

เครื่องปอกหอมแดง
SHALLOT PEELING MACHINE

นางสาวชรินทร์	ยะมงคล
นางสาวนัฐวรรณ	ลีสุพรรณ
นายปฏิญญา	ชนะงาม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

มีผู้พิมพ์จัดซื้อแล้ว

เครื่องปอกหอมแดง

SHALLOT PEELING MACHINE



T143884

นางสาวชรินทร์นัย ยะมงคล

นางสาวนัฐวรรณ ลีสุพรรณ

นายปฎิญา ชนะงาม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **143884**
วันเดือนปี **04 ต.ค. 2559**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

SHALLOT PEELING MACHINE

MISS CHARINRAT	YAMONGKHON
MISS NATTHAWAN	LEESUPHAN
MR. PATINYA	CHANANGAM

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 2015

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องปอกหอมแดง

นักศึกษาผู้ทำโครงการงาน

นางสาวชรินทร์	ยะมงคล	รหัสนักศึกษา 55010243
นางสาวนัฐวรรณ	ลีสุพรรณ	รหัสนักศึกษา 55010336
นายปฎิญา	ชนะงาม	รหัสนักศึกษา 55010691


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. เจษฎา ชัยโฉม)

หัวข้อโครงการ	เครื่องปอกหอมแดง		
นักศึกษา	นางสาวชรินทร์น์	ยะมงคล	รหัสนักศึกษา 55010243
	นางสาวนัฐวรรณ	ลีสุพรรณ	รหัสนักศึกษา 55010336
	นายปฏิญญา	ชนะงาม	รหัสนักศึกษา 55010691
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. เจษฎา ชัยโณม		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร		
ปีการศึกษา	2558		

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือการสร้างกลไกเครื่องปอกหอมแดง ที่มีกำลังการผลิต 60 หัวต่อนาที เพื่อให้โรงงานอุตสาหกรรมอาหารสามารถเตรียมหอมแดงในกระบวนการผลิตได้อย่างรวดเร็ว ถูกสุขลักษณะ ลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้การศึกษาสำเร็จตามวัตถุประสงค์จึงได้วางแผนการดำเนินการและทดสอบดังนี้ 1.) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหอมแดงพันธุ์ศรีสะเกษ 2.) ทดสอบหลักการทางานของเครื่อง โดยการจำลองการปอกเปลือกหอมแดงด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก 2 ลูกกลิ้ง และนำผลการทดลองเบื้องต้นไปออกแบบเครื่องปอกหอมแดงให้มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 4 ส่วน คือ 1.) กลไกสำหรับการตัดส่วนรากและก้านใบ 2.) กลไกสำหรับการกรีด 3.) กลไกการขัดเปลือกด้วยลูกกลิ้งยาง และ 4.) กลไกสำหรับการแยกเปลือก จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องปอกหอมแดง โดยศึกษาความเร็วรอบของลูกกลิ้งทั้ง 2 ตัว ตัวละ 4 ค่าคือ ความเร็วลูกกลิ้งขัดเป็น 225, 300, 375 และ 450 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.19, 1.59, 1.99, 2.39 m/s ตามลำดับ) และ ลูกกลิ้งตัวป้อนเป็น 25, 30, 35 และ 40 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ) หาเวลาที่ปอกได้เร็วที่สุดและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักที่หายไปเทียบกับเปอร์เซ็นต์การปอกเปลือก พบว่าที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วรอบของลูกกลิ้งป้อนที่เหมาะสมควรเป็น 30 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.26 m/s)

Project Title	Shallot Peeling Machine	
Students	MISS Charinrat	Yamongkhon
	MISS Natthawan	Leesuphan
	MR. Patinya	Chanangam
Project Advisor	Dr. Jedsada Chaishome	
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Food Engineering	
Academic Year	2015	

Abstract

This project aimed to design a shallot peeling machine with a capacity of 60 shallots per minute. This machine could improve the food industry as high capacity, hygienic process and low cost. Planning and operation test as follows: I.) Study physical properties, quality and selection of shallot. II.) Testing simulations conducted by small rice milling machine with two different speeds roller to find out how to peel the shallot. The shallot peeling machine works with four steps: I) Cutting the root and the tip of shallot II) Slitting of shallot in the fiber direction III) Peeling the shallots with a couple of rubber roller IV) Separating skin peeling and shallots. Then, Testing machine performance with experiment from the speed of 2 roller, the speed of feed roller follow 25, 30, 35 and 40 round per minute (linear velocity 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s) and the speed of peel roller follow 225, 300, 375 and 450 round per minute. (linear velocity 1.19, 1.59, 1.99, 2.39 m/s) Find the best of time to peeling shallot and the percent of shallot's peeled off. So, the appropriate of the speed of feed roller is 30 rpm (linear velocity 0.26 m/s) and the speed of peeled roller is 300 rpm.(linear velocity 1.59 m/s)

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายๆ ท่านดังนี้

ดร. เจษฎา ชัยโฉม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่เอื้อเพื่อข้อมูล ให้คำปรึกษาและเสนอแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด เกี่ยวกับการออกแบบเครื่องปกหมองแดง ทั้งในเวลาและนอกเวลาราชการ

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องปกหมองแดง และความห่วงใยถึงความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

คุณอำนาจ คุณตะคุ สำหรับความช่วยเหลือทางด้านการปฏิบัติ เทคนิค วิธีการต่างๆ ในการใช้เครื่องมือ รวมถึงให้คำปรึกษาแนะนำมาโดยตลอด

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่ช่วยกันสร้างสรรค์โครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำโครงการทุกท่าน สำหรับโอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ความห่วงใย กำลังทรัพย์ และกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นักศึกษาผู้จัดทำโครงการ

นางสาวชรินทร์น์ ยะมงคล

นางสาวนัฐวรรณ ลีสุพรรณ

นายปฏิญญา ชนะงาม

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
ปกใน (ภาษาไทย)	I
ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	II
หน้าอวนุมัติ	III
บทคัดย่อ	IV
Abstract	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญรูปภาพ	X
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 ลักษณะของหอมแดง	3
2.2 พันธุ์และการปลูก	5
2.2.1 พันธุ์	5
2.2.2 การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว	6
2.2.3 การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว	6
2.2.4 โรคที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยว	6
2.3 คุณภาพของหอมแดง	8
2.3.1 คุณภาพขั้นต่ำ	8
2.3.2 การแบ่งชั้นคุณภาพของหอมแดง	8
2.4 การเตรียมหอมแดงในกระบวนการแปรรูปอาหาร	9
2.4.1 การทำความสะอาด	9
2.4.2 การคัดเลือก	9
2.4.3 การคัดเกรด	10
2.4.4 การปอกเปลือก	10

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	11
2.5.1 เพลา	11
2.5.2 มอเตอร์	12
2.5.3 สายพาน	12
2.5.4 ล้อสายพาน	12
2.5.5 ลิ้ม	13
2.5.6 แบริ่ง	13
2.5.7 เฟือง	14
2.5.8 เกียร์ทดรอบ	15
2.6 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ	15
2.6.1 สแตนเลส	15
2.6.2 เหล็ก	17
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 การศึกษาหาข้อมูลเพื่อการออกแบบเครื่องจักร	20
3.1 ลักษณะทางกายภาพของหอมแดง	20
3.2 การศึกษาวิธีการกรีดเปลือกหอมแดงโดยใช้มีด	22
3.2.1 การศึกษาจำนวนรอยกรีด	22
3.2.2 การศึกษามุมในการกรีด	32
3.2.3 การศึกษาอย่างที่เหมาะสมในการปอกเปลือก	35
3.3 การศึกษาเวลาในการปอกเปลือก	40
3.4 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องปอกเปลือกหอมแดง	41
3.4.1 การตัดส่วนของรากและก้านใบ	41
3.4.2 การลอกชั้นเปลือกออก	41
3.5 สมมติฐานการออกแบบเครื่องปอกหอมแดง	41
บทที่ 4 การคำนวณและการออกแบบ	42
4.1 การออกแบบเครื่องปอกหอมแดง	42
4.2 หลักการทำงานของเครื่องปอกหอมแดง	42
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	51
5.1 การทดลองการปอกเปลือกหอมแดง	51

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.2 ผลการทดลอง	51
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	53
6.1 สรุปผลการทดลอง	53
6.2 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	57

สารบัญญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 (ก) ลักษณะกาบใบห่อหุ้มลำต้น (ข) ลักษณะลำต้นใต้ดินแสดงลักษณะของต้น	3
รูปที่ 2.2 (ก) แสดงลำต้นที่มีกาบใบห่อหุ้ม (ข) แสดงการจัดเรียงของชั้นกาบใบจะเป็นรูปก้น หอย	4
รูปที่ 2.3 (ก) ลักษณะหัว (ข) ลักษณะของใบหอมแดงพันธุ์ศรีสะเกษ	5
รูปที่ 2.4 ลักษณะหอมแดงพันธุ์บัว	5
รูปที่ 2.5 อาการของโรคแอนแทรคโนส	7
รูปที่ 2.6 ลักษณะหัวหอมที่เกิดโรคราดำ	7
รูปที่ 2.7 ลักษณะหัวหอมที่เกิดโรคหัวและรากเน่า	8
รูปที่ 2.8 (ก) หอมแดงหัวเดี่ยว (ข) รูปทรงกลม (ค) รูปทรงรี (ง) รูปทรงยาว	10
รูปที่ 2.9 แบริ่งลูกปืน (Rolling Bearing)	14
รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องต้นแบบการปกหอมแดง	19
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องปกหอมแดง	19
รูปที่ 3.1 การวัดหอมแดงแนวแกน x	20
รูปที่ 3.2 การวัดหอมแดงแนวแกน y	20
รูปที่ 3.3 การวัดหอมแดงแนวแกน z	20
รูปที่ 3.4 ขนาดด้านแกน x ของหอมแดง	21
รูปที่ 3.5 ขนาดด้านแกน y ของหอมแดง	21
รูปที่ 3.6 ขนาดด้านแกน z ของหอมแดง	22
รูปที่ 3.7 ลักษณะของที่กั้นหอมแดง	22
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกริดที่มีผลต่อ %การหลุดของเปลือกหอมแดง แบบไม่มีที่กั้น	31
รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกริดที่มีผลต่อ %ของน้ำหนักหอมแดงที่หายไป แบบไม่มีที่กั้น	31
รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกริดที่มีผลต่อ %การหลุดของเปลือกหอมแดง แบบมีที่กั้น	32
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกริดที่มีผลต่อ %ของน้ำหนักหอมแดงที่ หายไปแบบมีที่กั้น	32
รูปที่ 3.12 มุมในการกริด (ก) 0 องศา (ข) 45 องศา (ค) 67.5 องศา (ง) 90 องศา	33
รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการกริดกับ %การหลุดของเปลือกหอมแดง	34

รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง มุมกรีด (องศา) กับ % น้ำหนักของหอมแดงที่หายไป	34
---	----

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.15 ลูกกลิ้งยางเรียบของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก	35
รูปที่ 3.16 (ก) แผ่นยางสีดำขรุขระ (ข) ลูกกลิ้งยางที่หุ้มด้วยยางสีดำขรุขระ	35
รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ % ของน้ำหนักหอมแดงที่หายไปแบบเปลี่ยนยาง	40
รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ % การหลุดของเปลือกหอมแดงแบบเปลี่ยนยาง	40
รูปที่ 3.19 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก	41
รูปที่ 4.1 แผนภาพหลักการการทำงานของเครื่องปอกหอมแดง	43
รูปที่ 4.2 เครื่องปอกเปลือกหอมแดง	43
รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบของเครื่องปอกหอมแดง	44
รูปที่ 4.4 โครงเครื่องปอกหอมแดง	45
รูปที่ 4.5 ลูกกลิ้งขัด	46
รูปที่ 4.6 ใบมีด	47
รูปที่ 4.7 ตะแกรงใส่หอม	48
รูปที่ 4.8 ลูกกลิ้งลำเลียง	49
รูปที่ 4.9 สายพานลำเลียง	50
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ลูกและเวลาในการปอกเปลือก	51
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ลูกและอัตราส่วนน้ำหนักของหอมแดง	52
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ลูกและเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกหอมแดง	52

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 1 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	23
ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 2 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	24
ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 3 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	25
ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 4 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	26
ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 1 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	27
ตารางที่ 3.6 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 2 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	28
ตารางที่ 3.7 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 3 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	29
ตารางที่ 3.8 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 4 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	30
ตารางที่ 3.9 ผลการทดลองปอกเปลือกหอมแดงโดยมีมุมในการกรีด 0, 45, 67.5 และ 90 องศา	33
ตารางที่ 3.10 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 1 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	36
ตารางที่ 3.11 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 2 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	37
ตารางที่ 3.12 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 3 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	38
ตารางที่ 3.13 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 4 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที	39
ตารางที่ 6.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยกรรมวิธีด้วยวิธี One-way	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หอมแดงเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของคนไทยมาช้านานและมีปริมาณการปลูกที่มาก ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายประการ หอมแดงยังมีคุณสมบัติ เป็นยารักษาโรค ใช้ลดไข้และรักษาแผลได้ คนไทยนิยมนำหอมแดงมาเป็นส่วนประกอบเครื่องแกงเผ็ด นำมาเป็นส่วนประกอบของน้ำพริกปัจจุบันมีความต้องการหอมแดงมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากหอมแดงถูกใช้เป็นวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งในการผลิตน้ำพริก ได้แก่ น้ำพริกนรก น้ำพริกหนุ่มและน้ำพริกเผาต่างๆที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมาตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบันเนื่องจากเป็นอาหารที่มีรสชาติคุ้นเคยกับคนไทยมาโดยตลอด จึงเป็นที่นิยมจนกระทั่งปัจจุบัน ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำพริกนอกจากจะเป็นการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศแล้วยังกลายเป็นสินค้าที่มีการผลิตเพื่อการส่งออกไปยังต่างประเทศเพื่อสร้างรายได้ให้กับประเทศอีกด้วยซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตน้ำพริกมีอัตราการผลิตค่อนข้างสูงมีผู้ประกอบการอุตสาหกรรมน้ำพริกมีจำนวนทั้งสิ้น 44 ราย [1] ในปัจจุบันการผลิตน้ำพริกใช้แรงงานคนในการปอกซึ่งไม่เพียงพอต่อการผลิตที่มีความต้องการสูง และในหอมแดงมีสาร Syn-propanethial-S-oxide (C_3H_6OS) ซึ่งสารตัวนี้จะระเหยออกมาเป็นไอ เมื่อเซลล์ของหัวหอมแตกจากการหั่นหรือซอย และถ้าไปกระทบกับตาของเราจะทำให้เกิดการระคายเคืองจนน้ำตาไหลได้ [2]

ปัจจุบันมีการศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่องปอกหอมแดงโดยใช้ยางในการลอกเปลือกทำให้ปอกเปลือกได้แค่ข้างเดียว ซึ่งเครื่องปอกหอมแดงมีประสิทธิภาพในการปอกสูงสุด 48% การปอกยังปอกไม่สมบูรณ์ หอมแดงส่วนใหญ่ยังมีเปลือกติดอยู่และยังมีปัญหาด้านการป้อนหอมแดง [3] ทำให้มีแนวคิดที่ใช้ลูกกลิ้งยาง 2 ลูกใช้ในการปอกเปลือกและเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในข้างต้น และเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องปอกหอมแดง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างเครื่องปอกหอมแดงให้มีกำลังการผลิต 60 หัวต่อนาที

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 หอมแดงที่ปอกเป็นพันธุ์ศรีสะเกษ

1.3.2 หอมแดงที่ป้อนเข้าเครื่องจะต้องผ่านกระบวนการคัดขนาดหอมแดงมาก่อนให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางในช่วง 2 - 2.5 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในรหัสขนาด 3 (มกอช. 1509 - 2551)

1.3.3 หอมแดงที่ป้อนเข้าเครื่องปอกหอมแดงจะต้องเป็นหอมแดงแก่ มีอายุ 45-50 ก่อนการเก็บเกี่ยว

1.3.4 ระบบการทำงานของเครื่องเป็นแบบต่อเนื่อง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ประยุกต์ใช้ความรู้เชิงวิชาการ และเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาในการออกแบบเครื่องจักรกล

1.4.2 ได้เครื่องปอกหอมที่มีกำลังการผลิตสูง ช่วยให้โรงงานอุตสาหกรรมอาหารสามารถเตรียมวัตถุดิบได้อย่างรวดเร็ว ถูกสุขลักษณะ ลดต้นทุนการผลิต และเป็นการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าการแปรรูปสินค้าทางการเกษตรที่สูงขึ้น

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ลักษณะของหอมแดง

หอมแดง (Shallots) หรือหัวหอมแดง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium ascalonicum* เป็นส่วนที่ใช้สำหรับทำพริก หรือโหลกทำพริกแกง ส่วนที่ใช้ใบบริเวณเป็นผักสด จะเรียกว่าหอมแบ่ง หรือหอมเขียว (green onion) ในการทำอาหารของคนไทย จะใช้หอมแดงช่วยดับกลิ่นคาวและเพิ่มรสชาติ ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในพริกแกงทุกชนิด ใส่ในต้มยำ ผัดผัก ผัดเผ็ด หลนต่างๆอาหารประเภทยำ ลาบ น้ำพริกต่างๆ เมี่ยงคำ เครื่องเคียงของข้าวซอย ใช้หอมแดงซอย เจียวให้เหลืองโรยหน้าขนมหม้อแกง และลาบเป็ด ใช้ใบเป็นผักสด จิ้มน้ำพริก หรือโรยหน้าแกงจืด หอมแบ่ง ที่เรานิยมบริโภคเป็นผักสดรับประทานกับลาบ หรือน้ำตก เปาะเปี๊ยะสด นั้นส่วนมากไทยต้องสั่งซื้อหัวพริกมาจากประเทศจีน ไต้หวัน เกาหลีใต้ เพราะหอมแบ่งที่ปลูกในประเทศไทยจะไม่ลงหัว เราจึงปลูกเพื่อรับประทานต้นหอมเป็นผักสด (แต่ถ้าเราเปิดไฟเพื่อเพิ่มแสงให้ประมาณวันละ 3 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 17.00 น. - 22.00 น. หอมก็จะลงหัว) หอมแดงเป็นพืชเพื่อเก็บหัว ออกดอกในช่วง ฤดูหนาว ปลูกกันมากทางภาคเหนือ สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่โดยธรรมชาติแล้ว หอมแดงชอบอากาศเย็น และกลางวันสั้น คือต้องการแสงแดดเพียง 9 - 10 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นหากปลูกในฤดูหนาว หอมแดงจะมีการเจริญเติบโตดีแตกกอให้จำนวนหัวมาก และมีขนาดหัวใหญ่ แต่หอมแดงที่ปลูกในฤดูหนาวนี้จะมีอายุการเก็บเกี่ยว นานกว่าหอมแดงที่ปลูกในฤดูอื่น เช่น ในฤดูหนาวทางภาคเหนือ หอมแดงจะแก่จัดเก็บเกี่ยวได้ช่วงอายุ 90 - 110 วัน หากปลูกในฤดูฝนจะเก็บเกี่ยวได้ในช่วงอายุ 45 - 60 วันหอมแดงเป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าหัวสะสมอาหาร สามารถขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ชอบดินร่วน ที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 5.0 - 6.5 และความชื้นในดินเพียงพอในขณะที่เจริญเติบโต แต่ถ้าหัวเริ่มแก่ ดินและอากาศต้องแห้ง ช่วงที่ปลูกได้ผลดี คือ ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน - มีนาคม [4]



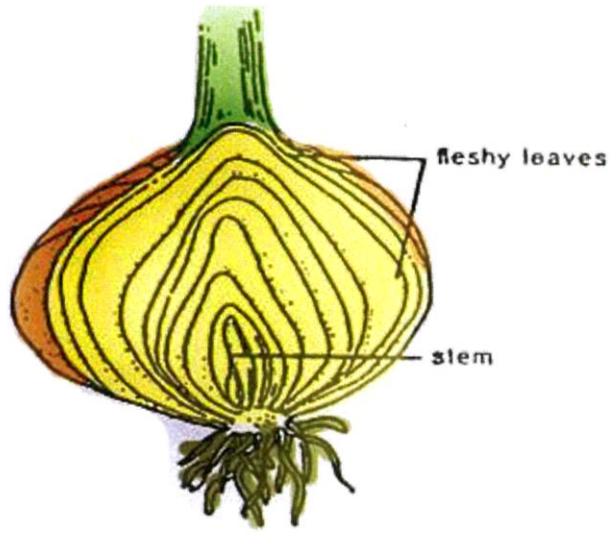
(ก)



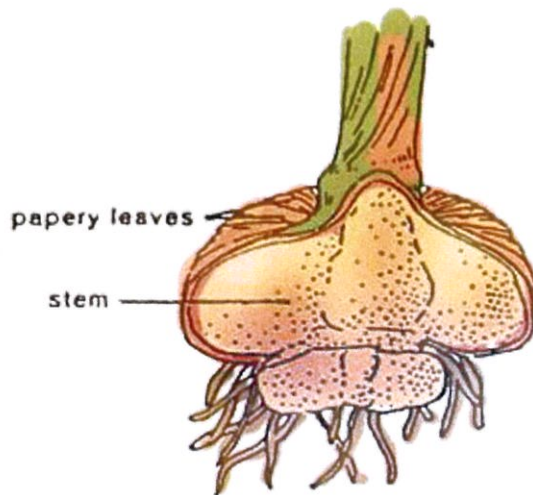
(ข)

รูปที่ 2.1 (ก) ลักษณะกาบใบห่อหุ้มลำต้น [5] (ข) ลักษณะลำต้นใต้ดินแสดงลักษณะของต้น [6]

ส่วนที่ใช้รับประทาน คือ หัว เป็นลักษณะหัวกลีบ (Bulb) คือส่วนของลำต้นใต้ดินที่ตั้งตรงมีข้อปล้องสั้นมาก มีกาบใบห่อหุ้มลำต้นไว้หลายชั้นจนเห็นเป็นลักษณะกลม ด้านนอกจะมีเปลือก ลักษณะเป็นเยื่อบางๆ และแห้งห่อหุ้มอยู่ ส่วนกาบใบด้านในจะหนาและอวบน้ำ (fleshy) การจัดเรียงของชั้นกาบใบจะเป็นรูปก้นหอย เรียกว่าหัวชั้น (layer bulb) เป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหารส่วนล่างของลำต้นมีรากเป็นกระจุก [7]



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 (ก) แสดงลำต้นที่มีกาบใบห่อหุ้ม [8] (ข) แสดงการจัดเรียงของชั้นกาบใบจะเป็นรูปก้นหอย [8]

2.2 พันธุ์และการปลูก

2.2.1 พันธุ์ [4]

ปัจจุบันมีพันธุ์หอมแดงที่นิยมปลูกทั่วๆ ไป 2 พันธุ์ ได้แก่

2.2.1.1 หอมแดงศรีสะเกษ เป็นหอมแดงที่ปลูกมากที่จังหวัดศรีสะเกษ มีเปลือกนอกสีม่วงปนแดง เปลือกหนาและเหนียว ขนาดหัวใหญ่ มีขนาดสม่ำเสมอ หัวมีลักษณะกลมใน 1 หัวมี 1-2 กลีบ กลิ่นฉุนจัด ระหว่างการเจริญเติบโต จะสร้างดอกและเมล็ดมาก ซึ่งจะต้องหมั่นตรวจและเด็ดทิ้งให้หมดมิฉะนั้นจะทำให้ได้ขนาดหัวเล็ก และจำนวนหัวน้อยโดยทั่วไปเมื่อปลูก 1 หัว จะแตกกอให้หัวประมาณ 8-10 หัว การแตกกอและลงหัวจะช้ากว่าหอมบัวเล็กน้อย มีอายุเมื่อหัวแก่เต็มที่ในฤดูหนาว 100 วันขึ้นไป (ถ้าปลูกในฤดูฝนประมาณ 45 วัน) ให้ผลผลิตแตกต่างกันไปตามฤดูปลูก และการดูแลรักษา ได้ผลผลิตประมาณ 1,000 - 5,000 กิโลกรัม/ไร่ คุณภาพในการเก็บรักษาดีกว่าหอมบัว



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.3 (ก) ลักษณะหัว [4] (ข) ลักษณะของใบหอมแดงพันธุ์ศรีสะเกษ [4]

2.2.1.2 หอมบัว เป็นหอมแดงพันธุ์พื้นเมืองภาคเหนือ ที่มีเปลือกนอกสีเหลืองปนส้ม ขนาดหัวปานกลาง ลักษณะกลม ใน 1 หัวแยกได้ 2-3 กลีบ กลิ่นไม่ฉุนจัด ระหว่างการเจริญเติบโตไม่มีดอกและเมล็ด เมื่อปลูก 1 หัว จะแตกกอให้หัว ประมาณ 5-8 หัวอายุเมื่อหัวแก่เต็มที่ในฤดูหนาว 90 วัน และฤดูฝน 45 วัน ผลผลิตที่ได้แตกต่างกันตามฤดูปลูกและการดูแลรักษาได้ ประมาณ 2000-3000 กิโลกรัม/ไร่ คุณภาพในการเก็บรักษาไม่ค่อยดี เพราะมีเปอร์เซ็นต์ แห้งผ่อ และเน่าเสียหายมาก



รูปที่ 2.4 ลักษณะหอมแดงพันธุ์บัว [9]

2.2.2 การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว

2.2.2.1 การปลูก หอมแดงมีระบบรากที่ตื้น ดินที่ใช้ปลูกจึงเป็นดินร่วน แผลงปลูกควรไถพรวนหรือขุดพลิกดินตากแดดไว้ก่อน 2-3 วัน แล้วย่อยดินให้เป็นก้อนเล็กๆ แต่อย่างละเอียดมาก เพราะจะทำให้ดินแน่น ฤดูปลูกส่วนใหญ่จะปลูกในช่วง เดือนพฤศจิกายน – มีนาคม นิยมปลูกเป็นแปลงขนาดกว้าง 1-1.5 m. ควรปลูกเป็นแถวระยะปลูก 15-20 cm. หรือ 20-20 cm. [5,6]

2.2.2.2 การดูแลรักษา ควรกำจัดวัชพืชบ่อยๆ เมื่อวัชพืชยังเล็ก เพราะเมื่อวัชพืชโตแล้วจะทำให้การกำจัดได้ยากและจะกระทบกระเทือนต่อรากหอมแดง หอมแดงต้องการน้ำมากและสม่ำเสมอในระยะเจริญเติบโตและแตกกอระยะแรกควรให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น เมื่ออายุ 14 วันหลังปลูกควรใส่ปุ๋ยยูเรียหรือแอมโมเนียมซัลเฟตในอัตราส่วน 20-25 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่ออายุ 35-40 วัน ควรใส่ปุ๋ย 15-15-15 ในอัตรา 20-50 กิโลกรัม/ไร่ โดยการใส่ปุ๋ยควรใช้วิธีโรยห่างจากต้นราว 7 cm. หรือใช้วิธีโรยให้ทั่วแปลง หลังจากให้ปุ๋ยควรรดน้ำให้ชุ่ม [5]

2.2.2.3 การเก็บเกี่ยว หอมแดงมีอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในฤดูฝนประมาณ 45-50 วัน โดยต้องมีการพักดินน้ำ 5-7 วันก่อนการเก็บเกี่ยว โดยใบจะเริ่มมีสีเหลือง ให้ถอนหัวออกจากแปลงปลูก เลือกเก็บหอมแดงที่หัวแห้ง สีแดงเป็นมัน ใบแห้ง ซึ่งการรับซื้อหอมแดง จะดูรายละเอียดความสมบูรณ์ของหัวหอม และจะให้ราคาสูงเมื่อหอมมีลักษณะหัวสีแดงเข้ม หัวโดด(ไม่มีแงง) คอเล็ก ใบแห้ง รากไม่เน่าและตัดสั้น เนื่องจากหอมลักษณะนี้จะสามารถเก็บได้นาน [5,6]

2.2.3 การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว [6]

หลังจากเก็บเกี่ยวหอมแดงมา จะต้องนำหอมแดงมาแขวนภายในโรงเรือนที่มีการระบายอากาศที่ดี ประมาณ 10-12 วัน แล้วนำมามัดจุกให้เป็นระเบียบ ตัดรากออกให้สวยงาม เพื่อรอการจำหน่าย

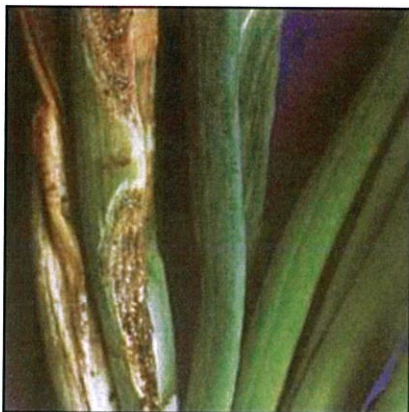
การเก็บรักษาหอมแดงที่ดี ควรเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 32-35 °F ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60-70% โดยบรรจุลงถุงตาข่ายเพื่อให้ลมสามารถผ่านได้ การเก็บหอมวิธีนี้จะสามารถเก็บได้นานประมาณ 8-10 เดือน แต่การเก็บหอมแดงในห้องปกติหรือบรรยากาศปกติ ควรเก็บที่อุณหภูมิระหว่าง 25-30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 60-75% การเก็บวิธีนี้จะเก็บได้ประมาณ 2 เดือน ถ้านานกว่านี้หอมจะเกิดการระเหยน้ำ แต่ถ้าเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินไปจะทำให้รากงอกออกมา

2.2.4 โรคที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยว

2.2.4.1 โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) หรือโรคหอมเสี้ยว

สาเหตุเกิดจากเชื้อราเข้าไปทำลายทุกส่วนของพืช เช่น ใบ หัว จะเห็นว่าโรคนี้นำให้เกิดแผลเนื้อเยื่อของแผลจะเป็นหลุมตื้นกว่าระดับเดิมเล็กน้อย บนแผลจะมีสปอร์ของเชื้อรา เป็นหยอดของเหลวสีส้มอมชมพู เมื่อแห้งจะเป็นตุ่มสีดำ โรคนี้นำให้ใบเน่าเสีย หรือเน่าเสียในช่วงการเก็บรักษา

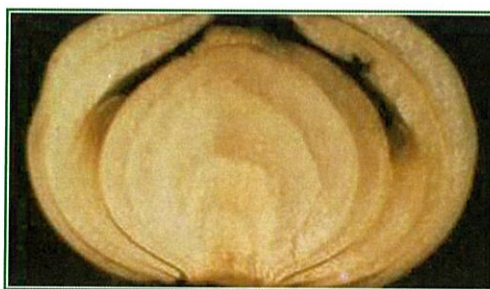
สามารถป้องกันได้โดย เก็บชิ้นส่วนของพืชที่เป็นโรคออกไปและทำลายด้วยการเผา เพื่อลดแหล่งกระจายของโรค



รูปที่ 2.5 อาการของโรคแอนแทรคโนส [10]

2.2.4.2 โรคราดำ (Black mold)

หอมที่เก็บไว้ในที่ๆ อากาศชื้น จะเกิดราดำเป็นก้อนใหญ่ขึ้นระหว่างกาบหัว หรือระหว่างกลีบของหัวหอม เส้นใยราสีดำ ซึ่งฟุ้งกระจายได้ง่าย เมื่อมีการกระทบกระเทือน เนื้อเยื่อที่ราขึ้นจะเน่าเปื่อยกินลึกเข้าไปทีละน้อย และขยายวงกว้างออกไป ไม่มีขอบเขตจำกัด ส่วนมากเชื้อราจะเจริญเข้าทางแผลที่เกิดจากการตัดใบ ซึ่งเป็นแผลที่ยังไม่แห้งสนิท ซึ่งเป็นช่องทางให้โรคเข้าทำลายได้ง่าย หอมแดงที่เป็นโรคจะเน่าเสีย และระบาดลุกลามในระหว่างการเก็บรักษาและจำหน่ายสามารถป้องกันได้โดยไม่ให้หอมแดงเกิดการกระทบกระเทือนหรือเกิดแผลระหว่างการเก็บรักษา และควรเก็บหอมแดงไว้ในที่ๆ อากาศถ่ายเทสะดวก



รูปที่ 2.6 ลักษณะหัวหอมที่เกิดโรคราดำ [11]

2.2.4.2 โรคหัวและรากเน่า

ใบแก่ของหอมจะเหลืองเหี่ยวแห้งและหักพับลงจากปลาย เมื่อ ดึงต้นขึ้นก็จะหลุดจากดินได้ง่ายเพราะส่วนรากถูกทำลายหมด กาบหัวหอมช้ำน้ำ เนื้อเยื่อนิ่มเน่าและเปื่อยยุ่ย ลักษณะอาการในตอนต้น ใกล้เคียงกับโรคแรก แต่โรคนี้นอกจากจะพบเส้นใยสีขาวฟู ซึ่งค่อนข้างหยาบกว่าโรคแรกแล้ว ในระยะต่อมาจะพบเม็ดสเคลอโรเตียม (คล้ายเม็ดผักกาด) ขนาดเล็กสีขาวปนน้ำตาลขึ้นอยู่ตามรากและโคนต้นที่เน่านั้น (ในระยะนี้จะคล้ายกับโรคโคนต้นเน่า) และยังพบเจริญแทรกอยู่ตามดินบริเวณใกล้เคียงด้วย เมื่อเข้าระยะที่สร้างเม็ดสเคลอโรเตียม จะมีสีเข้มขึ้น เชื้อจะเข้าทำลายต้นหอมจนกระทั่งหัวเหี่ยวหดย่น และเน่าตาย โรคนี้นับเกิดกับหัวหอมขณะเก็บรักษาและรอการขนส่งด้วย



รูปที่ 2.7 ลักษณะหัวหอมที่เกิดโรคหัวและรากเน่า [12]

2.3 คุณภาพของหอมแดง

2.3.1 คุณภาพชั้นต่ำ [13]

2.3.1.1 หอมแดงทุกชั้นคุณภาพ ต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้ เว้นแต่จะมีข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละชั้น และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้มีได้ตามที่ระบุไว้

- 1) เป็นหอมแดงทั้งหัว
- 2) มีสภาพสมบูรณ์ เนื้อแน่น
- 3) สะอาด และปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้
- 4) ไม่เน่าเสีย หรือเสียหาย ซึ่งทำให้ไม่เหมาะสมต่อการบริโภค
- 5) ไม่มีศัตรูพืชที่มีผลกระทบต่อลักษณะทั่วไปของผลิตผล
- 6) ไม่มีความเสียหายของผลิตผลเนื่องจากศัตรูพืช
- 7) ไม่มีความเสียหายอันเนื่องมาจากอุณหภูมิสูง และหรืออุณหภูมิต่ำ
- 8) ไม่มีความชื้นที่ผิดปกติจากภายนอก ยกเว้นหยดน้ำที่เกิดหลังจากการนำออกจากห้องเย็น
- 9) ไม่มีกลิ่นแปลกปลอม และหรือรสชาติที่ผิดปกติ
- 10) ไม่แตกยอด และหรือไม่แตกรากใหม่

2.3.1.2 หอมแดงต้องมีอายุที่พอเหมาะ เหมาะสมกับพันธุ์และพื้นที่ปลูก ต้องได้รับการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังเก็บเกี่ยว การบรรจุและการขนส่งอย่างระมัดระวัง เพื่อให้อยู่ในสภาพที่ยอมรับได้เมื่อถึงปลายทาง

2.3.2 การแบ่งชั้นคุณภาพของหอมแดง [13]

หอมแดงตามมาตรฐานนี้ แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

2.3.2.1 ชั้นพิเศษ (extra class)

หอมแดงในชั้นนี้ต้องมีคุณภาพดีที่สุด มีลักษณะรูปทรง และสีตรงตามพันธุ์ ไม่มีตำหนิ ในกรณีที่มีตำหนิต้องเป็นตำหนิผิวเล็กน้อยที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยไม่มีผลต่อลักษณะทั่วไปของผลิตผล คุณภาพผลิตผล คุณภาพการเก็บรักษา และการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

2.3.2.2 ชั้นหนึ่ง (class I)

หอมแดงในชั้นนี้มีคุณภาพดี มีลักษณะรูปร่าง และสีตรงตามพันธุ์ มีตำหนิด้านสีและรูปร่าง ได้เล็กน้อยโดยตำหนิดังกล่าวต้องไม่มีผลต่อลักษณะทั่วไปของผลิตภัณฑ์ คุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณภาพการเก็บรักษาและการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

2.3.2.3 ชั้นที่สอง (class II)

หอมแดงในชั้นนี้รวมหอมแดงที่มีคุณภาพไม่เข้าชั้นคุณภาพที่สูงกว่า แต่มีคุณภาพขั้นต่ำตามที่กำหนดในข้อ 2.3.1.1 โดยอาจมีตำหนิด้านสี รูปร่าง รอยแผลเป็น รอยขีดข่วนหรือรอยฉ่ำ โดยหอมแดงยังคงลักษณะที่สำคัญในด้านคุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณภาพการเก็บรักษาและการจัดเรียงเสนอในภาชนะบรรจุ

2.4 การเตรียมหอมแดงในกระบวนการแปรรูปอาหาร [9]

หอมแดงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยเนื่องจากการใช้หอมแดงในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นน้ำพริก หอมแดงเจียว หรืออื่นๆ ซึ่งในการแปรรูปอาหารในอุตสาหกรรม จะมีขั้นตอนการเตรียมหอมแดงดังต่อไปนี้

2.4.1 การทำความสะอาด

วัตถุประสงค์ของการทำความสะอาด คือ การชะล้างสิ่งสกปรกและทำให้วัตถุดิบมีผิวหน้าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการแปรรูปขั้นต่อไป ซึ่งการทำความสะอาดเป็นขั้นตอนที่ควรทำในตอนต้นของกระบวนการแปรรูป ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายซึ่งอาจเกิดกับเครื่องจักรหรือเครื่องมือเนื่องจากเศษหิน เศษโลหะ หรือกระดูกที่ติดมากับวัตถุดิบ นอกจากนั้นการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในวัตถุดิบยังเป็นการป้องกันการสูญเสียที่เกิดจากการเติบโตของจุลินทรีย์ การทำความสะอาดจึงเป็นวิธีลดปริมาณของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ

การทำความสะอาดหอมแดงก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปจะใช้วิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง เช่น การแยกเศษหินโดยการลั่นสะเทือน เป็นต้น

2.4.2 การคัดเลือก

การคัดเลือกเป็นการคัดแยกหอมแดงออกเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะทางกายภาพ การคัดเลือกขนาดควรทำในตอนต้นๆ กระบวนการแปรรูปเช่นเดียวกับการทำความสะอาด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเดียวกันก่อนกระบวนการแปรรูปขั้นต่อไป คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่ใช้ในการคัดเลือกได้แก่ ขนาด รูปร่าง น้ำหนัก และสี



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2.8 (ก) หอมแดงหัวเดี่ยว [13] (ข) รูปทรงกลม [13] (ค) รูปทรงรี [13] (ง) รูปทรงยาว [13]

2.4.3 การคัดเกรด

การคัดเกรดมีความหมายใกล้เคียงกับการคัดแยก แต่จะเน้นคุณภาพโดยรวมของอาหาร ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายประการดังหัวข้อที่ 2.3

2.4.4 การปอกเปลือก

การปอกเปลือกหอมแดงเป็นการปอกเอาส่วนเนื้อเยื่อชั้นบางๆ ที่หุ้มกาบใบออก อาจจะตัดส่วนของรากทิ้งไป เหลือแต่ส่วนของชั้นกาบใบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยการปอกเปลือกหอมแดงในปัจจุบันมี 2 วิธี

2.4.4.1 การปอกเปลือกโดยใช้มีด

การปอกเปลือกโดยใช้มีดเป็นวิธีปอกที่ง่าย สามารถตัดส่วนของรากออกได้ สำหรับขั้นตอนการปอก อาจจะตัดรากและส่วนของก้านใบทิ้ง และลอกเปลือกเพื่อนำส่วนของชั้นเปลือกออก ซึ่งวิธีข้อดีคือ สามารถตัดส่วนของรากที่อาจจะปนเปื้อนดินหรือสิ่งสกปรกทิ้งไป แต่ข้อเสียคือ ในปัจจุบันการปอกด้วยวิธีนี้มีอัตราการปอกต่ำ ได้ผลผลิตที่น้อย เพราะปอกได้ครั้งละหนึ่งลูก

2.4.4.2 การปอกเปลือกโดยใช้การขัดสี

การปอกเปลือกโดยใช้การขัดสี เป็นการปอกที่ใช้แรงเสียดสีระหว่างแผ่นปอกกับเปลือกหอมแดง ทำให้เกิดการหลุดลอกของชั้นเปลือก โดยวิธีนี้มีข้อดีคือ สามารถปอกหอมแดงได้จำนวนครั้งละมากๆ แต่มีข้อเสียคือ เปลือกอาจจะหลุดไม่หมด และไม่สามารถตัดส่วนของรากทิ้งไปได้

2.5 ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล [14]

ใช้พื้นฐานทางด้านการคำนวณและเลือกใช้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในการสร้างเครื่องปอกหอมแดง โดยจะทำการคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนต่างๆ ได้แก่ เพลา มอเตอร์ สายพาน ล้อสายพาน ลิ้ม แบริ่ง เฟือง และเกียร์ทดรอบ

2.5.1 เพลา [14]

เพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีอยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะที่ใช้งานเพลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

- เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ส่งกำลัง
- แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกกันว่า เพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่หมุนก็ตาม
- สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้น เช่น เพลาที่หัวแทนกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น
- สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องจากกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องยนต์ต้นกำลังอื่นๆ มีขนาดรูปร่าง และส่วนที่ยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ
- เพลาแนว (Line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ
- แจ็คชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล
- เพลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

2.5.2 มอเตอร์ [14]

มอเตอร์ไฟฟ้า (Electrical Motor) หรือทั่วๆ ไปเรียกสั้นๆว่ามอเตอร์ คือเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ประกอบด้วย ขดลวดที่พันรอบแกนโลหะที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดที่อยู่ ระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้ขดลวดหมุนไปรอบแกน และเมื่อสลับขั้วไฟฟ้า การหมุนของขดลวดจะหมุนกลับทิศทางเดิม มอเตอร์ มี 2 ประเภท คือ มอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์กระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีในด้านการปรับความเร็วได้ ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุดนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใย โรงงานถลุงโลหะการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า การศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้าจึงควรรู้ส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีส่วนประกอบ ที่สำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

- 1) ส่วนที่อยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator)
- 2) ส่วนที่เคลื่อนที่เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) โรเตอร์นี้ทำให้เกิดกำลังงาน โดยมีแกน วางอยู่ในตลับลูกปืน ซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้ายของมอเตอร์

หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์กระแสสลับ ส่วนหนึ่งจะผ่านชุดแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์แล้วจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก(Field coil) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กขั้วเหนือและขั้วใต้ขึ้น จึงเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนามแม่เหล็ก ในขณะเดียวกันตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกัน ถ้าทิศทางตรงข้ามกันจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวกันจะเสริมแรงกัน จึงทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์เมเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาสวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ให้อาร์เมเจอร์หมุนได้ขณะที่ ตัวอาร์เมเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์

2.5.3 สายพาน [14]

สายพานที่ใช้งานกับเครื่องจักรกลทั่วไปมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะ การใช้งาน

- 1) สายพานแบน (Flat Belt) ใช้สำหรับถ่ายทอกำลังระหว่างเพลาคิวเกลี้ยงได้ระหว่าง 0.1 กิโลวัตต์ ถึง 4,000 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบของล้อสูงถึง 200,000 รอบต่อนาที ความเร็วของสายพาน 100 เมตรต่อนาที โครงสร้างของสายพานแบนที่ใช้กันทั่วไปมี 3 แบบ คือ แบบหุ้มตัว แบบชั้น และแบบหล่อ
- 2) สายพานลิ่ม (V-Belt) สายพานลิ่มที่ลักษณะคล้ายกับสายพานแบน คือ ใช้ เส้นใยธรรมชาติ และเส้นใยสังเคราะห์วางแหวนเป็นแกนแรง และห่อหุ้มด้วยยางหรือวัสดุเดียวกับแกน สายพานลิ่มมีรูปหน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ด้านหน้าทั้งสองเอียงเข้าหากันทำมุม 38 องศา ถึง 44 องศา สายพานลิ่มส่งถ่ายกำลังด้วยพลูเลย์ ฝิวเกลี้ยงเป็นร่อง สายพานลิ่มยังแบ่งชนิดออกเป็นสายพาน ลิ่มร่วม สายพานลิ่มแหลม สายพานลิ่มหน้ากว้าง สายพานฟันเฟือง ในการ

สร้างเครื่องปกหุ้มแดง ได้มีการเลือกใช้สายพานในลักษณะของ สายพานลิ่มปกติ เป็นสายพานที่ใช้งานกันโดยทั่วไปกับเครื่องจักรกลธรรมดา ที่ใช้ความเร็วรอบต่ำทำด้วยแผ่นยางสลัดกับผ้าใบเป็นชั้นๆ

2.5.4 ล้อสายพาน [14]

ล้อสายพานเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้งานร่วมกับสายพาน ลักษณะรูปร่างของพูลเลย์ที่ใช้งานขึ้นกับลักษณะของสายพาน ชนิดล้อสายพานมีดังนี้ พูลเลย์สายพานแบน พูลเลย์สายพานลิ่ม พูลเลย์สายพานฟันเฟือง การสร้างเครื่องปกหุ้มแดงได้มีการเลือกใช้ พูลเลย์สายพานลิ่มแบบปกติ ตามมาตรฐาน DIN 2217 พูลเลย์สายพานลิ่มแบบร่องเดียวหรือหลายร่อง มุมรวมของร่องล้อพูลเลย์สายพานลิ่มเท่ากับ 32 องศา 34 ลิปดาและ 38 องศา โดยล้อพูลเลย์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่าจะมีมุมร่องล้อพูลเลย์ที่โตกว่า ร่องล้อพูลเลย์มีการผลิตให้สายพานที่สวมประกอบแล้วไม่เลยพ้นจากขอบร่องล้อ ต้องไม่จมอยู่ในร่องล้อไม่เช่นนั้นสายพานจะสูญเสียปฏิกิริยาแรงลิ่มขึ้น สายพานส่วนใหญ่ใช้กับเครื่องจักรกลตามโรงงานต่างๆสามารถส่งกำลังได้ในตำแหน่งต่างๆได้ แต่ไม่สามารถส่งกำลังแบบไขว้เหมือนกับสายพานแบน ลักษณะการใช้งานของสายพานลิ่ม เช่น สายพานของเครื่องกลึงสายพานของรถไถนาเดินตาม

2.5.5 ลิ่ม [14]

ลิ่มเป็นส่วนประกอบระหว่างเพลากับชิ้นส่วนอื่นไม่ว่าจะเป็นเฟือง พูลเลย์ หรือ ล้อสายพานต่างๆลิ่มมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ลิ่มส่ง
- 2) ลิ่มส่วนอัดที่เข้าไปในล้อ
- 3) ลิ่มมีหัว
- 4) ลิ่มขวาง
- 5) ลิ่มอัด

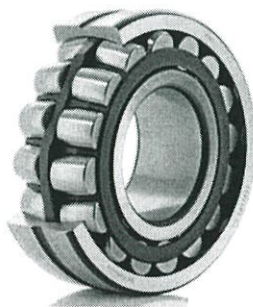
2.5.6 แบริ่ง (Bearings)

ในการเลือกใช้ แบริ่ง ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการในการเลือก เช่น ความต้องการการหล่อลื่น ลักษณะของฐานที่ใช้ยึดแบริ่ง เพื่อว่าการเลือกใช้แบริ่งเหมาะสมกับสภาพการทำงาน แบริ่ง คือสิ่งที่ช่วยรองรับหรือช่วยยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องจักรที่มีการหมุนให้อยู่ใน ตำแหน่งที่ถูกต้อง แบริ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบริ่งกาบ (Plain bearings) และแบริ่งลูกปืน (Rolling Bearing)

2.5.6.1 แบริ่งกาบ (Plain bearings) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงโดยมีแกนหมุนอยู่ภายในส่วนของแกนหมุนหรือเพลาคือที่หมุน อยู่ภายในส่วนของแกนหมุนหรือเพลาคือที่หมุนอยู่ในแบริ่งเรียกว่าเจอร์นอล (Journal) ส่วนรูป ทรงกระบอกกลวงเรียกว่าเจอร์นอลแบริ่ง (Journal bearing) ซึ่งมักทำด้วยโลหะหรือส่วนผสมของ โลหะที่มีเนื้ออ่อนกว่าเจอร์นอล แบริ่งกาบยังสามารถแบ่ง

ออกเป็นทรัสต์แบร์ริง (Trust Bearing) ซึ่งตัว เจอร์นอลได้รับแรงกดและหมุนอยู่ภายในเจอร์นอลแบร์ริง กับไกด์แบร์ริง (Guide Bearing) ซึ่งตัวเจอร์นอลเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวยาวของเจอร์นอลแบร์ริง แบร์ริงกาบ โดยทั่วไปใช้น้ำมันเป็นตัวหล่อลื่นมากกว่าจาระบีและมักใช้จาระบี ในกรณีที่แบร์ริงไม่มีระบบป้องกันหรือซีลที่เพียงพอสำหรับ น้ำมัน ในขณะที่ตัวเจอร์นอลหมุนอยู่ภายในแบร์ริง น้ำมันถูกเหวี่ยงเข้ามาเป็นฟิล์มป้องกันไม่ให้ผิวของ เจอร์นอลและแบร์ริงมาสัมผัสกัน ความหนืดของน้ำมัน ไม่ควรต่ำเกินไปจนฟิล์มน้ำมัน ไม่สามารถแยก ผิวสัมผัสทั้งสองออกจากกันได้ ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นสูงขนาดน้ำมันหล่อลื่น ลูกสูบ การเลือก ความหนืดของน้ำมันขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ แรงกดและอุณหภูมิในขณะที่ใช้งาน

2.5.6.2 แบร์ริงลูกปืน (Rolling Bearing) การเคลื่อนไหวของแบร์ริงกาบ เกิดในลักษณะเลื่อนสัมผัส (Sliding) ของผิวสัมผัสทั้งสอง ซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น แรงเสียดทานนี้สามารถลดลงได้ โดยการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวแบบเลื่อน สัมผัส (Rolling) โดยการติดตั้งวงแหวนซึ่งประกอบด้วย ลูกปืน ที่ทำด้วยโลหะแข็ง อาจมีลักษณะกลม เหมือนลูกบอลหรือเป็นแบบลูกกลิ้งเคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนชั้นในและชั้นนอก ในทางทฤษฎีการ หมุนสัมผัสนั้นไม่จำเป็นต้องอาศัย น้ำมันหล่อลื่น แต่ในทางปฏิบัติแล้วแบร์ริงลูกปืนยังมีการเคลื่อนไหว แบบเลื่อนสัมผัสอยู่บ้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบร์ริงลูกปืนบางชนิดเกิดการบิดเมื่อได้รับแรงกด นอกจากนี้ ยังเกิดการเลื่อนสัมผัสระหว่างตัวลูกปืนกับตัววัสดุที่ยึดลูกปืนนั้น ดังนั้นการหล่อลื่นจึงยังเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดจากการเลื่อนสัมผัส เป็นเกราะหรือซีล ป้องกันความชื้น การกัดกร่อน ตลอดจนสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เข้าไปในแบร์ริง แบร์ริงลูกปืนส่วนใหญ่ใช้ จาระบีเป็นตัวหล่อลื่น จาระบียังทำหน้าที่เป็นซีลป้องกันไม่ให้ความชื้นหรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ เข้าไปทำความเสียหายแก่ลูกปืน การเลือก ชนิดของจาระบีขึ้นอยู่กับความเร็วรอบแรงกดและอุณหภูมิของแบร์ริงในขณะที่ใช้งานโดยทั่วไปมักใช้ จาระบีเอนกประสงค์ที่ทำด้วยสบู่ลิเทียมในงานบางประเภทอาจมีความต้องการ จาระบี ที่สามารถทน ต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำคือไม่เหลวและไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันในขณะที่ใช้งานภายใต้ อุณหภูมิต่ำเช่น จาระบีสำหรับเครื่องบินเป็นต้น ในบางสภาวะจาระบียังต้องมีคุณสมบัติทนต่อการถูก ชะล้างโดยน้ำและน้ำมัน ต้องไม่แยกตัวออกจาระบีเป็นต้น แบร์ริงลูกปืนหมุนรอบจัดซึ่งมีความร้อน เกิดขึ้นสูงจำเป็นต้องใช้น้ำมันในการหล่อลื่น ขณะเดียวกันช่วยระบายความร้อนอีกด้วย แบร์ริงเหล่านี้ มักเป็นแบบปิด แห่อยู่ในอ่างน้ำมันหรือใช้วิธีฉีดพ่นหรือหยดน้ำมันก็ได้



รูปที่ 2.9 แบร์ริงลูกปืน (Rolling Bearing) [15]

2.5.7 เฟือง [14]

เฟืองมีหน้าที่ในการส่งกำลังการหมุนจากเพลลาหนึ่งไปสู่อีกเพลลาหนึ่ง โดยมีอัตราทดเท่ากัน หรือไม่เท่ากันก็ได้ ดังนั้นเฟืองจึงถูกนำมาใช้ในการส่งกำลังและในการปรับเปลี่ยนอัตราทดหรือความเร็วในการหมุน

- 1) เฟืองฟันตรง (Spur Gear) ใช้ในการส่งกำลังทั่วไปในเพลลาที่ขนานกัน มีความสามารถในการรับแรงได้ดี แต่การหมุนที่มีความเร็วรอบสูงๆอาจเกิดเสียงดังได้
- 2) เฟืองฟันเฉียง (Helical Gear) เป็นเฟืองที่มีฟันเอียงลาดทำมุมกับแกนของเฟือง ใช้ส่งกำลังในเพลลาที่ขนานกันและเพลลาที่ทำมุมกัน ขณะที่ใช้งานมีเสียงเงียบเหมาะกับการใช้งานที่มีความเร็วรอบสูงๆ แต่มีการสึกหรอสูงและมีแรงผลักรตามแนวแกนของเฟืองมีความสามารถในการรับแรงน้อยกว่าเฟืองฟันตรง
- 3) เฟืองดอกจอก (Bevel Gear) เป็นเฟืองที่มีรูปร่างคล้ายกรวยตัดโดยมีสันฟันเรียวเล็กเข้าสู่จุดยอดของกรวย ใช้สำหรับส่งกำลังในเพลลาที่ทำมุมกัน
- 4) เฟืองสะพาน (Rack Gear) ประกอบไปด้วยล้อขับเฟืองตรงเรียกว่า พิเนียน (Pinion) และล้อตามคือเฟืองสะพานหรือเฟืองบรรทัด(Rack) เป็นกลไกที่เปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่จากแนวเส้นรอบวงเป็นแนวเส้นตรง ตัวอย่างการใช้งาน เช่น ชุดขับเคลื่อนแท่นเจาะ

2.5.8 เกียร์ทดรอบ [14]

1. เกียร์ทดรอบแบบแนวนอน (Gear Reducer Type Horizontal) ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด ใช้เฟืองเป็นตัวขับเคลื่อน มี 2 แบบ 2-Stage (2 เฟือง) และ 3-Stage (3 เฟือง) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการขับในแนวราบทุกชนิด

2. เกียร์ทดรอบแบบแนวตั้ง (Gear Reducer Type Vertical) ทำหน้าที่ทดรอบมอเตอร์และเพิ่มแรงบิด ใช้เฟืองเป็นตัวขับเคลื่อน มี 2 แบบ 2-Stage (2 เฟือง) และ 3-Stage (3 เฟือง) เหมาะสำหรับงานที่ต้องการขับในแนวตั้งทุกชนิด

2.6 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบ [14]

วัสดุ (Material) ถือเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการออกแบบ เนื่องจากเป็นส่วนรองรับโหลดต่าง ๆ ถ้าวัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาด้านความเสียหายของเครื่องจักรได้

2.6.1 สแตนเลส (Stainless steel)

สแตนเลสหรือเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นศัพท์ทั่วไปที่ใช้เรียกเหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง สแตนเลสเป็นโลหะผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งส่วนประกอบมีปริมาณคาร์บอนต่ำ มีโครเมียม เป็นส่วนผสมหลัก ประมาณ 10.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่าทำให้เกิดการสร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (Chromium oxide film : CrO₂ หรือเรียกว่า Passive film) ที่มองไม่เห็นเกาะติดแน่นอยู่ที่ผิวหน้าทำให้เหล็กกล้า มีความต้านทานการกัดกร่อน ฟิล์มปกป้องนี้มีความบางเทียบเท่ากับบาง

กระดาษ 1 แผ่นบนตึกสูง 20 ชั้น ถ้าฟิล์มที่ผิวหน้านั้นถูกทำลายไม่ว่าจากแรงกล สารเคมี หรือ ออกซิเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศ เข้าทำปฏิกิริยากับโครเมียม สร้างฟิล์มโครเมียมออกไซด์ทดแทนชั้นใหม่ด้วยตัวมันเอง

ประเภทของสแตนเลส

โดยทั่วไปสแตนเลสแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ตามโครงสร้างคือ ออสเทนนิติก เฟอร์ริติก ดิวเพล็กซ์ มาร์เทนซิติก และเหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึก

- ออสเทนนิติก (Austenitic) หรือที่รู้จักกันในซีรีส์ 300 ซึ่งประมาณได้ว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตสแตนเลสในโลกนี้เป็นสแตนเลสตระกูลออสเทนนิติก ที่ประกอบด้วยคาร์บอนอย่างน้อย 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนผสมของโครเมียมอย่างน้อย 16 เปอร์เซ็นต์ และ นิกเกิล หรือซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการขึ้นรูปประกอบและเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน

- เฟอร์ริติก (Ferritic) มีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักระหว่าง 10.5-27 เปอร์เซ็นต์ บางเกรดผสมนิกเกิลลงไปเล็กน้อย บางเกรดผสมโมลิบดีนัม หรืออลูมิเนียม ไททาเนียม

- มาร์เทนซิติก (Martensitic) เป็นตระกูลที่มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่าออสเทนนิติกและเฟอร์ริติก แต่มีความทนทานและแข็งแรงมากกว่า โดยทั่วไปมีส่วนผสมของโครเมียม 12 -14 เปอร์เซ็นต์ โมลิบดีนัม 0.2-1 เปอร์เซ็นต์ มีนิกเกิล 0-2 เปอร์เซ็นต์และมีคาร์บอนผสม อยู่ประมาณ 0.1-1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชุบแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วและอบคืนตัว โดยทั่วไปรู้จักกันในซีรีส์ 400

- ดิวเพล็กซ์ (Duplex) เนื่องจากมีโครงสร้างผสมระหว่างโครงสร้างเฟอร์ไรต์และออสเทนไนต์ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าออสเทนนิติกและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนชนิด รูซีม ซอกอับ มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19 ถึง 28 เปอร์เซ็นต์ โมลิบดีนัมสูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และมีนิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติก ใช้งานมากในสภาพแวดล้อมที่มีคลอไรด์สูง

- เหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึก มีความต้านทานการกัดกร่อนเทียบเคียงกับตระกูลออสเทนนิติก มีความแข็งแรงมากกว่าตระกูลมาร์เทนซิติก เนื่องจากสแตนเลสชนิดนี้สามารถชุบแข็งได้ในคราวเดียว จึงเหมาะสำหรับทำแกนปั๊มหัววาล์วและส่วนประกอบของอากาศยาน

การใช้งานสแตนเลสทั่วไป

สแตนเลสตระกูลออสเทนนิติก เป็นสแตนเลสตระกูลที่นำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ไฟฟ้า งานตกแต่งอาคาร งานสถาปัตยกรรม อุปกรณ์ในการผลิตเบียร์ หรือการผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและอาหารที่มีสมบัติต้านทานที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดและสุขศาสตร์อนามัย เช่น เครื่องมือในโรงพยาบาล เวชภัณฑ์ สามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำติดลบ สำหรับถังเก็บแก๊สเหลวและสามารถใช้งานที่ อุณหภูมิสูง เช่นทำท่อแลกเปลี่ยนอุปกรณ์ ความร้อน ทำอุปกรณ์ควบคุมหรือกำจัดมลภาวะ และควันทัน งานท่อ ถังเก็บ ภาชนะที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมและภาชนะ ความดันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ปิโตรเคมี ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

อุตสาหกรรมเหมืองแร่ การผลิตเนื้อเยื่อกระดาษและกระดาษ อุปกรณ์ในตัวโดยสารรถไฟ รถเข็นอาหาร

สแตนเลสตระกูลเฟอร์ริติก เป็นตระกูลที่นิยมใช้มากที่สุดในงานอุปกรณ์ตกแต่งในอาคาร เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร ซ้อนส้อม มีด และเครื่องใช้ในครัว อ่างล้าง อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน งานสถาปัตยกรรม เครื่องถ่ายความร้อนในกระบวนการผลิตและอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิตอาหารนม แกนและถังปั่นในเครื่องซักผ้าและเครื่องล้างจาน นอกจากนี้สามารถนำไปใช้ในงานเรือเดินสมุทร ทาแผ่นดาดฟ้าเรือ ฝายน้ำล้น โซ่ในงานขนถ่ายสินค้า อุปกรณ์ ดูดฝุ่นและควั่นเป็นต้น

สแตนเลสตระกูลมาร์เทนซิติก สามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการความทนทานและมีความแข็งแรง เช่น ทาใบมีด เครื่องมือผ่าตัด ตัวยึด กระสวยหรือแกนเพลลา หัวฉีด เพลลา และสปริง โดยทั่วไปผลิตออกมาในรูปแบบเป็นท่อนแบน แผ่น และงานหล่อ

สแตนเลสตระกูลออสเทนนิติก นำไปใช้ในการทำแผงและท่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ ถังเก็บ และถัง ความดันในบรรยากาศแวดล้อมของคลอไรด์ ที่มีความเข้มข้นสูง ตัวอย่างงานได้แก่ อุปกรณ์หล่อเย็นด้วยน้ำทะเล การกลั่นน้ำทะเลให้บริโภคได้ อุตสาหกรรม หมักดอง เหมืองฉีดน้ำ อุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส

ในทางทฤษฎีการออกแบบนี้ผู้ศึกษาเลือกใช้สแตนเลสตระกูลออสเทนนิติก เนื่องจากเป็นสแตนเลส ประเภทที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเป็นส่วนมาก

2.6.2 เหล็ก

เหล็กเป็นธาตุสามัญอย่างหนึ่งในธรรมชาติ ที่มีบนโลกมากเป็นอันดับที่สาม รองจากออกซิเจนและซิลิกอน โดยปกติเหล็กเกิดในธรรมชาติในรูปของแร่เฮมาไทท์และแมกนีไทท์โดยมีแหล่งแร่สำคัญอยู่ที่ประเทศออสเตรเลีย อินเดีย บราซิล มนุษย์นำแร่เหล็กไปผ่านกระบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม การก่อสร้างทุกประเภท

ประเภทของเหล็ก

เหล็กที่ผ่านขบวนการผลิต เพื่อนำมาใช้ในงานก่อสร้าง และงานอุตสาหกรรมแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. เหล็กพิก ได้มาจากการถลุงแร่เหล็กโดยเตาพ่นลมเพื่อให้ได้เหล็กดิบหรือเหล็กพิกซึ่งมีส่วนประกอบของเหล็กประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน 3-4 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน 1 เปอร์เซ็นต์ และธาตุอื่น ๆ ต้องนำมาทำให้บริสุทธิ์ขึ้นและเติมสารอัลลอยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเหล็กพิกเป็นต้นกำเนิดของวัสดุผลิตภัณฑ์เหล็กที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม เช่น เหล็กเหนียวเหล็กหล่อและเหล็กกล้า

2. เหล็กเหนียวหรือเหล็กอ่อน เป็นเหล็กที่มีค่าความแข็งต่ำ มีกำลังวัสดุต่ำกว่าเหล็กชนิดอื่น ๆ มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนต่ำ เหล็กเหนียวที่ดีมีธาตุคาร์บอนประมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ และมีตะกั่วอย่างละเอียดปนอยู่ประมาณ 1.3 เปอร์เซ็นต์กระจายอยู่ทั่วชิ้นโลหะ เหล็กเหนียวมีเนื้อหยาบและถ้านำไปทดลองเกี่ยวกับแรงดึงแตกเป็นรอยสีดาหรือสีคล้ำ

3. เหล็กหล่อ เป็นเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่มาก ขึ้นรูปได้ด้วยวิธีหลอมละลายและเทลงในแบบหล่อที่ทำด้วยทรายหรือวัสดุทนความร้อน จึงได้ชื่อตามกรรมวิธีการขึ้นรูปว่า เหล็กหล่อ หลังจากหล่อรูปร่างได้ใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการแล้ว จึงนำมาทำการกลึง ใส ตัดและเจาะ

4. เหล็กกล้า คือโลหะผสมประกอบด้วยธาตุหลัก ๆ คือ เหล็ก คาร์บอนแมงกานีส ซิลิคอน และธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย เหล็กกล้าเป็นวัสดุโลหะที่ไม่ได้มีอยู่ตามธรรมชาติผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพเหล็ก ให้มีคุณสมบัติโดยรวมดียิ่งขึ้น เช่น แปรเปลี่ยนรูปได้ตามที่ต้องการแข็งแรง ยืดหยุ่น ทนทานต่อแรงกระแทกหรือ สภาวะทางธรรมชาติสามารถรับน้ำหนัก

- เหล็กกล้าผสมต่ำ มีธาตุอื่นผสมอยู่ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าผสมต่ำ เช่น คาร์บอน ฟอสฟอรัส โมลิบดีนัม แมงกานีส ซิลิคอน ทองแดง โครเมียม และนิกเกิล โดยที่ ฟอสฟอรัส แมงกานีส โครเมียมและนิกเกิลผสมเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและทองแดงผสมเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน เหล็กกล้าผสมต่ำสามารถนำมาขึ้นรูปเย็น เชื่อม กลึง ใส และกัดได้ง่าย ปกติผลิตออกมาในรูปของเหล็ก แผ่น เหล็กเส้น เหล็กโครงสร้าง รูปร่างต่าง ๆ เช่น I-beam เหล็ก รูปพรรณ เหล็กทรงน้ำ เหล็กฉาก เป็นต้น

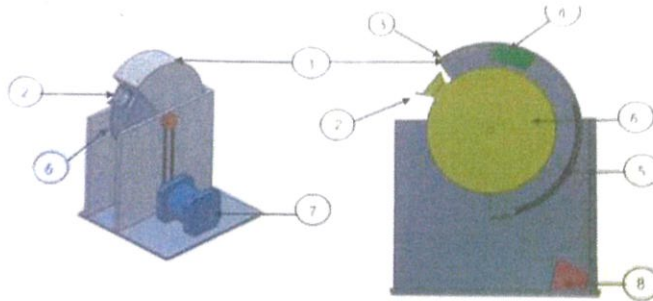
- เหล็กกล้าผสมสูง มีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหล็กกล้าพิเศษที่ผลิตขึ้นมาโดยวัตถุประสงค์เพื่อนำไปทำเป็นเครื่องมือตัดในการตัดเฉือนขึ้นรูปวัสดุอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นวัสดุประเภท โลหะหรือโลหะเป็นเหล็กกล้าที่มีราคาแพงผลิตจากเตาไฟฟ้า สามารถนำมาทำการชุบแข็งได้ค่าความแข็งที่ได้จากการชุบขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมภายในเหล็ก เหล็กกล้าชนิดนี้มีคุณสมบัติคือทนต่อการสึกหรอ ทนต่อความร้อนและมีความแข็งแรงสูง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล (2548) ได้ทำการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องปอกเปลือกกระเทียมขนาดเล็กมีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 240 x 430 x 380 มิลลิเมตร น้ำหนัก 16 กิโลกรัม โดยอาศัยหลักการของลูกกลิ้งเมื่อทำการทดสอบหาค่าที่เหมาะสมพบว่าเครื่องปอกเปลือกกลีบกระเทียมขนาดเล็กนี้ใช้ลูกกลิ้งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ความยาว 20 เซนติเมตร ทามุม 20 องศา กับพื้นเพื่อให้กลีบกระเทียมเกิดการเคลื่อนที่ออกนอกตัวเครื่องการทดสอบสมรรถนะของเครื่องพบว่าสามารถปอกเปลือกกลีบกระเทียมไทยได้เฉลี่ย 34.71 เปอร์เซ็นต์ต่อครั้งและมีประสิทธิภาพการปอกเปลือก 3.029 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ส่วนการปอกเปลือกกลีบกระเทียมจีนได้เฉลี่ย 79.10 เปอร์เซ็นต์ต่อครั้ง มีประสิทธิภาพการปอกเปลือก 8.793 กิโลกรัมต่อชั่วโมง [16]

ธเนศ และคณะ (2556) ได้ทำการศึกษาแนวทางการออกแบบเครื่องปอกหอมแดง เครื่องปอกหอมแดงประกอบด้วย ช่องป้อน มีดกรีด มีดตัดรากและก้านใบ ยางลอกเปลือก ซึ่งที่ช่องป้อนจะมีตัวยึดสำหรับยึดหอมไม่ให้เคลื่อนที่ หอมแดงจะผ่านกระบวนการกรีด ตัดรากและก้านใบ และการลอกเปลือก ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า เครื่องปอกหอมแดงทำงานได้ดีที่สุดที่ 5 หัวต่อนาที แต่สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้โดยการเพิ่มช่องป้อนหอมแดง และลักษณะการติดยาง ควรติดให้ใกล้

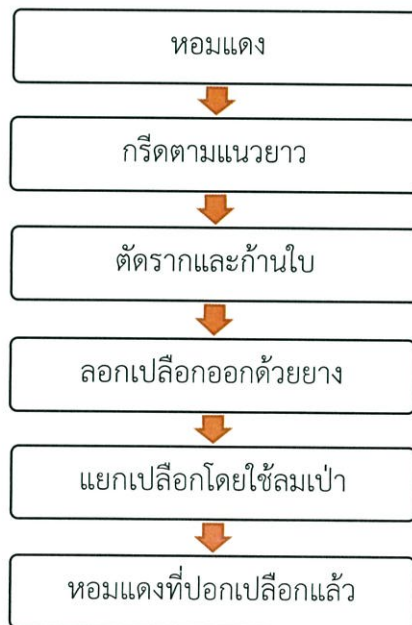
รอยกรีดมากที่สุด เครื่องปอกหอมแดงมีประสิทธิภาพในการปอกสูงสุด 48% โดยวัดจากสัดส่วนของหอมแดงที่สามารถปอกได้ใน 1 ลูก หอมแดงส่วนใหญ่ยังมีเปลือกติดอยู่และยังมีปัญหาด้านการปอกหอมแดง [3]



รูปที่ 4.2 เครื่องปอกเปลือกหอมแดง

- | | | | |
|---|----------------|---|------------|
| 1 | = โครงครอบ | 2 | = ช่องป้อน |
| 3 | = มีดกรีด | 4 | = มีดตัด |
| 5 | = ขางลอกเปลือก | 6 | = จานหมุน |
| 7 | = มอเตอร์ | 8 | = พัดลม |

รูปที่ 2.9 แสดงเครื่องต้นแบบการปอกหอมแดง [3]



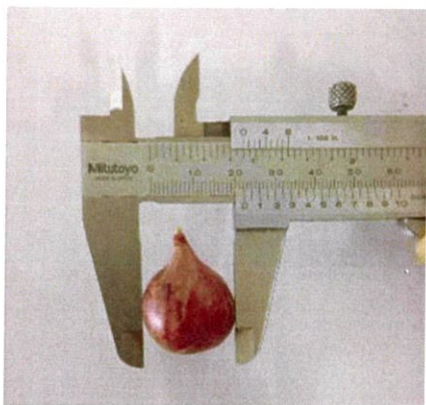
รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่องปอกหอมแดง [3]

บทที่ 3

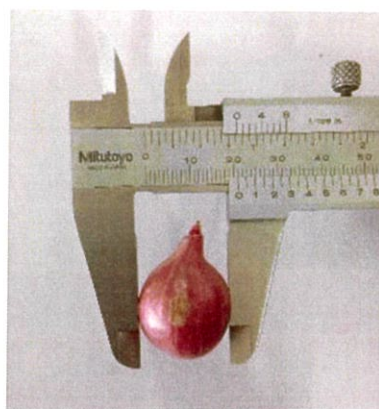
การศึกษาหาข้อมูลเพื่อการออกแบบเครื่องจักร

3.1 ลักษณะทางกายภาพของหอมแดง

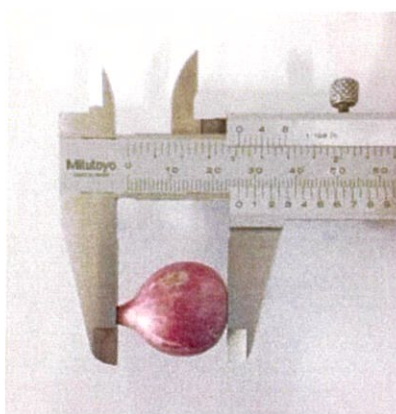
ลักษณะทางกายภาพของหอมแดงถูกศึกษาโดยใช้หอมแดงพันธุ์ศรีสะเกษ มีขนาด รูปร่าง สี ใกล้เคียงกัน และมีคุณภาพชั้นต่ำดังหัวข้อ 2.3.1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องปอกเปลือกหอมแดง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหอมแดงด้านที่กว้างที่สุด (x) ด้านที่ทำมุมขวางกับแกน x (y) และด้านที่เป็นความสูง (z) ของหอมแดง เป็นจำนวน 100 หัว



รูปที่ 3.1 การวัดหอมแดงแนวแกน x



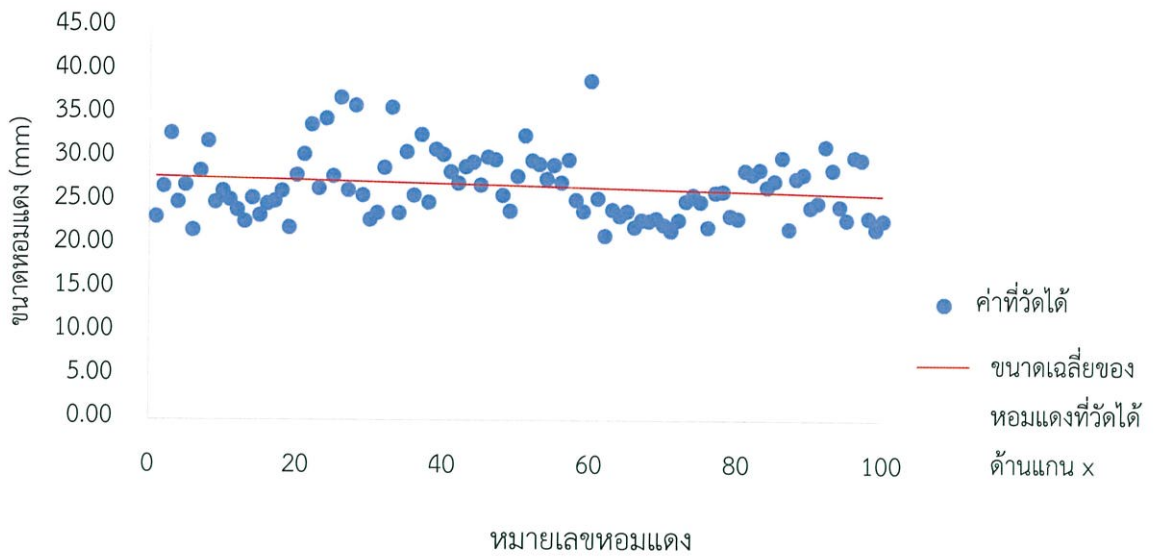
รูปที่ 3.2 การวัดหอมแดงแนวแกน y



รูปที่ 3.3 การวัดหอมแดงแนวแกน z

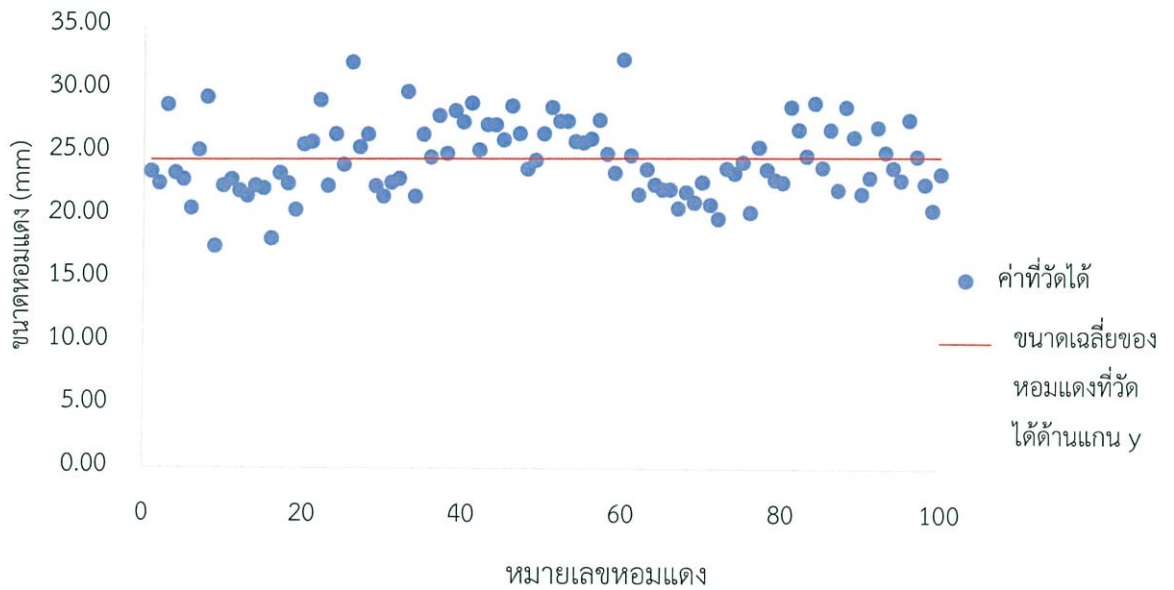
ขนาดหอมแดงด้านแกน x มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26.90 mm. มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.74 ขนาดหอมแดงด้านแกน y มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 24.62 mm. มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.90 ขนาดหอมแดงด้านแกน z มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 29.37 mm. มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.04

กราฟแสดงขนาดด้านแกน x ของหอมแดง

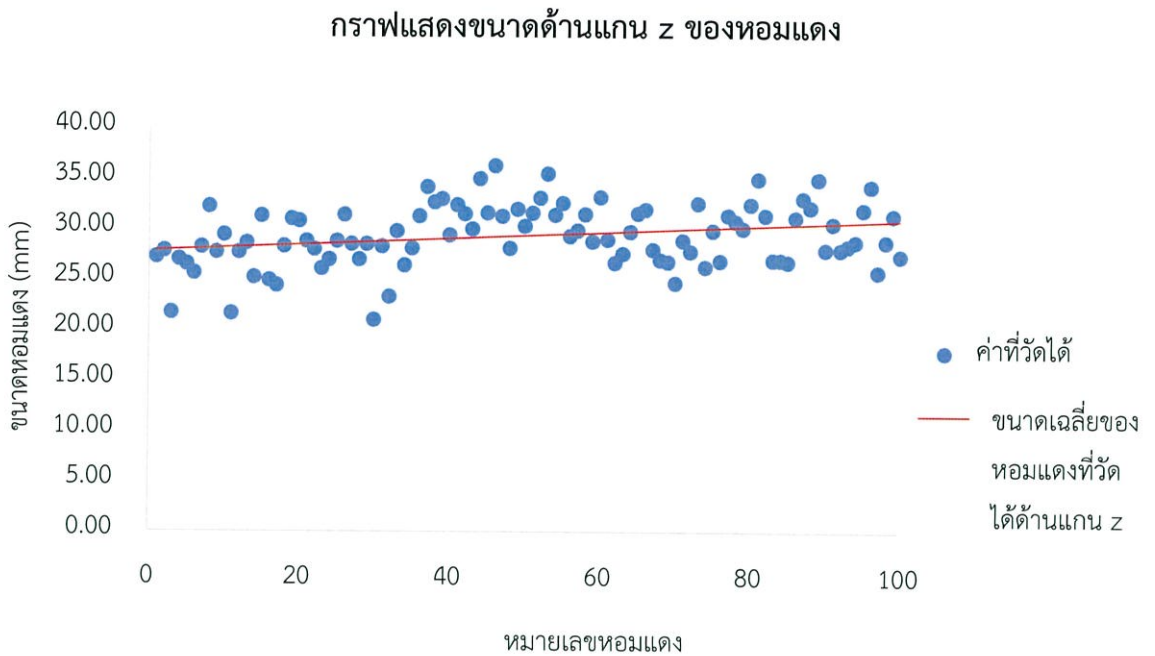


รูปที่ 3.4 ขนาดด้านแกน x ของหอมแดง

กราฟแสดงขนาดด้านแกน y ของหอมแดง



รูปที่ 3.5 ขนาดด้านแกน y ของหอมแดง



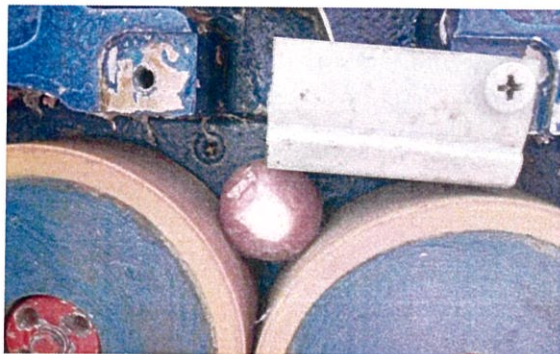
รูปที่ 3.6 ขนาดด้านแกน z ของหอมแดง

3.2 การศึกษาวิธีการกรีดเปลือกหอมแดงโดยใช้มีด

3.2.1 การศึกษาจำนวนรอยกรีด

วิธีการทดลอง

1. ตัดส่วนรากและก้านใบของหอมแดงด้วยมีด
2. กรีดหอมตามแนวเส้นใยของหอม โดยแบ่งเป็นการกรีด 1, 2, 3, 4 รอยกรีด
3. นำหอมแดงเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อศึกษาการหลุดออกของเปลือกหอมแดง โดยจับเวลาที่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วินาที
4. ศึกษาผลของการนำที่กั้นมาติดด้านบนเพื่อไม่ให้หอมขยับขึ้นลงมากเกินไป โดยที่กั้นมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบาง นำมายึดกับเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก


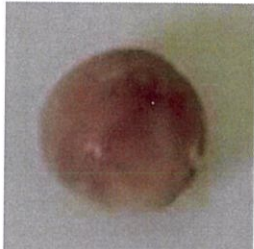

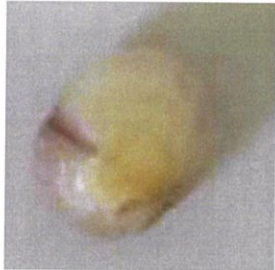




รูปที่ 3.7 ลักษณะของที่กั้นหอมแดง

ผลการทดลอง

1.) แบบไม่มีที่กั้น 1 รอยกรีด



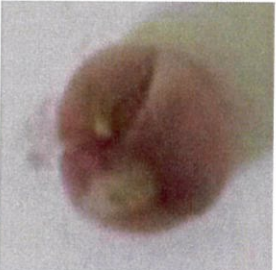

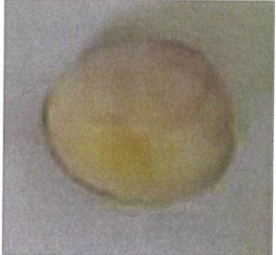

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 1 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบไม่มีที่กั้น 1 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ในช่วง 10 - 20 วินาที หอมแดงมีเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น หอมแดงจะมีเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกที่มากขึ้นด้วย

2.) แบบไม่มีที่กั้น 2 รอยกรีด







ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 2 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบไม่มีที่กั้น 2 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ทำให้ช่วง 10 วินาทีแรกเปลือกหลุดออกเพียงครึ่งลูก แต่เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น หอมแดงอีกครึ่งที่เหลือจะหลุดออกมากขึ้น

3.) แบบไม่มีที่กั้น 3 รอยกรีด







ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 3 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบไม่มีที่กั้น 3 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ทำให้ช่วง 10 วินาทีแรกเปลือกหลุดออก 75% ของลูก เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น หอมแดงใน ส่วนที่เหลือจะหลุดออก แต่เมื่อถึงช่วง 40-60 วินาที หอมแดงจะถูกเสียดสีแม้ว่าเปลือกจะหลุดออกหมดแล้ว ทำให้เนื้อหอมถูกเสียดสีจนหลุดออกมากเกินไป

4.) แบบไม่มีที่กั้น 4 รอยกรีด



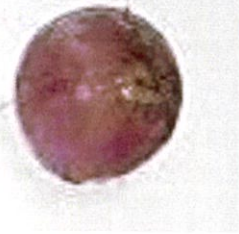
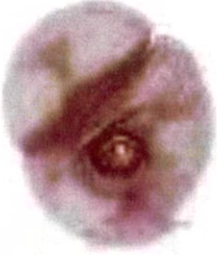
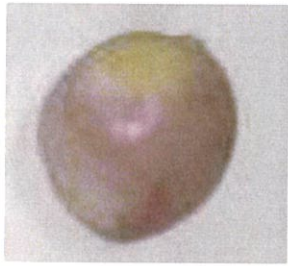

ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น 4 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบไม่มีที่กั้น 4 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ทำให้ช่วง 10 วินาทีแรกเปลือกหลุดออกเพียง 50% ของลูก เปลือกหลุดออกตามร่องของรอยกรีด เมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น หอมแดงในส่วนที่เหลือจะหลุดออก แต่เมื่อถึงช่วง 40-60 วินาที หอมแดงจะถูกเสียดสีแม้ว่าเปลือกจะหลุดออกหมดแล้ว ทำให้เนื้อหอมถูกเสียดสีจนหลุดออกมากเกินไป

5.) แบบมีที่กั้น 1 รอยกรีด




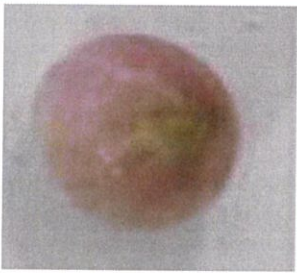


ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 1 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบมีที่กั้น 1 รอยกรีด หอมแดงจะถูกบีบจากที่กั้น ด้านบนทำให้หอมแดงถูกเสียดสีกับลูกกลิ้งมากขึ้น ทำให้เปลือกหลุดออกได้ง่ายขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไป ในช่วง 40-60 วินาที หอมแดงจะถูกเสียดสีแม้ว่าเปลือกจะหลุดออกหมดแล้ว ทำให้เนื้อหอมถูกเสียดสี จนหลุดออกมากเกินไป

6.) แบบมีที่กั้น 2 รอยกรีด

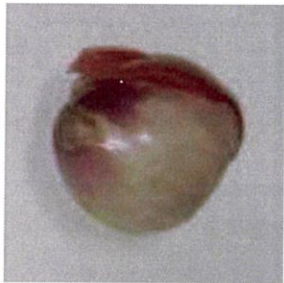



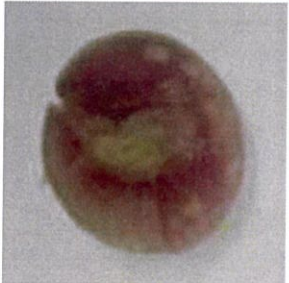

ตารางที่ 3.6 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 2 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบมีที่กั้น 2 รอยกรีด หอมแดงจะถูกบีบจากที่กั้น ด้านบนทำให้หอมแดงถูกเสียดสีกับลูกกลิ้งมากขึ้น ทำให้เปลือกหลุดออกได้ง่ายและมีบางลูกที่เนื้อหอมถูกเสียดสีเพียงด้านเดียว เมื่อเวลาผ่านไปในช่วง 40-60 วินาที หอมแดงจะถูกเสียดสีแม้ว่าเปลือกจะหลุดออกหมดแล้ว ทำให้เนื้อหอมถูกเสียดสีจนหลุดออกมากเกินไป

7.) แบบมีที่กั้น 3 รอยกรีด


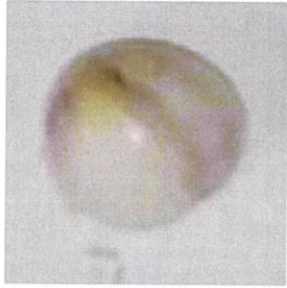
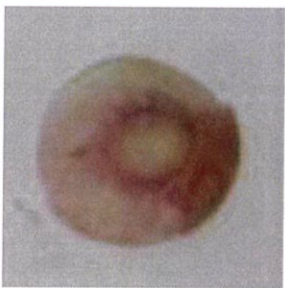

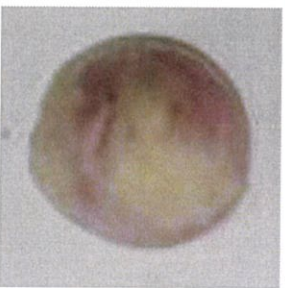

ตารางที่ 3.7 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 3 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบมีที่กั้น 3 รอยกรีด หอมแดงจะถูกบีบจากที่กั้นด้านบนทำให้หอมแดงถูกเสียดสีกับลูกกลิ้งมากขึ้น ทำให้เปลือกหลุดออกได้ง่าย ในช่วง 10-20 วินาที หอมแดงจะหลุดออกประมาณ 75% ของลูก ตามร่องของรอยกรีดหอม เมื่อเวลาผ่านไปในช่วง 40-60 วินาที หอมแดงจะถูกเสียดสีแม้ว่าเปลือกจะหลุดออกหมดแล้ว ทำให้เนื้อหอมถูกเสียดสีจนหลุดออกมากเกินไป

8.) แบบมีที่กั้น 4 รอยกรีด

ตารางที่ 3.8 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบมีที่กั้น 4 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

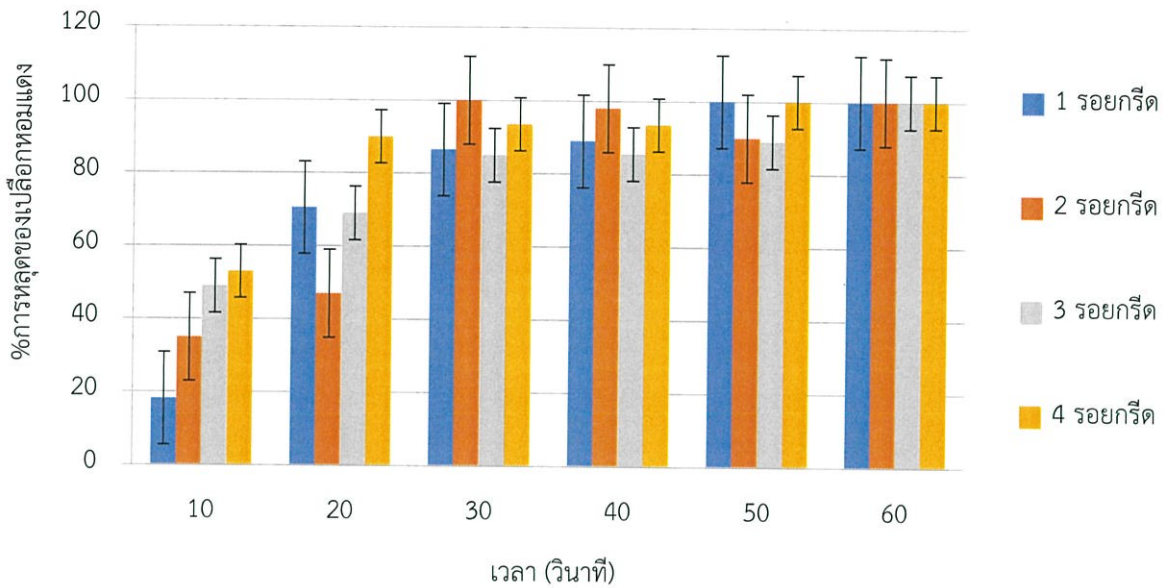
จากการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบมีที่กั้น 4 รอยกรีด หอมแดงจะถูกบีบจากที่กั้น ด้านบนทำให้หอมแดงถูกเสียดสีกับลูกกลิ้งมากขึ้น ทำให้เปลือกหลุดออกได้ง่าย หอมแดงจะหลุดออกตามร่องของรอยกรีดหอม เมื่อเวลาผ่านไปในช่วง 30-60 วินาที หอมแดงจะถูกเสียดสีแม้ว่าเปลือกจะหลุดออกหมดแล้ว ทำให้เนื้อหอมถูกเสียดสีจนหลุดออกมากเกินไป หอมบางลูกถูกลูกกลิ้งบีบจนแตกทำให้เสียรูปทรงและน้ำหนักลดลงอย่างมาก

สรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 3.7, 3.8, 3.9, และ 3.10 ใช้การปอกเปลือกแบบมีเหล็กกั้น 1 รอยกรีดจะให้ประสิทธิภาพในการปอกเปลือกที่ดีที่สุด

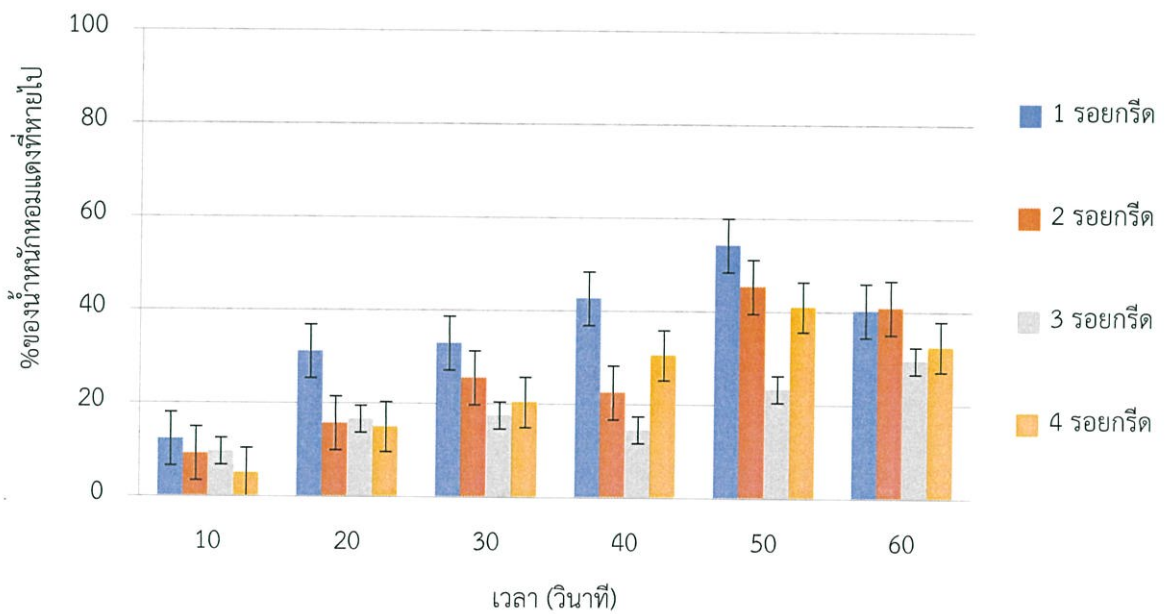
แบบไม่มีที่กั้น

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับ %การหลุดของเปลือกหอมแดง



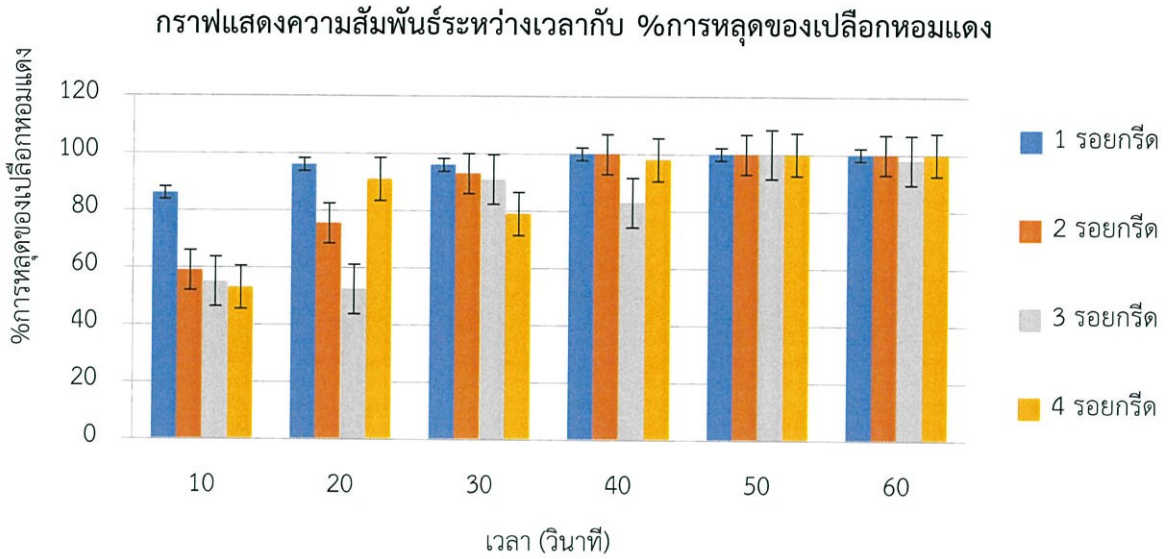
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ %การหลุดของเปลือกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้น

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับ %ของน้ำหนักรอยแดงที่หายไป

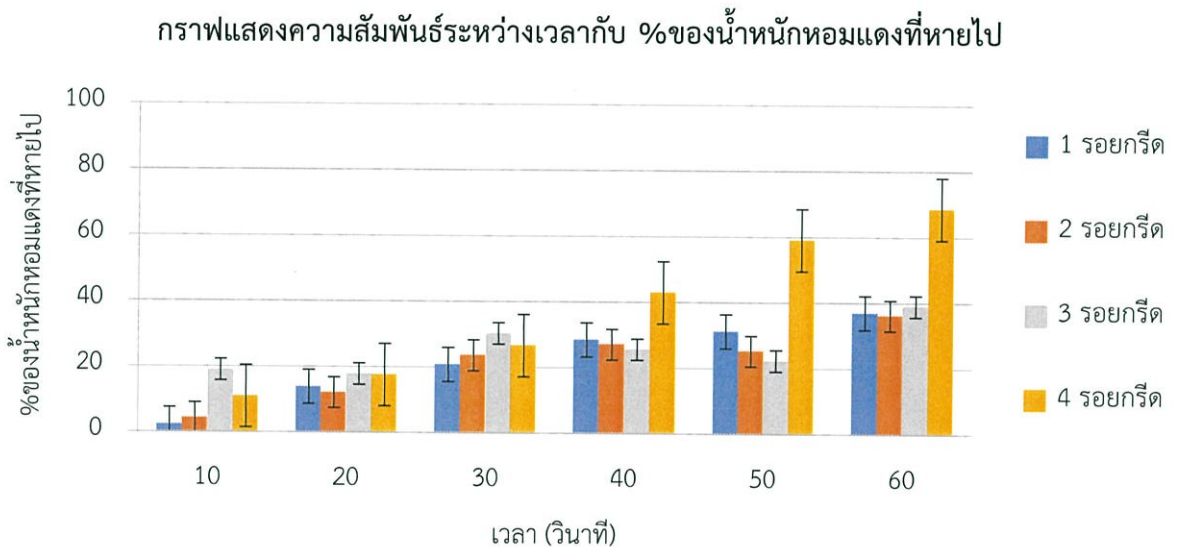


รูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ % ของน้ำหนักรอยแดงที่หายไปแบบไม่มีที่กั้น

แบบมีที่กั้น



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ %การหลุดของเปลือกหอมแดงแบบมีที่กั้น



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ%ของน้ำหนักรวมแดงที่หายไปแบบมีที่กั้น

3.2.2 การศึกษามุมในการกรีด

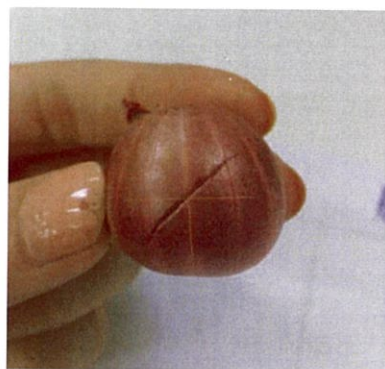
วิธีการทดลอง

1. ตัดส่วนรากและก้านใบของหอมแดงด้วยมีด
2. กรีดหอม 1 รอยกรีด โดยแบ่งเป็นการกรีดที่ 0 องศา 45 องศา 67.5 องศา และ 90 องศา จำนวนองศาละ 10 ลูก
3. นำหอมแดงเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อศึกษาการหลุดออกของเปลือกหอมแดง โดยจับเวลาที่ 30 วินาที

4. ศึกษาผลของการนำที่กั้นมาติดด้านบนเพื่อไม่ให้หอมขยับขึ้นลงมากเกินไป โดยที่กั้นมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบาง นำมายึดกับเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก



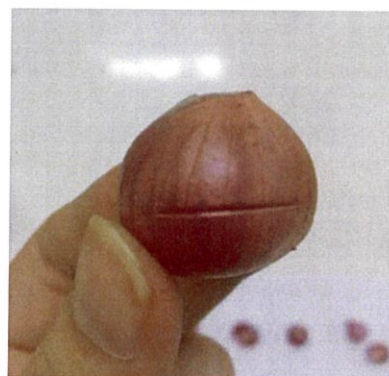
(ก) 0 องศา



(ข) 45 องศา



(ค) 67.5 องศา

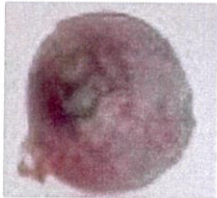

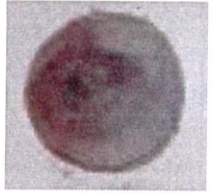



(ง) 90 องศา

รูปที่ 3.12 มุมในการกรีด (ก) 0 องศา (ข) 45 องศา (ค) 67.5 องศา (ง) 90 องศา

ผลการทดลอง

ตารางที่ 3.9 ผลการทดลองปอกเปลือกหอมแดงโดยมีมุมในการกรีด 0, 45, 67.5 และ 90 องศา

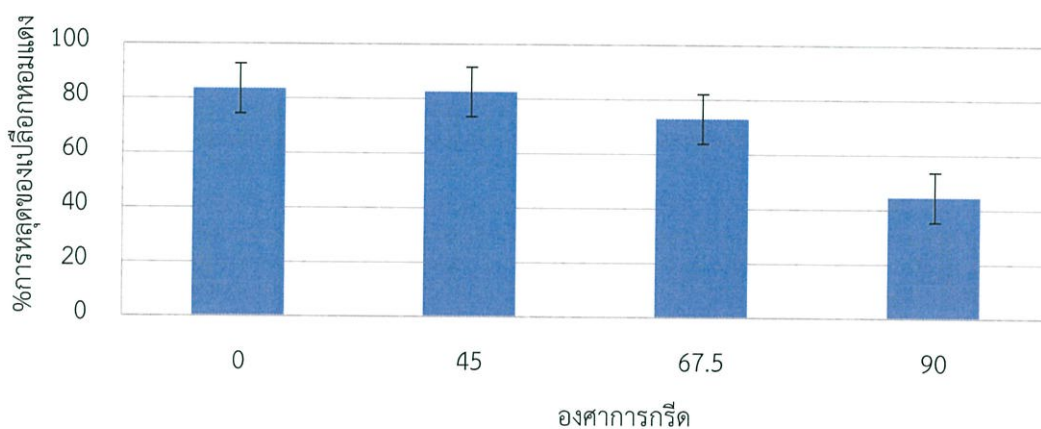
มุมในการกรีด	หลังการทดลอง	มุมในการกรีด	หลังการทดลอง
0		67.5	
45		90	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ที่มุมการกรีด 0 องศา และ 45 องศา ซึ่งเป็นแนวที่ใกล้เคียงกับเส้นใยของเปลือกหอมแดง เมื่อทำการลอกเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก จะทำให้เปลือกหลุดได้ง่าย ที่มุมการกรีด 67.5 องศา เปลือกหอมแดงหลุดออกได้ตรงลงมา ส่วนที่มุมการกรีด 90 องศา เปลือกหอมแดงหลุดออกได้ยาก

สรุปผลการทดลอง

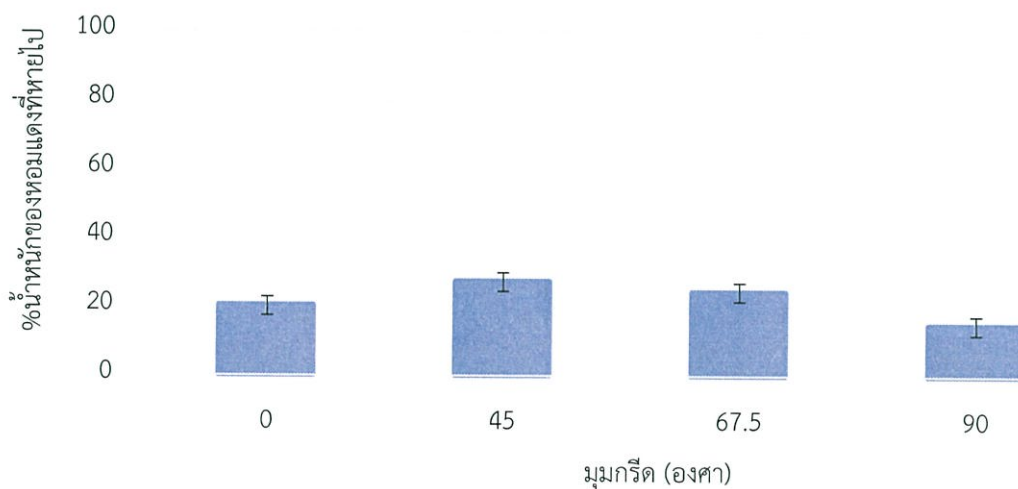
จากรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13 พบว่าที่ 0 องศาและ 45 องศา จะมีการลอกเปลือกที่ ดีที่สุด

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการกรีดกับ %การหลุดของเปลือกหอมแดง



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาการกรีดกับ %การหลุดของเปลือกหอมแดง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมกรีด(องศา) กับ %น้ำหนักของหอมแดงที่หายไป



รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง มุมกรีด (องศา) กับ % น้ำหนักของหอมแดงที่หายไป

3.2.3 การศึกษาที่เหมาะสมในการปกเปลือก

วิธีการทดลอง

1. ตัดส่วนรากและก้านใบของหอมแดงด้วยมีด
2. กรีดหอมตามแนวเส้นใยของหอม โดยแบ่งเป็นการกรีด 1, 2, 3 และ 4 รอยกรีด
3. นำหอมแดงเข้าเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อศึกษาการหลุดออกของเปลือกหอมแดง โดยจับเวลาที่ 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วินาที
4. ศึกษาผลของการนำที่กั้นมาติดด้านบนเพื่อไม่ให้หอมขยับขึ้นลงมากเกินไป โดยที่กั้นมีลักษณะเป็นแผ่นเหล็กบาง นำมายึดกับเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก
5. ศึกษาผลของยางโดยติดยางสีดำผิวขรุขระไว้กับลูกกลิ้งทั้ง 2 ลูก



รูปที่ 3.15 ลูกกลิ้งยางเรียบของเครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก



(ก)





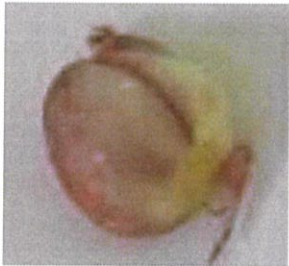


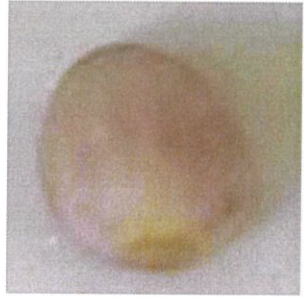
(ข)

รูปที่ 3.16 (ก) แผ่นยางสีดำขรุขระ (ข) ลูกกลิ้งยางที่หุ้มด้วยยางสีดำขรุขระ

ผลการทดลอง

1.) เปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 1 รอยกรีด

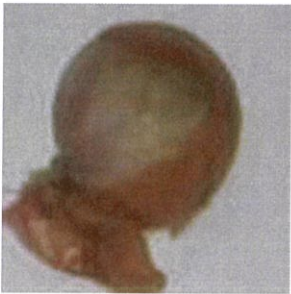
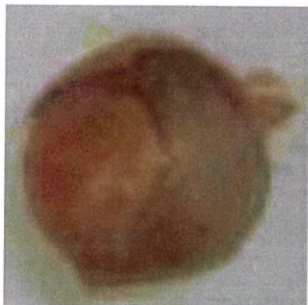



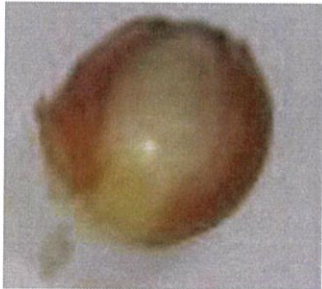
ตารางที่ 3.10 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 1 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 1 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ผลของยางทำให้เปลือกของหอมหลุดออกได้ค่อนข้างยาก เนื้อหอมถูกเสียดสีจนเกิดรอยชำจากความขรุขระของยางและเนื้อหอมบางส่วนหลุดออกมา

2.) เปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 2 รอยกรีด





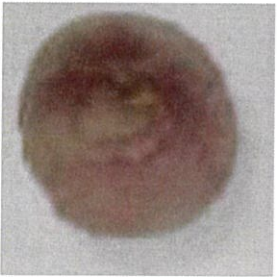
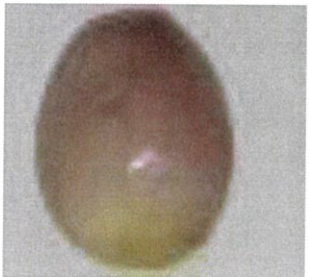
ตารางที่ 3.11 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 2 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 2 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ทำให้เปลือกหลุดออกครึ่งลูก ผลของยางทำให้เปลือกของหอมหลุดออกได้ค่อนข้างยาก เนื้อหอมถูกเสียดสีจนเกิดรอยชำจากความขรุขระของยางและเนื้อหอมบางส่วนหลุดออกมา

3.) เปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 3 รอยกรีด







ตารางที่ 3.12 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 3 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 3 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ผลของยางทำให้เปลือกของหอมหลุดออกได้ค่อนข้างยากและใช้เวลาในช่วง 50-60 นาทีเปลือกหอมจึงจะหลุดออกได้ทั้งหมด เนื้อหอมถูกเสียดสีจนเกิดรอยชำจากความขรุขระของยางและเนื้อหอมบางส่วนหลุดออกมา

4.) เปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 4 รอยกรีด

ตารางที่ 3.13 ผลการทดลองปอกหอมแดงแบบเปลี่ยนยางมีที่กั้น 4 รอยกรีด ที่เวลา 10-60 วินาที

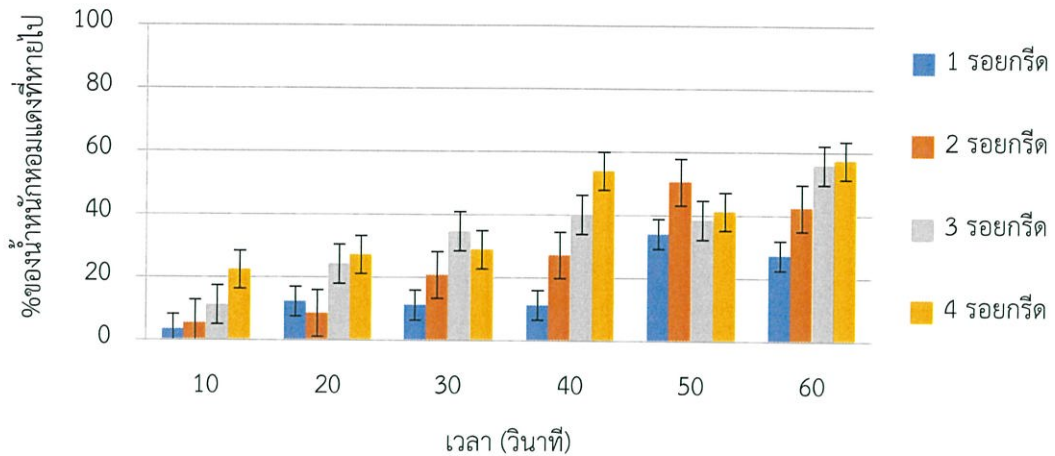
เวลา (วินาที)	หลังทดลอง	เวลา (วินาที)	หลังทดลอง
10		40	
20		50	
30		60	

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนยางแบบมีที่กั้น 4 รอยกรีด หอมแดงจะถูกเสียดสีตามรอยกรีด ทำให้ส่วนมากเปลือกจะหลุดได้เพียง 75% ของลูก ผลของยางทำให้เปลือกของหอมหลุดออกได้ค่อนข้างยากและใช้เวลานานเปลือกหอมจึงจะหลุดออกได้ทั้งหมด เนื้อหอมถูกเสียดสีจนเกิดรอยชำจากความขรุขระของยางและเนื้อหอมบางส่วนหลุดออกมา

สรุปผลการทดลอง

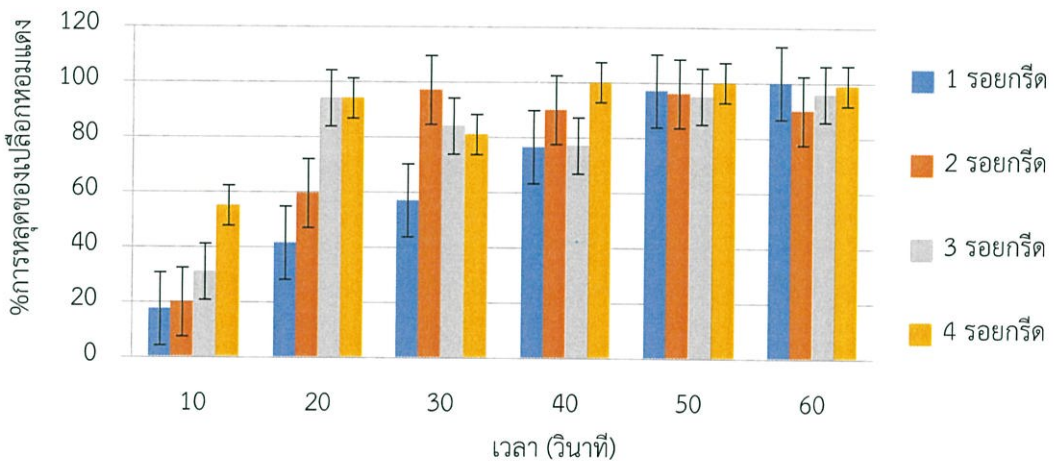
จากรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17 จะพบว่าค่าที่ได้มีประสิทธิภาพในการปอกเปลือกน้อยกว่าแบบลูกกลิ้งเรียบ ดังนั้นจึงควรใช้ลูกกลิ้งเรียบในการสร้างเครื่องปอกหอมแดง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับ %ของน้ำหนักรวมแห้งที่หายไป



รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ %ของน้ำหนักรวมแห้งที่หายไปแบบเปลี่ยนยาง

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับ %การหลุดของเปลือกหอมแดง



รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับรอยกรีดที่มีผลต่อ %การหลุดของเปลือกหอมแดงแบบเปลี่ยนยาง

3.3 การศึกษาเวลาในการลอกเปลือก

ในแต่ละการทดลองจะแบ่งเวลาในการลอกเปลือกด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็กเป็น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 วินาที ทดลองครั้งละ 10 ลูก จากนั้นหาน้ำหนักที่สูญเสียและเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงในแต่ละลูก

การหา % ของน้ำหนักรวมแห้งที่หายไปมีขั้นตอนดังนี้

- 1.) ชั่งน้ำหนักของหอมแดงทุกลูกก่อนการทดลอง
- 2.) หลังการทดลอง ให้ชั่งน้ำหนักของหอมแดงอีกครั้ง
- 3.) คำนวณหา % ของน้ำหนักรวมแห้งที่หายไปได้จากสมการ

(น้ำหนักก่อนการทดลอง - น้ำหนักหลังการทดลอง) / น้ำหนักก่อนการทดลอง × 100



รูปที่ 3.19 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก

สรุปผลการทดลอง

จากรูปที่ 3.7, 3.8, 3.9, และ 3.10 ใช้การปอกเปลือกแบบมีเหล็กกัน 1 รอยกรีดจะ
ให้ประสิทธิภาพในการปอกเปลือกที่ดีที่สุด ซึ่งใช้เวลาในการปอก 20 และ 30 วินาทีต่อลูก

3.4 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องปอกเปลือกหอมแดง

จากผลการทดลองหาสภาวะและวิธีการปอกที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการ
ทำงานของเครื่องปอกหอมแดงได้ โดยเครื่องปอกหอมแดงจะมีขั้นตอนการปอกเปลือก 2 ขั้นตอน
ดังนี้

3.4.1 การตัดส่วนของรากและก้านใบ

ใช้มีดคู่ตัดในส่วนรากและก้านใบออกจากหอมแดง

3.4.2 การลอกชั้นเปลือกออก

หลังจากตัดส่วนรากและก้านใบแล้ว จะใช้ท่อทรงกระบอกหุ้มยางแผ่น จำนวน 2 ท่อที่มี
ความเร็วรอบการหมุนไม่เท่ากันในการลอกเปลือกหอมแดงออก

3.5 สมมติฐานการออกแบบเครื่องปอกหอมแดง

จากการศึกษาหลักการ ทฤษฎีและงานวิจัย จึงได้แนวคิดที่นำหลักการการปอกหอมแดงแบบ
ใช้การขัดสีของลูกกลิ้งยางมาใช้ในการออกแบบกลไกการปอกเปลือกหอมแดง ซึ่งเป็นการปอกด้วย
ลูกกลิ้งยางที่มีการปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งยางได้ ออกแบบให้เป็นกระบวนการทำงานต่อเนื่องจน
สิ้นสุดกระบวนการ

บทที่ 4

การคำนวณและการออกแบบ

จากการทดลองหาสภาวะในการปกกหอมแดงและวิธีการปกกในบทที่ 3 เมื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบการทำงานของเครื่องปกกหอมแดงได้ โดยออกแบบเครื่องทำงานที่สภาวะปกติ คือ หอมแดงที่นำมาปกกไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการใดๆ มาก่อน และจากการศึกษาวิธีการกรีดเปลือกหอมแดงโดยใช้มีด จำนวนรอยกรีด และเวลาในการขีดเปลือกออก พบว่าการกรีดหอมแดงตามแนวยาว 1 รอยกรีด ตัดรากและก้านใบ ระยะเวลาขีดเปลือกออก 20 วินาที ใช้ท่อทรงกระบอกหุ้มยางแผ่นจำนวน 2 ท่อที่มีความเร็วรอบการหมุนไม่เท่ากันในการลอกเปลือกหอมแดงออก จะสามารถปกกหอมแดงออกได้หมด

4.1 การออกแบบเครื่องปกกหอมแดง

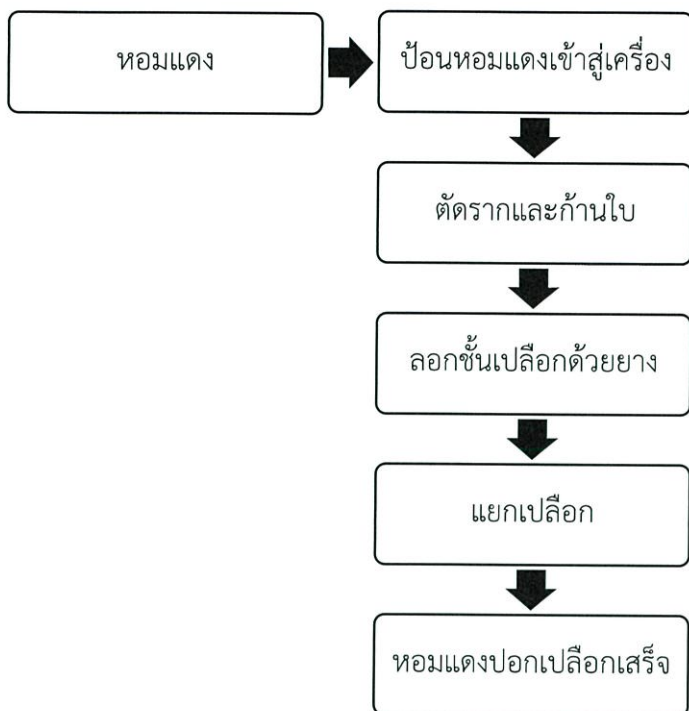
เครื่องปกกเปลือกหอมแดงได้ถูกออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัด ใช้การปกกที่สภาวะปกติ คือ การปกกเปลือกหอมแดงที่อุณหภูมิห้อง หอมแดงที่นำมาปกกเปลือกจะไม่ผ่านกระบวนการใดๆ ก่อนนำมาปกก ซึ่งจะมีการทำงาน 2 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การตัดส่วนรากและก้านใบ ขั้นตอนนี้จะใช้ความคมของใบมีดคู่ตัดส่วนรากและก้านใบออกจากหอมแดง
- 2) การลอกชั้นเปลือกด้วยยาง ขั้นตอนนี้จะใช้ท่อทรงกระบอกหุ้มยางแผ่น จำนวน 2 ท่อที่มีความเร็วรอบการหมุนไม่เท่ากันในการลอกเปลือกหอมแดงออก ซึ่งเมื่อหอมเกิดการเสียดสีกับท่อจะสามารถลอกเปลือกออกได้ โดยท่อที่ 2 จะพันด้วยสายยางเพื่อช่วยในการลำเลียงหอมแดงให้เคลื่อนไปด้านหน้า

4.2 หลักการทำงานของเครื่องปกกหอมแดง

นำผลการทดลองจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของหอมแดงมาใช้ โดยกลไกในการปกกเปลือกประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

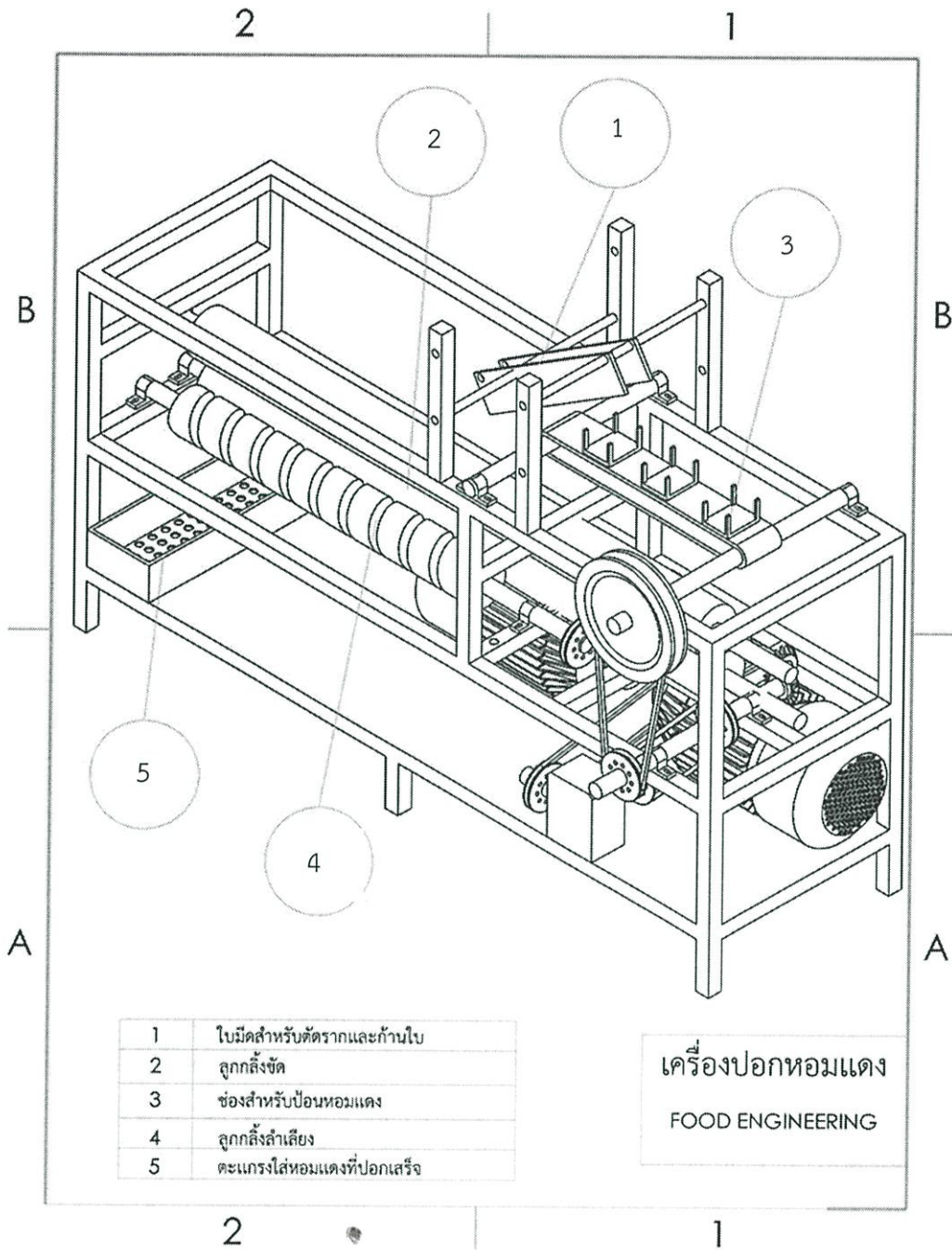
- 1) ชุดตัดรากและใบ ประกอบด้วยใบมีด 2 ใบติดตั้งขนานกัน ห่างกันประมาณ 2.3 เซนติเมตร และทำมุม 45 องศากับแนวสายพานลำเลียง ทำหน้าที่ตัดส่วนรากและใบของหอมแดงทิ้ง โดยติดตั้งต่อเนื่องมาจากสายพานลำเลียง
- 2) ลูกกลิ้งยางคู่ ทำหน้าที่สีเปลือกหอมแดงให้หลุดออกหลังจากที่ถูกตัดรากและใบ โดยยางที่ใช้เป็นยางพารา และความเร็วในการหมุนของลูกกลิ้งจะแตกต่างกัน ทำงานโดยใช้มอเตอร์ขับจำนวน 2 ตัว ให้ลูกกลิ้งที่หมุนช้ากว่าเป็นตัวลำเลียงโดยติดตั้งเกลียวยางเพิ่มเพื่อพาหอมแดงให้เลื่อนไปข้างหน้าตามแนวลูกกลิ้งได้ง่ายขึ้น
- 3) ส่วนที่รองรับเปลือกและหอมแดงที่ปกกเสร็จ



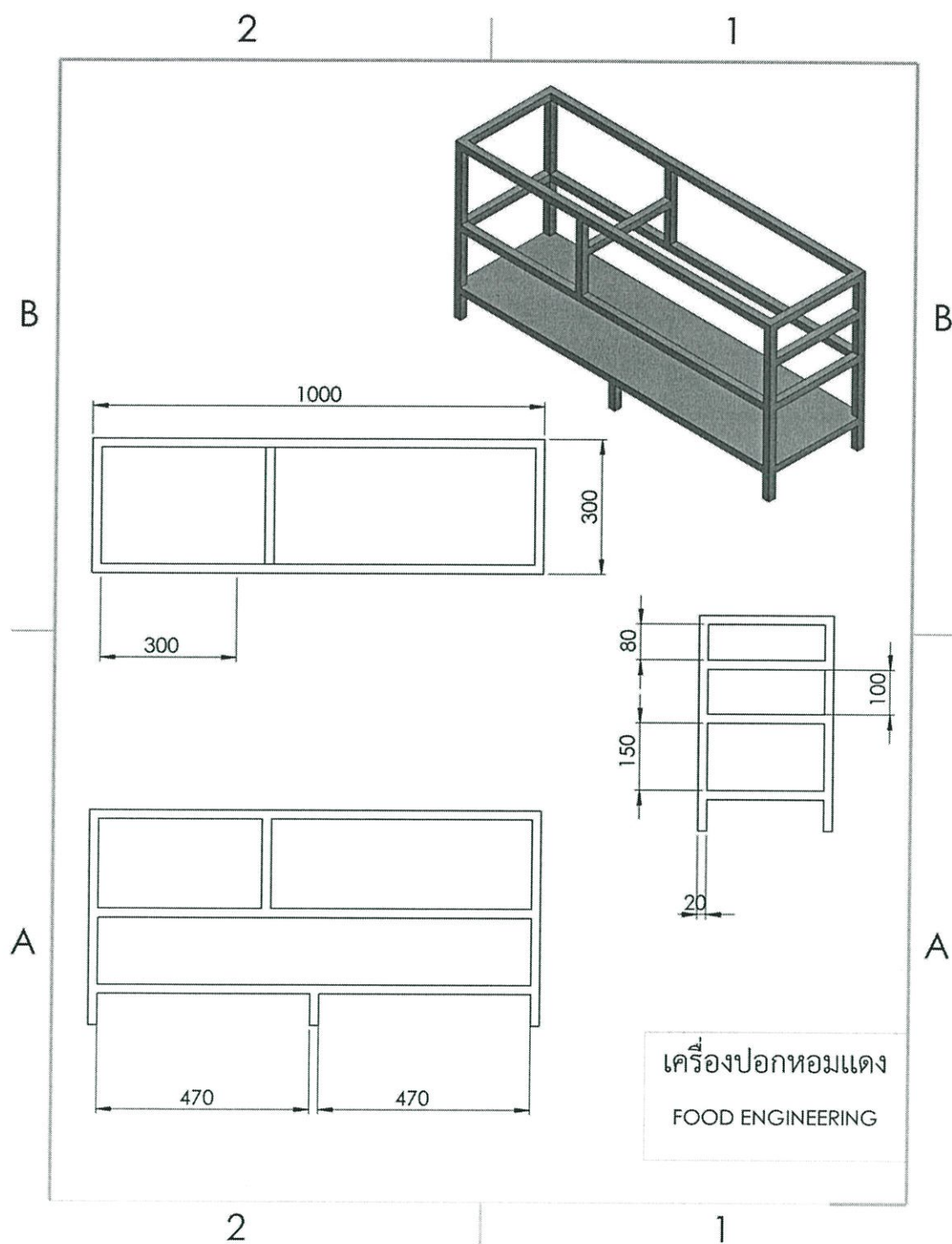
รูปที่ 4.1 แผนภาพหลักการทำงานการทำงานของเครื่องปอกหอมแดง



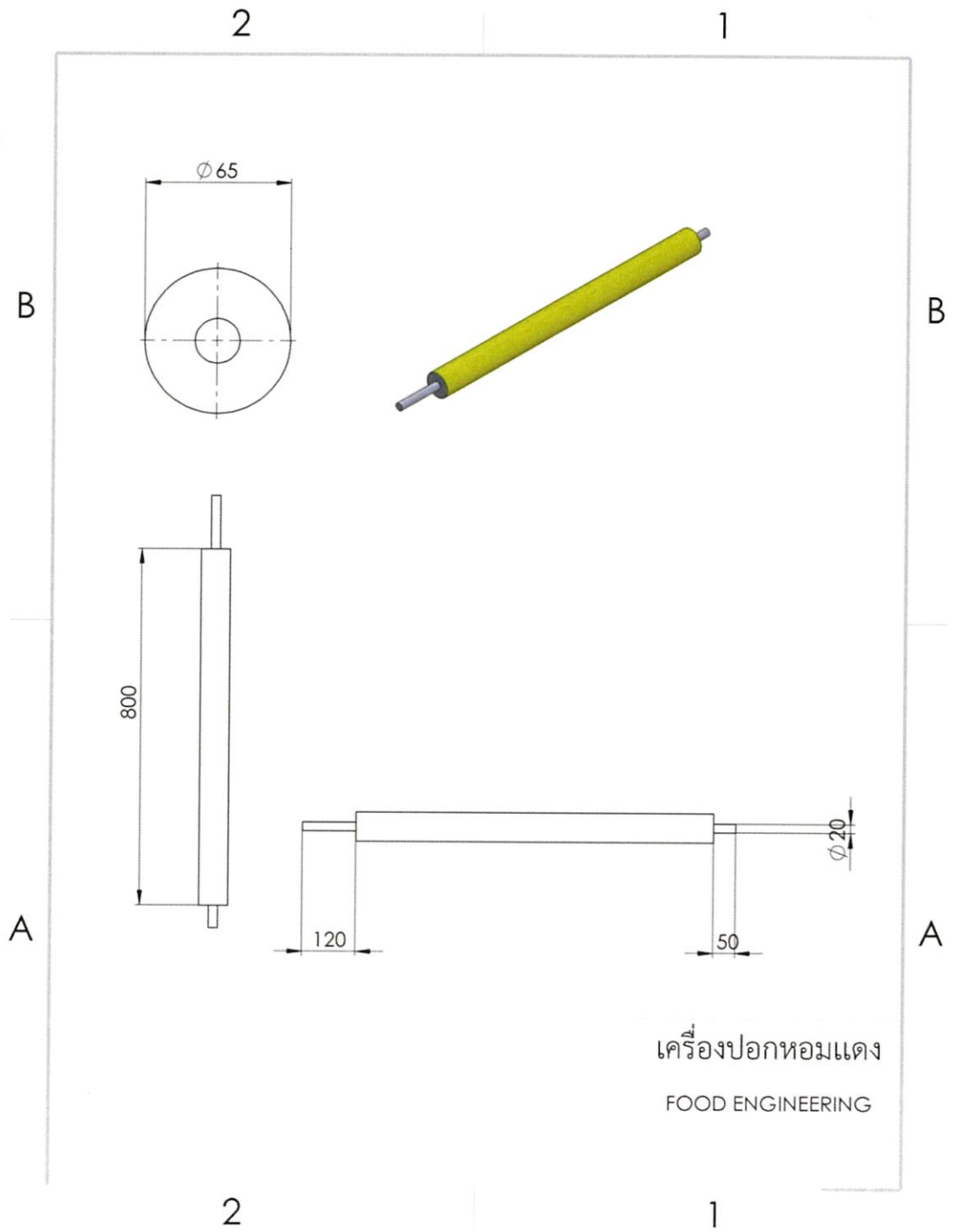
รูปที่ 4.2 เครื่องปอกเปลือกหอมแดง



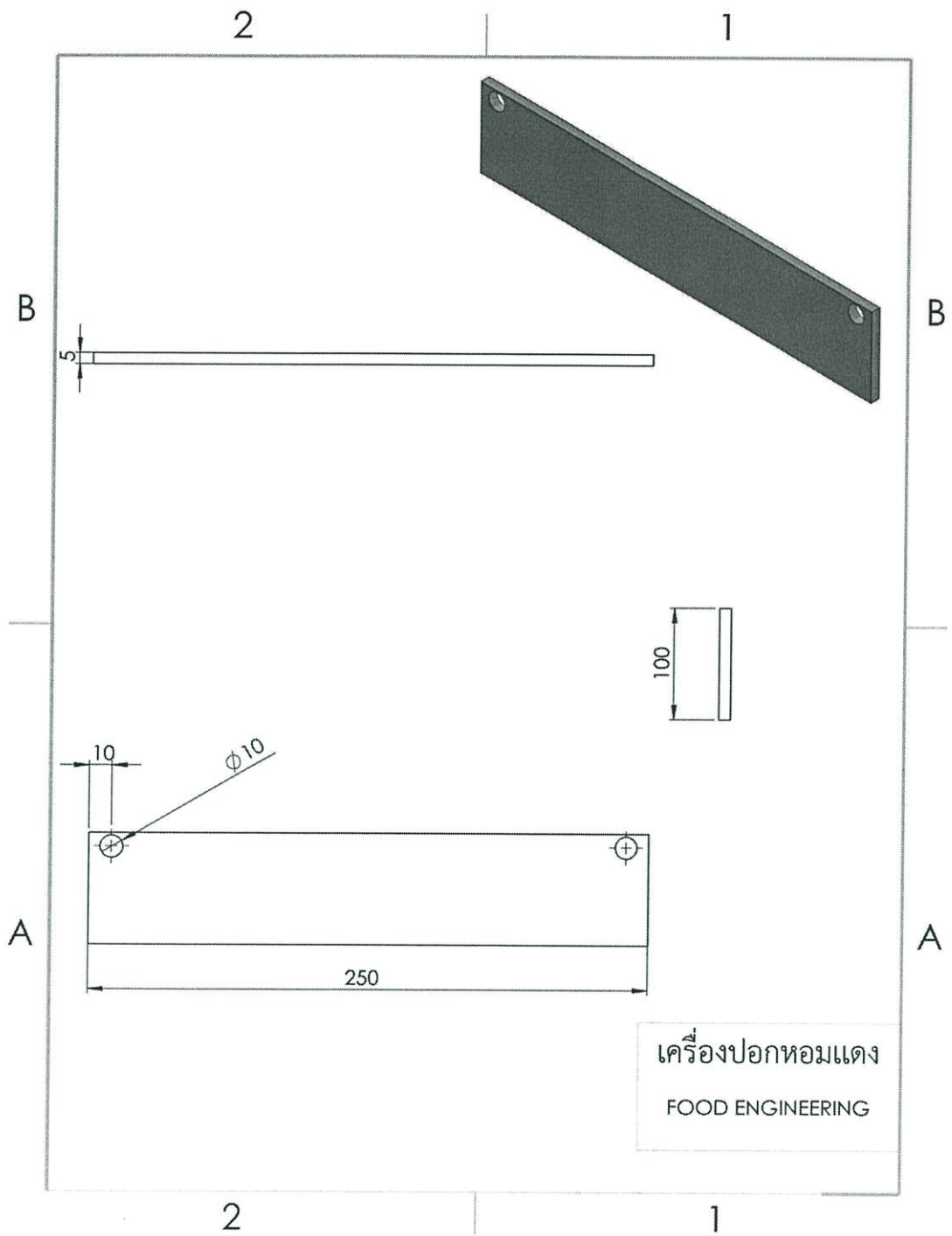
รูปที่ 4.3 ส่วนประกอบของเครื่องปอกหอมแดง



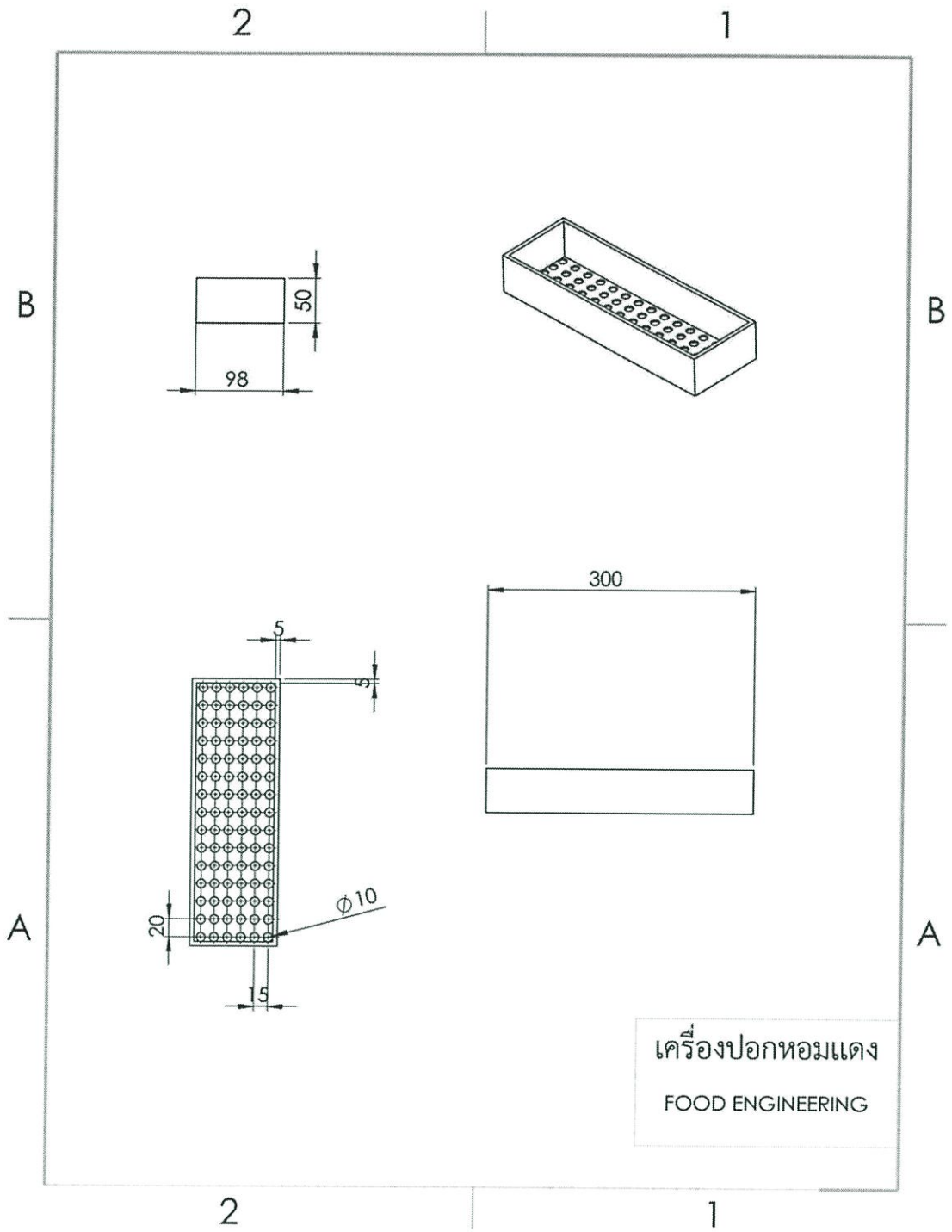
รูปที่ 4.4 โครงเครื่องปกหอมแดง



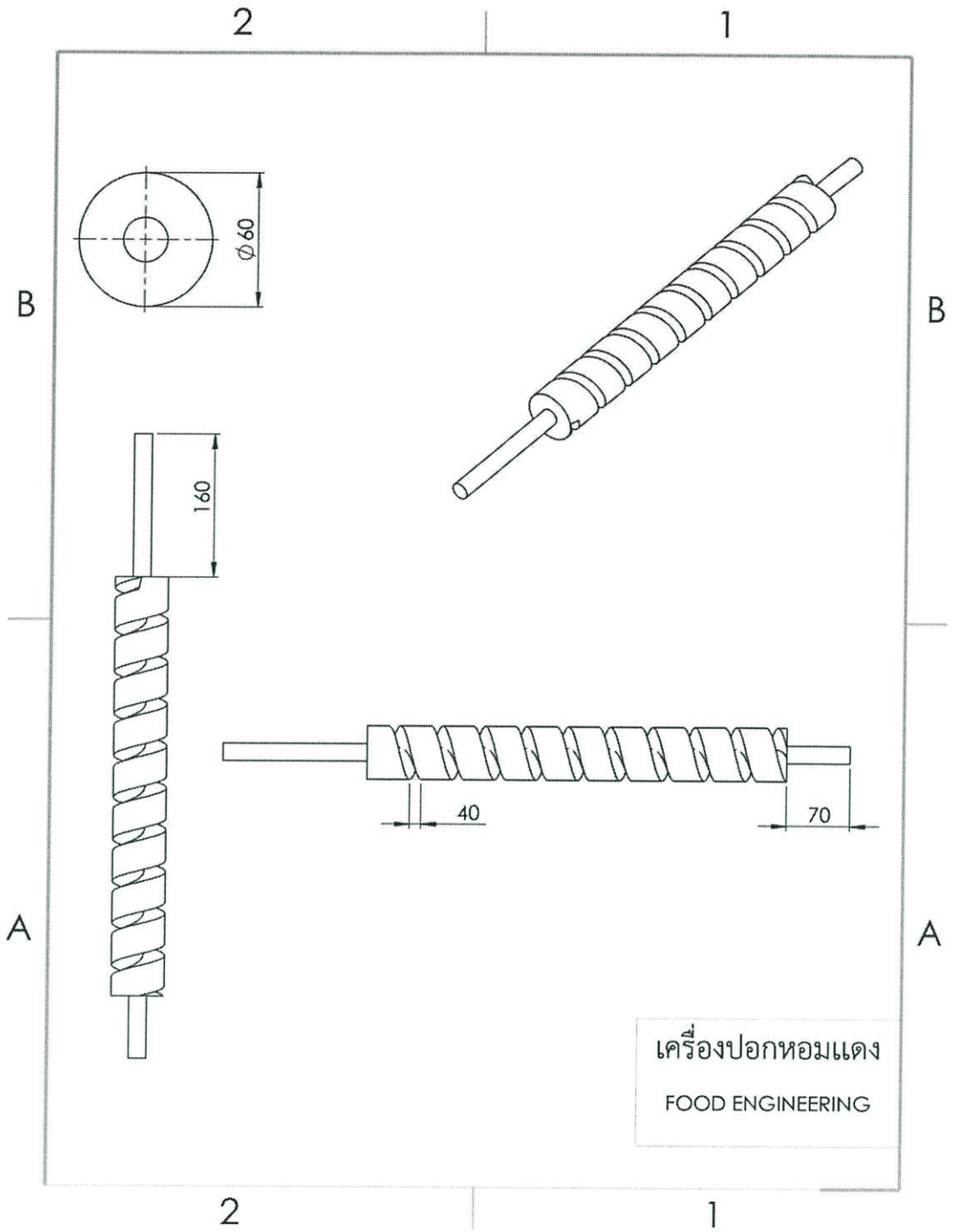
รูปที่ 4.5 ลูกกลิ้งขัด



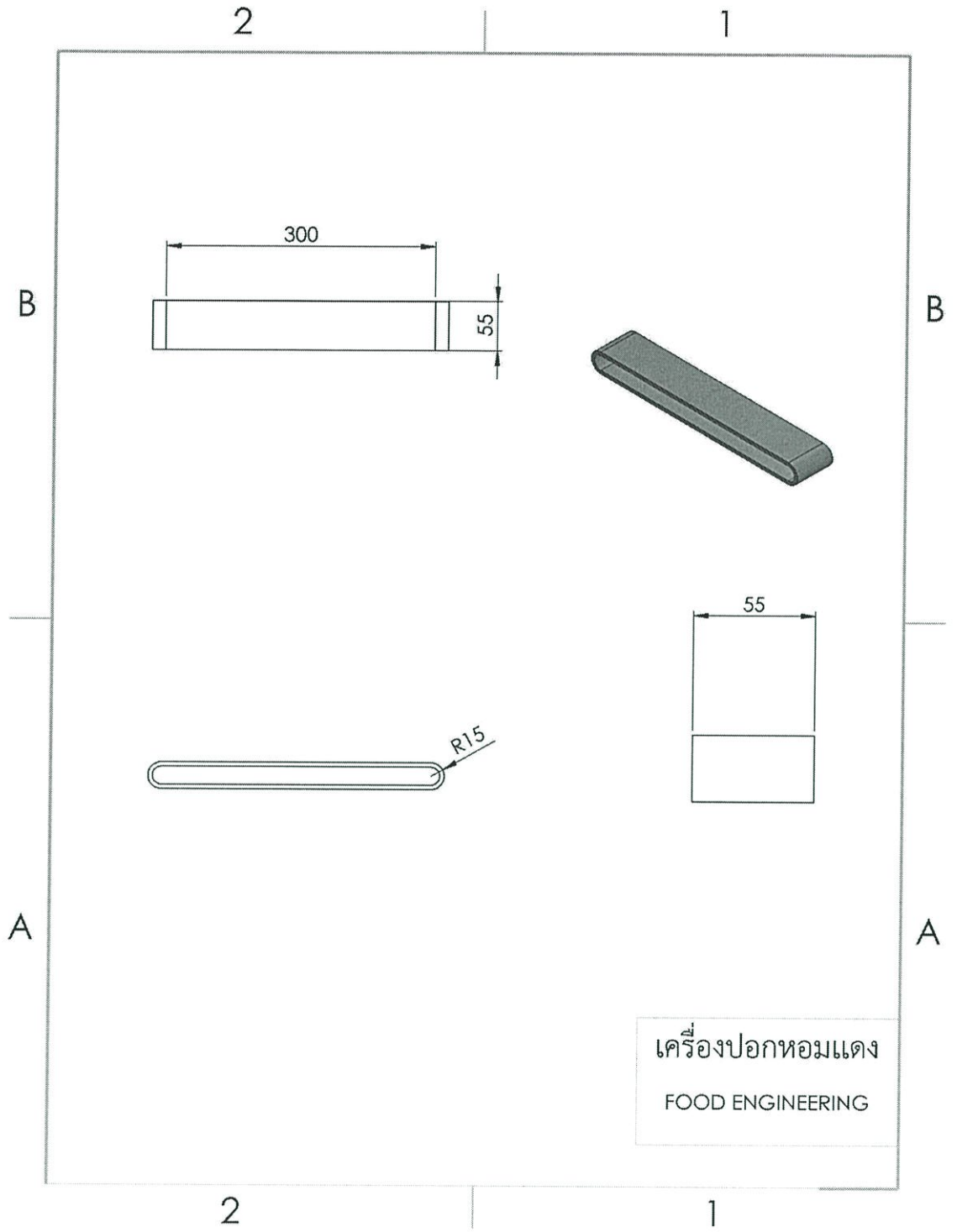
รูปที่ 4.6 ไบมีด



รูปที่ 4.7 ตะแกรงใส่หอม



รูปที่ 4.8 ลูกกลิ้งลำเลียง



รูปที่ 4.9 สายพานลำเลียง

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลองการปกเปิดือกหอมแดง

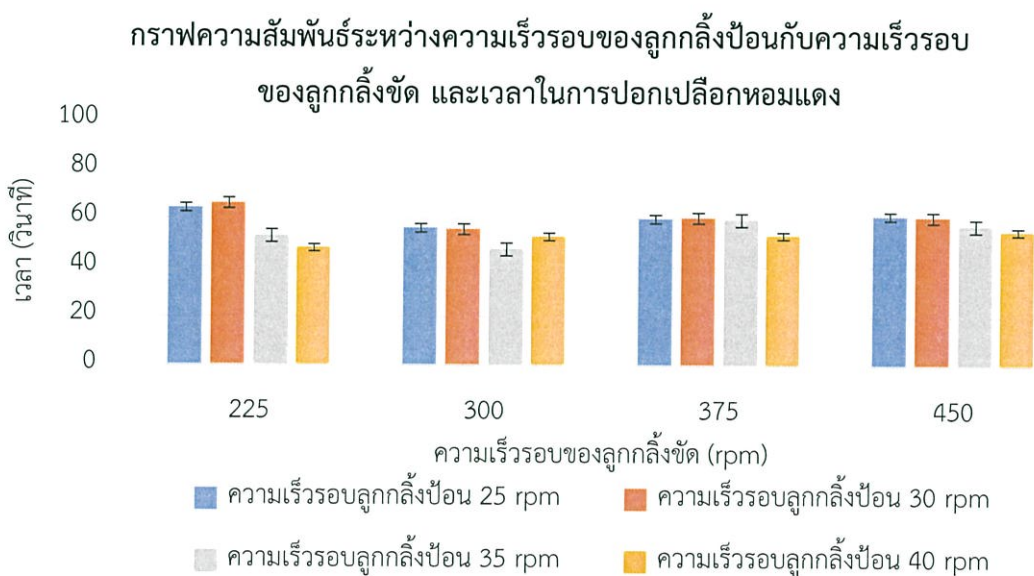
ศึกษาการทดลองการปกเปิดือกหอมแดง โดยทดลองจากความเร็วรอบของมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว ตัวละ 4 ค่า คือ มอเตอร์ขับเคลื่อนลูกกลิ้งขัดเป็น 225, 300, 375 และ 450 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.19, 1.59, 1.99, 2.39 m/s ตามลำดับ)และมอเตอร์ขับเคลื่อนลูกกลิ้งลำเลียงเป็น 25, 30, 35 และ 40 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)ทดลองจำนวน 3 ซ้ำ รวมการทดลองทั้งหมด 48 ตัวอย่าง

- 1.) การหาเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดง พิจารณาจากการมองด้วยตาเปล่า โดยแบ่งหอมแดงเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 25%
- 2.) การหาเวลาในการปกเปิดือกที่ดีที่สุด ทดลองโดยการปกเปิดือกด้วยเครื่องครั้งละ 10 ลูก และทำการจับเวลาที่ใช้ในการปกเปิดือกหอมแดงทั้งหมดจนเสร็จ หาเวลาที่เร็วที่สุด
- 3.) การหาอัตราส่วนของน้ำหนักหอมแดงก่อนปกเปิดือกและหลังปกเปิดือก

$$\text{อัตราส่วนของน้ำหนักหอมแดง} = \frac{\text{น้ำหนักหอมแดงหลังปกเปิดือกด้วยเครื่อง}}{\text{น้ำหนักหอมแดงก่อนปกเปิดือก}}$$

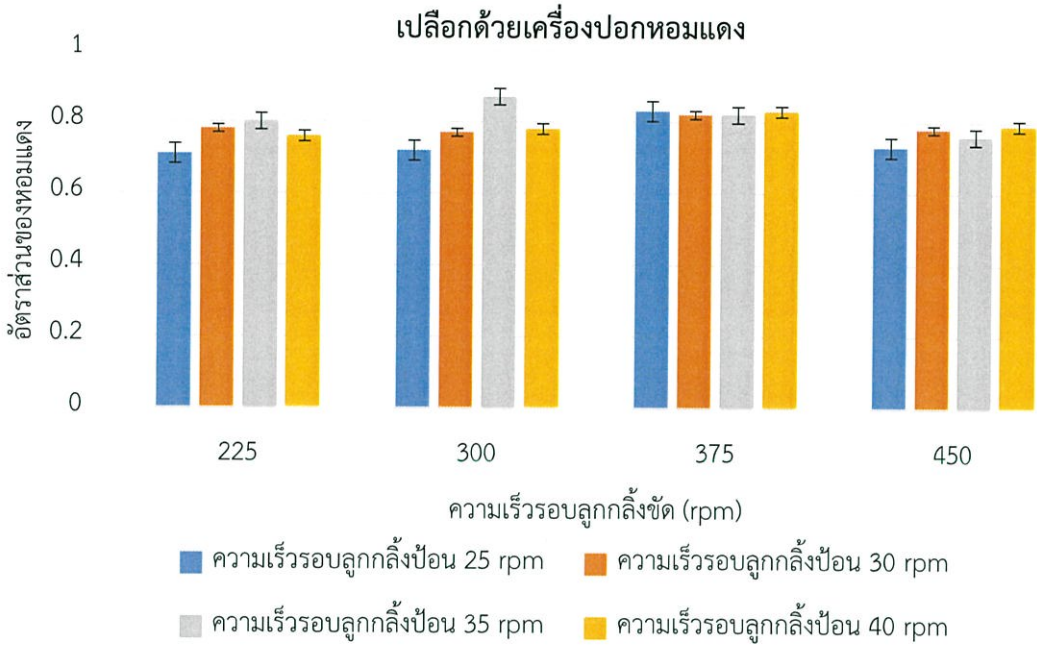
5.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมด นามาหาค่าเฉลี่ยและสร้างแผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ต่างๆ (Error bar with standard deviation) ดังนี้



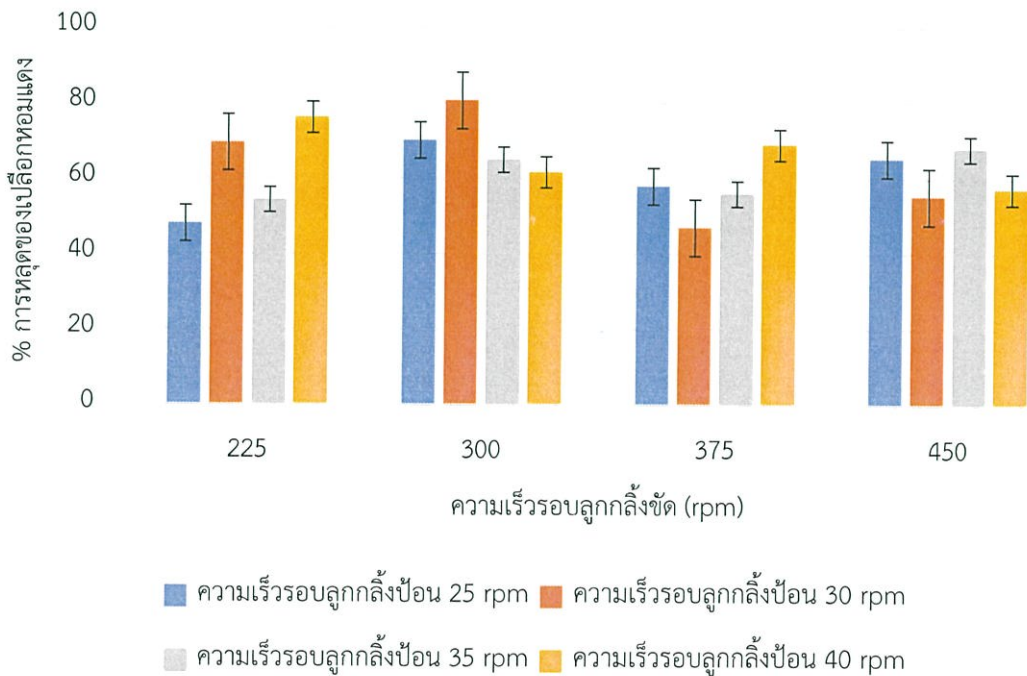
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ลูกและเวลาในการปกเปิดือก

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้งป้อนกับความเร็วรอบของลูกกลิ้งขัดและอัตราส่วนของหอมแดงหลังปอกเปลือกและหอมแดงก่อนปอก



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ลูกและอัตราส่วนน้ำหนักของหอมแดง

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้งป้อนกับความเร็วรอบของลูกกลิ้งขัด และเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกหอมแดง



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้ง 2 ลูกและเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกหอมแดง

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้งกับความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดและเวลาในการปกเปิดอกหอมแดง พบว่า ความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดที่ 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วรอบของลูกกลิ้งลำเลียงที่ 35 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.31 m/s) ใช้เวลาปกได้้น้อยที่สุดคือ 47.45 วินาที

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้งลำเลียงกับความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดและอัตราส่วนของหอมแดงหลังปกเปิดอกและหอมแดงก่อนปกเปิดอกด้วยเครื่องปกหอมแดง พบว่า ความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดที่ 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วรอบของลูกกลิ้งลำเลียงที่ 35 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.31 m/s) มีอัตราส่วนของน้ำหนักก่อนและหลังปกเปิดอกมากที่สุดคือ 0.87

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกกลิ้งลำเลียงกับความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดและเปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกหอมแดง พบว่า ความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดที่ 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วรอบของลูกกลิ้งลำเลียงที่ 30 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.26 m/s) เปอร์เซ็นต์การหลุดของเปลือกหอมแดงมากที่สุดคือ 80.67%

ผลการวิเคราะห์ความเร็วรอบการขัดและความเร็วยรอบการลำเลียง เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการปกของเครื่องปกหอมแดงหรือไม่ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วย ANOVA แบบ One-way ที่ $\alpha=0.05$ ระหว่างความเร็วรอบการขัดและความเร็วยรอบการลำเลียง กับประสิทธิภาพการปก ดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางพบว่า ค่า $F = 4.1959720$ และค่า $F_{0.05,3,12} = 3.4903$ ทำให้สามารถสรุปได้ว่าความเร็วรอบการขัดและความเร็วยรอบการลำเลียง มีผลต่อประสิทธิภาพการปกของเครื่องปกหอมแดง โดยตรง

ตารางที่ 6.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยกรรมวิธีด้วยวิธี One-way

Source of Variation	df	SS	MS	F	P-value	F critical
Speed	3	669013.3	669013.3	289.1988	2.72E-16	4.1959720
Error	12	64773.33	2313.33			
Total	15	733786.7				

ดังนั้น ความเร็วยรอบของลูกกลิ้งขัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วรอบของลูกกลิ้งลำเลียงที่เหมาะสมควรเป็น 30 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.26 m/s)

6.2 ข้อเสนอแนะ

เครื่องต้นแบบการปกป้องกันหอบหืดนี้ยังสามารถพัฒนาให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

- 1.) ออกแบบให้มีการป้องกันหอบหืดให้มีความต่อเนื่องมากกว่านี้ โดยอาจใช้ถังป้องกันหอบหืดเข้าสู่สายพานโดยตรง เพื่อความรวดเร็วและปลอดภัยกับผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น
- 2.) สายพานลำเลียงหอบหืด ควรออกแบบให้ส่วนที่ยึดหอบหืดมีความแข็งแรงมากกว่านี้ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวของอุปกรณ์
- 3.) ชุดมีดตัดรากและใบ ควรถอดเปลี่ยนเพื่อนำไปทำความสะอาดได้ง่าย และควรออกแบบให้ปลอดภัยกับผู้ใช้งาน
- 4.) ยางที่ใช้หุ้มชุดลูกกลิ้งคู่ ควรถอดเปลี่ยนทำความสะอาดได้ง่าย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไทยเอสเอ็มอีแฟรนไชส์เซ็นเตอร์.2558. “น้ำพริกเผาจากผลผลิตทางการเกษตรประมง”. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จากhttp://www.thaifranchisecenter.com/download_file/download.php?id=256. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 21 ตุลาคม 2558)
- [2] แนวหน้า.2558. “เคล็ดลับคู่ครัวหันหัวหอมอย่างไรไม่ให้แสบตา”. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://www.naewna.com/lady/146044>. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 20 ตุลาคม 2558)
- [3] ธเนศ ยานะ นิภาพร โนจากุล และผกายมาศ พูลสมบัติ. 2556. แนวทางการออกแบบเครื่องปอกหอมแดง. ปรินูญานินพนธ์.วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอาหาร,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553.“หอมแดง”. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://agrimedia.agritech.doae.go.th/book/book-veg/V5%20071.pdf>. (สืบค้นข้อมูลวันที่20 ตุลาคม 2558)
- [5] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี.2558. “หอมแดง”. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:<https://th.wikipedia.org/wiki/หอมแดง>. (สืบค้นข้อมูลวันที่20 ตุลาคม 2558)
- [6] สุกัญญา ตูแก้ว และสมภูมิ พรรณอภัยพงศ์. 2551. หอมแดง คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร.30 น.
- [7] Food Network Solution.2558. พืชหัว.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2926-tuber-crop>. (สืบค้นข้อมูล วันที่20 ตุลาคม 2558)
- [8] Pathumpit. 2558. ลำต้น.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://www.pathumpit.ac.th/garden-54/data/014.html>.สืบค้นข้อมูลวันที่20 ตุลาคม 2558)
- [9] วิไล รังสาดทอง. 2546. เทคโนโลยีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ.บริษัทเท็กซ์ แอนด์เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด.

- [10] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. โรคแอนแทรคโนส. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.agriqua.doae.go.th/plantclinic/Clinic/plant/onion/disg3.html>. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 20 ตุลาคม 2558)
- [11] กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. โรคราดำ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.agriqua.doae.go.th/plantclinic/Clinic/plant/onion/disg3.html>. (สืบค้นข้อมูลวันที่ 20 ตุลาคม 2558)
- [12] มอริช ไบโอ อินเตอร์เนชั่นแนล.2558. “โรคกับหอมแดง” .[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://morerichbio-in.lnwshop.com/article>. (สืบค้นข้อมูลวันที่20 ตุลาคม 2558)
- [13] มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ,2551. หอมแดง. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- [14] มานพ ตันตระบัณฑิตย์ และคณะ. 2548. ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริม เทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ส.ส.ท
- [15] Food Network Solution.2558. แบริ่ง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0787/bearing>. (สืบค้นข้อมูลวันที่20 ตุลาคม 2558)
- [16] กิตติรัตน์ รุ่งรัตน์อุบล. 2548. การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกกลีบกระเทียมขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ขนาดหอมแดง

ลำดับที่	x	y	z	ลำดับที่	x	y	z
1	23.30	23.50	27.20	30	25.80	24.70	31.30
2	26.80	22.60	27.80	31	32.80	28.00	34.20
3	32.90	28.80	21.70	32	25.00	25.00	32.70
4	25.00	23.40	27.00	33	31.10	28.40	33.00
5	27.00	22.90	26.50	34	30.50	27.50	29.40
6	21.80	20.60	25.60	35	28.50	29.00	32.40
7	28.60	25.20	28.20	36	27.20	25.30	31.50
8	32.00	29.40	32.20	37	29.10	27.30	30.00
9	25.00	17.60	27.70	38	29.60	27.30	35.00
10	26.30	22.40	29.40	39	27.00	26.10	31.60
11	25.30	22.90	21.60	40	30.20	28.80	36.30
12	24.10	22.00	27.70	41	29.90	26.60	31.30
13	22.80	21.60	28.60	42	25.80	23.80	28.10
14	25.50	22.40	25.20	43	24.00	24.50	32.00
15	23.50	22.20	31.30	44	28.00	26.60	30.30
16	24.80	18.20	24.90	45	32.70	28.70	31.60
17	25.10	23.40	24.40	46	29.80	27.60	33.10
18	26.30	22.60	28.30	47	29.40	27.60	35.50
19	22.10	20.50	31.00	48	27.70	26.00	31.40
20	28.10	25.70	30.80	49	29.30	25.90	32.60
21	30.50	25.90	28.80	50	27.30	26.20	29.30
22	33.90	29.20	28.00	51	29.90	27.70	29.90
23	26.60	22.40	26.10	52	25.30	25.00	31.50
24	34.60	26.50	27.00	53	24.00	23.50	28.80
25	28.00	24.10	28.80	54	39.00	32.50	33.20
26	37.00	32.20	31.40	55	25.50	24.90	29.00
27	26.40	25.50	28.50	56	21.20	21.80	26.70
28	36.10	26.50	27.00	57	24.20	23.80	27.60
29	25.80	22.40	28.50	58	23.50	22.60	29.80

ตารางที่ 1 (ต่อ) ขนาดหอมแดง

ลำดับที่	x	y	z	ลำดับที่	x	y	z
59	23.80	22.70	28.30	82	22.20	22.20	32.00
60	23.00	21.60	21.00	83	24.00	22.20	31.60
61	29.00	23.00	23.30	84	23.00	20.70	28.00
62	35.90	29.90	29.80	85	22.90	22.00	27.00
63	23.80	21.60	26.40	86	23.20	21.20	26.80
64	30.80	26.50	28.10	87	22.50	22.80	24.70
65	21.80	21.00	28.90	88	27.80	28.80	32.20
66	23.00	19.90	27.80	89	28.30	26.40	35.00
67	25.20	23.90	32.60	90	24.50	21.90	28.00
68	25.90	23.50	26.30	91	31.70	28.20	29.00
69	25.10	24.40	29.90	92	31.50	27.20	28.00
70	22.20	20.40	26.90	93	28.80	25.20	28.40
71	26.20	25.60	31.40	94	24.60	24.00	28.80
72	26.30	23.80	30.80	95	23.10	23.00	32.00
73	23.50	23.00	30.10	96	30.30	27.80	34.30
74	23.20	22.80	32.50	97	30.00	24.90	25.80
75	28.70	28.80	35.00	98	23.30	22.70	28.80
76	28.30	27.00	31.40	99	22.00	20.60	31.40
77	28.80	24.90	27.00	100	23.00	23.50	27.40
78	26.80	29.10	27.00	Avg	26.90	24.62	29.37
79	27.50	24.00	26.80	Min	21.20	17.60	21.00
80	30.20	27.00	31.20	Max	39.00	32.50	36.30
81	22.00	22.20	33.10	SD	3.7417	2.8956	3.0446

ตารางที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที แบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 1 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	5	100	100	100	100	100
2	2	50	100	80	100	100
3	40	100	100	100	100	100
4	25	50	75	80	100	100
5	5	25	80	80	100	100
6	25	25	20	60	100	100
7	15	75	100	100	100	100
8	10	100	90	100	100	100
9	5	80	100	100	100	100
10	50	100	100	90	100	100
เฉลี่ย	18.2	70.5	86.5	89	100	100

ตารางที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที แบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 2 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	10	60	100	100	100	100
2	50	80	100	80	90	100
3	5	10	100	100	100	100
4	50	50	100	100	100	100
5	25	5	100	100	50	100
6	50	5	100	100	100	100
7	75	100	100	100	100	100
8	50	100	100	100	100	100
9	10	50	100	100	60	100
10	25	10	100	100	100	100
เฉลี่ย	35	47	100	98	90	100

ตารางที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที แบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 3 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	75	100	100	100	100	100
2	100	50	75	100	100	100
3	25	100	25	80	100	100
4	30	25	100	100	50	100
5	50	50	75	75	100	100
6	10	100	100	50	100	100
7	5	100	100	100	80	100
8	5	100	100	100	60	100
9	90	25	100	50	100	100
10	100	40	75	100	100	100
เฉลี่ย	49	69	85	85.5	89	100

ตารางที่ 5 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที แบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 4 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	10	70	100	100	100	100
2	60	100	100	100	100	100
3	25	80	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100	100
5	100	100	75	75	100	100
6	75	100	80	100	100	100
7	5	90	100	100	100	100
8	5	60	80	60	100	100
9	50	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	53	90	93.5	93.5	100	100

ตารางที่ 6 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาตั้งแต่
10 – วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 1 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	50	100	100	100	100	100
2	50	100	100	100	100	100
3	90	100	100	100	100	100
4	100	100	90	100	100	100
5	100	100	100	100	100	100
6	100	60	100	100	100	100
7	90	100	100	100	100	100
8	100	100	90	100	100	100
9	100	100	80	100	100	100
10	80	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	86	96	96	100	100	100

ตารางที่ 7 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาตั้งแต่
10 – 60 วินาที แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 2 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	50	75	100	100	100	100
2	90	50	100	100	100	100
3	90	100	60	100	100	100
4	100	75	90	100	100	100
5	60	50	100	100	100	100
6	25	75	100	100	100	100
7	90	80	100	100	100	100
8	25	100	100	100	100	100
9	10	50	80	100	100	100
10	50	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	59	75.5	93	100	100	100

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาตั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 3 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	20	100	100	100	100	100
2	100	30	100	60	100	80
3	100	60	100	100	100	100
4	20	40	100	20	100	100
5	80	10	50	70	100	100
6	90	25	100	100	100	100
7	20	90	90	100	100	100
8	10	80	100	80	100	100
9	100	50	70	100	100	100
10	10	40	100	100	100	100
เฉลี่ย	55	52.5	91	83	100	98

ตารางที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาตั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 4 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	40	100	100	100	100	100
2	10	80	100	100	100	100
3	40	100	100	100	100	100
4	80	100	80	100	100	100
5	50	80	100	100	100	100
6	80	80	50	100	100	100
7	50	100	10	80	100	100
8	80	100	100	100	100	100
9	20	80	50	100	100	100
10	80	90	100	100	100	100
เฉลี่ย	53	91	79	98	100	100

ตารางที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีขาวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีโดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 1 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	50	5	100	5	100	100
2	10	100	100	80	100	100
3	80	80	100	80	100	100
4	0	10	25	100	100	100
5	0	50	10	100	90	100
6	5	50	0	100	100	100
7	10	10	100	50	100	100
8	10	5	25	100	100	100
9	10	5	100	50	80	100
10	0	100	10	100	100	100
เฉลี่ย	17.5	41.5	57	76.5	97	100

ตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีขาวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที โดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 2 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	5	50	100	100	80	100
2	5	80	80	100	100	100
3	25	50	90	80	80	100
4	20	80	100	100	100	90
5	10	40	100	90	100	20
6	20	50	100	100	100	100
7	0	90	100	100	100	90
8	5	100	100	70	100	100
9	100	5	100	60	100	100
10	10	50	100	100	100	100
เฉลี่ย	20	59.5	97	90	96	90

ตารางที่ 12 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีโดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 3 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	95	100	100	100	100	100
2	10	100	50	100	100	100
3	0	100	100	50	80	100
4	50	100	100	100	100	100
5	50	100	80	100	100	100
6	30	80	100	100	90	60
7	10	60	10	100	100	100
8	5	100	100	10	80	100
9	60	100	100	10	100	100
10	0	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	31	94	84	77	95	96

ตารางที่ 13 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที โดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 4 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง					
	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s
1	100	100	100	100	100	100
2	10	100	80	100	100	100
3	95	50	100	100	100	90
4	0	100	0	100	100	100
5	80	100	50	100	100	100
6	40	100	100	100	100	100
7	25	90	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100	100
9	0	100	100	100	100	100
10	100	100	80	100	100	100
เฉลี่ย	55	94	81	100	100	99

ตารางที่ 14 แสดงเปอร์เซ็นต์การหลุดออกของเปลือกหอมแดงที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งตั้งแต่ 10 – 60 วินาทีโดยมีมุมในการกรีด 0, 45, 67.5 ,90 องศา มี 1 รอยกรีด

ลำดับ	% การหลุดออกของเปลือกหอมแดง			
	0 องศา	45 องศา	67.5 องศา	90 องศา
1	95	50	100	50
2	100	90	25	50
3	80	100	50	100
4	100	100	95	10
5	80	75	100	50
6	20	100	70	50
7	90	85	90	25
8	90	100	100	50
9	80	100	50	50
10	100	25	50	10
เฉลี่ย	83.5	82.5	73	44.5

ตารางที่ 15 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 225 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.19 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งบ่อน 30, 35, 40, 45 rpm(ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	% การปอกเปลือกออก										เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	40	50	60	80	90	70	80	60	40	30	60
2	30	30	40	40	30	20	10	10	30	10	40	26
3	30	70	60	70	40	40	50	60	10	90	90	58
												48
1	35	10	90	90	80	70	70	60	70	20	90	65
2	35	10	10	90	70	80	100	20	90	80	30	76
		0	0									
3	35	80	85	60	95	100	10	40	60	65	80	67.5
												69.5
1	40	10	10	20	20	90	70	10	70	80	50	43
2	40	40	60	90	80	70	10	100	40	80	80	65
3	40	40	90	70	40	60	70	20	90	20	50	55
												54.3333
1	45	80	85	10	50	100	100	100	60	100	50	82.5
				0								
2	45	10	60	20	70	60	100	60	100	100	70	74
		0										
3	45	70	40	50	70	100	50	90	90	60	100	72
												76.1667

ตารางที่ 16 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	% การปอกเปลือกออก										เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	50	55	80	70	80	90	90	70	80	5	67
2	30	80	100	90	80	70	50	100	80	50	60	76
3	30	95	70	10	20	50	60	100	90	80	100	67.5
												70.1667
1	35	80	70	80	100	80	70	100	90	90	100	86
2	35	70	80	80	75	100	90	80	95	90	80	84
3	35	80	80	70	80	80	90	60	70	50	60	72
												80.6667
1	40	90	90	80	70	100	40	70	60	80	75	76
2	40	60	80	85	70	40	60	80	70	70	90	70.5
3	40	30	40	40	50	40	60	60	70	90	20	50
												65.0000
1	45	70	60	100	80	40	40	30	40	50	100	61
2	45	80	80	70	80	20	100	40	30	80	100	68
3	45	40	30	100	20	70	40	50	100	60	50	56
												61.6667

ตารางที่ 17 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดง ที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 375 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.99 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	% การปอกเปลือกออก										เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	40	90	30	90	40	50	100	60	90	90	68
2	30	30	50	30	60	30	100	80	70	20	30	50
3	30	20	70	20	20	60	60	70	80	80	80	56
												58
1	35	70	70	80	60	50	20	50	50	60	70	58
2	35	20	20	50	40	50	100	100	60	70	80	59
3	35	20	40	20	40	10	10	10	30	10	50	24
												47
1	40	30	20	20	70	70	80	20	10	60	80	46
2	40	80	80	90	90	40	40	80	20	10	50	67
3	40	20	20	100	80	60	40	50	80	10	100	56
												56
1	45	80	70	80	80	90	80	60	80	70	90	78
2	45	60	70	80	50	100	40	50	90	70	100	71
3	45	40	70	90	80	40	20	20	40	80	100	58
												69

ตารางที่ 18 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 450 (ความเร็วเชิงเส้น 2.39 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	% การปอกเปลือกออก										เฉลี่ย
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	30	60	70	10	20	40	100	100	100	90	100	69
2	30	40	50	80	20	30	20	70	90	80	80	56
3	30	90	70	70	80	80	20	100	50	70	80	71
												65.3333
1	35	80	40	70	80	40	60	20	20	50	50	51
2	35	50	20	50	20	50	60	80	50	80	60	52
3	35	20	60	40	70	80	80	70	80	60	70	63
												55.3333
1	40	70	70	20	50	70	70	80	60	80	100	67
2	40	30	60	30	80	50	30	50	70	80	80	56
3	40	80	80	90	60	100	80	90	70	90	60	80
												68
1	45	60	20	30	40	60	80	30	60	20	60	46
2	45	20	30	60	80	10	20	30	60	100	80	49
3	45	60	100	80	100	90	70	100	80	50	40	77
												57.3333

ตารางที่ 19 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาที แบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 1 รอยกรีด

หอมแดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	10.87	10.80	0.64	12.10	10.38	14.21	11.98	7.33	38.81
2	15.04	14.90	0.93	14.58	14.25	2.26	9.31	7.10	23.74
3	10.76	10.37	3.62	7.34	6.31	14.03	9.11	7.57	16.90
4	11.69	11.14	4.70	9.10	7.83	13.96	10.06	8.74	13.12
5	15.26	15.17	0.59	10.41	9.24	11.24	10.38	7.48	27.94
6	11.09	10.68	3.70	7.64	7.35	3.80	9.36	6.75	27.88
7	11.92	11.58	2.85	12.85	11.90	7.39	10.45	9.58	8.33
8	8.95	8.70	2.79	7.96	5.69	28.52	8.17	7.27	11.02
9	12.72	12.59	1.02	7.25	6.95	4.14	10.76	10.15	5.67
10	8.98	8.75	2.56	9.60	5.85	39.06	13.42	8.88	33.83
เฉลี่ย	11.73	11.47	2.34	9.88	8.58	13.86	10.30	8.09	20.72
หอมแดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	6.92	3.37	51.30	7.09	6.00	15.37	7.08	2.90	59.04
2	6.89	4.29	37.74	8.68	4.97	42.74	12.32	9.32	24.35
3	5.89	5.23	11.21	9.63	6.76	29.80	8.39	5.04	39.93
4	8.45	7.60	10.06	10.38	6.40	38.34	8.44	4.71	44.19
5	7.97	4.70	41.03	8.20	5.58	31.95	9.20	5.77	37.28
6	6.97	4.92	29.41	11.03	5.97	45.87	10.85	6.69	38.34
7	11.40	9.61	15.70	10.81	7.02	35.06	9.42	5.25	44.27
8	11.50	8.10	29.57	9.74	7.50	23.00	14.80	8.14	45.00
9	7.73	6.27	18.89	9.01	6.25	30.63	13.92	11.78	15.37
10	5.43	3.28	39.59	6.88	5.56	19.19	20.04	15.69	21.71
เฉลี่ย	7.92	5.74	28.45	9.15	6.20	31.20	11.45	7.53	36.95

ตารางที่ 20 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 2 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	5.98	5.68	5.02	9.63	8.49	11.84	6.48	5.34	17.59
2	6.22	5.97	4.02	6.60	6.07	8.03	5.52	3.17	42.57
3	6.70	6.58	1.79	5.75	5.54	3.65	5.94	5.43	8.59
4	11.00	9.88	10.18	6.72	4.79	28.72	8.20	6.06	26.10
5	9.41	9.25	1.70	8.75	8.67	0.91	7.65	5.46	28.63
6	9.69	9.08	6.30	5.68	5.62	1.06	8.67	7.37	14.99
7	6.00	5.67	5.50	5.86	4.84	17.41	4.84	3.47	28.31
8	5.40	5.11	5.37	5.89	4.32	26.66	6.31	4.89	22.50
9	6.04	5.94	1.66	7.09	5.52	22.14	5.94	3.60	39.39
10	10.75	10.65	0.93	7.72	7.68	0.52	8.38	7.78	7.16
เฉลี่ย	7.72	7.38	4.25	6.97	6.15	12.09	6.79	5.26	23.58
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	8.53	7.35	13.83	11.82	7.44	37.06	8.61	3.32	61.44
2	10.88	9.23	15.17	13.84	9.90	28.47	14.08	10.07	28.48
3	9.70	7.71	20.52	9.43	3.30	65.01	13.52	9.91	26.70
4	9.33	5.76	38.26	8.28	7.56	8.70	12.97	10.23	21.13
5	7.39	6.02	18.54	8.86	7.66	13.54	13.28	10.23	22.97
6	7.07	6.07	14.14	14.59	12.55	13.98	12.58	7.34	41.65
7	6.27	4.13	34.13	15.16	10.43	31.20	9.15	4.00	56.28
8	8.24	5.07	38.47	13.29	11.60	12.72	11.02	5.77	47.64
9	6.20	3.70	40.32	12.56	8.18	34.87	11.47	9.10	20.66
10	6.12	3.84	37.25	13.38	12.51	6.50	16.67	10.98	34.13
เฉลี่ย	7.97	5.89	27.06	12.12	9.11	25.20	12.34	8.10	36.11

ตารางที่ 21 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 3 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	7.61	3.92	48.49	7.06	6.26	11.33	10.11	6.71	33.63
2	7.07	4.46	36.92	7.05	6.35	9.93	13.55	9.23	31.88
3	12.60	12.50	0.79	6.11	5.07	17.02	7.73	7.31	5.43
4	8.38	8.08	3.58	6.59	4.60	30.20	12.01	2.74	77.19
5	7.53	4.79	36.39	7.09	6.30	11.14	9.00	6.68	25.78
6	5.20	5.04	3.08	5.12	3.60	29.69	17.25	10.89	36.87
7	9.06	8.90	1.77	7.78	6.53	16.07	9.00	8.22	8.67
8	13.53	13.38	1.11	7.25	4.50	37.93	11.31	4.73	58.18
9	6.07	4.39	27.68	5.90	5.43	7.97	7.34	6.19	15.67
10	7.91	5.59	29.33	10.12	9.48	6.32	6.21	5.62	9.50
เฉลี่ย	8.50	7.11	18.91	7.01	5.81	17.76	10.35	6.83	30.28
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	7.51	4.58	39.01	12.04	9.55	20.68	12.64	6.77	46.44
2	8.23	3.03	63.18	9.33	8.31	10.93	12.31	9.55	22.42
3	15.28	12.63	17.34	10.62	5.82	45.20	11.49	6.88	40.12
4	6.12	3.90	36.27	12.26	10.90	11.09	9.95	9.20	7.54
5	8.45	6.40	24.26	10.36	8.05	22.30	9.89	4.32	56.32
6	10.45	9.89	5.36	11.88	8.92	24.92	10.16	6.64	34.65
7	12.45	9.88	20.64	10.09	7.10	29.63	11.07	6.62	40.20
8	9.28	7.33	21.01	7.84	6.83	12.88	7.71	3.47	54.99
9	13.44	13.08	2.68	8.30	5.85	29.52	7.29	3.27	55.14
10	11.65	8.69	25.41	10.31	8.72	15.42	18.58	12.67	31.81
เฉลี่ย	10.29	7.94	25.52	10.30	8.01	22.26	11.11	6.94	38.96

ตารางที่ 22 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่
10 - 60 วินาทีแบบไม่มีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 4 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	8.20	7.99	2.56	5.78	4.17	27.85	10.22	7.88	22.90
2	5.97	5.54	7.20	5.91	3.15	46.70	11.41	8.73	23.49
3	7.43	7.30	1.75	8.48	7.74	8.73	8.58	4.98	41.96
4	6.80	6.12	10.00	7.16	6.69	6.56	8.17	5.45	33.29
5	7.45	6.35	14.77	7.57	6.85	9.51	12.30	10.98	10.73
6	7.38	6.31	14.50	5.20	4.49	13.65	11.51	9.71	15.64
7	5.51	4.03	26.86	8.76	7.47	14.73	6.74	5.45	19.14
8	5.75	5.67	1.39	8.27	7.50	9.31	10.90	7.58	30.46
9	5.99	5.23	12.69	7.33	5.98	18.42	11.13	9.16	17.70
10	6.38	5.31	16.77	7.52	6.03	19.81	7.10	3.52	50.42
เฉลี่ย	6.69	5.99	10.85	7.20	6.01	17.53	9.81	7.34	26.57
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	10.92	5.71	47.71	9.03	2.72	69.88	10.64	5.80	45.49
2	9.05	4.00	55.80	6.08	1.28	78.95	20.60	15.37	25.39
3	7.77	5.82	25.10	11.22	9.13	18.63	5.57	3.02	45.78
4	7.74	3.87	50.00	6.06	2.82	53.47	7.35	1.21	83.54
5	12.43	8.49	31.70	5.70	1.20	78.95	5.79	0.82	85.84
6	9.15	4.71	48.52	12.07	9.84	18.48	4.74	0.70	85.23
7	5.30	0.42	92.08	5.63	0.12	97.87	5.68	1.85	67.43
8	8.49	5.09	40.05	9.93	5.94	40.18	4.94	1.14	76.92
9	6.17	6.00	2.76	5.91	2.25	61.93	4.95	0.24	95.15
10	6.40	4.13	35.47	6.11	1.71	72.01	5.00	1.25	75.00
เฉลี่ย	8.34	4.82	42.92	7.77	3.70	59.03	7.53	3.14	68.58

ตารางที่ 23 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งตั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 1 รอยกรีด

หอมแดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	8.76	8.38	4.34	5.05	3.43	32.08	5.52	2.32	57.97
2	7.98	6.77	15.16	5.22	3.35	35.82	5.02	2.80	44.22
3	6.12	5.87	4.08	4.89	1.75	64.21	5.91	6.40	-8.29
4	6.34	5.79	8.68	7.47	5.56	25.57	6.17	5.45	11.67
5	6.35	5.91	6.93	6.09	5.01	17.73	6.71	5.26	21.61
6	6.16	5.85	5.03	5.87	4.58	21.98	4.80	0.87	81.88
7	7.25	6.98	3.72	5.73	4.56	20.42	5.00	2.43	51.40
8	6.17	4.68	24.15	5.06	3.59	29.05	7.36	4.74	35.60
9	7.15	5.86	18.04	5.13	3.68	28.27	6.44	5.57	13.51
10	7.84	5.31	32.27	5.55	3.54	36.22	5.43	4.35	19.89
เฉลี่ย	7.01	8.38	12.24	5.61	3.91	31.13	5.84	4.02	32.95
หอมแดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	6.93	4.16	39.97	8.16	1.34	83.58	9.49	7.79	17.91
2	6.43	4.67	27.37	5.53	4.39	20.61	5.75	3.21	44.17
3	6.49	4.12	36.52	5.68	1.39	75.53	5.11	0.76	85.13
4	7.68	4.06	47.14	7.60	5.80	23.68	5.57	2.00	64.09
5	5.66	4.26	24.73	6.55	0.12	98.17	6.85	5.51	19.56
6	4.78	1.02	78.66	7.25	5.70	21.38	15.87	13.38	15.69
7	4.04	1.05	74.01	5.42	1.16	78.60	6.99	4.38	37.34
8	5.91	3.16	46.53	4.68	2.30	50.85	11.23	5.39	52.00
9	5.20	3.91	24.81	5.48	2.08	62.04	7.22	3.00	58.45
10	6.14	4.48	27.04	5.93	4.29	27.66	6.88	6.29	8.58
เฉลี่ย	5.93	3.49	42.68	6.23	2.86	54.21	8.10	5.17	40.29

ตารางที่ 24 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 2 รอยกรีด

หอมแ ดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	8.75	8.19	6.40	9.89	6.62	33.06	6.01	4.27	28.95
2	10.24	9.92	3.13	8.57	7.50	12.49	6.78	4.95	26.99
3	10.12	9.10	10.08	7.78	6.38	17.99	7.05	5.06	28.23
4	9.31	7.48	19.66	9.20	8.46	8.04	6.40	5.69	11.09
5	10.35	9.70	6.28	8.34	5.58	33.09	6.25	4.83	22.72
6	8.45	8.24	2.49	14.10	13.06	7.38	6.70	3.13	53.28
7	9.60	8.87	7.60	9.09	8.72	4.07	6.83	5.26	22.99
8	10.90	8.19	24.86	7.89	6.47	18.00	6.52	4.53	30.52
9	7.80	7.68	1.54	12.88	11.86	7.92	7.09	5.87	17.21
10	7.84	7.12	9.18	6.88	5.85	14.97	11.23	9.75	13.18
เฉลี่ย	9.34	8.45	9.12	9.46	8.05	15.70	7.09	5.33	25.52
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	7.18	6.03	16.02	8.65	2.89	66.59	9.16	5.70	37.77
2	6.46	4.18	35.29	9.62	8.21	14.66	7.07	2.13	69.87
3	10.61	8.46	20.26	9.67	3.73	61.43	6.78	5.12	24.48
4	7.63	5.72	25.03	7.12	3.72	47.75	10.44	7.66	26.63
5	8.86	7.29	17.72	9.11	3.45	62.13	9.41	4.40	53.24
6	8.72	5.65	35.21	8.86	4.68	47.18	6.52	4.58	29.75
7	8.80	7.05	19.89	8.89	4.58	48.48	7.04	3.52	50.00
8	9.23	8.04	12.89	9.47	6.15	35.06	13.79	5.96	56.78
9	7.77	5.73	26.25	7.98	5.66	29.07	6.37	5.19	18.52
10	7.14	5.96	16.53	9.01	5.26	41.62	9.17	5.31	42.09
เฉลี่ย	8.24	6.41	22.51	8.84	4.83	45.40	8.58	4.96	40.92

ตารางที่ 25 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาตั้งแต่ 10 – 60 วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 3 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	10.41	9.86	5.28	8.18	6.40	21.76	14.32	13.37	6.63
2	10.36	8.69	16.12	10.77	9.68	10.12	10.71	8.16	23.81
3	7.71	5.13	33.46	13.22	11.39	13.84	10.44	9.45	9.48
4	9.94	6.98	29.78	12.19	9.74	20.10	9.91	5.35	46.01
5	7.10	9.00	-26.76	8.22	8.08	1.70	11.51	11.28	2.00
6	9.68	8.91	7.95	11.50	10.68	7.13	12.78	8.63	32.47
7	8.10	7.79	3.83	10.14	8.20	19.13	11.31	10.88	3.80
8	7.66	7.50	2.09	9.17	5.45	40.57	12.25	8.61	29.71
9	8.39	6.44	23.24	10.72	10.18	5.04	12.69	12.05	5.04
10	9.70	9.61	0.93	7.73	5.68	26.52	9.73	8.18	15.93
เฉลี่ย	8.91	9.86	9.59	10.18	8.55	16.59	11.57	9.60	17.49
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	13.93	11.03	20.82	17.05	13.27	22.17	19.18	14.00	27.01
2	8.91	8.29	6.96	17.24	12.79	25.81	16.75	13.55	19.10
3	10.71	7.00	34.64	14.91	12.25	17.84	17.60	9.33	46.99
4	13.20	12.90	2.27	14.78	13.34	9.74	13.49	10.25	24.02
5	9.38	8.48	9.59	13.71	10.20	25.60	14.35	9.30	35.19
6	11.87	10.80	9.01	11.97	7.44	37.84	16.57	10.74	35.18
7	9.84	8.92	9.35	13.65	12.09	11.43	21.36	16.31	23.64
8	11.26	9.79	13.06	11.78	7.28	38.20	12.43	12.63	-1.61
9	13.78	11.22	18.58	14.17	9.17	35.29	15.61	8.93	42.79
10	9.40	7.43	20.96	7.59	6.82	10.14	15.77	8.92	43.44
เฉลี่ย	11.23	9.59	14.52	13.69	10.47	23.41	16.31	11.40	29.58

ตารางที่ 26 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดังแต่
10 – 60 วินาทีแบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 4 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	11.84	10.78	8.95	8.34	7.36	11.75	12.18	9.02	25.94
2	10.60	10.54	0.57	8.42	7.75	7.96	10.75	8.61	19.91
3	10.22	10.02	1.96	11.10	9.28	16.40	10.97	7.02	36.01
4	10.07	9.61	4.57	6.42	5.32	17.13	5.59	8.84	-58.14
5	8.38	8.05	3.94	6.71	5.95	11.33	9.75	7.67	21.33
6	7.72	7.08	8.29	8.63	7.47	13.44	6.88	5.63	18.17
7	7.41	7.10	4.18	7.09	6.26	11.71	5.96	4.04	32.21
8	8.09	7.30	9.77	12.24	8.08	33.99	6.11	3.81	37.64
9	9.33	9.03	3.22	6.31	5.53	12.36	8.04	5.54	31.09
10	9.88	9.47	4.15	6.90	5.98	13.33	5.50	3.34	39.27
เฉลี่ย	9.35	10.78	4.96	8.22	6.90	14.94	8.17	6.35	20.34
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	8.60	6.81	20.81	7.35	4.23	42.45	18.10	14.98	17.24
2	8.27	5.85	29.26	7.33	4.58	37.52	13.50	8.79	34.89
3	8.76	7.53	14.04	6.83	2.98	56.37	16.59	13.16	20.68
4	8.58	5.72	33.33	6.60	3.63	45.00	23.73	11.69	50.74
5	7.72	6.02	22.02	6.16	3.57	42.05	15.52	9.10	41.37
6	6.67	4.93	26.09	6.45	5.28	18.14	12.77	10.35	18.95
7	7.68	6.46	15.89	5.38	1.02	81.04	15.14	11.86	21.66
8	6.13	1.23	79.93	5.55	2.96	46.67	8.72	4.30	50.69
9	7.70	5.50	28.57	5.39	4.64	13.91	8.22	6.89	16.18
10	7.18	4.65	35.24	6.33	4.60	27.33	6.11	2.86	53.19
เฉลี่ย	7.73	5.47	30.52	6.34	3.75	41.05	13.84	9.40	32.56

ตารางที่ 27 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีโดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 1 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน(g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง (g)	% loss
1	7.72	7.53	2.46	6.46	4.43	31.42	8.84	8.17	7.58
2	8.56	8.44	1.40	5.21	4.25	18.43	10.58	8.24	22.12
3	8.51	7.26	14.69	7.80	6.95	10.90	14.71	12.25	16.72
4	8.56	8.46	1.17	7.24	6.82	5.80	10.27	9.96	3.02
5	10.45	10.29	1.53	5.72	5.58	2.45	9.65	9.22	4.46
6	8.21	8.00	2.56	5.79	5.45	5.87	7.52	7.14	5.05
7	7.65	7.51	1.83	5.64	5.18	8.16	9.94	7.92	20.32
8	8.58	8.42	1.86	6.61	6.30	4.69	6.99	6.61	5.44
9	7.74	7.44	3.88	5.46	4.26	21.98	6.42	5.15	19.78
10	6.63	6.45	2.71	6.45	5.64	12.56	6.20	5.75	7.26
เฉลี่ย	8.26	7.98	3.41	6.24	5.49	12.23	9.11	8.04	11.17
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน(g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง (g)	% loss
1	7.80	7.42	4.87	5.37	4.20	21.79	6.10	5.10	16.39
2	6.82	6.25	8.36	5.00	3.42	31.60	5.18	4.35	16.02
3	6.64	5.92	10.84	6.56	3.74	42.99	6.69	5.38	19.58
4	6.45	4.96	23.10	5.67	3.53	37.74	4.81	4.11	14.55
5	5.96	5.02	15.77	4.81	4.34	9.77	5.39	3.94	26.90
6	7.10	6.34	10.70	4.90	2.90	40.82	5.01	3.52	29.74
7	7.89	7.24	8.24	4.14	3.51	15.22	5.14	3.39	34.05
8	5.41	4.86	10.17	5.89	4.50	23.60	4.47	1.47	67.11
9	6.03	5.37	10.95	5.57	3.95	29.08	4.78	3.70	22.59
10	5.19	4.72	9.06	3.34	0.43	87.13	5.82	4.35	25.26
เฉลี่ย	6.53	5.81	11.21	5.13	3.45	33.97	5.34	3.93	27.22

ตารางที่ 28 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่ 10 – 60 วินาทีโดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 2 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	8.71	8.61	1.15	4.47	3.81	14.77	9.33	6.28	32.69
2	8.98	8.80	2.00	5.78	5.40	6.57	4.85	4.11	15.26
3	9.66	9.26	4.14	6.18	5.49	11.17	6.55	5.80	11.45
4	7.07	6.93	1.98	4.88	4.65	4.71	4.91	4.25	13.44
5	9.60	6.50	32.29	7.54	7.21	4.38	3.80	3.27	13.95
6	6.06	5.91	2.48	5.17	4.82	6.77	6.54	3.98	39.14
7	5.29	5.11	3.40	5.13	4.84	5.65	6.24	4.34	30.45
8	5.22	5.08	2.68	5.21	3.97	23.80	7.76	7.20	7.22
9	6.73	6.61	1.78	6.34	6.12	3.47	4.28	2.74	35.98
10	6.08	5.99	1.48	4.31	4.15	3.71	5.27	4.87	7.59
เฉลี่ย	7.34	6.88	5.34	5.50	5.05	8.50	5.95	4.68	20.72
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	10.45	4.26	59.23	5.29	4.31	18.53	11.52	2.86	75.17
2	6.02	5.53	8.14	4.58	2.03	55.68	4.74	2.52	46.84
3	5.17	4.53	12.38	6.20	4.89	21.13	7.78	5.83	25.06
4	4.42	2.85	35.52	5.68	3.40	40.14	6.61	5.48	17.10
5	6.94	6.40	7.78	6.16	0.60	90.26	4.45	3.93	11.69
6	5.76	4.96	13.89	4.61	0.68	85.25	7.43	1.41	81.02
7	5.43	3.48	35.91	9.20	6.54	28.91	7.00	5.86	16.29
8	5.21	4.69	9.98	4.06	2.12	47.78	6.74	3.12	53.71
9	5.29	4.91	7.18	5.03	2.80	44.33	4.39	1.76	59.91
10	4.58	0.86	81.22	4.22	1.13	73.22	5.05	3.19	36.83
เฉลี่ย	5.93	4.25	27.12	5.50	2.85	50.52	6.57	3.60	42.36

ตารางที่ 29 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งตั้งแต่ 10 – 60 วินาทีโดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 3 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง(g)	% loss
1	9.10	8.37	8.02	6.88	6.13	10.90	5.77	5.10	11.61
2	5.96	5.81	2.52	4.00	2.72	32.00	5.95	4.29	27.90
3	5.18	5.08	1.93	4.38	0.72	83.56	5.11	3.05	40.31
4	4.74	3.97	16.24	6.04	5.91	2.15	5.79	3.81	34.20
5	6.65	6.39	3.91	3.53	2.38	32.58	5.41	4.68	13.49
6	6.02	5.30	11.96	5.78	5.48	5.19	4.96	1.78	64.11
7	5.31	3.55	33.15	5.55	5.18	6.67	5.67	3.77	33.51
8	3.46	3.10	10.40	5.95	4.09	31.26	3.84	1.77	53.91
9	3.98	3.51	11.81	4.44	2.94	33.78	6.85	5.29	22.77
10	4.50	3.97	11.78	6.67	6.44	3.45	6.91	3.80	45.01
เฉลี่ย	5.49	8.37	11.17	5.32	4.20	24.15	5.63	3.73	34.68
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง(g)	% loss
1	6.01	2.48	58.74	10.40	7.29	29.90	7.22	2.16	70.08
2	4.52	1.16	74.34	5.18	2.44	52.90	5.87	1.82	68.99
3	7.64	7.36	3.66	3.93	3.11	20.87	4.59	3.50	23.75
4	4.73	3.52	25.58	6.33	2.99	52.76	6.38	1.14	82.13
5	7.98	3.23	59.52	4.01	3.16	21.20	5.52	1.98	64.13
6	7.06	2.68	62.04	8.83	4.41	50.06	10.15	9.15	9.85
7	6.14	5.04	17.92	6.97	4.61	33.86	4.87	1.34	72.48
8	7.26	5.22	28.10	5.15	4.08	20.78	3.79	1.78	53.03
9	5.70	4.15	27.19	5.37	2.73	49.16	7.74	3.53	54.39
10	8.66	4.91	43.30	4.60	2.17	52.83	6.47	2.55	60.59
เฉลี่ย	6.57	3.98	40.04	6.08	3.70	38.43	6.26	2.90	55.94

ตารางที่ 30 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาดั้งแต่
10 – 60 วินาทีโดยเปลี่ยนยาง แบบมีที่กั้นด้านบน หอมแดงมี 4 รอยกรีด

หอม แดง	10 s			20 s			30 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	4.16	3.80	8.65	10.14	5.64	44.38	6.62	5.84	11.78
2	4.72	2.94	37.71	4.24	3.74	11.79	5.21	4.39	15.74
3	4.44	4.06	8.56	5.82	3.42	41.24	3.44	2.25	34.59
4	5.57	5.19	6.82	4.00	3.23	19.25	7.13	4.81	32.54
5	5.13	3.90	23.98	7.05	2.41	65.82	8.86	6.04	31.83
6	4.05	3.51	13.33	5.60	4.70	16.07	3.95	2.43	38.48
7	4.09	2.68	34.47	4.80	2.79	41.88	4.81	4.01	16.63
8	3.84	3.51	8.59	6.35	2.12	66.61	2.95	1.57	46.78
9	4.44	3.88	12.61	4.14	3.79	8.45	6.52	3.40	47.85
10	4.22	1.32	68.72	4.48	1.98	55.80	8.77	7.74	11.74
เฉลี่ย	4.47	3.80	22.35	5.66	3.38	37.13	5.83	4.25	28.80
หอม แดง	40 s			50 s			60 s		
	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss	ก่อน (g)	หลัง (g)	% loss
1	7.59	2.07	72.73	5.68	2.76	51.41	9.02	1.81	79.93
2	3.94	1.65	58.12	12.20	6.46	47.05	6.85	1.34	80.44
3	4.36	3.43	21.33	3.98	2.95	25.88	15.00	8.75	41.67
4	4.23	0.74	82.51	11.96	8.77	26.67	7.97	2.19	72.52
5	5.25	3.72	29.14	5.00	2.07	58.60	4.40	1.86	57.73
6	3.85	1.41	63.38	4.55	3.69	18.90	3.82	3.00	21.47
7	14.17	10.88	23.22	4.11	2.37	42.34	3.62	2.66	26.52
8	4.11	1.34	67.40	4.90	3.16	35.51	3.68	2.60	29.35
9	3.88	1.91	50.77	5.36	3.16	41.04	3.89	0.58	85.09
10	3.61	1.06	70.64	5.13	1.81	64.72	4.11	0.81	80.29
เฉลี่ย	5.50	2.82	53.92	6.29	3.72	41.21	6.24	2.56	57.50

ตารางที่ 31 แสดงน้ำหนักของหอมแดงก่อนและหลังทดลองที่ปอกด้วยเครื่องสีข้าวที่เวลาตั้งแต่ 10 – 60 โดยมีมุมในการกรีด 0, 45, 67.5, 90 องศา มี 1 รอยกรีด

หอมแดง	0 องศา			45 องศา		
	ก่อน(g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง(g)	% loss
1	7.61	7.04	7.49	6.61	4.40	33.43
2	7.58	4.19	44.72	6.00	5.70	5.00
3	10.73	9.84	8.29	8.13	7.58	6.77
4	6.92	2.97	57.08	6.41	3.91	39.00
5	7.56	6.13	18.92	9.18	5.61	38.89
6	8.51	8.40	1.29	5.42	3.21	40.77
7	8.40	8.18	2.62	6.72	4.53	32.59
8	7.90	5.46	30.89	7.41	4.49	39.41
9	7.45	7.11	4.56	7.28	4.97	31.73
10	6.31	4.66	26.15	5.67	5.38	5.11
เฉลี่ย	7.90	6.40	20.20	6.88	4.98	27.27
หอมแดง	90 องศา			67.5 องศา		
	ก่อน(g)	หลัง(g)	% loss	ก่อน(g)	หลัง(g)	% loss
1	11.90	11.03	7.31	6.30	4.55	27.78
2	6.96	4.37	37.21	6.37	5.80	8.95
3	5.63	3.83	31.97	7.48	5.00	33.16
4	5.16	5.00	3.10	7.67	5.99	21.90
5	5.90	5.39	8.64	12.72	11.90	6.45
6	4.48	4.23	5.58	10.17	7.24	28.81
7	7.42	7.12	4.04	8.42	5.96	29.22
8	6.45	4.83	25.12	7.82	5.13	34.40
9	10.44	7.89	24.43	9.55	7.10	25.65
10	6.17	6.10	1.13	7.68	5.58	27.34
เฉลี่ย	7.05	5.98	14.85	8.42	6.43	24.37

ตารางที่ 32 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 225 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.19 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	น้ำหนักก่อน (g)	น้ำหนักหลัง (g)	น้ำหนักหลัง/น้ำหนัก ก่อน
1	30	111.80	78.20	0.70
2	30	105.40	79.80	0.76
3	30	95.50	63.40	0.66
	เฉลี่ย			0.71
1	35	99.90	75.40	0.75
2	35	94.50	71.50	0.76
3	35	107.20	87.40	0.82
	เฉลี่ย			0.78
1	40	106.20	94.80	0.89
2	40	93.00	66.10	0.71
3	40	105.60	85.40	0.81
	เฉลี่ย			0.80
1	45	72.53	42.59	0.59
2	45	80.13	69.46	0.87
3	45	82.79	69.19	0.84
	เฉลี่ย			0.76

ตารางที่ 33 ทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm(ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	น้ำหนักก่อน (g)	น้ำหนักหลัง (g)	น้ำหนักหลัง/น้ำหนัก ก่อน
1	30	86.48	64.18	0.74
2	30	95.93	60.84	0.63
3	30	81.49	63.80	0.78
	เฉลี่ย			0.72
1	35	88.52	63.35	0.72
2	35	91.80	68.88	0.75
3	35	93.89	80.51	0.86
	เฉลี่ย			0.77
1	40	92.29	76.76	0.83
2	40	95.98	87.97	0.92
3	40	94.15	82.25	0.87
	เฉลี่ย			0.87
1	45	100.30	84.41	0.84
2	45	92.71	80.51	0.87
3	45	96.72	60.79	0.63
	เฉลี่ย			0.78

ตารางที่ 34 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 375 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.99 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm(ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	น้ำหนักก่อน (g)	น้ำหนักหลัง (g)	น้ำหนักหลัง/น้ำหนัก ก่อน
1	30	103.96	90.79	0.87
2	30	87.08	70.23	0.81
3	30	92.41	76.18	0.82
	เฉลี่ย			0.83
1	35	91.56	71.28	0.78
2	35	81.21	68.84	0.85
3	35	100.80	84.41	0.84
	เฉลี่ย			0.82
1	40	81.87	69.14	0.84
2	40	95.18	69.37	0.73
3	40	94.02	82.82	0.88
	เฉลี่ย			0.82
1	45	98.62	80.95	0.82
2	45	88.74	78.45	0.88
3	45	95.23	76.13	0.80
	เฉลี่ย			0.83

ตารางที่ 35 การทดลองปอกหอมแดงโดยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 450 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 2.39 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm(ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	Feed (rpm)	น้ำหนักก่อน (g)	น้ำหนักหลัง (g)	น้ำหนักหลัง/น้ำหนักก่อน
1	30	81.42	58.23	0.72
2	30	90.78	76.77	0.85
3	30	88.58	54.87	0.62
	เฉลี่ย			0.73
1	35	91.43	83.02	0.91
2	35	90.80	70.20	0.77
3	35	100.18	66.58	0.66
	เฉลี่ย			0.78
1	40	83.72	66.16	0.79
2	40	75.56	51.06	0.68
3	40	91.13	75.27	0.83
	เฉลี่ย			0.76
1	45	90.84	74.47	0.82
2	45	88.25	78.65	0.89
3	45	91.72	60.99	0.66
	เฉลี่ย			0.79

ตารางที่ 36 แสดงเวลาในการปกเปิดของหอมแดงด้วยเครื่องปกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 225 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.19 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm(ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	ความเร็วลูกกลิ้งป้อน (rpm)	เวลาในการปก (s)
1	30	69.00
2	30	58.85
3	30	64.56
	เฉลี่ย	64.14
1	35	66.12
2	35	62.34
3	35	69.73
	เฉลี่ย	66.06
1	40	51.72
2	40	56.30
3	40	50.41
	เฉลี่ย	52.81
1	45	50.19
2	45	42.48
3	45	51.20
	เฉลี่ย	47.96

ตารางที่ 37 แสดงเวลาในการปกเปิดของหอมแดงด้วยเครื่องปกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งขัด 300 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.59 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	ความเร็วลูกกลิ้งป้อน (rpm)	เวลาในการปก (s)
1	30	59.50
2	30	55.08
3	30	53.58
	เฉลี่ย	56.05
1	35	53.26
2	35	61.01
3	35	52.46
	เฉลี่ย	55.58
1	40	46.35
2	40	50.51
3	40	45.48
	เฉลี่ย	47.45
1	45	46.45
2	45	50.25
3	45	61.05
	เฉลี่ย	52.58

ตารางที่ 38 แสดงเวลาในการปกปิดเปลือกของหอมแดงด้วยเครื่องปกปิดหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งชุด 375 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 1.99 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

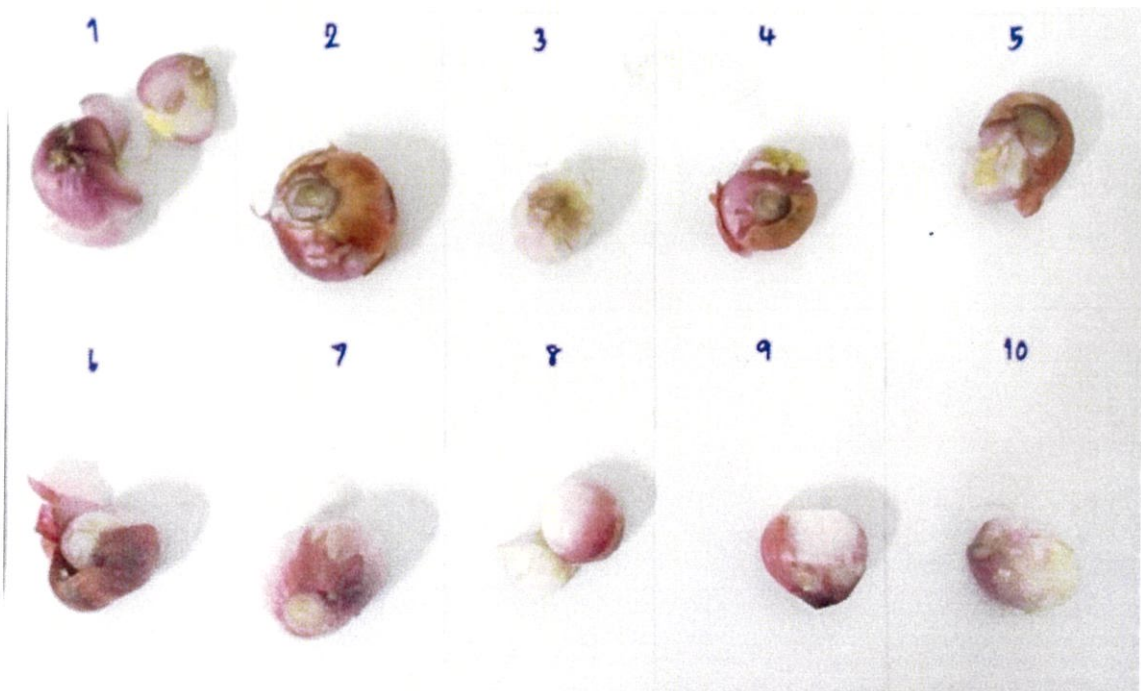
ครั้งที่	ความเร็วลูกกลิ้งป้อน (rpm)	เวลาในการปกปิด (s)
1	30	57.51
2	30	61.05
3	30	61.08
	เฉลี่ย	59.88
1	35	58.85
2	35	61.02
3	35	61.02
	เฉลี่ย	60.30
1	40	58.50
2	40	60.00
3	40	59.81
	เฉลี่ย	59.44
1	45	54.05
2	45	51.13
3	45	53.98
	เฉลี่ย	53.05

ตารางที่ 39 แสดงเวลาในการปกเปิดของหอมแดงด้วยเครื่องปกหอมแดงที่ความเร็วลูกกลิ้งชุด 450 (ความเร็วเชิงเส้น 2.39 m/s) และความเร็วลูกกลิ้งป้อน 30, 35, 40, 45 rpm (ความเร็วเชิงเส้น 0.22, 0.26, 0.31, 0.35 m/s ตามลำดับ)

ครั้งที่	ความเร็วลูกกลิ้งป้อน (rpm)	เวลาในการปก (s)
1	30	61.19
2	30	61.06
3	30	61.03
	เฉลี่ย	61.09
1	35	61.05
2	35	59.55
3	35	61.15
	เฉลี่ย	60.58
1	40	53.15
2	40	61.03
3	40	57.05
	เฉลี่ย	57.08
1	45	53.31
2	45	52.33
3	45	58.93
	เฉลี่ย	54.86



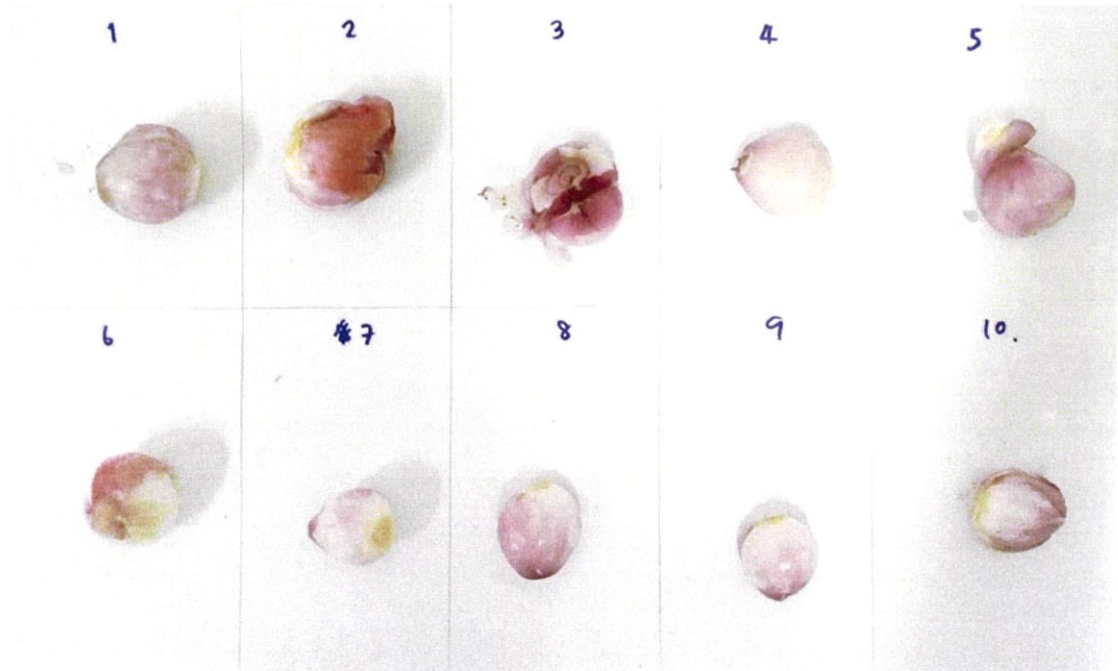
รูปที่ 1 ผลการปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



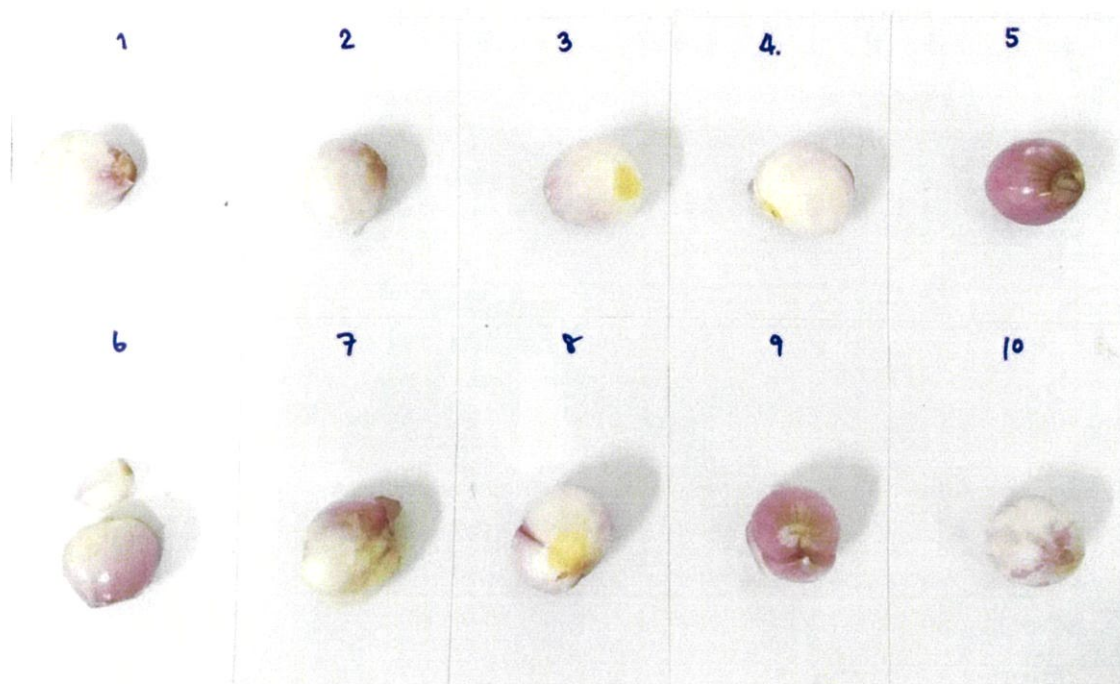
รูปที่ 2 ผลการปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



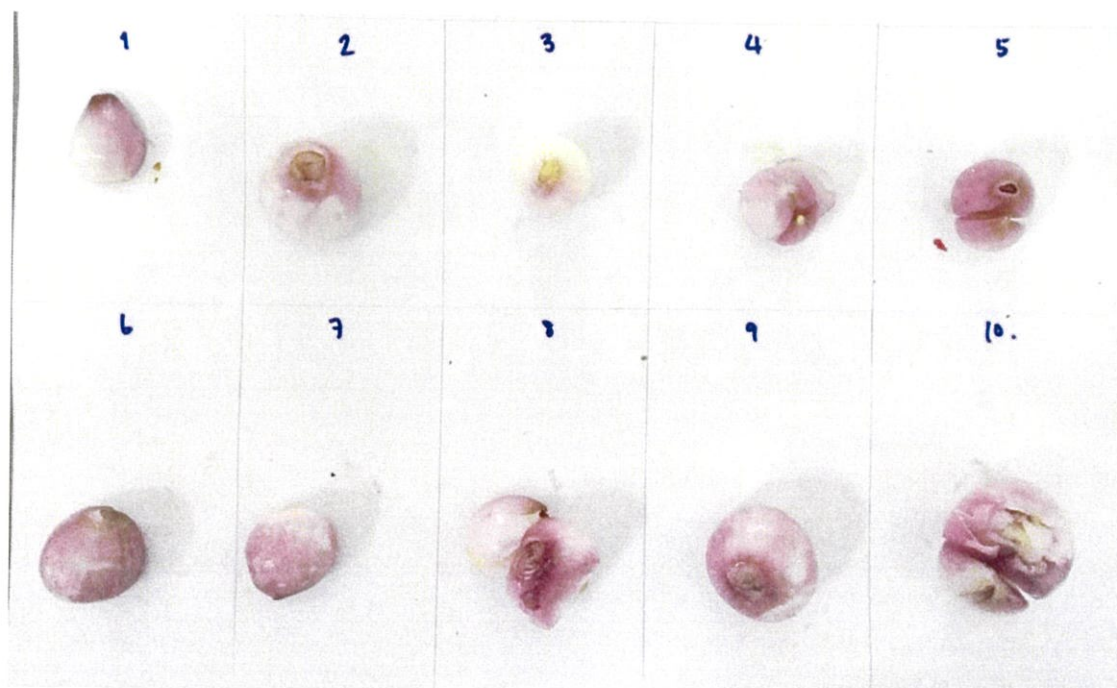
รูปที่ 3 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



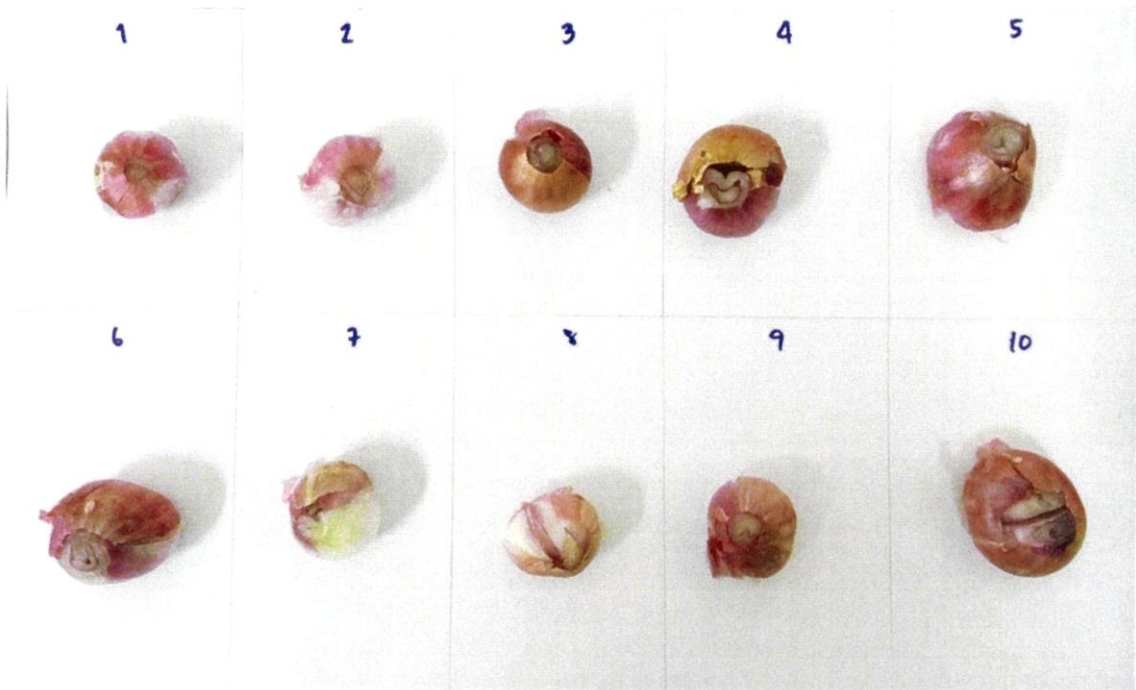
รูปที่ 4 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



รูปที่ 5 ผลการปกอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



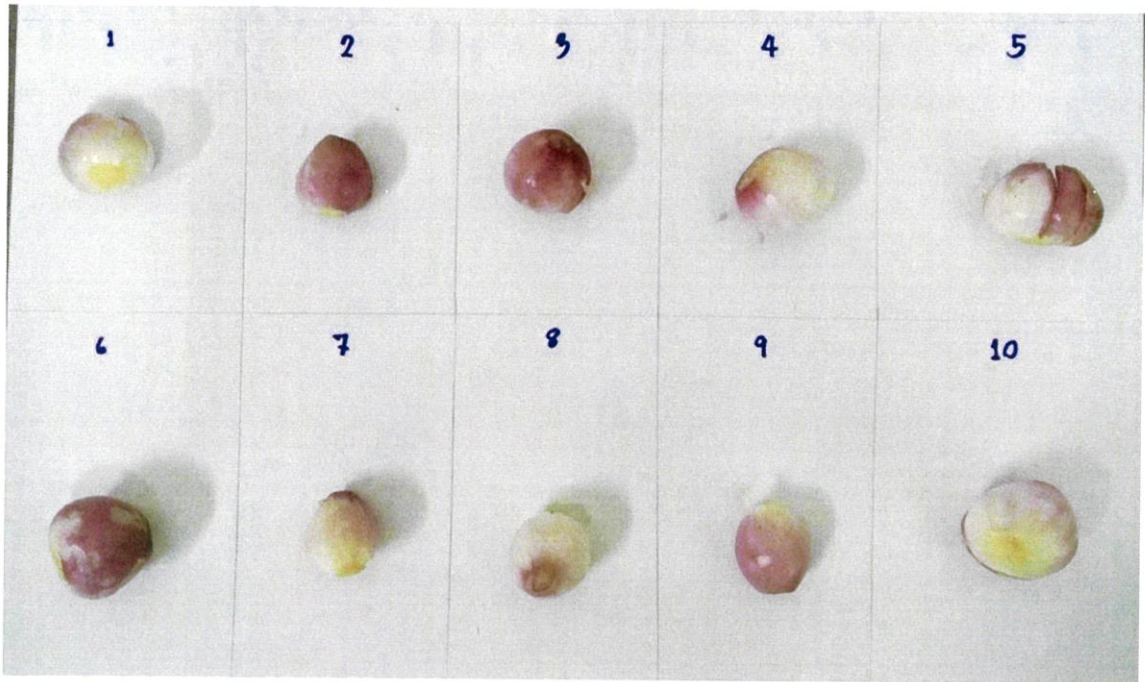
รูปที่ 6 ผลการปกอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



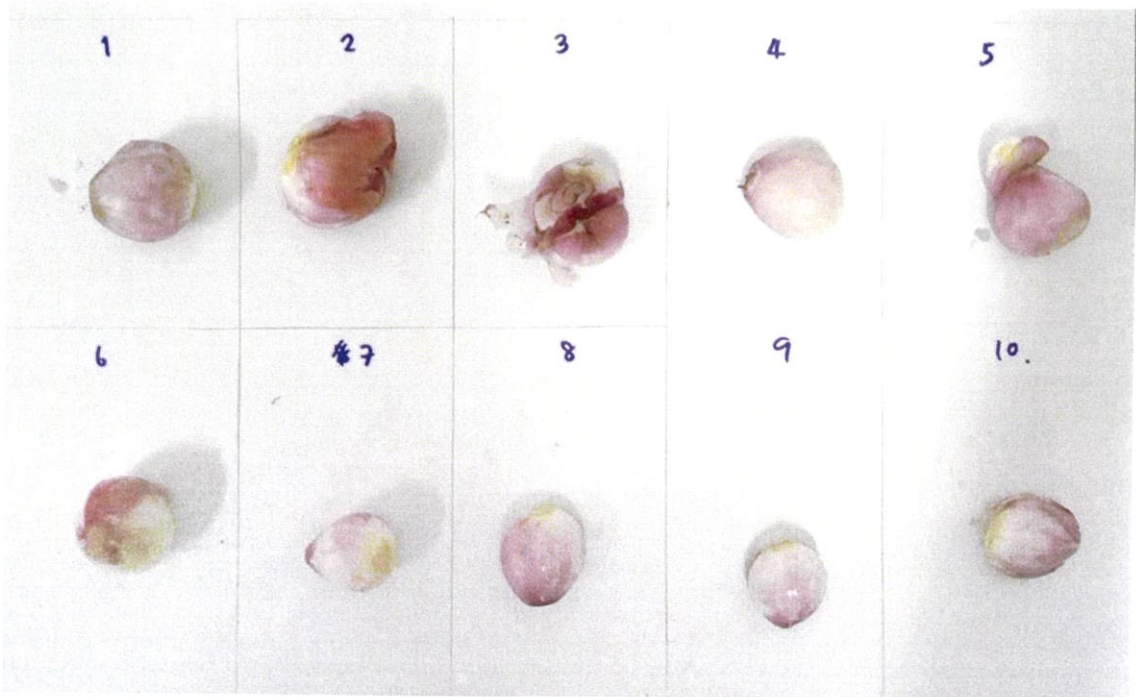
รูปที่ 7 ผลการปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



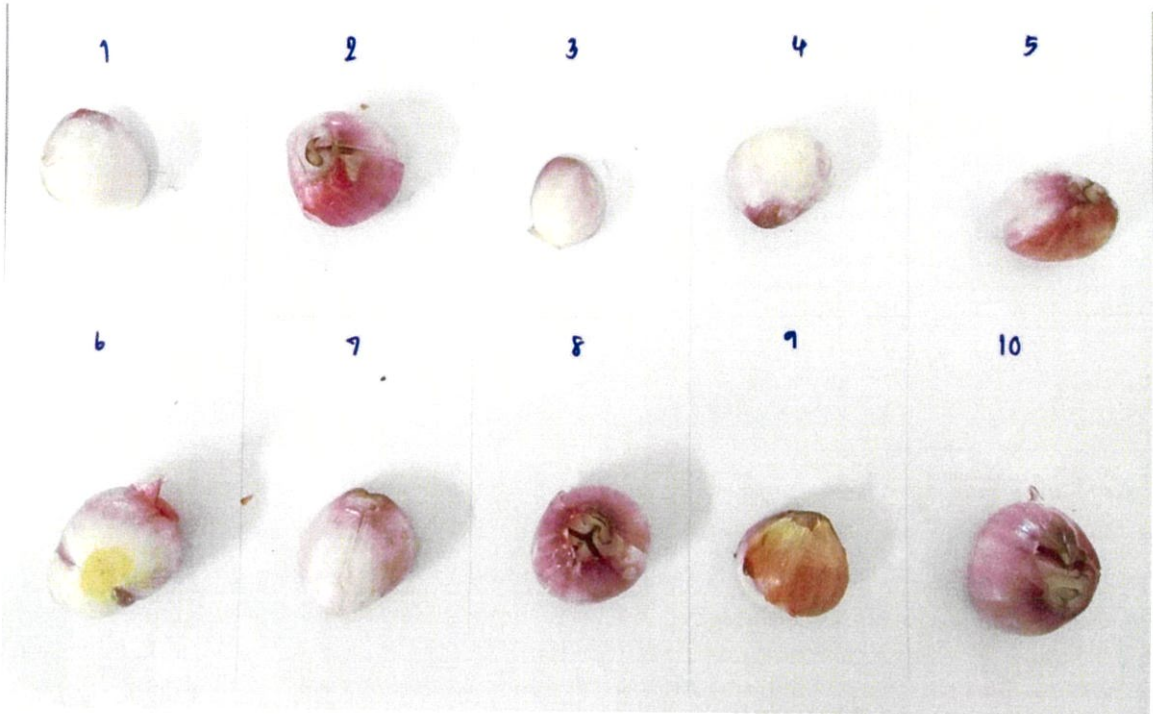
รูปที่ 8 ผลการปอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



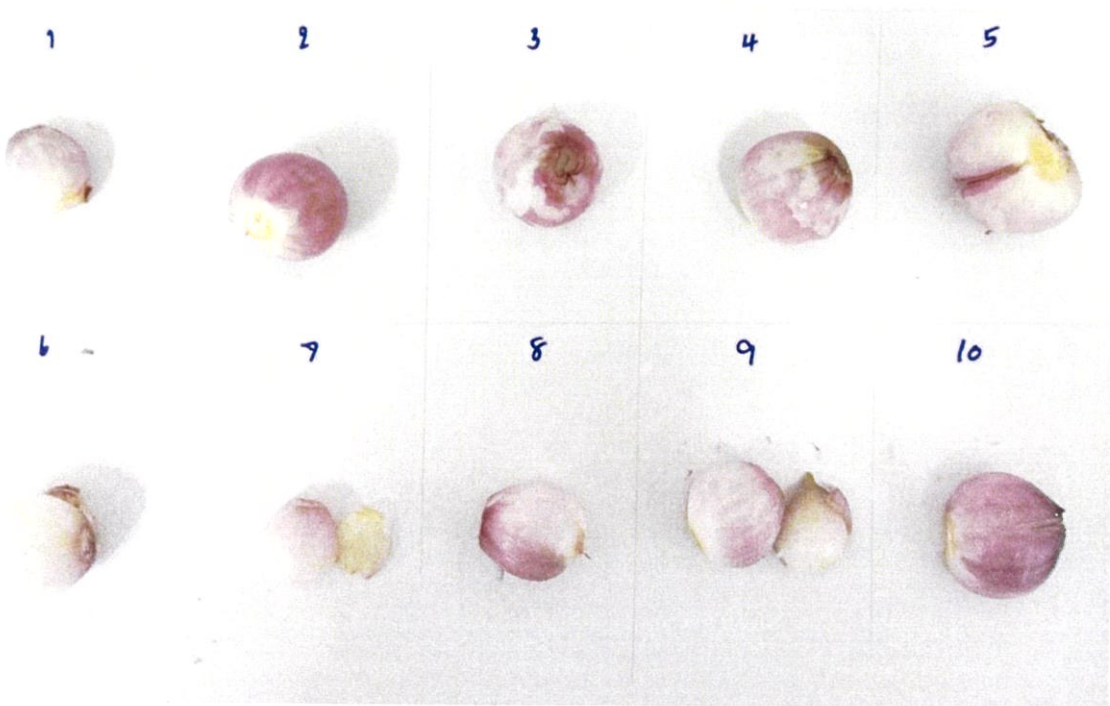
รูปที่ 9 ผลการปกอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



รูปที่ 10 ผลการปกอกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



รูปที่ 11 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 12 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



รูปที่ 13 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



รูปที่ 14 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



รูปที่ 15 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



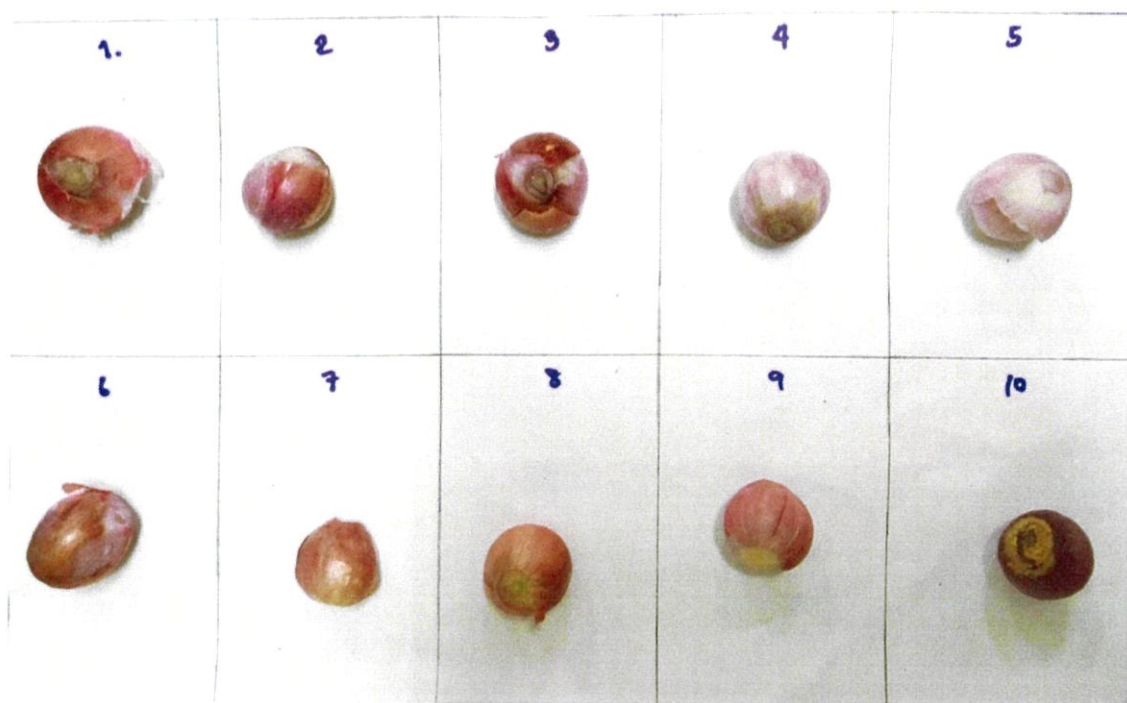
รูปที่ 16 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



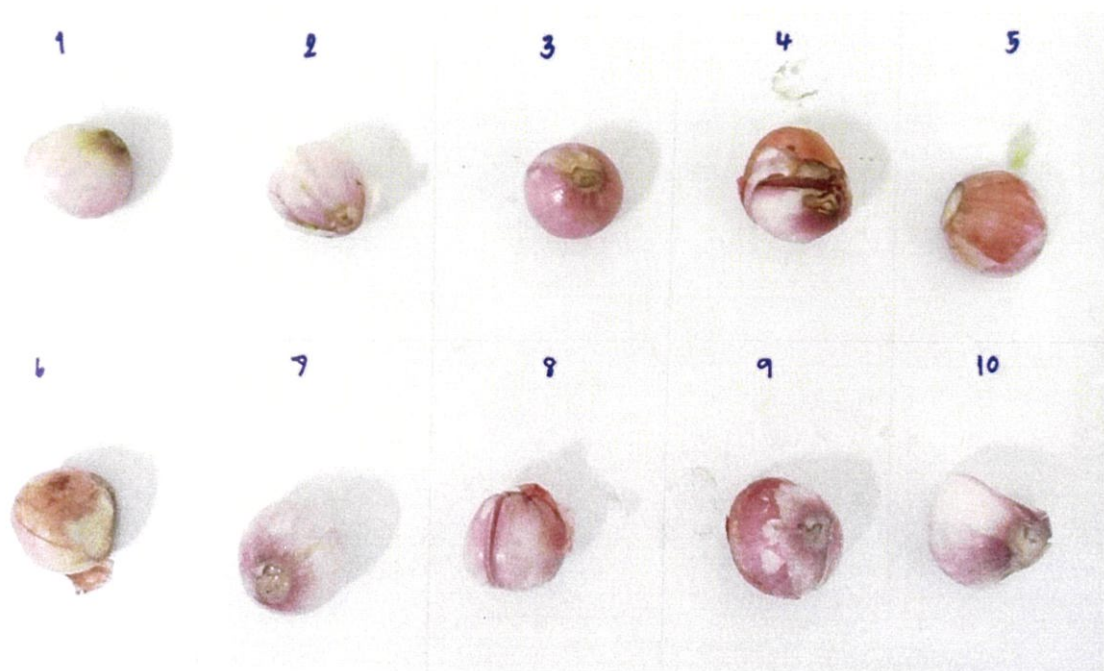
รูปที่ 17 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



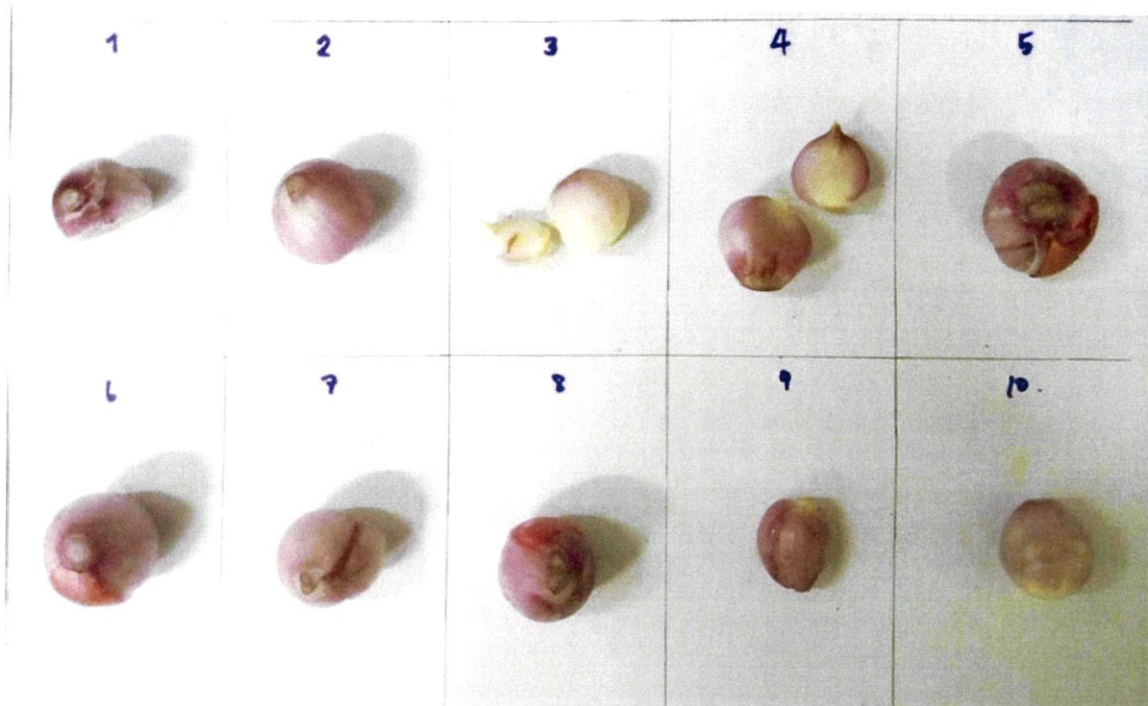
รูปที่ 18 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



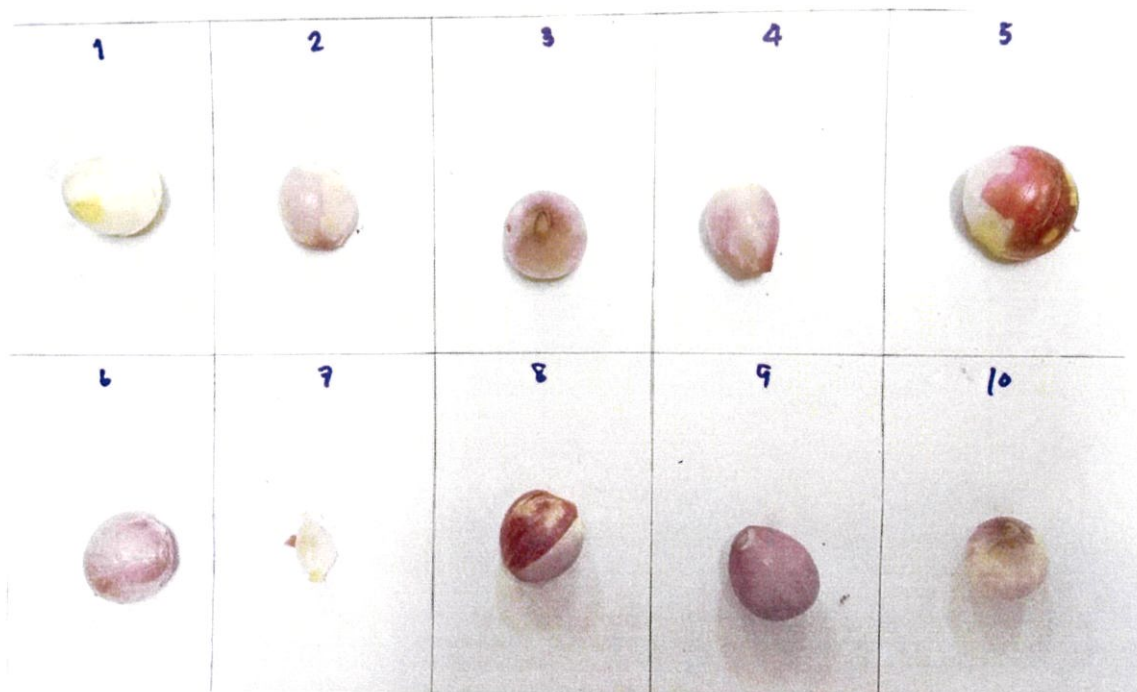
รูปที่ 19 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



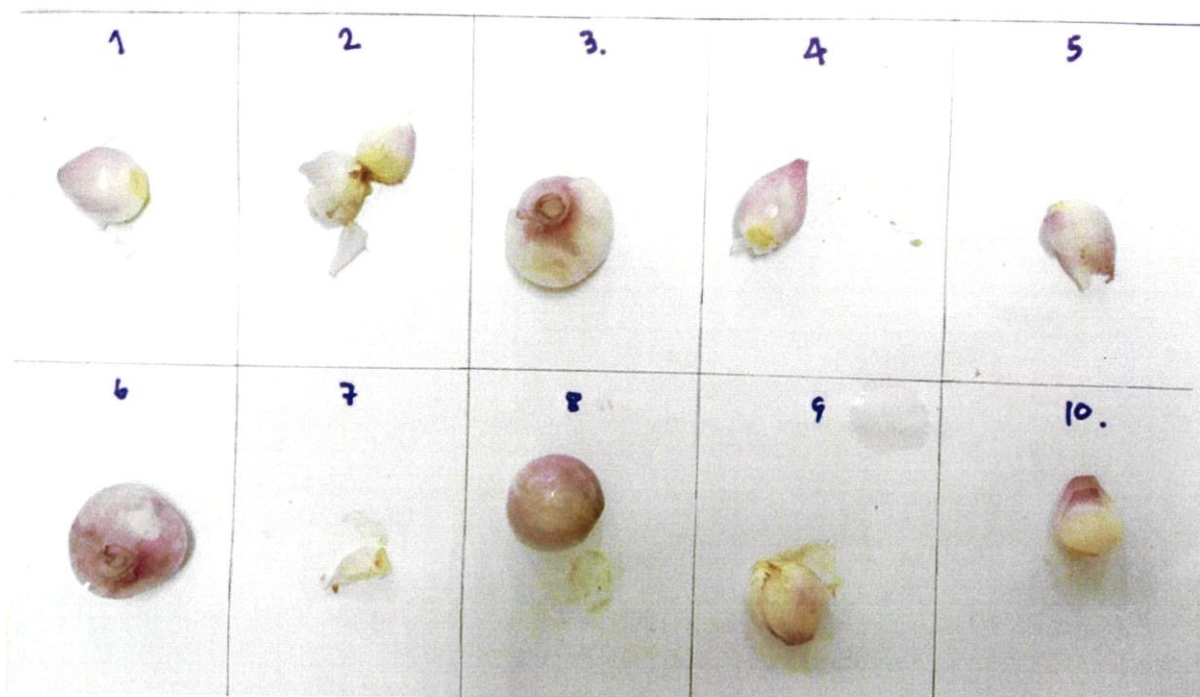
รูปที่ 20 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



รูปที่ 21 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



รูปที่ 22 ผลการปลูกหอมแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



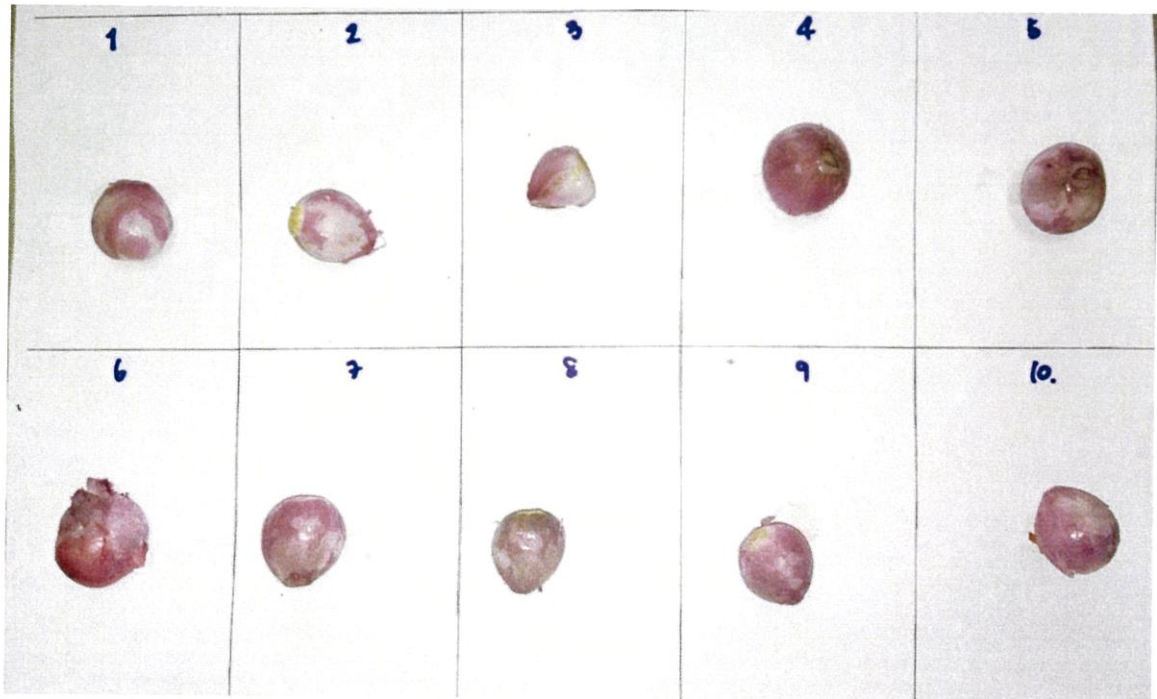
รูปที่ 23 ผลการปักหมุดแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 24 ผลการปักหมุดแดงแบบไม่มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



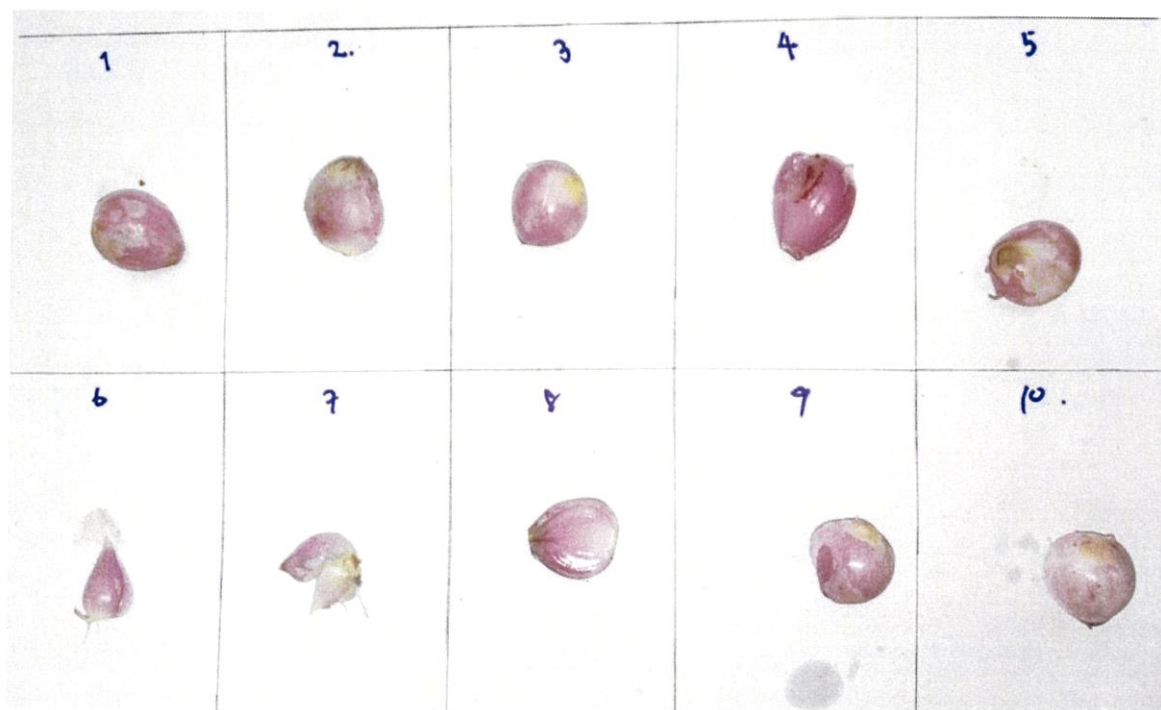
รูปที่ 25 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



รูปที่ 26 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



รูปที่ 27 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



รูปที่ 28 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



รูปที่ 29 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 30 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



รูปที่ 31 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



รูปที่ 32 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



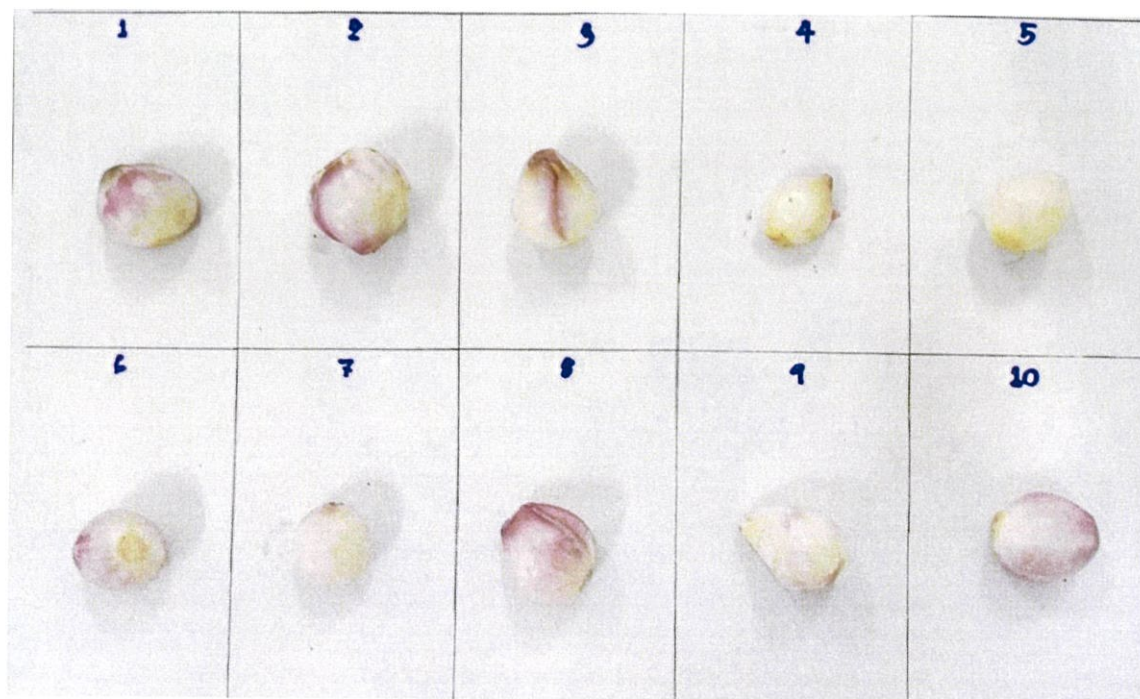
รูปที่ 33 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



รูปที่ 34 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



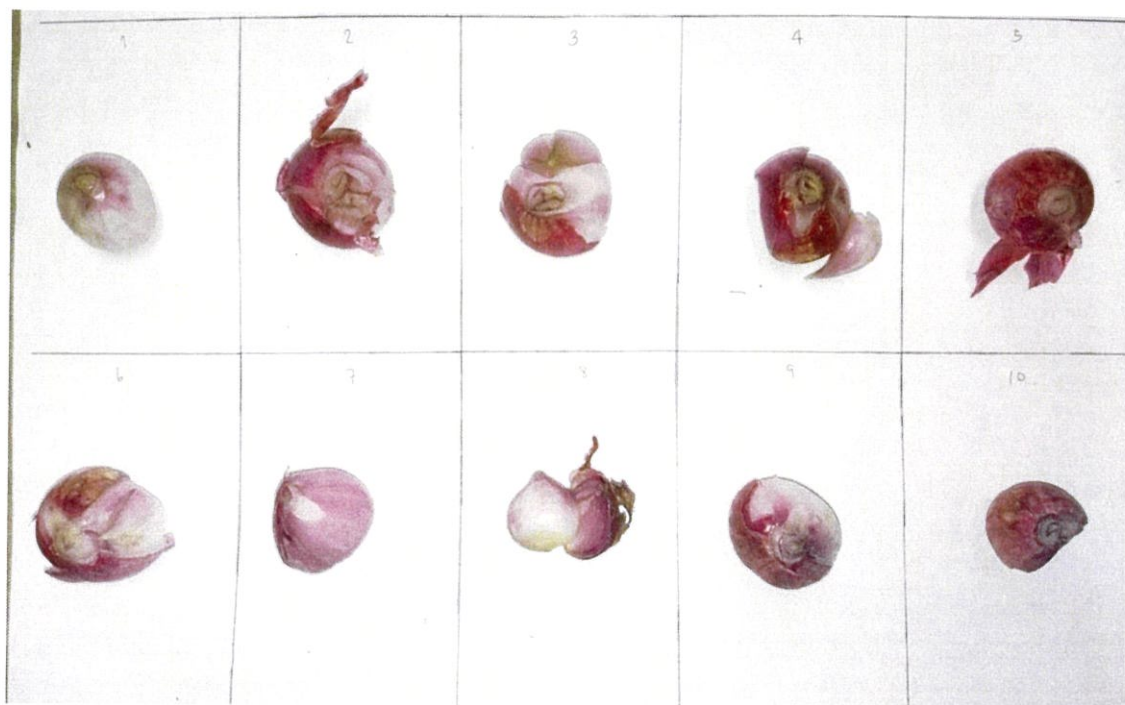
รูปที่ 35 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 36 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



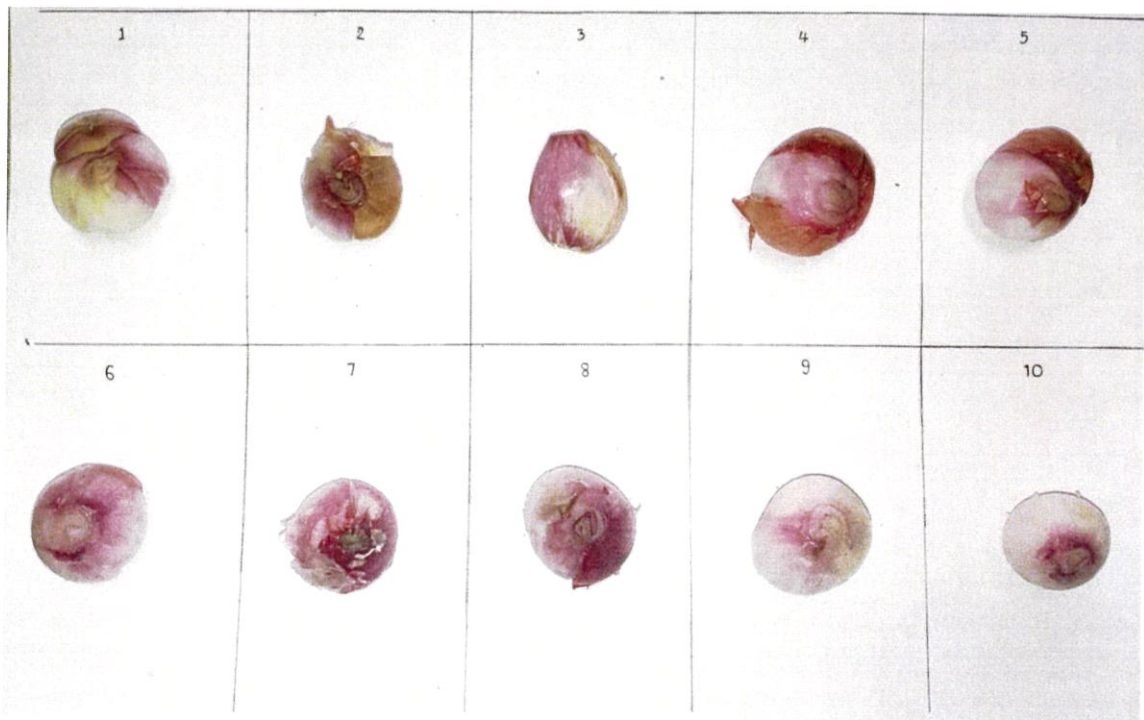
รูปที่ 37 ผลการปอกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



รูปที่ 38 ผลการปอกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



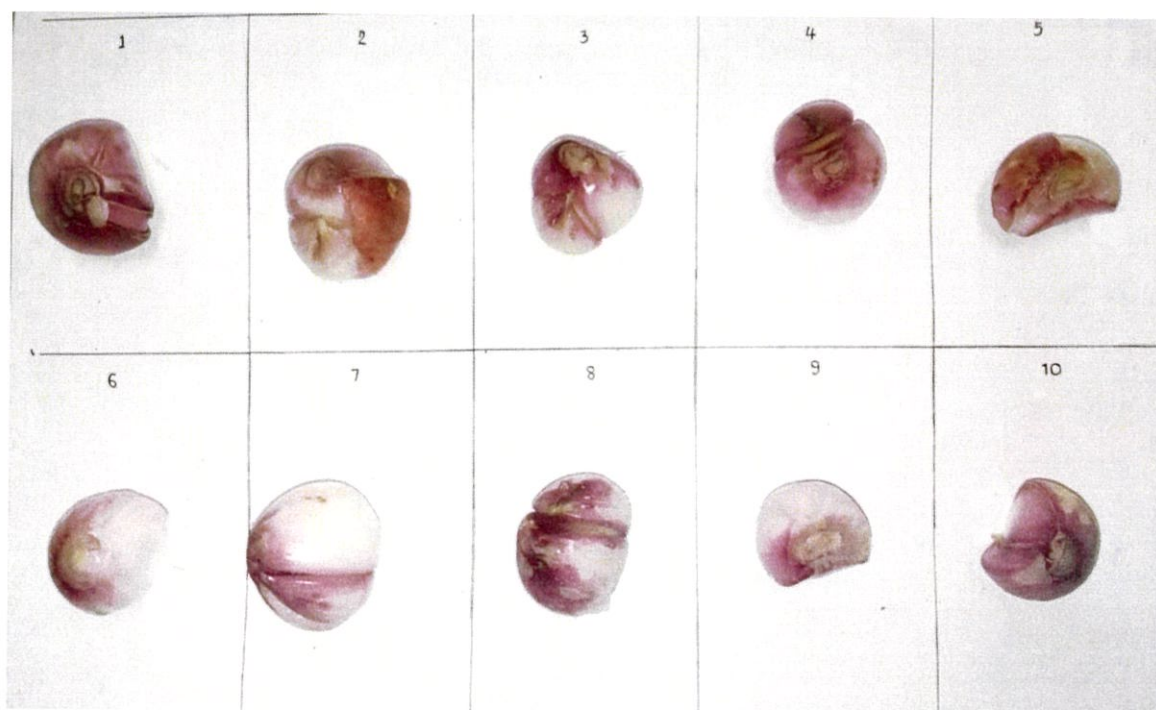
รูปที่ 39 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



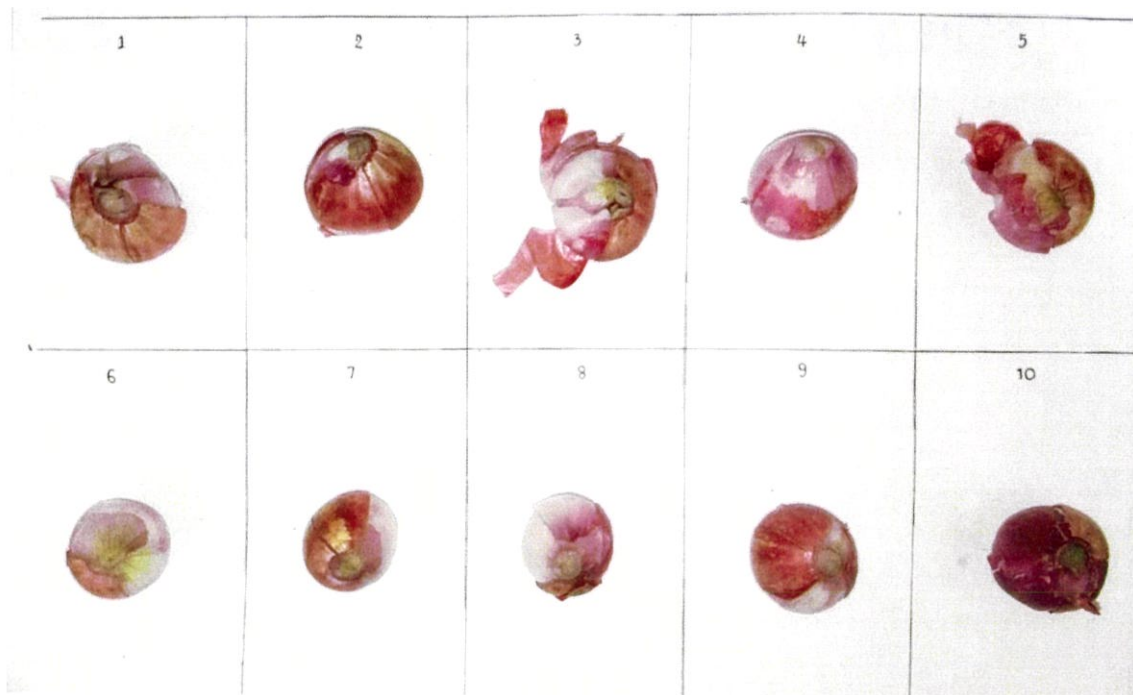
รูปที่ 40 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



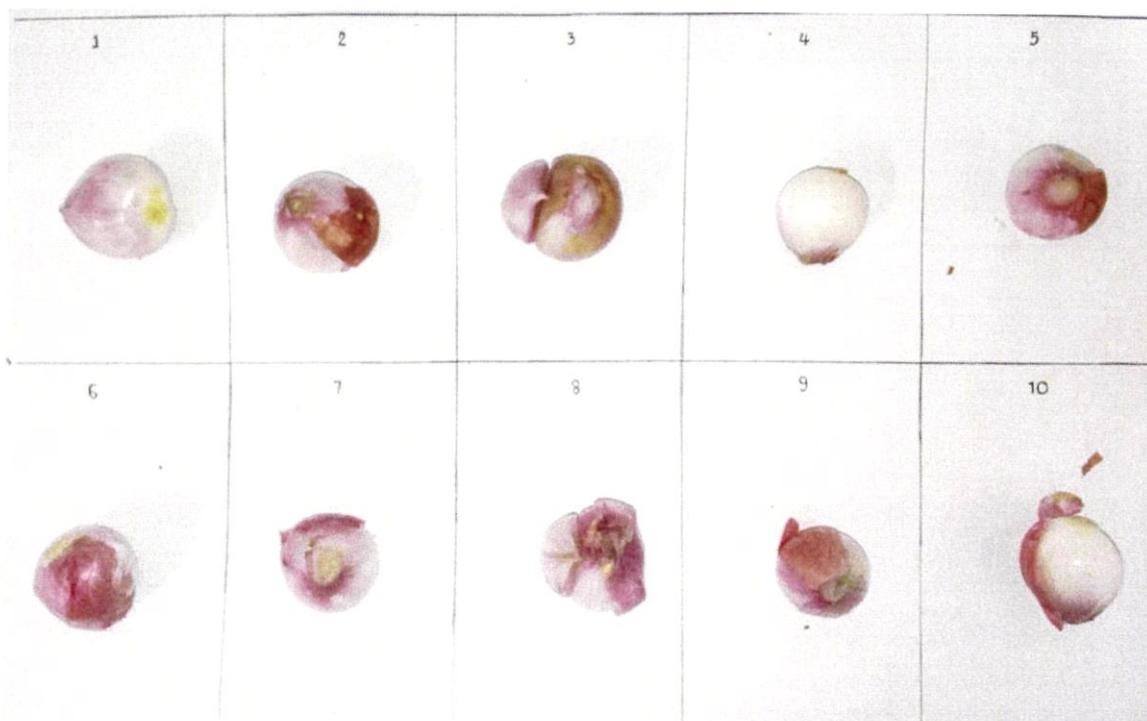
รูปที่ 41 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



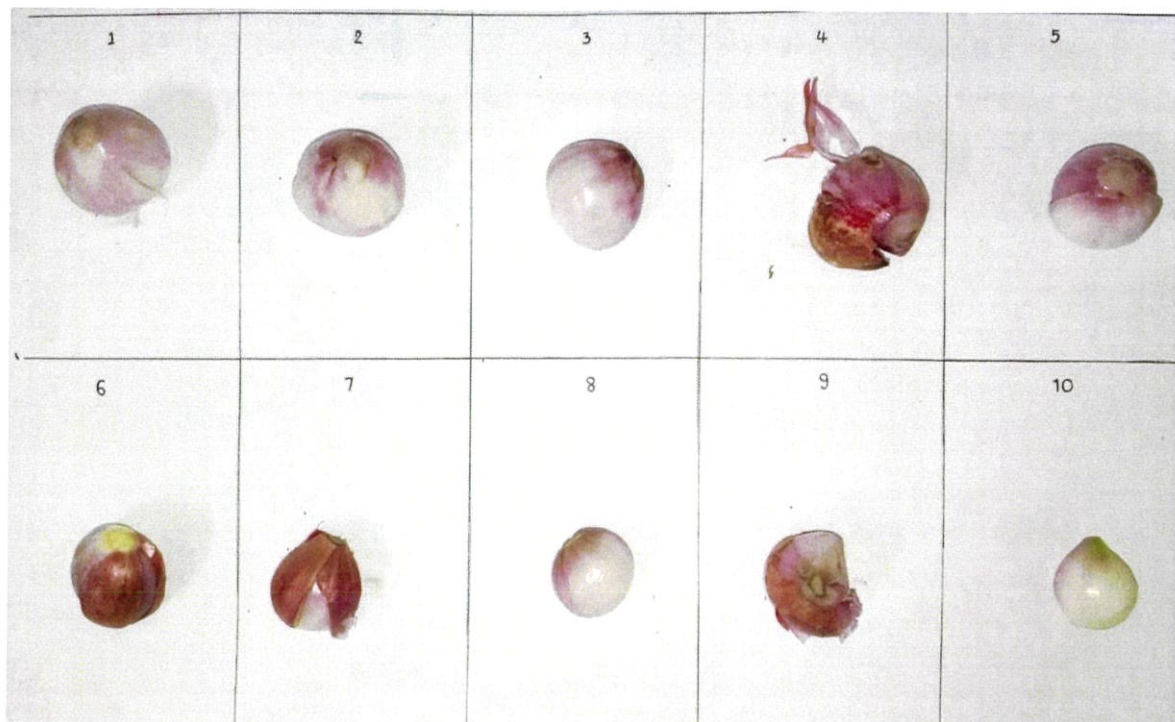
รูปที่ 42 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



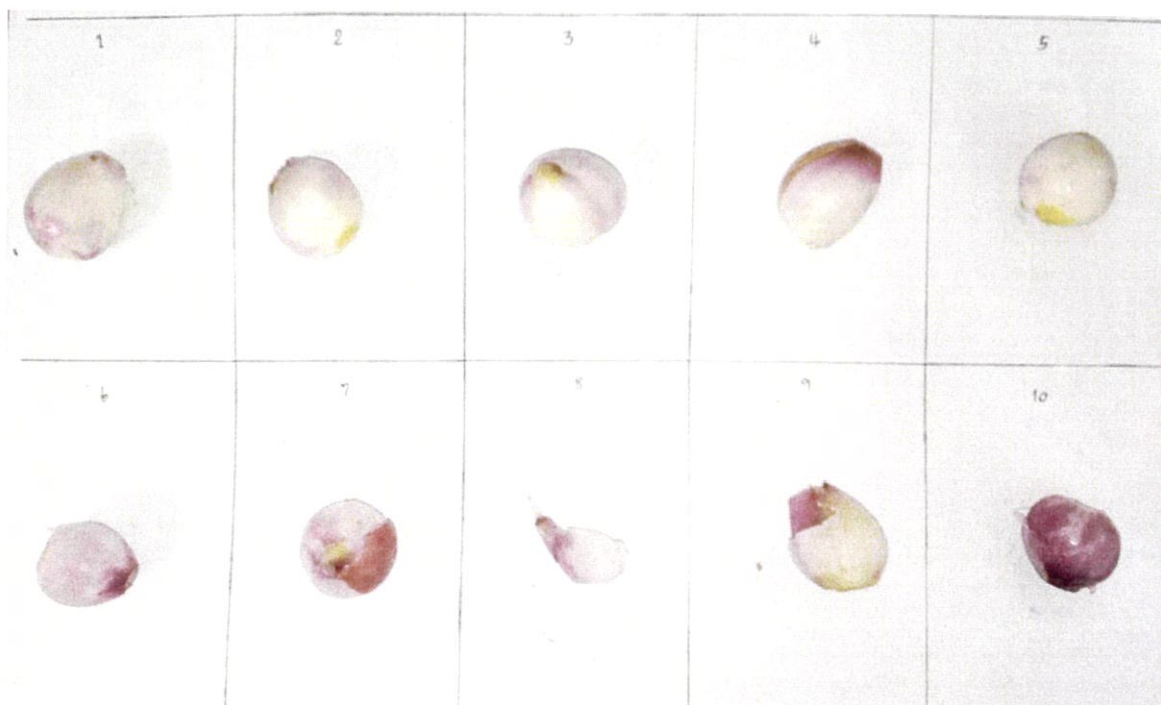
รูปที่ 43 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



รูปที่ 44 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



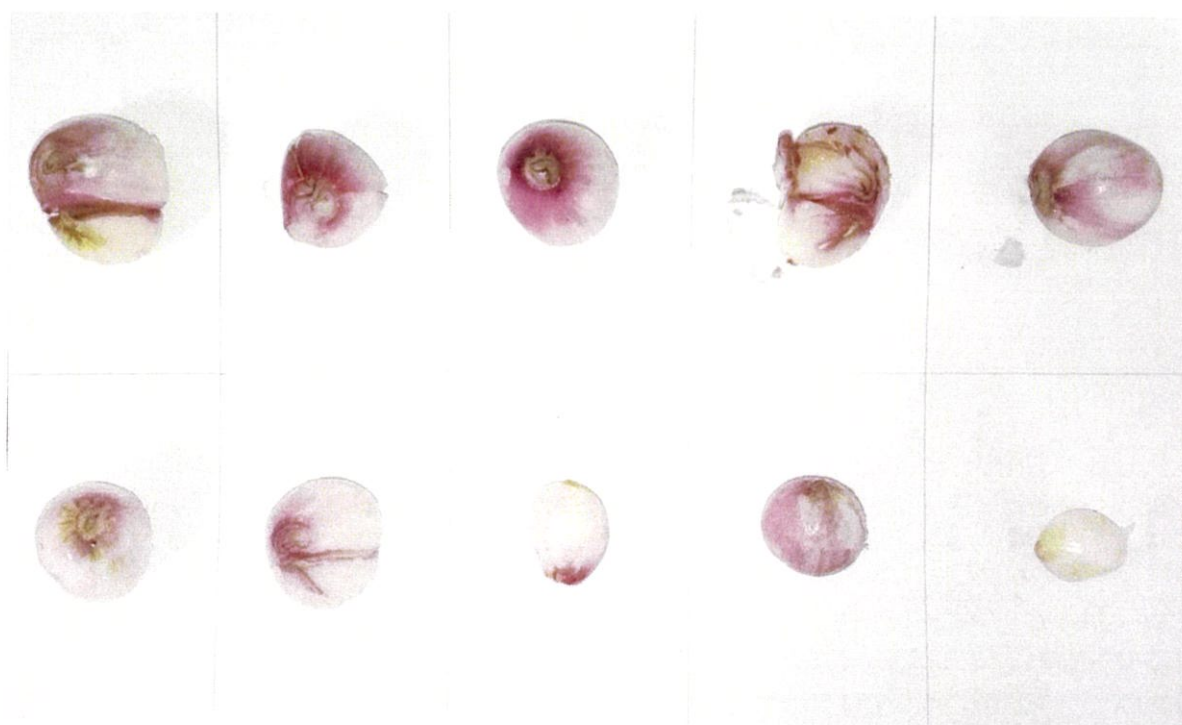
รูปที่ 45 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



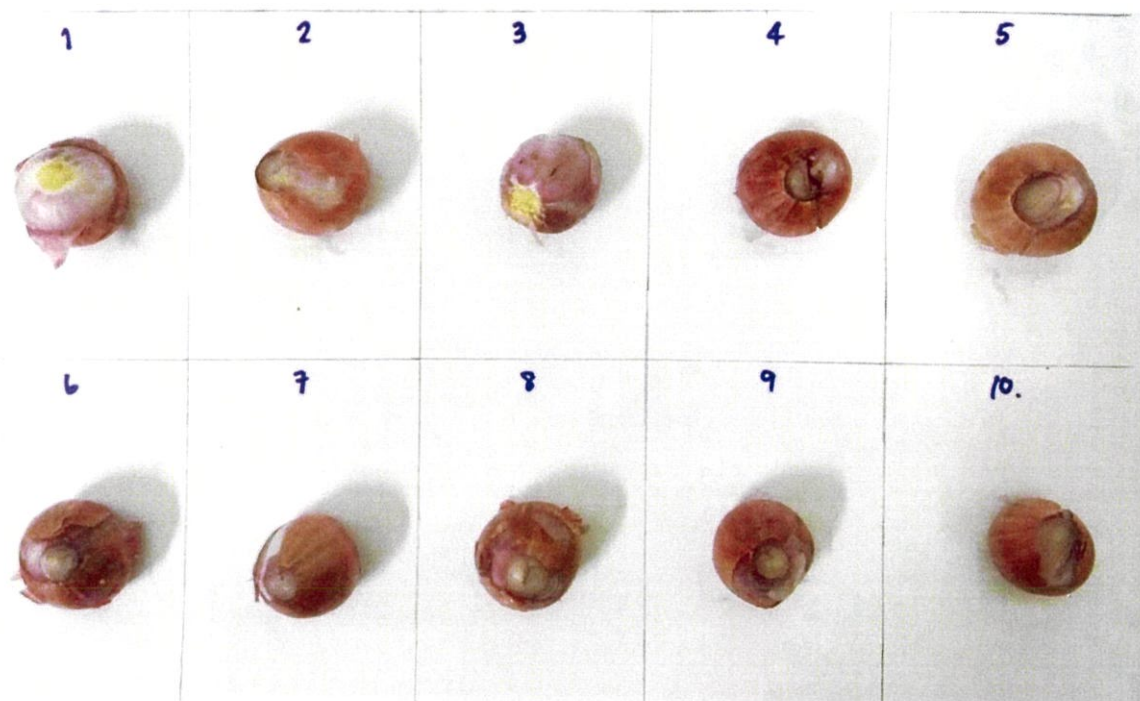
รูปที่ 46 ผลการปลูกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



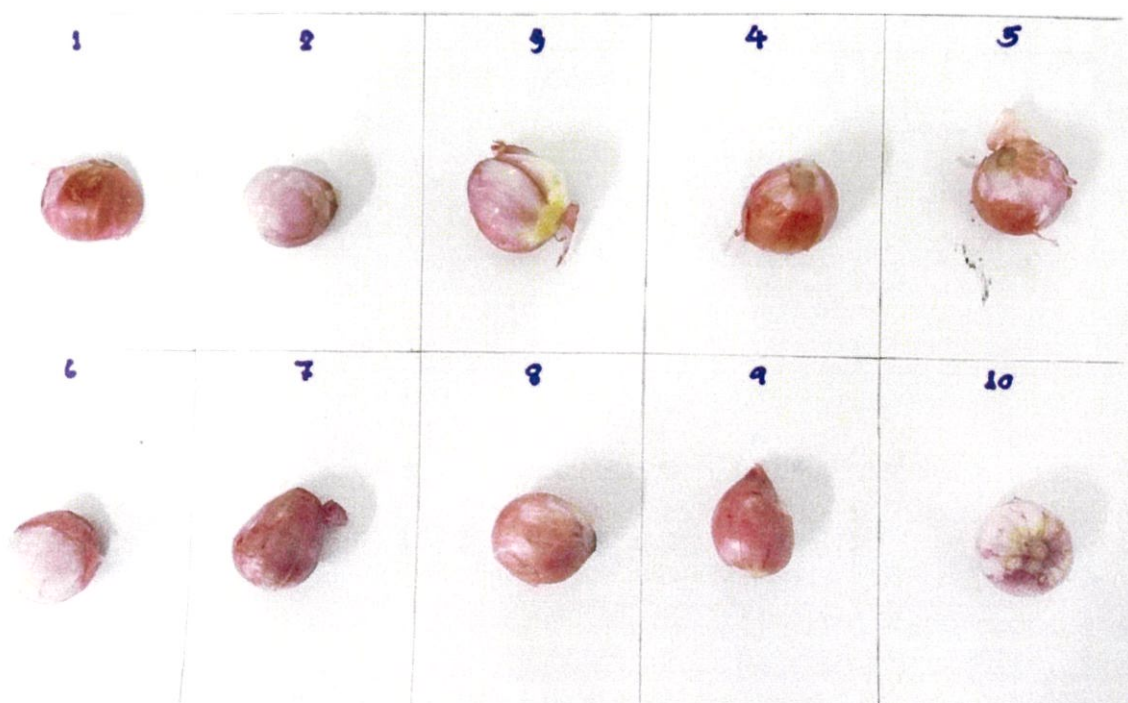
รูปที่ 47 ผลการปกอกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



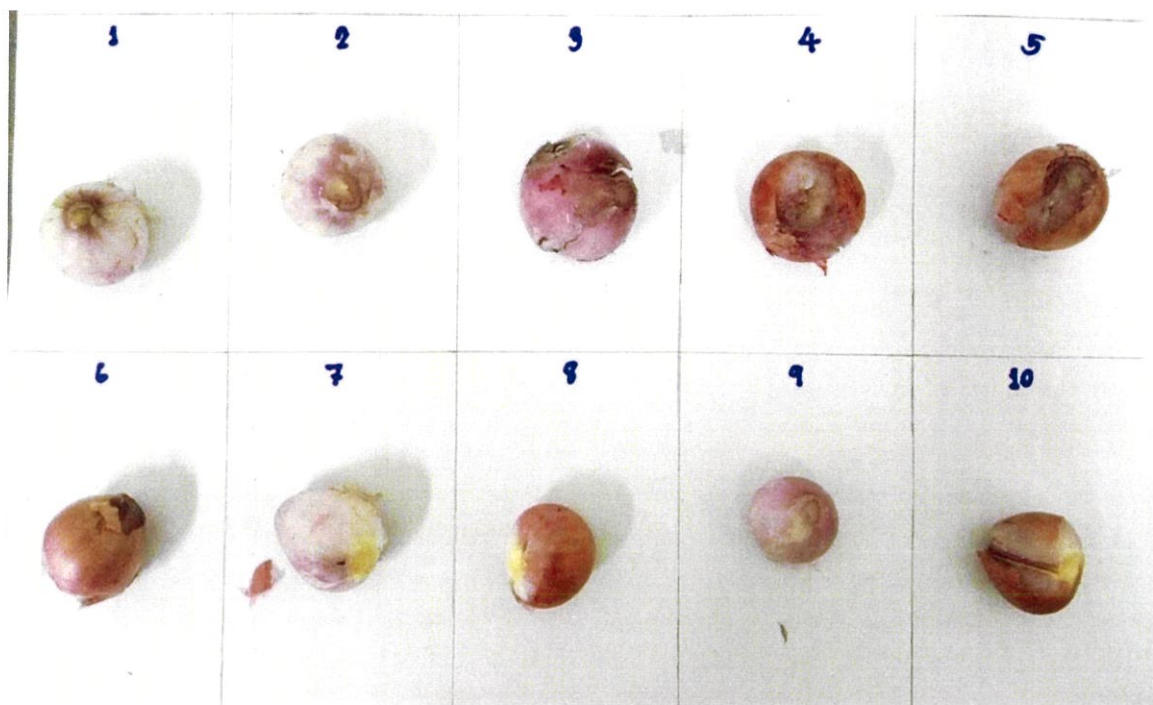
รูปที่ 48 ผลการปกอกหอมแดงแบบมีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



รูปที่ 49 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



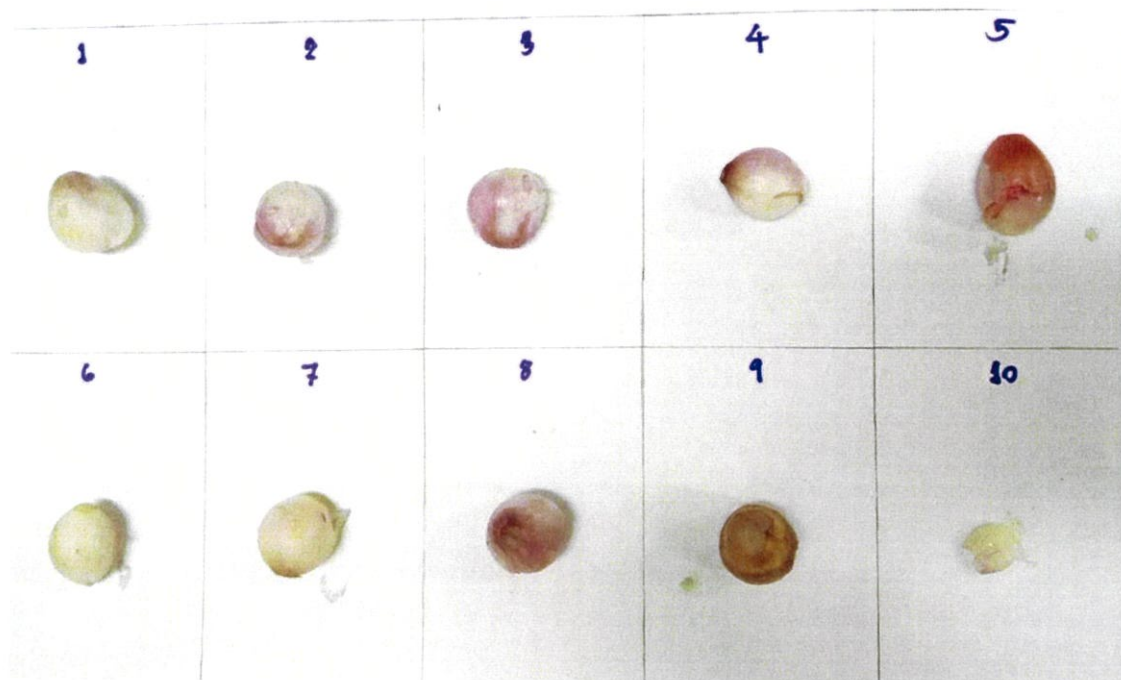
รูปที่ 50 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



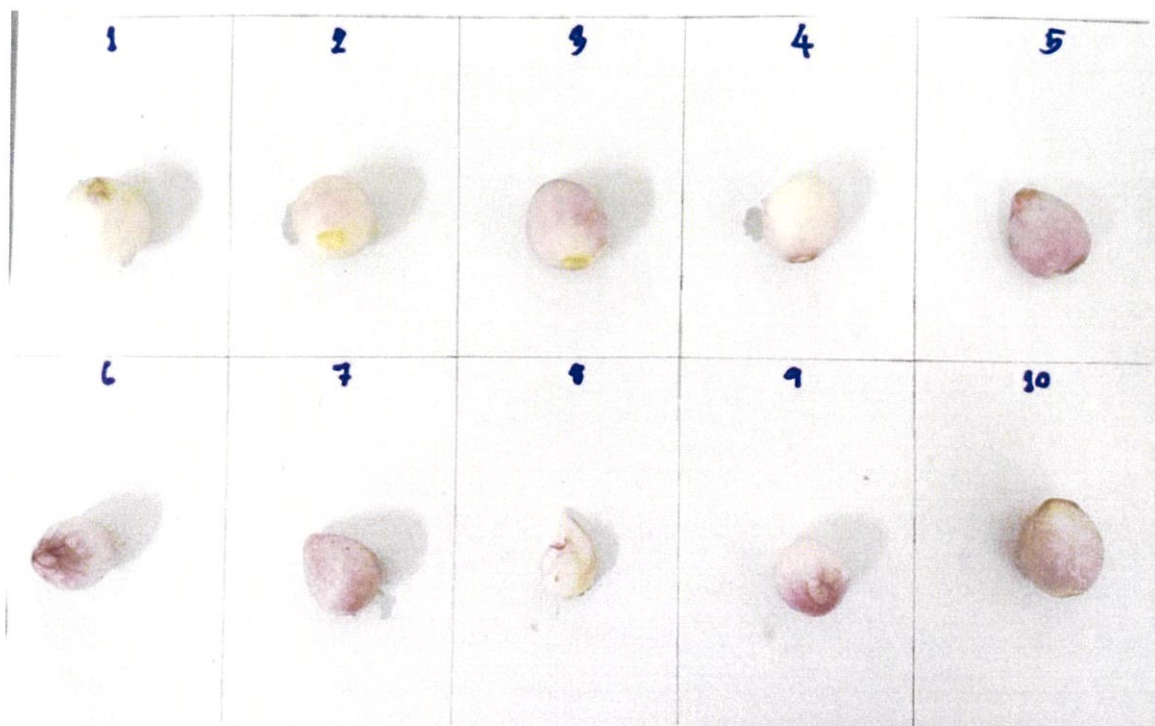
รูปที่ 51 ผลการปอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



รูปที่ 52 ผลการปอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



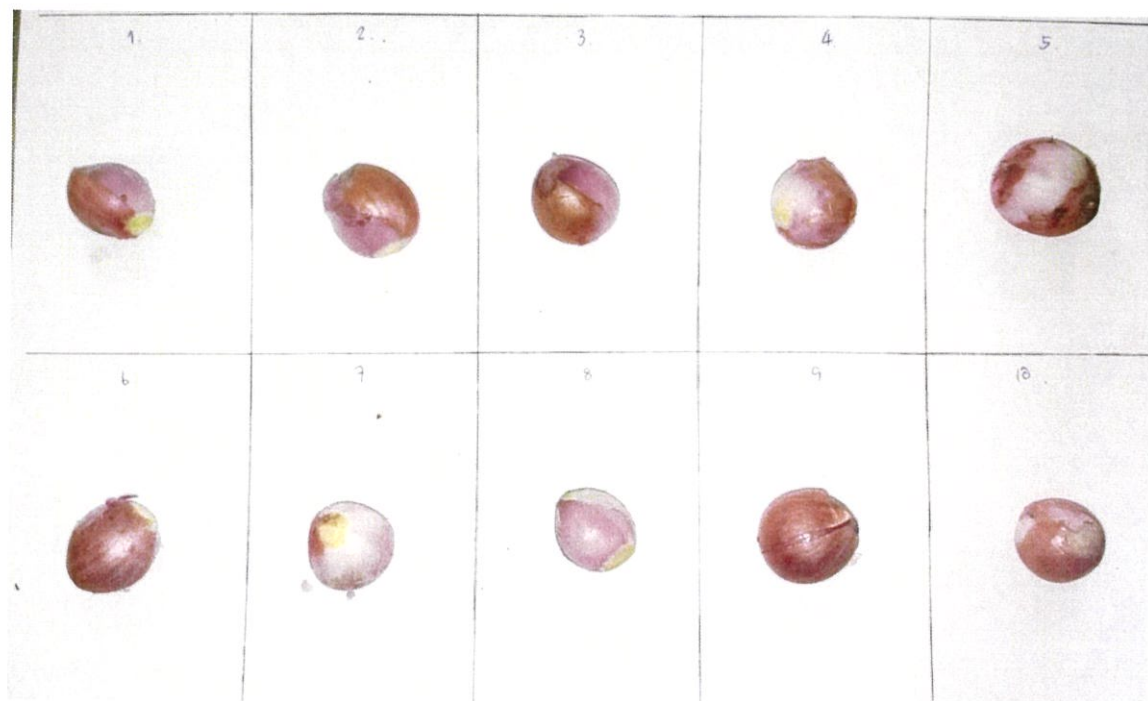
รูปที่ 53 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 54 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 1 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



รูปที่ 55 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



รูปที่ 56 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



รูปที่ 57 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



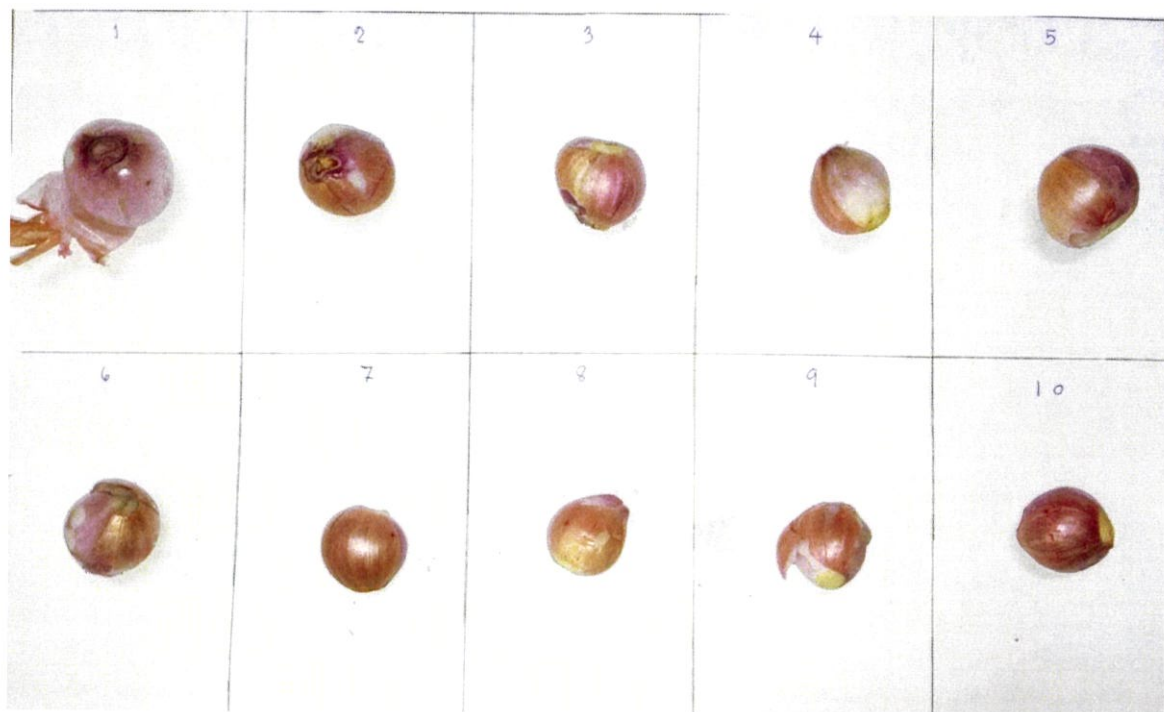
รูปที่ 58 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



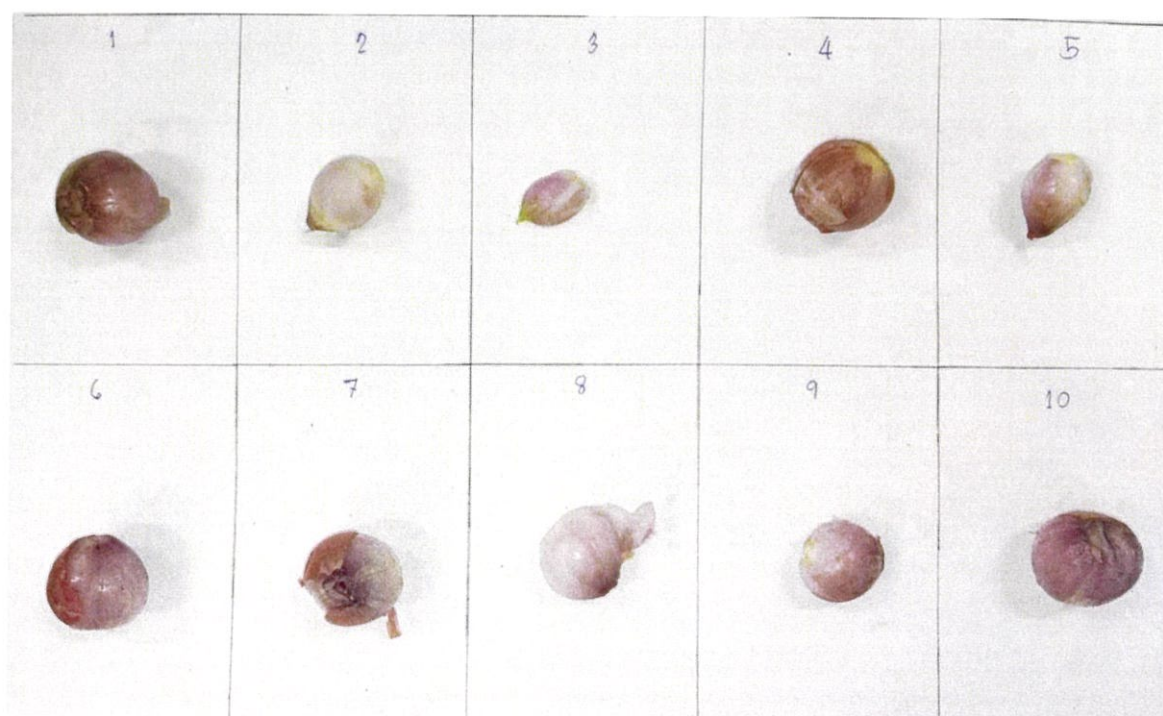
รูปที่ 59 ผลการปอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



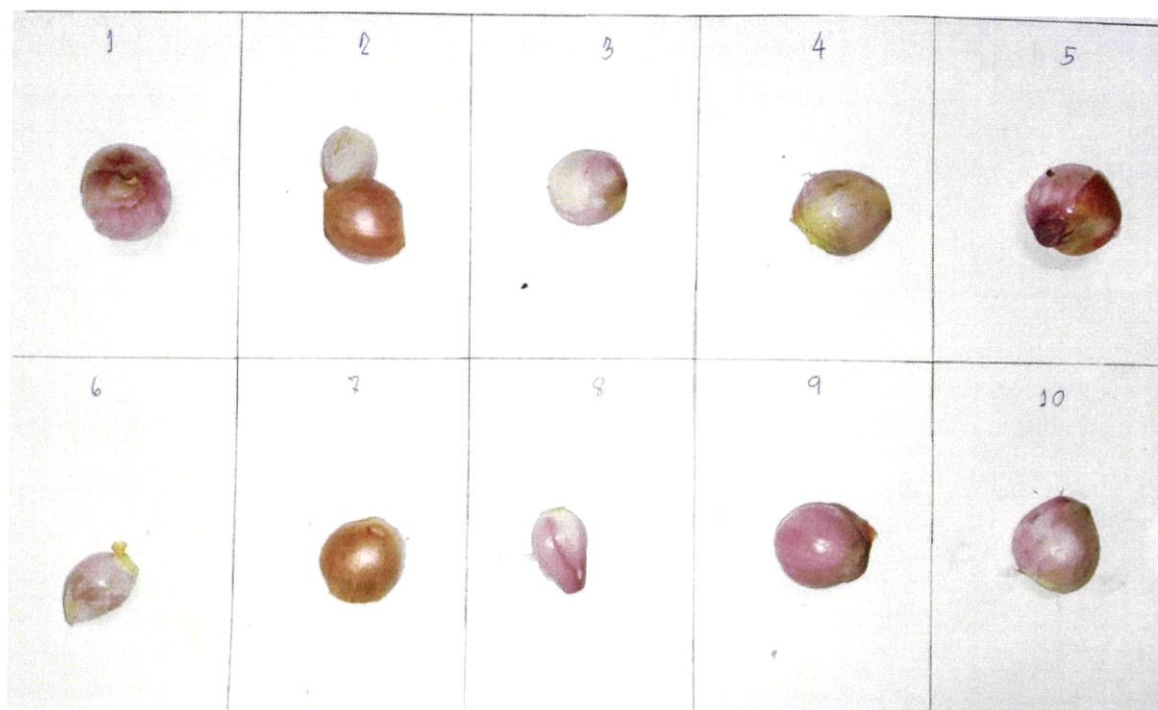
รูปที่ 60 ผลการปอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 2 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



รูปที่ 61 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



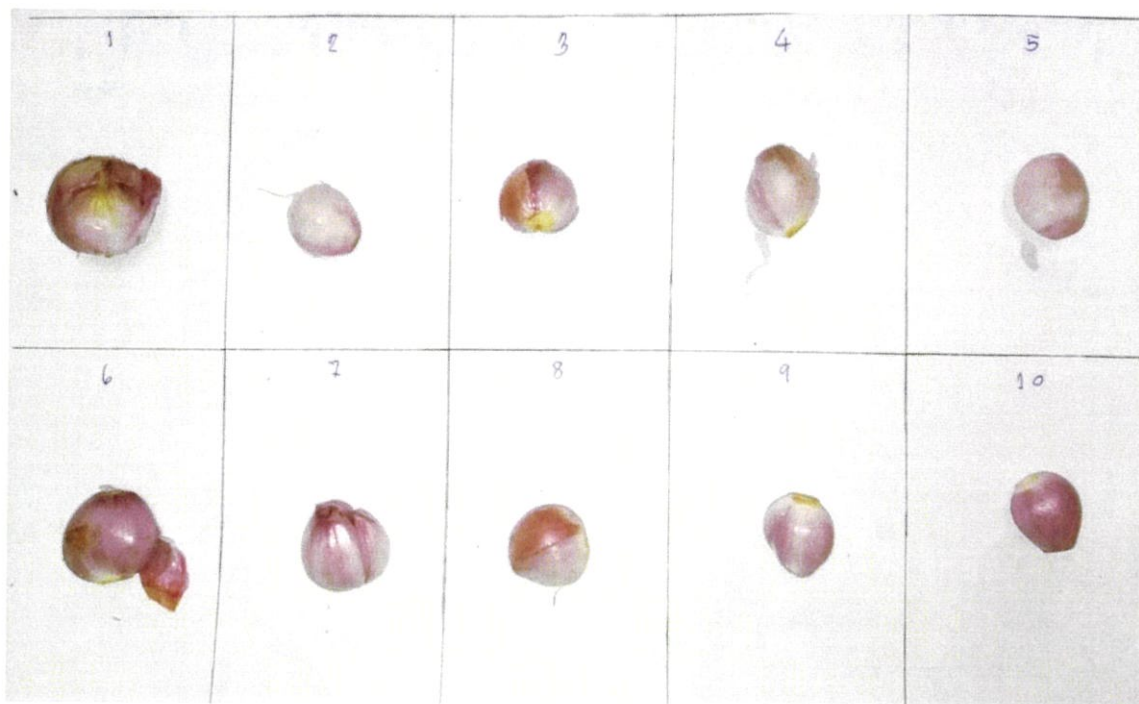
รูปที่ 62 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



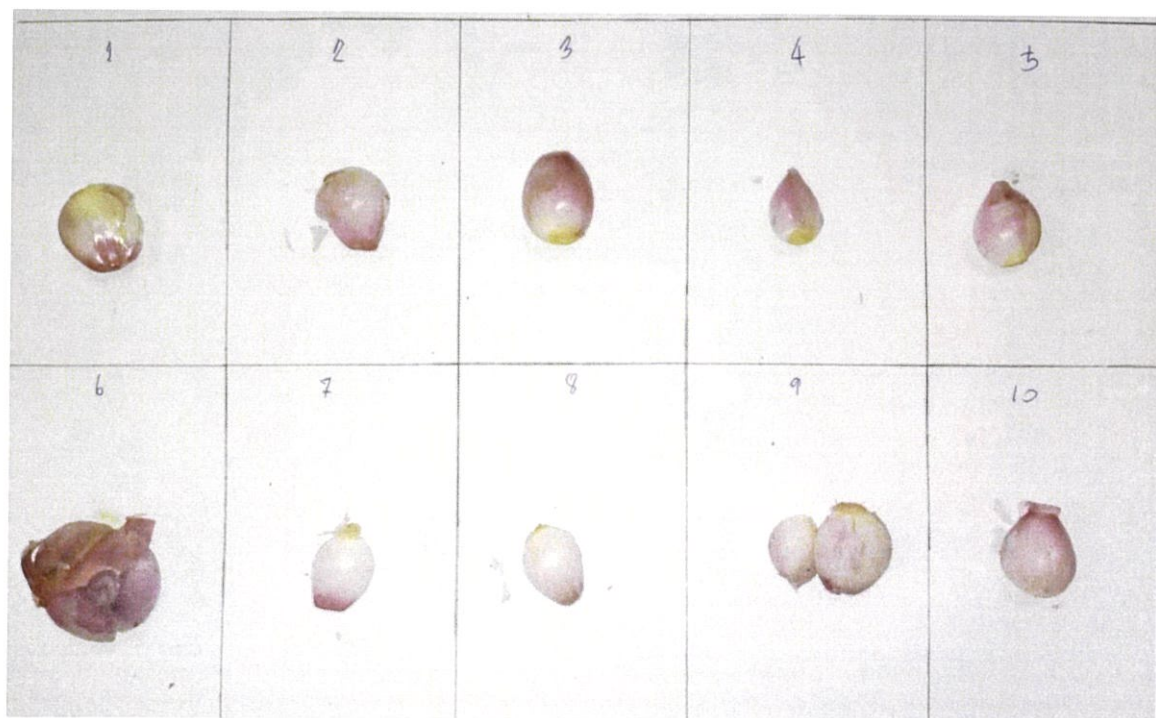
รูปที่ 63 ผลการปอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



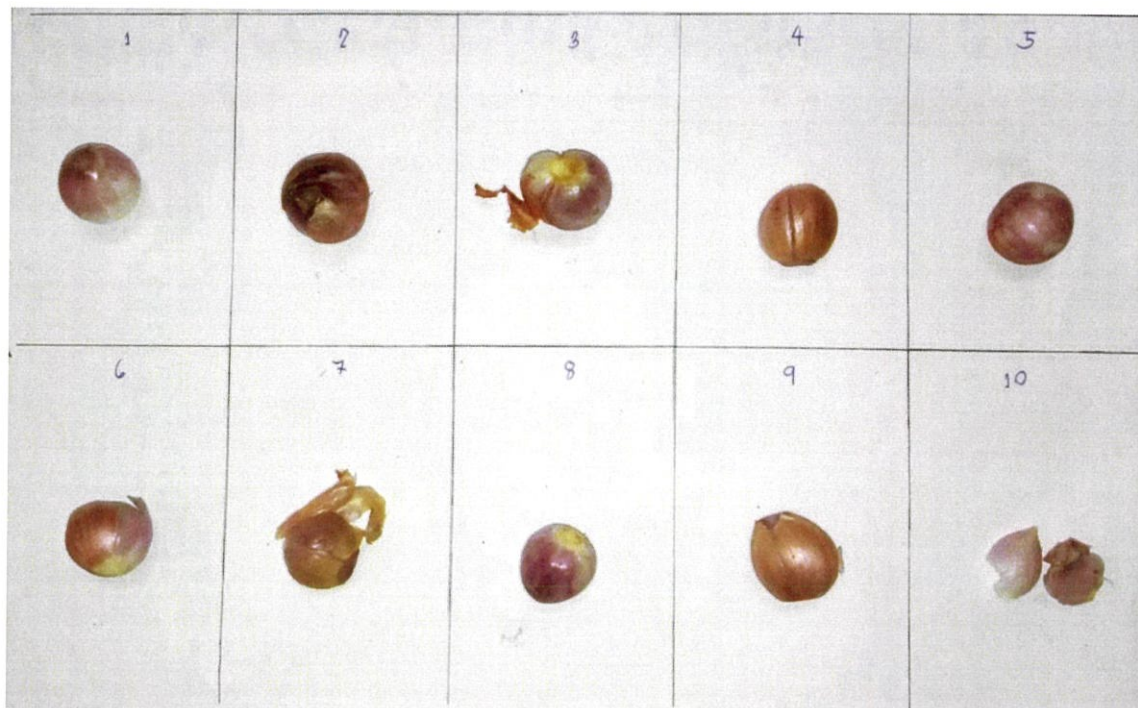
รูปที่ 64 ผลการปอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



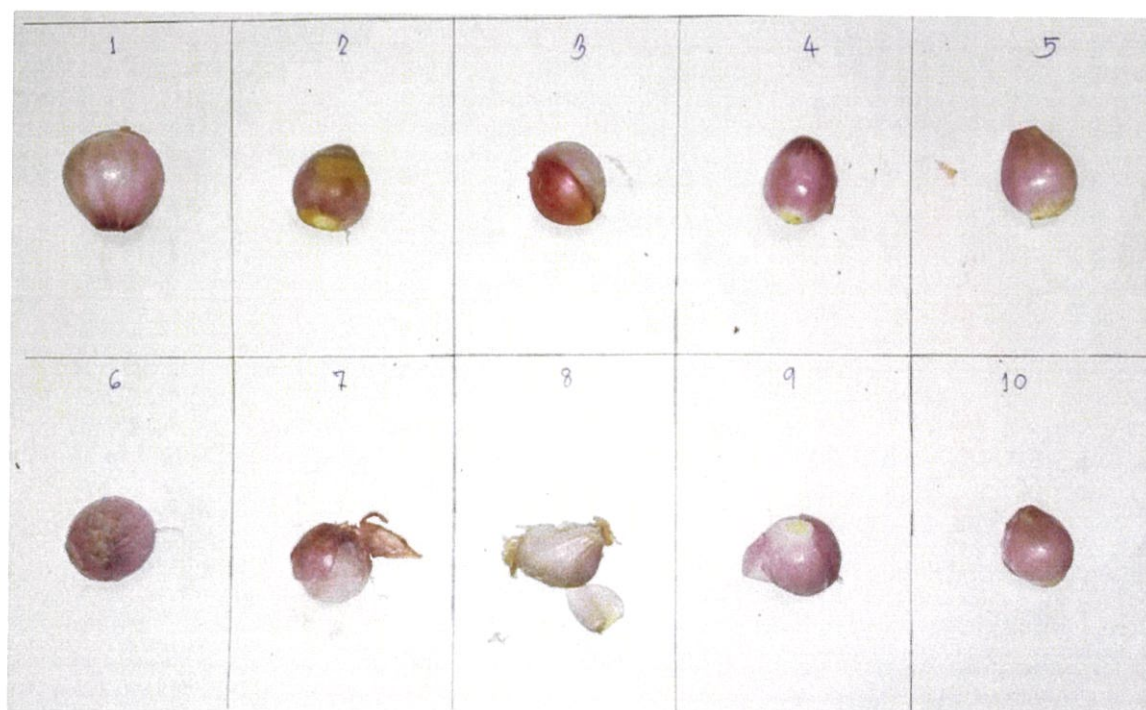
รูปที่ 65 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 66 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 3 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



รูปที่ 67 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 10 วินาที



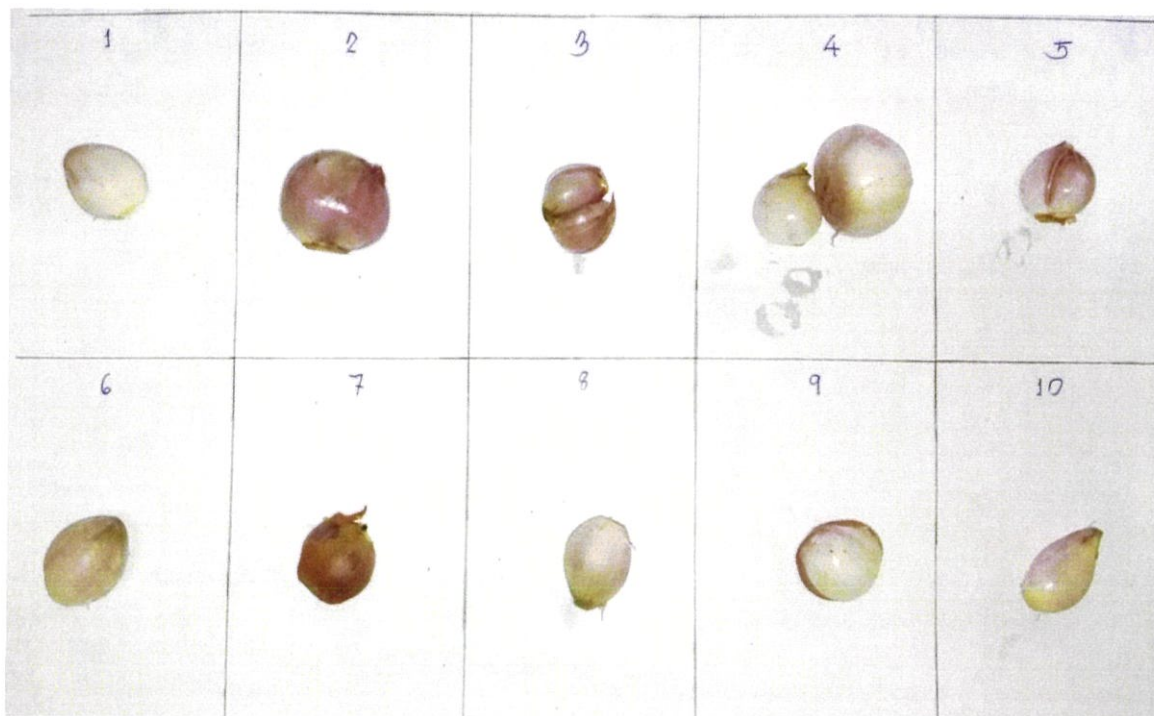
รูปที่ 68 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 20 วินาที



รูปที่ 69 ผลการปลูกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 30 วินาที



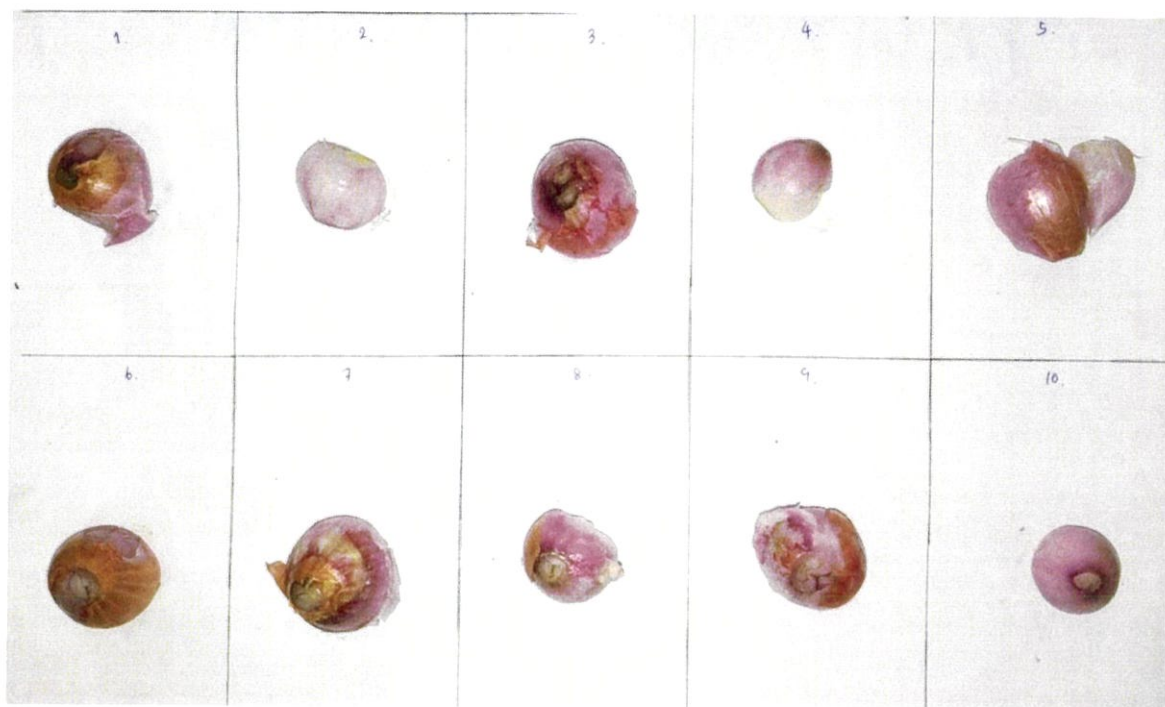
รูปที่ 70 ผลการปลูกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 40 วินาที



รูปที่ 71 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 50 วินาที



รูปที่ 72 ผลการปกอกหอมแดงโดยเปลี่ยนแผ่นยาง มีที่กั้นด้านบน มี 4 รอยกรีด เวลา 60 วินาที



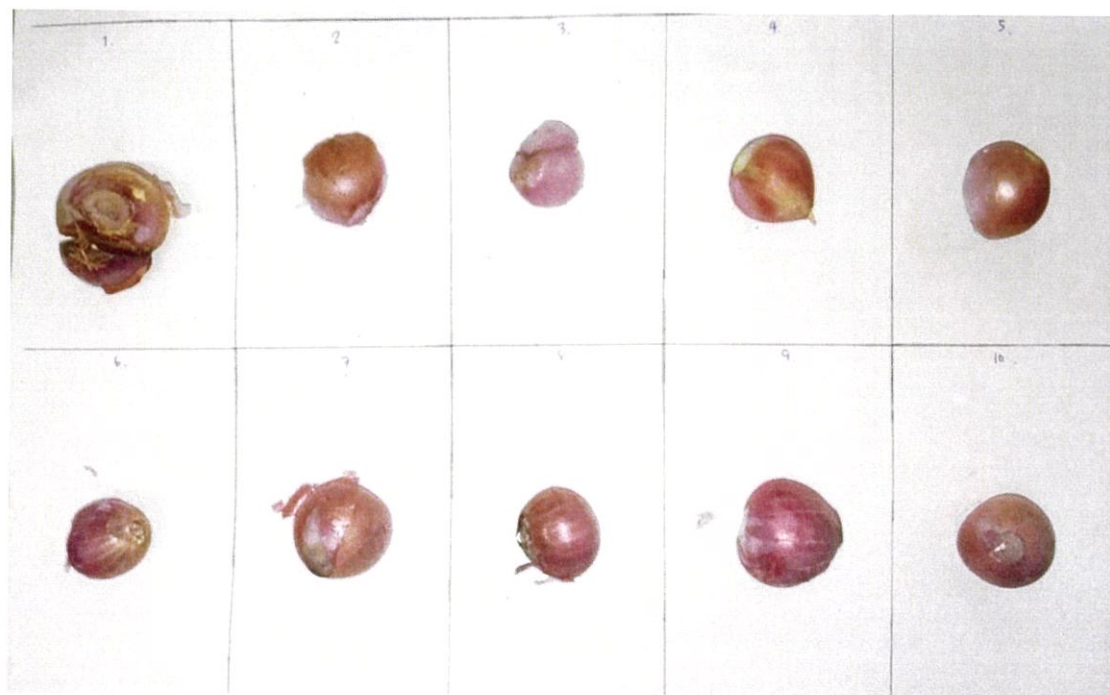
รูปที่ 73 ผลการปกกหอมแดง 1 กรีด ทำมุม 0 องศา เวลา 30 วินาที



รูปที่ 74 ผลการปกกหอมแดง 1 กรีด ทำมุม 45 องศา เวลา 30 วินาที



รูปที่ 75 ผลการปอกหอมแดง 1 กรีด ทำมุม 67.5 องศา เวลา 30 วินาที



รูปที่ 76 ผลการปอกหอมแดง 1 กรีด ทำมุม 90 องศา เวลา 30 วินาที

รูปแสดงการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขัด 225 rpm
และความเร็วรอบของลูกกลิ้งขับในความเร็วรอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 77 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 25 rpm



รูปที่ 78 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 30 rpm



รูปที่ 79 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 35 rpm



รูปที่ 80 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 40 rpm

รูปแสดงการลอกหอมแดงด้วยเครื่องลอกหอมแดงที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขีด 300 rpm

และความเร็วรอบของลูกกลิ้งขีดในความเร็รรอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 81 ผลการลอกหอมแดงด้วยเครื่องลอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขีด 25 rpm



รูปที่ 82 ผลการลอกหอมแดงด้วยเครื่องลอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขีด 30 rpm



รูปที่ 83 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 35 rpm



รูปที่ 84 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 40 rpm

รูปแสดงการปกหมแดงด้วยเครื่องปกหมแดงที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขัด 375 rpm

และความเร็วรอบของลูกกลิ้งขับในความเร็วรอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 85 ผลการปกหมแดงด้วยเครื่องปกหมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 25 rpm



รูปที่ 86 ผลการปกหมแดงด้วยเครื่องปกหมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 30 rpm



รูปที่ 87 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 35 rpm



รูปที่ 88 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 40 rpm

รูปแสดงการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วรอบของลูกกลิ้งขัด 450 rpm
และความเร็วรอบของลูกกลิ้งขับในความเร็วรอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 89 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 25 rpm



รูปที่ 90 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 30 rpm



รูปที่ 91 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 35 rpm



รูปที่ 92 ผลการปอกหอมแดงด้วยเครื่องปอกหอมแดงที่ความเร็วของลูกกลิ้งขับ 40 rpm