

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR
MILK TEA PRODUCTION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงานเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา ปีการศึกษา 2563 ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR
MILK TEA PRODUCTION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC MACHINE FOR MILK
TEA PRODUCTION



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลใดๆในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ

Design and development of semi-automatic machine for milk tea production

ผู้จัดทำ

1. นายชัยพัฒนา โรจนพันธุ์พัฒน์ รหัสประจำตัว 60010224
2. นางสาวปภาวรินทร์ ธนามี รหัสประจำตัว 60010575



..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพงษ์ ชีวีตโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตขนมแบบกึ่งอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายชัยพัฒนา โรจนานันท์พัฒน์ นางสาวปภาวรินทร์ ธนามี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร.เอกพงษ์ ชีวีตโสภณ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตขนมแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับร้านจำหน่ายเครื่องดื่ม โดยเริ่มต้นจากการทดลองสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของส่วนผสมที่ใช้ได้แก่ น้ำชา นมข้นหวาน และนมสด เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบเครื่อง ซึ่งประกอบด้วย 1) ชุดเก็บวัตถุดิบ 2) ชุดบรรจุ 3) ชุดผสม และ 4) ระบบควบคุม การทำงานของเครื่องต้นแบบเริ่มต้นจากการป้อนส่วนผสมทั้งหมดของขนมเข้าสู่ชุดผสม มอเตอร์ทำงานหมุนใบกวน เพื่อผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันตามระยะเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นขนมไหลลงสู่แก้ว ทำการล้างชุดผสมโดยการป้อนน้ำเข้าสู่ชุดผสม และมอเตอร์หมุนใบกวนเพื่อล้างเป็นระยะเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นปล่อยน้ำทิ้งไหลออกสู่ภายนอก เครื่องต้นแบบถูกออกแบบให้สามารถกำหนดระดับความหวานของขนมได้ 4 ระดับ ตามปริมาณนมข้นหวาน เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการผลิตประมาณ 37-60 วินาทีต่อแก้ว หรือมีอัตราการผลิตประมาณ 60-99 แก้วต่อชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับเชิงพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Thesis	Design and development of semi-automatic machine for milk tea production
Students	Mr. Chaipatana Rojanapanpat Ms. Papawarin Tanamee
Thesis advisor	Asst. Prof. Dr. Ekkapong Cheevitsopon
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic year	2020

ABSTRACT

The main objective of this study was to design and develop a semi-automatic machine for milk tea production. The physical properties of ingredients, including tea, condensed milk and milk were investigated to design a semi-automatic machine for milk tea production. A machine consists of 1) raw tank, 2) filling unit, 3) mixing unit and 4) controlling unit. The production process begins from filling all ingredients to a mixing unit, the samples were stirred for a specific interval time, unloading the milk tea product into a glass. And then, water was filled into a mixing unit and was stirred by an agitator for cleaning. A machine was designed for setting the four degrees of the sweetness of milk tea product. A machine had a capacity of approximately 60-99 glasses per hour with a production time was approximately 37-60 seconds per glass. Then, a semi-automatic machine for milk tea production is commercially feasible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่ง จาก ผศ. ดร.เอกพงษ์ ชีวีตโสภณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและจารึกพระคุณนี้ไว้ใน ความทรงจำว่า ความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ นอกจากนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการแก้ไข และให้คำแนะนำที่มี ประโยชน์ที่มีส่วนให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ายิ่งขึ้น

คุณค่าและประโยชน์ที่อาจมีในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้พระคุณของบิดามารดา ที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูให้การศึกษา ตลอดจนครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนในการ วางรากฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย



ชัยพัฒนา โรจนานันท์พัฒน์

ปภาวรินทร์ ธนามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ชา.....	3
2.1.1 กลุ่มชาพันธุ์อัสสัม.....	3
2.1.2 กลุ่มชาพันธุ์จีน.....	4
2.1.3 ประโยชน์ของชาต่อสุขภาพ.....	5
2.1.4 กระบวนการผลิตชา.....	6
2.2 ชานม.....	8
2.2.1 ต้นกำเนิดของชานม.....	8
2.2.2 การตลาดชานมไข่มุก.....	8
2.3 หลักการของเครื่องบรรจุของเหลว.....	10
2.4 Peristaltic pump.....	12
2.5 Mixing chamber.....	13
2.6 วาล์ว.....	15
2.7 Arduino.....	17
2.8 การทำความสะอาดอุปกรณ์.....	18
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถือว่าเป็นการผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.9.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
2.9.2 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	22
3.1 การทดลองเบื้องต้น.....	22
3.1.1 การศึกษาความหนาแน่นของวัตุดิบแต่ละชนิด.....	22
3.1.2 การศึกษาความหนืดของวัตุดิบแต่ละชนิด.....	23
3.1.3 การศึกษาอัตราการไหลของวัตุดิบแต่ละชนิด.....	23
3.1.4 คำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump.....	23
3.1.5 การศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการผสม.....	24
3.2 การออกแบบ.....	24
3.2.1 การออกแบบเครื่อง.....	24
3.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง.....	26
3.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่อง.....	27
3.3.1 การทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตุดิบแต่ละชนิด.....	27
3.3.2 การทดสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์.....	28
3.3.3 การทดสอบกำลังการผลิตของเครื่อง.....	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	29
4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น.....	29
4.1.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัตุดิบ.....	29
4.1.2 ผลการคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump.....	29
4.1.3 ผลการคำนวณหาระยะเวลาในการผสม.....	30
4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่อง.....	31
4.2.1 ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตุดิบแต่ละชนิด.....	31
4.2.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของการผลิตขานม.....	32
4.2.3 ผลการทดสอบกำลังการผลิตของเครื่อง.....	33
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	34
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	34
5.1.1 การทดลองเบื้องต้น.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ 5.1.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่อง..... 34
 ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น 5.2 ข้อเสนอแนะ..... 34

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม.....	33
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตถุดิบแต่ละชนิด.....	34
ภาคผนวก ข ใ้ค้การทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงผลประกอบการของแบรนด์ชานมไข่มุกที่มีชื่อเสียง.....	9
4.1 ผลการทดลองการศึกษาศมบัติทางกายภาพของวัตถุบิแต่ละชนิด.....	29
4.2 ผลการคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump.....	30
4.3 ผลการคำนวณหาระยะเวลาในการผสม.....	30
4.4 ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตถุบิแต่ละชนิด.....	31
4.5 ผลการทดสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์.....	32
4.6 ผลการทดสอบกำลังการผลิตของเครื่อง.....	33
ก1 ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตถุบิแต่ละชนิด.....	37



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ต้นชาพันธุ์อัสสัมใบจาง.....	3
2.2 ต้นชาพันธุ์อัสสัมใบเข้ม.....	4
2.3 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Overflow.....	10
2.4 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Gravity.....	11
2.5 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Pump.....	11
2.6 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Piston.....	12
2.7 แผนผังการทำงาน Peristaltic Pump.....	13
2.8 Axial flow.....	13
2.9 Radial flow	14
2.10 Tangential flow.....	14
2.11 Ball valve.....	15
2.12 Three way valve.....	16
2.13 การทำงานแบบ L-port และ T-port.....	16
2.14 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED.....	18
2.15 บอร์ด Arduino ต่อกับ Xbee shield.....	18
2.16 ระบบที่พัฒนาขึ้นสำหรับการจ่ายของเหลวที่มีความแม่นยำสูง.....	20
2.17 เครื่องบรรจุขวดเปียร์.....	20
2.18 เครื่องเติมอัตโนมัติ.....	21
3.1 ชั่งน้ำหนักของวัตถุด้วยเครื่องชั่ง.....	22
3.2 วัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield.....	22
3.3 Peristaltic pump ที่ใช้.....	24
3.4 ต้นแบบเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	24
3.5 ต้นแบบเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติในส่วนห้องผสม.....	25
3.6 ต้นแบบเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติด้านหลังเครื่อง.....	25
3.7 ระบบควบคุมและอุปกรณ์ต่าง ๆ.....	26
3.8 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม.....	27
3.9 เครื่องต้นแบบผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	28
4.1 ความสัมพันธ์ขององค์การบริษัทกับระยะเวลาของการผสม.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม กรุณาแจ้งชื่อและนามสกุลของอาจารย์ผู้จัดทำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ข1	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	39
ข2	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	40
ข3	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	41
ข4	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	42
ข5	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	43
ข6	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	44
ข7	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	45
ข8	โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ.....	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ชาวมilk ถูกเรียกในภาษาอังกฤษว่า Milk tea แปลว่าชาโฟม หรือชาที่มีฟองอากาศ เพราะเวลาเราเขย่า จะเกิดฟองที่ด้านบนของชา ยิ่งเขย่าแรงและเร็วกว่าก็จะได้รสชาติที่กลมกล่อม ต้นกำเนิดชามาจากไต้หวัน มีการปลูกชามาเป็นระยะเวลาหลายร้อยปี มีพื้นที่ปลูกชาบนภูเขา โดยเฉพาะชาอู่หลง อาลีซานซึ่งเป็นของฝากที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวมาช้านาน ต่อมาชานมไข่มุกได้กำเนิดขึ้นจากร้านซุนสุ่ยถัง ที่เมืองไถจง เป็นร้านเก่าแก่ต้นตำรับที่มีมาตั้งแต่ยุค 80 และดำเนินกิจการมาจนถึงปัจจุบัน โดยได้คิดค้นนำ เฝินหยวน ซึ่งเป็นขนมพื้นเมืองของไต้หวันที่ทำจากมันสำปะหลัง มาผสมในน้ำชาจนได้รสชาติที่น่าพอใจในที่สุด นับตั้งแต่นั้นชานมไข่มุกก็ได้รับความนิยมและแพร่หลายไปยังประเทศอื่นในเอเชียช่วงยุค 1990-2000 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุตสาหกรรมบันเทิงของไต้หวันได้รับความนิยมไปพร้อมกัน

ในปี พ.ศ. 2561 ตลาดชานมไข่มุกทั่วโลก อยู่ที่ 62,000 ล้านบาท เติบโต ร้อยละ 10 และหากผู้บริโภคยังกินและเติบโตต่อเนื่องไปอีก 1-2 ปี ในปี 2023 ตลาดชานมไข่มุกทั่วโลกจะอยู่ที่ 100,000 ล้านบาท และชานมไข่มุกจะกลายเป็นเครื่องดื่มทั่วไป หรือที่เป็น Everyday drink โดยคนไทยดื่มชานมไข่มุกมากที่สุดในอาเซียน เฉลี่ย 6 แก้ว ต่อคนต่อเดือน

ลูกค้าแต่ละคนชอบความเข้มข้นของนมและความหวานแตกต่างกัน จึงต้องชงในปริมาณส่วนผสมที่ไม่เหมือนกัน การชงชานมด้วยมือจะได้สัดส่วนตามที่ต้องการ แต่กว่าจะชงออกมาได้นั้นต้องใช้เวลา เนื่องจากต้องตวง วัดปริมาณต่าง ๆ และผสมให้เข้ากัน จากปัญหาในเรื่องนี้ทำให้ผู้วิจัยคิดวิธีชงชานมด้วยเครื่องชงชาแบบกำหนดปริมาณส่วนผสมได้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ
- 2) เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) การศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะส่วนผสม ได้แก่ ชา นมสด และ นมข้นหวาน
- 2) การทดลองอยู่ภายใต้อนุมัติห้อง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ต้นแบบเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ
- 2) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องที่มีลักษณะการผลิตคล้ายกันได้

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

- 1) ศึกษาสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของส่วนผสม
- 2) ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ
- 3) ทดสอบสมรรถนะของเครื่องผลิตชานมแบบกึ่งอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชา

ชา หมายความว่า ใบ ยอด และก้าน ที่ยังอ่อนอยู่ของต้นชาในสกุล *Camellia* ที่ทำให้แห้งแล้ว ความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก มีเถาทั้งหมด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และไม่เกินร้อยละ 8 ของ น้ำหนักชาแห้ง มีเถาที่ละลายน้ำได้ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของเถาทั้งหมด มีสารที่สกัดได้ด้วยน้ำร้อน ไม่น้อยกว่าร้อยละ 32 ของ น้ำหนักชาแห้ง มีคาเฟอีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 196, 2543: ออนไลน์) ชาที่นิยมในประเทศไทยสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มชาอัสสัม และ กลุ่มชาพันธุ์จีน

2.1.1 กลุ่มชาพันธุ์อัสสัม (Assam Tea)

กลุ่มชาพันธุ์อัสสัม ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Camellia sinensis* var. *assamica* ลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว ต้นใหญ่ สูงประมาณ 6-18 เมตร ใบเดี่ยว ขนาดใหญ่ ใบสีเขียวอ่อน แผ่นใบโปนเป็นคลื่น ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ปลายใบแหลม ใบแก่ การเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับและเกลียว ปลุกมากบนเขตพื้นที่สูงแถบภาคเหนือของไทย จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน ลำปาง และแพร่ต้นเจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีคาเฟอีนมากกว่าชาจีน (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์) สามารถแบ่งออกเป็นพันธุ์ย่อยได้ 5 สายพันธุ์

1) พันธุ์อัสสัมใบจาง (Light leaved assam jat) ต้นมีขนาดเล็กยอดและใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะใบเป็นมันวาวขอบใบหยักแบบฟันเลื่อยเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ ให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่ดีเมื่อนำมาทำชาจีนจะมีสีน้ำตาล (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์)



รูปที่ 2.1 ต้นชาพันธุ์อัสสัมใบจาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนบุคคลเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) พันธุ์อัสสัมใบเข้ม (Dark leaved assam Jat) ยอดและใบมีสีเขียวเข้มใบนุ่มเป็นมันมีขนปกคลุมขอบใบหยักแบบฟันเลื่อยเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี เวลาแห้งจะเป็นสีดำ และบางครั้งมักจะมีดอกตูมสีทองแซมมาด้วย เมื่อนำไปแช่น้ำ ใบชาจะกลายเป็นสีแดงหรือสีน้ำตาลเข้ม (Bluemochatea, 2563: ออนไลน์)



รูปที่ 2.2 ต้นชาพันธุ์อัสสัมใบเข้ม

ที่มา : Sesa (2553)

3) พันธุ์มานิปูรี (Manipun jat) เป็นพันธุ์ที่แข็งแรงให้ผลผลิตสูงใบมีสีเขียวเข้มเป็นประกายขอบใบหยักแบบฟันเลื่อยทนแล้งได้ดี (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์)

4) พันธุ์พม่า (Burmajat) ใบมีสีเขียวเข้มใบแก่มีสีเขียวแกมน้ำเงินใบกว้างแผ่นใบรูปไข่ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อยทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีมาก (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์)

5) พันธุ์ลูโซ Lushai jat) ขอบใบหยักลึกปลายใบเห็นได้ชัด (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์)

2.1.2 กลุ่มชาพันธุ์จีน (Chinese tea)

กลุ่มชาพันธุ์จีน ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Camellia sinensis* var. *sinensis* ลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 2-6 เมตร ใบมีสีเขียวเข้ม ขนาดเล็ก ยาวแคบ ตั้งตรง ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ผิวใบเรียบ ใบค่อนข้างตั้งกว่าชาอัสสัม การเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับและเกลียว ต้นเจริญเติบโตช้ากว่าชาอัสสัม ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนได้ดี เป็นสายพันธุ์ที่นำเข้ามาจากประเทศไต้หวัน และจีน (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์)

1) พันธุ์อู่หลงเบอร์ 17 หรืออู่หลงก้านอ่อน (Chin shin oolong No.17) ลักษณะใบเล็ก มีสีเขียวเข้มและขอบใบเป็นหยักๆ ละเอียดคล้ายฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่มีกลิ่นหอมและรสชาติดี (องค์การการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความรู้เพื่อการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน, 2559: ออนไลน์) ผลิตเป็นชาอู่หลงก้านอ่อน, ชาทับทิมอู่หลง, อู่หลงทองคำ, อู่หลงหอมหมื่นลี้, อู่หลงตั่งตั่งฯ (Steven Liu, 2560: ออนไลน์)

2) พันธุ์อู่หลงเบอร์ 12 (Chin hsuan oolong No.12) นำไปแปรรูปเป็นชาเขียว, ชายอดน้ำค้าง, ชาเกล็ดน้ำค้าง, ชาอู่หลงเบอร์ 12 (อบไฟกลาง,ไฟแรง), ชาแดงอู่หลง, ชาอู่หลงทับทิม, ชาโสม, ชาข้าวหอมฯ (Tea review by Steven Liu, 2560: ออนไลน์)

3) พันธุ์อู่หลงเบอร์ 21 หรือ ชาสี่ฤดู (Si ji หรือ Four season) (Steven Liu, 2560: ออนไลน์)

4) พันธุ์ทิกวนอิม (Tieguanyin) ปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ ทิกวนอิมแบบหอมอ่อน ๆ ใบสีเขียวอ่อนสดใสบนสีเขียวเข้มน้ำสีอ่อนอมเขียว รสอ่อนละมุนนุ่มนวล ต้มแล้วจะเย็นสดชื่นเหมาะสำหรับดื่มในหน้าร้อนหรือช่วงกลางวัน และ ทิกวนอิมแบบหอมแรงใบชาสีเขียวเข้มปนดำ กลิ่นกล้วยไม้หอมเข้มข้นชัดเจน น้ำสีเหลืองถึงเหลืองเข้มสว่างเป็นมันหนา ต้มแล้วชุ่มคอและมีรสชาติมากกว่าแบบชิงเซียง (Steven Liu, 2556: ออนไลน์)

2.1.3 ประโยชน์ของชาต่อสุขภาพ (สถาบันชาและกาแฟ แห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2563: ออนไลน์)

1) ต้านอนุมูลอิสระ ในชาประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระประเภทฟลาโวนอยด์ หลายชนิด โดยเฉพาะสาร Epigallocatechin gallate (EGCG) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์แรง โดยมีฤทธิ์มากกว่าวิตามินอีถึง 20 เท่า คาเทชินเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถจับกับอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของโรคหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และภาวะไขมันในเลือดสูง เป็นต้น จึงช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเป็นโรคเหล่านี้

2) โรคมะเร็ง การดื่มน้ำชาเป็นประจำสามารถช่วยลดอัตราการเกิดมะเร็งที่อวัยวะต่างๆได้ เช่น มะเร็งกระเพาะอาหาร มะเร็งหลอดอาหาร มะเร็งลำไส้เล็ก มะเร็งปอด มะเร็งผิวหนัง มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งตับอ่อน และมะเร็งเต้านม สารคาเทชิน (Catechins) ในชามีผลยับยั้งมะเร็งด้วยกลไกที่หลากหลาย คาเทชินที่ออกฤทธิ์ต้านมะเร็งที่สำคัญคือ Epigallocatechin gallate

3) โรคหัวใจ คาเทชิน (Catechins) ช่วยลดการเกร็งของหลอดเลือด ลดการเกิดตะกอนในเส้นเลือดฝอย ทำให้ลดความเสี่ยงของโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายจากการขาดเลือด อัมพฤกษ์ และอัมพาตจากเส้นเลือดตีบตัน นอกจากนี้ Epigallocatechin gallate ยังช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของโคเลสเตอรอล ลดการสะสมและการสร้างตะกอนในเส้นเลือดจากโคเลสเตอรอล ลดการเกิดเส้นเลือดแข็งตัวตีบตัน และลดความเสี่ยงของโรคเส้นเลือดหัวใจตีบ

4) โรคเบาหวาน สารโพลีฟีนอล (Polyphenols) ในชาช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ย่อยแป้ง คาเทชินช่วยยับยั้งการทำงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของการใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอนไซม์อะไมเลสทั้งในน้ำลายและลำไส้ ทำให้แป้งถูกย่อยได้ช้าลง ช่วยให้การเพิ่มขึ้นของน้ำตาลในเลือดเป็นไปอย่างช้าๆ นอกจากนี้ชาเขียวยังลดการดูดซึมของกลูโคสที่ลำไส้

5) สุขภาพช่องปาก สารโพลีฟีนอล (Polyphenols) ในชาช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในช่องปากซึ่งมีทั้งแบคทีเรียที่ก่อโรคในช่องปาก *Porphyromonas gingivitis* และแบคทีเรียที่ทำให้ฟันผุ *Streptococcus mutans* คาเทชินช่วยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสในน้ำลาย ทำให้มีปริมาณกลูโคสและมอลโตสน้อยลง ซึ่งเป็นผลลดปริมาณอาหารของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดฟันผุ นอกจากนี้คาเทชินยังช่วยเคลือบฟันให้แข็งแรงป้องกันฟันผุ

6) โรคอุจจาระร่วง Polyphenols มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื่อกันว่า Polyphenols ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย การดื่มชาสามารถใช้รักษาโรคอุจจาระร่วงได้ และสามารถฆ่าสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ และยังสามารถฆ่าแบคทีเรียที่ทนความร้อน เช่น *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Vibrio parahaemolyticus* และ *C. perfringens*

7) โรคอ้วน ในชาประกอบด้วยสารสำคัญเรียกว่า โพลีฟีนอล (Polyphenols) ที่มีความสามารถยับยั้งเอนไซม์ Catechol-O-methyl transferase จึงช่วยกระตุ้นการสร้างความร้อนของร่างกาย มีส่วนช่วยเผาผลาญพลังงานและช่วยจัดการกับโรคอ้วน ทั้งยังมีคุณสมบัติในการชะลอการปล่อยกลูโคส (Glucose) เข้าสู่กระแสเลือด ทำให้ชะลอการสร้างอินซูลิน (Insulin) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ส่งเสริมให้ร่างกายสะสมไขมัน ดังนั้น ร่างกายจึงเผาผลาญไขมันแทนที่จะสะสมไขมัน

8) การผ่อนคลายของระบบประสาท L-Theanine เป็นสารสำคัญในชา ออกฤทธิ์กับระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยให้สมองปลดปล่อยคลื่นสมองอัลฟา (Alpha brain wave) มากขึ้น และลดการปลดปล่อยคลื่นสมองเบต้า (Beta brain wave) ลง ทำให้ช่วยผ่อนคลาย (Relaxation) และลดความเครียด เป็นการส่งเสริมให้มีจิตใจที่สงบ มีสมาธิมากขึ้น ไม่หงุดหงิดง่าย ลำดับความคิดเป็นระบบระเบียบมากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น

2.1.4 กระบวนการผลิตชา มีกระบวนการผลิต 4 แบบ ได้แก่ (กรมอนามัยเรื่องใบชาแห้ง ชาผงหรือเครื่องดื่มผงชนิดอื่นๆ 2558: ออนไลน์)

2.1.4.1 กระบวนการผลิตชาอย่างง่าย ประกอบด้วย

- 1) การเก็บใบชา มักจะเด็ดเอาใบชาจากกิ่ง ใส่ตะกร้าหรือกระสอบที่เตรียมไว้
- 2) การตากชา จะตากจนใบชาเหี่ยวและแห้งเป็นสีน้ำตาล ก่อนจะนำเข้าสู่เครื่องคั่วหรืออบ
- 3) การคั่วใบชา อาจจะใช้ใบชาสด หรือใบชาที่ผ่านการตากมาคั่วด้วยความร้อน
- 4) การอบใบชาที่ตากแดดมาบดให้ละเอียด บางครั้งอาจมีการผสมข้าวโพดหรืออย่างอื่นร่วม
- 5) บรรจุถุงเพื่อขายส่งให้โรงงานนำไปปรุงแต่งชาต่อ
- 6) การหมักชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ลีกร่างฉบับนี้ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- 7) การอบชา
- 8) การเติมสี และกลีน
- 9) การบรรจุภัณฑ์

2.1.4.2 การผลิตชาที่ไม่ผ่านกระบวนการหมัก ประกอบด้วย

- 1) การเก็บใบชาสด
- 2) การผึ่งชา
- 3) การอบ หรือ คั่วชา
- 4) การนวดชา
- 5) อบแห้ง
- 6) การคัดเกรด
- 7) การบรรจุ

2.1.4.3 กระบวนการผลิตชากิ่งหมัก ประกอบด้วย

- 1) การเก็บใบชาสด
- 2) การผึ่งแดด
- 3) การผึ่งชาในร่ม
- 4) การคั่วชา
- 5) การนวดชา
- 6) การอบแห้ง
- 7) การคัดเกรด
- 8) การบรรจุ

2.1.4.4 กระบวนการผลิตชาหมัก ประกอบด้วย

- 1) การเก็บใบชาสด
- 2) การผึ่งแดด
- 3) การหมักชา
- 4) การคั่วชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 5) การนวดชา รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 6) การอบแห้ง ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

7) การคัดเกรด

8) การบรรจุภัณฑ์

2.2 ชานม

2.2.1 ต้นกำเนิดของชานม

ชานม ถูกเรียกในภาษาอังกฤษว่า Milk tea แปลว่าชาโฟม หรือชาที่มีฟองอากาศ เพราะเวลาเราเขย่า จะเกิดฟองที่ด้านบนของชา ต้นกำเนิดชานมมาจากไต้หวัน มีการปลูกชามาเป็นระยะเวลาหลายร้อยปี มีพื้นที่ปลูกชาบนภูเขา โดยเฉพาะชาอู่หลงอาลีซานซึ่งเป็นของฝากที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยว (Krungsri Plearn Plearn, 2563: ออนไลน์)

ชานมแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ชารสผลไม้ และ ชานม แต่บางร้านค้ำมีเมนูแบบผสมเป็น "ชานมรสผลไม้" ในชานมส่วนใหญ่ มักใช้นมผง หรือ ครีมเทียม มีบางสูตรก็ใช้นมสดมาแทน หรือ อาจจะเป็นสูตรน้ำผลไม้ปั่น ไอศกรีมปั่น เพิ่มไข่มุก ร้านเครื่องดื่มส่วนใหญ่ในอเมริกาขาย "นมปั่น" ด้วย ซึ่งหน้าตาคล้ายกับชานมแต่ไม่มีส่วนประกอบของชาเลย ร้านอาหารเล็ก ๆ บางร้านเลือกใช้ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ให้ความหวานแทนน้ำตาล เช่น น้ำผึ้ง อากาเว่ สตีเวีย และ แอสปาร์แตม ขึ้นอยู่กับความต้องการ

ชานมสูตรดั้งเดิม ทำมาจาก ชาดำไต้หวันร้อน ใส่ไข่มุกที่มาจากแป้งมันสำปะหลังเม็ดเล็ก ๆ นมข้นหวาน และน้ำเชื่อมหรือน้ำผึ้ง จากนั้นมักมีสูตรใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย แต่สิ่งที่เหมือนกันคือ ต่างก็ขึ้นชอปปี้แบบเย็นกันมากกว่าดื่มแบบร้อน มีการทดลองเปลี่ยนประเภทของชาที่ใช้อยู่ตลอดเวลา เริ่มจาก ชาเขียวไข่มุก ซึ่งใช้ ชาเขียวกลั่นมะลิมาแทนชาดำที่เคยใช้ เพิ่มขนาดเม็ดไข่มุกให้ใหญ่ขึ้นมีการเพิ่มรสชาติของลูกพีช และผลพลัม ต่อมา มีการเพิ่มรสชาติของผลไม้หลากหลายชนิด ในบางสูตร ถึงกับตัดชาออกไป ไม่เหลือส่วนผสมของชาไว้เลย เพื่อคงรสชาติผลไม้ไว้ให้ได้มากที่สุด มีการค้นพบว่า น้ำผลไม้เหล่านี้ ทำให้ไข่มุกเปลี่ยนสี รวมถึงเยลลี่ชิ้นเล็กๆ ในเครื่องดื่มจำพวกชา เพราะฉะนั้น จึงมีการเลือกสีของไข่มุกให้เข้ากับเครื่องดื่มผลไม้แต่ละชนิด และเพื่อให้ได้รสชาติของชา ดำร้อนหรือชาเขียวที่ดีขึ้น อาจมีการเติมผงสกัด น้ำผลไม้ เนื้อผลไม้ น้ำเชื่อม ลงไป เมื่อใส่รวมกันในกระบอกเซคเกอร์ หรือปั่นรวมกับน้ำแข็งในเครื่องปั่นรวม เพิ่มไข่มุกและส่วนผสมอื่น ๆ เช่น วานิลลา น้ำผึ้ง น้ำเชื่อม หรือน้ำตาล

2.2.2 การตลาดชานมไข่มุก (ลงทุนแมน, 2562: ออนไลน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทุกวันนี้เครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมกันเป็นอย่างมากนั้น คือ “ชานมไข่มุก” กระแสความนิยมไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลึกซึ้งทางภูมิปัญญาให้คิดค้นเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ของชานมไข่มุกในประเทศไทยพุ่งสูงขึ้นจนมีผู้นำเข้าแบรนด์และเปิดร้านใหม่ เป็นจำนวนมากทำให้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การแข่งขันเพื่อแข่งขันผู้บริโภคในตลาดนี้ที่ความเข้มข้นและดุเดือดอย่างไม่เคยเห็นมาก่อน ชานมไข่มุกถือกำเนิดขึ้นในปี 1988 ที่ประเทศไต้หวันโดยร้านชื่อ ชุนสุ่ยถั่ง ได้คิดค้นเมนูเครื่องดื่มแบบใหม่ใส่เม็ดแป้งมันสำปะหลังต้มที่มีความเหนียวนุ่ม ผสมลงไปใต้น้ำชาที่มีความหอมเป็นทุนเดิมปรากฏว่ารสชาติเข้ากันได้พอดี ส่งผลให้ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วจนแพร่หลายไปหลายประเทศในภูมิภาคเอเชีย แม้ว่าต่อมากระแสจะซบเซาลงเนื่องจากตลาดมีแนวโน้มหันไปบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพแทน แต่อย่างไรก็ตามชานมไข่มุกเริ่มกลับมาเป็นที่พูดถึงอีกครั้งตั้งแต่ปี 2016 หลังประเทศไต้หวันมีนโยบายส่งเสริมการท่องเที่ยวให้สิทธิ์หลายประเทศเข้าไต้หวันได้โดยไม่ต้องขอวีซ่าซึ่งหน่วยงานต่าง ๆ เลือกชานมไข่มุกมาใช้เป็นสินค้าโปรโมทในฐานะเครื่องดื่มประจำชาติอีกทั้ง

แบรนด์ต่าง ๆ ได้ปรับตัวตามเทรนด์ เช่น สามารถเลือกลดระดับความหวานลงได้ มีรสชาติและส่วนผสมใหม่ๆทำให้ตลาดชานมไข่มุกกลับมาคึกคัก กลายเป็นอุตสาหกรรมหลักของไต้หวัน ปัจจุบันตลาดชานมไข่มุกทั่วโลก มีมูลค่าอยู่ที่ 62,500 ล้านบาทและมีการคาดการณ์ว่าภายในปี 2023 มูลค่าตลาดจะเติบโตไปอยู่ที่ 103,000 ล้านบาท สำหรับประเทศไทยตลาดชานมไข่มุกมีมูลค่าประมาณ 2,500 ล้านบาท ในประเทศไทยเองกระแสชานมไข่มุกได้รับความนิยมอย่างมาก ทำให้มีผู้นำเข้าแบรนด์จากไต้หวัน หรือเปิดร้านใหม่ของตัวเองเป็นจำนวนมาก แม้กระทั่งร้านอาหารบางแห่งก็เพิ่มเมนูนี้เข้าไปด้วย ตลาดชานมไข่มุกถือว่าเติบโตอย่างรวดเร็วดูได้จากรายได้บริษัทที่จำหน่ายเครื่องดื่มชานมไข่มุกที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงผลประกอบการของแบรนด์ชานมไข่มุกที่มีชื่อเสียง

ชื่อบริษัท	รายได้ปี 2559 (ล้านบาท)	รายได้ปี 2560 (ล้านบาท)	รายได้ปี 2561 (ล้านบาท)
บริษัท มิคุชา (เคพี) จำกัด แบรนด์ Mikucha	82	95	131.9
บริษัท คามู คามู จำกัด แบรนด์ Kamu	37	67	153.9
บริษัท โคอิเตะ (ประเทศไทย) จำกัด แบรนด์ Koi thé	4	62	304.2
บริษัท มาย ฟุกุ มัทชะ จำกัด แบรนด์ Fuku mactcha	72	93	152.3
บริษัท ฟู้ด แอนด์ ดริงค์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด แบรนด์ Coco fresh tea & juice	34	42	63.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

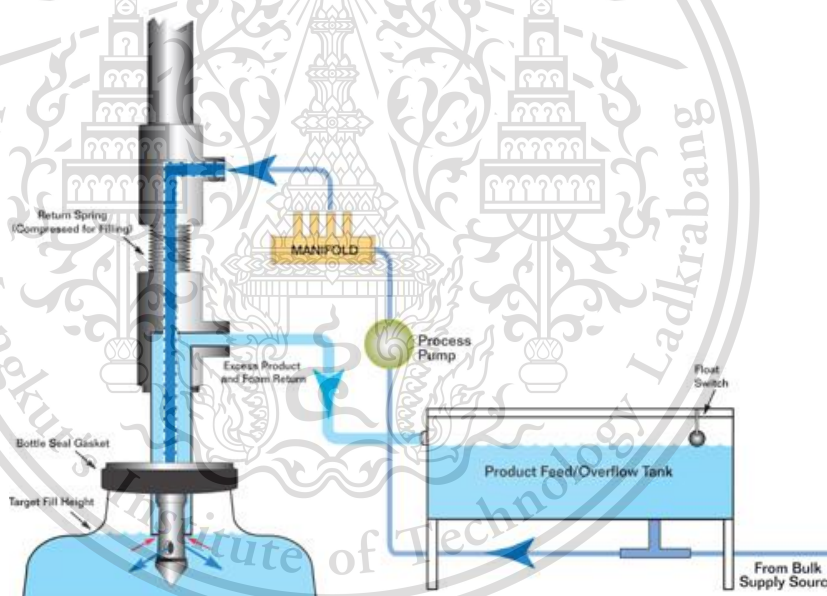
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จะเห็นได้ว่าขานมไข่มุกเป็นตลาดที่แข่งขันกันสูง แม้ส่วนใหญ่ธุรกิจจะเติบโตแต่ก็มีทั้งคนที่ได้กำไร และคนที่ขาดทุนต้องยอมรับว่า โดยพื้นฐานแล้วไม่ว่าเราจะแต่งเติมความพิเศษให้ขานมไข่มุกอย่างไร คู่แข่งก็จะพยายามเพิ่มความพิเศษเข้ามาแข่ง ทำให้หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่คนจะต้องหันไปทดลองชิมขานมไข่มุกจากเจ้าอื่น

การจะอยู่รอดได้คงต้องหาจุดเด่นของแบรนด์ตนเองที่สร้างความแตกต่าง เช่น ความพิเศษของเม็ดไข่มุก รสชาติของชา รวมถึงการสร้าง Brand loyalty ที่บางครั้งสามารถผลักดันราคาขายให้ไปถึงแก้วละร้อยบาทและในอนาคตคาดว่าตลาดขานมไข่มุกก็ยังคงเติบโตไปเรื่อย ๆ

2.3 หลักการของเครื่องบรรจุของเหลว

1) Overflow filling เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในภาชนะใส ทำงานได้ดีกับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดน้อยถึงปานกลางและผลิตภัณฑ์ที่เป็นโฟม หัวฉีดพิเศษช่วยให้เครื่องสามารถเติมแต่ละขวดให้อยู่ในระดับเดียวกันได้



รูปที่ 2.3 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Overflow

ที่มา : Aapackaging.bz (2553)

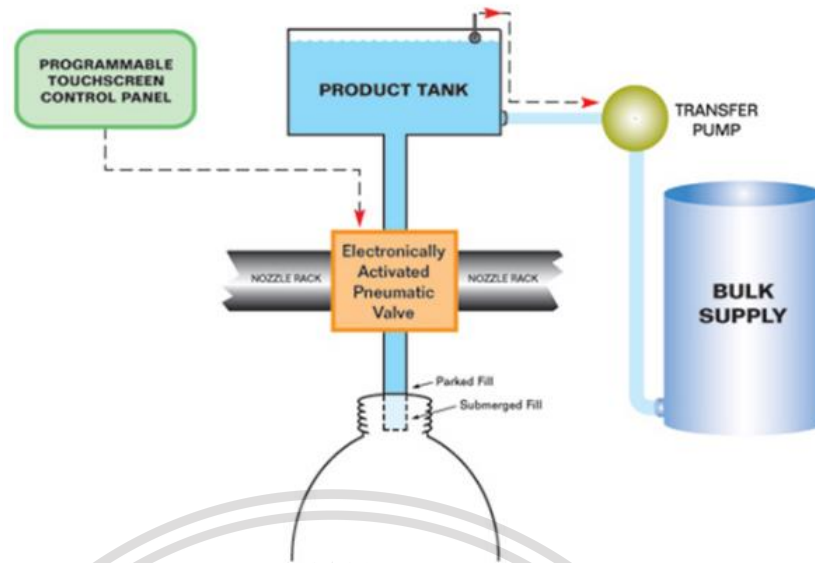
2) Gravity filling เหมาะสำหรับของเหลวหนืดน้อย ปีมจะสูบน้ำหรืออาหารเหลวจากแหล่งจ่ายขึ้นไปเก็บไว้ในถังเก็บผลิตภัณฑ์ทางด้านบน มีวาล์วควบคุมการทำงานให้เปิดและปิด เมื่อวาล์วเปิดของเหลวจะไหลตามแรงโน้มถ่วงจากถังลงสู่ภาชนะบรรจุ ระดับของของเหลวที่เติมจะถูกกำหนดด้วยระดับของท่อน้ำล้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

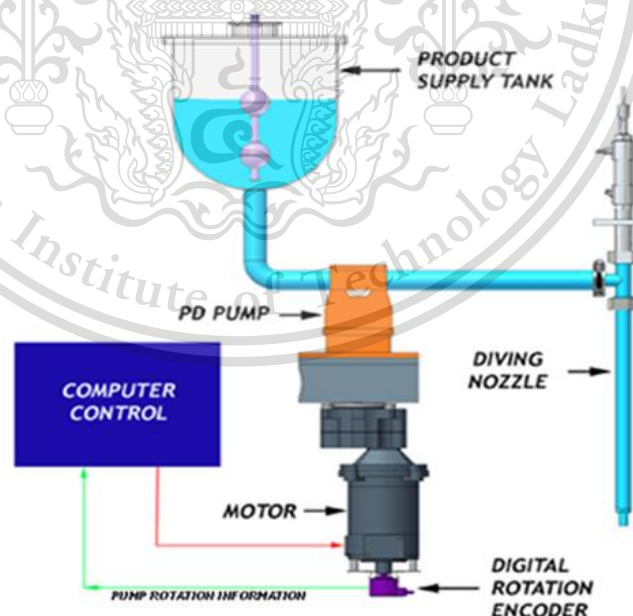
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.4 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Gravity

ที่มา : Npackfillers (2564)

3) Pump filling สามารถลำเลียงผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูง ป้อนที่ใช้กับตัวเติมของเหลวเหล่านี้จะจับคู่กับโครงการเป็นกรณีๆ ไปทำให้สามารถผลิตเครื่องบรรจุภัณฑ์ด้วยป้อนที่เหมาะสมกับที่ต้องการได้ สารเติมเต็มป้อนยังสามารถจัดการกับผลิตภัณฑ์ที่มีอนุภาคเช่นน้ำสลัดหรือสบู่



รูปที่ 2.5 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Pump

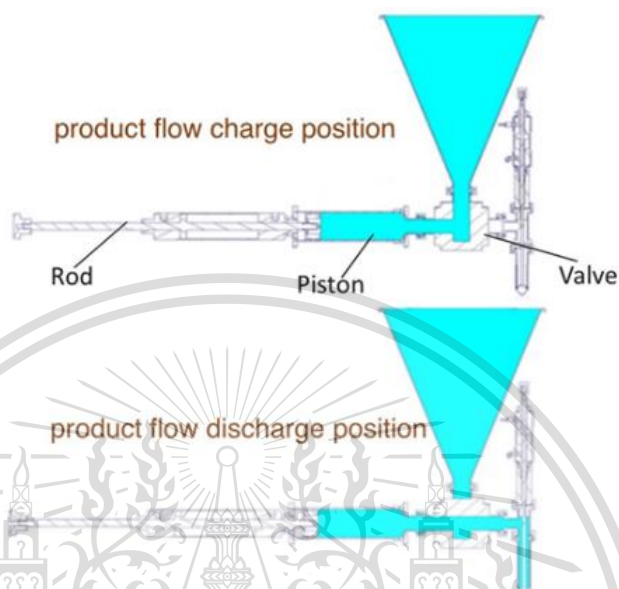
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น โปรดอย่าตีความไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มา : Npackmachine (2563)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4) Piston filling บรรจุอาหารเหลวให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการ โดยใช้กระบอกสูบ ผลิตรกัณฑ์จะไหลลงจากถังเก็บ และถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบเมื่อลูกสูบเลื่อนมาข้างหลัง โรตารีวาล์ว จะเปลี่ยนตำแหน่ง ลูกสูบถูกดันให้เลื่อนมาข้างหน้า บังคับให้ผลิตรกัณฑ์ไหลผ่านหัวบรรจุลงในบรรจุ รกัณฑ์



รูปที่ 2.6 ระบบบรรจุของเหลวแบบ Piston
ที่มา : Npackmachine (2557)

2.4 Peristaltic pump

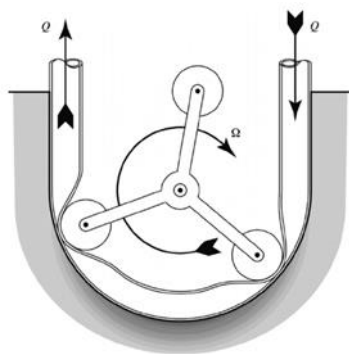
Peristaltic pump คือ ปั๊มรีดท่อ หรือปั๊มรีดสายยาง เป็นปั๊ม (Pump) ที่ถูกนำไปใช้กับงาน ได้หลากหลายรูปแบบและหลากหลายอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นปั๊มที่ไม่มีชิ้นส่วนใดของปั๊มที่จะ สัมผัสกับของเหลวในสายยางเลย (No contaminate) สามารถตั้งค่าปริมาตรที่ต้องการได้อย่าง เทียงตรง (Precision)

ปั๊มจะทำการหมุนตัว Roller ไปกดที่สายยางแล้วกดเอาของเหลวให้เคลื่อนที่ไปตาม Roller โดยสายยางจะอยู่ที่เดิม ดังนั้นเมื่อหมุน Roller ไปเรื่อยๆ ของเหลวจะสามารถย้ายจากจุดหนึ่งไปยัง อีกจุดหนึ่งได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับสิ่งใดเลยนอกจากสายยาง ความแม่นยำในการเคลื่อนที่ของของเหลว ขึ้นกับจำนวนของ Roller ที่ใช้ในการหมุน ยิ่งมากจะมีความแม่นยำมาก และขนาดของเส้นผ่าน ศูนย์กลางภายในของท่อสายยาง (Inside diameter) (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2553: ออนไลน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



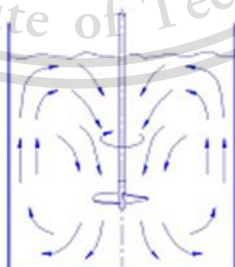
รูปที่ 2.7 แผนผังการทำงาน Peristaltic pump

ที่มา : Jordan (2558)

2.5 Mixing chamber

Mixing chamber คือ เครื่องผสมของเหลวหรือเครื่องกวน เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวต้นกำลังหรือตัวขับ เพลา และใบกวน (Impeller) หนึ่งใบหรือมากกว่า ติดตั้งอยู่บนเพลา โดยจำนวนใบมีความหมายถึงจำนวนชั้นของใบกวน (Impeller stage) สำหรับใบกวนผสม (Mixing impeller) ที่ยึดติดอยู่บนเพลาทำหน้าที่หมุนวนของเหลวเพื่อแลกเปลี่ยนสารตามความต้องการของขบวนการผลิต ใบกวนมีด้วยกันหลายแบบ โดยหลักแล้วสามารถแบ่งประเภทใบกวนได้เป็นกลุ่มใหญ่ๆ 3 กลุ่ม ตามลักษณะการไหลของของเหลว ดังนี้

1) Axial flow ของเหลวถูกดูดและไหลในแนวแกนขนานกับเพลา เช่น Marine propeller Hydrofoil และ Pitched blade turbine และใบกวนกลุ่มนี้ใช้เพิ่มการไหลของของเหลว (Pumping capacity) เหมาะสำหรับการผสมของเหลวที่สามารถละลายเข้าด้วยกัน (Blending) และการผสมของแข็งเข้ากับของเหลว (Suspension)



รูปที่ 2.8 Axial flow

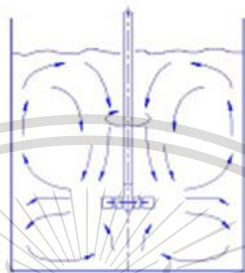
ที่มา : Wellmix (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2) Radial flow ของเหลวถูกผลักออกในแนวรัศมีหรือในแนวตั้งฉากกับแกนเพลลา เช่น Rushton disc, Saw disc, Bar disc เป็นต้น ใบกวนกลุ่มนี้ใช้เพิ่มแรงเฉือนหรืออัตราการเฉือน (Shear rate) ให้กับของเหลว เหมาะสำหรับการผสมของเหลวที่ไม่สามารถละลายเข้าด้วยกันเป็นเนื้อเดียว (Immiscible liquid) การลดขนาดของของแข็งให้แขวนลอยในของเหลวและการลดขนาดของแก๊สในของเหลว เพื่อให้เกิดการถ่ายเทมวลสาร (Mass transfer) โดยขบวนการ Emulsion dispersion และ Aeration ตามลำดับ



รูปที่ 2.9 Radial flow

ที่มา : Wellmix (2549)

3) Tangential flow ของเหลวจะไหลตามแนวสัมผัสรอบขอบถัง ทำให้สามารถถ่ายเทความร้อน (heat transfer) กับภาชนะบรรจุได้ดี เช่น Anchor paddle



รูปที่ 2.10 Tangential flow

ที่มา : Wellmix (2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 วาล์ว

วาล์ว คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของของไหล โดยวาล์วจะทำหน้าที่คือ เปิด-ปิดทางเดินของของไหล ควบคุมอัตราการไหลของของไหล สามารถปรับให้ของไหลไหลในระดับที่ต้องการเปลี่ยนทิศทางการไหลได้โดยง่าย ป้องกันการไหลย้อนกลับ และป้องกันไม่ให้ของไหลไหลมาผสมกัน ซึ่งวาล์วแต่ละแบบมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกตามการใช้งาน ดังนี้

1) Gate valve คือ วาล์วเปิด-ปิดอยู่บนท่อน้ำที่ต่อแยกออกมาจากท่อหลักก่อนเข้ามิเตอร์ พบได้ตามมิเตอร์น้ำประปาหน้าบ้าน

2) Globe valve คือ วาล์วที่ออกแบบมาเพื่อใช้ควบคุมอัตราการไหลของของไหล โดยด้านข้างของตัววาล์วจะมีลูกศรทิศทางการไหลว่าเข้าหรือออกทางไหน เช่น ก๊อกน้ำที่เป็นแบบหัวหมุนได้หลายรอบ

3) Needle valve ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลเช่นเดียวกับ Globe valve แตกต่างที่ Needle valve จะใช้ในงานที่ต้องการควบคุมอัตราการไหลที่มีความละเอียดสูง ดังนั้นเราสามารถพบวาล์วประเภทนี้ได้ในระบบขนาดเล็ก เช่น ระบบแก๊สท่อในอุปกรณ์วัดหรือในห้องปฏิบัติการวิจัย

4) Ball valve เป็นวาล์วที่ได้รับความนิยมมาก สามารถพบได้ตามอาคารบ้านเรือนต่าง ๆ ที่ใช้ก๊อกน้ำแบบเป็นก้านหมุนเพียง 90 องศา ก็สามารถเปิด-ปิดวาล์วได้สนิท โดยอาจใช้วัสดุพอลิเมอร์เป็นตัวปิดผนึกกันการรั่วซึมระหว่าง body ของตัววาล์วกับลูกบอล ซึ่งวัสดุชนิดนี้มักจะทนอุณหภูมิสูงไม่ได้ ดังนั้นการใช้ Ball valve ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิการใช้งานด้วย



รูปที่ 2.11 Ball valve

ที่มา : Sanwa (2561)

5) Butterfly valve หรือ วาล์วปีกผีเสื้อ ทำหน้าที่ได้เช่นเดียวกับ Ball valve โดยโครงสร้างของ Butterfly valve จะใช้แผ่นจานแบนๆ หมุนไปมาได้มุม 90 องศา ถ้าแผ่นจานนี้วางตัวขนานกับทิศทางการไหลก็จะเป็นการเปิดวาล์วได้เต็มที่ และถ้าวางตั้งกับทิศทางการไหลก็จะเป็นการปิดวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้เฉพาะที่องค์กรศึกษาเท่านั้น ไม่เอามาตีพิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

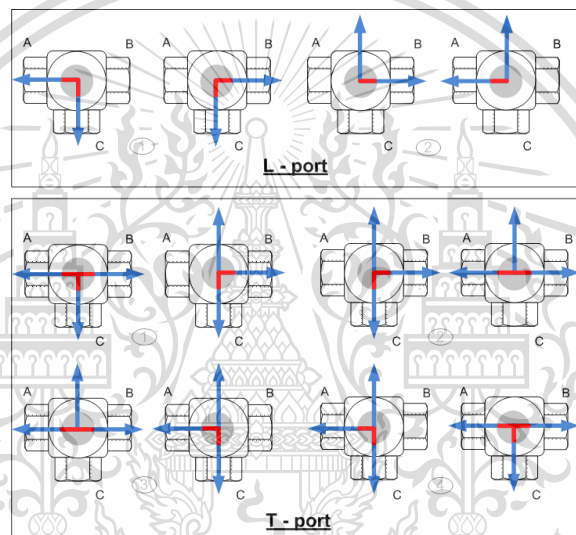
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6) Three way valve หรือ วาล์ว 3 ทาง ซึ่งจะมีทางเข้า-ออก 3 ทาง เพื่อเปลี่ยนทิศทางการน้ำ บอลวาล์วแบบ 3 ทางนั้นเรียกว่า L-port หรือ T-port



รูปที่ 2.12 Three way valve

ที่มา : Sanwa (2561)



รูปที่ 2.13 การทำงานแบบ L-port และ T-port

ที่มา : Pneuma (2560)

7) Air vent valve เป็นวาล์วสำหรับไล่อากาศในท่อ มักติดตั้งไว้ที่ปลายบนสุดของท่อ

8) Ball float valve หรือ วาล์วลูกลอย ใช้สำหรับเปิด-ปิดน้ำโดยอาศัยลูกลอย เช่น ลูกลอยในชักโครก

9) Duo check valve เป็นวาล์วสำหรับบังคับให้น้ำไหลไปทางเดียว ปลาย ป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ

10) Spring check valve หรือ Disco check valve เป็นวาล์วสำหรับบังคับให้น้ำไหลไป

ทางเดียว และ ป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ อาศัยแรงดันจากสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียน เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ย้อนกลับ โดยใช้บานพับ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

12) Foot valve หรือ วาล์วหัวกะโหลก มีคุณสมบัติป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ ใช้ติดตั้งไว้ได้บ่อยหรือกันบ่อย

13) Knife valve หรือ วาล์วใบมีด เป็นวาล์วปิด-เปิด ในท่อที่มีสิ่งสกปรก เช่น ขยะ กระดาษ หรือของเหลวที่มีความหนืด เนื่องจากมีใบมีดซึ่งมีความคมสำหรับตัด

14) Piston valve หรือ วาล์วลูกสูบ หรือ วาล์วไอน้ำ ใช้กับของไอที่มีอุณหภูมิสูง เช่น น้ำร้อน หรือ ไอน้ำ

15) Pressure reducing valve หรือ วาล์วลดแรงดัน เป็นวาล์วสำหรับบายพาสน้ำส่วนเกิน เพื่อรักษาแรงดันในระบบ สามารถ Reducing แรงดันเข้ามาแล้วลดลง แล้วออกไปใช้งานเลย

16) Safety valve เป็นวาล์วนิรภัยที่ใช้กับก๊าซหรือไอน้ำเท่านั้น จะเริ่มเปิดเมื่อถึงความดันที่ตั้งไว้ และจะเปิดเต็มที่เมื่อความดันสูงกว่าที่ตั้งไว้ 3% จากนั้นเมื่อความดันลดลงมาต่ำกว่า 3% จะปิด

17) Solenoid valve เป็นวาล์วที่ควบคุมการปิดเปิดด้วยไฟฟ้า โดยใช้แกนแม่เหล็กเหนี่ยวนำ

18) Pressure relief valve เป็นวาล์วสำหรับบายพาสน้ำส่วนเกินเพื่อรักษาแรงดันในระบบ เมื่อแรงดันเข้ามาแล้วลดลง ส่วนที่แรงดันเกินจะถูกส่งกลับไปที่เขาเข้าใหม่

19) Steam trap valve หรือ วาล์วดักน้ำ สามารถใช้ได้ 3 ลักษณะ คือ 1) ระบายคอนเดนเสท 2) ป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำ 3) สามารถระบายอากาศหรือก๊าซ

2.7 Arduino

(อา-ดู-อี-โน้ หรือ อาดูยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไลบรารีของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การสั่งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

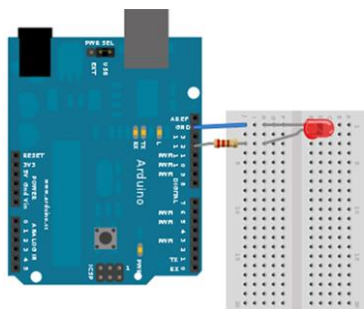
ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino shield) ประเภทต่างๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น

เอกสารนี้เป็น Arduino Xbee Shield, Arduino music shield, Arduino relay shield, Arduino GPRS shield การค้า

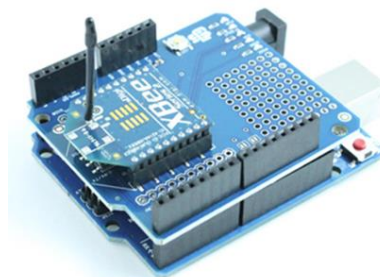
ไม่ว่ากรณีใดเป็นต้น มาเสียกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.14 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED



รูปที่ 2.15 บอร์ด Arduino ต่อกับ Xbee shield

ที่มา : Embeddedbblog (2559)

2.8 การทำความสะอาดอุปกรณ์

การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางจุลินทรีย์ดีนั้น การทำความสะอาดอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากผิวของอุปกรณ์ที่สัมผัสกับน้ำนมจะเป็นแหล่งสำคัญในการปนเปื้อนจุลินทรีย์เข้าไปในผลิตภัณฑ์นม จุลินทรีย์จะเจริญอย่างรวดเร็วโดยใช้น้ำนมที่ติดอยู่กับอุปกรณ์เป็นอาหาร และจุลินทรีย์นี้จะปนเปื้อนลงในน้ำนมที่จะผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในครั้งต่อไป ดังนั้นจึงต้องทำความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ ทันทีหลังจากผลิตผลิตภัณฑ์นม และเมื่อทำความสะอาดแล้วจะต้องทำการสเตอริไลซ์ผิวของอุปกรณ์ด้วย เพื่อทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่อาจเหลืออยู่ สุรียานานาสมบัติ (2539, หน้า 208-213) กล่าวว่า การทำความสะอาดอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมนมจะต้องประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การเก็บกวาดผลิตภัณฑ์ที่ตกค้าง ก่อนที่จะทำความสะอาดอุปกรณ์ควรเก็บกวาดน้ำผลิตภัณฑ์ที่ตกค้างอยู่ออกให้หมด เพื่อช่วยลดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ตกค้างยังคงมีคุณภาพใช้ได้และเพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้ง่ายขึ้น ยิ่งกว่านั้นการที่มีผลิตภัณฑ์ตกค้างจำนวนมากถูกชะล้างลงไปใ้ในท่อระบายน้ำจะเป็นการเพิ่มภาระทำให้การกำจัดน้ำเสียยุ่งยากขึ้นซึ่งจะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น ฉะนั้นก่อนที่จะล้างอุปกรณ์ควรใช้เวลาเพียงพอที่ผลิตภัณฑ์จะออกมาจากเครื่องได้หมด ถ้ามีผลิตภัณฑ์ติดอยู่จะต้องแกะออกก่อนล้างส่วนน้ำนมที่ค้างตามท่อจะต้องใช้ลมเป่าออกไปก่อนที่จะล้างด้วยน้ำ

2) การชะด้วยน้ำ ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องกระทำเพื่อกำจัดน้ำนมที่ติดอยู่ออกให้หมดทันทีที่อุปกรณ์ได้สิ้นสุด การทำงานจะต้องชะด้วยน้ำก่อนเสมอ มิฉะนั้นน้ำนมที่ตกค้างอยู่จะแห้งและติดแน่นบนอุปกรณ์ทำให้ล้างได้ยากขึ้น การชะด้วยน้ำก่อนการล้างนี้สามารถกำจัดสิ่งทีละลายได้ซึ่งตกค้างอยู่ได้ถึงร้อยละ 90 ไชมันนมจะถูกชะล้างออกได้ง่ายด้วยน้ำอุ่น แต่ไม่ควรให้อุณหภูมิของน้ำสูงเกิน 60 องศาเซลเซียสเพราะจะทำให้โปรตีนนมตกตะกอนเป็นผลให้ล้างได้ยากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปเผยแพร่ชนดานการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมเห็ดดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3) การใช้สารทำความสะอาดการทำความสะอาดอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพจะเกิดได้ต่อเมื่อเลือกใช้สารทำความสะอาดที่เหมาะสม ซึ่งชนิดของสารทำความสะอาดที่เลือกใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความเข้มข้นของสิ่งสกปรก ชนิดของสิ่งสกปรก วิธีการทำความสะอาด (การใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องช่วยล้าง) ชนิดของอุปกรณ์และชนิดของวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์นั้น

4) การล้างด้วยน้ำสะอาดหลังจากทำความสะอาดด้วยสารทำความสะอาดแล้วจะต้องล้างด้วยน้ำสะอาดที่เป็นน้ำอ่อน โดยล้างเป็นระยะเวลาานพอที่จะไม่ให้มีสิ่งตกค้างที่อาจปนเปื้อนลงใต้น้ำนมได้

5) การตรวจผลของการทำความสะอาดขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จำเป็นต้องกระทำ เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ที่ผ่านการทำความสะอาดนั้นมีความสะอาดอย่างสมบูรณ์จริง ๆ โดยไม่มีสิ่งสกปรกตกค้างอยู่ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ที่ผ่านการทำความสะอาดตั้งแต่ขั้นต้นอาจมีจุลินทรีย์เหลืออยู่บ้าง ดังนั้นควรทำลายจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ให้หมดโดยการสเตอริไลซ์

6) การฆ่าเชื้อพื้นผิวของอุปกรณ์หรือเครื่องมือ สามารถทำได้โดยการใช้สารฆ่าเชื้อดังได้กล่าวแล้วในเบื้องต้น

7) การทำให้ผิวของอุปกรณ์แห้ง วัตถุประสงค์ที่ต้องทำให้ผิวของอุปกรณ์แห้ง เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่อาจเหลืออยู่หรือเพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอากาศ ถ้าหากอุปกรณ์ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำหรือน้ำร้อนอาจไม่ต้องกระทำขั้นตอนนี้ เนื่องจากผิวของอุปกรณ์จะแห้งอย่างรวดเร็วหลังการฆ่าเชื้อ แต่ถ้าอุปกรณ์ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีก็จำเป็นต้องทำให้ผิวของอุปกรณ์แห้งหลังการฆ่าเชื้อ เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าหากมีเศษนมตกค้างอยู่

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Theerapong (2014) ศึกษา เปรียบเทียบปริมาณทางเคมีและความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของชาเขียวที่ปลูกในประเทศไทย พบว่าชาพันธุ์อัสสัมมีคาเฟอีนและระดับโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าพันธุ์จีน มีคาเทชินในชาพันธุ์อัสสัมมากกว่าชาพันธุ์จีน

Vyacheslav et al. (2019) ออกแบบเครื่องบารเทนเดอร์โดยใช้ Peristaltic pump ที่มีความแม่นยำสูง สามารถทำค็อกเทลทั้งแบบผสมและแบบแยกชั้นโดยใช้ระบบควบคุม Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

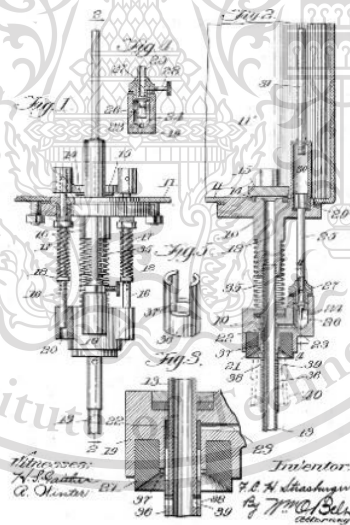
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูป 2.16 ระบบที่พัฒนาขึ้นสำหรับการจ่ายของเหลวที่มีความแม่นยำสูง
ที่มา : Vyacheslav et al (2562)

2.9.2 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

เครื่องบรรจุขวดเปียร์ (Frank, 1904) การทำงานโดยพื้นฐานคือการบรรจุของเหลวในปริมาณที่ต้องการลงในขวด มีพื้นที่ว่างบริเวณคอขวดเปียร์เพื่อให้เปียร์ขยายตัวในกระบวนการฆ่าเชื้อ โดยการบรรจุจะใช้สปริงควาล์วเติมสำหรับบรรจุขวด



รูปที่ 2.17 เครื่องบรรจุขวดเปียร์

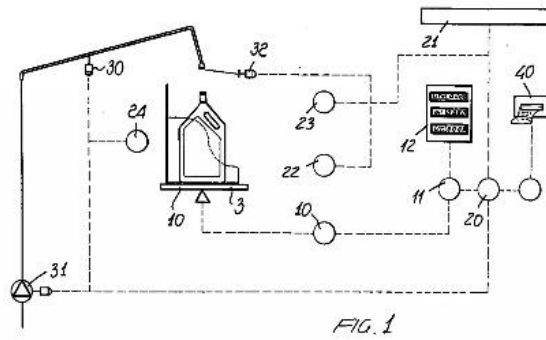
ที่มา : Frank (1904)

เครื่องเติมอัตโนมัติ (Fuger, 1995) สำหรับเติมขวด และอื่นๆ มีการตรวจจับน้ำหนักของ

ภาชนะ ตรวจจับขวดที่ไม่เหมาะสมในการบรรจุ กำหนดจำนวนที่ตั้งไว้ล่วงหน้า แจ้งเตือนผู้ใช้ให้นำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ขวดที่บรรจุแล้วออก โดยมีไหลด์เซลล์สำหรับตรวจจับน้ำหนักที่เชื่อมต่อกับจอแสดงผล ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.18 เครื่องเติมอัตโนมัติ

ที่มา : Fuger (1995)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 การทดลองเบื้องต้น

3.1.1 การศึกษาความหนาแน่นของวัตถุดิบแต่ละชนิด

นำวัตถุดิบแต่ละชนิดมาตวงด้วยกระบอกตวง 50 mL จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 1 ตำแหน่ง (European brewery convention, EBC) และ นำไปคำนวณหาความหนาแน่น การทดลองทำที่อุณหภูมิห้อง และทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง



รูปที่ 3.1 ชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบด้วยเครื่องชั่ง

3.1.2 การศึกษาความหนืดของวัตถุดิบแต่ละชนิด

นำวัตถุดิบแต่ละชนิดปริมาตร 500 ml ใส่ บีกเกอร์ 600 ml จากนั้นหาความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield การทดลองทำที่อุณหภูมิห้อง และทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดรูปที่ 3.2 วัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.3 การศึกษาอัตราการไหลของวัตุดิบแต่ละชนิด

นำวัตุดิบแต่ละชนิดปริมาตร 500 ml มาใส่ ปีกเกอร์ 600 ml จากนั้นติดตั้ง Peristaltic pump เข้ากับปีกเกอร์ที่มีวัตุดิบใส่อยู่ และ ปีกเกอร์เปล่า เริ่มจับเวลาพร้อมกับกดปุ่มเริ่มทำงาน เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นกดหยุดเวลาพร้อมหยุดทำงานของ Peristaltic pump นำวัตุดิบที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราการไหล และทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

3.1.4 คำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump

การคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump ใช้ความหนาแน่นของเหลวที่ได้จากข้อที่ 3.1.1 ความหนืดจากข้อที่ 3.1.2 และอัตราการไหลสูงสุด มาคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump ตามสมการดังต่อไปนี้

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (3.1)$$

$$h_{Lmajor} = f \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g}, \quad f = \frac{64}{Re} \quad (3.2)$$

$$h_{Lminor} = K \frac{v^2}{2g} \quad (3.3)$$

$$TDH = H_{Lift} + h_{Lmajor} + h_{Lminor} \quad (3.4)$$

$$Power = \frac{g \times TDH \times Q}{\% \text{ efficiency of pump}} \quad (3.5)$$

โดย l = ความสูงจากห้องเก็บวัตุดิบไปปั๊ม (m)

v = ความเร็ว (m/s)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อซิลิโคน (m)

g = ความเร่งโน้มถ่วง (m/s²)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.3 Peristaltic pump ที่ใช้

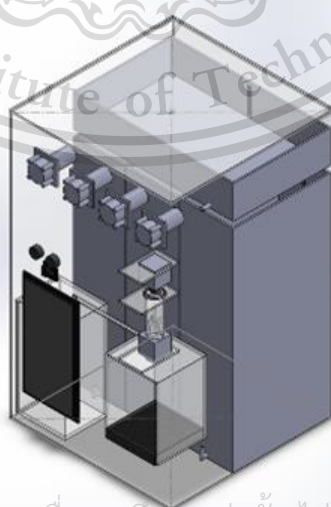
3.1.5 การศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการผสม

จำลองห้องผสมส่วนผสมโดยใช้มอเตอร์และใบผสมส่วนผสมจริงตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นเริ่มจับเวลาเมื่อมอเตอร์เริ่มทำงาน หยุดมอเตอร์และนำตัวอย่างมาวัดค่า Brix ทุก ๆ 3 วินาที ทำซ้ำจนกว่าค่า Brix จะคงที่ เมื่อคงที่แล้วถือว่าเป็นเวลาที่ทำให้ผสมกันจนเป็นเนื้อเดียวกัน ระยะเวลาการผสมที่ยอมรับได้คิดเป็น 90% ของระยะเวลาทั้งหมด

3.2 การออกแบบ

3.2.1 การออกแบบเครื่อง

ส่วนประกอบหลักของต้นแบบเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ชุดเก็บวัตถุดิบ ชุดบรรจุ ชุดผสม และ ระบบควบคุม

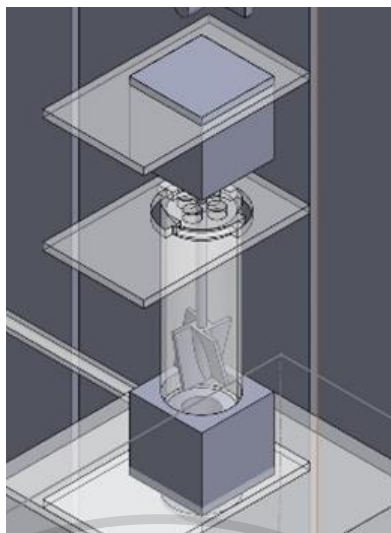


รูปที่ 3.4 ต้นแบบเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.5 ต้นแบบเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติในส่วนห้องผสม



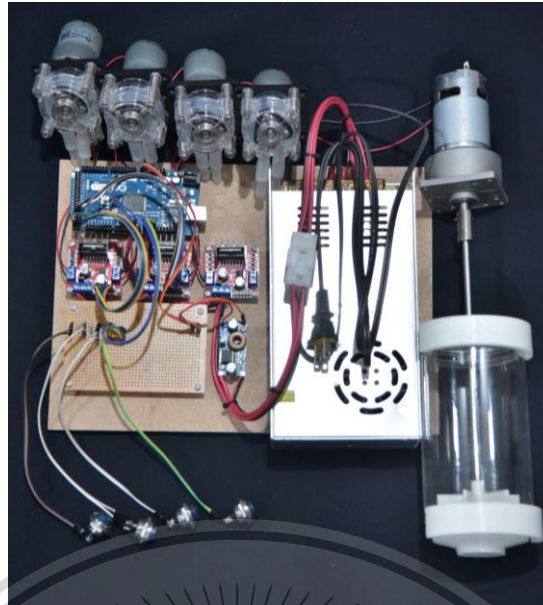
รูปที่ 3.6 ต้นแบบเครื่องผลิตขานมแบบกึ่งอัตโนมัติด้านหลังเครื่อง

- 1) ชุดเก็บวัตถุดิบ ทำหน้าที่เก็บวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขานม
- 2) ชุดบรรจุ ทำหน้าที่ลำเลียงวัตถุดิบจากห้องเก็บวัตถุดิบไปยังห้องผสม
- 3) ชุดผสม ทำหน้าที่ผสมวัตถุดิบทุกชนิดให้เข้ากัน บรรจุผลิตภัณฑ์ลงภาชนะ และรับน้ำเปล่ามาปั่นล้างก่อนการผสมครั้งถัดไป
- 4) ระบบควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.7 ระบบควบคุมและอุปกรณ์ต่าง ๆ

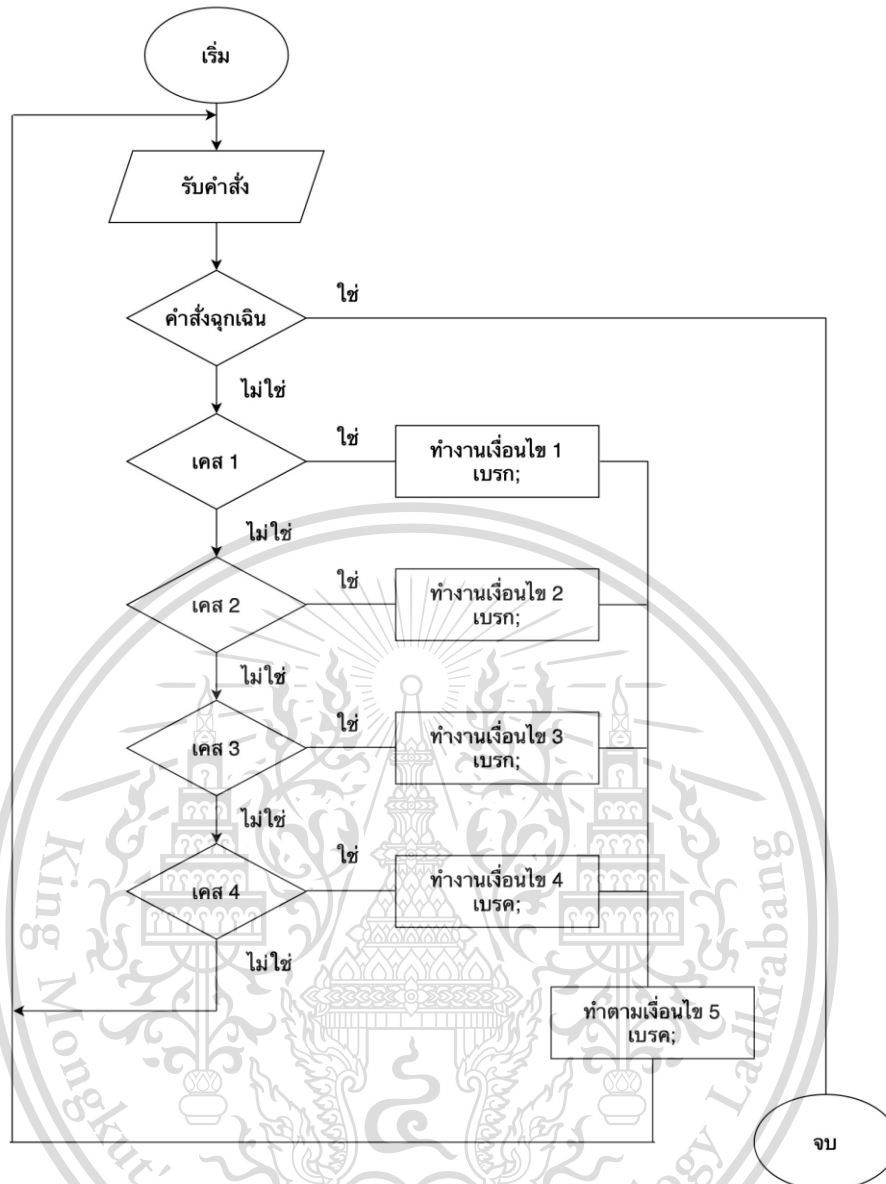
3.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง

- 1) กดปุ่มเริ่มทำงาน
- 2) Peristaltic pump ลำเลียงวัตถุดิบแต่ละชนิด ได้แก่ น้ำชา นมสด นมข้นหวาน ไปยังห้องผสมส่วนผสม และ ใบกวนส่วนผสมหมุนเป็นเวลาตามเวลาที่กำหนดเพื่อผสมส่วนผสม
- 3) บอลวาล์ว 3 ทางไฟฟ้า เคลื่อนที่เปิดในทิศทางที่ 1 เพื่อบรรจุผลิตภัณฑ์ลงในบรรจุภัณฑ์
- 4) บอลวาล์ว 3 ทางไฟฟ้า เคลื่อนที่ปิด
- 5) Peristaltic pump ลำเลียงน้ำเปล่าไปยังห้องผสมส่วนผสม ใบกวนหมุนเพื่อปั่นล้างทำความสะอาดชุดผสม
- 6) บอลวาล์ว 3 ทางไฟฟ้า เคลื่อนที่เปิดในทิศทางที่ 2 เพื่อปล่อยน้ำล้างทิ้งออกสู่ด้านนอก
- 7) บอลวาล์ว 3 ทางไฟฟ้า เคลื่อนที่ปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.8 แผนผังการทำงานของระบบควบคุม

3.3 การทดสอบสมรรถนะของเครื่อง

3.3.1 การทดสอบในการลำเลียงวัตถุบับแต่ละชนิด

ทดสอบความถูกต้อง โดยการชั่งน้ำหนักวัตถุบับแต่ละชนิดที่ Peristaltic pump ได้ลำเลียงมาจากถังเก็บวัตถุบับในเวลาเดียวกัน ได้แก่ น้ำชา นมข้นหวาน และ นมสด จำนวนอย่างละ 3 ตัวอย่าง ปริมาตรแต่ละตัวอย่างได้แก่ 200 ml 30 ml 30 ml ตามลำดับ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

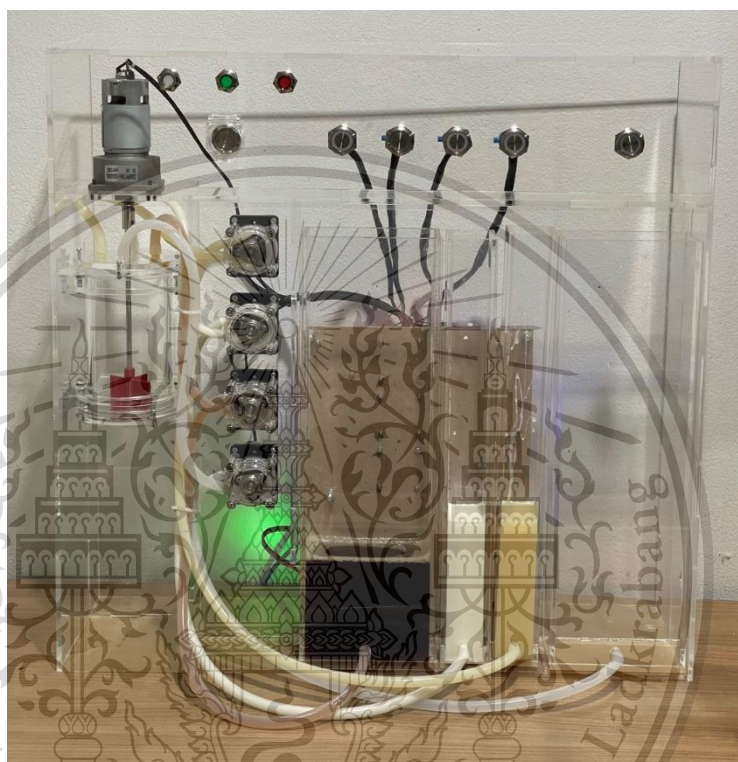
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3.2 การทดสอบความถูกต้องของการผลิตขานม

ทดสอบความถูกต้อง โดยการวัดปริมาตรขานมที่ได้จากเครื่องทั้ง 4 สูตร สูตรละ 3 ตัวอย่าง จากนั้นคำนวณหาค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

3.3.3 การทดสอบอัตราการผลิตของเครื่อง

ทดสอบอัตราการผลิตของเครื่องด้วยการจับเวลา โดยเริ่มจับเวลาตั้งแต่กดปุ่มเริ่มทำงานจนกระทั่งเครื่องหยุดทำงาน



รูปที่ 3.9 เครื่องต้นแบบผลิตขานมกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเบื้องต้น

4.1.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบ

ผลการทดลองการศึกษสมบัติทางกายภาพของ น้ำชา นมสด นมข้นหวาน และน้ำ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ผลการศึกษาความหนาแน่นของวัตถุดิบด้วยกระบอกตวงแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก ผลการศึกษาความหนืดของวัตถุดิบด้วยเครื่อง Brookfield และผลการศึกษาอัตราการไหลของวัตถุดิบด้วยการใช้ Peristaltic pump แล้วจับเวลา

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาแน่น ความหนืด และ อัตราการไหล ของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำชา นมสด นมข้นหวาน โดยนำมาเปรียบเทียบกับน้ำ ดังตารางที่ 4.1 พบว่า มีค่าเฉลี่ยความหนืดของนมข้นมากที่สุด คือ $3085.33 \times 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$ และมีค่าเฉลี่ยความหนืดของชาน้อยที่สุด คือ $1.89 \times 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$ มีค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของน้ำมากที่สุด คือ 6.98 g/s และมีค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของนมข้นน้อยที่สุด คือ 1.967 g/s

ตาราง 4.1 ผลการทดลองการศึกษสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบแต่ละชนิด

ตัวอย่าง	น้ำหนัก (ml)	ความหนาแน่น (g/ml)	ความหนืด (kg/(m.s))	อัตราการไหล (g/sec)
น้ำชา	49.40 ± 0.10	$0.99 \pm 2 \times 10^{-3}$	$1.89 \times 10^{-3} \pm 1.15 \times 10^{-5}$	6.96 ± 0.02
นมสด	50.60 ± 0.10	$1.012 \pm 2 \times 10^{-3}$	$2.66 \times 10^{-3} \pm 0.58 \times 10^{-5}$	6.82 ± 0.01
นมข้นหวาน	63.60 ± 0.26	$1.272 \pm 5 \times 10^{-3}$	$3085.33 \times 10^{-3} \pm 1539.96 \times 10^{-5}$	1.97 ± 0.19
น้ำ	49.17 ± 0.15	$0.983 \pm 3 \times 10^{-3}$	$1.95 \times 10^{-3} \pm 1.503 \times 10^{-5}$	6.98 ± 0.01

4.1.2 ผลการคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาแน่น ความหนืด และ อัตราการไหล ดังตารางที่ 4.1 มาคำนวณสมการ Total dynamic head (TDH) ตรวจสอบ จากค่า Head loss major และ Head loss minor เพื่อนำมาคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump ที่ตาราง 4.2

พบว่านมข้นหวานต้องใช้กำลังมากที่สุดในการป้อนจากห้องเก็บวัตถุดิบไปยังห้องผสม คือ 4.87 W จึงจะดูวัตถุดิบได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ หวังสน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สมมติฐาน

1. $l = 1 \text{ m}$
2. $Q = 400 \text{ ml/min}$
3. $D = 6.4 \text{ mm}$
4. $K = 0.8$
5. ประสิทธิภาพของปั๊ม = 70%

ตาราง 4.2 ผลการคำนวณหาขนาดของ Peristaltic pump

ตัวอย่าง	Head loss major (m)	Head loss minor (m)	TDH (m)	Power (W)
ชา	0.03	1.75×10^{-3}	1.03	0.10
นม	0.04	1.75×10^{-3}	1.05	0.09
นมข้นหวาน	40.02	1.75×10^{-3}	41.02	4.87
น้ำ	0.03	1.75×10^{-3}	1.03	0.10

4.1.3 ผลการทดลองหาระยะเวลาในการผสม

การคำนวณหาระยะเวลาในการผสม โดยเริ่มจับเวลาเมื่อมอเตอร์เริ่มทำงาน ใช้ครอปเปอร์ดูตัวอย่างมาวัดค่า Brix ทุก ๆ 3 วินาที ทำซ้ำจนกว่าค่า Brix จะคงที่ ตามตารางที่ 4.3 พบว่าทุก ๆ สูตร ความหวานทั้ง 25% 50% 75% และ 100% ค่าบริกซ์คงที่อยู่ที่ 9 วินาที ถือเป็นระยะเวลาทั้งหมด ซึ่ง 90% ของ 9 วินาที คือ เวลาที่ยอมรับได้ คือ 8.1 วินาที

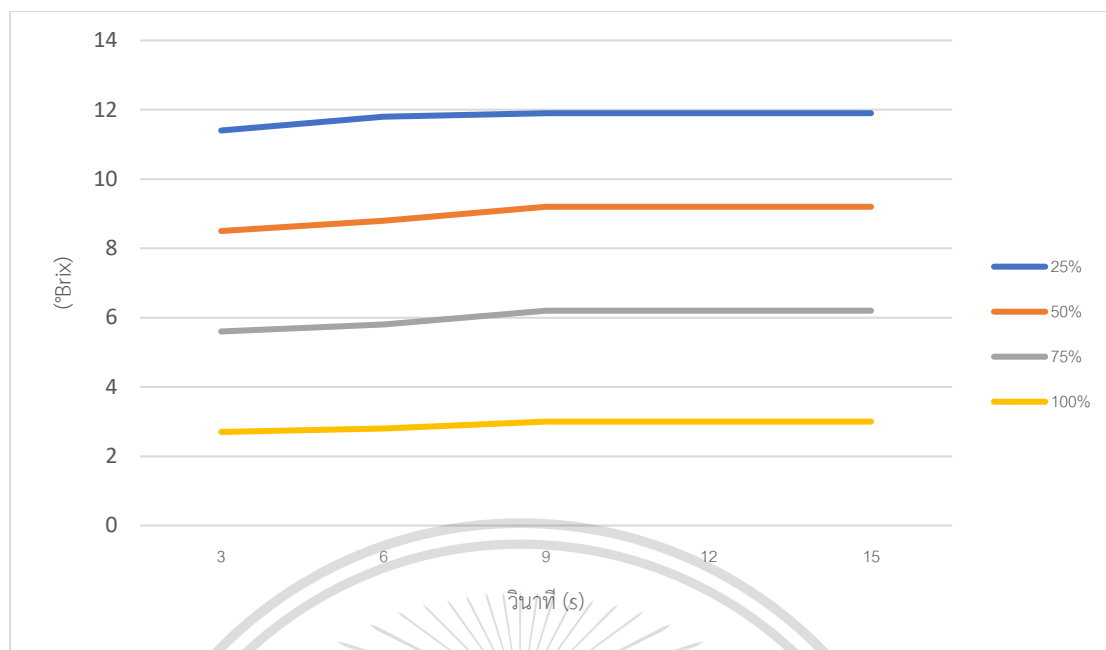
ตาราง 4.3 ผลการคำนวณหาระยะเวลาในการผสม

ระดับความหวาน	วินาทีที่ 3 (°Brix)	วินาทีที่ 6 (°Brix)	วินาทีที่ 9 (°Brix)	วินาทีที่ 12 (°Brix)	วินาทีที่ 15 (°Brix)
25%	11.4	11.8	11.9	11.9	11.9
50%	8.5	8.8	9.2	9.2	9.2
75%	5.6	5.8	6.2	6.2	6.2
100%	2.7	2.8	3.0	3.0	3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ขององศาบริกซ์กับระยะเวลาของการผสม

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่อง

4.2.1 ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตถุดิบแต่ละชนิด

การทดสอบความถูกต้องของวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยเมื่อป้อนลำเลียงวัตถุดิบ คือ น้ำชา นมสด และนมข้นหวาน เสร็จสิ้นในแต่ละครั้ง ทั้งหมด 3 ครั้ง แล้วนำค่ามาเฉลี่ยเทียบกับปริมาณที่ต้องการ จากตาราง 4.4 พบว่า นมข้นหวานมีความผิดพลาดน้อยที่สุด รองลงมาเป็น น้ำชา และนมสดมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด

ตาราง 4.4 ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตถุดิบแต่ละชนิด

ตัวอย่าง	ปริมาตรที่ ต้องการ (ml)	ปริมาตรเฉลี่ย (ml)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความผิดพลาด (%)
น้ำชา	200	203.51	2.20	1.75
นมสด	30	31.09	0.15	3.65
นมข้นหวาน	30	30.42	0.42	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของการผลิตขานม

การทดสอบความถูกต้องของการผลิตขานม จากตาราง 4.5 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาตรสุดท้ายจากการทดสอบลำเลียงปริมาตรวัตถุดิบทั้ง 3 ครั้ง ในแต่ละระดับความหวาน มาเทียบกับปริมาตรที่ต้องการ แล้วนำมาคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด จะเห็นได้ว่า แต่ละระดับความหวานมีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0.78-3.23%

ตาราง 4.5 ผลการทดสอบความถูกต้องของการผลิตขานม

ระดับความหวาน	ปริมาตรที่ ต้องการ (ml)	ปริมาตรเฉลี่ย (ml)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความผิดพลาด (%)
25%	260	262.03	2.76	0.78
50%	260	268.39	1.33	3.23
75%	260	265.03	1.68	1.93
100%	260	265.66	3.03	2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

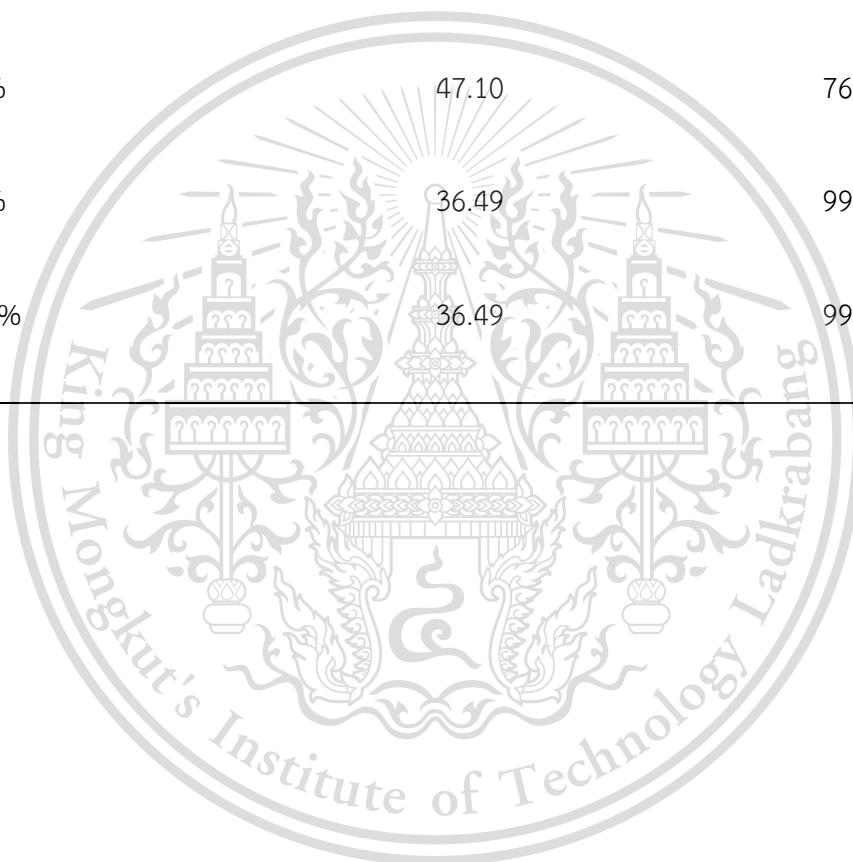
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3 ผลการทดสอบอัตราการผลิตของเครื่อง

ผลการทดสอบอัตราการผลิตของเครื่อง จากตารางที่ 4.6 อัตราการผลิตอยู่ในช่วง 60-99 แก้วต่อชั่วโมง

ตาราง 4.6 ผลการทดสอบอัตราการผลิตของเครื่อง

ระดับความหวาน	เวลาในการผลิต (วินาทีต่อแก้ว)	อัตราการผลิต (แก้วต่อชั่วโมง)
25%	60.10	60
50%	47.10	76
75%	36.49	99
100%	36.49	99



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดลองเบื้องต้น

5.1.1.1 จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบทั้งหมดพบว่า นมชั้นหวานมีน้ำหนัก ความหนาแน่น และความหนืดมากที่สุด แต่มีอัตราการไหลน้อยที่สุด ส่วนน้ำขามีน้ำหนัก ความหนาแน่น และความหนืดน้อยที่สุด แต่มีอัตราการไหลมากที่สุด

5.1.1.2 ขนาดของ Peristaltic Pump ที่ต้องใช้โดยอ้างอิงจากนมชั้นหวาน คือ 4.87 วัตต์

5.1.1.3 การหาระยะเวลาของการผสมส่วนผสมของแต่ละระดับความหวาน ค่าบริคซ์คงที่อยู่ที่ 9 วินาที ถือเป็นระยะเวลาที่การผสมสำเร็จ ซึ่งเวลาที่ยอมรับได้ คือ 90% ของ 9 วินาที ซึ่งเวลาที่ยอมรับได้ คือ 8.1 วินาที

5.1.2 การทดสอบสมรรถนะของเครื่อง

5.1.2.1 การทดสอบความถูกต้องของปริมาตรวัตถุดิบแต่ละชนิด พบว่านมชั้นหวานมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด และนมสดมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด

5.1.2.2 เครื่องสามารถลำเลียงวัตถุดิบได้ในปริมาตรใกล้เคียงกับปริมาตรที่ต้องการโดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ในช่วง 0.28-3.23%

5.1.2.3 อัตราการผลิตอยู่ในช่วง 60-99 แก้วต่อชั่วโมง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการทดลองนี้มีส่วนผสมซึ่งเป็นวัตถุดิบ ควรเก็บอยู่ในอุณหภูมิที่เย็น ดังนั้นควรมีการติดตั้งระบบทำความเย็นให้กับระบบเพื่อรักษาอุณหภูมิและป้องกันเชื้อโรคเจริญเติบโต

2) ควรศึกษาเวลาปั่นล้างทำความสะอาดที่แน่นอนในการการปล่อยน้ำเปล่าผ่านบอลวาล์วทางที่ 3 เพื่อล้างทำความสะอาดชุดผสมหลังจากผสมวัตถุดิบเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บรรณานุกรม

- ปิยวรรณ ศุภวิทิตพัฒนา. 2556. **การทำความสะดวกอัดอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรมนม**. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2553. **Peristaltic pump**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3809/peristaltic-pump>
- ลงทุนแมน. 2562. **ตลาดทะเลเลือด ขานมไข่มุก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.facebook.com/longtunman/posts/530745477458065/>
- สถาปัทม์ ปลดเปลื้อง และ อนรรักษ์ ทับปล้น. 2555. “การพัฒนาเครื่องปัมน้ำพลังเหยียบ.” ปรินญา นิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน.
- สมาคมผู้ฝึกสอนชาญี่ปุ่น. 2553. “ประเภทของชา”. **สารานุกรมชา ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์บลูสกาย บุ๊คส์. หน้า 56-118
- สิริชัย สุรัตน์ชัยการ. 2555. **การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องบรรจุยาน้ำ**. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุรีย์ นานาสมบัติ. 2539. **เทคโนโลยีของนมและผลิตภัณฑ์นม**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Liquidpackagingsolution. **Filling Machines and Equipment for Free-flowing Liquids**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.liquidpackagingsolution.com/news/filling-machines-and-equipment-for-free-flowing-liquids>
- Pakoengadm. 2559. **การเลือกใช้วาล์วแต่ละประเภท**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://pakoenengineering.com/blog/2016/การเลือกใช้วาล์วแต่ละป/>
- Papang. 2561. **ต้นกำเนิดชาไข่มุก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://lifestyle.campus-star.com/scoop/142424.html>
- Vrautomation. 2558. **Arduino คืออะไร?**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.vrautomation.net/article/1/arduino-คืออะไร>
- Yam, K. L. (Ed.). 2010. **The Wiley encyclopedia of packaging technology**. John Wiley & Sons.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง ก1 ผลการทดสอบความถูกต้องในการลำเลียงวัตถุดิบแต่ละชนิด

ระดับความหวาน	วัตถุดิบ	ปริมาณที่ ต้องการ (ml)	ปริมาณที่ได้ (ml)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ความ ผิดพลาด%
25%	Tea	200	202.50	3.10	1.25
	Milk	45	47.50	0.50	5.55
	Condensed Milk	15	15.67	0.05	4.47
50%	Tea	200	203.51	2.20	1.75
	Milk	30	31.09	0.15	3.65
	Condensed Milk	30	30.42	0.42	1.42
75%	Tea	200	207.59	0.27	3.80
	Milk	15	15.65	0.37	4.30
	Condensed Milk	45	45.15	0.84	0.34
100%	Tea	200	202.60	3.93	1.30
	Milk	0	0.00	0.00	0.00
	Condensed Milk	60	59.43	1.17	0.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

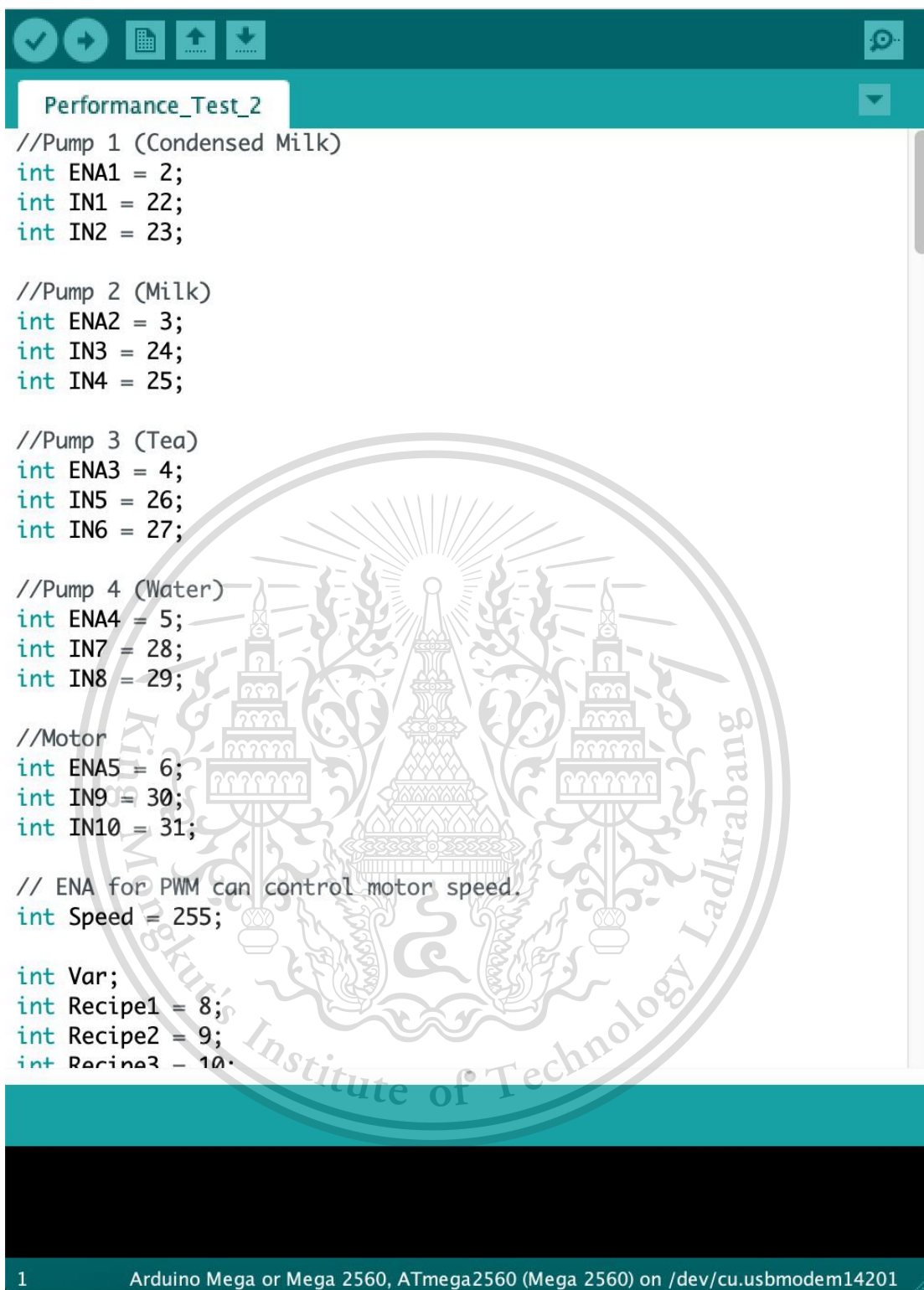
ภาคผนวก ข
โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขนมแบบกึ่งอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



```

Performance_Test_2
//Pump 1 (Condensed Milk)
int ENA1 = 2;
int IN1 = 22;
int IN2 = 23;

//Pump 2 (Milk)
int ENA2 = 3;
int IN3 = 24;
int IN4 = 25;

//Pump 3 (Tea)
int ENA3 = 4;
int IN5 = 26;
int IN6 = 27;

//Pump 4 (Water)
int ENA4 = 5;
int IN7 = 28;
int IN8 = 29;

//Motor
int ENA5 = 6;
int IN9 = 30;
int IN10 = 31;

// ENA for PWM can control motor speed.
int Speed = 255;

int Var;
int Recipe1 = 8;
int Recipe2 = 9;
int Recipe3 = 10;

```

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข1 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตชาแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



```

Performance_Test_2
int Recipe3 = 10;
int Recipe4 = 11;

int EmergencyStop = 41;

void setup() {
  // LED Status for recipe
  pinMode(32,OUTPUT);
  pinMode(33,OUTPUT);
  pinMode(34,OUTPUT);
  pinMode(35,OUTPUT);

  // Set a pin for control working through L298N.
  pinMode(Recipe1,INPUT);
  pinMode(Recipe2,INPUT);
  pinMode(Recipe3,INPUT);
  pinMode(Recipe4,INPUT);

  //Pump 1
  pinMode(ENA1,OUTPUT);
  pinMode(IN1,OUTPUT);
  pinMode(IN2,OUTPUT);

  //Pump 2
  pinMode(ENA2,OUTPUT);
  pinMode(IN3,OUTPUT);
  pinMode(IN4,OUTPUT);

  //Pump 3
  pinMode(ENA3,OUTPUT);
  pinMode(IN5,OUTPUT);
}

```

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข2 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขนมแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Performance_Test_2
//Pump 3
pinMode(ENA3,OUTPUT);
pinMode(IN5,OUTPUT);
pinMode(IN6,OUTPUT);

//Pump 4
pinMode(ENA4,OUTPUT);
pinMode(IN7,OUTPUT);
pinMode(IN8,OUTPUT);

//Motor
pinMode(ENA5,OUTPUT);
pinMode(IN9,OUTPUT);
pinMode(IN10,OUTPUT);

pinMode(EmergencyStop,INPUT);
}
void loop()
{
// Primary Experiment Push 1st switch and Pump 1 work for 1 min.
// Pushing a Switch and setup Var
if(digitalRead(Recipe1)==HIGH)
{
  Var = 1;
}
if(digitalRead(Recipe2)==HIGH)
{
  Var = 2;
}
}

```

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข3 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตขนมแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Performance_Test_2
  Var = 2;
}
if(digitalRead(Recipe3)==HIGH)
{
  Var = 3;
}
if(digitalRead(Recipe4)==HIGH)
{
  Var = 4;
}
if(digitalRead(EmergencyStop)==HIGH)
{
  Var = 5;
}

// Switch Case
//EmergencyState = digitalRead(EmergencyStop)
// while(EmergencyState==LOW)

switch (Var)
{
  case 1:
  {
    digitalWrite(IN1,HIGH);//Pump1:Condensed Milk
    digitalWrite(IN2,LOW);
    analogWrite(ENA1,Speed);
    digitalWrite(IN5,HIGH);//Pump3:Tea
    digitalWrite(IN6,LOW);
    analogWrite(ENA3,Speed);
    digitalWrite(IN9,HIGH);//Motor
    digitalWrite(IN10,LOW);
    analogWrite(ENAF,Speed);
  }
}

```

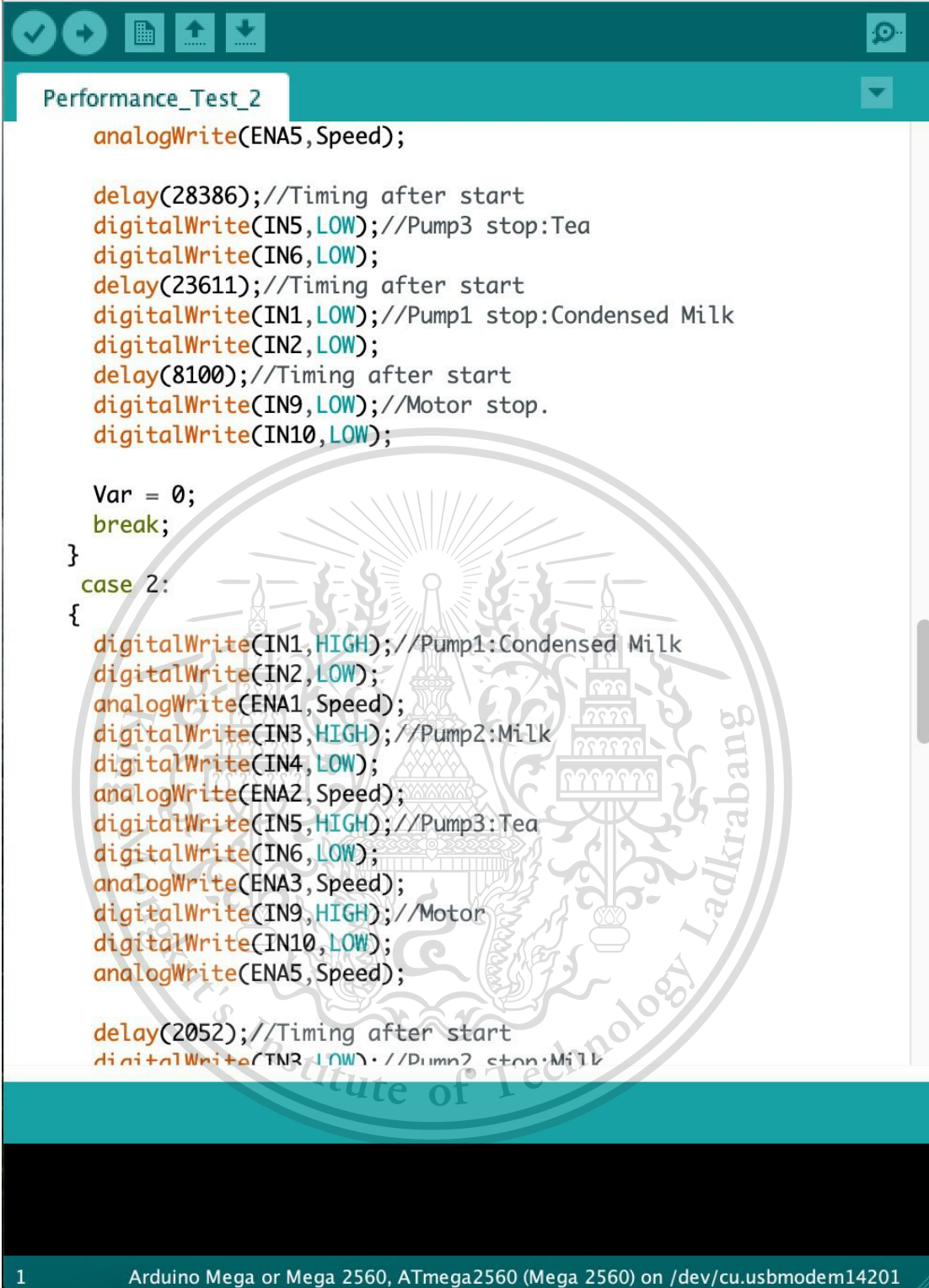
1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข4 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตชาแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



```

Performance_Test_2
analogWrite(ENA5, Speed);

delay(28386); //Timing after start
digitalWrite(IN5, LOW); //Pump3 stop: Tea
digitalWrite(IN6, LOW);
delay(23611); //Timing after start
digitalWrite(IN1, LOW); //Pump1 stop: Condensed Milk
digitalWrite(IN2, LOW);
delay(8100); //Timing after start
digitalWrite(IN9, LOW); //Motor stop.
digitalWrite(IN10, LOW);

Var = 0;
break;
}
case 2:
{
digitalWrite(IN1, HIGH); //Pump1: Condensed Milk
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(ENA1, Speed);
digitalWrite(IN3, HIGH); //Pump2: Milk
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(ENA2, Speed);
digitalWrite(IN5, HIGH); //Pump3: Tea
digitalWrite(IN6, LOW);
analogWrite(ENA3, Speed);
digitalWrite(IN9, HIGH); //Motor
digitalWrite(IN10, LOW);
analogWrite(ENA5, Speed);

delay(2052); //Timing after start
digitalWrite(IN3, LOW); //Pump2 stop: Milk

```

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข5 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตชาแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

delay(2052); //Timing after start
digitalWrite(IN3, LOW); //Pump2 stop:Milk
digitalWrite(IN4, LOW);
delay(26335); //Timing after start
digitalWrite(IN5, LOW); //Pump3 stop:Tea
digitalWrite(IN6, LOW);
delay(10611); //Timing after start
digitalWrite(IN1, LOW); //Pump1 stop:Condensed Milk
digitalWrite(IN2, LOW);
delay(8100); //Timing after start
digitalWrite(IN9, LOW); //Motor stop.
digitalWrite(IN10, LOW);

Var = 0;
break;
}
case 3:
{
digitalWrite(IN1, HIGH); //Pump1:Condensed Milk
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(ENA1, Speed);
digitalWrite(IN3, HIGH); //Pump2:Milk
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(ENA2, Speed);
digitalWrite(IN5, HIGH); //Pump3:Tea
digitalWrite(IN6, LOW);
analogWrite(ENA3, Speed);
digitalWrite(IN9, HIGH); //Motor
digitalWrite(IN10, LOW);
analogWrite(ENA5, Speed);

delay(4103); //Timing after start

```

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข6 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตชาแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Performance_Test_2
delay(4103); //Timing after start
digitalWrite(IN3, LOW); //Pump2 stop:Milk
digitalWrite(IN4, LOW);
delay(24283); //Timing after start
digitalWrite(IN1, LOW); //Pump1 stop:Condensed Milk
digitalWrite(IN2, LOW);
delay(2388); //Timing after start
digitalWrite(IN5, LOW); //Pump3 stop:Tea
digitalWrite(IN6, LOW);
delay(8100); //Timing after start
digitalWrite(IN9, LOW); //Motor stop.
digitalWrite(IN10, LOW);

Var = 0;
break;
}
case 4:
{
digitalWrite(IN1, HIGH); //Pump1:Condensed Milk
digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(ENA1, Speed);
digitalWrite(IN3, HIGH); //Pump2:Milk
digitalWrite(IN4, LOW);
analogWrite(ENA2, Speed);
digitalWrite(IN5, HIGH); //Pump3:Tea
digitalWrite(IN6, LOW);
analogWrite(ENA3, Speed);
digitalWrite(IN9, HIGH); //Motor
digitalWrite(IN10, LOW);
analogWrite(ENA5, Speed);

delay(6155); //Timing after start

```

1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

รูปที่ ข7 โค้ดการทำงานของเครื่องผลิตชาแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

```

Performance_Test_2
1
digitalWrite(IN1,HIGH);//Pump1:Condensed Milk
digitalWrite(IN2,LOW);
analogWrite(ENA1,Speed);
digitalWrite(IN3,HIGH);//Pump2:Milk
digitalWrite(IN4,LOW);
analogWrite(ENA2,Speed);
digitalWrite(IN5,HIGH);//Pump3:Tea
digitalWrite(IN6,LOW);
analogWrite(ENA3,Speed);
digitalWrite(IN9,HIGH);//Motor
digitalWrite(IN10,LOW);
analogWrite(ENA5,Speed);

delay(6155);//Timing after start
digitalWrite(IN3,LOW);//Pump2 stop:Milk
digitalWrite(IN4,LOW);
delay(6845);//Timing after start
digitalWrite(IN1,LOW);//Pump1 stop:Condensed Milk
digitalWrite(IN2,LOW);
delay(15387);//Timing after start
digitalWrite(IN5,LOW);//Pump3 stop:Tea
digitalWrite(IN6,LOW);
delay(8100);//Timing after start
digitalWrite(IN9,LOW);//Motor stop.
digitalWrite(IN10,LOW);

Var = 0;
break;
}
}
}
1 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on /dev/cu.usbmodem14201

```

รูปที่ ข8 ได้การทำงานของเครื่องผลิตชาแบบกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.