

การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF FRUIT WASHING MACHINE FOR
MOBILED FRUIT PROCESSING FACTORY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

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.

การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF FRUIT WASHING MACHINE FOR
MOBILED FRUIT PROCESSING FACTORY



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

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.

THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF FRUIT WASHING MACHINE FOR
MOBILED FRUIT PROCESSING FACTORY



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN FOOD ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น 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.



COPYRIGHT 2020

SCHOOL OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็น **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
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.

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2563
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคสื่อนที่

ผู้จัดทำ

1. นางสาวธัญชนก กรุดมินบุรี รหัสนักศึกษา 60010461
2. นายอัสনী พยุ่งพรเจริญ รหัสนักศึกษา 60011183



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์)

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.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่
นักศึกษา	นางสาวธัญชนก กรุดมินบุรี นายอัสนี พยุงพรเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการล้างผลไม้อีกก่อนการแปรรูป โดยออกแบบเครื่องล้างผลไม้ที่ทำงานพร้อมกับแปรงขัดทำความสะอาด หัวฉีดน้ำ และพัฒนาชุดลำเลียง เพื่อให้ผลไม้เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง โดยศึกษาปัจจัยที่แตกต่างกันของความเร็วรอบชุดแปรงล้าง 4 ระดับ คือ 290 435 580 และ 725 รอบต่อนาที ตามลำดับ จากการทดลอง พบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 290 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากผลไม้มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดสูงถึง 96.67% และมีผลได้ของการผลิตสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 สภาวะ นอกจากนี้ยังพบว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องล้างมากกว่าการล้างด้วยผู้ปฏิบัติการ และใช้เวลาน้อยกว่าถึง 5 เท่า เพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับผู้ประกอบการ SMEs ด้วยการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ใน 1 ปี ใช้เครื่องล้างทำความสะอาดผลไม้ทำงานมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 429,567 บาทต่อปี และต้องแปรรูปผลไม้สด 1,444 กิโลกรัม ถึงจะคืนทุนเครื่องล้างผลไม้

คำสำคัญ : เครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง, ชุดแปรงล้าง, การเพิ่มประสิทธิภาพในการล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

Project Title	THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF FRUIT WASHING MACHINE FOR MOBILED FRUIT PROCESSING FACTORY
Student	Ms.Thanchanok Krudminburee Mr.Asanee Payoongporncharoen
Project Advisor	Asst. Prof. Dr. Pimpen Pornchaloempong
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Food Engineering
Academic Year	2020

ABSTRACT

This research presents about fruit washing machine for mobile fruit processing factory to increase cleanability efficiency by design the washing machine with cleaning brush, spray nozzle. We studied independent variable, which is rotational speed 290, 435, 580 and 725 rpm respectively. From the experiment, found that rotational speed at 290 rpm is the most appropriate speed because it has 96.67% cleanability and has the highest yield when compared with the other 3 conditions. More than that, washing machine's working rate is higher than human labor's for 5 times. To consider the appropriate expense for SMEs by engineering economics analysis, found that washing machine cost 429,567 baht/year and break even point is 1,444 kilogram.

Keyword : Continuous fruit washing machine, Cleaning brush, Cleanability efficiency increasing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทสำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ. ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท ที่ให้ความช่วยเหลือ คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้ ความเมตตา และประการที่ดีแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด จนทำให้งานวิจัยเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สมักร รักแม่ ที่ให้คำแนะนำ และข้อชี้แนะแนวทางการออกแบบเครื่องล้างผลไม้แบบต่าง ๆ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน สำหรับความรู้ในเนื้อหาวิชา และคำแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนปริญญาโทเล่มนี้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณ คุณพรกัญญา ม้าวิไล และ พี่ ๆ ทุกคน ประจำห้องปฏิบัติการ FACTory Classroom คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยชี้แนะช่วยเหลือ อีกทั้งยังช่วยให้คำปรึกษาแนวทางในการดำเนินการ ตลอดจนปริญญาโทเล่มนี้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณบริษัท วิ.วี.เอ็น เพาเตอร์คิงด้อม จำกัด ที่อำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์ และการจัดสร้างเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง ที่เป็นหัวข้อหลักในปริญญาโทเล่มนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง รวมทั้งเพื่อนในภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่คอยให้กำลังใจ คอยให้การสนับสนุน และให้ความช่วยเหลือคณะผู้จัดทำมาตลอดจนสำเร็จการศึกษา

นักศึกษาผู้ทำโครงการ

นางสาวธัญชนก

กรุดมินบุรี

นายอัสนี

พยุขพรเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{III} 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
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 การทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนการแปรรูป	3
2.1.1 การทำความสะอาดแบบแห้ง	3
2.1.2 การทำความสะอาดแบบเปียก	4
2.2 การฆ่าเชื้อโรค	4
2.2.1 สารประกอบที่ให้คลอรีน	5
2.3 เครื่องมือที่ใช้ทำความสะอาด	5
2.3.1 การทำงานแบบเป็นกะ	5
2.3.2 การทำงานแบบต่อเนื่อง	6
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างผลไม้	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{IV} Only, not allowed for commercial use.

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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	9
3.1 การศึกษาเงื่อนไขการล้างสำหรับสร้างเครื่องล้างผลไม้	9
3.2 การออกแบบเครื่องล้างผลไม้	11
3.3 การทดสอบเครื่องล้างผลไม้	19
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างผลไม้ทรงกลม	19
3.3.2 การวางแผนการทดลอง	20
3.3.3 การล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง	21
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างผลไม้	23
3.4.1 การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างผลไม้	23
3.4.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้	24
3.4.2 การจัดสมดุลสายการผลิต	25
3.5 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	26
3.5.1 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	26
3.5.2 จุดคุ้มทุน	28
3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ	28
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปราย	29
4.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขการล้างที่เหมาะสมและการออกแบบเครื่องล้างผลไม้	29
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้	30
4.2.1 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างผลไม้	30
4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้	33
4.3 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	35
4.3.1 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	35

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.

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการทดลอง	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก การออกแบบเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	39
ภาคผนวก ข รายละเอียดการสร้างเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	44
ภาคผนวก ค ผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ	47
ภาคผนวก ง การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use^{VI} only, not allowed for commercial use.

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

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางแสดงส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	14
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	30
4.2 ผลการทดสอบความสะอาดของผลไม้หลังล้างด้วยเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	33
4.3 ผลของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องล้างผลไม้	35
ข.1 ตารางแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องล้างผลไม้	45
ค.1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	48
ค.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	49
ค.3 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการทำงานจากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	50
ค.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลได้การผลิตจากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	51
ค.5 การวิเคราะห์ทางสถิติของเวลาที่ใช้จากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	52
ค.6 การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำที่ใช้จากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	53
ค.7 การวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความสะอาดผลไม้จากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	54
ง.1 เงื่อนไขในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	56

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.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
3.1 กระบวนการล้างมังคุด	9
3.2 กระบวนการล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง	11
3.3 แสดงการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง	12
3.4 แสดงการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่องแบบ 3 มิติ	13
3.5 โครงเหล็กของเครื่องล้างผลไม้	15
3.6 ส่วนป้อนของเครื่องล้างผลไม้	16
3.7 แปรงลูกกลิ้งแบบตรงและแบบเกลียวของเครื่องล้างผลไม้	17
3.8 ขนาดตัวอย่างเสาวรสพอกดินสอพอง	20
3.9 กระบวนการเตรียมตัวอย่างเสาวรสพอกดินสอพอง	20
3.10 การล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง	21
3.11 ขั้นตอนการทดสอบการล้างผลไม้	23
3.12 การวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้	24
3.13 ตัวอย่างผลไม้ผ่านมาตรฐาน	25
3.14 ตัวอย่างผลไม้ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน	25
4.1 เครื่องล้างผลไม้ทรงกลมแบบต่อเนื่อง	29
4.2 อัตราการทำงานของการล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ	31
4.3 เวลาที่ใช้ในการล้างของผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ	31
4.4 ผลได้ของการผลิตหลังจากล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ	32
4.5 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ	33
4.6 เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของผลไม้หลังผ่านการล้างด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ	34
ก.1 ชุดโครงเหล็ก	40
ก.2 ทางป้อนเข้า	41
ก.3 แปรงลูกกลิ้งแบบตรง	42
ก.4 แปรงลูกกลิ้งแบบเกลียว	43

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 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โครงการวิจัย “การออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่” เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “ธนผลสุวรรณ” หรือโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่เพื่อชุมชน ที่ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ซึ่งเป็นโรงงานแปรรูปผลไม้แบบแช่เยือกแข็งที่สามารถเคลื่อนที่ได้ เพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้สดในพื้นที่ สอดคล้องต่อเกษตรกร ลดต้นทุนในการขนส่ง และเป็นการสร้างงานให้กับคนในชุมชน โดยโรงงานดังกล่าวจะยึดหลักมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice; GMP)

กระบวนการแปรรูปผลไม้แช่แข็ง ประกอบด้วย ขั้นตอนการรับวัตถุดิบ การทำความสะอาดวัตถุดิบ การผลิตและการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ เนื่องจากวัตถุดิบทางการเกษตรมักมีการปนเปื้อนจากสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เช่น หิน ดิน ทราย เชื้อจุลินทรีย์ หรือสารเคมี เพราะฉะนั้นการลดสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับวัตถุดิบนั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก [1] จากการฝึกงานในภาคฤดูร้อนที่โรงงานต้นแบบแห่งการเรียนรู้ (FACTory Classroom) และได้มีโอกาสในการศึกษาส่วนการล้างทำความสะอาดมังคุดก่อนการแปรรูปพบว่า ในกระบวนการนี้มีการใช้แรงงานในการล้างมังคุดจำนวน 2 ต้น เวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ให้สะอาดถึง 8 คน และใช้ปริมาณน้ำในการล้าง 7,700 ลิตร ซึ่งถือว่าการสูญเสียน้ำในปริมาณมากเกินไปจนทำให้ต้นทุนการผลิตสูง คนงานเกิดความเมื่อยล้าจากการทำงานที่ไม่ถูกลักษณะทางกายภาพ และยังส่งผลให้มีปัญหาในการจัดการแรงงานโดยเฉพาะในช่วงที่แรงงานขาดแคลน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบ พัฒนา สร้าง และทดสอบเครื่องล้างทำความสะอาดผลไม้ ให้สามารถล้างทำความสะอาดได้อย่างต่อเนื่อง มีความเร็วรอบที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสิ่งสกปรกทางกายภาพ สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่ รวมถึงการพิจารณาข้อจำกัดในเรื่องต้นทุนของเครื่องจักรและพื้นที่ที่มีจำกัด ประกอบกับแนวคิดการพัฒนาเศรษฐกิจแบบใหม่ หรือ BCG ที่เน้นเศรษฐกิจสีเขียว จึงมีการออกแบบระบบนำหมุนวนกรองแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นเครื่องมือในการลดความเมื่อยล้า ปริมาณแรงงาน ปริมาณน้ำที่ใช้ และระยะเวลาในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่องที่ใช้กับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่ และสามารถรองรับกำลังการผลิตผลไม้สดได้ 2 ตันต่อวัน

1.2.2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงาน การลดปริมาณสิ่งสกปรกทางกายภาพ ปริมาณน้ำ แรงงานคน และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องล้างผลไม้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาและออกแบบเครื่องล้างผลไม้สำหรับโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่ และสามารถรองรับกำลังการผลิตผลไม้สดได้ 2 ตันต่อวัน

1.3.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างผลไม้ทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 – 8 เซนติเมตร ได้แก่ ปริมาณสิ่งสกปรกทางกายภาพ ปริมาณน้ำ แรงงานคน และสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องล้างผลไม้

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่องที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.4.2 เพื่อให้ได้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องล้างผลไม้ที่มีประสิทธิภาพ และลดปริมาณสิ่งสกปรกทางกายภาพ ปริมาณน้ำ และแรงงานคน

1.4.3 ทราบถึงต้นทุนเบื้องต้นในการผลิตเครื่องล้างผลไม้ในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำความสะอาดวัตถุดิบก่อนการแปรรูป [2]

การทำความสะอาดเป็นการเตรียมวัตถุดิบเบื้องต้นก่อนการแปรรูป มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดสิ่งปนเปื้อนทุกชนิดที่มากับวัตถุดิบ ทั้งการปนเปื้อนทางกายภาพ การปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ รวมทั้งการปนเปื้อนทางเคมี ซึ่งมีผลทำให้วัตถุดิบสะอาดขึ้น มีความปลอดภัยต่อการบริโภค และยังทำให้อาหารมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น นอกจากนี้การทำความสะอาดยังมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตการทำงานของเครื่องจักร เพราะช่วยกำจัดสิ่งแปลกปลอมที่มีโอกาสเข้าไปขัดขวาง หรือทำให้เครื่องจักรเสียหาย วิธีการทำความสะอาดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แบ่งได้เป็นเป็น 2 วิธี ดังนี้ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2563)

2.1.1 การทำความสะอาดแบบแห้ง

การทำความสะอาดแบบแห้งเป็นวิธีการทำความสะอาดแบบไม่ใช้น้ำ เหมาะกับวัตถุดิบที่ไม่ต้องการให้เปียกน้ำ ได้แก่ เมล็ดธัญชาติ ถั่วเมล็ดแห้ง ลูกเดือย งา รวมทั้งวัตถุดิบประเภทของแห้ง ลักษณะเป็นเม็ด เป็นผง เช่น แป้ง วัตถุดิบอาหาร พืชหัว เช่น มันฝรั่ง มันสำปะหลัง เป็นต้น

วิธีการทำความสะอาดแบบแห้งทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้คนหยิบออก เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด เหมาะกับวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ หรือมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ หรือในสถานประกอบการขนาดเล็ก
2. การร่อนด้วยตะแกรง เพื่อแยกสิ่งแปลกปลอมทางกายภาพที่มีขนาดต่างจากวัตถุดิบ เช่น กรวดทราย เศษพืช วัตถุดิบที่แตกหัก ฝ่อ ลีบ โดยแยกสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดเล็กกว่าวัตถุดิบให้หลุดรอดผ่านรูตะแกรง หรือแยกสิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุดิบให้ค้างอยู่บนตะแกรง การร่อนด้วยตะแกรงในระดับอุตสาหกรรมอาจใช้เครื่องร่อน ที่มีกลไกในการโยกเขย่า ให้สิ่งแปลกปลอมที่มีขนาดไม่เท่ากับวัตถุดิบที่ต้องการอาจค้างอยู่บนตะแกรง หรือรอดผ่านรูตะแกรง
3. การใช้ลมเป่า เพื่อกำจัดแปลกปลอมที่มีน้ำหนักแตกต่างจากวัตถุดิบ โดยการใช้ลมจากพัดลม ผ่านท่อบังคับทิศทางลม เป่าผ่านวัสดุที่กำลังเคลื่อนที่ เพื่อเป่าให้สิ่งสกปรกที่เบากว่า เช่น ฝุ่น ใบไม้ เศษพืช เปลือก เยื่อหุ้มเมล็ด ให้ปลิวแยกออกจากวัตถุดิบ

4. การใช้เครื่องจับโลหะ โดยใช้แม่เหล็ก ดักจับ แยกสิ่งแปลกปลอมที่เป็นโลหะ เช่น เศษเหล็ก ตะปู

ซึ่งหากผ่านเข้าไปในกระบวนการผลิตอาจทำความเสียหายให้เครื่องจักร หรือหลุดรอดไปยังผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

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.

2.1.2 การทำความสะอาดแบบเปียก

การทำความสะอาดแบบเปียกเป็นการทำความสะอาดวัตถุด้วยน้ำ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก หรือสิ่งแปลกปลอมที่ติดอยู่กับวัตถุให้หลุดออก หรือละลายอยู่ในน้ำที่ใช้ล้าง การล้างจึงเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อทำความสะอาด และลดสิ่งปนเปื้อนมากับวัตถุ การล้างที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ตั้งต้นในอาหารก่อนเข้าสู่การแปรรูป ทำให้อาหารมีคุณภาพดี ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น

ประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่

- **ความสะอาดของน้ำที่ใช้ล้าง :** น้ำที่ใช้ล้างวัตถุควรเป็นน้ำสะอาดมีคุณภาพตามมาตรฐานสำหรับน้ำดื่ม เพราะการใช้น้ำสกปรก มาล้างวัตถุ หรือใช้น้ำล้างซ้ำหลายครั้ง นอกจากจะไม่ทำให้วัตถุสะอาดขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มความสกปรกสะสม และเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์กลับไปติดวัตถุอีกด้วย จึงควรเปลี่ยนน้ำล้างเป็นระยะ

- **อุณหภูมิของน้ำล้าง :** แม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิดการละลายและการกำจัดสิ่งสกปรกได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ แต่อาจไม่เหมาะสมกับวัตถุดิบอาหารที่เน่าเสียง่าย เช่น อาหารทะเล หรือผักผลไม้สด

- **ระยะเวลาการล้าง :** ระยะเวลาการล้างหรือเวลาแช่ในน้ำล้าง วัตถุที่มาจากใต้ดิน เช่น พืชหัว กระชาย ข่า ขิง ซึ่งมีซอกมุมที่ดินโคลนติดแน่น ควรแช่น้ำก่อนการล้าง เพื่อให้สิ่งสกปรกอ่อนตัวลงก่อนการล้าง

- **การใช้แรงกระแทกระหว่างการล้าง :** แรงกระแทกระหว่างการล้าง เช่น การใช้น้ำแรงดันสูงฉีดล้าง การล้างในน้ำที่หมุนวน หรือการใช้แปรงขัดถูระหว่างการล้าง จะช่วยกำจัดสิ่งสกปรกได้ดีกว่าการล้างในน้ำนิ่ง แต่ต้องระมัดระวังการใช้กับวัตถุดิบที่บอบบาง ง่าย เช่น ผักใบบาง ผลไม้เปลือกบาง

2.2 การฆ่าเชื้อโรค [3]

การฆ่าเชื้อโรค เป็นการทำลายหรือลดจำนวนจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งไม่จำเป็นต้องกำจัดหรือทำลายสปอร์ของจุลินทรีย์ สารฆ่าเชื้อเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละส่วนงาน เพราะสารฆ่าเชื้อแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ชนิดของสารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคในอุตสาหกรรมอาหารทั่วไป แบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ สารประกอบที่ให้คลอรีน

(Chlorine-Releasing Compound) สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (Quaternary Ammonium) ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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.

Compounds) ไอโอดิฟออร์ (Iodophors) สารประกอบแอมโมเนียม (Ammonium Compounds) และสารประกอบประเภทกรด (Acid Sanitizers) อย่างไรก็ตามในอุตสาหกรรมอาหารนั้นนิยมใช้คลอรีนมากที่สุด ดังนั้นรายละเอียดของสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นจึงไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

2.2.1 สารประกอบที่ปล่อยคลอรีน (Chlorine-Releasing Compound)

สารประกอบคลอรีนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ ไฮโปคลอไรท์ คลอรามิน คลอรีเนต ไทโรไซด์ฟอสเฟต (Chlorinated trisodium phosphate) และแก๊สคลอรีน เป็นต้น สารเคมีกลุ่มนี้อยู่ในรูปของเหลว ผง และแก๊ส เป็นสารออกซิไดซ์ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ เอนไซม์ และโปรตีนต่าง ๆ ในเซลล์ของจุลินทรีย์ มีประสิทธิภาพดีมาก สามารถทำลายแบคทีเรียแกรมบวก แบคทีเรียแกรมลบ และสปอร์ของแบคทีเรียบางชนิด ที่สำคัญคลอรีนสามารถฆ่าเชื้อโรคได้ในน้ำได้ชั่วระยะเวลาหนึ่งที่ทำให้การเติมคลอรีนลงไปในรูปแบบของคลอรีนอิสระ (Residual chlorine) แล้วยังให้ผลระยะยาว โดยทั่วไปใช้ความเข้มข้นประมาณ 50-200 ppm ซึ่งให้มีปริมาณคลอรีนที่ใช้งานได้และใช้เวลาสัมผัสนาน 3-30 นาที ละลายน้ำที่อุณหภูมิปกติ ไม่มีผลกระทบจากความกระด้างของน้ำหรือส่วนผสมอื่น ไม่ทำให้เกิดการสร้างฟิล์มที่ผิวของอุปกรณ์สามารถวัดความเข้มข้นและปริมาณได้ง่าย ราคาไม่แพง แต่มีข้อเสียคือจะมีประสิทธิภาพลดลงถ้ามีสารประกอบอินทรีย์อยู่ด้วย เสื่อมสลายได้เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน หรือเก็บที่อุณหภูมิสูงและถ้าล้างออกไม่หมดทำให้เกิดการกัดกร่อนได้

2.3 เครื่องมือที่ใช้ทำความสะอาด

เครื่องมือที่ใช้ทำความสะอาด เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบหรือช่วยลดเวลาในการทำความสะอาดแทนการใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียว อาจมีกลไก หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น การใช้แปรงขัดถูระหว่างการล้างวัตถุดิบร่วมกับถังน้ำที่มีกลไกทำให้น้ำล้น มีช่องระบายน้ำออก เพื่อเปลี่ยนน้ำล้าง เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือที่กล่าวข้างต้น อาจไม่เหมาะสมในอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการล้างวัตถุดิบปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีการออกแบบเครื่องจักรสำหรับทำความสะอาด โดยมีหลักการทำงานต่าง ๆ เพื่อตอบรับรูปแบบความต้องการที่หลากหลาย สามารถแบ่งประเภทเครื่องจักรสำหรับทำความสะอาดตามการทำงานได้ 2 ประเภท ดังนี้ [4]

2.3.1 การทำงานแบบเป็นกะ (Batch type)

การทำงานของเครื่องจักรที่แบ่งเป็นรอบ ๆ ในแต่ละรอบจะทำงานตามมาตรฐานเดียวกันทั้งล็อตระบบการทำงานเป็นไปตามความเหมาะสมของผู้ดำเนินงาน มีลักษณะการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ตามกรรมวิธีการผลิต ส่งผลให้มีความต้องการในการใช้พื้นที่ในการผลิตมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

2.3.2 การทำงานแบบต่อเนื่อง (Continuous)

การทำงานของเครื่องจักรที่มีการไหลของวัตถุดิบต่อเนื่องตามสายการผลิต โดยมีอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบให้เคลื่อนที่ มีการควบคุมกระบวนการ หรือตัวแปรการดำเนินงาน เพื่อให้มีการทำงานอัตโนมัติ ลักษณะของปัจจัยการผลิตมีมาตรฐานแน่นอน สามารถใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ได้เต็มประสิทธิภาพ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องล้างผลไม้

ในการล้างวัตถุดิบจำเป็นต้องมีการทำความสะอาดเศษสิ่งสกปรกที่ติดมากับวัตถุดิบก่อนที่จะแปรรูปหรือนำไปเข้ากระบวนการผลิต Henderson and Perry (1982) [5] ได้จำแนกลักษณะการล้างวัตถุดิบได้ 5 แบบ คือ การแช่น้ำหรือสารเคมี ซึ่งจะให้ได้ผลในกรณีที่มีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณไม่มาก การใช้น้ำฉีดที่มีตั้งแต่การใช้หัวฉีดมุมกว้างแรงดันต่ำจนถึงแบบหัวฉีดตรงแรงดันสูง เป็นลักษณะการทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพในการล้างสูง และสามารถใช้กับผลผลิตทางการเกษตรได้เกือบทุกชนิด แต่มีข้อควรระวังในเรื่องของการวางตำแหน่งหัวฉีด และแรงดันน้ำที่มีผลต่อคุณภาพการล้าง การใช้ถังหมุน ส่วนใหญ่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถล้างได้แบบต่อเนื่อง รวดเร็ว การใช้แปรงขัดที่มีขนแปรงทำด้วยใยมะพร้าว ยาง หรือพลาสติก การล้างวิธีนี้ใช้ได้ผลดีกับผลผลิตที่มีดิน ทราายที่ติดมากับวัตถุดิบ และ การใช้เครื่องเขย่าหรือเครื่องขัด การล้างโดยวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่เสียรูปได้ง่าย ในปัจจุบันกระบวนการดังกล่าวนี้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยังต้องอาศัยการใช้แรงงานคนในการทำความสะอาด ทำให้วัตถุดิบมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงการใช้เครื่องล้างในระดับอุตสาหกรรมนั้นยังมีราคาสูง ซึ่งในขั้นตอนการทำงานหลัก ๆ คือการล้าง โดยหนึ่งในวิธีที่นิยมคือการล้างด้วยระบบแรงดันน้ำ หรือการใช้น้ำแรงดันน้ำฉีดพ่นลงบนผักหรือผลไม้ เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกหรือสิ่งแปลกปลอมที่ติดอยู่กับวัตถุดิบให้หลุดออก โดยในการล้างด้วยระบบแรงดันน้ำนั้น ประกอบด้วยปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ขึ้นอยู่กับแรงดันในการพ่นของน้ำ D.I. Wilson et.al (2015) [6] และ Anirban Guha et.al (2011) [7] ส่งผลจากลักษณะของหัวฉีดที่ใช้พ่นทำความสะอาด ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการทำความสะอาดวัตถุดิบ และตำแหน่งของวัตถุที่ผ่านหัวพ่นแรงดันน้ำ รวมถึงปริมาณของวัตถุดิบในการล้างก็ส่งผลต่อต่อความสะอาดของวัตถุดิบที่เข้าล้างในเครื่องเช่นกัน

เสาวลักษณ์ และคณะ (2561) [8] ได้วิเคราะห์และควบคุมความเข้มข้นของสารละลายคลอรีนในน้ำล้างผักที่ใช้ในกระบวนการล้างผักในอุตสาหกรรมอาหารยังใช้แรงงานคน และสารเคมี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมความเข้มข้นคลอรีนอัตโนมัติเพื่อลดการใช้แรงงานและสารเคมีในขั้นตอนดังกล่าว โดยประยุกต์เทคนิคการให้ความร้อนแบบโอห์มมิกในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการนำไฟฟ้าของคลอรีน จากผลการทดสอบพบว่าอัตราการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นของค่าการนำไฟฟ้าแปรผันตรงกับความเข้มข้นคลอรีน ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ
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.

ค่าการนำไฟฟ้านี้ถูกนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายคลอรีน ซึ่งถูกนำไปใช้ในส่วนประมวลผลของเครื่องควบคุมความเข้มข้นคลอรีนที่สร้างขึ้นโดยใช้บอร์ด อาร์ดูโน (Arduino) ร่วมกับตัวตรวจจับอุณหภูมิ แรงดัน และกระแสไฟฟ้า ผลการทดสอบเครื่องพบแบบจำลองว่าสามารถทำการวิเคราะห์และควบคุมความเข้มข้นคลอรีนได้อย่างถูกต้อง (ความแม่นยำประมาณร้อยละ 90) ผลการวิจัยทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์เทคนิคการให้ความร้อนแบบโอห์มมิกในวิเคราะห์และควบคุมความเข้มข้นคลอรีนของน้ำล้างผักแบบอัตโนมัติมีความเป็นไปได้

พิมพ์พรรณ และคณะ (2560) [9] ได้ออกแบบเครื่องล้างทำความสะอาดอ้อยสำหรับอ้อยคั้นน้ำ ซึ่งเป็นเครื่องที่สร้างขึ้นมาเพื่อรองรับกระบวนการล้างท่อนอ้อยที่ผ่านการปอกเปลือกหรือการขัดผิวมาแล้วเพื่อเพิ่มความสะอาดในกระบวนการล้างให้มีประสิทธิภาพ และความสะอาดให้อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ โดยออกแบบแปรงล้างที่ทำงานพร้อมกับน้ำที่ฉีดผ่านด้วยอัตราการไหลค่าหนึ่ง วางแนวการทำงานของแปรงล้างตามแนวขวางของท่อนอ้อย และพัฒนาชุดลำเลียงเพื่อให้ท่อนอ้อยเข้าสู่ชุดแปรงล้างอย่างต่อเนื่อง การทดลองกำหนดความเร็วรอบชุดป้อนให้คงที่ คือ 16 rpm ความเร็วรอบของชุดแปรงล้าง 3 ระดับ คือ 720, 864 และ 960 rpm ตามลำดับ อัตราการไหลของน้ำ 3 ระดับ คือ 5, 7.5 และ 10 lpm จากผลการทดลอง พบว่าความเร็วรอบของชุดแปรงล้าง 864 rpm ที่อัตราการไหลของน้ำ 5 lpm เป็นชุดการทำงานที่ดีที่สุดเพราะอ้อยมีความสะอาดมากที่สุด แม้จะใช้น้ำน้อยลงก็ยังสามารถทำความสะอาดท่อนอ้อยได้ใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง นอกจากนี้ยังมีอัตราการทำงานที่สูงกว่าการล้างด้วยแรงงานคนถึง 3 เท่า

จิรเมธา และคณะ (2561) [10] ได้ออกแบบชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลและกลศาสตร์ของไหลเพื่อสร้างเครื่องล้างเมล็ดพริกไทยแบบถาดสั่นสะเทือนสำหรับล้างเปลือกของเมล็ดพริกไทย เพื่อผลิตพริกไทยขาว โดยการออกแบบได้หาขนาดของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่เล็กที่สุดที่สามารถงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ลูกเบี้ยวตะกาดสั่น และขนาดของท่อนฉีดน้ำ ซึ่งทุกชิ้นส่วนมีความสำคัญต่อปัจจัยตัวแปรของการออกแบบ และที่สำคัญมากที่สุดคือขนาดของมอเตอร์และขนาดของปั้มน้ำ เนื่องจากมีผลต่อต้นทุนค่าไฟฟ้าในระยะยาวตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักรกล ถ้าผู้ออกแบบใช้การลองผิดลองถูกโดยไม่ได้นิ่งถึงหลักของการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล และกลศาสตร์ของไหล กล่าวคือถ้ามอเตอร์ขนาดเล็กเกินไปถาดสั่นของเครื่องจักรจะไม่สามารถขับเคลื่อนได้ หรือถ้าขับเคลื่อนได้ในกรณีที่มีขนาดใหญ่เกินไปจริงจะทำให้สิ้นเปลืองมาก การออกแบบได้แยกออกเป็นสองส่วน โดยมีการหาอัตราการไหลต่ำสุดของน้ำที่ฉีดให้เมล็ดพริกไทยสะอาด โดยกำหนดอัตราการผลิตที่สามารถล้างเมล็ดพริกไทยได้ไม่น้อยกว่า 200 kg/hr จึงได้นำมาออกแบบลูกเบี้ยว ชุดพูลเลย์ สายพาน เกียร์ทด และขนาดต้นกำลังขับเคลื่อนของมอเตอร์เป็นอันดับสุดท้าย ผลการทดลองได้มีการเปรียบเทียบเชิงต้นทุนค่าไฟฟ้าของการออกแบบที่ใช้หลักของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

พลศาสตร์ และการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลกับวิธีการลองผิดลองถูกที่ขนาดของมอเตอร์ต่าง ๆ
ที่ระยะเวลาการใช้งานของเครื่องจักรต่าง ๆ กัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

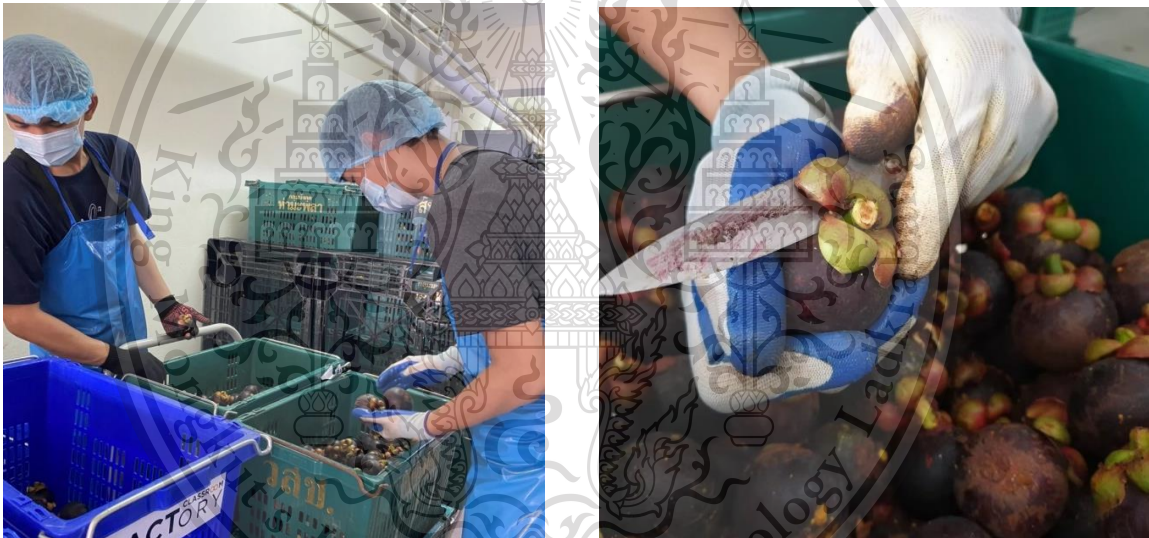
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาเงื่อนไขการล้างสำหรับสร้างเครื่องล้างผลไม้

จากการศึกษาข้อมูลสภาพการทำงานของกระบวนการล้างมังคุด โดยการล้าง 1 ชุด จะใช้คนคัดและตัดแต่งผลไม้ 2 คน ชัดล้างผลไม้ 4 คน และยกตะกร้า 2 คน รวมทั้งหมด 8 คน ซึ่งจะล้างผลไม้ประมาณ 3 ตะกร้า ตะกร้าละ 20 กิโลกรัม หรือผลไม้ประมาณ 180 ผล ใช้น้ำในถังชัดล้าง 100 ลิตร ถังน้ำเปล่า 500 ลิตร และถังคลอรีน 500 ลิตร หรือรวมปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด 220 ลิตรต่อรอบ จะใช้เวลาล้างประมาณ 15 นาที เฉลี่ยเวลาในการล้าง 5 วินาทีต่อผล ดังรูปที่ 3.1



(a) การคัดและตัดแต่งมังคุด

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.



(b) การล้างมุ้งคุด

รูปที่ 3.1 กระบวนการล้างมุ้งคุด

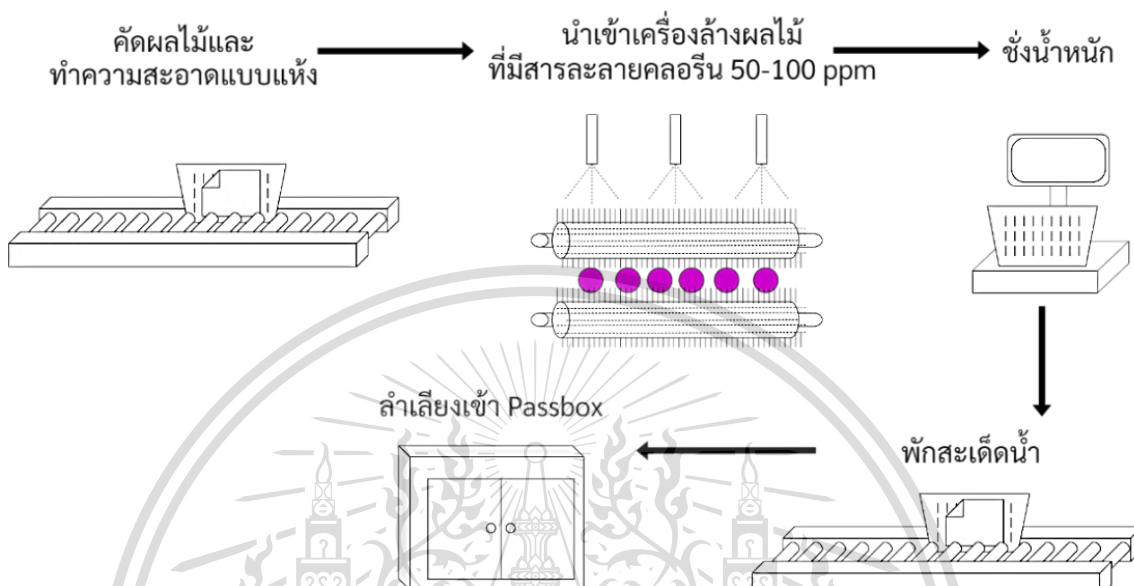
เนื่องจากโรงงานแปรรูปผลไม้เคลื่อนที่มีกำลังการผลิตของเครื่องแช่เยือกแข็งผลไม้ที่ 2 ตันต่อวัน ดังนั้นการวางแผนและดำเนินการของสถานที่ทำการผลิต จำนวนคนงาน จำนวนเครื่องจักรและอุปกรณ์ จึงต้องมีการจัดสรรอย่างเหมาะสม ซึ่งเครื่องล้างผลไม้ก็เป็นหนึ่งปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับ กระบวนการล้างทำความสะอาด ต้องไม่ก่อให้เกิดปัญหาการผลิตได้น้อย หรือไม่เพียงพอต่อความต้องการ และไม่เกิดปัญหาเครื่องจักรมากเกินไปจนกลายเป็นความสูญเปล่า เพราะกำลังการผลิตมากเกินไป จึงทำการออกแบบเครื่องล้างผลไม้ให้สอดคล้องกับความต้องการอัตราการผลิตที่ 2 ตันต่อวัน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องจักรให้เต็มที่ จึงทำการศึกษาข้อมูลของลักษณะทางกายภาพ ของวัตถุดิบอื่น ๆ ที่มีรูปทรงกลมขนาด 5 – 8 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องกับผลไม้ชนิดอื่นได้ ตลอดทั้งปี รวมถึงต้องพิจารณาลักษณะการทำงานภายใต้พื้นที่ขนาด ความกว้าง 320 เซนติเมตร ความยาว 210 เซนติเมตร สามารถขนย้ายได้สะดวก และศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ หลังจากนั้นทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Solidworks Version 2019 สำหรับระบบ Windows เพื่อออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ตามกระบวนการล้างผลไม้ ดังรูปที่ 3.2 ในขั้นตอนแรกของ กระบวนการล้างนั้นจะเริ่มจากการคัดผลไม้ โดยการพิจารณาจากระดับความสุก และตำหนิของผลไม้ จากนั้นทำความสะอาดแบบแห้ง โดยการหยิบสิ่งสกปรก และเด็ดขั้วผลไม้ ออก หลังจากนั้นส่งผลไม้เข้า สายพานที่มีหัวฉีดแรงดันด้านบน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่สามารถหยิบออกได้ จากนั้นนำลงแช่ใน

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.

สารละลายคลอรีนเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำตะกร้าขึ้นมาสะเด็ดน้ำ และในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการลำเลียงตะกร้าเข้าสู่กระบวนการผลิต



รูปที่ 3.2 กระบวนการล้างผลไม้อด้วยเครื่องล้าง

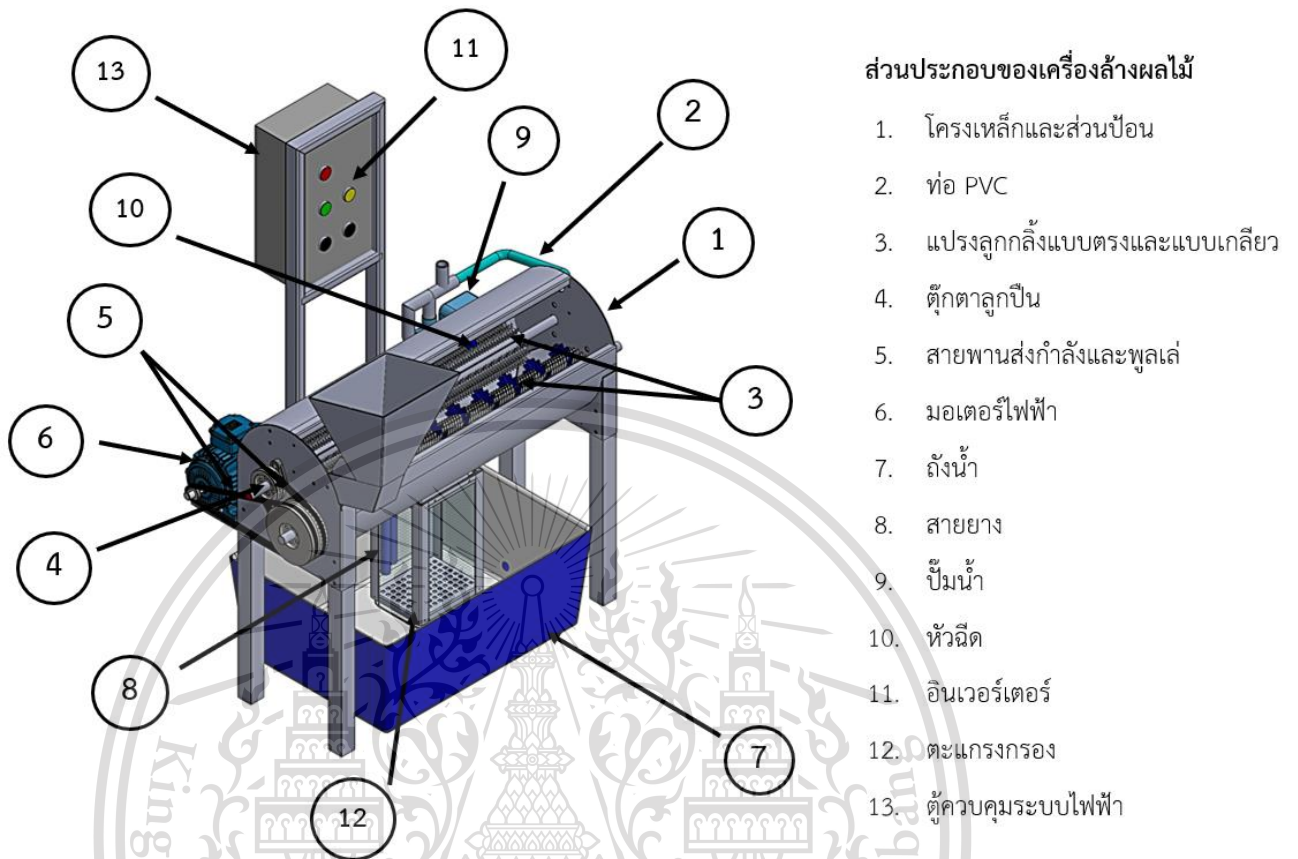
3.2 การออกแบบเครื่องล้างผลไม้อ

การออกแบบเครื่องล้างผลไม้อแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 โครงสร้างของเครื่องล้างเป็นส่วนที่ใช้ในการทำความสะอาดผลไม้อ ส่วนที่ 2 แปรงลูกกลิ้งแบบตรงและแบบเกลียวที่ใช้ขัดล้า และลำเลียงผลไม้อ ส่วนที่ 3 ส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ทำให้การทำงานสะดวกขึ้น เช่น หัวฉีด สายพานลำเลียง มอเตอร์ เป็นต้น โดยมีหลักการทำงานคือ มอเตอร์จะส่งกำลังผ่านมูเลย์ จากนั้นจะหมุนขับสายพานของแปรงเกลียวที่ใช้ในการลำเลียงผลไม้อ และแปรงตรงที่ใช้ในการขัดล้า ผลไม้อจะถูกลำเลียงออกทางช่องออก โดยด้านบนของระบบลำเลียงผลไม้อจะมีน้ำฉ็ดลงมาผ่านท่อ PVC ซึ่งสูบโดยปั้มน้ำ และน้ำที่ผ่านการล้างทำความสะอาดผลไม้อจะไหลลงผ่านตะแกรงกรองของแข็ง เพื่อทำหน้าที่กรองเศษสิ่งสกปรกไม่ให้หล่นไปในถังน้ำ และทำให้สามารถนำขึ้นมาใช้ล้าได้อีกครั้ง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการล้า โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ จากนั้นใช้โปรแกรม Solidworks ในการออกแบบขนาดชิ้นงานตามขนาดจริง ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับรายละเอียดของส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้อแบบต่อเนื่องในตารางที่ 3.1 และมีการแสดงการออกแบบอย่างละเอียดไว้ในส่วนภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

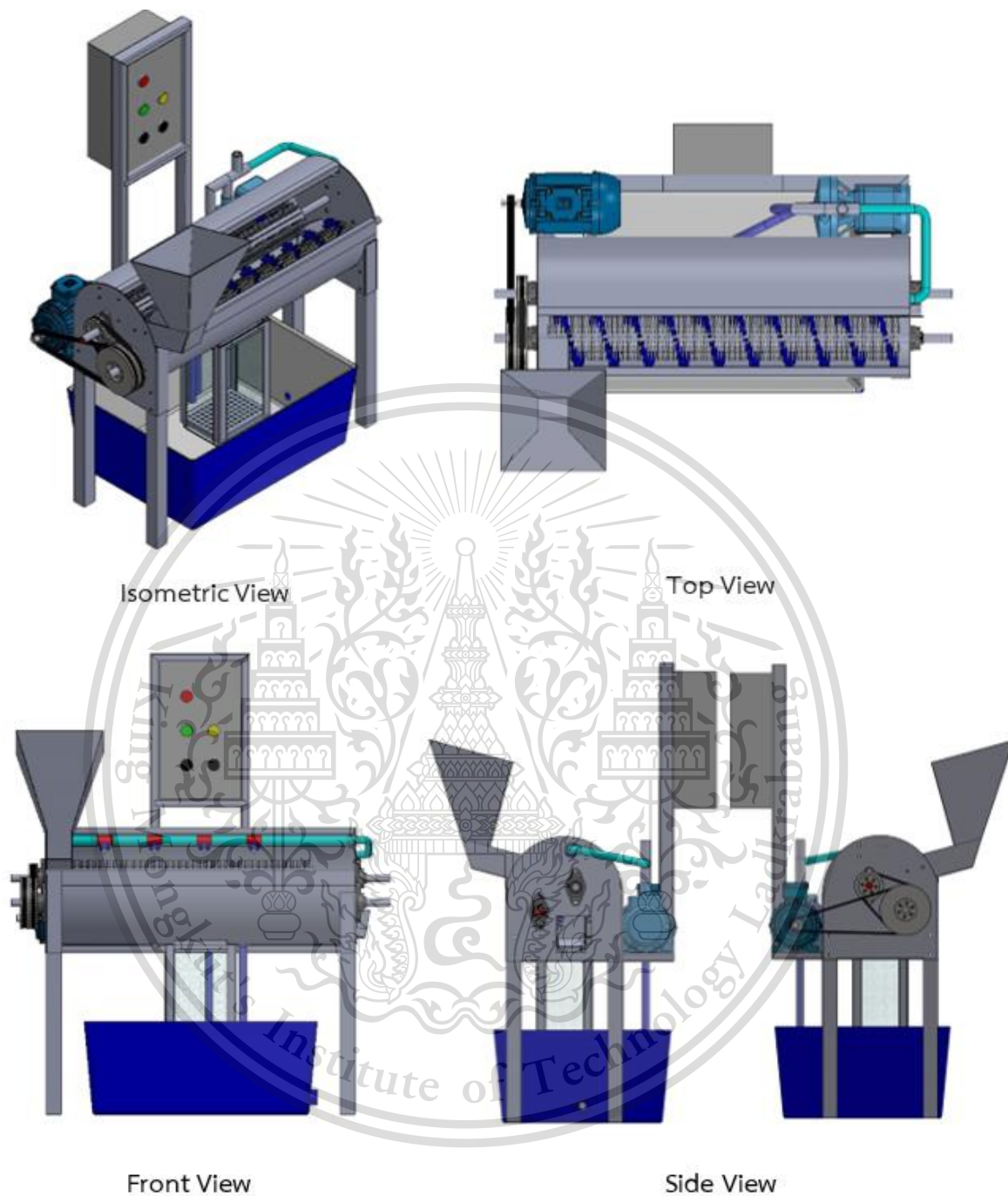


รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง

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 3.4 แสดงการออกแบบส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่องแบบ 3 มิติ

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.

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง

หมายเลข	โครงสร้าง	ขนาด	จำนวนชิ้นงาน
1	โครงเหล็กและส่วนป้อน	- ขนาด 400×1060×1000 มิลลิเมตร - ขนาดด้านกว้าง 28.5 × 29.5 เซนติเมตร ด้านแคบ 91 × 86 เซนติเมตร ความสูง 35 เซนติเมตร	1 1
2	ท่อ PVC	- ขนาด 1 นิ้ว	1
3	แปรงลูกกลิ้งแบบตรงและแบบเกลียว	- ขนาด \varnothing 3 นิ้ว ขนยาว 1 นิ้ว ขนาดเส้นขน 0.4 มิลลิเมตร - ขนาด \varnothing 3 นิ้ว ขนยาว 2 นิ้ว ขนสั้น 1 นิ้ว ระยะห่างระหว่างเกลียว 10 เซนติเมตร ขนาดเส้นขน 0.8 มิลลิเมตร	1 1
4	ตุ้กตาลูกปืน	- ขนาด 1 นิ้ว	4
5	สายพานส่งกำลังและพูลเลย์	- สายพานขนาด A - ขนาด 2.5 นิ้ว ร่องเดี่ยว - ขนาด 7 นิ้ว ร่องคู่	1 2 1
6	มอเตอร์ไฟฟ้า	- ขนาด 1 แรงม้า	1
7	ถังน้ำ	- ขนาด 100 ลิตร	1
8	สายยาง	- ขนาด 1 นิ้ว	2
9	ปั้มน้ำ	- ขนาด 1 แรงม้า	1
10	หัวฉีดแรงดันชนิด flat fan spray	- ขนาด 1 นิ้ว	4
11	อินเวอร์เตอร์	- ขนาด 1 แรงม้า	1
12	ตะแกรงกรอง	- ขนาด 20 × 25 × 40 เซนติเมตร	1
13	ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า	- ขนาด 30 × 45 × 20 เซนติเมตร	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

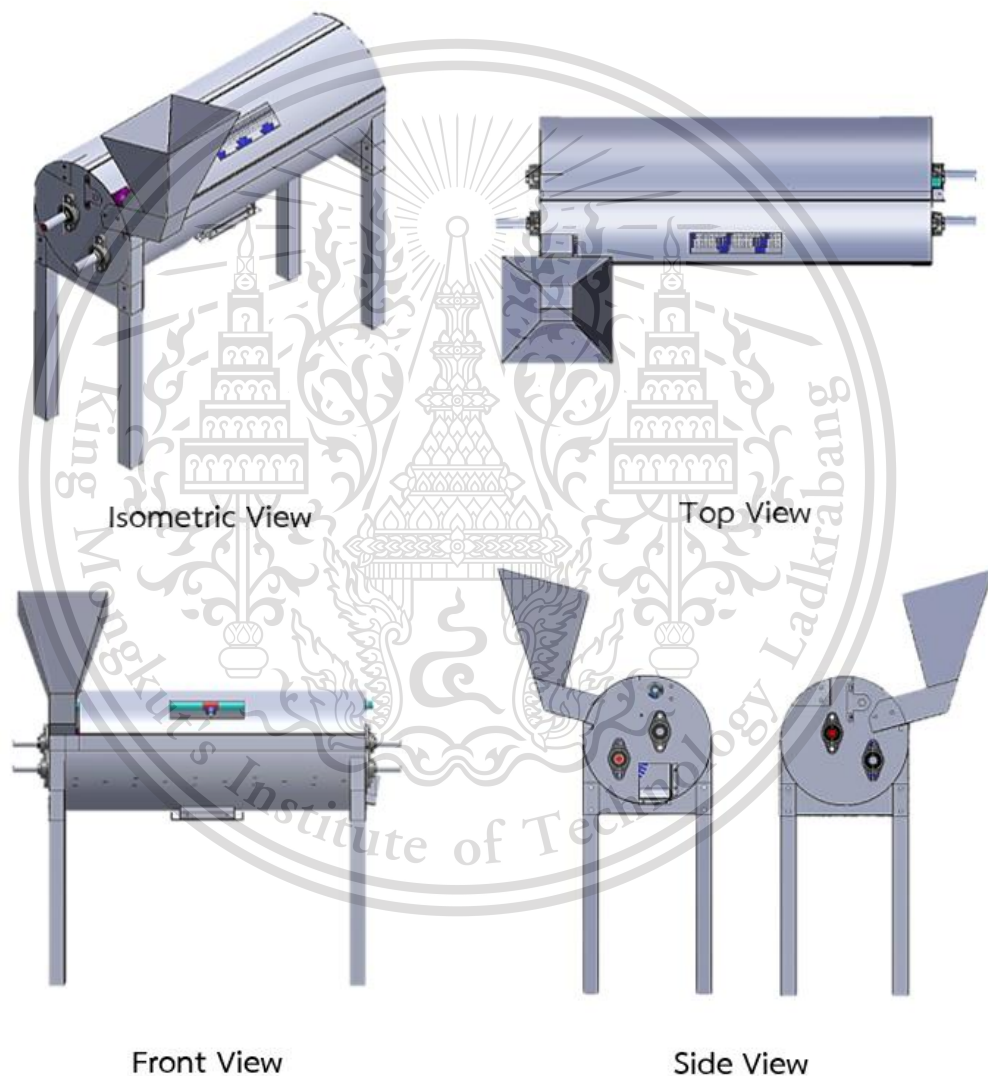
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

โดยมีรายละเอียดปลีกย่อยของแต่ละส่วนประกอบ ดังนี้

1) โครงเหล็ก

โครงเหล็กเป็นโครงสร้างที่มีฐานรองรับทั้งหมด 4 ขา ขนาด $400 \times 1060 \times 1000$ มิลลิเมตร ทำจากวัสดุ EG หนา 1.5 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.5 และส่วนป้อนเป็นส่วนที่ยึดติดกับโครงเหล็ก ทำจากวัสดุ EG ขนาดด้านกว้าง 28.5×29.5 เซนติเมตร ด้านแคบ 91×86 เซนติเมตร ความสูง 35 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.6

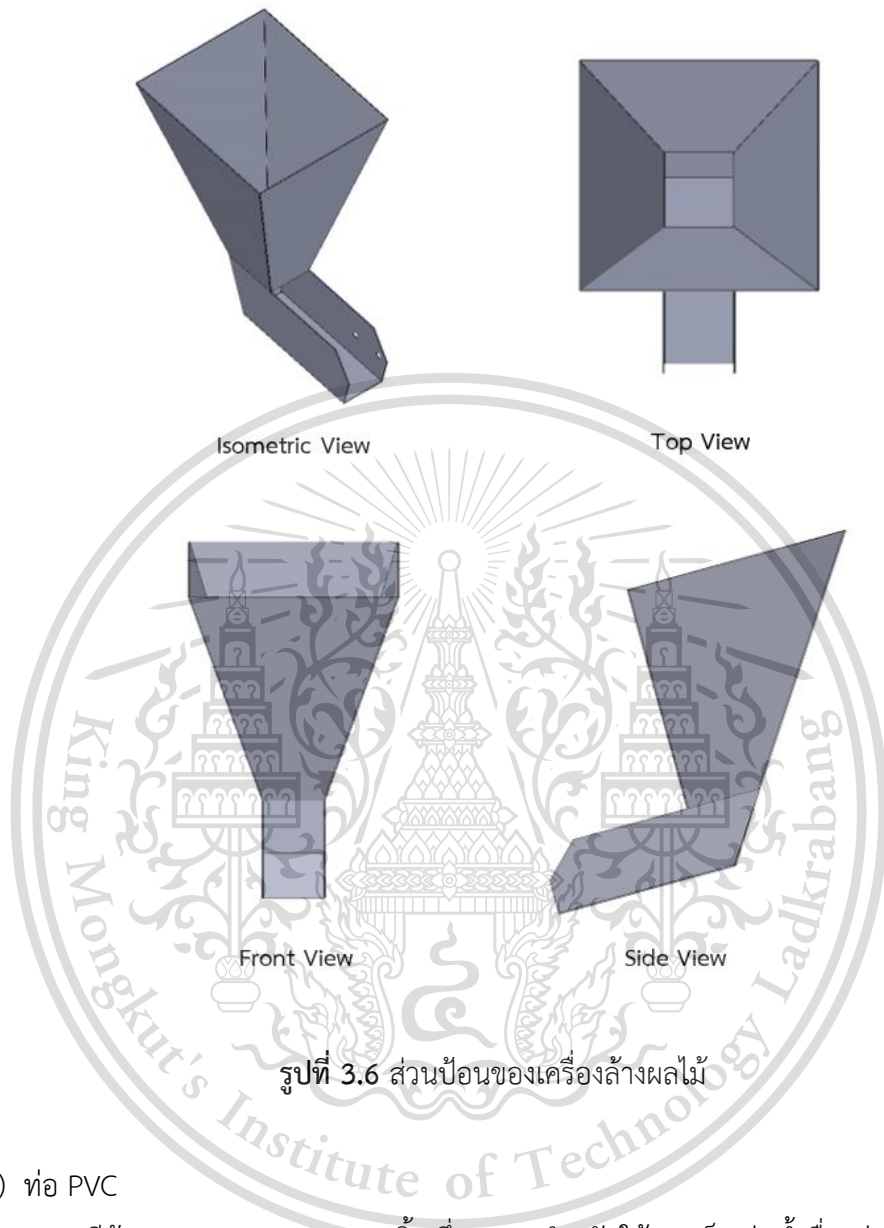


รูปที่ 3.5 โครงเหล็กของเครื่องล้างผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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 3.6 ส่วนป้อนของเครื่องล้างผลไม้

2) ท่อ PVC

ท่อ PVC สีฟ้า ยาว 4 เมตร ขนาด 1 นิ้ว ซึ่งเหมาะสำหรับใช้งานเป็นท่อน้ำดื่ม ท่อรับความดันและท่อระบายน้ำ

3) แปรงลูกกลิ้งแบบตรงและแบบเกลียว

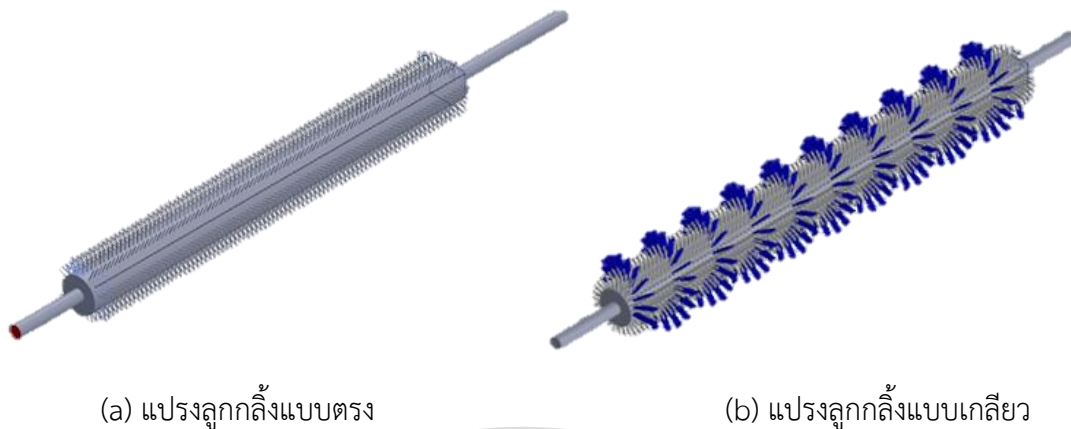
แปรงลูกกลิ้งแบบตรง ทำจากวัสดุไนลอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ขนยาว 1 นิ้ว ขนาดเส้นขน 0.4 มิลลิเมตร และแปรงลูกกลิ้งแบบเกลียว ทำจากวัสดุไนลอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว ขนยาว 2 นิ้ว ขนสั้น 1 นิ้ว ระยะห่างระหว่างเกลียว 10 เซนติเมตร ขนาดเส้นขน 0.8 มิลลิเมตร ต่อกับเพลงขนาด 1 นิ้ว เพื่อเป็นตัวช่วยขับเคลื่อน และตัวขัดทำความสะอาดผิวของผลไม้ที่ถูกลำเลียง แสดงดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

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.



(a) แปรงลูกกลิ้งแบบตรง

(b) แปรงลูกกลิ้งแบบเกลียว

รูปที่ 3.7 แปรงลูกกลิ้งแบบตรงและแบบเกลียวของเครื่องลี้ยงผลไม้

4) ตักตากลูกป็น

ชุดตักลูกป็นตักตาขนาด 1 นิ้ว ทั้งหมด 4 ตัว ประกอบด้วย ตักลูกป็นเม็ดกลมที่ถูกประกอบเข้ากับตัวเสื่อที่มียึดกับเครื่องจักรด้วยโบลท์ ส่วนแหวนวงในจะยึดเข้ากับเพลลา โดยใช้สกรูล็อคด้วยหลักการข้างต้นตักลูกป็นตักตาจึงมีความสามารถในการรองรับการหมุนของอุปกรณ์ที่ไม่ต้องมีการออกแบบและการติดตั้งที่พิเศษ ในตัวตักลูกป็นจะมีจาระบี ซึ่งเป็นสารหล่อลื่นบรรจุไว้และมีการติดตั้งซีลประกบคู่กัน เพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมหลุดรอดเข้าไปในตักลูกป็น

5) สายพานส่งกำลังและพูลเล่

สายพานส่งกำลังใช้สายพานวีร่องเรียบ ขนาด A ความกว้าง 13 มิลลิเมตร ความสูง 8 มิลลิเมตร มุม 40 องศา ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยผ่านพูลเล่ขับ ร่องเดี่ยว ขนาด 2.5 นิ้ว ติดกับมอเตอร์ไฟฟ้า จากนั้นรับแรงขับที่ส่งผ่านมาจากสายพานส่งกำลังด้วยพูลเล่ตามร่องเดี่ยว ขนาด 2.5 นิ้ว ติดกับแปรงลูกกลิ้งแบบตรง และพูลเล่ตาม ร่องคู่ ขนาด 7 นิ้ว ติดกับแปรงลูกกลิ้งแบบเกลียว เพื่อส่งผ่านแรงให้กลไกในส่วนอื่น ๆ ทำงาน ตามลำดับ

6) มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับรุ่น SF-JR 4P 44 ของบริษัท Mitsubishi ขนาด 1 แรงม้า 3 เฟส 220/380 โวลต์ 4 โพล 3 สาย IP44

7) ถังน้ำ

ถังน้ำทรงสี่เหลี่ยม ความจุ 100 ลิตร ขนาด 55 x 32 x 74 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นถังพักสารละลายคลอรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

8) สายยาง

สายยางใสขนาด 1 นิ้ว ยาว 1.1 เมตร จำนวน 2 สาย สายแรกต่อจากถังพักน้ำเข้ากับทางน้ำเข้าปั๊ม สายที่สองต่อจากทางน้ำออกปั๊มเข้ากับชุดหัวฉีดน้ำ

9) ปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำหนีศูนย์เหรียญขนาด 1 นิ้ว มอเตอร์ 1 แรงม้า ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและพ่นน้ำภายในถังล้างผลไม้

10) หัวฉีดแรงดันชนิด flat fan spray

หัวฉีดที่ใช้คือหัวฉีดน้ำแบบใบพัด ซึ่งเป็นหัวฉีดที่ทำให้น้ำออกมาในลักษณะกระจายตัวเป็นเส้นตรง จำนวน 3 แถว แถวละ 3 หัวฉีด จะเรียงแถวอยู่ด้านบนของตัวเครื่อง ขณะล้างหัวฉีดจะพ่นน้ำออกมา และน้ำที่ผ่านการล้างจะไหลลงทางด้านล่างไปที่บ่อพักน้ำ

หัวฉีดพ่นน้ำหนึ่งแถวประกอบด้วยหัวฉีด 3 หัว ยาว 10 เซนติเมตร ต่อท่อกับก้านยาว 50 เซนติเมตร ขณะเครื่องล้างทำความสะอาดหัวฉีดจะพ่นน้ำลงมายังแปรงล้าง เพื่อเป็นตัวช่วยชะล้างทำความสะอาดผลไม้

11) อินเวอร์เตอร์

ผลไม้ที่ผ่านการล้างด้วยเครื่องล้างต้องสะอาด ประหยัดน้ำ และมีอัตราการทำงานมากกว่าการล้างด้วยแรงงานคน แต่การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบ 1,450 รอบต่อนาที อาจไม่เหมาะสมกับกระบวนการล้าง ดังนั้นจึงต้องใช้อินเวอร์เตอร์ร่วมกับมอเตอร์ไฟฟ้า ปรับความเร็วรอบสายพานที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 290 435 580 และ 725 รอบต่อนาที ตามลำดับ เพื่อทดสอบหาความเร็วรอบของเครื่องล้างผลไม้ที่ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการล้างสูงสุด โดยการทดสอบนี้ใช้อินเวอร์เตอร์รุ่น IJ-JZ100-OR75G-2 ของบริษัท Jaden ขนาด 1 แรงม้า Input 1 Phase 220V Output 3 Phase 220V

12) ตะแกรงกรอง

ตะแกรงกรอง ขนาด 20 × 25 × 40 เซนติเมตร ทำจากวัสดุ EG หนา 1.5 มิลลิเมตร หุ้มด้วยตาข่ายไนลอน ทำหน้าที่กรองเศษดิน หิน หรือสิ่งสกปรกที่ติดมากับผิวผลไม้ไม่ให้หล่นไปที่ถังพักน้ำ และทำให้สามารถนำขึ้นมาใช้ล้างได้อีกครั้ง

13) ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า

ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้า ขนาด 30 × 45 × 20 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์รวมในการควบคุมระบบไฟฟ้า เช่น อินเวอร์เตอร์ สายไฟ รวมถึงสวิตช์ต่าง ๆ เพื่อช่วยให้สามารถควบคุมระบบการทำงานของไฟฟ้าได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

3.3 การทดสอบเครื่องล้างผลไม้

เครื่องล้างผลไม้ที่ออกแบบนั้นเป็นเครื่องที่สามารถลดการปนเปื้อนของผลไม้ทางด้านกายภาพ และลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้าง โดยศึกษาปัจจัยที่แตกต่างกันของความเร็วรอบชุดแปรงล้าง ซึ่งทดสอบ จากความเร็วรอบที่เหมาะสมของความเร็วมอเตอร์ โดยการปรับความถี่ของอินเวอร์เตอร์ต่ำสุดที่มอเตอร์ จะหมุนได้ โดยทั่วไปไม่ควรตั้งต่ำกว่า 10Hz เพื่อให้มอเตอร์มีทอร์คเพียงพอ กำลังไม่ตก [11] ดังนั้นจึง กำหนดช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบ ตั้งแต่ความถี่ 10Hz 15Hz 20Hz และ 25Hz สามารถ แบ่งระดับความเร็วรอบในหน่วยรอบต่อนาทีได้ 4 ระดับ ดังนี้ 290 435 580 และ 725 รอบต่อนาที ตามลำดับ

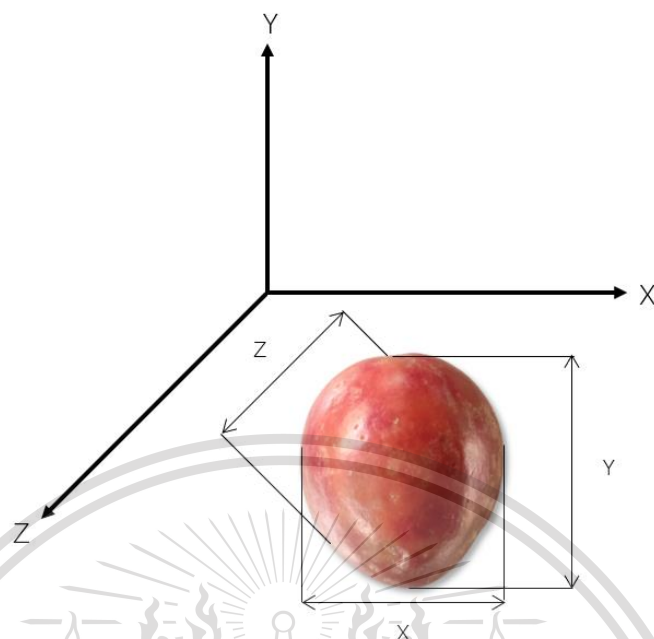
3.3.1 การเตรียมตัวอย่างผลไม้ทรงกลม

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ใช้ตัวอย่างที่มีลักษณะกลม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 – 8 เซนติเมตร จึงเลือกใช้เสาวรสสด โดยคัดเลือกเสาวรสที่มีผลสมบูรณ์ที่มีขนาดความกว้าง (Dmax) 59.8 ± 1.450 มิลลิเมตร, ความยาว (L) 68.9 ± 1.583 มิลลิเมตร, ความหนา (Z) 58.9 ± 1.760 มิลลิเมตร โดยวัดขนาดด้วย Digital Vernier caliper (Mishutoyo, Japan) ดังรูปที่ 3.8 และมีน้ำหนักเฉลี่ย 87.2 ± 6.125 กรัม คัดเลือกผลไม้ที่ไม่มีรอยขีดและไม่เน่าเสีย ในกรณีที่เป็นผลต้องเป็นรอยที่สมานแล้ว เช่น รอยขีดข่วน รอยแผลตื้น และไม่มีร่องรอยการทำลายของแมลง จากนั้นทำความสะอาดแบบแห้งและ ตัดแต่งขั้วออก หลังจากนั้นนำเสาวรสมาพอกดินสอพองที่ผสมกับน้ำเปล่าในอัตราส่วน 60 : 40 เพื่อจำลองความสกปรกทางกายภาพ การพอกดินสอพองต้องเคลือบพื้นผิวทั้งหมดของเสาวรส โดยจะทำการจุ่มเสาวรสลงในดินสอพองที่ผสมน้ำแล้วนำขึ้นมาพักไว้ให้ดินสอพองแห้งบนตะแกรง เป็นเวลา 15 - 20 นาที ดังรูปที่ 3.9

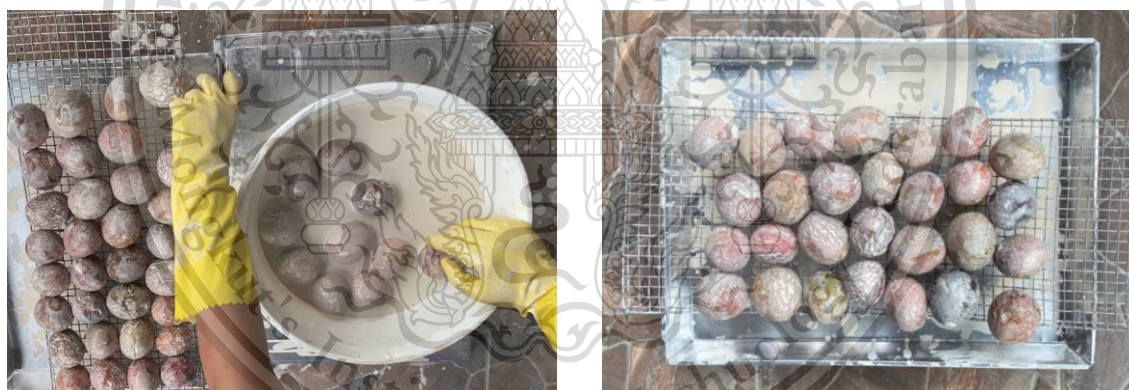
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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



รูปที่ 3.8 ขนาดตัวอย่างเสาวรสปอกดินสอพอง



(a) การพอกดินสอพองบนผลเสาวรสปอกดินสอพอง (b) การพักตัวอย่างเสาวรสปอกดินสอพองบนตะแกรง

รูปที่ 3.9 กระบวนการเตรียมตัวอย่างเสาวรสปอกดินสอพอง

3.3.2 การวางแผนการทดลอง

นำตัวอย่างเสาวรสปอกดินสอพองที่ได้จากการเตรียมในหัวข้อ 3.3.1 เข้าสู่กระบวนการล้างผ่านเครื่องล้างผลไม้แบบแปรงลูกกลิ้งขัดล้าง โดยจะออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized

Design ; CRD) ซึ่งมีตัวแปรที่จะศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นตามการค้า
คือ 290 435 580 และ 725 รอบต่อนาที ตามลำดับ ทำการทดลองอย่างสุ่ม ทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ
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.

รวมการทดลองทั้งหมด 12 หน่วยการทดลอง โดย 1 หน่วยการทดลองใช้ผลไม้ 20 กิโลกรัม หรือผลไม้ประมาณ 180 ผล หลังจากศึกษาการปรับความเร็วรอบชุดแปรงล้างเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดแล้วจะทำการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างผลไม้ และวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้

3.3.3 การล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง

นำตัวอย่างเสาวรสที่ได้จากการเตรียมในหัวข้อ 3.3.1 เข้าสู่กระบวนการล้างผ่านเครื่องล้างผลไม้แบบแปรงลูกกลิ้งขัดล้าง เริ่มจากส่งผลไม้เข้าทางส่วนป้อนของเครื่องล้างผลไม้ ผลไม้จะถูกลำเลียงด้วยแปรงลูกกลิ้งแบบเกลียว และทำความสะอาดผิวด้วยแปรงลูกกลิ้งแบบตรง ขณะที่หัวฉีดแรงดันที่มีปริมาณสารละลายคลอรีน 50 – 100 ppm ด้านบนฉีดกำจัดสิ่งสกปรกที่ไม่สามารถหยิบออกได้ ดังรูปที่ 3.10 จากนั้นปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า ทั้งหมด 4 ระดับ คือ 290 435 580 และ 725 รอบต่อนาที เมื่อผ่านเครื่องล้างแล้วชั่งน้ำหนักผลไม้ให้ได้ปริมาณที่ต้องการ จากนั้นนำตะกร้าขึ้นมาสะเด็ดน้ำ และในขั้นตอนสุดท้ายจึงทำการลำเลียงตะกร้าเข้าสู่กระบวนการผลิต ขั้นตอนการทดสอบจะแสดงเป็นผังสรุปดังรูปที่ 3.11



(a) การป้อนผลไม้เข้าทางส่วนป้อนของเครื่องล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.



(b) การลำเลียงผลไม้ของเครื่องล้าง



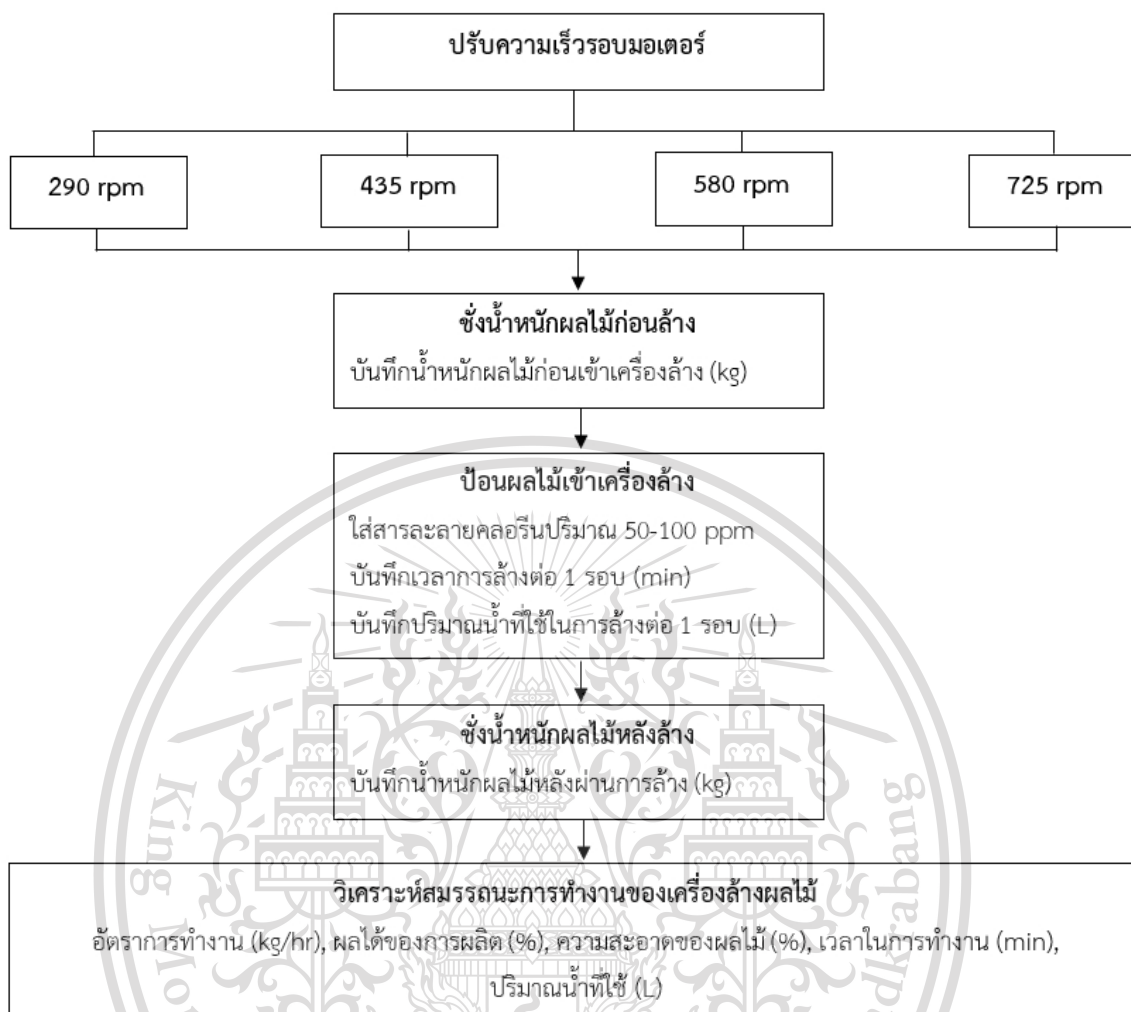
(c) ผลไม้ลำเลียงออกจากลาดเข้าสู่ตะกร้าผลไม้

รูปที่ 3.10 การล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง

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.



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการทดสอบการล้างผลไม้

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องล้างผลไม้

3.4.1 การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างผลไม้

การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างผลไม้ดำเนินการโดยการนำตัวอย่างผลไม้พอกดินสอพองมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นก่อนล้าง ขณะที่เครื่องล้างทำความสะอาดผลไม้กำลังทำงาน บันทึกเวลารวมที่ใช้ในการทำงานแต่ละครั้ง ตั้งแต่วัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการล้างแบบเปียกจนกระทั่งลำเลียงสู่ตะกร้าผลไม้ จากนั้นนำผลไม้ขึ้นมาสะเด็ดน้ำและผึ่งให้แห้งแล้วทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อคำนวณหาอัตราการทำงาน และผลได้ของการผลิตเปรียบเทียบกับเครื่องล้างที่ใช้คนล้างทำความสะอาดของแต่ละความเร็วรอบ ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

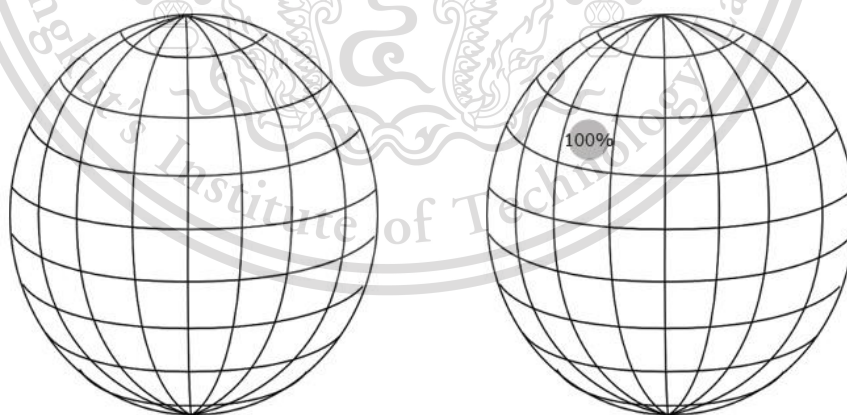
$$\text{อัตราการทำงาน} = \frac{\text{น้ำหนักของผลไม้ก่อนล้าง (กิโลกรัม)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการล้าง (ชั่วโมง)}} \quad (3.1)$$

$$\text{ผลได้ของการผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักผลไม้หลังล้างทั้งหมด (กิโลกรัม)} - \text{น้ำหนักผลไม้ตกค้าง (กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักของผลไม้ก่อนล้าง (กิโลกรัม)}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.4.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้

สุ่มตัวอย่างผลไม้ที่สะอาด น้ำ และผึ่งให้แห้งแล้วจำนวน 10 ผล มาทดสอบด้วยวิธีการตรวจพินิจ (Visual Testing) บริเวณผิวของผลไม้ เพื่อคำนวณหาความสะอาดของผลไม้ ดังสมการที่ 3.3 จากนั้นวัดผลจากการแบ่งพื้นผิวผลไม้เป็น 16 ส่วน ส่วนละ 6.25% ของพื้นที่ผิวผลไม้ทั้งหมด ดังรูปที่ 3.12 a โดยกำหนดให้พื้นผิวที่มีดินสอพองเคลือบติดอยู่ 1 จุด คิดเป็น 100% ของสัดส่วนนั้น ๆ หรือ 1% ของพื้นที่ผิวทั้งหมด ดังรูปที่ 3.12 b ทำการวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ ของแต่ละความเร็วรอบ ผลไม้ที่ผ่านมาตรฐานจะต้องไม่มีสิ่งสกปรกติดอยู่บนพื้นผิวเกิน 3% ของพื้นที่ผิวผลไม้ทั้งหมด แสดงตัวอย่างผลไม้ที่ผ่านและไม่ผ่านมาตรฐาน ดังรูปที่ 3.13 และ 3.14 ตามลำดับ

$$\text{ความสะอาดของผลไม้ (\%)} = \frac{\text{จำนวนผลไม้สะอาด (ผล)}}{\text{จำนวนผลไม้ทั้งหมด (ผล)}} \times 100 \quad (3.3)$$



(a) การแบ่งพื้นผิวผลไม้เป็น 16 ส่วน

(b) ตัวอย่างพื้นผิวที่มีดินสอพองเคลือบติดอยู่ 1 จุด

รูปที่ 3.12 การวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้

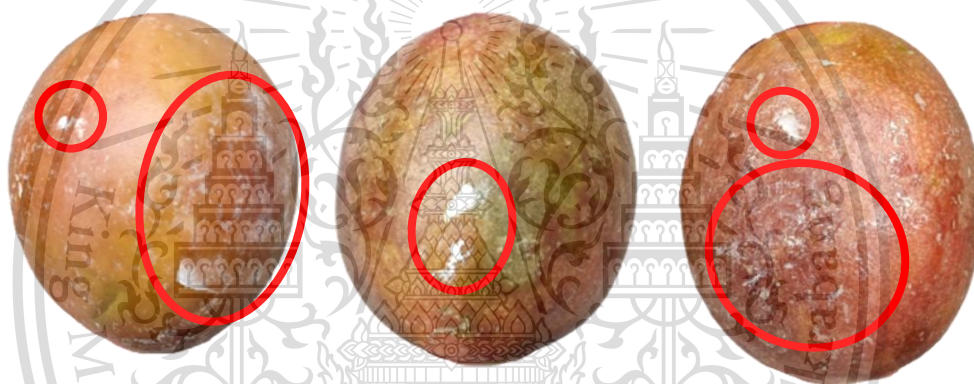
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 3.13 ตัวอย่างผลไม้ผ่านมาตรฐาน



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างผลไม้ที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

3.4.2 การจัดสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

จัดเวลาในแต่ละขั้นตอนให้สัมพันธ์กันหรือใกล้เคียงกัน เพื่อลดเวลาสูญเปล่าอันเกิดจากการล่าช้าของงาน โดยจะพิจารณาจากรอบเวลาการผลิตขณะที่เครื่องล้างทำความสะอาดผลไม้กำลังทำงานจะบันทึกเวลารวมที่ใช้ในการทำงานแต่ละครั้ง ตั้งแต่วัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการล้างแบบเปียกจนกระทั่งนำตะกร้าผลไม้ขึ้นมาสะเด็ดน้ำจนถึงเวลาที่กลับมาตั้งต้น เพื่อจะเริ่มทำการล้างในรอบต่อไป วัดจำนวน 3 ชั่วโมงที่รอบเวลาการผลิตจากการใช้เครื่องล้างทำความสะอาดผลไม้เทียบกับการใช้แรงงานคนในการล้างผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

3.5 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

พิจารณาค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทดสอบหาความเร็วรอบมอเตอร์ทั้ง 4 ระดับ ซึ่งส่งผลให้ผลไม่ที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างผลไม้ มีคุณภาพตั้งแต่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุด เพื่อใช้ในการเลือกความเร็วรอบที่มีประสิทธิภาพ และสามารถลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างได้อย่างเหมาะสม โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับการล้างผลไม้นั้น สามารถจำแนกการวิเคราะห์เป็นส่วน ๆ ได้ ดังนี้

3.5.1 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ต้นทุนในการสร้างเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่องนั้นประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) และ ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost)

ค่าใช้จ่ายคงที่ (ต้นทุนคงที่) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเวลาที่กำหนด ไม่ขึ้นกับปริมาณการใช้เครื่องจักร ประกอบด้วย ดอกเบี้ยจากการลงทุนสร้างเครื่องจักร และค่าเสื่อมราคา การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation)

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง (บาทต่อปี)} = \frac{P - L}{N} \quad (3.4)$$

โดย P คือ ราคาซื้อเครื่องจักร

L คือ ราคาซากเครื่องจักร (บาท)

N คือ อายุการใช้งาน (ปี)

มูลค่าซาก 10% ของราคาเริ่มต้น

$$\text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน (บาทต่อปี)} = \frac{P + L}{2} \times \frac{i}{100} \quad (3.5)$$

โดย i คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี (7.5 เปอร์เซ็นต์)

$$FC = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน} \quad (3.6)$$

โดย FC คือ ต้นทุนคงที่รวม (บาทต่อปี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำเนื้อหาไปทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ค่าใช้จ่ายผันแปร (ต้นทุนผันแปร) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามปริมาณการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน และค่าน้ำประปา

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)} = 120\% \text{ ของค่าเสื่อมราคาเครื่อง} \quad (3.7)$$

โดย อายุการใช้งานของเครื่องล้างผลไม้ 10 ปี
วันทำงานใน 1 ปี หยุดวันเสาร์ - อาทิตย์ ทำงาน 260 วัน

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน (บาทต่อปี)} = \text{อัตราค่าจ้าง} \times \text{วันทำงาน} \times \text{จำนวนคน} \quad (3.8)$$

โดย อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท
แรงงานทำงาน 5 คน

$$\text{ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)} = \text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ค่าหน่วยไฟฟ้า} \times \text{วันทำงาน} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \quad (3.9)$$

โดย จำนวนหน่วยไฟฟ้า 1.88 กิโลวัตต์
ค่าหน่วยไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย
ใน 1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง

$$\text{ค่าน้ำประปา (บาทต่อปี)} = \text{อัตราค่าน้ำประปา} \times \text{ความสิ้นเปลืองน้ำ} \times \text{วันทำงาน} \quad (3.10)$$

โดย อัตราค่าน้ำประปา 0.0125 บาทต่อลิตร
ความสิ้นเปลืองน้ำ 2.85 ลิตรต่อกิโลกรัม

$$VC = \text{ค่าบำรุงรักษา} + \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าน้ำประปา} \quad (3.11)$$

โดย VC คือ ต้นทุนผันแปรรวม (บาทต่อปี)

$$AC = FC + VC \quad (3.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารโดยที่ AC นี้คือ ต้นทุนรวมทั้งหมด (บาทต่อปี) ภาษานี้ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
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.

3.5.2 จุดคุ้มทุน (Break Even Point)

จุดซึ่งรายได้จากการลงทุนคุ้มกับค่าลงทุน หรืออีกนัยหนึ่งหมายถึง จุดที่แสดงค่าใช้จ่ายกับรายรับเท่ากัน ซึ่งหมายความว่า เป็นจุดซึ่งมีกำไรเป็นศูนย์นั่นเอง

$$BEP = \frac{FC}{p - vc} \quad (3.13)$$

โดย BEP คือ จุดคุ้มทุน (ตันต่อปี)

vc คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อปี)

p คือ ค่ารับจ้างเครื่องล้างผลไม้ (บาทต่อปี)

3.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SPSS 20.0 สำหรับระบบ Windows (SPSS, Inc., Chicago, Illinois) เพื่อคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนผลของระดับความเร็วรอบของมอเตอร์ต่ออัตราการทำงาน เปอร์เซ็นต์ความสะอาด ปริมาณน้ำที่ใช้ เวลาการทำงาน และผลได้ของการผลิต แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีโดยใช้การทดสอบแบบดินแคน (Duncan multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

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

ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 ผลการศึกษาเงื่อนไขการล้างที่เหมาะสมและการออกแบบเครื่องล้างผลไม้

จากการศึกษาเงื่อนไขการล้างที่เหมาะสม และการออกแบบเครื่องล้างที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำความสะอาดผลไม้ ทั้งลักษณะทางกายภาพของวัตถุดิบ ลักษณะสายพาน แปรปรูประเภทต่าง ๆ พื้นที่ในการทำงาน หลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และความต้องการอัตราการผลิตที่ 2 ตันต่อวัน จึงได้สร้างเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่องโดยใช้แปรงลูกกลิ้งขัดล้างจนเสร็จสมบูรณ์ ดังรูปที่ 4.1 และแสดงการสร้างอย่างละเอียดไว้ในส่วนภาคผนวก ข ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 เครื่องล้างผลไม้ทรงกลมแบบต่อเนื่อง

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.

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเครื่องล้างผลไม้

จากการทดลองล้างตัวอย่างผลไม้ทรงกลมเคลือบดินสอพอง จำนวน 20 กิโลกรัม หรือผลไม้จำนวน 180 ผล ด้วยเครื่องล้างผลไม้ ต่อ 1 ชุดการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 แบบ ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 290 435 580 และ 725 รอบต่อนาที ผลของความเร็วรอบแปรปรองล้างที่มีผลต่ออัตราการทำงานผลได้ของการผลิตของเครื่องล้างผลไม้ เวลาที่ใช้ และปริมาณน้ำที่ใช้ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.1

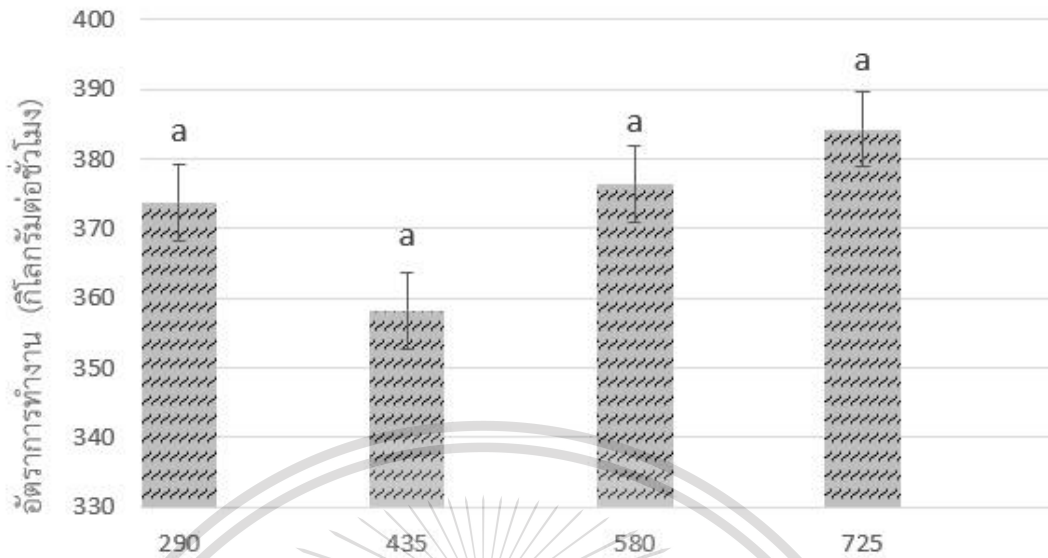
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราการทำงาน (กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง)	ผลได้ของ การผลิต (เปอร์เซ็นต์)	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร)
290	373.74 ^a ±06.98	94.50 ^c ±2.17	3.23±0.07 ^a	63.98±1.62 ^c
435	358.22 ^a ±20.22	93.12 ^c ±0.74	3.36±0.16 ^a	55.72±1.32 ^b
580	376.36 ^a ±27.30	90.30 ^b ±0.74	3.23±0.22 ^a	52.69±1.09 ^b
725	384.31 ^a ± 03.15	86.85 ^a ±0.80	3.13±0.02 ^a	48.68±2.42 ^a
เฉลี่ย	373.16±10.92	91.19±3.38	3.24±0.09	55.19±6.35

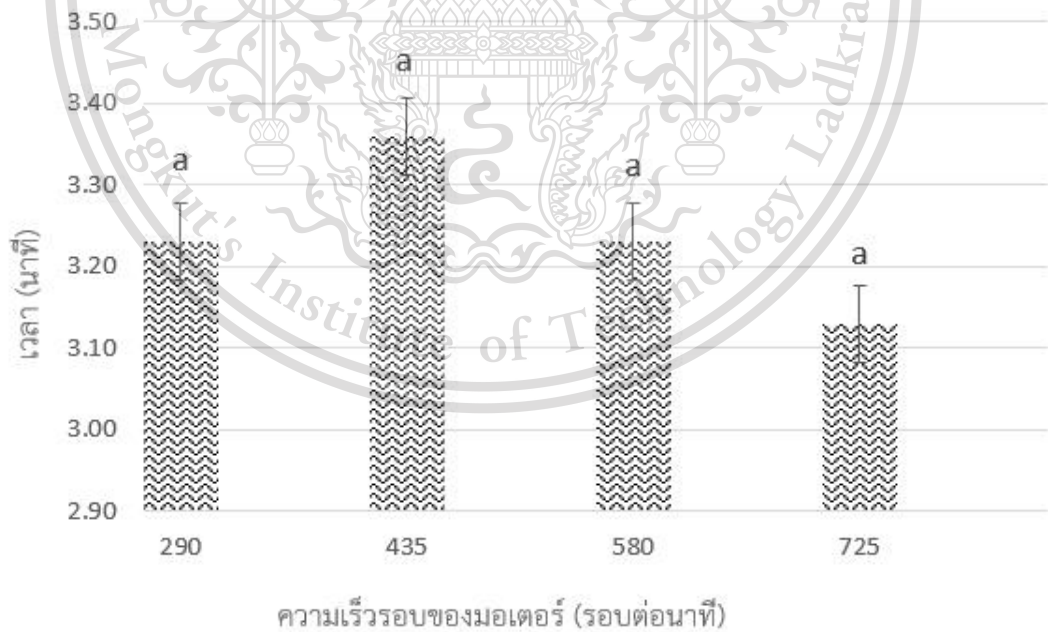
หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์อัตราการทำงานหลังจากล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง จะเห็นได้ว่าอัตราการทำงานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.2) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการทำงานของผู้ปฏิบัติการที่มีอัตราการทำงาน เท่ากับ 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พบว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องล้างอยู่ที่ 373.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นั้นมากกว่าการล้างด้วยผู้ปฏิบัติการถึง 5 เท่า และเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้าง พบว่า เวลาในการล้างเฉลี่ยอยู่ที่ 3.24 นาที ต่อการล้างผลไม้ 180 ผล หรือใช้เวลาในการล้างเฉลี่ย 1.08 วินาทีต่อผล เปรียบเทียบกับเวลาของผู้ปฏิบัติการที่ใช้เวลาในการล้าง 15 นาที ต่อการล้างผลไม้ 180 ผล หรือใช้เวลาในการล้างเฉลี่ย 5 วินาทีต่อผล จะเห็นได้ว่า การใช้เครื่องล้างผลไม้ นั้นใช้เวลาน้อยกว่า 5 เท่า แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (รูปที่ 4.3) ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นจากการป้อนผลไม้ที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากลักษณะการทำงานของเครื่องยังต้องใช้แรงงานคนในการป้อนผลไม้ลงเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

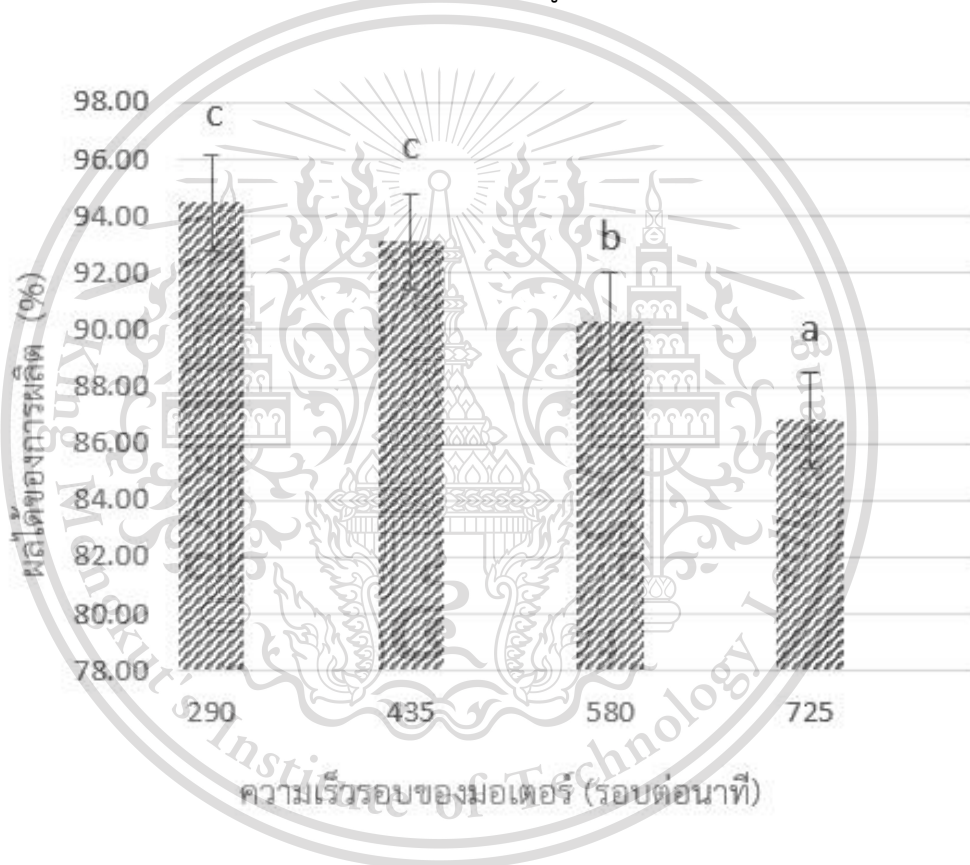


รูปที่ 4.2 อัตราการทำงานของการล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ (ตัวอักษร a แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$))



รูปที่ 4.3 เวลาที่ใช้ในการล้างของผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ (ตัวอักษร a แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$))

ในการเปรียบเทียบผลได้ของการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 4.4) โดยที่ความเร็วรอบ 290 รอบต่อนาที มีผลได้ของการผลิตสูงที่สุด (94.50 เปอร์เซ็นต์) และผลได้ของการผลิตมีแนวโน้มต่ำลงตามความเร็วรอบมอเตอร์ที่เพิ่มขึ้น กล่าวคือ เมื่อความเร็วรอบมอเตอร์เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าผลได้ของการผลิต เนื่องจากการในการทำงานจริง พบว่า ผลไม้มีการซ้อนกันบนแปรงขัดล่าง ทำให้ผลให้ผลไม้บางส่วนหล่นตกค้างอยู่ภายในเครื่องล้าง และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำที่ใช้ จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลได้การผลิต กล่าวคือ เมื่อล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ความเร็วรอบสูงขึ้น ปริมาณน้ำที่ถูกนำไปล้างผลไม้ของทั้ง 4 ความเร็วรอบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังรูปที่ 4.5

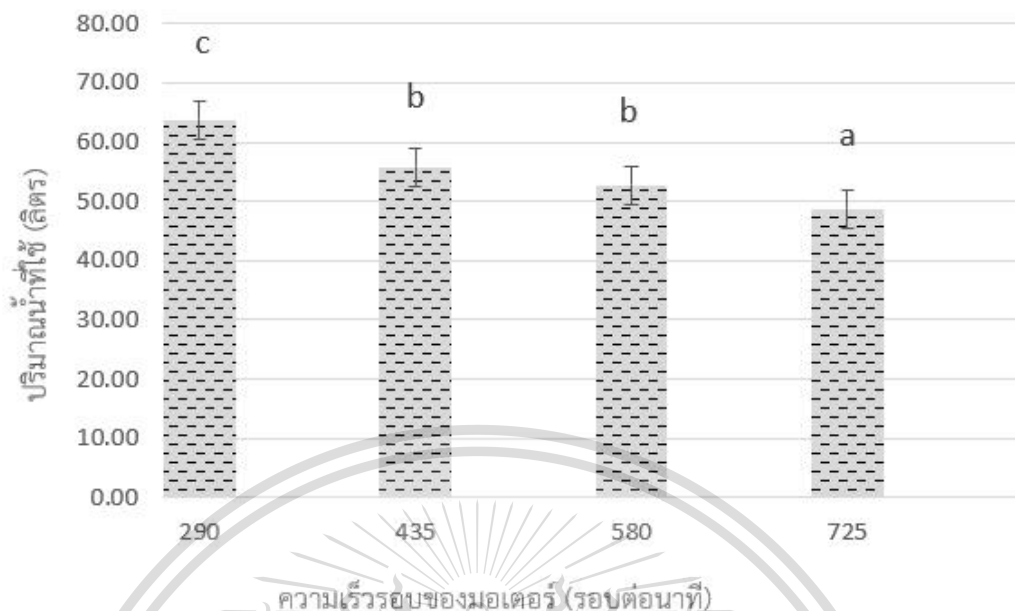


รูปที่ 4.4 ผลได้ของการผลิตหลังจากล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ (ตัวอักษร a b c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$))

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.



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ (ตัวอักษร a b c แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$))

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้

จากผลการทดลองสุ่มตัวอย่างผลไม้ที่สะอาด น้ำ และผึ่งให้แห้งแล้วจำนวน 10 ผล ทั้งหมด 3 ซ้ำ มาทดสอบด้วยวิธีการตรวจพินิจบริเวณผิวของผลไม้ และคำนวณหาความสะอาดของผลไม้ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความสะอาดของผลไม้หลังล้างด้วยเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ความสะอาดของผลไม้ (เปอร์เซ็นต์)
290	96.67 ^b ±05.77
435	66.67 ^{ab} ±05.77
580	63.33 ^{ab} ±11.54
725	40.00 ^a ± 34.64
เฉลี่ย	66.67±27.26

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่าที่แสดงในตาราง คือ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ปริมาณสิ่งสกปรกบนผิวผลไม้จากความสะดวกของผลไม้พบว่า ความสะดวกของผลไม้หลังผ่านการล้างด้วยเครื่องแบบต่อเนื่องที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ มีความสะดวกของผลไม้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และแปรผันตามความเร็วรอบชุดลำเลียง โดยที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 290 รอบต่อนาที มีความสะดวกของผลไม้สูงที่สุด (96.67 เปอร์เซ็นต์) ของค่าเฉลี่ยผลไม้ที่นำมาทดลอง รองลงมา คือ ที่ความเร็วรอบ 435 รอบต่อนาที ซึ่งมีความสะดวกของผลไม้เท่ากับ 66.67 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ความเร็วรอบ 725 รอบต่อนาที จะมีความสะดวกของผลไม้ต่ำที่สุด (รูปที่ 4.6) ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่าที่ความเร็วรอบ 290 รอบต่อนาที ในงานวิจัยนี้ให้ผลด้านความสะดวกที่ดี และมีผลได้ของการผลิตที่กล่าวไปข้างต้นเป็นที่น่าพอใจ



รูปที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์ความสะดวกของผลไม้หลังผ่านการล้างด้วยเครื่องที่ระดับความเร็วรอบต่าง ๆ (ตัวอักษร a b แสดงความแตกต่างผลของปัจจัยในแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 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.

4.3 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.3.1 การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการสร้างเครื่องล้างผลไม้ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการคำนวณออกเป็น 4 ส่วน คือ 1. ต้นทุนคงที่รวม (Fixed Cost) 2. ต้นทุนผันแปรรวม (Variable Cost) 3. ต้นทุนรวมทั้งหมด (Actual Cost) และ 4. จุดคุ้มทุน (Break Even Point) จากการศึกษาความเร็วรอบที่ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้เหมาะสมมากที่สุดในงานวิจัยนี้คือที่ความเร็วรอบ 290 รอบต่อนาที ดังนั้นการประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจะคำนวณความเร็วรอบ 290 รอบต่อนาที และมีการแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียดไว้ในส่วนภาคผนวก ง แสดงผลสรุปดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องล้างผลไม้

ตัวแปร	มูลค่า
ต้นทุนเครื่องจักร	71,020 บาท
มูลค่าซาก	7,102 บาท
อายุการใช้งาน	10 ปี
ต้นทุนคงที่รวม	9,321 บาทต่อปี
ต้นทุนผันแปรรวม	420,246 บาทต่อปี
ต้นทุนรวมทั้งหมด	429,567 บาทต่อปี
จุดคุ้มทุน	1,444 กิโลกรัม
อัตราดอกเบี้ย	7.5%
ค่าบำรุงรักษา	7,670 บาท
อัตราการทำงาน	374 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ชั่วโมงการทำงาน	8 ชั่วโมงต่อวัน
ค่าจ้างแรงงาน	390,000 บาทต่อปี
ค่าไฟฟ้า	11,722 บาทต่อปี
ค่าน้ำประปา	18,525 บาทต่อปี

หมายเหตุ : การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องล้างผลไม้ที่ความเร็วรอบ 290 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น 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

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองล้างผลไม้ด้วยเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง โดยการทดสอบความเร็วมอเตอร์ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพในการล้างดินสอพองลดลง เมื่อพิจารณาอัตราการทำงาน ผลได้ของการผลิต เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของผลไม้ เวลาที่ใช้ และปริมาณน้ำที่ใช้ พบว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยอยู่ที่ 374 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเวลาที่ใช้เฉลี่ย 3.24 นาที ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ปฏิบัติการ พบว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยของเครื่องล้างมากกว่าการล้างด้วยผู้ปฏิบัติการ และใช้เวลาน้อยกว่าถึง 5 เท่า ที่ความเร็ว 725 รอบต่อนาที มีการใช้น้ำในการล้างน้อยที่สุด แต่มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของผลไม้ และผลได้ของการผลิตต่ำที่สุด ในขณะที่ความเร็ว 290 รอบต่อนาที มีปริมาณน้ำที่ใช้มากกว่า 15 ลิตร แต่มีเปอร์เซ็นต์ความสะอาดสูงถึง 96.67% และเมื่อใช้เครื่องล้างแบบต่อเนื่องในการล้างผลไม้จะได้กำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 2,992 กิโลกรัมต่อวัน (ระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง) จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม พบว่า ใน 1 ปี ใช้เครื่องล้างทำความสะอาดผลไม้ทำงานมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเครื่อง 429,567 บาทต่อปี และต้องแปรรูปผลไม้สด 1,444 กิโลกรัม ถึงจะคืนทุนเครื่องล้างผลไม้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองปัญหาที่พบด้านเครื่องจักร เนื่องจากการปรับความเร็วมอเตอร์ส่งผลต่อความเร็วรอบของแปรงทั้ง 2 แปรง ซึ่งทำให้ไม่ทราบความเร็วรอบของแปรงขัดล้างที่เหมาะสม หรือความเร็วรอบของแปรงลำเลียงที่เหมาะสม จึงควรทำการแยกตัวส่งกำลังของแปรงทั้งสองออกจากกัน เพื่อศึกษาความเร็วรอบการขัดล้างและการลำเลียงที่เหมาะสมต่อไป นอกจากนี้ยังพบว่าทางออกของส่วนป้อนมีขนาดเล็กเกินไป ส่งผลให้ผลไม้ไม่สามารถเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องได้ จึงควรปรับปรุงทางออกของส่วนป้อนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น การวางระยะแปรงกับโครงเหล็กมีระยะห่างกันเกินไป ทำให้มีผลไม้บางส่วนตกค้างภายในเครื่อง ควรปรับระยะทั้งสองให้ชิดกันมากขึ้น และส่วนสุดท้ายในทางออกของเครื่อง ควรมีความชันมากขึ้น เพื่อให้ผลไม้เคลื่อนออกลงตะกร้าได้ดีขึ้น ปัญหาที่พบด้านการผลิต การลำเลียงผลไม้เข้าเครื่องล้างแบบต่อเนื่องยังต้องใช้แรงงานคน ทำให้ขาดความสม่ำเสมอในการลำเลียง ส่งผลให้เวลาที่ทดสอบมีความคลาดเคลื่อน จึงควรปรับปรุงวิธีการลำเลียงผลไม้ที่สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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


- [1] Modern Manufacturing. “การทำมาความสะอาดและฆ่าเชื้อในกระบวนการผลิตอาหาร.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.mmthailand.com/การทำมาความสะอาด-ฆ่าเชื้อ/>. 2017.
- [2] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2563. การทำมาความสะอาดวัตถุดิบก่อนการแปรรูปอาหาร. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://bsc.dip.go.th/th/category/production2/qs-cleanmaterial>
- [3] ศิวาพร ศิวเวชช. (2542). การสุขาภิบาลโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5.กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [4] Nakhon Sawan Rajabhat University. “ประเภทของระบบการผลิต.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/sonthaya/lesson%203/lesson%203%20-%202.html.
- [5] Henderson, S.M.and R.L. Perry. 1982. **Agricultural Process Engineering**, Third Edition. The AVI Publishing Company. Inc. Westport Connecticut, USA, 163-165 pp.
- [6] D.I. Wilson et.al, (2015), “Cleaning of a model foods oil from horizontal plates by a moving Vertical water jet”, *Chemical EngineeringScience*, 450–459
- [7] Anirban Guha et.al, (2011),” An experimental and numerical study of water jet cleaning process”, *Journal of Materials Processing Technology*, 610–618
- [8] Kanjanapongkul, K., Phothong, S., Tanpaiboon, T., Kosainetr, P., and Malithong, K.2018. “เครื่องควบคุมความเข้มข้นคลอรีนสำหรับกระบวนการล้างผักที่อาศัยหลักการให้ความร้อนแบบโอโซนิก.” *RMUTT Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*. 17(2) : 1-10.
- [9] พิมพ์พรรณ ปรีองาม, นงลักษณ์ เล็กรุ่งเรืองกิจ และภวิวิท รัญภัทรานนท์. 2560. “ทำมาความสะอาดอ้อยสำหรับอ้อยคั้นน้ำ” *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*. 23(2) : 52-58.
- [10] จิระเมธา สังข์เกษม, ธนู ฉุยฉาย, สุนันท์ ศรีณยนิตย์ และทวีศักดิ์ มั่นชวนวนนท์. 2561. “การออกแบบโดยใช้พลศาสตร์เครื่องจักรกลและกลศาสตร์ของไหลเพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้าทางเศรษฐศาสตร์ของมอเตอร์กรณีศึกษา: เครื่องล้างเมล็ดพริกไทยแบบถาดสั่นสะเทือน.” *Kasem Bundit Engineering Journal*. 8(1) : 57-70.

[11] PALAWATR. “พื้นฐานการตั้งค่าใช้งานอินเวอร์เตอร์ให้เหมาะสม.” [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.palawatr.co.th/content/view/74/68>.

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.



ภาคผนวก
ภาคผนวก ก การออกแบบเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง
ภาคผนวก ข รายละเอียดการสร้างเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง
ภาคผนวก ค ผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ
ภาคผนวก ง การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

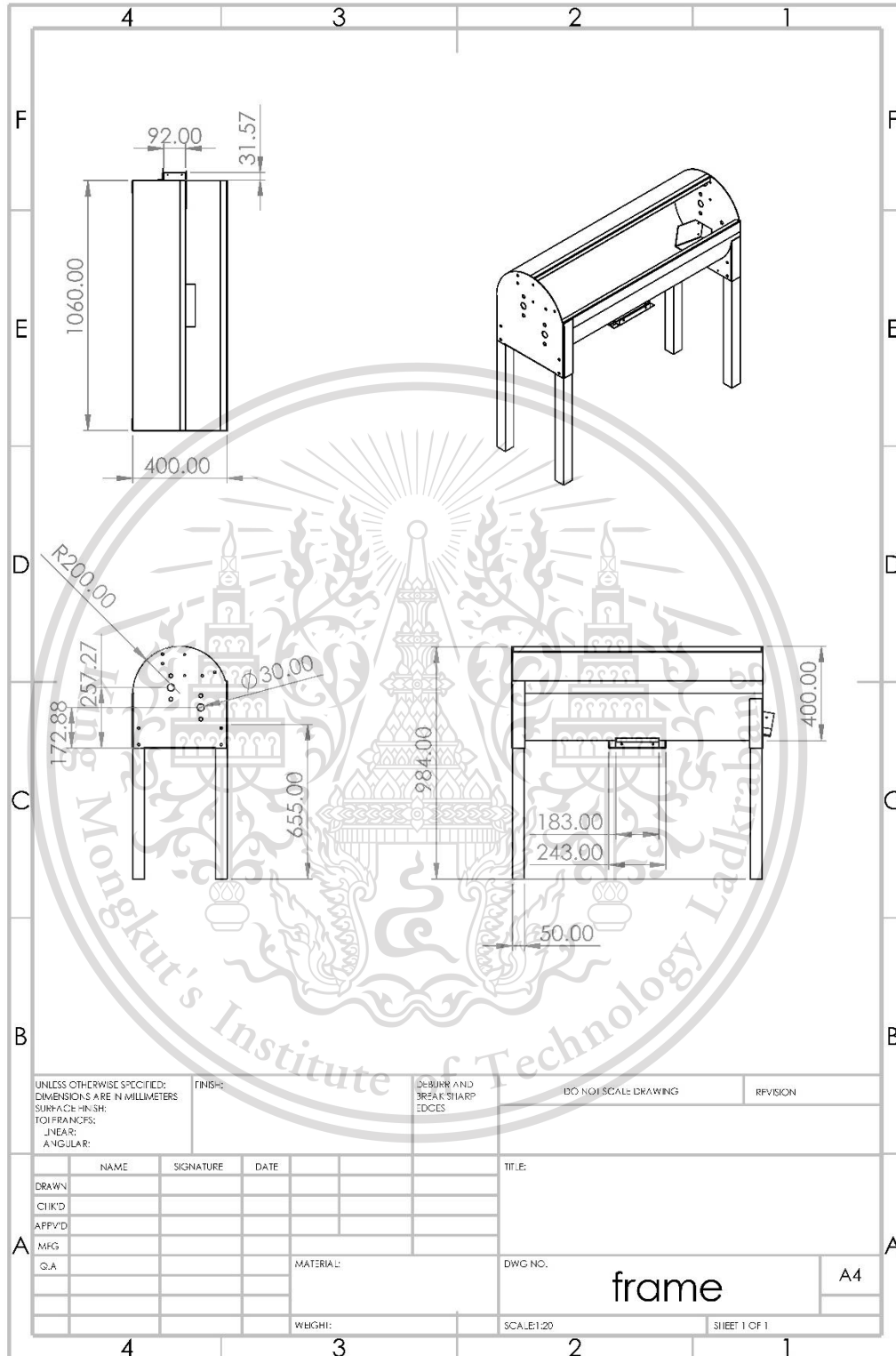
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

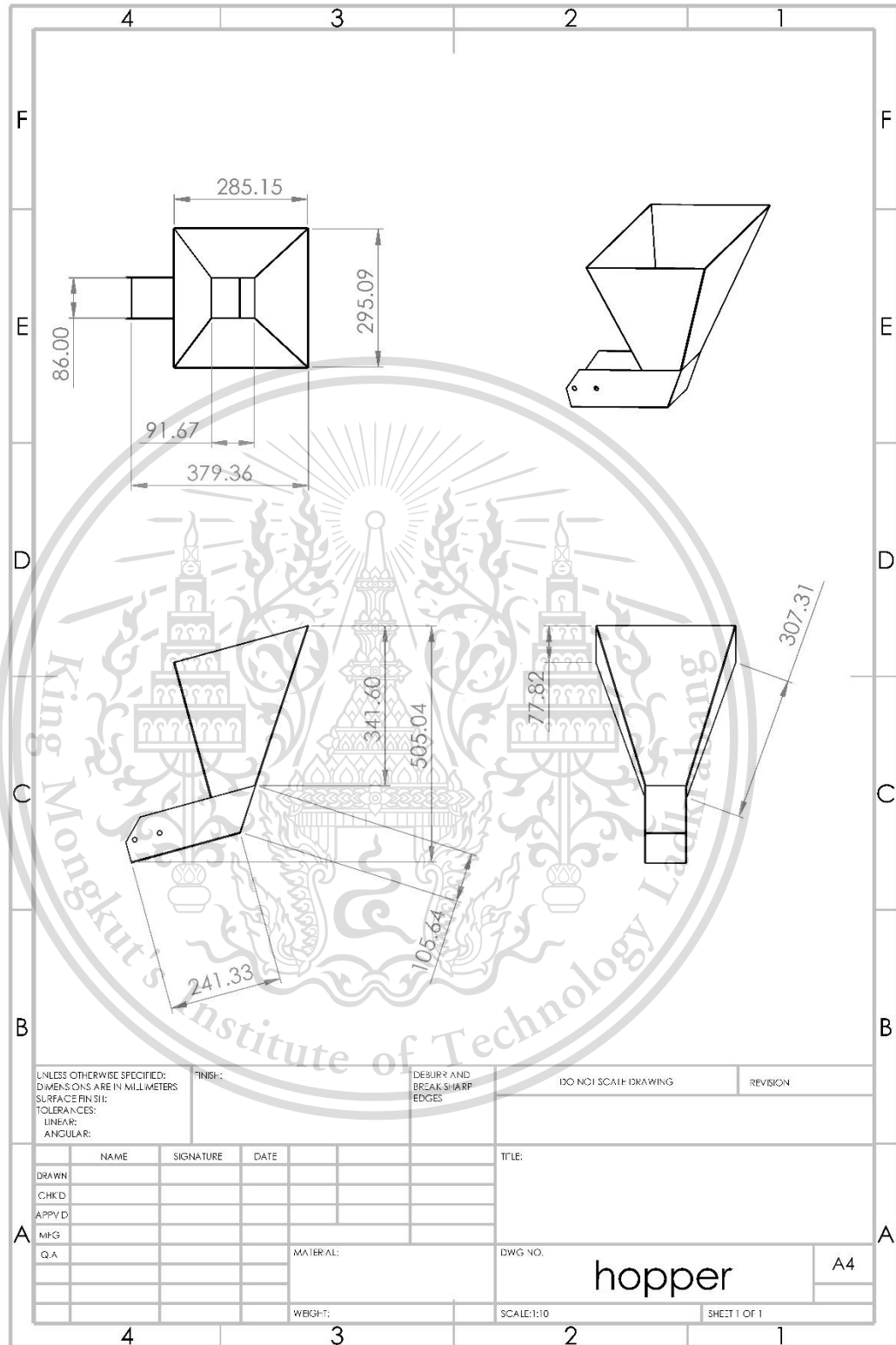
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น กรุณาอย่าได้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ ก.1 ชุดโครงเหล็ก
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

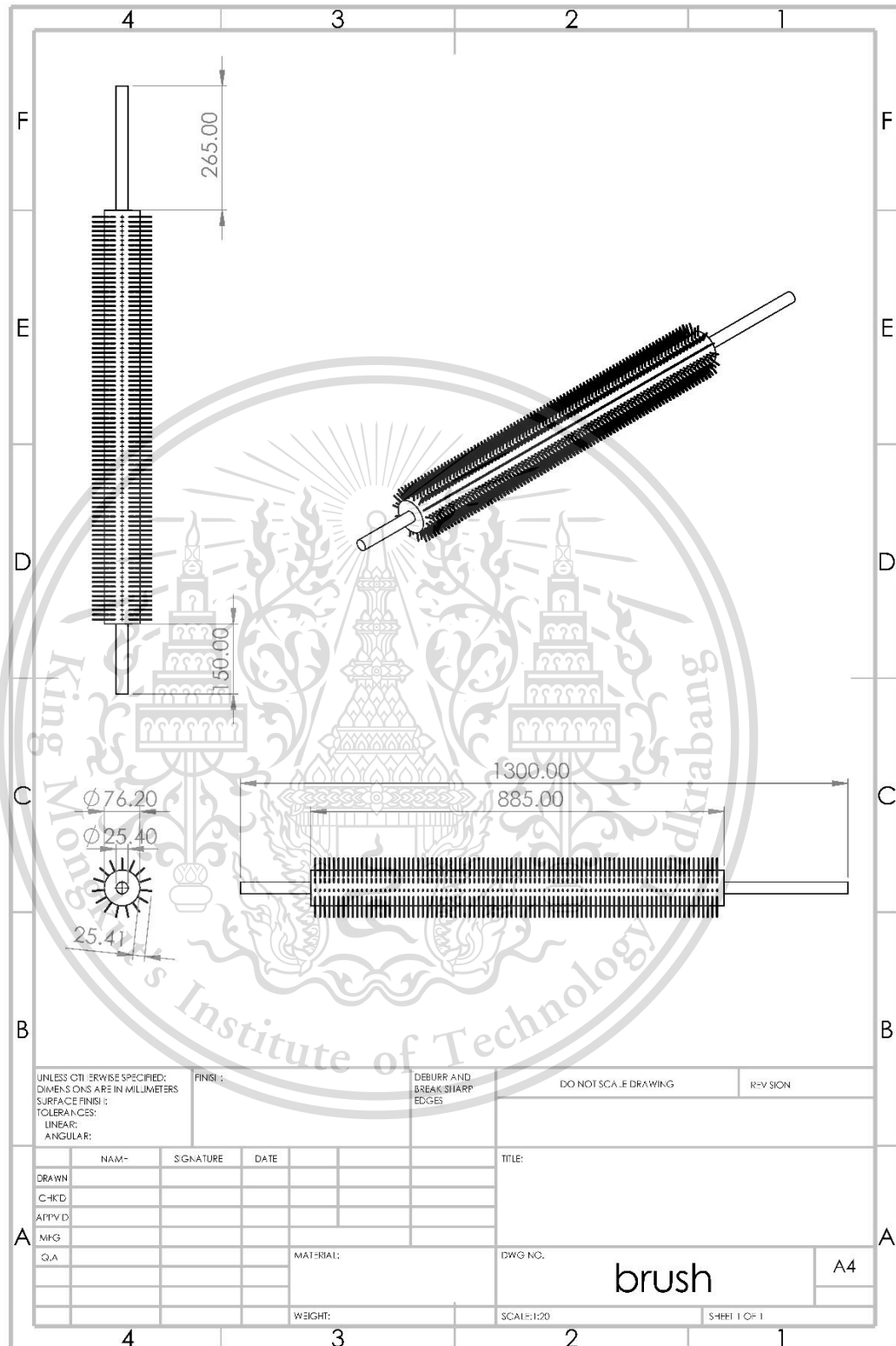
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ก.2 ทางป้อนเข้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

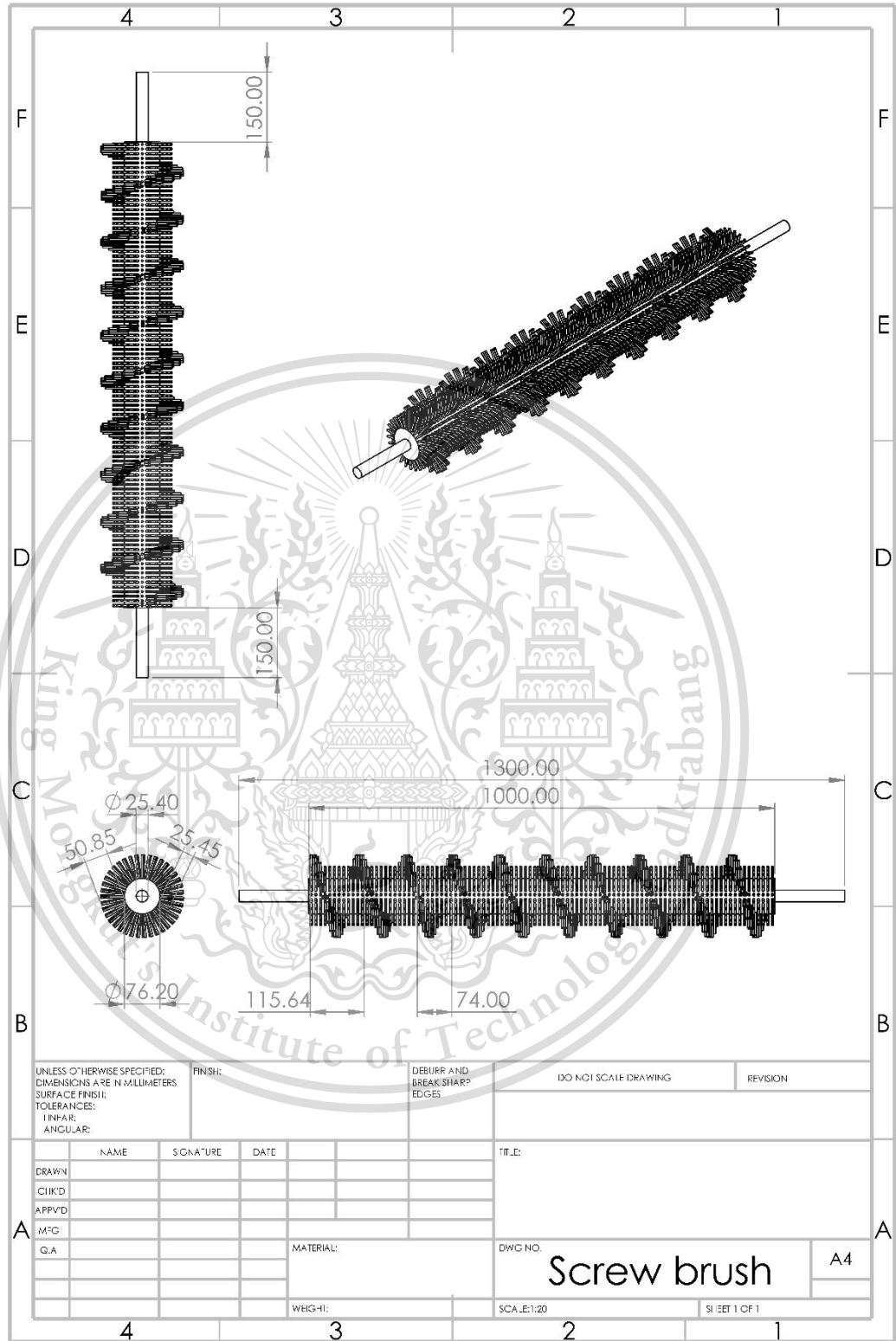
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ก.3 แปรงลูกกลิ้งแบบตรง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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
รูปที่ ก.4 แปรงลูกกลิ้งแบบเกลียว
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องล้างผลไม้




ขั้นตอน	รูปประกอบ
1. ทดลองระยะห่างของแปรงที่เหมาะสม	
2. ขึ้นรูปโครงเหล็ก ส่วนป้อน และตะแกรงรองเศษ	
3. วางระยะตำแหน่งของปั้มน้ำและมอเตอร์เบื้องต้น	
4. ประกอบตลับลูกปืน และแปรง	
5. ติดตั้งมอเตอร์เพื่อวัดความยาวสายพานส่งกำลัง และทดสอบตำแหน่งติดตั้งส่วนป้อน	
6. ติดตั้งสายพานส่งกำลัง	

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.

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องล้างผลไม้ (ต่อ)

ขั้นตอน	รูปประกอบ
7. ติดตั้งปั้มน้ำ	
8. ประกอบตู้ควบคุมไฟฟ้า	
9. ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า	

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.



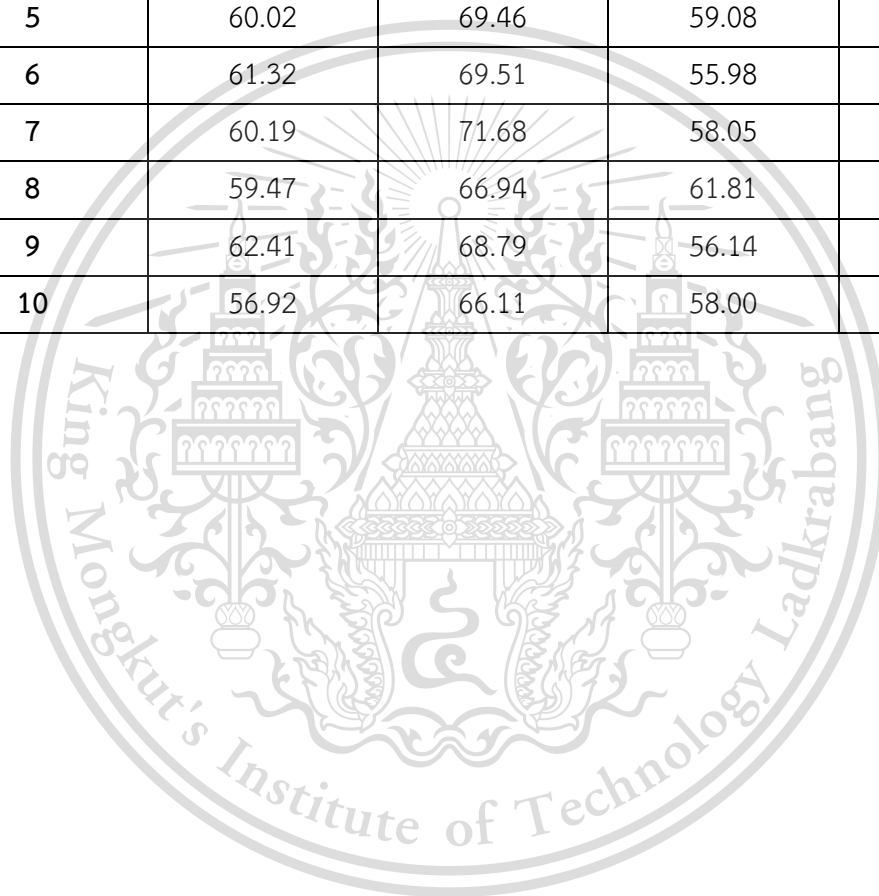
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

ตารางที่ ค.1 คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	Dmax (มิลลิเมตร)	L (มิลลิเมตร)	Z (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กรัม)
1	59.75	68.26	60.02	90.00
2	59.21	70.00	57.19	88.00
3	59.91	68.85	57.86	84.00
4	58.88	69.85	57.56	88.00
5	60.02	69.46	59.08	90.00
6	61.32	69.51	55.98	98.00
7	60.19	71.68	58.05	84.00
8	59.47	66.94	61.81	86.00
9	62.41	68.79	56.14	90.00
10	56.92	66.11	58.00	74.00



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.

ตารางที่ ค.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	น้ำหนักผลไม้ ก่อนล้าง (กิโลกรัม)	น้ำหนักผลไม้ หลังล้าง (กิโลกรัม)	ความสะอาดของ ผลไม้ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาที่ใช้ (นาที)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลิตร)	อัตราการทำงาน (กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง)	ผลได้ของการผลิต (เปอร์เซ็นต์)
290	20.04	19.18	100.00	3.27	64.17	367.67	95.70
	20.35	19.49	90.00	3.28	61.87	372.18	95.80
	20.02	18.42	100.00	3.15	65.00	381.37	91.99
435	19.72	18.53	60.00	3.42	56.95	346.00	93.94
	20.13	18.62	70.00	3.48	55.90	347.10	92.47
	20.16	18.74	70.00	3.17	54.32	381.58	92.96
580	20.48	18.31	70.00	3.10	53.18	396.13	89.41
	20.08	18.14	70.00	3.49	51.44	345.21	90.34
	20.03	18.26	50.00	3.10	53.45	387.75	91.15
725	20.06	17.24	60.00	3.16	47.12	380.81	85.96
	20.06	17.46	60.00	3.11	47.45	386.93	87.06
	20.03	17.53	60.00	3.12	51.47	385.19	87.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมายและต้องรับผิดชอบต่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ ค.3 การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการทำงานจากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง ANOVA

ANOVA

อัตราการทำงาน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1074.076	3	358.025	1.180	.376
Within Groups	2426.488	8	303.311		
Total	3500.564	11			

Duncan

อัตราการทำงาน		Subset for alpha = 0.05	
ความเร็วรอบ	N		
435	3	358.2267	
290	3	373.7413	
580	3	376.3670	
725	3	384.3113	
Sig.		.123	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

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.

ตารางที่ ค.4 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลได้การผลิตจากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง ANOVA

ANOVA

ผลได้ของการผลิต

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	102.985	3	34.328	20.569	.000
Within Groups	13.352	8	1.669		
Total	116.337	11			

Duncan

ผลได้ของการผลิต					
Subset for alpha = 0.05					
ความเร็วรอบ	N	1	2	3	
725	3	86.8467			
580	3		90.3000		
435	3			93.1233	
290	3				94.4967
Sig.		1.000	1.000		.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

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.

ตารางที่ ค.5 การวิเคราะห์ทางสถิติของเวลาที่ใช้จากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง ANOVA

ANOVA

ปริมาณน้ำที่ใช้

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	362.984	3	120.995	42.316	.000
Within Groups	22.875	8	2.859		
Total	385.858	11			

Duncan

เวลา

Duncan^a

Subset for alpha = 0.05

ความเร็วรอบ	N	Mean	Sig.
725	3	3.1300	
580	3	3.2300	
290	3	3.2333	
435	3	3.3567	
Sig.			.109

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

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.

ตารางที่ ค.6 การวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณน้ำที่ใช้จากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง ANOVA

ANOVA

ปริมาณน้ำที่ใช้

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	362.984	3	120.995	42.316	.000
Within Groups	22.875	8	2.859		
Total	385.858	11			

Duncan

ปริมาณน้ำที่ใช้

Duncan^a

Subset for alpha = 0.05

ความเร็วรอบ	N	1	2	3
725	3	48.6800		
580	3		52.6900	
435	3		55.7233	
290	3			63.6800
Sig.		1.000	.059	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

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.

ตารางที่ ค.7 การวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความสะอาดผลไม้จากเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง ANOVA

ANOVA

เปอร์เซ็นต์ความสะอาด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4866.667	3	1622.222	4.635	.037
Within Groups	2800.000	8	350.000		
Total	7666.667	11			

Duncan

เปอร์เซ็นต์ความสะอาด

Duncan^a

Subset for alpha = 0.05

ความเร็กรวม	N	1	2
725	3	40.0000	
580	3	63.3333	63.3333
435	3	66.6667	66.6667
290	3		96.6667
Sig.		.133	.070

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น 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.

การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ ง.1 เงื่อนไขในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องล้างผลไม้แบบต่อเนื่อง

เงื่อนไข	มูลค่า
ราคาโครงเครื่องล้างผลไม้	33,063 บาท
ราคาแปรงขัดล้าง	23,647 บาท
ราคามอเตอร์ไฟฟ้า	2,800 บาท
ราคาเครื่องอินเวอร์เตอร์	2,990 บาท
ราคาปั้มน้ำหนีศูนย์เหวี่ยง	1,500 บาท
ราคาอุปกรณ์อื่น ๆ	7,020 บาท
รวมราคาซื้อเครื่องจักร	71,020 บาท
อายุการใช้งาน	10 ปี
มูลค่าซาก	10% ของราคาเริ่มต้น
อัตราดอกเบี้ย	7.5%
อัตราค่าจ้างแรงงาน	300 บาทต่อวัน
แรงงานทำงาน	5 คน
การใช้ไฟของมอเตอร์	3.30 แอมแปร์
การใช้ไฟของปั้มน้ำหนีศูนย์เหวี่ยง	5.24 แอมแปร์
จำนวนหน่วยไฟฟ้าทั้งหมด	0.125 บาทต่อลิตร
ค่าหน่วยไฟฟ้า	3 บาทต่อหน่วย
อัตราค่าน้ำประปา	0.0125 บาทต่อลิตร
ความสิ้นเปลืองน้ำ	2.85 ลิตรต่อกิโลกรัม
ชั่วโมงการทำงาน	8 ชั่วโมงต่อวัน
เวลาการทำงาน (หยุดวันเสาร์ - อาทิตย์)	260 วันต่อปี

หมายเหตุ : ล้างผลไม้ครั้งละ 20 กิโลกรัม ใช้เวลา 3.5 นาที ล้างวันละ 2,000 กิโลกรัม

จากสมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง ดังสมการที่ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 แทนค่าจากตาราง ง.1 ในสมการที่ (1) จะได้
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมเหตุดัดแปลงเนื้อหา 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.

$$\text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} = \frac{71,020 - 10\%(71,020)}{10} = \frac{71,020 - 7,102}{10} = \frac{63,918}{10} = 6,391.80 \text{ บาทต่อปี}$$

จากสมการค่าดอกเบี้ยในการลงทุน ดังสมการที่ (2)

$$\text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน (บาทต่อปี)} = \frac{P+L}{2} \times \frac{i}{100} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน} &= \frac{71,020 + 10\%(71,020)}{2} \times \frac{7.5}{100} \\ &= \frac{71,020 + 7,102}{2} \times \frac{7.5}{100} \\ &= \frac{78,122}{2} \times \frac{7.5}{100} = 2,929.58 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

จากสมการต้นทุนที่รวม ดังสมการที่ (3)

$$FC = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน} \quad (3)$$

แทนค่าจากตาราง ง.1 ในสมการที่ (3) จะได้

$$FC = 6,391.8 + 2,929.58 = 9,321.38 \text{ บาทต่อปี}$$

ค่าใช้จ่ายผันแปร (ต้นทุนผันแปร) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตามปริมาณการใช้งาน ประกอบด้วย ค่าบำรุงรักษา ค่าไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน และค่าน้ำประปา

จากสมการหาค่าบำรุงรักษา ดังสมการที่ (4) และแทนค่าจากตาราง ง.1 จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)} &= 120\% \text{ ของค่าเสื่อมราคาเครื่องต่อปี} \quad (4) \\ &= (120\% \times 6,391.8) \\ &= 7,670.16 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารร่างของงานวิจัยที่ยังไม่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องใดๆ การนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ค่าจ้างแรงงาน (บาทต่อปี)} &= \text{อัตราค่าจ้าง} \times \text{วันทำงาน} \times \text{จำนวนคน} \\ &= 300 \times 260 \times 5 = 390,000 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned} \quad (5)$$

จากสมการหาค่าไฟฟ้า ดังสมการที่ (6) และสมการหาค่าน้ำประปา ดังสมการที่ (7) แทนค่าจากตาราง ง.1 จะได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)} &= \text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ค่าหน่วยไฟฟ้า} \times \text{วันทำงาน} \times \text{ชั่วโมงทำงาน} \\ &= I_1V_1 + I_2V_2 = (3.3 \times 220) + (5.24 \times 220) \times 3 \times 260 \times 8 \\ &= 1,878.8 / 1,000 \times 3 \times 260 \times 8 \\ &= 11,721.77 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำประปา (บาทต่อปี)} &= \text{อัตราค่าน้ำประปา} \times \text{ความสิ้นเปลืองน้ำ} \times \text{วันทำงาน} \\ &= 0.0125 \times (2.85 \times 2,000) \times 260 \\ &= 18,525 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned} \quad (7)$$

จากสมการต้นทุนผันแปรรวม ดังสมการที่ (8) แทนค่าจากตาราง ง.1 จะได้

$$\begin{aligned} VC &= \text{ค่าบำรุงรักษา} + \text{ค่าจ้างแรงงาน} + \text{ค่าไฟฟ้า} + \text{ค่าน้ำประปา} \\ &= 7,670.16 + 390,000 + 11,721.77 + 18,525 \\ &= 420,246 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned} \quad (8)$$

จากสมการต้นทุนรวมทั้งหมด ดังสมการที่ (9) แทนค่าจากตาราง ง.1 จะได้

$$\begin{aligned} AC &= FC + VC \\ &= 9,321.38 + 418,900.63 \\ &= 429,567 \text{ บาทต่อปี} \end{aligned} \quad (9)$$

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.

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break Even Point)

กำหนดเงื่อนไขในการคำนวณ ดังนี้

ผลไม้สด 3,000 กิโลกรัม ผลิตผลไม้แช่แข็งได้ 1,000 กิโลกรัม

ดังนั้น ผลไม้สด 1 กิโลกรัม ผลิตผลไม้แช่แข็งได้ $1/3 = 0.33$ กิโลกรัม

ผลไม้แช่แข็ง 1 กิโลกรัม ราคา 150 บาท ใช้ผลไม้สดทั้งหมด 3 กิโลกรัม

ดังนั้น ผลไม้สด 1 กิโลกรัม ผลิตผลไม้แช่แข็งได้ $1/3$ กิโลกรัม ราคา 50 บาท

จากการคำนวณข้างต้น จะได้ว่า

FC = 71,020 บาท

VC = 0.801 บาท/กิโลกรัม

P = 50 บาท

จากสมการคำนวณจุดคุ้มทุน ดังสมการที่ (10)

$$BEP = \frac{FC}{p - vc} \quad (10)$$

โดย BEP คือ จุดคุ้มทุน (ตันต่อปี)

vc คือ ค่าใช้จ่ายผันแปรต่อหน่วย (บาทต่อปี)

p คือ ค่ารับจ้างเครื่องล้างผลไม้ (บาทต่อปี)

แทนค่าในสมการที่ (10) จะได้ว่า

$$BEP = \frac{FC}{P - VC} = \frac{71,020}{50 - 0.801} = 1,443.525 \text{ กิโลกรัม} = 1,444 \text{ กิโลกรัม}$$

ดังนั้น จะต้องแปรรูปผลไม้สดจำนวน 1,444 กิโลกรัม ถึงจะคืนทุนเครื่องล้างผลไม้

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.