น้ำมะนาวทั้งปริมาณและคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ โดยมุ่งเน้นให้สามารถผลิตได้ในราคาต้นทุนการผลิตต่ำ เพื่อความเหมาะสมต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคมการเกษตรกรรมของประเทศไทย

1.2 แหล่งที่เพาะปลูกและการจำหน่ายในประเทศไทย

จากสถิติการเกษตร, 2536 มะนาวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่ปลูกมากในพื้นที่แถบภาคกลางของไทย โดยเฉพาะที่จังหวัดเพชรบุรี คิดเป็น 24,058 ไร่ พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตมะนาวในจังหวัดต่างๆ ที่ปลูกมาก แสดงในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 พื้นที่ปลูกมะนาวหลงจังหวัดที่นิยมปลูก

จังหวัด	พท.ปลูก (ไร่)	
1.เพชรบุรี	24,058	ไร่
2 นครศรีธรรมราช	19,051	ไร่
3.นครสวรรค์	4,472	ไร่
4.อุทัยธานี	4,393	ไร่
5.สุราษฎร์ธานี	4,000	ไร่
6.ปราจีนบุรี	3,652	ไร่
7.พิจิตร	3,512	ไร่

ตารางที่ 1.2 ผลผลิตมะนาวแยกตามจังหวัดต่างๆในประเทศไทย

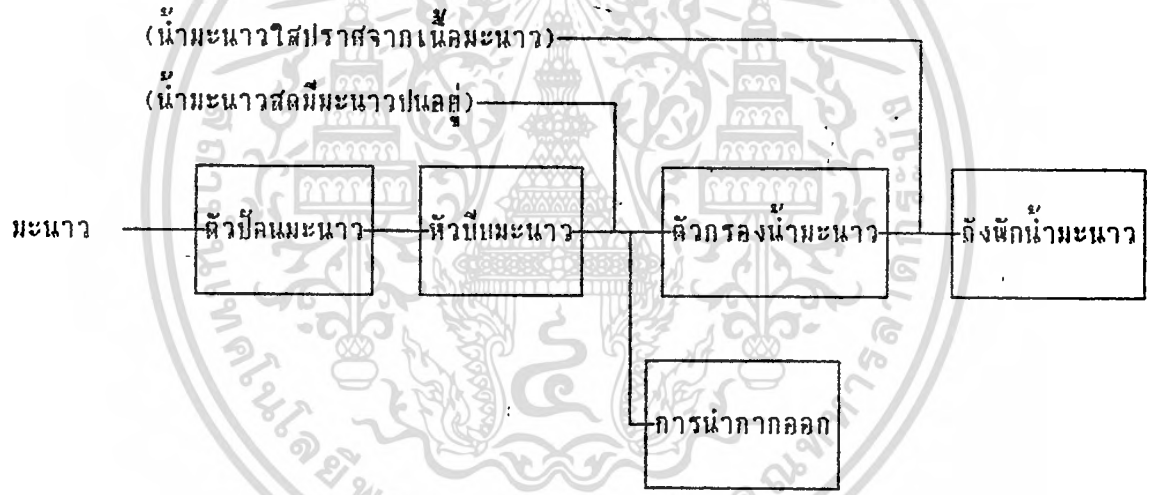
จังหวัด	ผลผลิต	
เพชรบุรี	16,000	ตัน/ไร่
นครศรีธรรมราช	7,600	ตัน/ไร่
ราชบุรี	1,157	ตัน/ไร่
นครสวรรค์	2,147	ตัน/ไร่
นนทบุรี	1,582	ตัน/ไร่
ปราจีนบุรี	2,490	ตัน/ไร่
ระยอง	1,275	ตัน/ไร่
อุทัยธานี	1,910	ตัน/ไร่
สมุทรสาคร	1,424	ตัน/ไร่
กาญจนบุรี	1,699	ตัน/ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

1.4 ขอบเขตโครงการ

ออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง เพื่อคั้นน้ำมะนาวขนาด 3.8-4.0 ซม. (เบอร์ 5) โดยผังการทำงานของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ผังการทำงานของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สมบัติทางกายภาพของมะนาวและน้ำมะนาว

2.1.1 มาตรฐานมะนาวในท้องตลาด

การจำหน่ายมะนาวแบ่งมะนาวเป็น 7 ขนาด คือ เบอร์ 0,1,2,3,4,5,6 ซึ่งเบอร์ 0,6 มีปริมาณน้อยกว่า เบอร์ 1-5 และเบอร์ 6 ผลผลิตจะน้อยมาก ตารางที่1.3 แสดงขนาด น้ำหนัก ปริมาณน้ำมะนาวเฉลี่ยของมะนาวขนาดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงขนาด น้ำหนัก และปริมาณน้ำมะนาวเฉลี่ยของมะนาวขนาดต่างๆ

เบอร์	นน.(กรัม)	ขนาดเส้นผ่าน ศ.ก.(ซม.)	น้ำมะนาว(cc)
0	450	5.0 - 5.5	40.0- 42.0
1	500	4.7 - 5.0	24.5
2	420	4.4 - 4.6	29.0 - 32.5
3	410	4.3 - 4.4	20.5
4	410	4.0 - 4.2	16.5 - 17.5
5	400	3.8 - 4.0	18.5 - 19.5
6	400	3.5 - 3.7	11.5 - 16

หมายเหตุ ผลทดลองมะนาวทดลองโดย กรมวิชาการเกษตร (สถิติการเกษตร ,2536) โดยเก็บตัวอย่างจากมะนาวคละเดือนเมษายน เบอร์0-6 จำนวน 162 ผล ได้น้ำรวม 3,018 cc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034789

2.1.2 คุณค่าทางอาหารของมะนาว

มะนาวขนาดกลาง 1 ผล มีน้ำหนัก 60 กรัม จะมีคุณค่าทางอาหารดังแสดงใน ตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางอาหารของมะนาว 1 ผล

คุณค่าทางอาหาร	ปริมาณ(%)
น้ำ	89.37 %
ใยอาหาร	0.65 %
โปรตีน	0.82 %
ไขมัน	0.89 %
คาร์โบไฮเดรต	7.84 %
แคลเซียม	0.033 %
ฟอสฟอรัส	0.024 %
เหล็ก	0.0006 %
โปรแตสเซียม	0.193 %

ที่มา : สมศักดิ์ วรรณศิริ , 2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบนิวเมติกส์

2.2.1 ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ

ลักษณะเฉพาะที่สำคัญทางนิวเมติกส์สามารถนำมาเปรียบเทียบกับระบบไฮโดรลิกน้ำมันได้ดังต่อไปนี้

(1) โดยทั่วไป วงจรนิวเมติกส์มีค่าความดันระหว่าง 4-7 kgf/cm^2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าความดันที่ใช้ในวงจรไฮดรอลิกดังนั้น จึงเหมาะสำหรับการทำงานแบบเบาๆ

(2) แม้ว่ากำลังทางนิวเมติกส์จะมีประสิทธิผลน้อยกว่ากำลังทางไฮดรอลิก ในเรื่องการควบคุมความเร็วรอบหมุนและการหยุดระหว่างกลาง เนื่องจากสมบัติการอัดตัวได้ง่ายของลม แต่พลังงานนิวเมติกส์สามารถเก็บไว้ได้ในถังเก็บในกรณีของการทำงานแบบเป็นช่วง เราอาจใช้เครื่องอัดอากาศที่มีความจุขนาดเล็กแล้วเก็บพลังนิวเมติกส์ไว้ใช้งานหนักในระยะเวลาอันสั้น

(3) ลมอัดมีความต้านทานในการไหลน้อยจึงสามารถทำงานได้เร็วกว่ากำลังในระบบไฮดรอลิก

(4) พลังงานในระบบนิวเมติกส์จะถูกส่งผ่านท่อเพื่อขับให้กลไกทำงาน ที่ความเร็วที่ต้องการได้อย่างอิสระโดยเครื่องควบคุมความเร็วและที่แรงขับเคลื่อนที่ต้องการ โดยวาล์วควบคุมความดัน

(5) ระบบไฮดรอลิกมักมีการรั่วไหลของน้ำมัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดไฟไหม้ และ/หรือ ทำให้เกิดความสกปรกขึ้น ในขณะที่ในระบบลมอัดไม่มีปัญหาดังกล่าวเกิดขึ้น ถ้าวงจรถูกสร้างขึ้นอย่างถูกต้อง

(6) ในโรงงานส่วนใหญ่อากาศอัดถูกนำมาใช้ประโยชน์สำหรับงานอื่นอยู่แล้ว แต่สำหรับระบบไฮดรอลิกนั้นจำเป็นต้องติดตั้งปั๊มและวางท่อส่งต่างๆ ดังนั้นจึงต้องการค้านท่อส่งจำนวนมาก

(7) ระบบไฮดรอลิกมีขอบเขตอุณหภูมิการทำงานที่ต่ำคือ ระหว่าง 60-70 เซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับระบบอัดแล้ว ระบบอัดมีความสามารถในการใช้งานโดยอุณหภูมิที่สูงถึง 160 เซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกอุปกรณ์การทำงานที่เหมาะสม

ความแตกต่างที่แสดงให้เห็นต่อไปนี้เกิดจากความแตกต่างด้านสมบัติระหว่างอากาศและของเหลว การเปรียบเทียบกับระบบกลไก และไฟฟ้า/อิเลกทรอนิกส์ด้วย ดังสรุปรายละเอียดไว้ในตาราง 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบรูปแบบต่างๆ ของการทำงานโดยใช้เครื่องจักร

รายละเอียดของระบบ		ระบบการทำงาน			
		กลไก	ไฟฟ้า/อิเล็คฯ	ไฮดรอลิก	นิวเมติกส์
ระบบขับเคลื่อน	การเคลื่อนที่แบบเส้นตรง	ง่าย	ยาก	ง่าย	ง่าย
	การเคลื่อนที่แบบหมุน	ง่าย	ง่าย	ค่อนข้างยาก	ค่อนข้างยาก
	กำลังขับ	ขนาดเล็ก-ใหญ่	ขนาดเล็ก-ใหญ่	กลาง-เล็กมาก	เล็ก-กลาง
	การปรับกำลังขับ	ยาก	ยาก	ง่าย	ง่าย
	ความเร็วที่ขับได้	ต่ำ-สูง	กลาง-สูง	ต่ำ-กลาง	ต่ำ-สูง
	ความคงที่ของความเร็ว	ดีมาก	ดี	ดี	ไม่คงที่ที่ความเร็วต่ำ
	โครงสร้าง	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ง่าย
	การรับภาระเกินพิกัด	ค่อนข้างยาก	ยาก	ค่อนข้างง่าย	ง่าย
	การลดขนาด	ดีมาก	ดีมาก	ดี	ดี แต่ขึ้นอยู่กับภาระ

ที่มา: สุรินทร์ พงศ์สุภสมิทธิ์ , 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

รายละเอียดของระบบ		ระบบการทำงาน			
		กลไก	ไฟฟ้า/อิเล็คฯ	ไฮดรอลิก	นิวเมติกส์
ระบบขับเคลื่อน	อิสระในการติดตั้ง	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากๆ
	มาตรการป้องกันเวลาไฟฟ้าดับ	เป็นไปได้เล็กน้อย	ยาก	เป็นไปได้	เป็นไปได้
	การบำรุงรักษา	ง่าย	ต้องใช้เทคโนโลยี	ค่อนข้างง่าย	ง่าย
ระบบการควบคุม	การแปลงสัญญาณ	ยาก	ง่ายมาก	ค่อนข้างยาก	ง่าย
	ความหลากหลายในการคำนวณ	น้อย	มาก	น้อย	ปานกลาง
	ความเร็วในการคำนวณ	สูง	สูงมาก	ปานกลาง	ปานกลาง
	รูปแบบการคำนวณ	อะนาลอก (ดิจิตอล)	ดิจิตอล/อะนาลอก	อะนาลอก	ดิจิตอล (อะนาลอก)
	ทนต่อการระเบิด	ดี	ต้องลาสัดวิธีแก้ไขพิเศษ	ดี	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

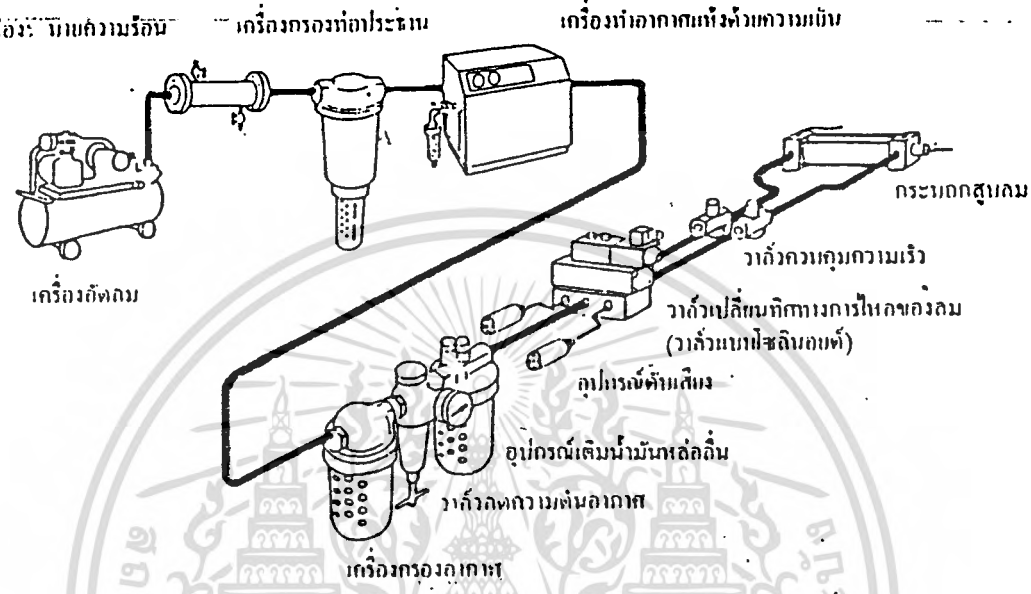
ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

รายละเอียดของระบบ		ระบบการทำงาน			
		กลไก	ไฟฟ้า/อิเล็คฯ	ไฮดรอลิก	นิวเมติกส์
ระบบการควบคุม	ผลกระทบจากอุณหภูมิ	น้อย	มาก	ปานกลาง	น้อย
	ผลกระทบจากความชื้น	น้อย	มาก	น้อย	ต้องระบายน้ำทิ้ง
	ความทนทานต่อการสั่นสะเทือน	ธรรมดา	ไม่ดี	ธรรมดา	ธรรมดา
	อิสระในการควบคุม	เล็กน้อย	มาก	เล็กน้อย	มาก
	ความหลากหลายของสัญญาณวัด	เล็กน้อย	มาก	เล็กน้อย	ปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 โครงสร้างของระบบนิวเมติกส์

ระบบนิวเมติกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ซึ่งให้กำเนิด ควบคุมและส่งผ่านลมอัด ระบบนิวเมติกส์ มีอุปกรณ์หลัก 5-6 ชนิด ดังตัวอย่างหนึ่งที่ยกให้เห็นต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์ในระบบนิวเมติกส์

(1) เครื่องอัดลม

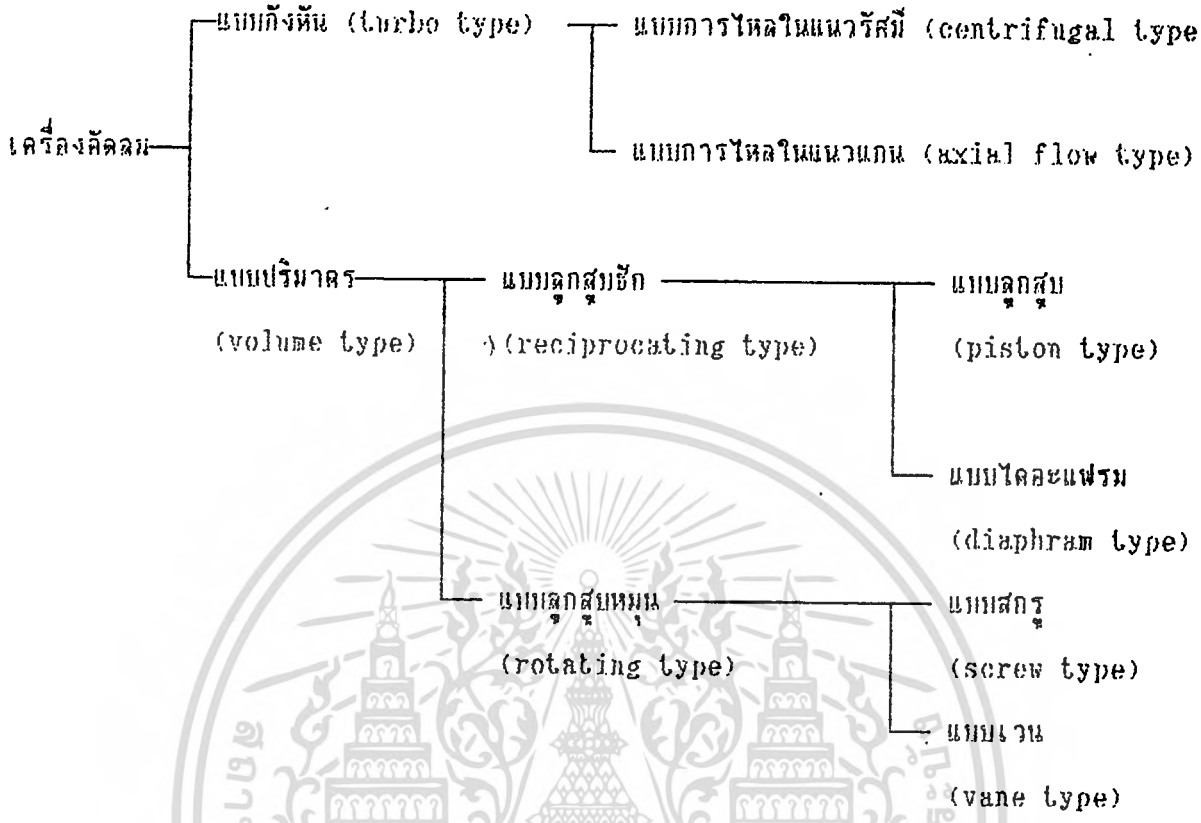
เครื่องอัดลมทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตพลังงานทางนิวเมติกส์โดยเพิ่มความดันให้อากาศ เครื่องอัดลมจะใช้พลังงานไฟฟ้าในการหมุนมอเตอร์ที่ใช้อัดลม เครื่องอัดลมถูกออกแบบขึ้นเพื่อทำการอัดลมจนความดันบรรยากาศให้ได้ 1 kgf/cm^2 หรือมากกว่านั้น เครื่องอัดลมที่ให้ค่าความดันอากาศน้อยกว่า 1 kgf/cm^2 แต่มากกว่า 0.1 kgf/cm^2 เรียกว่า "โบลเวอร์" (blower) ส่วนเครื่องอัดลมที่ให้ค่าความดันอากาศน้อยกว่า 0.1 kgf/cm^2 นั้น เรียกว่า "พัดลม" (fan) โดยทั่วไประบบนิวเมติกส์จะใช้เครื่องอัดลม

ประเภทของเครื่องอัดลม

เครื่องอัดลมอาจจำแนกตามหลักการอัดอากาศและโครงสร้างได้ ดังแสดงในรูป 1-3

เครื่องอัดลมแบบกังหัน (turbo type) จะให้พลังงานทางนิวเมติกส์โดยการหมุนกลองใบพัด ส่วนเครื่องอัดลมแบบปริมาตร (volume type) นั้นจะทำการอัดลมภายในภาชนะปิด ซึ่งยังแบ่งเป็นแบบลูกสูบสึก (reciprocating type) และแบบลูกสูบหมุน (rotary type) เครื่องอัดลมแบบปริมาตรมีใช้กันอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



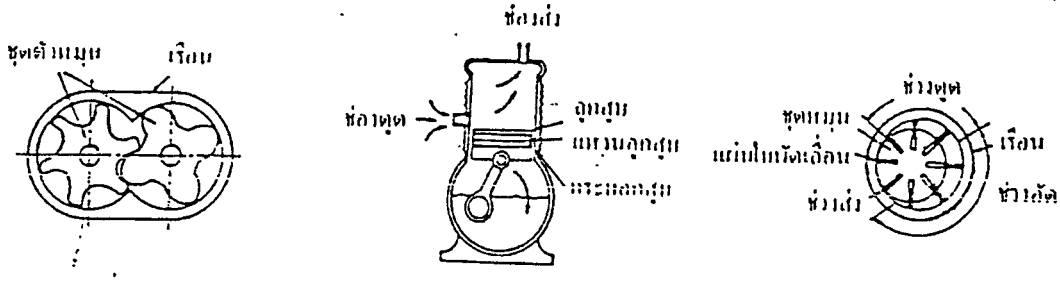
รูปที่ 2.2 การแบ่งประเภทของเครื่องอัดลม

นอกจากนี้ เครื่องอัดลมยังสามารถจำแนกได้ตามกำลังที่ส่งออกมา ดังนี้คือ เครื่องอัดลมที่กำลังอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 14 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดเล็ก) ระหว่าง 15 ถึง 75 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดกลาง) และมากกว่า 75 กิโลวัตต์ (จัดเป็นขนาดใหญ่)

อีกประการหนึ่ง เครื่องอัดลมที่มีความดันจ่ายออกอยู่ระหว่าง .7 ถึง 8 kgf/cm^2 จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันต่ำ ถ้าระหว่าง 10 ถึง 15 kgf/cm^2 จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันกลาง ถ้ามากกว่า 15 kgf/cm^2 จัดเป็นเครื่องอัดลมประเภทที่ให้ความดันสูง

จำนวนจังหวะการอัดลมจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของเครื่องอัดลม เครื่องอัดลมแบบอัด 1 ชั้น (จังหวะอัดเป็นหนึ่ง) มีขีดจำกัดของความดันอากาศสูงสุดเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในการอัดลม ในกรณีที่ต้องการความดันอากาศสูงจะต้องใช้เครื่องอัดลมแบบหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดตำแหน่งที่อยู่ในเรือน จะหมุนเยื้องศูนย์ (แบบสกรู)

ลูกสูบในกระบอกสูบ จะเคลื่อนที่ซ้ำๆ (แบบลูกสูบหัก)

แผ่นใบพัดเลื่อนที่อยู่ในชุดตำแหน่งจะหมุนเยื้องศูนย์ (แบบเวน)

รูปที่ 2.3 เครื่องอัดลมแบบต่างๆ

(ก) เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชัก

จากรูปที่ 2.3 เครื่องอัดลมแบบลูกสูบชักถูกสร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศเข้ามาในกระบอกสูบโดยลูกสูบ แล้วทำการอัดอากาศเพื่อทำการส่งต่อไป โดยทั่วไป เครื่องอัดลมประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ แบบมีการหล่อลื่น ซึ่งใช้น้ำมันสำหรับการหล่อลื่นบริเวณกระบอกสูบและลูกสูบ และแบบไม่มีการหล่อลื่นซึ่งมีรูปแบบของแผ่นไดอะแฟรม

(ข) เครื่องอัดลมแบบสกรู

จากรูปที่ 2.3 เครื่องอัดลมแบบสกรูถูกสร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศเข้ามาในช่องว่างภายในตัวเรือนและทำการอัดอากาศโดยชุดตัวหมุน (rotor) ที่มีลักษณะเป็นเกลียวสกรู

(ค) เครื่องอัดลมแบบเวน

จากรูปที่ 2.3 เครื่องอัดลมแบบเวนเป็นเครื่องอัดลมที่มีแผ่นใบพัดเลื่อน เครื่องอัดลมประเภทนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อดูดอากาศเข้ามาในช่องว่างซึ่งถูกปิดโดยชุดตัวหมุนและมีแผ่นใบพัดเคลื่อนที่ไปตามร่องภายในชุดตัวหมุนและตัวเรือน อากาศจะถูกอัดโดยการหมุนของชุดตัวหมุน โดยปกติเครื่องอัดลมประเภทนี้จะใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อระบายความร้อน และช่วยอุดช่องว่างระหว่างใบพัดเคลื่อนและร่องชุดตัวหมุน

เป็นที่น่าสังเกตว่าถังเก็บลมจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เกจ์วัดความดัน (pressure gauge) วาล์วนิรภัย (safety valve) และสวิทช์ความดัน (pressure switch) ดังนั้นถังเก็บลมจะเป็นไปตามมาตรฐานต่างๆ เหมือนกับภาชนะทนความดัน

ตารางที่ 2.4 ได้เปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องอัดแบบลูกสูบชักและแบบลูกสูบหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องอัดแบบลูกสูบเสียกและแบบลูกสูบหมุน

	แบบลูกสูบเสียก	แบบลูกสูบหมุน
การสั่นสะเทือน	ค่อนข้างมากเพราะว่าการเคลื่อนที่ของลูกสูบเนื่องจากการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง	น้อย(ทั้งแบบสกรูและแบบเวน)
เสียง	ดังจากวาล์วทางลมออก	เงียบกว่าแบบลูกสูบชัก
ความยืดของจังหวะ	ค่อนข้างน้อย จึงจำเป็นต้องมีถังหันลม	ค่อนข้างมาก จึงไม่จำเป็นต้องมีถังหันลม ถ้าอัตราการใช้ลมสม่ำเสมอ
ความดันลมจ่ายออก	ทำงานได้เหมาะสมทั้งความดันต่ำ/กลาง และสูง การอัดแบบหลายชั้นก็ทำได้ง่าย	ไม่เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องใช้ความดันสูง

(2) ถังเก็บลม (air tanks) หรือ ถังพักลมอัด (air receivers)

ถังเก็บลมใช้กักลมที่ถูกอัดตัวไว้ และส่วนใหญ่มักจะติดตั้งที่ทางลมออกของเครื่องอัดลม ในรูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของถังเก็บลมซึ่งประกอบรวมกับเครื่องอัดลม

ถังเก็บลมทำหน้าที่ดังต่อไปนี้

(ก) ทำให้ความดันอากาศที่จ่ายออกจากเครื่องอัดลมมีค่าสม่ำเสมอ

(ข) ป้องกันการลดลงของความดันอากาศอย่างรวดเร็วเมื่ออากาศถูกนำไปใช้ในปริมาณมากภายในช่วงระยะเวลาสั้นๆ

(ค) ให้ความดันอากาศได้ในช่วงเวลาหนึ่งในกรณีฉุกเฉิน เช่น การหยุดทำงานของเครื่องอัดอากาศเนื่องจากไฟฟ้าดับ

(ง) ทำการแยกน้ำจากอากาศที่ถูกอัดโดยการทำให้ลมอัดเย็นลง ด้วยอากาศที่อยู่รอบๆ ถังเก็บลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เครื่องระบายความร้อน (Aftercoolers)

เครื่องระบายความร้อนมักจะติดตั้งคู่กับเครื่องอัดลมเพื่อทำลมอัดให้เย็นลง และกำจัดไอร้อนจำนวนมากที่ผสมคู่รวมกับลมอัด เพราะถ้าไอน้ำเหล่านี้กลั่นตัวเป็นหยดน้ำในอุปกรณ์ทางนิวเมติกส์ก็จะเกิดการกัดกร่อนหรือความเสียหายได้ เครื่องระบายความร้อนแบ่งได้เป็นแบบใช้น้ำหล่อเย็นและแบบใช้ลมเป่าระบายความร้อน เครื่องระบายความร้อนทั้งสองแบบนี้ควรลดอุณหภูมิของลมอัดให้เหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส

เครื่องระบายความร้อนแบบใช้ลมเป่าจะใช้ครีบระบายความร้อนซึ่งติดตั้งที่ท่อจ่ายลมอัด และใช้พัดลมเป่าลมระบายความร้อนจะพัดผ่านครีบเหล่านี้ ครีบเหล่านี้จะถูกติดตั้งห่างจากฝาผนังและโครงสร้างอื่น ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่ามีการระบายอากาศที่ดี ส่วนเครื่องระบายความร้อนแบบใช้น้ำหล่อเย็นจะใช้น้ำไหลหมุนเวียนในท่อเพื่อระบายความร้อนภายในภาชนะที่ลมอัดไหลผ่าน

(4) เครื่องกรองอากาศในท่อประธาน (Main line air filter)

เครื่องกรองอากาศท่อประธานจะกำจัดฝุ่นละออง น้ำ และคราบน้ำมันที่ปะปนมากับลมอัด

(5) เครื่องทำอากาศแห้งด้วยความเย็น (Refrigerated air dryers)

ลมที่ถูกอัดจะมีไอน้ำปะปนมาด้วย เมื่ออุณหภูมิของไอน้ำลดลงถึงระดับอุณหภูมิห้องที่ตลนปลายท่อไอน้ำก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งบางครั้งจะไหลหยดออกทางช่องระบายบริเวณโซลินอยด์วาล์ว ดังนั้นเครื่องทำอากาศแห้งด้วยความเย็นนี้จะทำให้ลมอัดเย็นลงและจะควบแน่นไอน้ำที่ปะปนมากับลมอัดให้กลายเป็นหยดน้ำ ซึ่งหยดน้ำจะถูกแยกออกและลมแห้งเท่านั้นที่ไหลผ่านออกไป (จุดน้ำค้างของอากาศ -คือ--22 องศาเซลเซียส) ดังนั้นจึงกำจัดการเกิดหยดน้ำภายในท่อ

(6) เครื่องกรองอากาศ (Air filter)

เครื่องกรองอากาศจะกำจัดฝุ่นละออง สนิมภายในท่อ เพื่อป้องกันความเสียหายต่ออุปกรณ์ ถ้าติดตั้งเครื่องกรองอากาศในท่อลมอัดโดยที่ไม่มีเครื่องทำอากาศแห้งด้วยความเย็น เครื่องกรองอากาศจะช่วยกรองน้ำ (หยดน้ำ) ฝุ่นละออง และสนิม ภายในท่อ

(7) วาล์วลดความดันอากาศ (Air pressure reducing valves)

โดยปกติ ลมอัดที่เกิดจากเครื่องอัดลมจะมีค่าความดันค่าหนึ่งซึ่งจะมีค่าสูงกว่าความดันที่ต้องการใช้งานเล็กน้อย ดังนั้น วาล์วลดความดันอากาศจะทำหน้าที่ลดความดันอากาศให้อยู่ในระดับที่ต้องการและรักษาระดับให้คงที่ในการใช้งาน

(8) เครื่องเติมน้ำมันหล่อลื่น (Air lubicator)

อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่นปนไปกับการไหลของลมอัดเพื่อช่วยให้อุปกรณ์ทำงานเป็นไปอย่างราบรื่นและช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(9) ตัวดับเสียง (Air silencer)

เมื่อถูกใช้งานแล้ว ลมอัดจะมีเสียงดังเมื่อทิ้งออกที่รูระบาย ดังนั้น ตัวดับเสียงจะช่วยลดเสียงที่เกิดขึ้น

(10) โซลินอยด์วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหลของลม (Air flow change solenoid valve)

วาล์วชนิดนี้จะเปลี่ยนทิศทางการไหลของลมอัดโดยการเปิด-ปิดวาล์วให้สัมพันธ์กับสัญญาณไฟฟ้า วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหลของลมในรูป 2.1

(11) วาล์วควบคุมความเร็ว (Speed control valve)

วาล์วนี้จะควบคุมความเร็วของก้านสูบภายในกระบอกสูบ โดยการปรับปริมาตรการไหลของลมอัด

(12) กระบอกสูบ (Air cylinder)

กระบอกสูบจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานลมอัดไปใช้ประโยชน์เป็นแรงและในการเคลื่อนที่ โดยปกติกระบอกสูบส่วนใหญ่จะเป็นชนิดทำงานได้สองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการออกแบบและสร้าง

3.1 การทดสอบการบีบมะนาวเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น

เพื่อให้การออกแบบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่องสามารถคั้นน้ำมะนาวได้ทั้งปริมาณและ คุณภาพที่กำหนดไว้ โดยสามารถคั้นน้ำมะนาวโดยมีการสูญเสียน้อยที่สุด จึงได้ทดสอบการบีบมะนาวโดยใช้ Universal Testing Machine โดยให้มะนาวรับแรงกดจากแผ่นพลาสติกแบน และจัดให้มีตัวอย่างของมะนาวที่จะบีบ 4 ลักษณะ ดังนี้

1. มะนาวปกติ
2. เจาะแกนกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 ซม.
3. เจาะแกนกลางและกรีดผิวด้านข้าง 8 เส้น ห่างเท่าๆกัน
4. กรีดผิวด้านข้าง 8 เส้นเท่านั้น

ในการทดสอบโดยใช้แรงกดเท่ากับ 12 kgf ซึ่งผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการบีบมะนาว 4 ลักษณะ

ลักษณะของมะนาว	ปริมาณน้ำมะนาว	รสขม	ลักษณะเปลือก
1	ค่อนข้างน้อย	ขมน้อย	น้ำมะนาวออกทุกทิศทาง
2	น้อย	ขมน้อย	น้ำมะนาวออกตามรูเจาะ
3	มาก	ไม่ขม	ค่อนข้างเละและน้ำออกทั้งรูเจาะและรอยกรีด
4	มาก	ไม่ขม	น้ำมะนาวออกตามรอยกรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบทำให้ตัดสินได้ว่า การบีบหนีบนาวในลักษณะที่ 4 ให้ผลที่ดีกว่าแบบอื่นซึ่งทำให้ลักษณะการลอกแบบของหัวบีบง่ายขึ้นด้วย

3.2 ขั้นตอนการลอกแบบวงจรการทำงานแบบต่อเนื่องในระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 1 เลือกชนิดของกระบอกลูกสูบ

ใช้กระบอกลูกสูบทำงานสองทาง (Double acting cylinder) เพราะต้องการระยะชัก 10 เซนติเมตร และเป็นกระบอกสูบชนิดที่มีแม่เหล็กถาวรอยู่ภายใน

ขั้นตอนที่ 2 เลือกขนาดของกระบอกสูบ

จาก

$$P = F/A \quad ; A = \pi D^2/4$$

ดังนั้น

$$D = \sqrt{4F/\pi P}$$

P = แรงดันของระบบ

F = แรงที่กระบอกสูบกระทำกับงาน (Safety factor 20 %)

กำหนดใช้

$$P = 2 \text{ บาร์}$$

$$= 2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

จากการทดลอง

$$F = 12 \text{ kg}_f$$

$$= 1.2 \times 12 \times 10 \text{ N}$$

$$= 144 \text{ N}$$

ดังนั้น

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 144}{3.14 \times 2 \times 10^5 \times 10^{-3}}} \text{ มิลลิเมตร}$$

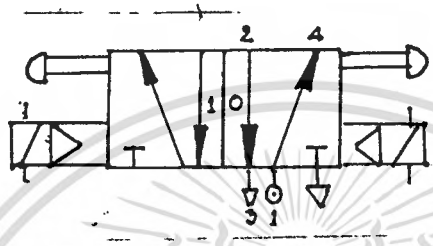
$$= 32 \text{ มิลลิเมตร}$$

น่าค่า D ที่ได้ไปเลือกขนาดมาตรฐานของกระบอกสูบที่ภายในห้องคลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 เลือกชนิดของเมนวาล์ว

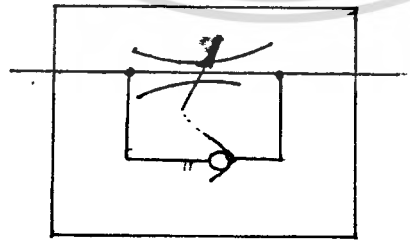
ใช้วาล์ว 5/2 เลื่อนด้วยโซลีนอยด์ทั้งสองด้าน เพราะใช้กระบอกสูบทำงาน และทำงานค้างตำแหน่ง



รูปที่ 3.1 5/2 D.C. Valve

ขั้นตอนที่ 4 เลือกอุปกรณ์ควบคุมความเร็ว

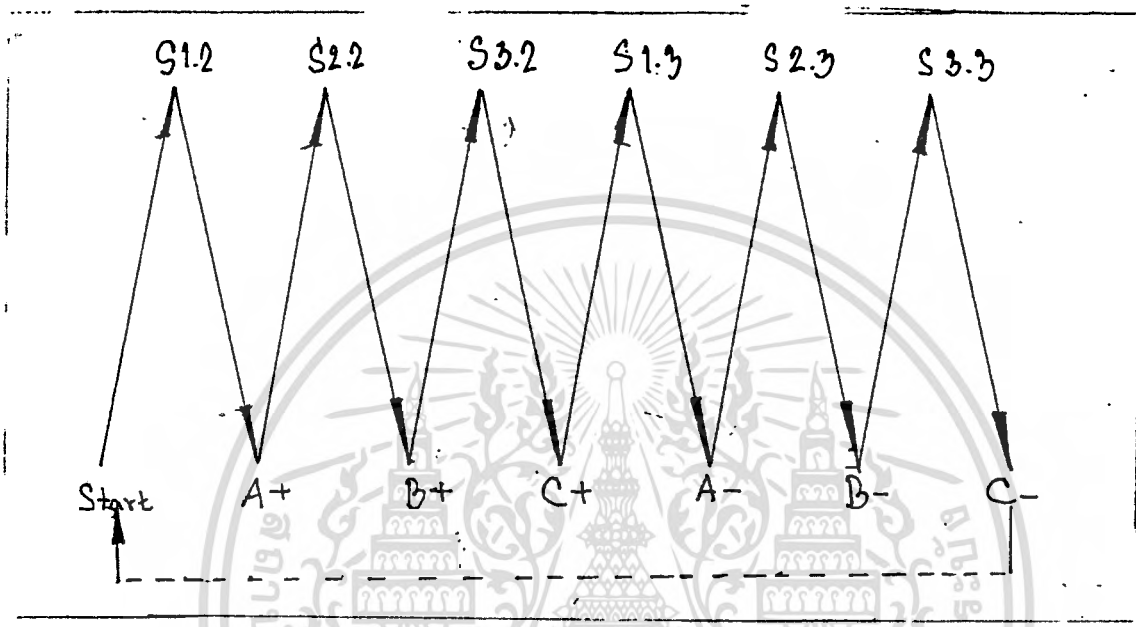
การเคลื่อนที่ของกระบอกสูบต้องการให้มีการปรับค่าความเร็วให้ช้าได้ โดยใช้วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว (One way flow control val สำหรับการเคลื่อนที่ออก ดังสัญลักษณ์ในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมการไหลทางเดียว

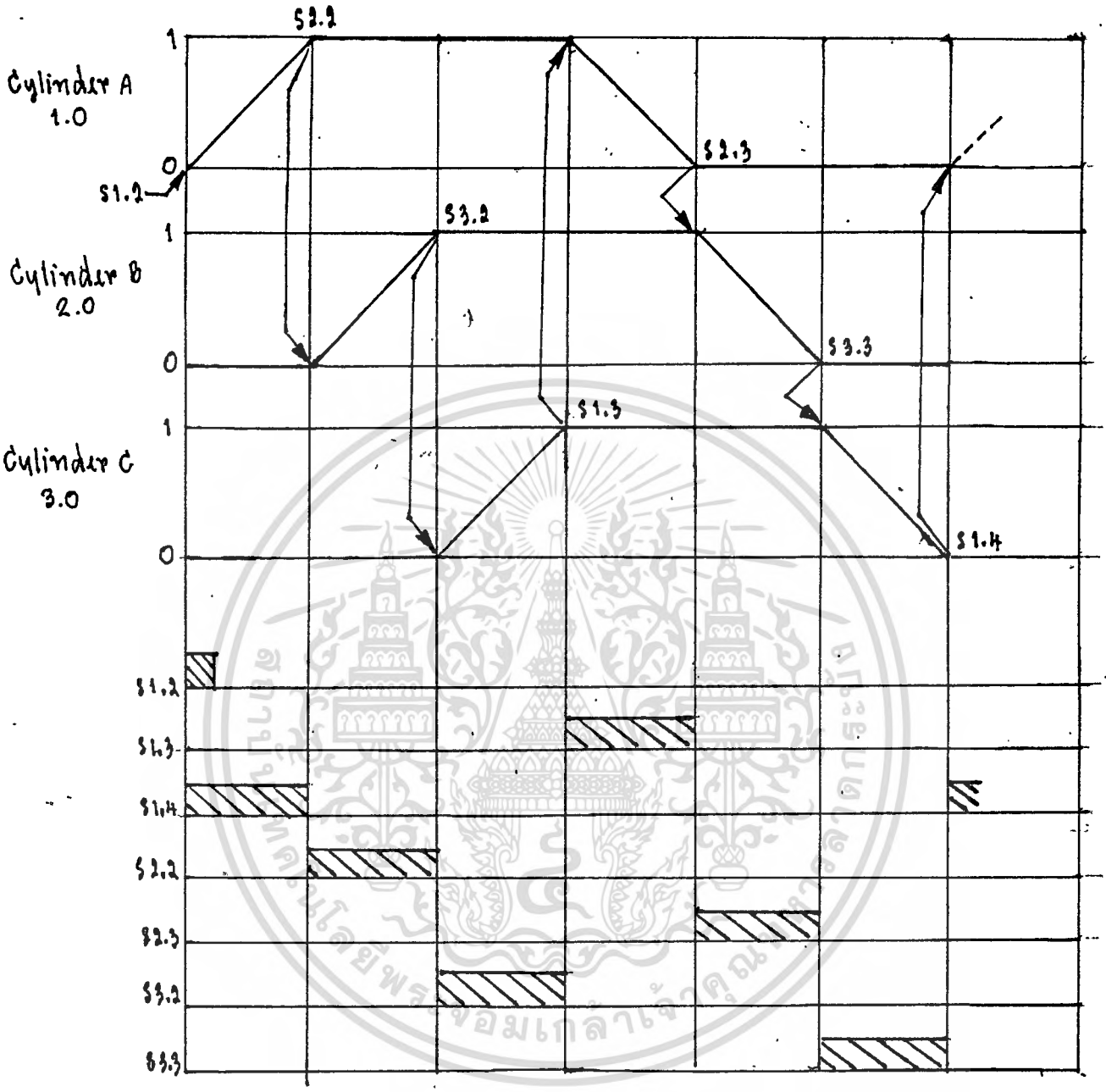
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 เขียน Alpharbetic with signal flow diagram and step motion diagram



รูปที่ 3.3 Alpharbetic with signal flow diagram

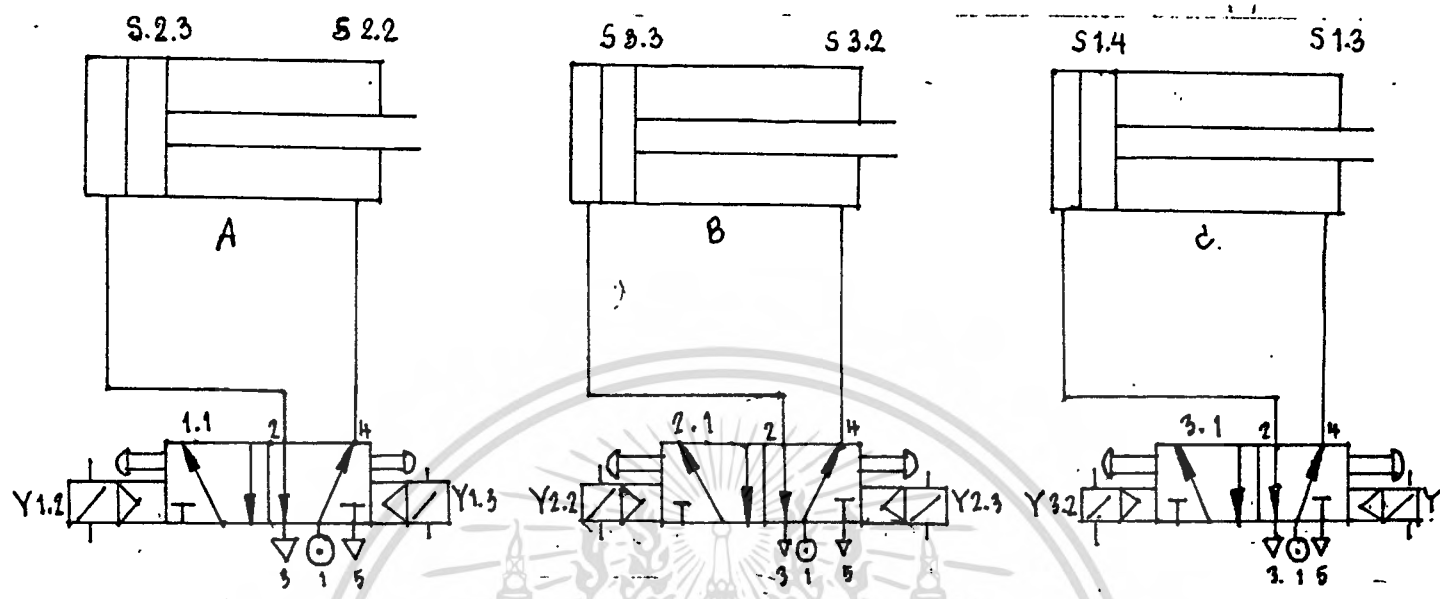
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Step motion diagram

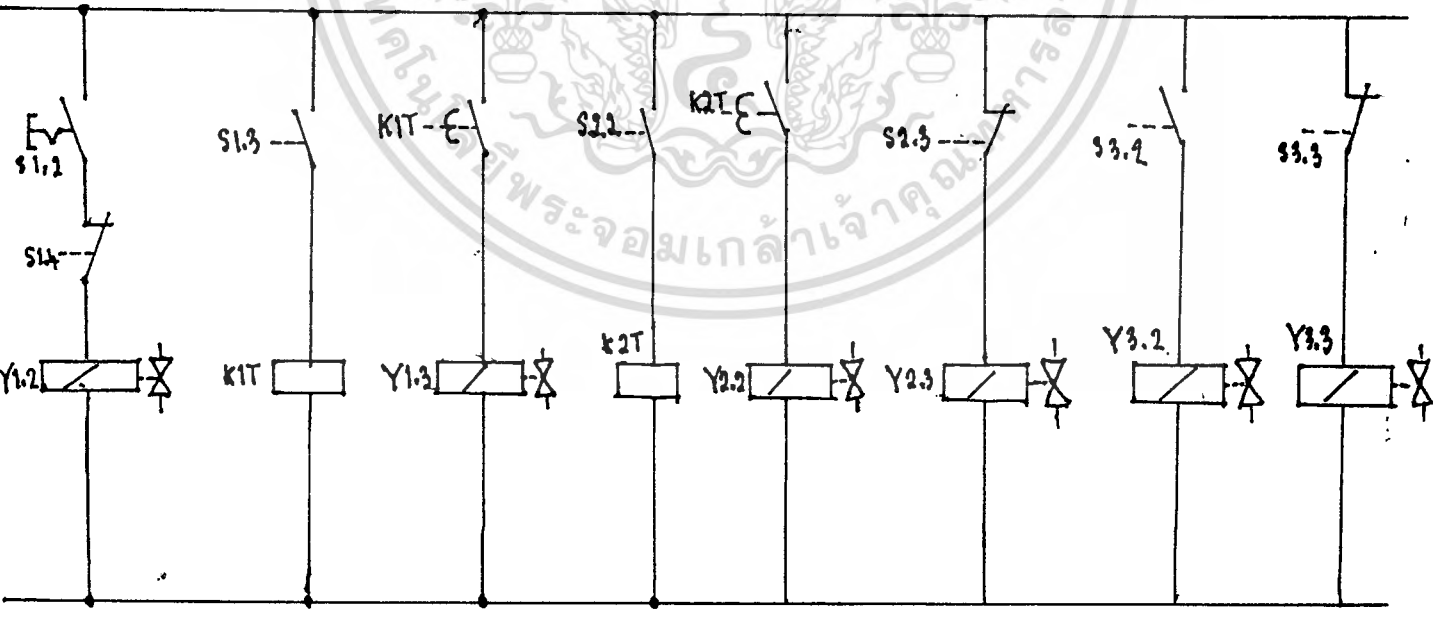
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 6 เขียนวงจรกำลังและกำหนดตำแหน่งของสวิทช์ โดยดูจาก step motion-diagram



รูปที่ 3.5 วงจรกำลังและตำแหน่งสวิทช์

ขั้นตอนที่ 7 เขียนวงจรควบคุม



รูปที่ 3.6 วงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 8 เงื่อนไขพิเศษ

ใส่สวิทช์ S 1.4 เพิ่มเติมเพื่อป้องกันให้การทำงานครบกระบวนการก่อน

ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบการทำงานของวงจร

ตรวจสอบจากวงจรควบคุม, วงจรกำลังร่วมกันและต่อวงจรจากอุปกรณ์จริง

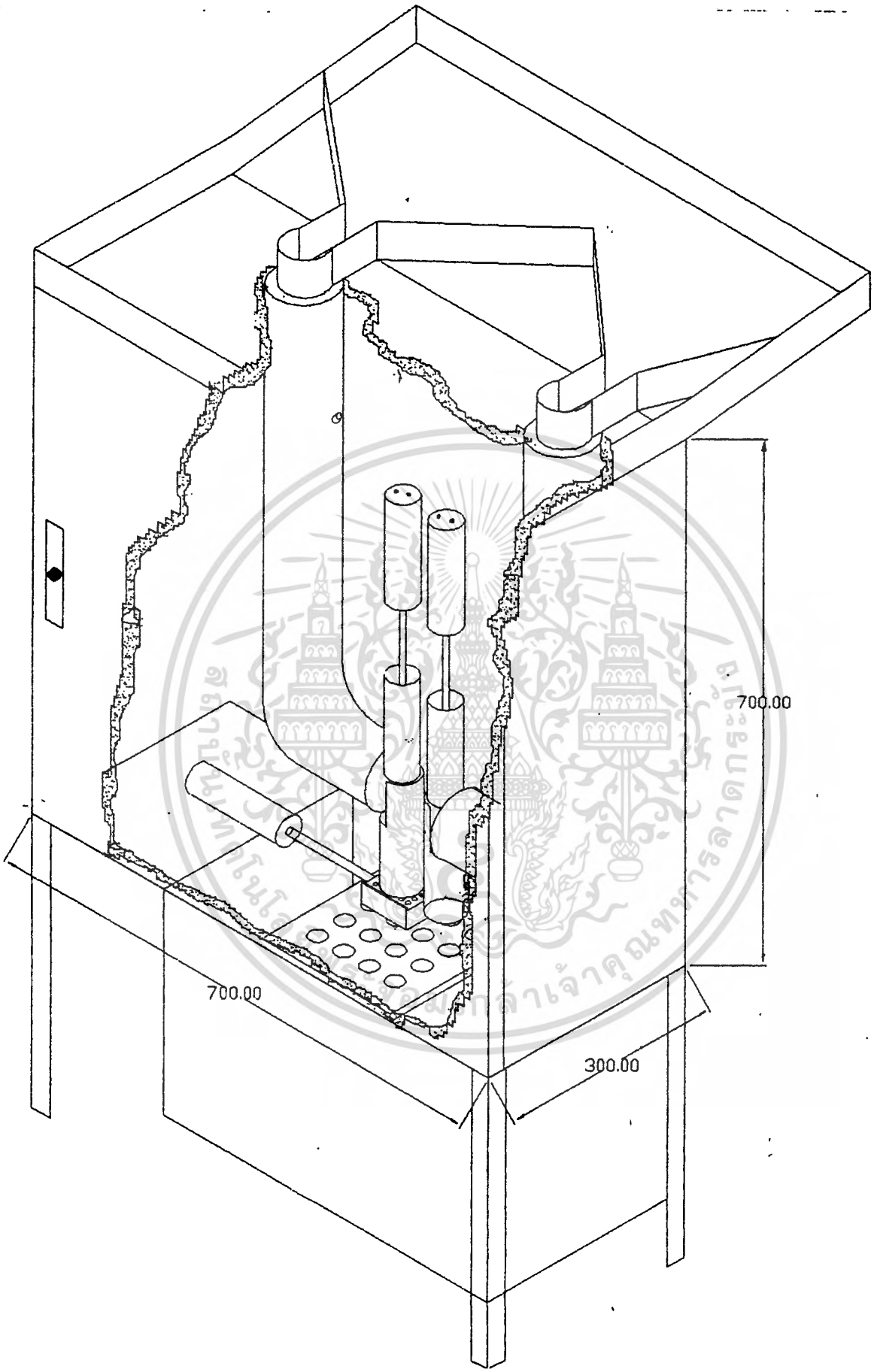
<u>คำอธิบายอุปกรณ์</u>

1.0,2.0,3.0	:	*กระบอกสูบแม่เหล็กทำงานสองทางใช้ควบคุมการบีบและรับ*
1.1,2.1,3.1	:	*วาล์ว 5/2 เลื่อนด้วยโซลีนอยด์ทั้งสองด้าน*
S1.2	:	*สวิทช์ล็อคตำแหน่งควบคุมกระบอกสูบ 1.0 เคลื่อนที่ออก*
S1.3	:	*หรีดสวิทช์ควบคุมกระบอกสูบ 1.0 เคลื่อนที่เข้า*
S2.2	:	*หรีดสวิทช์ควบคุมกระบอกสูบ 2.0 เคลื่อนที่ออก*
S2.3	:	*หรีดสวิทช์ควบคุมกระบอกสูบ 2.0 เคลื่อนที่เข้า*
S3.2	:	*หรีดสวิทช์ควบคุมกระบอกสูบ 3.0 เคลื่อนที่ออก*
S3.3	:	*หรีดสวิทช์ควบคุมกระบอกสูบ 3.0 เคลื่อนที่เข้า*
S1.4	:	*หรีดสวิทช์ควบคุมการทำงานให้ครบวงจรการทำงานจึงจะส ให้เครื่องจักรทำงานได้อีก*
K1T	:	*ตัวตั้งเวลาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเมื่อถึงเวลาก จะทำให้กระบอกสูบ 2.0 เคลื่อนที่ออก*
K2T	:	*ตัวตั้งเวลาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรเมื่อถึงเวลาก จะทำให้กระบอกสูบ 1.0 เคลื่อนที่เข้า*

3.3 แบบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

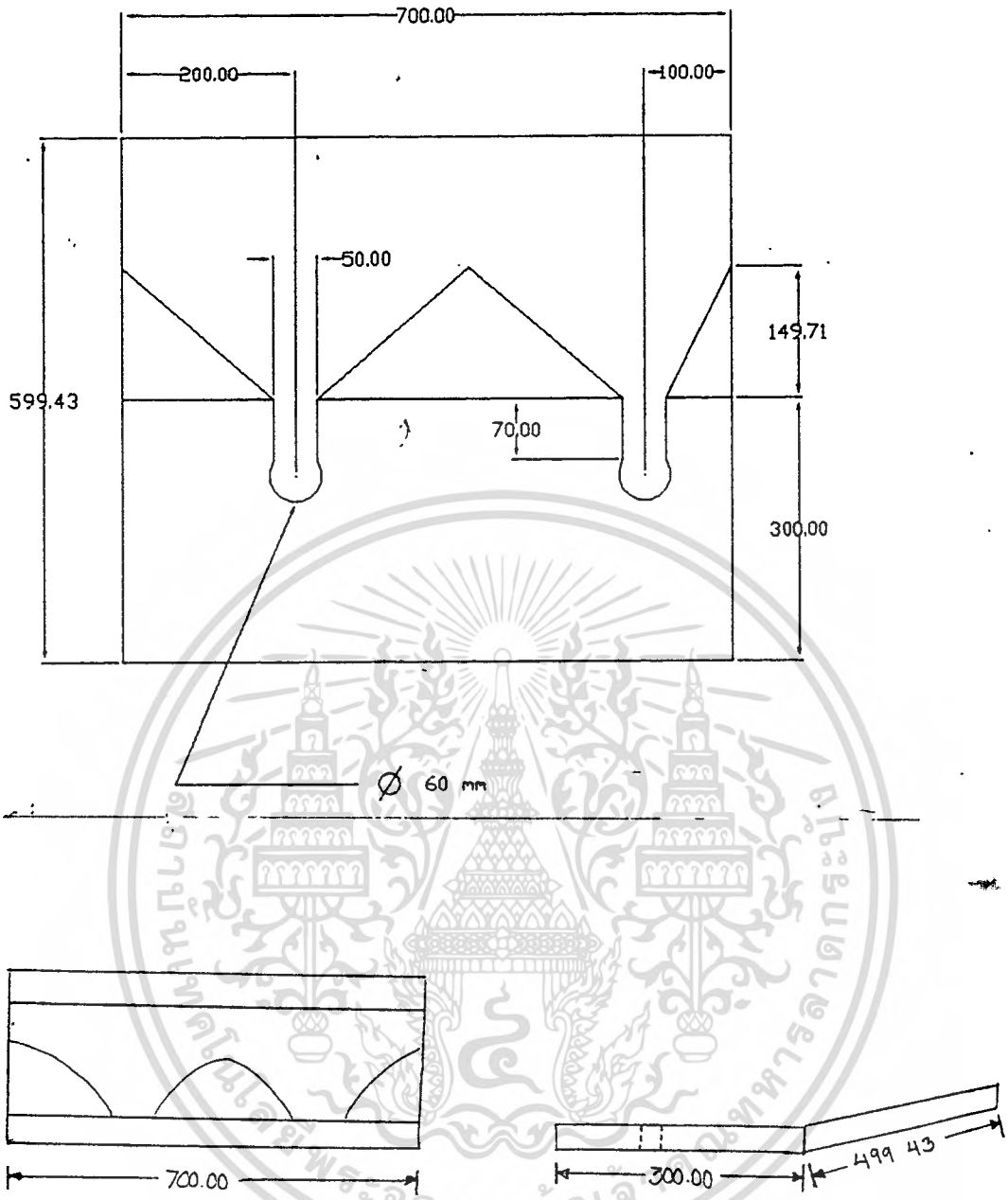
แบบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่องดังแสดงในรูปที่ 3.7-3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



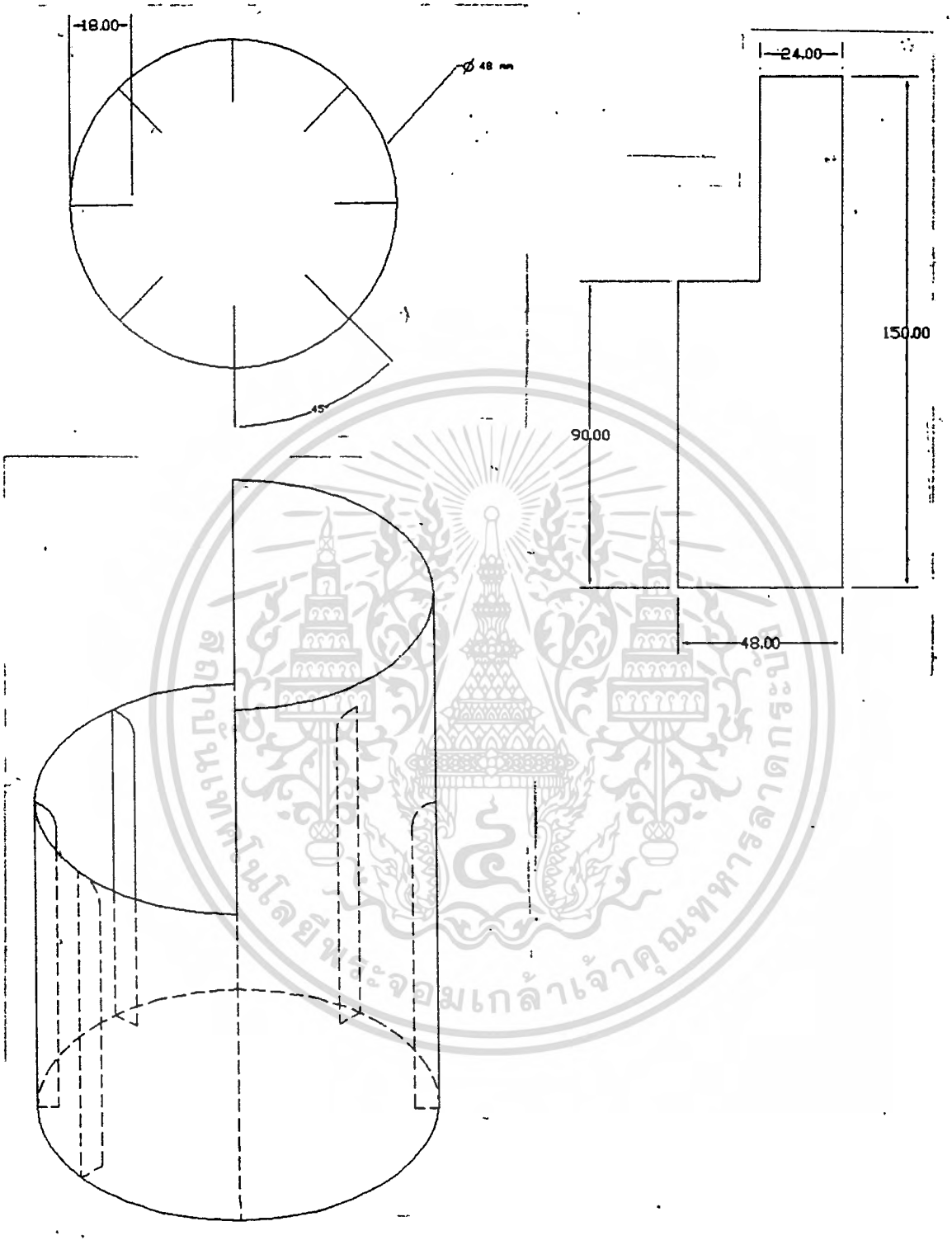
รูปที่ 3.7 ลักษณะเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



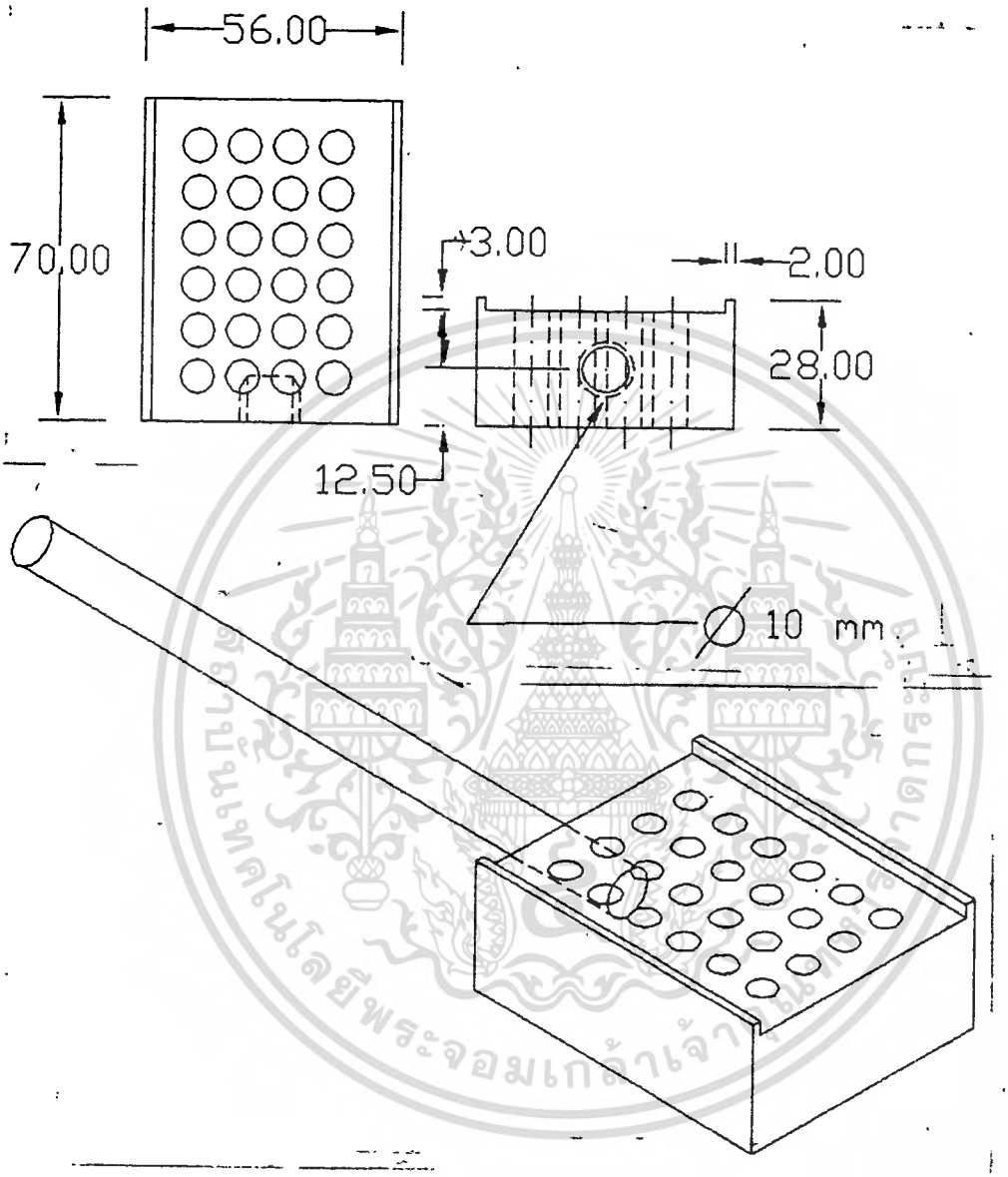
รูปที่ 3.8 แบบถาดสำหรับใส่มะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



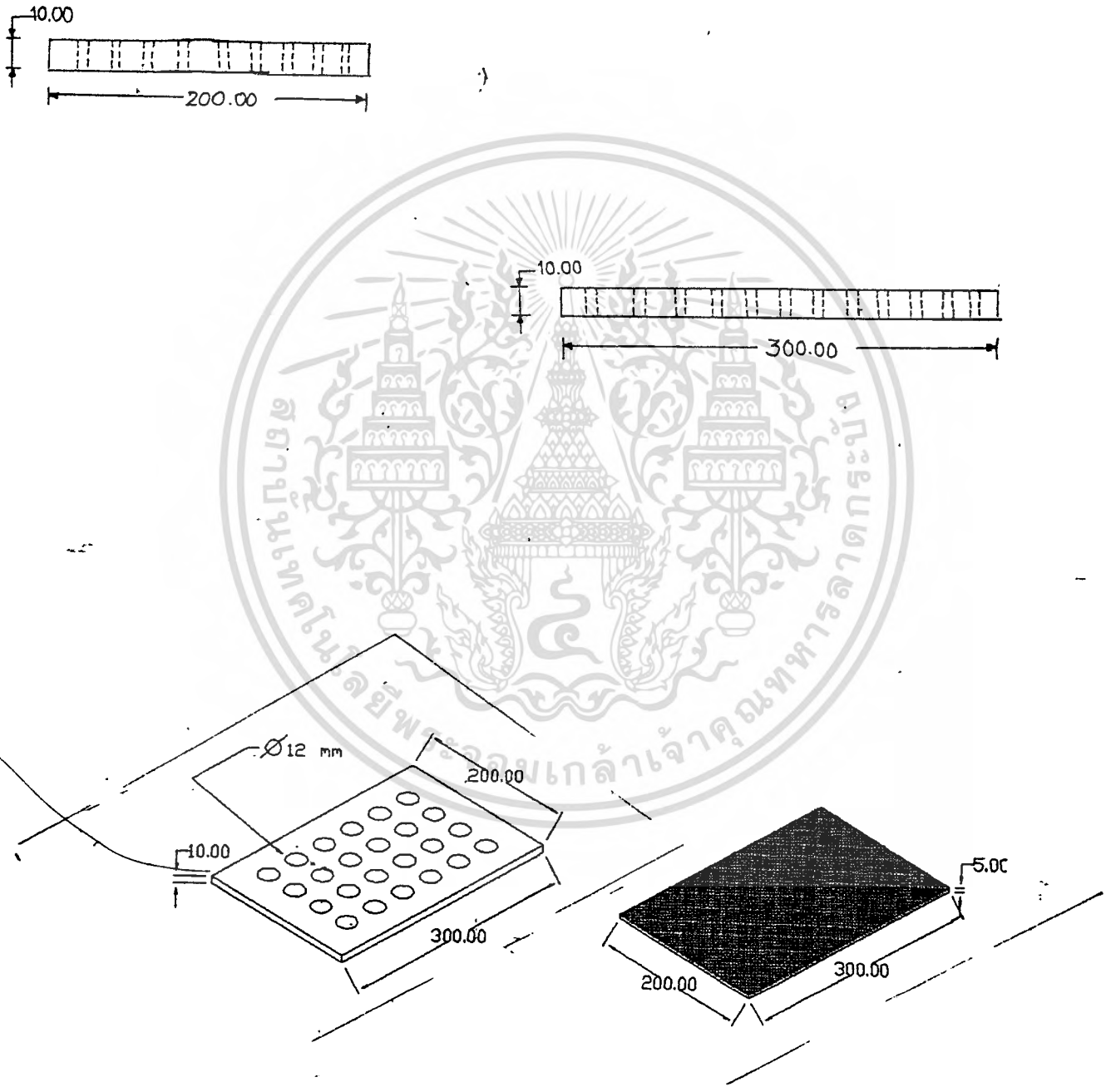
รูปที่ 3.9 แบบกระบอกใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



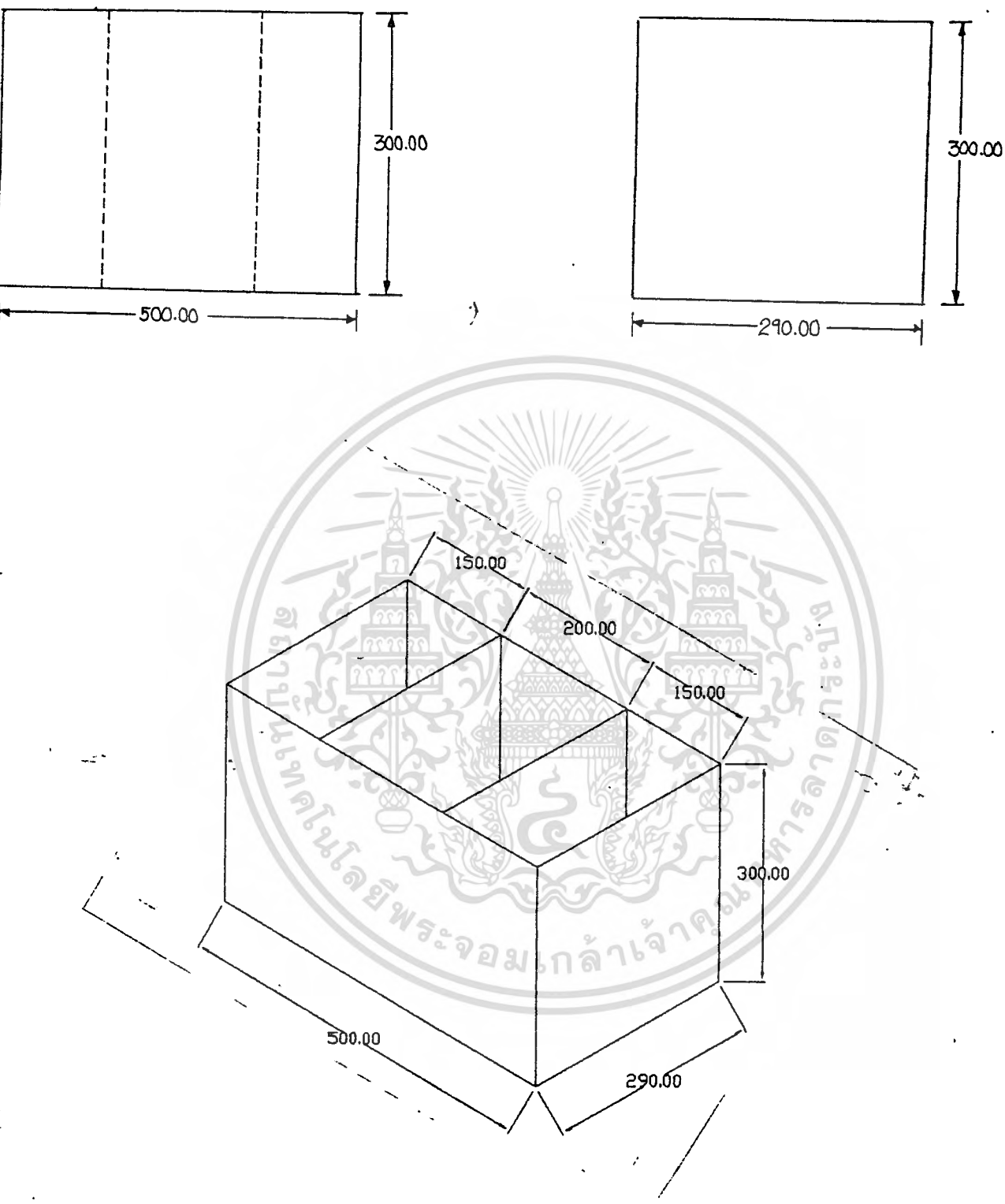
รูปที่ 3.10 แบบที่รองรับมะนาวจากการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



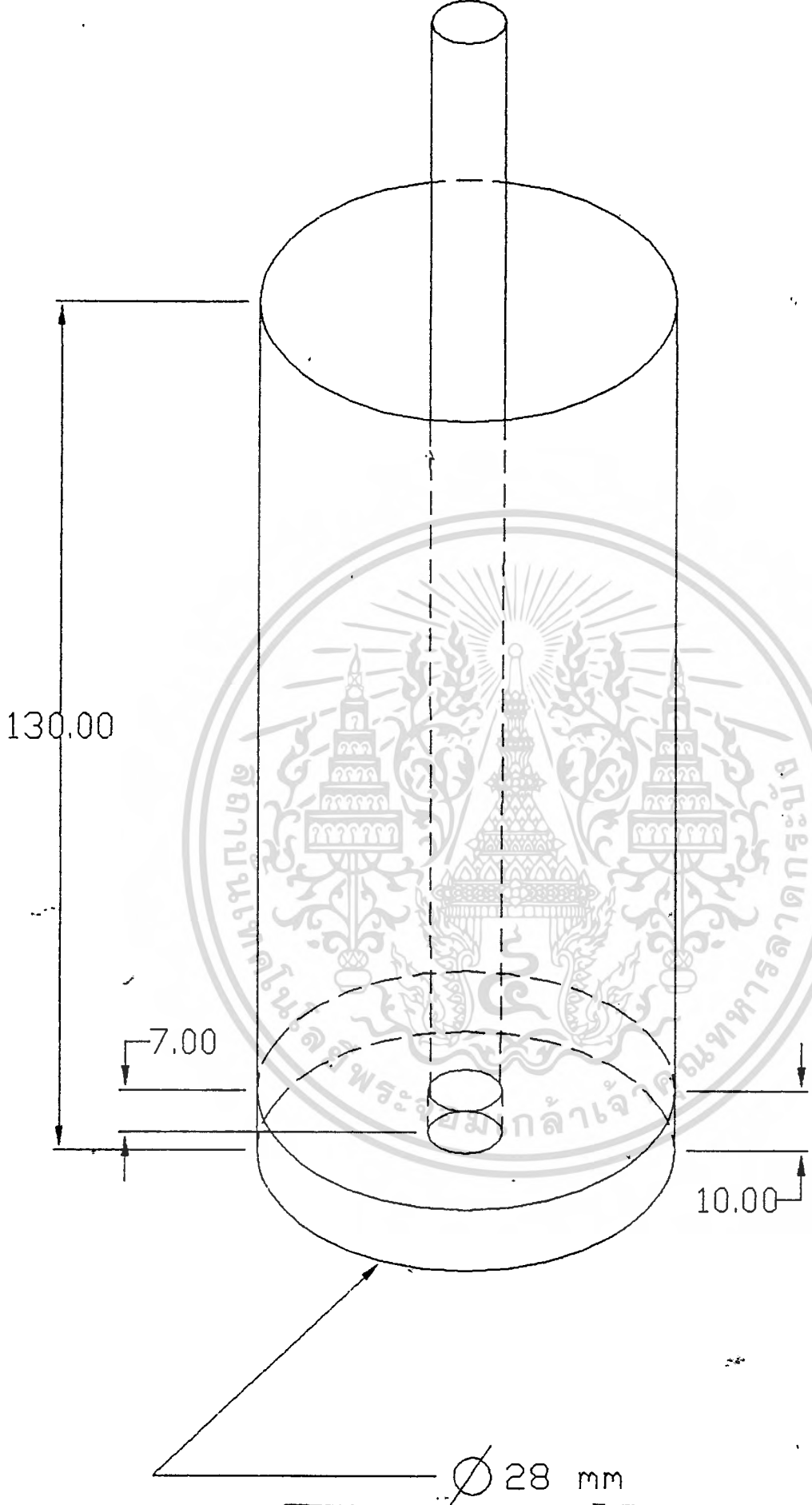
รูปที่ 3.11 แบบตะแกรงกรองเม็ดมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แบบถังใส่น้ำมะนาวและกาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แบบแป้นกดลูกมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

4.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำมะนาวที่ได้จากเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง
3. เพื่อหาอัตราการคั้นน้ำมะนาวของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

4.2 การทดสอบเพื่อหาอัตราเร็วในการบีบ

4.2.1 แผนการทดสอบเพื่อหาอัตราเร็วในการบีบที่ดีที่สุด

ค่าคงที่

1.	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกใบมีด	48	มิลลิเมตร
2.	ขนาดความกว้างของใบมีด	9	มิลลิเมตร
3.	จำนวนของรอยกรีด	8	รอย
4.	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมะนาว	38-40	มิลลิเมตร

ปัจจัย

1. ความดันลมที่ใช้ในการบีบมี 3 ระดับ คือ 1,2 และ 3 บาร์
2. เวลาในการกดค้างมี 3 ระดับ คือ 3,6 และ 9 วินาที

แผนผังแสดงการทดสอบดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. น้ำมะนาว 10 ผล มาชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมด (A)
2. นำมะนาวไปคั้นโดยใช้เครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง และนำน้ำมะนาวที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก เป็นน้ำหนักน้ำมะนาวที่ได้ (B)
3. นำกากที่ได้ไปบีบน้ำมะนาวออกให้หมดด้วยมือ ชั่งน้ำหนักน้ำมะนาวที่บีบได้ เป็นน้ำหนักน้ำมะนาวที่สูญเสีย (C)
4. คำนวณหา

4.1 % yield จาก $\frac{\text{น้ำหนักน้ำมะนาวที่ได้ (B)}}{\text{น้ำหนักมะนาวทั้งหมด (A)}} \times 100$

4.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมะนาวในการบีบ จาก

$$\frac{\text{น้ำหนักมะนาวที่สูญเสีย (C)} \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำมะนาวที่สูญเสีย (C)} + \text{น้ำหนักน้ำมะนาวที่ได้ (B)}}$$

5. ทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างน้ำมะนาวไว้เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

6. การตรวจสอบคุณภาพน้ำมะนาว

6.1 วัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำมะนาวโดยแบ่งตัวอย่างจากน้ำมะนาวที่ได้ทั้งหมด

6.2 ทดสอบการชิมโดยผู้บริโภค เพื่อหารสชมในน้ำมะนาว

7. นำผลการทดลองของแต่ละการทดลองมาเปรียบเทียบ เลือกการทดลองที่ดีที่สุดมาทดลองหาอัตราคั้นน้ำมะนาวของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

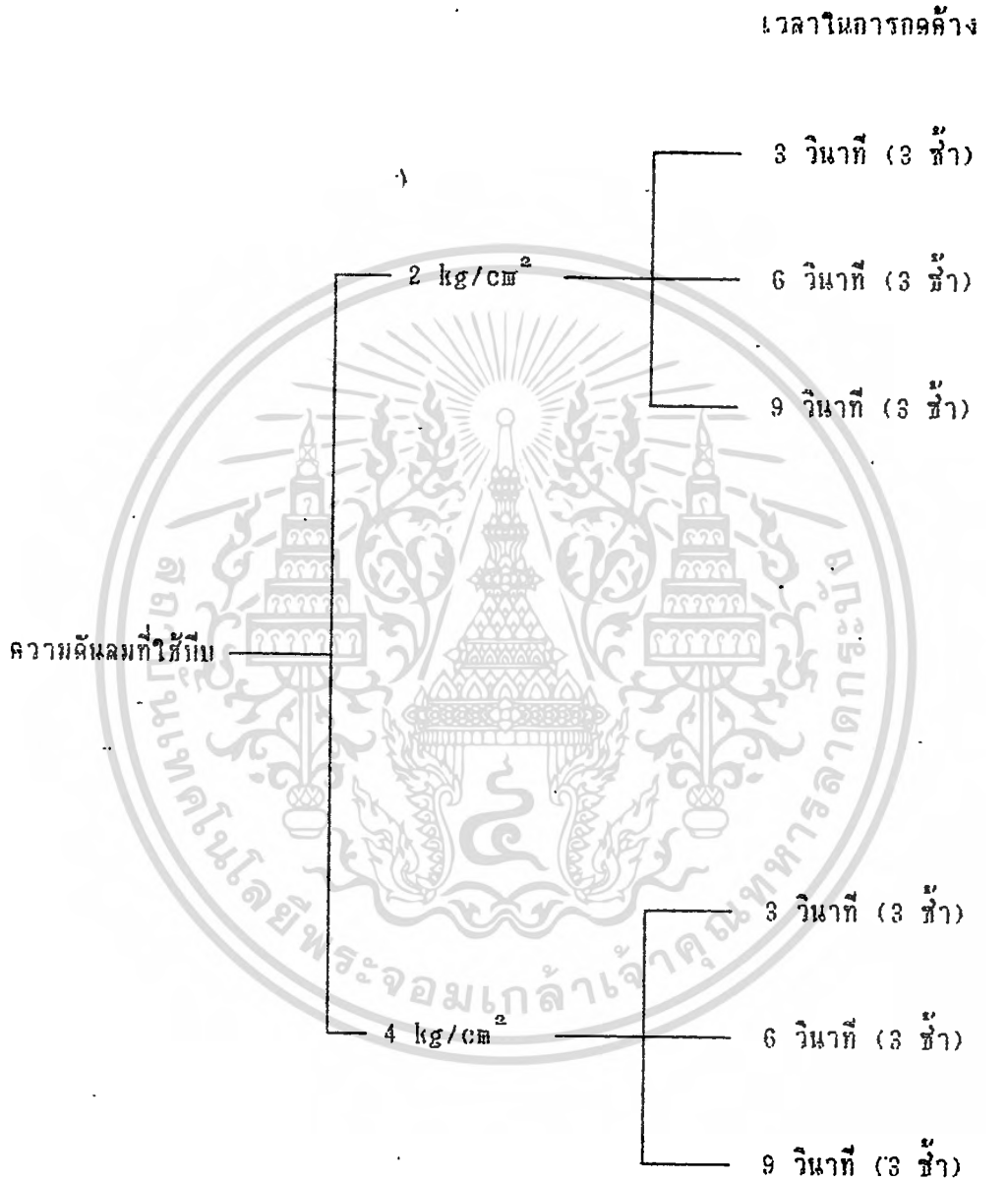
4.2.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ค่าเฉลี่ย)

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

ความดัน	P = 2 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	400.53	382.88	393.23
B (g)	102.68	90.88	60.22
C (g)	12.25	8.79	12.74
% yield	25.57	23.63	25.97
% การสูญเสีย	10.69	8.93	11.46
TSS (°brix)	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แผนผังแสดงการทดสอบเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง



4.2.2 วัสดุ อุปกรณ์

1.	มะนาว	จำนวน	90	ผล
2.	เครื่องชั่งน้ำหนัก	จำนวน	1	เครื่อง
3.	เครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	จำนวน	1	เครื่อง
4.	เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Refractometer)		1	เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ความดัน	P = 4 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	361.67	362.67	369.68
B (g)	104.47	123.48	119.77
C (g)	9.55	9.24	7.92
% yield	28.91	34.58	32.47
% การสูญเสีย	8.37	6.91	6.19
TSS (°brix)	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 สรุปผลการทดสอบ

จากตารางผลการทดสอบ ซึ่งทำการทดสอบตามการทดลองจำนวน 3 ครั้ง (ตารางข้อมูลในภาคผนวก ค) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย แล้วบันทึกลงตารางที่ 4.1 เพื่อเปรียบเทียบการใช้ความดันลม และเวลาในการกดค้าง จากผลการทดลองเลือกใช้ความดันลม 4 kg/cm^2 และเวลาในการกดค้าง 6 วินาที เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้อย และมีเปอร์เซ็นต์ yield สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบเพื่อหาอัตราการคั้นน้ำมะนาวของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

4.3.1 แผนการทดสอบเพื่อหาอัตราการคั้นน้ำมะนาว

ค่าคงที่

1.	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกใบมีด	48	มิลลิเมตร
2.	ขนาดความกว้างของใบมีด	9	มิลลิเมตร
3.	จำนวนของรอยกรีด	8	รอย
4.	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมะนาว	38-40	มิลลิเมตร
5.	ความดันที่ใช้ในการบีบ	4	บาร์ (kg/cm^2)
6.	เวลาในการกดล้าง	6	วินาที

4.3.2 วัสดุ อุปกรณ์

1.	มะนาว	จำนวน	100	ผล
2.	เครื่องชั่งน้ำหนัก	จำนวน	1	เครื่อง
3.	เครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง	จำนวน	1	เครื่อง

4. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Refractrometer) 1 เครื่อง

4.3.3 ขั้นตอนการทดสอบ

1. น้ำมะนาว 100 ผล มาชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมด (A)
2. น้ำมะนาวไปคั้นโดยใช้เครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง และนำน้ำมะนาวที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก เป็นน้ำหนักน้ำมะนาวที่ได้ (B)
3. นำกากที่ได้ไปบีบน้ำมะนาวลอกให้หมดด้วยมือ ชั่งน้ำหนักน้ำมะนาวที่บีบได้ เป็นน้ำหนักน้ำมะนาวที่สูญเสีย (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คำนวณหา

4.1 % yield จาก $\frac{\text{น้ำหนักน้ำมะนาวที่ได้ (B)}}{\text{น้ำหนักมะนาวทั้งหมด (A)}} \times 100$

4.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำมะนาวในการบีบ จาก

$$\frac{\text{น้ำหนักมะนาวที่สูญเสีย (C)} \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำมะนาวที่สูญเสีย (C)} + \text{น้ำหนักน้ำมะนาวที่ได้ (B)}}$$

4.3 อัตราการป้อน (ผล/นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบหาอัตราการคั้นน้ำมะนาวของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

ข้อมูล	ผลการทดสอบ
A (g)	3,772.20
B (g)	1,460.42
C (g)	168.20
% yield	38.71
% การสูญเสีย	10.33
อัตราการคั้น (ผล/นาที)	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 สรุปผลการทดสอบ

จากตารางที่ 4.2 เป็นการทดสอบหาอัตราการคั้นของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง ทดสอบโดยใช้มะนาว 100 ผล ปรับความดันลมในระบบนิวเมติกส์ให้ได้ 4 kg/cm^2 และใช้เวลาในการกดค้าง 6 วินาที แล้วนำน้ำมะนาวที่ได้มาทดสอบโดยการชิมรส ผลคือ รสชาดเป็นที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการดำเนินงาน

	2537						2538		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมะนาว	1<----->								
1.1 แหล่งเพาะปลูกมะนาว	1-31								
1.2 ขนาดของมะนาวที่ผ่าน	1-31								
1.3 ความต้องการมะนาว	1-31								
2.ศึกษาการทำงานของเครื่อง Universal testing Machine และทดสอบแรงกดมะนาว	1<----->	25							
3.ออกแบบหัวกดและทดสอบหัวกด			1<--->	31					
4.ศึกษาระบบ prematic และการควบคุม		31<-	----------	----------	----------	----->30			
5.ออกแบบเครื่อง			15<-	-------	------	->30			
6.สร้างเครื่อง						1<---->	31		
7.ทดสอบเครื่อง								1-28	
8.เขียนรายงานผล								1<--->	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.5 สรุปผลการทดสอบ

จากตารางที่ 4.2 เป็นการทดสอบหาอัตราการคั้นของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง ทดสอบโดยใช้มะนาว 100 ผล ปรับความดันลมในระบบนิวเมติกส์ให้ได้ 4 kg/cm^2 และใช้เวลาในการทดลอง 6 วินาที แล้วนำน้ำมะนาวที่ได้มาทดสอบโดยการชิมรส ผลคือ รสชาดเป็นที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 รายละเอียดลักษณะของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

5.1.1 ขนาดของเครื่อง 300 * 700 * 700 มิลลิเมตร

5.1.2 ระบบควบคุมนิวเมติกส์ไฟฟ้า ใช้ไฟ 220 โวลต์ 50 Hz.

5.1.3 ปั๊มลม ใช้ความดัน 4 kg/cm^2

5.1.4 ขนาดของถาดรับมะนาว 600 * 700 มิลลิเมตร

5.1.5 เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกใบมีด 48 มิลลิเมตร

5.1.6 ใบมีดกว้าง 18 มิลลิเมตร

5.1.7 ถังรับน้ำมะนาวและกาก ขนาด 500 * 290 * 300 มิลลิเมตร

5.1.8 อัตราการทำงานของเครื่อง 10 ผล/นาที

5.1.9 ใช้กับมะนาวเบอร์ 5 ที่มีรายตามท้องตลาด (ขนาด 3.8-4.0 มิลลิเมตร)

5.2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรายละเอียดของเครื่องคั้นน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

5.2.1 สามารถปรับให้ใช้ได้กับมะนาวขนาดอื่น โดยเปลี่ยนตัวกดลูกมะนาว และกระบอกใบมีดได้

5.2.2 สามารถปรับใช้กับผลไม้ชนิดอื่นได้ เช่น ส้ม โดยการปรับความดันลมของระบบนิวเมติกส์ใหม่ และเปลี่ยนขนาดใบมีดพร้อมทั้งกระบอกใบมีดใหม่

5.2.3 อัตราการทำงาน 10 ผล/นาที ถ้ามีชุดกระบอกสูบหลายชุด อัตราการทำงานของเครื่องก็จะเพิ่มขึ้นได้ เพื่อความเหมาะสมต่อภารกิจขนาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการดำเนินงาน

	2537						2538		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมะนาว									
1.1 แหล่งเพาะปลูกมะนาว	1-31								
1.2 ขนาดของมะนาวที่ใช้	1-31								
1.3 ความต้องการมะนาว	1-31								
2.ศึกษาการทำงานของเครื่อง Universal testing Machine และทดสอบแรงกดมะนาว	1<----->	25							
3.ออกแบบหัวกดและทดสอบหัวกด			1<--->	31					
4.ศึกษาระบบ prematic และการควบคุม		31<-				----->30			
5.ออกแบบเครื่อง				15<-		------->30			
6.สร้างเครื่อง						1<---->	31		
7.ทดสอบเครื่อง								1-28	
8.เขียนรายงานผล								1<--->	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

งบประมาณ

ข.1 ค่าจัดซื้อวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	1,500	บาท
ข.2 ระบบนิวเมติกส์		
1.กระบอกสูบแบบแม่เหล็กตัวละ	1,550	บาท
จำนวน 3 ตัว เป็นเงิน	4,650	บาท
2.สายต่อลม เมตรละ	45	บาท
จำนวน 5 เมตร เป็นเงิน	225	บาท
3.รีดสวิทช์ ตัวละ	600	บาท
จำนวน 6 ตัว เป็นเงิน	3,600	บาท
4.วาวล์โซลินลอยด์ ขนาด 2 หุน ตัวละ	2,200	บาท
จำนวน 3 ตัว เป็นเงิน	6,600	บาท
5.ข้อต่อตรง ตัวละ	32	บาท
จำนวน 15 ตัว เป็นเงิน	480	บาท
6.ข้อต่อ 3 ทาง ตัวละ	70	บาท
จำนวน 2 ตัว เป็นเงิน	140	บาท
รวมเป็นเงิน	15,695	บาท
7.ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ราคา	2,943	บาท
ระบบนิวเมติกส์ทั้งสิ้น	18,638	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 วัสดุทำเครื่อง

1.สแตนเลส

- แบบแผ่น

- แบบกลม

รวมเป็นเงิน	8,000	บาท
2.ค่าจัดทำเครื่อง	2,000	บาท
รวมวัสดุจัดทำเครื่องทั้งสิ้น	10,000	บาท
รวมงบประมาณทั้งโครงการ	33,000	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ครั้งที่ 2) ใช้ความดันลม 2 kg/cm^2

ความดัน	P = 2 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	400.06	401.32	383.1
B (g)	113.14	104.28	80.54
C (g)	9.3	9.62	14.3
% yield	28.28	25.98	21.02
% การสูญเสีย	7.22	8.45	15.08
TSS (°brix)	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ครั้งที่ 1) ใช้ความดันลม 2 kg/cm^2

ความดัน	P = 2 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	389.22	348.54	395.02
B (g)	79.62	74.62	126.22
C (g)	11.8	8.64	12.24
% yield	20.46	21.41	31.95
% การสูญเสีย	12.91	10.38	8.84
TSS (°brix)	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ครั้งที่ 3) ใช้ความดันลม 2 kg/cm^2

ความดัน	P = 2 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	412.32	398.78	401.48
B (g)	115.28	93.76	100.12
C (g)	15.64	8.12	11.68
% yield	27.96	23.51	24.93
% การสูญเสีย	11.94	7.97	10.45
TSS (°brix)	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ครั้งที่ 1) ใช้ความดันลม 4 kg/cm²

ความดัน	P = 4 kg/cm²		
เวลาทดล้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	340.34	344.5	379.1
B (g)	105.4	120.6	117.34
C (g)	8.4	7.24	8.7
% yield	30.87	35.00	30.96
% การสูญเสีย	7.38	5.66	6.9
TSS (°brix)	7	7	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ครั้งที่ 2). ใช้ความดันลม 4 kg/cm^2

ความดัน	P = 4 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	381.22	345.6	348.74
B (g)	105.96	114.28	122.92
C (g)	10.6	8.86	8.22
% yield	27.79	33.06	35.24
% การสูญเสีย	9.09	7.19	6.26
TSS (°brix)	7	7	7

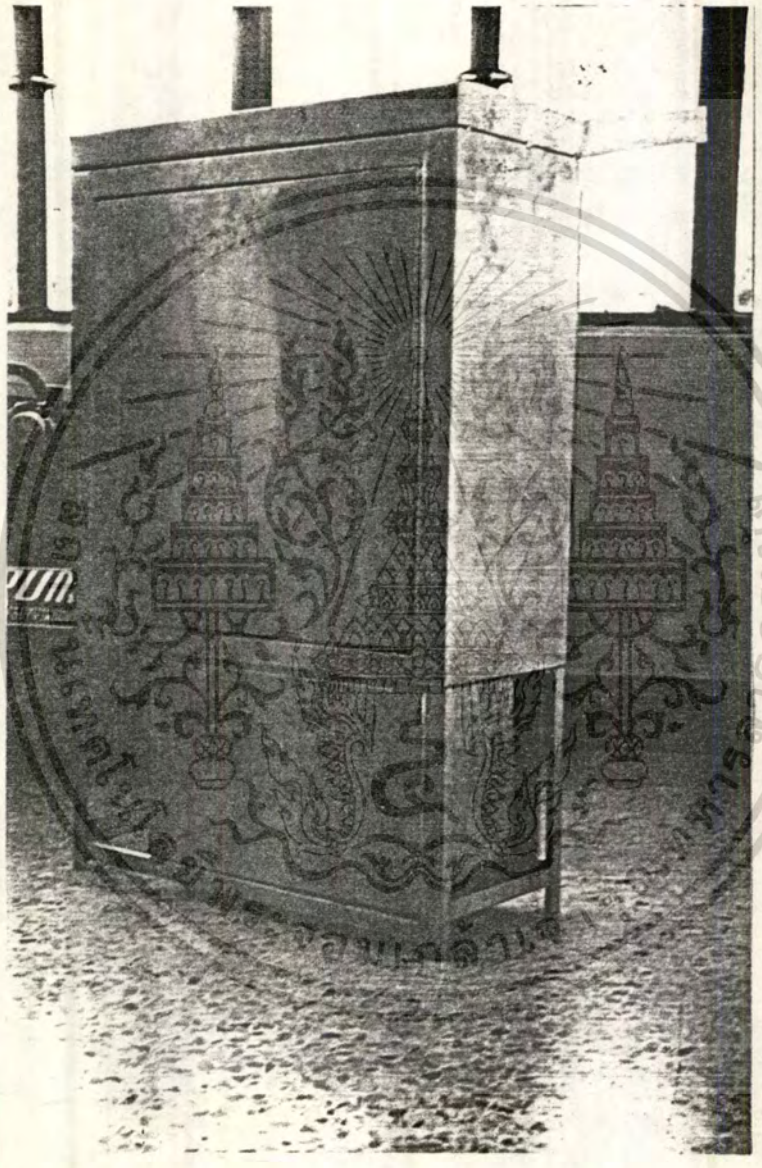
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง (ครั้งที่ 3) ใช้ความดันลม 4 kg/cm^2

ความดัน	P = 4 kg/cm^2		
เวลากดค้าง	3 sec	6 sec	9 sec
A (g)	363.44	397.9	381.2
B (g)	102.06	135.56	119.06
C (g)	9.66	11.64	6.84
% yield	28.08	35.68	31.23
% การสูญเสีย	8.64	7.90	5.43
TSS (°brix)	7	7	7

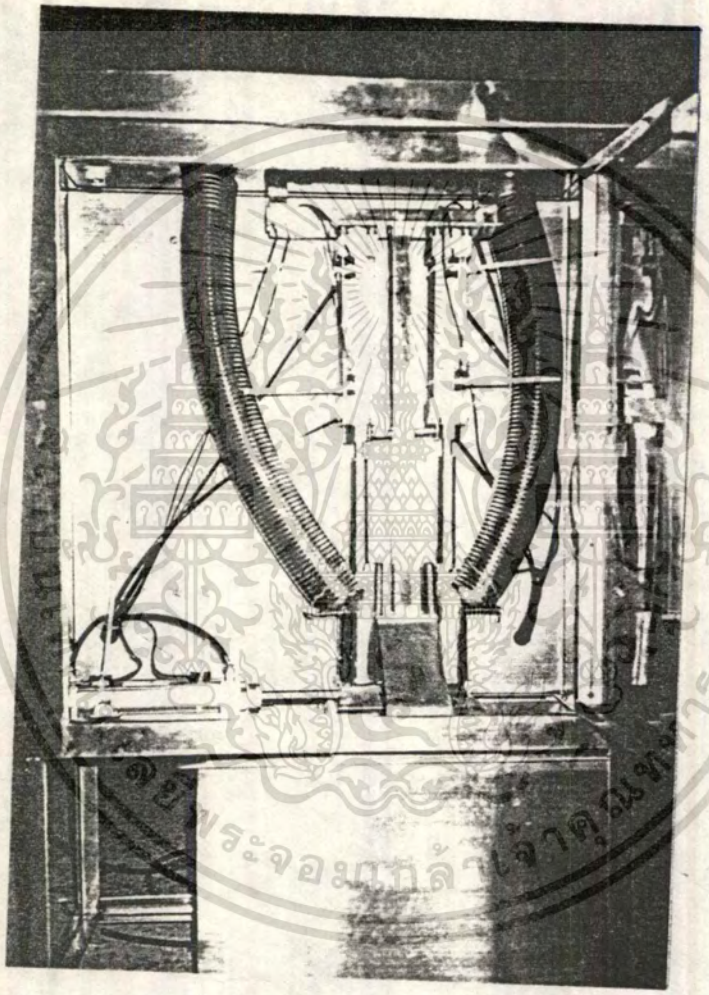
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง



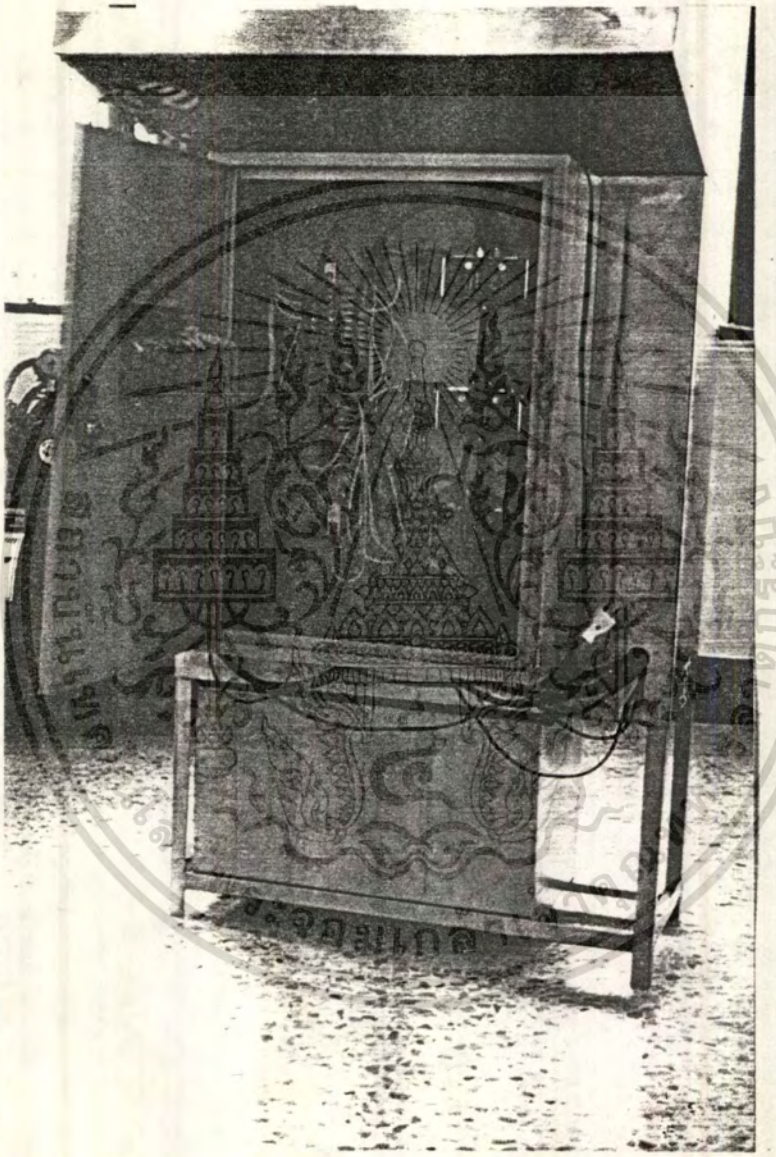
รูป ง.1 รูปภาพแสดงลักษณะเครื่องดันน้ำมะนาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



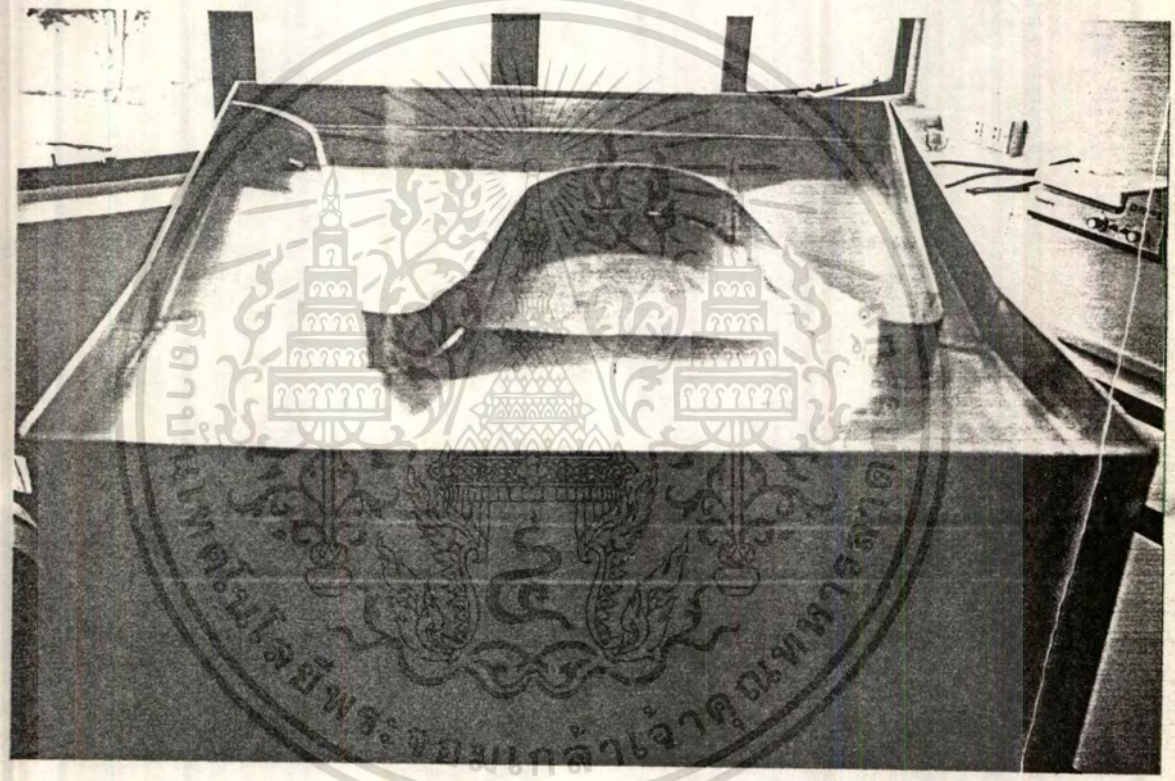
รูป ง.2 ภายในห้องการทำงานของเครื่องดันน้ำยะนาวแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.3 ชุดควบคุมอุปกรณ์นิวเมติกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ง.4 ภาคสำหรับใส่มะนาวล้างบนเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายท่านด้วยกัน ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ

อาจารย์ปานมนัส สิริสมบูรณ์, อาจารย์พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, และคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกท่าน

และขอขอบคุณ เพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูล 2 กลุ่มแผนงานโครงการพิเศษ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. "ผลผลิตและแหล่งที่ปลูกมะนาว", 2536 (สอบถามส่วนตัว)

2. สมศักดิ์ วรรณศิริ. "มะนาว". กลุ่มเกษตรสัญจร, 2531, หน้า 5-9

3. สุรินทร์ พงศ์ศุภสมิทธิ์. "คู่มือเทคนิคทำดังลงลงไหลนิวเมติกส์ (หลักสูตรขั้นต้น)". สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทค-ญี่ปุ่น), 2536, จำนวน 122 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า