



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบล้างเพื่อกำจัดเพลี้ยแป้งในเงาะ

**Development of Washing System for Removing of
Mealy Bug in Rambutan**

โดย

นางสาวบุศรากรณ์ มหาโยธี

นายปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ

นายชัยวัฒน์ บรรไรเดเพชร

นายศราวุธ ภูไพจิตรกุล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่ดำเนินการเสร็จ พ.ศ. 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2554 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร (SURDI SURDI 54/01/46) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท สวิฟท์ จำกัด ในการให้ความช่วยเหลือในด้านข้อมูลและข้อเสนอแนะในการวิจัย

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ การพัฒนาระบบล้างเพื่อกำจัดเพื้อเลี้ยงในเงาะ

ชื่อผู้วิจัย บุศราภรณ์ มหาโยธี¹ ปราโมทย์ ภูวจิตรจารุ¹ ชัยวัฒน์ บรรดิไพบีชร² และ

ศราวุธ ภูโพิจิตรกุล³

หน่วยงานที่สังกัด ¹ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

²ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

³ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งอุดหนุนการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ 2555

ปัญหาที่สำคัญของการส่งออกเงาะของประเทศไทยไปยังต่างประเทศโดยเฉพาะในตลาดยุโรปคือการปนเปื้อนของเพื้อเลี้ยง โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบล้างเพื้อเลี้ยงในเงาะโดยศึกษากระบวนการฟิรืรืตด้วยลมร้อนและน้ำร้อน การใช้แรงดันน้ำ 2-4 บาร์ การใช้แรงดันน้ำร่วมกับน้ำยาล้างผักที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวในการน็ดล้างเงาะ พบว่ากระบวนการฟิรืรืตด้วยลมและน้ำร้อนไม่สามารถลดและกำจัดเพื้อเลี้ยงได้ และยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนกล่าวคือเปลือกและขนเงาะเปลี่ยนสีจากสีแดงสดไปเป็นสีน้ำตาล การใช้หัวหัวน็ดแบบ full cone น็ดด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ทั้ง 4 ทิศทาง ได้แก่ ด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย และด้านขวา เป็นเวลา 30 วินาที น็ดเงาะทั้งลูกมีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยมีร้อยละการกำจัดเพื้อเลี้ยงมีค่าเท่ากับ 96.25 เมื่อเทียบกับการน็ดด้านบนด้านเดียวซึ่งไม่สามารถกำจัดเพื้อเลี้ยงที่ติดอยู่ที่บริเวณขั้วและด้านล่างได้ นอกจากนี้ยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ จึงสามารถนำสภาวะต่างๆไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบล้างที่สามารถปฏิบัติงานได้จริงในระดับอุตสาหกรรมต่อไปได้

Abstract

Research Title Development of Washing System for Removing of Mealy Bug in Rambutan

Researcher Busarakorn Mahayothee¹, Pramote Khuwijitjaru¹, Chaiwat Bandaiphet², Sarawut Phupaichitkun³

Office ¹Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

²Department of Biotechnology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

³Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Research Grants Research and development Institute, Silpakorn University

Year 2012

One of the most important obstacles for rambutan (*Nephelium lappaceum*) exporting, especially to European market, is a contamination of mealy bug. This study aimed to develop a washing system for removing of the mealy bug in rambutan. Effects of pretreatments with hot air and water, pressurized water at 2-4 bar, and combination of pressure spraying and a surfactant containing vegetables cleaning solution were investigated. Results showed that the hot air and water pretreatments were ineffective for removing of the mealy bug. In addition, these pretreatments adversely affected the quality of the fruit because the brown color developing on the peel. Using a full cone nozzle for spraying water at 4 bar from 4 directions (the fruit was horizontally placed), i.e., above, under, and 2 sides of the fruit, for 30 sec was the most effective mean with the removal percentage of 96.25, while spraying from above the fruit was not able to remove the bug presented around the stalk and the bottom part. No physical change was observed by this method. Therefore, the developed washing system showed a potential for implementing in an industrial scale.

สารบัญ

เรื่อง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 สถานที่ทำการศึกษา	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 เงานะ	3
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของเงานะ	3
2.1.2 พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย	4
2.1.3 แมลงและศัตรูธรรมชาติของเงานะ	5
2.2 เพลี้ยแป้ง	6
2.2.1 ลักษณะของเพลี้ยแป้ง	6
2.2.2 ชีวะและนิเวศวิทยาของเพลี้ยแป้ง	7
2.2.3 ชนิดของเพลี้ยแป้งที่ระบาดในเงานะ	8
2.3 น้ำยาล้างผักและผลไม้	10
2.4 ความรู้ทั่วไปของหัวถัสด	11
2.5 เครื่องล้างผลไม้ทั่วไปในอุตสาหกรรม	12
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 การทดลอง	16
3.1 วัตถุประสงค์	16
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	16
3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	16
3.2.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพเงานะ	16
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย	16
3.4 วิธีการทดลอง	17
3.4.1 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้ลมร้อน	17
3.4.2 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้น้ำร้อน	17

3.4.3 การใช้แรงดันน้ำในการฉีดพ่น (ใช้หัวฉีดการเกษตร)	18
3.4.4 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ในการฉีดพ่น (แบ่งประเภทตามจำนวนไข่อเพลี้ย)	18
3.4.5 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวในการฉีดพ่น (แบ่งประเภทตามจำนวนไข่อเพลี้ย)	19
3.4.6 การใช้แรงดันน้ำฉีดพ่น	20
3.4.7 การใช้แรงดันน้ำฉีดพ่นเจาะครึ่งผล	20
3.4.8 การใช้แรงดันน้ำฉีดพ่นเจาะทั้งผล	21
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง	22
4.1 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้ลมร้อน	22
4.2 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้น้ำร้อน	23
4.3 การหาแรงดันน้ำที่เหมาะสมในการฉีดล้างกำจัดไข่อเพลี้ยแป้ง	23
4.4 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ในการฉีดพ่น (แบ่งกลุ่มตามจำนวนไข่อเพลี้ยแป้ง)	26
4.5 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับน้ำยาล้างผักในการฉีดพ่นเจาะ (แบ่งกลุ่มตามจำนวนไข่อเพลี้ยแป้ง)	27
4.6 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดล้างขึ้นเปลือกเจาะขนาด 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร	29
4.7 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดล้างเปลือกเจาะครึ่งผล	30
4.8 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดล้างเจาะทั้งลูก	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	32
เอกสารอ้างอิง	33
ประวัติผู้วิจัย	36
1. หัวหน้าโครงการวิจัย	36
2. ผู้ร่วมโครงการ (1)	37
3. ผู้ร่วมโครงการ (2)	38
4. ผู้ร่วมโครงการ (3)	39

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 จำนวนขึ้นเงาที่ใช้ในการฉีดพ่นด้วยแรงดันในแต่ละทรีตเมนต์.....	18
3.2 จำนวนขึ้นเงาที่ใช้ในการฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ในแต่ละทรีตเมนต์.....	19
3.3 จำนวนขึ้นเงาที่ใช้ในการฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับน้ำยาล้างผักที่มี ส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวในแต่ละทรีตเมนต์.....	20
4.1 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังผ่านการทรีตเมนต์ด้วยลมร้อน.....	22
4.2 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังผ่านการทรีตเมนต์ด้วยน้ำร้อน.....	23
4.3 การไหลของน้ำที่ผ่านหัวฉีดการเกษตรที่แรงดัน 2, 3 และ 4 บาร์.....	24
4.4 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังการใช้แรงดันน้ำ 2, 3 และ 4 บาร์ ฉีดพ่นขึ้นเงา.....	25
4.5 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังการใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดพ่นขึ้นเงา.....	26
4.6 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังการใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับน้ำยาล้างผัก ฉีดพ่นขึ้นเงา.....	28
4.7 ข้อมูลหัวฉีด full cone spray nozzle รุ่น 1/4M JJXPIS JFJ-S ที่แรงดันน้ำ 4 บาร์.....	29
4.8 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังการใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดพ่นเงาครึ่งผล.....	30

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ผลเงาะโรงเรียนสด	3
รูปที่ 2.2 ต้นเงาะพันธุ์โรงเรียน	4
รูปที่ 2.3 ผลเงาะพันธุ์สีทอง	5
รูปที่ 2.4 ผลเงาะพันธุ์สีชมพู	5
รูปที่ 2.5 ลักษณะต้นเงาะที่มีและไม่มีศัตรูพืชเข้าทำลาย	6
รูปที่ 2.6 ลักษณะลำตัวของเพลี้ยแป้ง	7
รูปที่ 2.7 วงจรชีวิตของเพลี้ยแป้ง	8
รูปที่ 2.8 ลักษณะของเพลี้ยแป้งที่แพร่จำนวนมากบนเปลือกเงาะ	8
รูปที่ 2.9 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด <i>Ferrisia virgata</i>	9
รูปที่ 2.10 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด <i>Planococcus lilacinus</i>	9
รูปที่ 2.11 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด <i>Planococcus minor</i>	9
รูปที่ 2.12 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด <i>Rastrococcus</i> sp	10
รูปที่ 2.13 การทำงานของสารลดแรงตึงผิว	11
รูปที่ 2.14 หัวฉีดแบบ Full Cone	12
รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป	13
รูปที่ 4.1 ภาพโครงร่างของเครื่องล้างเงาะในระดับปฏิบัติการตอนที่ 1	24
รูปที่ 4.2 ภาพโครงร่างของเครื่องล้างเงาะในระดับปฏิบัติการตอนที่ 2	31
รูปที่ 4.3 สีของเปลือกเงาะที่ไม่ได้ผ่านการฉีดด้วยแรงดันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0-5 วัน	31
รูปที่ 4.4 สีของเปลือกเงาะที่ผ่านการฉีดด้วยแรงดัน 4 บาร์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0-5 วัน	31

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เงาะเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีลักษณะภายนอกแปลกตา แต่ละสายพันธุ์มีกลิ่นสีเยี้ยว เหลือง แดง และชมพู มีรสชาติหวานอมเปรี้ยว สายพันธุ์เงาะในประเทศไทย ได้แก่ พันธุ์โรงเรียนซึ่งเป็นเงาะพันธุ์ดีที่สุดในประเทศไทย พันธุ์สีชมพู พันธุ์สีทอง พันธุ์น้ำตาลกรวด พันธุ์บางยี่ขัน พันธุ์เงาะม้ง พันธุ์ชาล้งอ (อิทธิฤทธิ์, มปป.) เป็นต้น

ในปัจจุบันประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตและส่งออกเงาะที่สำคัญของโลก โดยปริมาณการผลิตผลเงาะทั้งประเทศมีมากกว่า 300,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) และมีปริมาณการส่งออกในปี 2555 ประมาณ 11,000 ตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 165 ล้านบาท (กระทรวงพาณิชย์, 2556) ตลาดหลักในการส่งออกเงาะของประเทศไทยคือกลุ่มประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออก เอเชียใต้ ได้แก่ เวียดนาม, มาเลเซีย และเมียนมาร์ ตามลำดับ และคาดว่าจะมีการส่งออกเงาะเพิ่มมากขึ้นในประเทศจีน ฮองกง สวิตเซอร์แลนด์ และสหภาพยุโรป เป็นต้น โดยมีการลดภาษีผลไม้เหลือ 0 เปอร์เซนต์ ตลอดจนมีการทำข้อตกลงการค้าเสรีระหว่างไทย-อินเดีย, ไทย-จีน และ ไทย-ออสเตรเลีย แต่ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการส่งออกเงาะไปต่างประเทศ โดยเฉพาะในตลาดที่มูลค่าสูงอย่างยุโรป ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย คือการปนเปื้อนของราแป้งและเพลี้ยแป้ง ซึ่งสินค้าจะต้องผ่านการตรวจสอบการปนเปื้อนของแมลงและสิ่งแปลกปลอมอีกด้วย ตัวอย่างเช่น ในสหภาพยุโรปมีระบบแจ้งเตือนที่เรียกว่า Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) ซึ่งระดับรุนแรงที่สุดของการแจ้งเตือนคือ Boarder Rejection ซึ่งส่งผลให้มีปัญหาจากการนำเข้าสินค้าจากประเทศต้นกำเนิด

จากปัญหาดังกล่าวในโรงงานผู้ส่งออกเงาะไปยังประเทศสหภาพยุโรป ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย จึงจำเป็นต้องมีวิธีการกำจัดเพลี้ยที่ปนเปื้อน โดยการศึกษาวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบล้างเพลี้ยแป้งในเงาะด้วยการพริต การใช้แรงดันน้ำ และการใช้น้ำยาล้างผักที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิว ร่วมกับแรงดันน้ำพร้อมทั้งมีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องล้างเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการพริตเพื่อกำจัดเพลี้ยแป้งในเงาะ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของตัวแปรควบคุมต่างๆ ได้แก่ แรงดันน้ำ ระยะห่างระหว่างหัวฉีดกับผิวเปลือกเงาะ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างกำจัดเพลี้ยแป้งในเงาะ

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้แรงดันน้ำ ร่วมกับน้ำยาล้างผักที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิว ได้แก่ sodium lauryl ether sulfate ในกระบวนการล้างกำจัดเพลี้ยแป้งในเงาะ

1.2.4 เพื่อออกแบบและปรับปรุงเครื่องล้างเงาะ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 ออกแบบเครื่องล้างเงาะในระดับห้องปฏิบัติการ
- 1.3.2 ศึกษากระบวนการฟัรทรีด ได้แก่ การใช้ลมร้อนและลมเย็น
- 1.3.3 ศึกษาการล้างโดยใช้แรงดันน้ำ (2-4 บาร์)
- 1.3.4 ศึกษาการใช้แรงดันน้ำร่วมกับสารลดแรงตึงผิว
- 1.3.5 ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องล้างเงาะให้มีประสิทธิภาพขึ้น

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถเลือกใช้สภาวะต่างๆ ในการล้างกำจัดเพลี้ยแป้งได้อย่างเหมาะสม
- 1.4.2 สามารถออกแบบเครื่องมือที่สามารถลดจำนวนเพลี้ยแป้งและไข่เพลี้ยแป้งออกจากเงาะได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ จะต้องมีการฉีดน้ำโดนทั่วทั้งผลเงาะ
- 1.4.3 สามารถนำระบบการล้างกำจัดเพลี้ยแป้งไปประยุกต์ในอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถส่งออกเงาะไปยังประเทศที่มีความเข้มงวดในการแจ้งเตือนสิ่งแปลกปลอมจากแมลง

1.5 สถานที่ทำการศึกษา

อาคารปฏิบัติการและห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารและ ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์

บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร

2.1 เงาะ

เงาะ (*Nephelium lappaceum* Linn.) (รูปที่ 2.1) เป็นผลไม้เมืองร้อนที่นิยมบริโภคกันทั่วไป อยู่ในวงศ์ *Sapindaceae* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย (Yingsanga และคณะ, 2008) มีลักษณะใกล้เคียงกับลิ้นจี่ ลำสาด และลำไย (Nguyen และคณะ, 2003) เนื่องจากอยู่ในวงศ์เดียวกัน



รูปที่ 2.1 ผลเงาะ โรงเรียนสด

ที่มา: <http://www.youngtraveller.com/travel/1204>

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของเงาะ

เงาะ มีลำต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ เปลือกสีเทาแก่ปนน้ำตาล ใบเป็นใบรวมมีใบย่อย 2-4 คู่ ใบเขียวเป็นมัน ออกดอกสีเหลืองตามกิ่งหรือยอด (รูปที่ 2.2) ชอบสภาพอากาศร้อนชื้นจึงเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอุณหภูมิ ระหว่าง 22-35 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝน 2,000-3,000 มิลลิเมตร/ปี มีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ สภาพพื้นที่ที่มีความชื้นสูง 75-85% ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกจนเริ่มให้ผลผลิตมีอายุตั้งแต่ 4 ปีขึ้นไป เงาะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตั้งแต่ออกดอกจนผลแก่ใช้เวลาประมาณ 130-160 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555)

ผลเงาะมีทั้งผลกลมแบน และยาวแบน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล 4-5 เซนติเมตร จุดเด่นของผลเงาะคือ มีเปลือกนอกหนา สีแดงสด สีส้มพู่ จนถึงสีเหลือง และมีขนอยู่รอบๆ ผลเป็นจำนวนมาก ขนเป็นสีเหลือง แดง หรือส้มพู่ เปลือกก่อนจากเนื้อ เนื้อเงาะสีขาวหรือนวลใสหุ้มเมล็ด รสหวาน หรือหวานอมเปรี้ยวขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่เพาะปลูก โดยทั่วไปเงาะเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง เงาะในประเทศไทยจึงนิยมปลูกในบริเวณภาคตะวันออกและภาคใต้ เงาะในประเทศไทยมีอยู่หลายสายพันธุ์ เช่น พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีชมพู พันธุ์สีทอง พันธุ์น้ำตาลกรวด และพันธุ์เงาะม้ง เป็นต้น แต่พันธุ์เงาะที่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์ มีแค่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์

โรงเรียน พันธุ์สีทอง และพันธุ์สีชมพู ส่วนพันธุ์อื่นๆ จะไม่นิยมปลูกในเชิงพาณิชย์ ส่วนใหญ่จะปลูกเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555)



รูปที่ 2.2 ต้นเงาะพันธุ์โรงเรียน

ที่มา: <http://www.baanlaesuan.com/plantlover/>

2.1.2 พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย

เงาะที่ปลูกในเชิงพาณิชย์ทั้งสามชนิดนั้นมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามสายพันธุ์ที่ปลูก ตัวอย่างเช่น

2.1.2.1 เงาะพันธุ์โรงเรียน

เป็นพันธุ์ที่ได้รับความนิยมสูงสุด มีลักษณะผลเมื่อแก่จัดเปลือกเป็นสีแดงสวย แต่ที่ปลายขนยังมีสีเขียว เป็นเงาะที่นิยมบริโภคในเมืองไทย เนื่องจากมีรสชาติหวาน เนื้อกรอบล่อนจากเมล็ดเปลือกของเมล็ดบางไม่แข็ง ผิวสีแดงเข้ม โคนขนมีสีแดง ปลายขนมีสีเขียว เนื้อหนา แข็ง และล่อนออกจากเมล็ดได้ง่าย

2.1.2.2 เงาะพันธุ์สีทอง

เป็นพันธุ์มีลักษณะใกล้เคียงกับเงาะโรงเรียนแตกต่างกันตรงที่เงาะพันธุ์สีทองมีเปลือกที่หนากว่าพันธุ์โรงเรียน ลักษณะเด่นของเงาะพันธุ์สีทองคือผลใหญ่มาก ขนยาวสีแดง ปลายมีสีเขียว เมื่อสุกเปลือกมีสีแดงเข้ม (รูปที่ 2.3) เนื้อมีสีขาวค่อนข้างใส เมล็ดค่อนข้างแบนสีขาวปนน้ำตาล เมื่อเก็บจากต้นใหม่ ๆ จะมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย แต่ถ้าทิ้งไว้ 1-2 คืน จะมีรสหวานแหลมขึ้นและมีกลิ่นหอม



รูปที่ 2.3 ผลเงาะพันธุ์สีทอง

ที่มา: <http://www.gotoknow.org/blogs/posts/379530>

2.1.2.3 เงาะพันธุ์สีชมพู

เป็นเงาะพันธุ์พื้นเมืองที่เกิดในจังหวัดจันทบุรี เมื่อสุกมีสีชมพู ไม่แดงจัด มีขนยาว (รูปที่ 2.4) เปลือกหนาเนื้อเหนียว ไม่ล่อน รสหวาน เนื้อเป็นน้ำและขนของเงาะอ่อนง่าย



รูปที่ 2.4 ผลเงาะพันธุ์สีชมพู

ที่มา: <http://kan5711.blogspot.com/>

2.1.3 แมลงและศัตรูธรรมชาติของเงาะ

เงาะเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคสดทั้งภายในและต่างประเทศ นอกจากนี้ยังสามารถผลิตในรูปแบบผลไม้กระป๋องขายส่งออกอีกด้วย แต่เกษตรกรผู้ปลูกมักประสบปัญหาผลผลิตและคุณภาพ เนื่องจากการระบาดของแมลงศัตรูพืชที่มีมากกว่า 20 ชนิด (รูปที่ 2.5) ที่สำคัญมีดังนี้ หนอนร่านกินใบ หนอนกินดอกเงาะ เพลี้ยไฟ เพลี้ยหอยและเพลี้ยแป้ง



(a)



(b)



(c)



(d)

รูปที่ 2.5 ลักษณะต้นเงาะที่มีและไม่มีศัตรูพืชเข้าทำลาย

(a) ต้นเงาะที่มีลักษณะดี ไม่มีศัตรูพืชเข้าทำลาย (b) ผลเงาะอ่อนที่ปราศจากแมลง (c) ผลเงาะแก่ที่ปราศจากแมลง (d) ผลเงาะอ่อนที่มีการเข้าทำลายของราแป้งและเพลี้ยแป้ง
ที่มา: บริษัท ผลิตภัณฑ์สะเดาไทย จำกัด

2.2 เพลี้ยแป้ง

2.2.1 ลักษณะของเพลี้ยแป้ง

เพลี้ยแป้งเป็นสิ่งมีชีวิตจำพวกแมลงในอาณาจักรสัตว์ (Kingdom Animalia) อยู่ใน ไฟลัมอาร์โทรพอด้า (Phylum *Arthropoda*) ชั้นเฮกซาโปด้า (Class *Hexapoda*) มีลักษณะลำตัวแบ่งเป็นปล้องและมีขา 6 ขา (รูปที่ 2.6) เพลี้ยแป้งจัดอยู่ในชั้นย่อยเทอริโกด้า (subclass *Pterygota*) หมวดเอ็กโซเทอริโกด้า (Division *Exopterygota*) อันดับโฮมอพเทอรา (Homoptera) อยู่ในกลุ่มวงศ์ (Superfamily *Coccidea*) อยู่ในวงศ์ *Pseudococcidae*



รูปที่ 2.6 ลักษณะลำตัวของเพลี้ยแป้ง

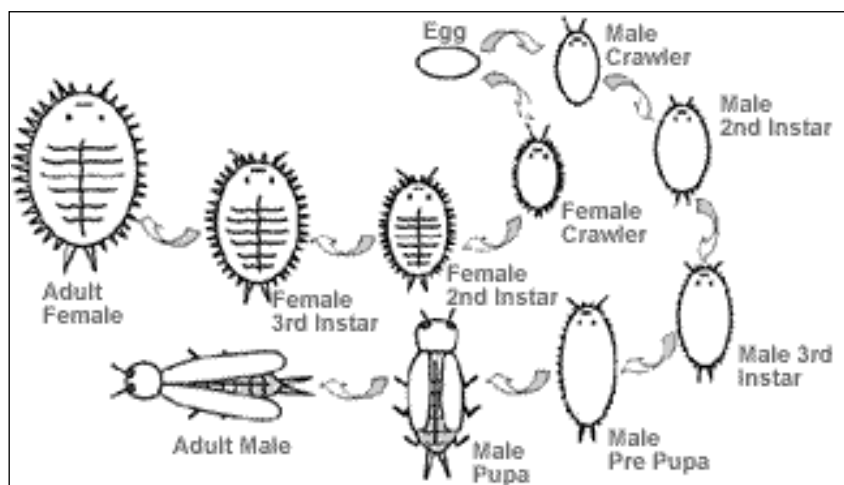
ที่มา: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planococcus_citri_1455198.jpg

เพลี้ยแป้งเป็นแมลงปากดูด (piercing-sucking type) ที่มีลักษณะการทำลายพืชโดยการดูดน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆของพืช โดยใช้ส่วนของปากที่มีลักษณะเป็นท่อยาวเรียกว่า stylet เพลี้ยแป้งเข้าทำลายเงาะโดยตัวอ่อนและตัวโตเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆของเงาะ เช่น ผล ช่อดอก และกิ่งอ่อน พวกที่ทำลายผลจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากผลเงาะบริเวณขั้วผลและโคนขนของผลเงาะ ถ้าเข้าทำลายรุนแรงในระยะผลอ่อนจะทำให้ผลร่วง (Williams และ Watson, 1988) นอกจากนี้เพลี้ยแป้งบางชนิดยังสามารถขับถ่ายสารเหลวที่มีลักษณะเป็นน้ำเหนียวๆ เรียกว่า มูลหวาน (honeydew) ออกมาเนื่องจากสิ่งขับถ่ายของเพลี้ยแป้งเหล่านี้จะเป็นที่อยู่อาศัยและอาหารของราดำทำให้ราดำเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วปกคลุมใบและผล ใบจึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่การเจริญเติบโตลดลง ถ้าเกิดขึ้นที่ผลจะทำให้ผลเงาะเจริญเติบโตได้ไม่เต็มที่และทำให้ผลเงาะสกปรก ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

2.2.2 ชีวะและนิเวศวิทยาของเพลี้ยแป้ง

วงจรชีวิตของเพลี้ยแป้งแสดงดังรูปที่ 2.7 เพลี้ยแป้งตัวเต็มวัยเพศเมียสามารถขยายพันธุ์ได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์จากเพศผู้ มีทั้งสามารถออกลูกเป็นตัว และออกลูกเป็นไข่แล้วฟักเป็นตัวอ่อนได้ แต่ส่วนใหญ่ออกลูกเป็นไข่ โดย วางไข่เป็นเมด เวลาวางไข่จะสร้างถุงไข่ไว้ได้ต้องมีลักษณะเป็นใยคล้ายสำลีหุ้มไข่ไว้อีกชั้นหนึ่ง มีขนาดกว้าง 0.20 มิลลิเมตร ยาว 0.40 มิลลิเมตร ถุงไข่มีจำนวนไข่ ตั้งแต่ 50-600 ฟอง ใช้เวลาวางไข่ 7 วัน ไข่ มีลักษณะเป็นเม็ดเดี่ยว สีเหลืองอ่อนรูปร่างยาวรี ส่วนตัวอ่อนวัยแรกที่ฟักออกจากไข่ มีสีเหลืองอ่อน ลำตัวยาวรี สามารถเคลื่อนที่ได้ หลังจากนั้นลอกคราบ 3-4 ครั้ง ระยะตัวอ่อนใช้เวลา 18-59 วัน ตัวอ่อนมีขนาดกว้าง 1.00 มิลลิเมตร ยาว 2.09 มิลลิเมตร โดย ตัวอ่อนเริ่มมีหาง สามารถสร้างแป้งและไข่แป้งสีขาวห่อหุ้มรอบลำตัวได้ สำหรับตัวเต็มวัยเพศเมียมีลักษณะตัวค่อนข้างแบน บนหลังและรอบลำตัวมีไข่แป้งปกคลุมมาก มี

ขนาดกว้าง 1.83 มิลลิเมตร ยาว 3.03 มิลลิเมตร และหางยาว 1.57 มิลลิเมตร ตัวเมียเต็มวัยอายุประมาณ 10 วัน สามารถวางไข่หรือออกลูกได้ ส่วนตัวผู้เต็มวัยมีปีกบินได้และหนวดยาว ขนาดกว้าง 0.45 มิลลิเมตร ยาว 1.35 มิลลิเมตร ปีกยาว 1.57 มิลลิเมตร เพลี้ยแป้งบางชนิดเท่านั้นที่ไข่พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยเพศผู้ รวมชีวิตจักรเพลี้ยแป้ง ตั้งแต่ 35-92 วัน (โอภาส, มปป)



รูปที่ 2.7 วงจรชีวิตของเพลี้ยแป้ง

ที่มา: <http://www.duroibugs.co.za/pests/mealybug.htm>

2.2.3 ชนิดของเพลี้ยแป้งที่ระบาดในเงาะ

เพลี้ยแป้งที่พบเข้าทำลายเงาะมีอยู่ 4 ชนิด คือ

1. *Ferrisia virgata* (Cockerell) (Striped mealybug) ตัวเต็มวัยเพศเมียรูปร่างรูปไข่ค่อนข้างยาว ลำตัวยาวประมาณ 4.2-5.0 มม. ลำตัวปกคลุมด้วยไขแป้งบางๆ สีขาว และมีแถบสีดำ 1 คู่ พาดตามยาวเกือบถึงกลางลำตัว ส่วนด้านข้างเรียบไม่มีเส้นแป้ง พบเป็นศัตรูสำคัญของพืชหลายชนิด เช่น ส้มเขียวหวาน ส้มโอ น้อยหน่า เงาะ ฝรั่ง มะม่วง และมันสำปะหลัง (รูปที่ 2.8 และ 2.9) เป็นต้น



รูปที่ 2.8 ลักษณะของเพลี้ยแป้งที่แพร่จำนวนมากบนเปลือกเงาะ

ที่มา: <http://www.thaineem.com/>



รูปที่ 2.9 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด *Ferrisia virgata*

ที่มา: <http://www.malaeng.com/blog/?p=14040>

2. *Planococcus lilacinus* (coffee mealybug) ตัวเต็มวัยเพศเมียรูปร่างค่อนข้างกลม ลำตัวยาว 2.6-3.1 มม. ผนังลำตัวปกคลุมด้วยไขแป้งสีขาว ด้านบนของลำตัวมักเป็นช่องว่างเล็กๆ ตามความยาวของลำตัว โดยไม่มีไขแป้งปกคลุม ทำให้มองเห็นผนังลำตัว ด้านข้างมีเส้นแบ่งสั้นๆ สีขาวโดยรอบ พบเป็นศัตรูสำคัญของเงาะ ทุเรียน น้อยหน่า และสละ (รูปที่ 2.10) เป็นต้น



รูปที่ 2.10 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด *Planococcus lilacinus*

ที่มา: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalekeys/mealybugs/>

3. *Planococcus minor* (Maskell) (passionvine mealybug) ตัวเต็มวัยเพศเมียรูปร่างค่อนข้างกลมรี คล้ายรูปไข่ ลำตัวยาว 3.0-3.3 มม. ผนังลำตัวปกคลุมด้วยไขแป้งสีขาว ด้านข้างลำตัวมีเส้นแบ่งสั้นๆ สีขาวโดยรอบ พบเป็นศัตรูสำคัญของทุเรียน เงาะ น้อยหน่า กล้วยน้ำว้า (รูปที่ 2.11) เป็นต้น



รูปที่ 2.11 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด *Planococcus minor*

ที่มา: <http://www.malaeng.com/blog/?p=1561>

4. *Rastrococcus* sp. ตัวเต็มวัยเพศเมียลำตัวมีลักษณะเป็นรูปไข่ค่อนข้างกว้าง มีไขแป้ง(mealy wax)สีขาวปกคลุมลำตัว ด้านข้างลำตัวมีเส้นแป้งล้อมรอบ มีเส้นแป้งด้านท้ายของลำตัวยาวกว่าเส้นแป้งด้านข้างลำตัว (รูปที่ 2.12) เป็นต้น



รูปที่ 2.12 ลักษณะของเพลี้ยแป้งชนิด *Rastrococcus* sp.

ที่มา: <http://mangrove.nus.edu.sg/guidebooks/text/2014.htm>

Ferrisia virgata, *Planococcus lilacinus* และ *Planococcus minor* เพลี้ยแป้งสามชนิดนี้พบว่าเข้าทำลายเงาะในส่วนที่เป็นกิ่งอ่อนและผลเงาะ ส่วนชนิด *Rastrococcus* sp. เพลี้ยแป้งชนิดนี้พบว่าเข้าทำลายในส่วนของเงาะที่เป็นช่อดอก ซึ่งในจำนวนเพลี้ยทั้ง 4 ชนิดนี้พบว่า เพลี้ยชนิด *Ferrisia virgata* มีความสำคัญและมีการระบาดของเพลี้ยชนิดนี้รุนแรงที่สุด เพลี้ยแป้งจะเข้าทำลายเงาะโดยตัวอ่อนและตัวโตเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนต่างๆของเงาะ เช่น ผล ช่อดอก และกิ่งอ่อน พวกที่ทำลายผลจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากผลเงาะบริเวณขั้วผลและโคนขนของผลเงาะ ถ้าเข้าทำลายรุนแรงในระยะผลอ่อนจะทำให้ผลร่วง ส่วนในผลแก่จะทำให้ผลสกปรกเนื่องจากสารเหลวที่เพลี้ยขับถ่ายออกมาทำให้เกิดราดำขึ้น เพลี้ยแป้งชนิดต่างๆเหล่านี้จัดว่าเป็นพวกแมลงที่อยู่ในวงศ์ Pseudococcidae ซึ่งแมลงในวงศ์นี้ตัวเต็มวัยเพศเมียจะมีการผลิตสารไขแป้ง (mealy wax) มีลักษณะเป็นสีขาวปกคลุมลำตัวเอาไว้จึงมีชื่อสามัญว่า เพลี้ยแป้ง (mealybug)

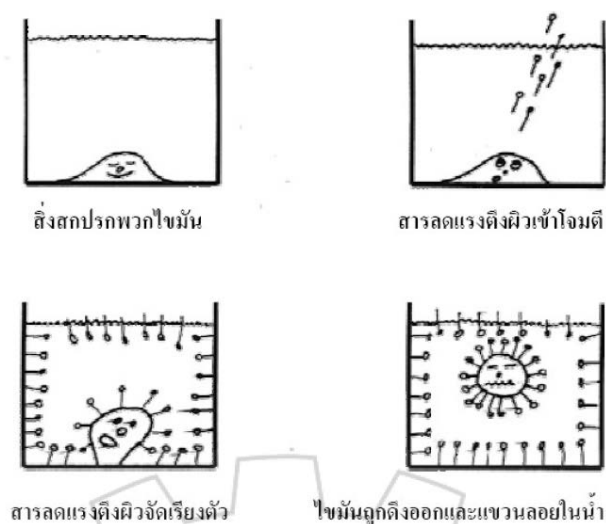
2.3 น้ำยาล้างผักและผลไม้

น้ำยาล้างผักและผลไม้เป็นอีกหนึ่งของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดมีคุณสมบัติเพื่อใช้ทำความสะอาด กำจัดสิ่งสกปรก ตลอดจนฆ่าเชื้อโรค ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำยาล้างผักและผลไม้ คือสารลดแรงตึงผิวที่เรียกว่า sodium laureth ether sulfate (SLES) หรือ sodium laureth sulfate เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดที่มีประจุลบ เนื่องจากมีความสามารถในการกำจัดสิ่งสกปรกและให้ฟองมาก สารชนิดนี้เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่มี

คุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) และแสดงประจุไฟฟ้าลบ มีการชำระล้างที่ดี และส่วนที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic)

ขั้นตอนการทำความสะอาดของสารลดแรงตึงผิว

เนื่องจากสารลดแรงตึงผิวมีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ชอบน้ำและส่วนที่ไม่ชอบน้ำ แต่ชอบน้ำมัน ส่วนที่เข้ากับน้ำมันได้ดีจะช่วยกันจับคราบน้ำมันหรือสิ่งสกปรกซึ่งเกาะติดกับพื้นผิวไว้ ในขณะที่ส่วนที่ชอบน้ำจะรวมตัวกับน้ำและดึงสิ่งสกปรกให้หลุดออกน้ำและแขวนลอยอยู่ในน้ำและไม่กลับเข้าไปติดพื้นผิวนั้นๆอีก ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การทำงานของสารลดแรงตึงผิว

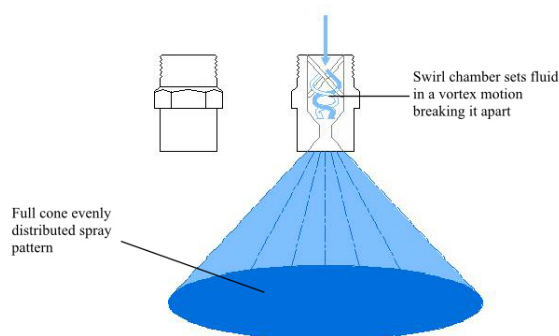
ที่มา: นงนิตย์ มรกต (2549)

2.4 ความรู้ทั่วไปของหัวฉีด

การแบ่งประเภทของหัวฉีดนั้นสามารถแบ่งได้หลายแบบ อาทิเช่น ลักษณะของฝอยละอองที่ฉีดออกมา ลักษณะของพลังงานที่ใช้ ประเภทของการใช้งาน ในที่นี้จะแยกตามลักษณะของฝอยละอองที่ฉีดออกมา การเลือกใช้หัวฉีด อาจพิจารณาได้จาก

1. อัตราการไหลของของเหลว ณ ความดันใช้งาน (flow rate at operating pressure)
2. ลักษณะรูปแบบและมุมของละอองสเปรย์ที่ต้องการ (spray pattern and spray angle)
3. ขนาดอนุภาคของละอองสเปรย์ (ถ้าจำเป็น) (droplet Size)
4. ขนาดของท่อของเหลวที่ต่อเข้าหัวฉีด (nozzle connection)
5. ขนาดของท่อของเหลวที่ต่อเข้าหัวฉีด (nozzle connection)

หัวฉีดที่ใช้ในการทดลองเป็นหัวฉีดชนิด full cone (รูปที่ 2.14) ใช้ประโยชน์จากใบพัดภายใน เพื่อสร้างฝอยละอองที่สม่ำเสมอ กลม ซึ่งจะให้น้ำขนาดของฝอยละอองตั้งแต่ขนาดกลางถึงใหญ่ สามารถให้อัตราการไหลได้หลายระดับ



รูปที่ 2.14 หัวฉีดแบบ full cone

ที่มา: <http://www.bete.co.uk/spray-nozzles/full-cone-nozzles/axial-whirl-nozzles>

2.5 เครื่องล้างผลไม้ทั่วไปในอุตสาหกรรม

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดำเนินงานโครงการวิศวกรรมย้อนรอยในการสร้าง “เครื่องล้างผลไม้” ที่มีประสิทธิภาพในการล้างผลไม้ทรงกลมในตระกูลส้มและอื่นๆ เช่น ส้มเขียวหวาน ส้มโอ มะนาว เป็นต้น (รูปที่ 2.15) เครื่องดังกล่าวทำงานได้อย่างครบวงจร นับตั้งแต่การล้าง การทำแห้ง การเคลือบแว็กซ์ การอบลมร้อน การติดสติ๊กเกอร์ และการคัดขนาดตามที่ต้องการ มีกำลังการผลิต 1,000-1,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นับเป็นอีกนวัตกรรมที่สามารถช่วยทดแทนการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศ ได้เป็นอย่างดี

เครื่องนี้เหมาะเป็นพิเศษกับผลไม้ตระกูลส้ม ที่มีลักษณะทรงกลม เช่น มะนาว ส้มเขียวหวาน ส้มโชกุน ส้มสายน้ำผึ้ง ส้มโอ มังคุด โดยเครื่องจะทำล้างทำความสะอาดได้อย่างครบวงจร เครื่องล้างผลไม้ มีส่วนประกอบที่สำคัญ 7 ชุด โดยเมื่อนำแต่ละชุดนำมาต่อกัน จะมีความยาวประมาณ 25 เมตร ได้แก่



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบของเครื่องล้างผลไม้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป
ที่มา: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2555)

2.5.1 ชูลป้อน ทำหน้าที่เกลี่ยวัตถุดิบให้เป็นชั้นเดียวไม่ซ้อนทับ เป็นการจัดระเบียบก่อนการเข้าล้าง วางลาดเอียงประมาณ 10-15 องศา มีลูกกลิ้ง ทำจากพีวีซี หมุนไม่ให้ซ้อนทับ

2.5.2 ชูลล้าง เป็นลูกกลิ้งแปรง ขัดล้างทำความสะอาดใช้แปรงไนลอนเบอร์ประมาณ 20,25 มีปั๊มน้ำสเปรย์น้ำฉีดพ่น มีระบบน้ำส้นออกและเติมน้ำเข้า

2.5.3 ชูลแปะแห้ง หลังจากล้าง ผลไม้ ยังมีน้ำติดที่ผลอยู่ จึงต้องมีการเป่าแห้งก่อนไปทำการคั้นน้ำ คัดขนาด หรือเคลือบแว็กซ์ เป็นระบบลูกกลิ้งลำเลียงมีพัดลมเป่าจากด้านบนตลอดระยะทาง

2.5.4 ชูลเคลือบน้ำยาแว็กซ์ ในกรณีผลไม้จำหน่ายสดหรือส่งออก ต้องมีการเคลือบแว็กซ์ เพื่อลดการคายน้ำ ป้องกันการเหี่ยว และทำให้สวยงาม มันวาว ระบบการทำงานด้วยลูกกลิ้งแปรง มีหัวฉีดพ่นที่ถอดล้างทำความสะอาดได้ และ ชูลจ่ายน้ำยา ทำหน้าที่ ฉีดพ่น (spray) จ่ายน้ำยาเคลือบ

2.5.5 ชูลอบแห้ง หลังการทำการแว็กซ์แล้วต้องผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อนอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส โดยสายพานลำเลียงทำจากสแตนเลสพาผลไม้ที่เคลือบแว็กซ์ผ่านอุโมงค์ลมร้อน ใช้แก๊สเป็นแหล่งให้ความร้อน

2.5.6 ชูลติดสติ๊กเกอร์ ออกแบบเป็นลักษณะรางจัดเลนส์เพื่อติดสติ๊กเกอร์ ซึ่งหัวติดสติ๊กเกอร์เป็นอุปกรณ์สำเร็จรูปที่ซื้อมาประกอบเข้ากับราง ลักษณะคล้ายเครื่องติดฉลาก และ

2.5.7 ชุดเครื่องคัดขนาด ใช้ได้เฉพาะกับตระกูลส้ม เช่น มะนาว ส้มเขียวหวาน ส้มโชกุน ส้มสายน้ำผึ้ง โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นเกณฑ์ เพื่อคัดขนาดจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่

หลักการทำงานของเครื่อง

เริ่มจากการนำผลไม้ที่มีลักษณะเป็นทรงกลมทรงแป้นในชุดเทป้อน สายพานจะลำเลียงผลไม้เข้าสู่ชุดล้างทำความสะอาด เมื่อผ่านกระบวนการดังกล่าวเรียบร้อยแล้วผลไม้จะเข้าสู่กระบวนการทำแห้งโดยชุดเป่าแห้งซึ่งมีพัดลมเป่าผลไม้ให้น้ำแห้ง เมื่อผลไม้ผ่านการขัดล้างเป่าจนแห้งแล้ว จะได้ผลไม้ที่สะอาดพร้อมที่จะบริโภคหรือส่งต่อไปยังกระบวนการแปรรูปอื่นๆ ต่อไป ทั้งนี้หากเป็นผลไม้ที่ต้องการการยืดอายุการเก็บก็สามารถต่อไปยังชุดเคลือบแว็กซ์ ชุดอบ ชุดสติ๊กเกอร์ เพื่อสะดวกในการจำหน่ายผลไม้จึงควรได้รับการแบ่งขนาดด้วยชุดคัดขนาด ได้อีกด้วย

แต่เนื่องจากเงาะ เป็นผลไม้ที่มีขนาดจำนวนมากอยู่รอบๆผล จึงทำให้มีอุปสรรคในการกลึงและการล้างเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ผิวเปลือกและไข่เปลือกหลุดออกไปจากผลเงาะได้ จึงต้องมีการพัฒนาเครื่องล้างที่เหมาะสมกับการล้างเงาะในระดับปฏิบัติการขึ้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Dentener และคณะ (1996) ได้ศึกษาวิธีการกำจัดเปลือกแข็งโดยใช้ลมร้อนเป่าเพื่อกำจัดเปลือกแข็งในลูกพลับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.8 ชั่วโมง พบว่า ช่วยกำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ทำให้เกิดอาการ heat injury ในลูกพลับ จากนั้น Dentener และคณะ (1997) ทดลองนำลมร้อนมาใช้ร่วมกับการเก็บลูกพลับในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้คุณภาพของลูกพลับดีขึ้น ผนวกกับ มนัญญา งามศักดิ์ (2553) ได้ศึกษาผลของการใช้น้ำร้อนและน้ำคลอรีนล้างเงาะสดพันธุ์โรงเรียนต่อจำนวนจุลินทรีย์และการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่าการล้างผลเงาะสดพันธุ์โรงเรียนทั้งในฤดูและนอกฤดู ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส และน้ำคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 5 และ 10 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ล้าง) เก็บรักษาผลเงาะ ที่ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 7 และ 14 วัน พบว่า การล้างด้วยน้ำร้อน อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 หรือ 10 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ลดจำนวนยีสต์และรา ได้ 5 log cfu/g และ 3 log cfu/g ตามลำดับ ส่วน การล้างด้วยน้ำร้อน 50 องศาเซลเซียส และ น้ำคลอรีนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 5 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์นับได้ทั้งหมด ส่วนยีสต์และราลดได้มากกว่า 4 log cfu

นอกจากนี้ ในต่างประเทศได้มีการศึกษากระบวนการล้างเพื่อกำจัดเปลือกแข็งและแมลงชนิดอื่นๆในแอปเปิ้ลและแพร์ (Whiting, และคณะ, 1998; Bai, และคณะ, 2006; Hassen และคณะ, 2006; Spott และคณะ, 2006; Neven และคณะ, 2006) ส้ม (Walker และคณะ, 1996; Walker และ

คณะ, 1999) และอโวกาโด (Jamieson และคณะ, 2000) โดยงานวิจัยเหล่านี้เป็นการศึกษาถึงการกำจัดแมลงที่ผิวผลไม้ด้วยการใช้แรงดันน้ำ (High pressure water)

เสกสรรค์ หอมจันทร์ (2548) ได้ศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยแป้ง และหามาตรการการกำจัดที่เหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวในมังคุดส่งออก พบว่า วิธีการจุ่มผลมังคุดในสารฆ่าแมลง chlorpyrifos (Lorsban 40% EC) มีประสิทธิภาพในการกำจัดเพลี้ยแป้งที่ระบาดโดยธรรมชาติ และระบาดเทียม ได้ถึง 100 และ 99.03% ตามลำดับ หลังการจุ่ม 7 วัน ส่วนวิธีการที่ได้ผลรองลงมา ได้แก่ การเป่าด้วยลม การพ่นด้วยน้ำแรงดัน 20 psi นานผลละ 15 วินาที และการจุ่มด้วยน้ำมันปิโตรเลียม (SK99 89.3%EC) บนผลที่มีการระบาดโดยธรรมชาติและการระบาดเทียม หลังทดสอบ 7 วัน มีประสิทธิภาพในการกำจัด 95.00, 95.31, 96.82 และ 94.72, 92.01, 97.28% เรียงตามลำดับ แต่เพื่อความปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง มังคุดส่งออกที่มีการระบาดของเพลี้ยแป้งควรกำจัดด้วยวิธีการเป่าลม หรือพ่นด้วยน้ำความดัน 20 psi นาน 15 นาที หรือจุ่มในน้ำมันปิโตรเลียม วิธีใดวิธีหนึ่ง

Hansen และคณะ (2006) ได้ศึกษาการใช้น้ำร้อนแรงดันสูงในแอปเปิ้ลหลายสายพันธุ์ โดยศึกษาประสิทธิภาพการกำจัด Grape mealybug (*Pseudococcus maritimus*) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และที่มีตามธรรมชาติ นอกจากนี้ในระบบยังมีการใช้แปรงขัด และสารในกลุ่ม Organosilicone คือ Silwet L-77 และ สาร Defoamer ร่วมด้วย พบว่าการใช้น้ำร้อนแรงดันสูงมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง Grape mealybug ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการและที่มีตามธรรมชาติ โดยเมื่อใช้ร่วมกับแปรงขัดหรือสาร Organosilicone ทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้สาร Silicone defoamer มีประสิทธิภาพในการกำจัดดีกว่าการใช้ Silwet L-77 นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้แรงดันน้ำที่มากกว่า 420 kPa (60 psi) ไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแมลง ในขณะที่ Jamieson และคณะ (2000) ศึกษาการล้างด้วยน้ำแรงดันสูง (400-600 psi) ในการกำจัดไข่แมลงออกจากผิวของผลอโวกาโด

บทที่ 3 การทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ผลเงาสด จากร้านค้าผลไม้สดตลาดปทุมมงคล อ.เมือง จ.นครปฐม

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

(1) น้ำยาล้างผักที่มีส่วนผสมของ Sodium Lauryl Ether Sulfate 4.8% ยี่ห้อ St. Andrews (บริษัท ไลออัน จำกัด ประเทศไทย)

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- (1) Hot air oven (Binder, Germany)
- (2) Water Bath (Mettler, Germany)
- (3) ปั๊มน้ำหอยโข่ง ยี่ห้อ Pentax type CP75 ขนาด 1 แรงม้า $Q = 10-50$ l/min และ $H = 56-18$ m
- (4) ท่อ, ข้อต่อ, ข้องอ, ข้อลด, ข้อสามทาง, เกลิยวีน, ท่อสี่ทาง (บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด)
- (5) เครื่องซังดิจิตอล Zepper รุ่น MH-200/300 จากบริษัท เซ็ปเปอร์ อินสตรูเมนต์ จำกัด
- (6) หัวฉีด (nozzle) ชนิด full cone spray nozzle รุ่น JJXPIS-series แบบ 1/4M JJXPIS JFJ-S มุม 60° และ 75° standard pressure 0.2 MPa ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น
- (7) หัวฉีดการเกษตรทองเหลือง รุ่นมาตรฐาน 1 รู ชนิดฝอยละเอียด
- (8) เกจวัดความดัน (pressure gauge) Nitto (0-5 บาร์)

3.2.3 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพเงา

- (1) Pocket refractometer Pal-1 (Atago, Japan)
- (2) กล้องถ่ายภาพดิจิตอลยี่ห้อ Sony
- (3) Data logger (sugar cube 3.04, Germany)

3.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.3.1 ศึกษากระบวนการฟัรทรีด การใช้ลมร้อนและน้ำร้อน โดยศึกษาที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 และ 5 นาที

- 3.3.2 ศึกษาการใช้แรงดันในกระบวนการล้าง ระยะห่างของหัวฉีด และระยะเวลา เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการล้าง โดยการออกแบบเครื่องมือที่เหมาะสมในระดับปฏิบัติการ
- 3.3.3 ศึกษาการใช้แรงดันน้ำร่วมกับน้ำยาล้างผักที่มีองค์ประกอบของสารลดแรงตึงผิว

3.4 วิธีการทดลอง

การทดลองตอนที่ 1

3.4.1 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้ลมร้อน

1. คัดเลือกผลเงาะที่มีเปลือกและไข่เปลือก จำนวน 120 ผล โดยทำการทดลองพรีตเมนต์ละ 10 ผล ได้แก่
 - อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที
 - อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที
 - อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที
 - อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที
 - อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที
 - อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที
2. นับจำนวนไข่เปลือกในแต่ละผล พร้อมกับจดบันทึกและทำเครื่องหมายไว้
3. นำไปใส่ตู้อบลมร้อนที่มีอุณหภูมิต่างๆ (ดังแสดงในข้อ 1)
4. เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำผลเงาะออกมาจุ่มน้ำอุณหภูมิปกติทันที
5. นับจำนวนเปลือกและไข่เปลือกที่เหลือ

3.4.2 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้น้ำร้อน

1. คัดเลือกผลเงาะที่มีเปลือกและไข่เปลือก จำนวน 120 ผล โดยทำการทดลองพรีตเมนต์ละ 10 ผล ได้แก่
 - อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที
 - อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที
 - อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที
 - อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที
 - อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 2 นาที
 - อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที

2. นับจำนวนไข่เปลือกในแต่ละผล พร้อมกับจดบันทึกและทำเครื่องหมายไว้
3. นำไข่ไปใส่ใน water bath ที่มีอุณหภูมิต่างๆ (ดังแสดงในข้อ 1)
4. เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำผลเงาะออกมาจุ่มน้ำอุณหภูมิห้องทันที
5. นับจำนวนเปลือกและไข่เปลือกที่เหลือ

3.4.3 การใช้แรงดันน้ำในการฉีดพ่น (ใช้หัวฉีดการเกษตร)

1. คัดเลือกผลเงาะที่มีไข่เปลือก
2. ตัดเปลือกเงาะบริเวณที่มีไข่เปลือก ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร จำนวน 432 ชิ้น โดยทำการทดลองทรีตเมนต์ละ 24 ชิ้น ดังตารางที่ 3.1
3. นับจำนวนไข่เปลือกในแต่ละผล
4. ใส่ชิ้นเงาะลงในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการคายน้ำ
5. นำไปถ่ายภาพก่อนล้าง
6. นำไปฉีดพ่นด้วยน้ำที่มีสภาวะดังตารางที่ 3.1
7. ถ่ายภาพหลังล้าง
8. นับจำนวนไข่เปลือกหลังล้าง พร้อมจดบันทึก
9. เก็บชิ้นเงาะไว้ในตู้เย็นเพื่อทำการเปลี่ยนสี

ตารางที่ 3.1 จำนวนชิ้นเงาะที่ใช้ในการฉีดพ่นด้วยแรงดันในแต่ละทรีตเมนต์

ระยะเวลาที่ฉีด	จำนวนชิ้นเงาะที่ทดลอง					
	แรงดันน้ำในท่อ 2 บาร์		แรงดันน้ำในท่อ 3 บาร์		แรงดันน้ำในท่อ 4 บาร์	
	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง
	3 cm	4 cm	3 cm	4 cm	3 cm	4 cm
5 วินาที	24	24	24	24	24	24
10 วินาที	24	24	24	24	24	24
15 วินาที	24	24	24	24	24	24

3.4.4 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ในการฉีดพ่น (แบ่งประเภทตามจำนวนไข่เปลือก)

1. คัดเลือกผลเงาะที่มีไข่เปลือก เพราะไข่เปลือกจะหลุดออกได้ง่ายกว่าตัวเปลือก
2. ตัดเปลือกเงาะบริเวณที่มีไข่เปลือก ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร จำนวน 180 ชิ้น โดยทำการทดลองทรีตเมนต์ละ 10 ชิ้น ดังตารางที่ 3.2

3. นับจำนวนไข่เพ็ลล์ในแต่ละผล
4. ใส่ชิ้นเงาะลงในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการคายน้ำ
5. นำไปถ่ายภาพก่อนล้าง
6. นำไปจืดพ่นด้วยน้ำที่มีสภาวะดังตารางที่ 3.2
7. ถ่ายภาพหลังล้าง
8. นับจำนวนไข่เพ็ลล์หลังล้าง พร้อมจดบันทึก
9. เก็บชิ้นเงาะไว้ในตู้เย็นเพื่อทำการเปลี่ยนสี

ตารางที่ 3.2 จำนวนชิ้นเงาะที่ใช้ในการจืดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ในแต่ละทรีตเมนต์

ระยะเวลาที่ จืด	จำนวนชิ้นเงาะที่ทดลอง					
	ไข่น้อยกว่า 30 ฟอง		ไข่ 31-60 ฟอง		ไข่มากกว่า 60 ฟอง	
	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง
	3 cm	4 cm	3 cm	4 cm	3 cm	4 cm
10 วินาที	10	10	10	10	10	10
15 วินาที	10	10	10	10	10	10
20 วินาที	10	10	10	10	10	10

3.4.5 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวในการจืดพ่น (แบ่งประเภทตามจำนวนไข่เพ็ลล์)

1. คัดเลือกผลเงาะที่มีไข่เพ็ลล์
2. ตัดเปลือกเงาะบริเวณที่มีไข่เพ็ลล์ ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร จำนวน 180 ชิ้น โดยทำการทดลองทรีตเมนต์ละ 10 ชิ้น ดังนี้
3. นับจำนวนไข่เพ็ลล์ในแต่ละผล
4. ใส่ชิ้นเงาะลงในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการคายน้ำ
5. นำไปถ่ายภาพก่อนล้าง
6. นำไปจืดพ่นด้วยน้ำที่มีน้ำยาล้างผัก 0.15 % (w/v) (น้ำยาล้างผักมีส่วนผสมของ Sodium Lauryl Ether Sulfate) โดยใช้สภาวะดังตารางที่ 3.3
7. ถ่ายภาพหลังล้าง
8. นับจำนวนไข่เพ็ลล์หลังล้าง พร้อมจดบันทึก
9. เก็บชิ้นเงาะไว้ในตู้เย็นเพื่อทำการเปลี่ยนสี

ตารางที่ 3.3 จำนวนชิ้นเงาะที่ใช้ในการฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับน้ำยาล้างผักที่มี
ส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวในแต่ละทรีตเมนต์

ระยะเวลาที่ ฉีด	จำนวนชิ้นเงาะที่ทดลอง					
	ใช้น้อยกว่า 30 ฟอง		ใช้ 31-60 ฟอง		ใช้มากกว่า 60 ฟอง	
	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง	ระยะห่าง
	3 cm	4 cm	3 cm	4 cm	3 cm	4 cm
10 วินาที	10	10	10	10	10	10
15 วินาที	10	10	10	10	10	10
20 วินาที	10	10	10	10	10	10

การทดลองตอนที่ 2 (หัว full cone spray nozzle)

3.4.6 การใช้แรงดันน้ำฉีดพ่น

1. เตรียมเงาะที่มีเปลือกและไข่ของเปลือกเป๋
2. ตัดเปลือกเงาะบริเวณที่มีเปลือกและไข่ของเปลือกเป๋เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า
ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร จำนวน 50 ชิ้น
3. เขียนหมายเลขกำกับเอาไว้ตั้งแต่ เลข 1 ถึง 50 ติดกับกล่องพลาสติก
4. นำเปลือกเงาะที่ตัดเอาไว้มาบรรจุในกล่องพลาสติกที่เตรียมเอาไว้จำนวน 50 ชิ้น
5. นับจำนวนเปลือกและไข่ของเปลือกเป๋ที่ละกล่องบันทึกเป็นจำนวนเปลือกเป๋
ก่อนล้าง
6. นำไปถ่ายรูปเก็บไว้เป็นรูปของเปลือกเงาะก่อนล้าง
7. นำเปลือกเงาะออกจากกล่องมาวางบนจุดที่ทำเครื่องหมายเอาไว้ ซึ่งผิวเงาะจะ
ห่างจากหัวฉีด ที่อยู่ด้านบน 3 เซนติเมตร
8. เปิดปั้มน้ำล้างเงาะทีละชั้นเป็นเวลา 30 วินาที
9. นำเงาะออกมาวางในกล่องพลาสติกอันเดิมแล้วนับจำนวนเปลือกที่เหลือ แล้ว
บันทึกเป็นจำนวนเปลือกหลังล้าง
10. เสร็จแล้วนำไปถ่ายรูปเป็นรูปภาพหลังจากที่ล้างแล้วทำการทดลองซ้ำตั้งแต่
ข้อที่ 4 ถึงข้อที่ 10 จนครบจำนวนตัวอย่างที่เตรียมเอาไว้ทั้งหมด 50 ชิ้น

3.4.7 การใช้แรงดันน้ำฉีดพ่นเงาะครึ่งผล

1. เตรียมเงาะที่มีเปลือกและไข่ของเปลือกเป๋

2. นำเงาะมาผ่าครึ่ง ควักเอาเนื้อเงาะออก จำนวน 50 ชิ้น
3. นำมานับจำนวนเปลือกและไข่ของเปลือกแบ่งก่อนล้าง บันทึกผลแล้วนำไปถ่ายรูปเก็บไว้
4. นำเปลือกเงาะมาวางบนจุดที่ทำเครื่องหมายเอาไว้ ซึ่งผิวเงาะจะห่างจากหัวฉีดที่อยู่ด้านบน 3 เซนติเมตร
5. เปิดปั๊มน้ำล้างเงาะด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ครั้งละขึ้นเป็นเวลา 30 วินาที
6. นำเปลือกเงาะออกมานับจำนวนเปลือกหลังล้าง บันทึกผลการทดลอง
7. นำไปถ่ายรูปเก็บไว้ เป็นรูปหลังการล้าง
8. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 3 ถึงข้อที่ 7 จนครบจำนวนตัวอย่างที่เตรียมเอาไว้ทั้งหมด 50 ชิ้น

3.4.8 การใช้แรงดันน้ำฉีดฟ่นเงาะทั้งผล

1. เตรียมเงาะที่มีเปลือกและไข่ของเปลือกแบ่งจำนวน 80 ผล
2. นับจำนวนเปลือกและไข่ของเปลือกแบ่ง บันทึกผลก่อนล้าง
3. นำเงาะใส่เอาไว้ในตระกร้อที่ห่างจากหัวฉีดเป็นระยะ 3 เซนติเมตรทั้งสี่ทิศทาง
4. เปิดปั๊มน้ำล้างเงาะด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ที่ละผลเป็นเวลา 30 วินาที
5. วางทิ้งไว้ให้เงาะหายเปียก แล้วนับจำนวนเปลือกและไข่ของเปลือกแบ่งที่หลังล้างบันทึกผล
6. ทำการทดลองซ้ำจนครบ 80 ผล

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองตอนที่ 1

4.1 กระบวนการพรีทรีตโดยใช้ลมร้อน

จากการนำผลเงาสดมาผ่านกระบวนการพรีทรีตโดยใช้ลมร้อน ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 5 นาที จากนั้นนำมาจุ่มน้ำอุณหภูมิปกติ แล้วนำมานับจำนวนเพลี้ยที่เหลือในแต่ละผลเพื่อหาค่าร้อยละการกำจัดเพลี้ย ซึ่งคำนวณได้จาก:

$$\text{ร้อยละการกำจัดเพลี้ย} = \frac{\text{จำนวนผลเงาที่ไม่มีเพลี้ยเหลือ}}{\text{จำนวนผลเงาทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

โดยร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังผ่านกระบวนการพรีทรีตด้วยลมร้อนแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังผ่านการพรีทรีตด้วยลมร้อน

อุณหภูมิ(°ซ)	เวลา (นาที)	ร้อยละการกำจัดเพลี้ย
40	2	0
	5	0
50	2	0
	5	0
60	2	0
	5	0

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลเงาหลังผ่านกระบวนการมีจำนวนเพลี้ยเท่าเดิม หรือมีร้อยละการกำจัดเท่ากับศูนย์ เนื่องจาก การใช้ลมร้อนทำให้ตัวและไข่เพลี้ยแห้งและติดแน่นอยู่กับเปลือกเงาจึงล้างไม่ออก นอกจากนี้การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 5 นาที, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 5 นาที ส่งผลให้เปลือกนอกและขนเงาเปลี่ยนจากสีแดงสดเป็นสีน้ำตาลเนื่องจากน้ำภายในเซลล์ระเหยออกสู่ลมร้อน

มีการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ความร้อนในรูปของลมร้อนหรือน้ำร้อนในการกำจัดแมลงปนเปื้อนในผลไม้ เช่น Lester และคณะ (1995) พบว่าการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 44- 54 องศาเซลเซียสเป็นเวลาเฉพาะสามารถกำจัด lightbrown apple moth และเพลี้ย (longtailed mealy bug) ใน

ลูกพลับได้ ต่อมา Dentener และคณะ (1996) ได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ลมร้อนแทนและพบว่าลมร้อนในช่วง 44 -50 องศาเซลเซียสก็สามารถทำลายแมลงปนเปื้อนทั้งสองได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดการเสื่อมเสียต่อคุณภาพของลูกพลับได้

4.2 กระบวนการพริทโดยใช้น้ำร้อน

จากการนำผลเงาสดมาผ่านกระบวนการพริทโดยใช้น้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 5 นาที จากนั้นนำมาจุ่มน้ำอุณหภูมิปกติ แล้วนำมานับจำนวนเพลี้ยที่เหลือในแต่ละผล เพื่อหาลักษณะการกำจัดเพลี้ย ดังแสดงในตารางที่ 4.2

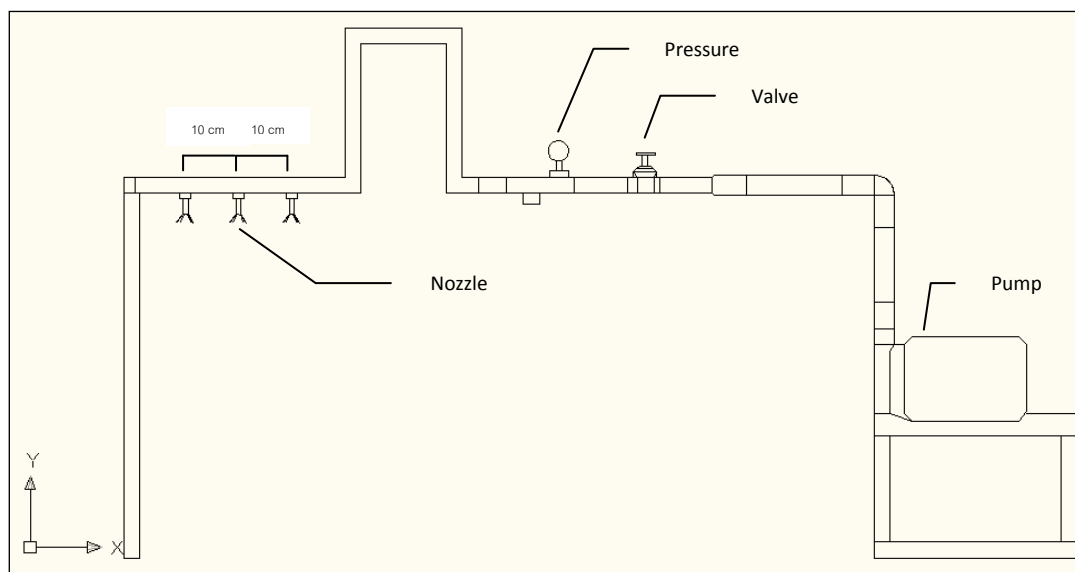
ตารางที่ 4.2 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังผ่านการพริทเม้นต์ด้วยน้ำร้อน

อุณหภูมิ(°ซ)	เวลา (นาที)	ร้อยละการกำจัดเพลี้ย
40	2	0
	5	0
50	2	0
	5	0
60	2	0
	5	0

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผลเงาหลังผ่านกระบวนการมีจำนวนเพลี้ยแป้งลดลงเล็กน้อยเท่านั้น เพลี้ยแป้งบางตัวที่ยึดเกาะแบบหลวม สามารถหลุดลอยออกไปกับน้ำได้ ส่วนไข่ของเพลี้ยแป้งยังคงยึดเกาะแน่นอยู่ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ไม่มีเงาผลใดที่ถูกกำจัดตัวและไข่เพลี้ยแป้งออกได้หมด นอกจากนี้ การแช่เงาในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 5 นาที และ 60 องศาเซลเซียส 2 และ 5 นาที ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลซึ่งเกิดจากอาการ heat injury (มนัญญา งามศักดิ์, 2553) เช่นเดียวกับการใช้ลมร้อน

4.3 การหาแรงดันน้ำที่เหมาะสมในการฉีดล้างกำจัดไข่เพลี้ยแป้ง

จากการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 ทำให้เราทราบว่า กระบวนการพริท ไม่สามารถกำจัดตัวและไข่เพลี้ยแป้งได้ และตัวเพลี้ยแป้งหลุดได้ง่ายกว่าไข่เพลี้ยแป้งที่ยึดเกาะกับเปลือกเงาด้วยเมือก นอกจากนี้การใช้ลมร้อนและน้ำร้อนยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกและขนเงา จึงใช้การฉีดพ่นด้วยน้ำในการพัฒนาเครื่องล้างเงาในระดับปฏิบัติการขึ้นดังในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ภาพโครงร่างของเครื่องล้างเงาะในระดับปฏิบัติการตอนที่ 1

เครื่องล้างเงาะในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย บั๊มหอยโข่งขนาด 1 แรงม้า ต่อเข้ากับท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว หลังจากนั้นต่อข้อลดขนาด 0.5 นิ้ว และทำการติดตั้งวาล์วเพื่อเปิด/ปิดน้ำ และติดตั้งมาตรวัดความดัน (pressure gauge) เพื่ออ่านค่าความดันภายในท่อ เครื่องนี้สามารถฉีดได้ครั้งละ 3 หัวฉีด โดยหัวฉีดเป็นหัวพ่นยาฆ่าแมลงทำจากทองเหลืองชนิดละอองน้ำฝอยละเอียด เมื่อนำมาหาอัตราการไหล พบว่ามีอัตราการไหลของน้ำดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านหัวฉีดการเกษตรที่แรงดัน 2, 3 และ 4 บาร์

แรงดัน (บาร์)	อัตราการไหลของน้ำ* ($\times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{sec}$)
2	1.40 ± 0.70
3	1.75 ± 0.46
4	2.00 ± 0.84

*ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การศึกษาแรงดันน้ำ โดยนำขึ้นเปลือกเงาะขนาด 2 x 2 เซนติเมตร มาฉีดพ่นด้วยเครื่องล้างดังรูปที่ 4.1 โดยใช้แรงดันน้ำ 2, 3 และ 4 บาร์ โดยแบ่งเป็นการฉีดที่ระยะห่างหัวฉีด 3 และ 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที เพื่อหาแรงดันและสภาวะที่เหมาะสม พบว่า มีร้อยละการกำจัดเพลี้ยดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ร้อยละการกำจัดเพื้อหลังจากการใช้แรงดันน้ำ 2, 3 และ 4 บาร์ นิดพ่นเงาะ

แรงดัน	ระยะห่างหัวฉีด(ซม.)	ระยะเวลา(วินาที)	จำนวนชิ้นที่ออกหมด	ร้อยละการกำจัด
2	3	5	15	62.50
		10	11	45.83
		15	10	41.67
	4	5	3	20.83
		10	14	58.33
		15	8	33.33
3	3	5	14	58.33
		10	10	41.47
		15	19	71.17
	4	5	10	41.67
		10	8	33.33
		15	9	37.50
4	3	5	7	25.93
		10	14	58.33
		15	16	66.67
	4	5	12	50.00
		10	18	75.00
		15	23	95.83

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นร้อยละการกำจัดเพื้อหลังจากการฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 2, 3 และ 4 บาร์ พบว่า เมื่อฉีดพ่นโดยใช้แรงดันน้ำ 2 บาร์ ระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีร้อยละการกำจัดเพื้อเท่ากับ 62.50, 45.83 และ 41.67 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีร้อยละการกำจัดเพื้อเท่ากับ 20.83, 58.33 และ 33.33 ตามลำดับ การฉีดพ่นโดยใช้แรงดันน้ำ 3 บาร์ ระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีร้อยละการกำจัดเพื้อเท่ากับ 58.33, 41.47 และ 71.17 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีร้อยละการกำจัดเพื้อเท่ากับ 41.67, 33.33 และ 37.50 ตามลำดับ และเมื่อฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ ซึ่งเป็นแรงดันน้ำสูงสุดในการทดลอง พบว่า เมื่อฉีดที่ระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีร้อยละการกำจัดเพื้อเท่ากับ 25.93, 58.33 และ 66.67 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4

เซนติเมตร เป็นเวลา 5, 10 และ 15 วินาที มีร้อยละการกำจัดเชื้อเท่ากับ 50, 75 และ 93.83 ตามลำดับ ซึ่งสังเกตได้ว่าการฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 4 บาร์ มีแนวโน้มของร้อยละการกำจัดเชื้อสูงกว่าการฉีดพ่นด้วยแรงดันน้ำ 2 และ 3 บาร์ จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น จึงสรุปได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการฉีดล้างเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการล้างกำจัดเชื้อเปลี่ยนแปลงมากขึ้น และแรงดันน้ำที่เหมาะสมสำหรับการฉีดพ่นเชื้อเพลิงออกจากชิ้นงานคือ 4 บาร์

4.4 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ในการฉีดพ่น (แบ่งกลุ่มตามจำนวนเชื้อเพลิงแข็ง)

การศึกษาแรงดันน้ำ 4 บาร์ ในการฉีดพ่นชิ้นเปลือกมะนาวขนาด 2 x 2 เซนติเมตร ด้วยเครื่องล้างดังรูปที่ 4.1 โดยแบ่งเป็นการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 3 และ 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที พบว่ามีร้อยละการกำจัดเชื้อดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ร้อยละการกำจัดเชื้อเพลิงแข็งหลังการใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดพ่นชิ้นงาน

จำนวน	ระยะห่างหัวฉีด(ซม.)	ระยะเวลา(วินาที)	จำนวนชิ้นที่ออกหมด	ร้อยละการกำจัด
1-30 ฟอง	3	10	2	20
		15	4	30
		20	4	20
	4	10	3	30
		15	3	30
		20	2	20
31-60 ฟอง	3	10	0	0
		15	0	0
		20	1	10
	4	10	0	0
		15	0	0
		20	1	10
มากกว่า 60 ฟอง	3	10	0	0
		15	0	0
		20	0	0
	4	10	0	0
		15	1	10
		20	1	10

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่ 0-30 ฟอง เมื่อนิดพ่นด้วยระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 20, 30 และ 20 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 30, 30 และ 20 ตามลำดับ ชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่ 31-60 ฟอง เมื่อนิดพ่นด้วยระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0, 0 และ 10 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0, 0 และ 10 ตามลำดับ และชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่มากกว่า 60 ฟอง เมื่อนิดพ่นด้วยระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0 ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0, 10 และ 10 ตามลำดับ จากผลการทดลองจะเห็นว่า ชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่ 1-30 ฟอง มีร้อยละการกำจัดเปลือกสูงกว่าชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่ 31-60 ฟอง และชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่มากกว่า 60 ฟอง เนื่องจาก ชี้นเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะจำนวนน้อยจะถูกกำจัดไข่เปลือกออกจนหมดได้ง่ายกว่าชี้นเปลือกเงาะที่มีจำนวนเปลือกมาก

4.5 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับน้ำยาล้างผักในการฉีดพ่นเงาะ (แบ่งกลุ่มตามจำนวนไข่เปลือกเงาะ)

การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ เพียงอย่างเดียวยังไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดไข่เปลือกเงาะ จึงได้มีการใช้แรงดันน้ำร่วมกับน้ำยาล้างผักที่มีองค์ประกอบของสารลดแรงตึงผิว (Sodium Lauryl Ether Sulfate 4.8%) ฉีดพ่นชี้นเปลือกเงาะขนาด 2 x 2 เซนติเมตร จากนั้นนำมาหาล้างร้อยละการกำจัดเปลือกดังตารางที่ 4.6

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่า ชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่ 0-30 ฟอง เมื่อนิดพ่นด้วยระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 60, 60 และ 40 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 40, 60 และ 40 ตามลำดับ ชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่ 31-60 ฟอง เมื่อนิดพ่นด้วยระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 10, 0 และ 0 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0, 10 และ 0 ตามลำดับ และชี้นเปลือกเงาะที่มีไข่เปลือกเงาะอยู่มากกว่า 60 ฟอง เมื่อนิดพ่นด้วยระยะห่างหัวฉีด 3 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0, 0 และ 10 ตามลำดับ ส่วนการฉีดพ่นที่ระยะห่างหัวฉีด 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 15 และ 20 วินาที มีร้อยละการกำจัดเปลือกเท่ากับ 0

ตารางที่ 4.6 ร้อยละการกำจัดเพื้อหลังการใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ร่วมกับน้ำยาล้างผักฉีดพ่นขึ้นเงาะ

จำนวน	ระยะห่างหัวฉีด(ซม.)	ระยะเวลา(วินาที)	จำนวนชิ้นที่ออกหมด	ร้อยละการ
1-30 ฟอง	3	10	6	60
		15	6	60
		20	4	40
	4	10	4	40
		15	6	60
		20	4	40
31-60 ฟอง	3	10	1	10
		15	0	0
		20	0	0
	4	10	0	0
		15	1	10
		20	0	0
มากกว่า 60 ฟอง	3	10	0	0
		15	0	0
		20	1	10
	4	10	0	0
		15	0	0
		20	0	0

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การใช้ น้ำยาล้างผัก ร่วมกับการฉีดพ่น มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดเพื้อแป้งได้มากขึ้นในชั้นเปลือกเงาะกลุ่มที่มีไข่แป้ง 1-30 ฟอง และ ไม่มีความแตกต่างเมื่อนิดพ่นกับขึ้นเงาะกลุ่มที่มีจำนวนไข่แป้ง 31-60 ฟอง และกลุ่มที่มีจำนวนมากกว่า 60 ฟอง แต่การฉีดด้วยน้ำยาล้างผักส่งผลให้หัวฉีดเกิดการอุดตันและมีแรงดันน้ำลดลง เนื่องจากฟองที่เกิดขึ้นไปขัดขวางการไหลของน้ำก่อนออกจากหัวฉีด

Bai และคณะ (2006) ได้พบว่าใช้สารช่วยลดแรงตึงผิว (wetting agent) ชนิดต่างๆ ในการล้างด้วยการฉีดพ่นด้วยน้ำในลูกแพร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการล้างได้

การทดลองตอนที่ 2

จากการทดลองในตอนต้นที่ 1 พบว่า แรงดันน้ำที่เหมาะสมสำหรับการฉีดพ่นไขเพลี้ยแป้งมากที่สุดคือ 4 บาร์ และสันนิษฐานได้ว่าระยะเวลาอาจยังไม่เพียงพอในการฉีดพ่น ไขเพลี้ยแป้งจะหลุดออกไปได้ถ้าถูกฉีดโดนแรงดันน้ำ ส่วนไขเพลี้ยแป้งที่ไม่ถูกแรงดันน้ำ ได้แก่ ไขที่เกาะอยู่บริเวณโคนของขนงะ และไขที่ถูกขนงะทับ ซึ่งไม่สามารถหลุดออกไปได้ ทำให้เราทราบปัญหาดังกล่าว ซึ่งเกิดมาจากหัวฉีดไม่สามารถพ่นฝอยได้ทั่วทั้งชิ้นงะ ส่งผลให้มีบริเวณที่ไม่โดนแรงดันน้ำ ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เกิดการปรับปรุงเครื่องล้างใหม่โดยการเปลี่ยนชนิดของหัวฉีด จากหัวพ่นยาทองเหลืองที่ใช้กันทั่วไปในงานเกษตรกรรม เป็นหัวฉีดน้ำเฉพาะทางชนิด full cone spray nozzle รุ่น 1/4M JJXPIS JFJ-S ที่มีมุม 75 องศา ซึ่งที่แรงดัน 4 บาร์ หัวฉีดการเกษตรมีอัตราการไหลเท่ากับ 2.00×10^{-5} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่หัวฉีดเฉพาะทาง full cone spray nozzle มีอัตราการไหลเท่ากับ 6.19×10^{-4} ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งมีค่ามากกว่าหัวฉีดการเกษตรประมาณ 30 เท่า ข้อมูลต่างๆของหัวฉีดเฉพาะทางดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลหัวฉีด full cone spray nozzle รุ่น JJXPIS-series แบบ 1/4M JJXPIS JFJ-S standard pressure 0.2 MPa ที่แรงดันน้ำ 4 บาร์

หัวฉีด	P = 4 บาร์							
	M (kg)	m (kg/s)	อัตราการไหล (m ³ /s)	พื้นที่ (m ²)	ความเร็ว (m/s)	P (kg.m/s)	t(s)	F(N)
65°	0.375	0.075	5.93×10^{-4}	8.00×10^{-6}	74.13	27.79	5	5.56
75°	0.405	0.081	6.19×10^{-4}	1.05×10^{-5}	58.95	23.87	5	4.77

4.6 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดล้างชิ้นเปลือกงะขนาด 2 เซนติเมตร x 2 เซนติเมตร

จากการทดลองฉีดชิ้นเปลือกงะขนาด 2 x 2 เซนติเมตร ที่มีไขเพลี้ยแป้งเกาะอยู่ จำนวน 50 ชิ้น ด้วยระยะเวลา 20 วินาที พบว่ามีจำนวนชิ้นที่ออกหมดทั้งสิ้น 46 ชิ้น มีร้อยละการกำจัดเพลี้ยเท่ากับ 92 ส่วนชิ้นที่กำจัดออกไม่หมดจะเหลือเพลี้ยแค่ในตำแหน่งที่ถูกโคนงะทับ ทำให้แรงดันน้ำไม่สามารถเข้าถึงฟองไขเพลี้ยแป้งที่หลบอยู่ได้ จะเห็นได้ว่า full cone spray nozzle มีประสิทธิภาพในการกำจัดไขเพลี้ยแป้งได้ดีมาก เนื่องจากเป็นหัวที่เหมาะสมสำหรับการใช้พ่นน้ำแบบเต็มพื้นที่ มีขนาดมุม 75 องศา ทำให้ครอบคลุมบริเวณชิ้นเปลือกงะ

4.7 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดล้างเปลือกเงาะครึ่งผล

เมื่อทราบว่าหัวฉีด full cone spray nozzle รุ่น JJXPIS-series แบบ 1/4M JJXPIS JFJ-S standard pressure 0.2 MPa ขนาดมุม 75 องศา มีความสามารถในการพ่นน้ำให้โดนทุกบริเวณ จึงได้ทำการทดลองต่อ โดยการฉีดพ่นกับเปลือกเงาะครึ่งผล (ตามแนวรี) ที่ระยะห่าง 4 เซนติเมตร เป็นเวลา 10, 20 และ 30 วินาที พบว่ามีร้อยละการกำจัดเพลี้ยดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ร้อยละการกำจัดเพลี้ยหลังการใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดพ่นเงาะครึ่งผล

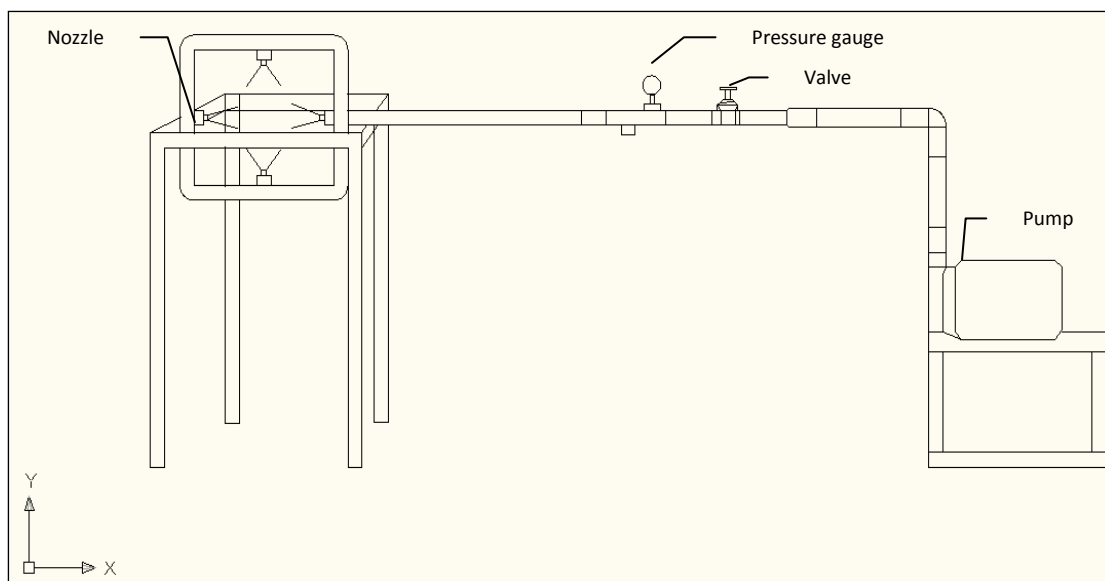
เวลา(วินาที)	จำนวนทั้งหมด	จำนวนที่ล้างไม่ออก	ร้อยละการกำจัดเพลี้ย
10	50	16	68
20	50	7	86
30	50	2	96

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เวลาในการฉีดล้าง 10, 20 และ 30 วินาที มีร้อยละไขเพลี้ยแป้งที่ล้างออกหมดเท่ากับ 68, 86 และ 96 ตามลำดับ ซึ่งการใช้เวลาในการฉีด 30 วินาทีจะมีความสามารถในการกำจัดเพลี้ยได้มากที่สุด ส่วนชั้นที่ออกไม่หมด มีสาเหตุเนื่องจากไขอยู่ใต้ขนของเงาะที่ลึ้มทับ จึงไม่ถูกแรงดันน้ำ อีกหนึ่งสาเหตุคือ ไขเพลี้ยแป้งติดอยู่ที่บริเวณจุกข้าวซึ่งไม่มีโอกาสโดนแรงดันน้ำที่ฉีดจากด้านบนเพียงทิศทางเดียว

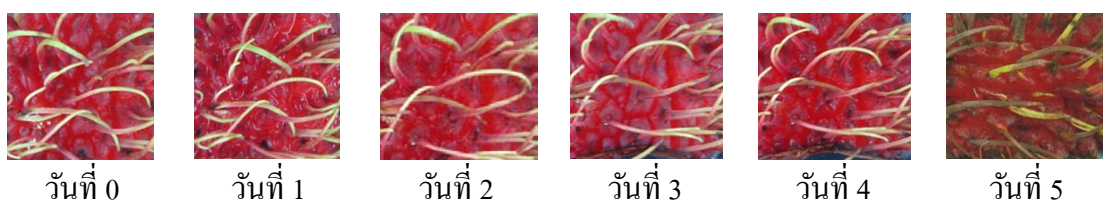
4.8 การใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ ฉีดล้างเงาะทั้งลูก

จากปัญหาดังกล่าวจึงเกิดการพัฒนาเป็นเครื่องล้างเงาะที่ทำการฉีดได้ทั่วทั้งผล กล่าวคือ ทำการฉีดทั้ง 4 ทิศทาง ประกอบไปด้วยการฉีดด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย และด้านขวาดังรูปที่ 4.2

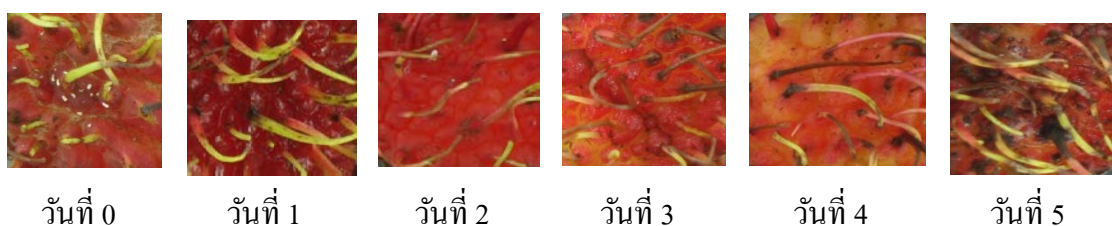
จากการทดลองทำการฉีดเงาะทั้งลูก จำนวน 80 ลูก ด้วยระยะเวลา 30 วินาที พบว่ามีจำนวนชั้นที่ออกหมดทั้งสิ้น 77 ผล มีร้อยละการกำจัดเพลี้ยเท่ากับ 96.25 ส่วนชั้นที่กำจัดออกไม่หมดนั้นพบว่ามีเพลี้ยหลงเหลือในตำแหน่งที่ถูกโคนของขนเงาะทับ ทำให้แรงดันน้ำไม่สามารถเข้าถึงฟองไขเพลี้ยแป้งที่ติดอยู่ได้ การฉีดทุกทิศทาง สามารถแก้ปัญหาไขเพลี้ยที่ติดอยู่บริเวณจุกข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากไม่พบไขเพลี้ยแป้งหลงเหลืออยู่เลย นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาคุณภาพของเงาะหลังจากการฉีด พบว่ามีลักษณะดังรูปที่ 4.3 และ 4.4



รูปที่ 4.2 ภาพโครงสร้างของเครื่องล้างเจาะในระดับปฏิบัติการตอนที่ 2



รูปที่ 4.3 สีของเปลือกเงาะที่ไม่ได้ผ่านการฉีดด้วยแรงดันเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0-5 วัน



รูปที่ 4.4 สีของเปลือกเงาะที่ผ่านการฉีดด้วยแรงดัน 4 บาร์ เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 0-5 วัน

จากรูปจะเห็นว่า แรงดันน้ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและลักษณะของเปลือกเงาะ เนื่องจาก แรงดันน้ำที่ใช้ในการทดลองคือ 4 บาร์ ซึ่งเป็นแรงดันน้ำที่ไม่สูงมากนัก โดย Hansen และคณะ (2006) ใช้แรงดันน้ำมากกว่า 4 ในการกำจัดไข่แมลงในแอปเปิล และ Jamieson และคณะ (2000) ศึกษาการล้างด้วยน้ำแรงดันสูงถึง 27-41 บาร์ ในการกำจัดไข่แมลงออกจากผิวของผลอะโวคาโด ในขณะที่ Bai และคณะ (2006) ใช้น้ำแรงดันสูงถึง 9.8 บาร์เพื่อกำจัดแมลงบนลูกแพร์

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

การพรีทรีตโดยใช้ลมร้อนไม่สามารถลดจำนวนตัวและไข่เพลี้ยแป้งได้ เนื่องจากลมร้อนกำจัดความชื้นจากตัวและไข่เพลี้ยแป้ง ทำให้ตัวและไข่เพลี้ยแป้งแห้งและติดแน่นอยู่กับเปลือกเงาะ ส่งผลให้ล้างออกได้ยากขึ้น ส่วนการพรีทรีตโดยใช้น้ำร้อนสามารถลดจำนวนตัวเพลี้ยที่เกาะยึดแบบหลวมได้ โดยที่ตัวเพลี้ยแป้งหลุดและลอยออกมากับน้ำ แต่ไม่สามารถลดจำนวนไข่เพลี้ยแป้งที่ยึดติดแน่น นอกเหนือจากนี้ การพรีทรีตโดยอาศัยความร้อนจากทั้ง 2 กระบวนการ ส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติเนื่องจากความร้อนที่บริเวณเปลือกและขนเงาะตามมา ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องล้างในระดับปฏิบัติการขึ้นโดยใช้การฉีดพ่นด้วยน้ำ จากการศึกษาพบว่า การฉีดพ่นน้ำด้วยแรงดันที่สามารถทำให้ไข่เพลี้ยหลุดมากที่สุดและไม่ส่งผลต่อการเกิดสีน้ำตาลคือการใช้แรงดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 15 วินาที หลังจากนั้นได้ทดลองทำการศึกษาโดยแบ่งกลุ่มตามจำนวนไข่เพลี้ยแป้ง โดยเพิ่มเวลาในการฉีดเป็น 10, 15 และ 20 วินาที พบว่า ชี้นเปลือกเงาะที่มีปริมาณไข่เพลี้ยแป้ง 1-30 ฟอง มีร้อยละการกำจัดเพลี้ยสูงกว่า ชี้นเปลือกเงาะที่มีปริมาณไข่เพลี้ยแป้ง 31-60 ใบ และมากกว่า 61 ใบ จากการสังเกตทำให้ทราบว่า การสัมผัสกับแรงดันน้ำได้มากทำให้ไข่เพลี้ยแป้งหลุดออกได้มาก ส่วนไข่ที่ยังคงเกาะอยู่คงเดิม คือไข่เพลี้ยแป้งที่ไม่โดนแรงดันน้ำ จึงได้มีการปรับปรุงโดยเปลี่ยนจากหัวฉีดยาของเครื่องที่กระแสน้ำออกไม่เต็มพื้นที่เป็น full cone spray nozzle ขนาดมุมฉีดพ่น 75 องศา ที่น้ำสามารถออกได้เต็มพื้นที่ของหัวฉีดและมีพื้นที่ในการฉีดครอบคลุมชี้นเปลือกเงาะขนาด 2 x 2 เซนติเมตร จากการทดลองฉีดกับชี้นเปลือกเงาะ 2 x 2 เซนติเมตร พบว่า มีร้อยละการกำจัดเพลี้ยเท่ากับ 92 ส่วนชี้นที่ล้างไม่ออกเนื่องจากไข่เพลี้ยแป้งเกาะอยู่บริเวณโคนที่ถูกขนเงาะล้อมทับ จึงทำให้แรงดันน้ำไม่สามารถเข้าถึงได้ จากนั้นได้ทำการศึกษาต่อกับเงาะครึ่งลูก โดยใช้แรงดันน้ำ 4 บาร์ เช่นเดิม ฉีดล้างนาน 10, 20 และ 30 วินาที พบว่า การใช้เวลาฉีดล้าง 30 วินาทีสามารถกำจัดเพลี้ยสูงที่สุดคือร้อยละ 96 ส่วนชี้นที่ล้างออกไม่หมดเกิดจากไข่เพลี้ยแป้งยึดติดอยู่บริเวณขั้วและโคนขนที่ถูบบัง

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องล้าง โดยการฉีดทั้ง 4 ทิศทาง ได้แก่ ด้านบน ด้านล่าง (หัวฉีดมุม 75 องศา) ด้านซ้าย และด้านขวา (หัวฉีดมุม 65 องศา เพราะด้านขั้วมีพื้นที่น้อยกว่า) พบว่ามีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น กล่าวคือ มีร้อยละการกำจัดเพลี้ยเท่ากับ 96.25 ส่วนชี้นที่ล้างออกไม่หมดเหลือเพลี้ยแค่ในตำแหน่งที่ถูกโคนเงาะทับ แต่สามารถแก้ปัญหาไข่เพลี้ยแป้งที่ยึดเกาะอยู่บริเวณขั้วได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพาณิชย์. 2556. ระบบรายงานข้อมูลการค้าระหว่างประเทศของไทย. เข้าถึงข้อมูลได้จาก <http://www2.ops3.moc.go.th>, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2556
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2555. เงาะ. เข้าถึงข้อมูลได้จาก <http://www.doae.go.th/library/html/putsetakit/ngoa.pdf>, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2555.
- นงนิตย์ มรกต. 2549. เหมีกับการดำรงชีวิต. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม. 149 น.
- มนัญญา งามศักดิ์. 2553. ผลของการใช้น้ำร้อนและน้ำคลอรีนล้างเงาะสดพันธุ์โรงเรียนต่อจำนวนจุลินทรีย์และการยอมรับทางประสาทสัมผัส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 40(1) (พิเศษ): 329-332.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. เข้าถึงข้อมูลได้จาก <http://www.oae.go.th>, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2556.
- เสกสรร หอมจันทร์. 2548. การศึกษาชีววิทยาของเพลี้ยแป้ง และมาตรการการกำจัดที่เหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดส่งออก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โอภาส บุญเส็ง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. สถาบันวิจัยพืชไร่. เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://www.tapiocathai.org/Articles/Year53/disaster_.Dr.opas%20.pdf, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 23 พฤษภาคม 2555.
- อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร. เงาะ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=65&i2=18, สืบค้นข้อมูลเมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2556.
- Bai, J., Mielke, E. A., Chen, P. M., Spotts, R. A., Serdani, M., Hansen, J. D., Neven, L. G. 2006. Effect of high-pressure hot-water washing treatment on fruit quality, insect, and disease in apples and pears: Part I. System description and the effect on fruit quality of d'Anjou' pears. Postharvest Biology and Technology 40(3), 207-215.
- Dentener, P.R., Alexander, S.M., Lester, P.J., Petry, R.J., Maindonald, J.H. and R.M., McDonald. 1996. Hot air treatment for disinfestation of lightbrown apple moth and longtailed mealy bug on persimmons. Postharvest Biology and Technology. 8: 143-152.

- Dentener, P.R., Bennett, K.V., Hoy, L.E., Lewthwaite, P.J., Maindonald, J.H. and P.G., Connolly. 1997. Postharvest disinfestation of lightbrown apple moth and longtailed mealy bug on persimmons using heat and cold. *Postharvest Biology and Technology*. 12: 255-264.
- Hansen, J. D., Heidt, M. L., Neven, L. G., Mielke, E. A., Bai, J., Chen, P. M., Spotts, R. A. 2006. Effect of high-pressure hot-water washing treatment on fruit quality, insect, and disease in apples and pears: Part III. Use of silicone-based material and mechanical methods to eliminate surface pests. *Postharvest Biology and Technology* 40(3), 221- 229.
- Jamieson, L. E., Whiting, D. C., Woolf, A. B., White, A., McDonald, R. M. 2000. Water-blasting avocados to remove leaf roller egg. *New Zealand Plant Protection* 53, 371- 374.
- Neven, L. G., Hansen, J. D., Spotts, R. A., Serdani, M., Mielke, E. A., Bai, J., Chen, P. M., Sanderson, P. G. 2006. Effect of high-pressure hot-water washing treatment on fruit quality, insect, and disease in apples and pears: Part IV. Use of silicone-based material and mechanical methods to eliminate surface arthropod eggs. *Postharvest Biology and Technology* 40(3), 230-235.
- Nguyen, T.B.T., Ketsa, S. and van Doorn, W.G. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*. 30, 187-193.
- Lester, P.J., Dentener, P.R., Petry, R.J., Alexander, S.M., (1995). Hot-water immersion for disinfestation of lightbrown apple moth (*Epiphyas postvittana*) and longtailed mealy bug (*Pseudococcus longispinus*) on persimmons. *Postharvest Biology and Technology* 6(3-4), 349-356.
- Spotts, R. A., Serdani, M., Mielke, E. A., Bai, J., Chen, P. M., Hansen, J. D., Neven, L. G., Sanderson, P. G. 2006. Effect of high-pressure hot-water washing treatment on fruit quality, insect, and disease in apples and pears: Part II. Effect on postharvest decay of d'Anjou pear fruit. *Postharvest Biology and Technology* 40(3), 216-220.
- Walker, G. P., Morse, J. G., Arpaia, M. L. 1996. Evaluation of a high-pressure washer for postharvest removal of california red scale (Homoptera: *Diaspididae*) from citrus fruit. *Journal of Economic Entomology* 89, 148-155.
- Walker, G. P., Zareh, N., Arpaia, M. L. 1999. Effect of pressure and dwell time on efficiency of a high-pressure washer for postharvest removal of California red scale (Homoptera: *Diaspididae*) from citrus fruit. *Journal of Economic Entomology* 92, 906- 914.

- Wall, M.M. 2006. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis* 19, 655-663.
- Whiting, D. C., Hoy, I. E., Mandonald, J. H., Connolly, P. G., Mcdonald, R. M. 1998. High-pressure washing treatments to remove obscure mealybug (Homoptera: *Pseudococcidae*) and lightbrown apple moth (Lepidoptera: *Tortricidae*) from harvested apples. *Journal of Economic Entomology* 91, 1458-1463.
- Williams, D.J. and G.W. Watson. 1988. The scale insects of the tropical south pacific region. Part 2. The mealybugs (*Pseudococcidae*). CAB International Institute of Entomology, Wallingford. 260 pp.
- Yingsanga, P., Srilaong, V., Kanlayanarat, S., Noichinda, S. and McGlasson, W.B. 2008. Relationship between browning and related enzymes (PAL, PPO and POD) in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* Linn.) cvs. Rongrien and See-Chompoo. *Postharvest Biology and Technology* 50, 164–168.

ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศรากรณ์ มหาโยธี (Busarakorn Mahayothee)
 ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม
 โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194
 e-mail: busarakornm@yahoo.com

Selected Publications

- Mahayothee, B.. Nondestructive Testing. 2013. In Radanachaless, T., editor. *Mango: Production and Postharvest*, Chiangmai, Thailand: Postharvest Technology Innovation Center, p. 527-536. (in Thai)
- Rungpichayapichet, P., Mahayothee, B., Nagle, M., Müller, J. 2013. Application of near-infrared spectroscopy to determine the beta-carotene in mango. *16th International Conference on Near Infrared Spectroscopy*. Montpellier- La Grande-Motte, Franc (2-7 June 2013).
- Janjai, S., Mahayothee, B., Lamler, N., Bala, B.K., Precoppe, M., Nagle, M., Muller, J. 2010. Diffusivity, shrinkage and simulated drying of litchi fruit (*Litchi Chinensis* Sonn.), *Journal of Food Engineering*, 96(2) 214-221.
- Nagle, M., Mahayothee, B., Rungpichayapichet, P., Janjai, S., Müller, J. 2010. Effect of irrigation on near-infrared (NIR) based prediction of mango maturity. *Scientia Horticulturae*, 125 (4)771-774.
- Mahayothee, B., Udomkun, P., Nagle, M., Haewsungcharoen, M., Janjai, S., Mueller, J. 2009. Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage. *European Food Research and Technology* 229 (2) 329-337.
- Mahayothee, B., Neidhart, S., Carle, R., Mühlbauer, W. 2007. Effects of variety, ripening condition and ripening stage on the quality of sulphite-free dried mango slices. *European Food Research and Technology* 225(5-6): 723-732.

2. ผู้ร่วมโครงการ (1)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ (Pramote Khuwijtjaru)
 ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม
 โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194
 e-mail: kpramote@su.ac.th

Selected Publications

- Khuwijtjaru, P., Plernjit, J., Suaylam, B., Samuhaseneetoo, S., Pongsawatmanit, R., and Adachi, S. Stability of some phenolic compounds in subcritical water and radical scavenging activity of their degradation products. *The Canadian Journal of Chemical Engineering* (in press).
- Khuwijtjaru, P., Sayputikasikorn, N., Samuhasaneetoo, S., Penroj, P., Siri Wongwilaichat, P., and Adachi, S. (2012) Subcritical water extraction of flavoring and phenolic compounds from cinnamon bark (*Cinnamomum zeylanicum*). *Journal of Oleo Science* 61(6), 349-355.
- Khuwijtjaru, P., Watsanit, K., and Adachi, S. (2012) Carbohydrate content and composition of product from subcritical water treatment of coconut meal. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*.
- Khuwijtjaru, P., Yuenyong, T., Pongsawatmanit, R., and Adachi, S. (2011) Effects of ferric chloride on thermal degradation of γ -oryzanol and oxidation of rice bran oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 113(5), 652-657.
- Khuwijtjaru, P., Anantanasuwong, P., and Adachi, S. (2011) Emulsifying and foaming properties of defatted soy meal extracts obtained by subcritical water treatment. *International Journal of Food Properties* 14(1), 9-16.
- Khuwijtjaru, P., Chalooddong, K., and Adachi, S. (2008) Phenolic content and radical scavenging capacity of kaffir lime fruit peel extract obtained by pressurized hot water extraction. *Food Science and Technology Research* 14(1), 1-4.

อนุสิทธิบัตร

เลขที่ 6933 เรื่อง "กรรมวิธีการเพาะข้าวกล้องงอก"

3. ผู้ร่วมโครงการ (2)

อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ บรรดิษฐ์ (Chaiwat Bandaiphet)
 ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม ม. ศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
 โทรศัพท์-โทรสาร 034-219360
 e-mail: chaiwat-ajsu@hotmail.com

Selected Publications

Bandaiphet, C., and Prasertsan, P. 2006. Effect of Aeration and Agitation on Scale-up for Biopolymer production from *Enterobacter cloacae* WD7. *Carbohydrate Polymer*. 66:216-228.

Bandaiphet, C., H-kittikun, A. and Prasertsan, P. 2004. Scale-up for exopolysaccharide production from *Enterobacter cloacae* WD7. The 10th World Congress on Clinical Nutrition. November 30- December 3, 2004. Phuket, Thailand. Organized by Faculty of Agro-Industry, Prince of Songkla University, Thailand.

Bandaiphet, C. and Prasertsan, P. 2005. Flow rheological property of exopolysaccharide from *Enterobacter cloacae* WD7. *Biotechnology: Challenges in the 21st Century*, (Biothailand 2005). The 3rd International Biotechnology Trade Exhibition and conference. November, 2-5, 2005. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.

Bandaiphet, C., H-kittikun, A. and Prasertsan, P. 2006. Some properties of film prepared from Exopolysaccharide of *Enterobacter cloacae* WD7. The 11th International Symposium on Microbial Ecology (ISME -11). The Hidden-Powers-Microbial Communities in Action. August, 17-31, 2006. Vienna, Austria.

Bandaiphet, C. and Prasertsan, P. 2006. Structural characterization of biopolymer from *Enterobacter cloacae* WD7. The IUPAC International Symposium on Advanced Polymers for Emerging Technologies: Commemorating the 30th Anniversary of the Polymer Society of Korea, PSK30. October, 11-13, 2006. Bexco, Pusan, South Korea.

4. ผู้ร่วมโครงการ (3)

อาจารย์ ดร.ศราวุธ ภูไพบิตรกุล (Sarawut Phupaichitkun)

ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม

โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194

e-mail: psarawut@su.ac.th

Selected Publications

- Phupaichitkun, S., Mahayothee, B., Waldenmaier, T., Müller, J. 2008, Generalized single-layer model for drying kinetics of unpeeled-longan. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 1(2): 64 - 71.
- Nagle, M., Gonzalez Azcrraga, J. C., Phupaichitkun, S., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Janjai, S., Leis, H. Müller, J. 2008. Effects of operating practices on performance of a fixed-bed convection dryer and quality of dried longan. *International Journal of Food Science & Technology* 43:1979-1987.
- González Azcárraga, J.C., M. Nagle, S. Phupaichitkun, B. Mahayothee, M. Haewsungcharern, S. Janjai, H. Leis und J. Müller. 2007. Effect of shifting practices on performance of a fixed-bed convection dryer for longan, Proceedings Tropentag 2007, 9 October 2007, University of Kassel , Germany
- Ohno, Y., Phupaichitkun, S., Horino, H., Kobal, I., Hiratsuka, A. Matsushima, T. 2003. Product desorption dynamics in explosive NO + CO reaction on Pt(100). *Chemical Physics Letters* 373(1-2):161-166.