

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. **โครงการวิจัย** : เพิ่มศักยภาพการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออกในภาคตะวันออก
Post- harvest technology for enhance longan latency exports In the eastern region.

กิจกรรม : การทดสอบเทคโนโลยีการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มศักยภาพการส่งออกลำไยในพื้นที่ภาคตะวันออก

2. **ชื่อการทดลอง** : การทดสอบเทคโนโลยีและประสิทธิภาพของห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ชื่อการทดลอง : Technology test and the efficiency of sulfur dioxide fumigation room.

3. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางเกษสิริ ฉันทพิริยะพูน สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

ผู้ร่วมงาน : นางสาวประไพ หงษา สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6
นายพุทธิพันธ์ จารุวัฒน์ สังกัด ศูนย์เกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

นางสาวชนิษฐา วงษ์นิกร สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

นางสาวดาวณา ช่องวารินทร์ สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

นายสมชาย ฉันทพิริยะพูน สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

นางอุมาพร รักษาพรหมณ์ สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

นางจิตติลักษณ์ เหมะ สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

นางสาวธนิภา สีเผือก สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

4. บทคัดย่อ

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์รมลำไยผลสดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออกไปยังประเทศจีน ในช่วงปี 2553 -2557 นั้น พบปัญหาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเกินค่ามาตรฐานของประเทศจีน 50 มก./กก. ทำให้ประเทศจีนแจ้งเตือนอยู่บ่อยครั้ง จากปัญหาดังกล่าวหากไทยไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ ประเทศจีนอาจจะมีการนำเขาลำไยจากประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวงแก่เกษตรกรผู้ปลูกลำไยในพื้นที่ภาคตะวันออก มูลค่าไม่น้อยกว่า 4,752 ล้านบาท หรือ ไม่น้อยกว่า 9,500 ล้านบาทของผู้ผลิตลำไยทั้งประเทศ จากปัญหาดังกล่าวทำให้ต้องทำการวิจัยค้นหาสาเหตุหรือ

ปัญหาของผู้ประกอบการ ในการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งศึกษาห้องรมที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นโรงรมต้นแบบในการให้คำแนะนำและเป็นโรงรมที่ผู้ประกอบการสามารถศึกษาการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกต้องและเหมาะสมได้

จากการศึกษาโรงรมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ในปี พ.ศ. 2553 – 2555 พบว่าโรงรมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงใต้ มี 5 แบบ จำแนกโรงรมตามอุปกรณ์ที่ใช้ในการช่วยการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนี้ โรงรมแบบที่ 1 เป็นโรงรมที่ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (โรงรมชนิดนี้ต้องปรับปรุงเนื่องจากไม่เป็นไปตามมาตรฐาน 1004 – 2557) โรงรมชนิดที่ 2 ใช้ท่อและปั๊ม ช่วยในการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โรงรมชนิดที่ 3 ใช้พัดลมช่วยในการกระจายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โรงรมชนิดที่ 4 เหมือนแบบที่ 3 แต่มีระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิไอน้ำก่อนเข้าห้องรม โรงรมชนิดที่ 5 ระบบบังคับทิศทางลม 1 โรง ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่าโรงรมส่วนใหญ่ใช้พัดลมช่วยในการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่เนื่องจากการติดตั้งพัดลมเพื่อช่วยในการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีหลายแบบซึ่งให้ผลต่อการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน จากการศึกษาค้นคว้า การติดตั้งพัดลมที่ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยให้ผลดีที่สุด เป็นการติดตั้งพัดลม 4 ตัว ติดตั้งบริเวณด้านในของเหนือจุดที่ปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าห้องรม 2 ตัว ปรับพัดลมให้ก้มลงทำมุม 45 องศา และพัดลมอีก 2 ตัว ติดตั้งด้านหน้าเหนือพื้นประมาณ 45 ซม. จากผลการศึกษาค้นคว้าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไย จำนวน 5 พาเลท (พาเลทวางเป็นชั้นๆ จำนวน 10 ชั้นๆละ 4 ตะกร้า) แต่ละพาเลท วิเคราะห์ 3 ระดับ บน กลาง ล่าง พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในจุดต่างๆที่ทำการวิเคราะห์ มีค่าใกล้เคียงกันดังนี้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อลำไยอยู่ในช่วง 26.26 – 48.41 มก./กก. ค่าเฉลี่ย 34 มก./กก. เปลือก 1504.78 – 2088.01 มก./กก. ค่าเฉลี่ย 1783.20 มก./กก. ทั้งผลซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง 237 -348.45 มก./กก. ค่าเฉลี่ย 307.14 มก./กก. จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ T – Test พบว่า ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้ง 5 พาเลท ที่วางตามจุดต่างๆ และในแต่ละระดับทั้ง บน กลาง ล่าง มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ปัจจัยต่างๆที่จะช่วยให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในระดับที่ปลอดภัย นอกจากการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการกระจายตัวแล้ว ผู้ประกอบการต้องคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ตาม มกษ 1004-2557 ให้ได้ปริมาณที่ถูกต้อง ต้องมีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับการแพร่และกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตราห้องขนาดกลาง (40-50 ลบ.ม.) ไม่น้อยกว่า 8: 1 นอกจากนั้นการบำบัดแก๊สต้องใช้มอเตอร์ที่มีกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับดูดแก๊สออกไปบำบัด หอบำบัดต้องมีน้ำปูนใสและวัสดุสำหรับชะลอตัวของแก๊ส และเพิ่มพื้นที่สัมผัส (Media) เพื่อกำจัดแก๊สส่วนเกินก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

Abstract

The use of sulfur dioxide fumigation in fresh longan to extend the shelf life of fruits for export to China during the years 2553 -2557, the problem of sulfur dioxide residues exceeding than Maximum Residue Limit (MRL) of the People's Republic of China (PRC) 5.0 mg / kg. PRC makes frequent notification. If the issue can not be resolved, Thailand. PRC may suspend imports of longan from Thailand. Causing enormous damage to longan growers in the eastern area. Not less than 4,752 million baht or less than 9,500 million baht of longan production in the country. Such problems must do research to find the cause of the problem. In the playoff, sulfur dioxide In order to fix the system. Moreover, the fumigation chambers are suitable for use as a fumigation chambers are prototype to advise the exporter and the plant operators to study the playoff sulfur dioxide is right and proper.

Data from surveyed fumigation plants in the eastern region in the year 2553 - 2555 found that fumigation plants in eastern Thailand with five classified as fumigation plants, equipment used to aid the dispersion of sulfur dioxide the fumigation chamber. The first fumigation chamber, no device in the distribution of sulfur dioxide (the cabinet of this kind must be improved because it does not conform to the standards, TAS 1004 – 2014) a minister of the two pipes and pumps. Assist in the distribution of sulfur dioxide at the third playoff type fan assisted in the distribution of sulfur dioxide at the fourth playoff species like the third, but with a cooling system to reduce sulfur vapor temperature. Before fumigation chambers system of the fifth directional wind one plant from which such information can be found at most programs. Use a fan to help in the distribution of sulfur dioxide. However, due to the installation of a fan to help in the distribution of sulfur dioxide, which has many effects on the distribution of gaseous sulfur dioxide or different.

The study found that installing the fan that caused the sulfur dioxide content in the longan for the best results. The fan 4 is mounted in the chamber over the emissions of sulfur dioxide chambers 2 Adjust the fan bent at an angle of 45 degrees and a fan

second Installer front above the ground approximately 45 cm from the results. The study found that Sulfur dioxide residues in fruits of five pallets (pallet is placed on top of the 10 floor, 4 per basket), each pallet analysis on the lower middle class 3, the amount of sulfur dioxide residues in various points analyzed. The properties are as follows: Sulphur dioxide in the Longan in the range from 26.26 to 48.41 mg / kg mean 34 mg / kg shell 1504.78 to 2088.01 mg / kg mean 1783.20 mg / kg as a result of sulfur. oxide residues 237 -348.45 mg / kg averaged 307.14 mg / kg of data analysis using t -test showed that sulfur dioxide and five pallets placed at various points. In each level, both on the ground and sulfur dioxide. Residues do not differ statistically.

The factors that will allow residual sulfur dioxide to safe levels. In addition to installing the equipment in the distribution already. The operator must calculate the amount of sulfur on the TAS 1004-2557 obtain the correct dosage. Must have sufficient space for the transmission and distribution of sulfur dioxide. Rate Medium (40-50 m³) no less hostile than 8 m³: 1 (ton). Moreover, the exhaust blower gas the motor with electrical power suitable for sucking gas out of fumigation chamber to gas recapture unit. For eliminate gas sulfur dioxide in gas recapture unit requires lime solution (Calcium hydroxide) sprayed by motor in top of gas recapture unit. Sulfur dioxide must eliminate before being released into the environment.

5. คำนำ

ปัจจุบันลำไยในพื้นที่ภาคตะวันออก โดยเฉพาะที่จังหวัดจันทบุรี กำลังเป็นที่นิยมในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศจีน จะเห็นได้จากปริมาณการส่งออกที่มากขึ้นในแต่ละปี ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของ ปริมาณส่งออกที่มากขึ้น หรือปริมาณโรคตัดบรรจุกี่มากขึ้น ดังนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณการส่งออกลำไยไปประเทศ จีนและประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป

ปีงบประมาณ	จำนวนส่งออก (ตู้คอนเทนเนอร์)	จำนวนโรคตัดบรรจุกี่ (โรง)
2549	1,093	6
2550	1,148	10

2551	1,531	13
2552	2,178	17
2553	3,019	25
2554	4,169	38
2555	5,484	49
2556	5,429	56

ที่มา : กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6

จากข้อมูลตารางที่ 1 จะเห็นว่าลำไยในภาคตะวันออกมีแนวโน้มในการส่งออกที่เติบโตขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งปริมาณการส่งออกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วรวมถึงจำนวนโรงคัดบรรจุที่เพิ่มขึ้นนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่กรมวิชาการเกษตรซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการตรวจสอบรับรองคุณภาพผลผลิตต้องเข้มงวดในการกำกับดูแลให้สินค้าเหล่านี้เป็นสินค้าที่มีคุณภาพ มีปริมาณสารพิษตกค้างและปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างตามมาตรฐานประเทศปลายทาง ทั้งนี้เพื่อให้การส่งออกเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินการส่งออกได้อย่างเต็มที่ ส่งผลดีแก่เกษตรกรในพื้นที่ แต่ในทิศทางตรงกันข้าม หากมีผู้ประกอบการรายใดไม่รักษามาตรฐานในการผลิต ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของสารพิษตกค้างหรือการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สินค้าถูกปฏิเสธ หรือถูกกีดกันการนำเข้าย่อมเกิดผลกระทบต่อการผลิตลำไยของเกษตรกรอื่นจะนำผลเสียหายอย่างยิ่งต่อเกษตรกรผู้ผลิตลำไย ส่วนใหญ่ของประเทศ

จากข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับที่มีการตรวจพบสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเกินค่ามาตรฐานที่ประเทศจีน จากโรงรมในพื้นที่ภาคตะวันออก 2 โรง และจากการตรวจสอบข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ปี 2552 พบว่ามีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างสูงกว่า 50 มก./กก. จำนวน 6 ตู้คอนเทนเนอร์ ปัญหาดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสินค้าส่งออกทุกตู้คอนเทนเนอร์ต้องผ่านการตรวจสอบ อย่างเข้มงวดจากห้องปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาดังกล่าวทำให้ทราบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากโรงรมและเทคนิคการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของผู้ประกอบการที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปัญหา การกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรมไม่สม่ำเสมอ (พงศ์พันธ์และคณะ,2550) ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 จึงได้ศึกษาและจำแนกโรงรมในพื้นที่ออกเป็น 4 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1 โรงรมซึ่งใช้พัดลมช่วยในการกระจายตัวของแก๊ส โรงรมชนิดนี้นิยมใช้ในพื้นที่มากที่สุด แบบที่ 2 โรงรมซึ่งใช้ท่อ PVC และปั๊มช่วยในการกระจายตัวของแก๊ส โรงรมชนิดนี้กำลังได้รับความนิยม

ในโรงรรมที่สร้างใหม่ แบบที่ 3 แบบดั้งเดิม ใช้ปั๊มสุญญากาศช่วยในการกระจายตัวของแก๊ส พบในโรงรรมที่ดำเนินการมาหลายปีแล้ว แบบที่ 4 ใช้น้ำในการหล่อแก๊สซัลเฟอร์ก่อนเข้าห้องรรม ผู้ประกอบการออกแบบโดยมีความเชื่อว่าจะลดอุณหภูมิภายในห้องรรมและทำให้คุณภาพของลำไยดีขึ้น

ซึ่งโรงรรมดังกล่าวนี้ควรจะได้ศึกษารายละเอียดข้อดีข้อเสียตามหลักวิชาการ โดยเฉพาะในเรื่องของการกระจายตัวของแก๊สในห้องรรมซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของลำไยโดยตรง การดำเนินการดังกล่าวจะสามารถแก้ไขปริมาณการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สม่ำเสมอ ผู้ประกอบการสามารถควบคุมการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ลดปัญหาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเกินค่าที่กำหนดและลดปัญหาในการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ทดสอบเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มศักยภาพลำไยส่งออกในพื้นที่ภาคตะวันออก ให้เป็นสินค้าที่มีคุณภาพ มีความปลอดภัย มีปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ประเทศปลายทางกำหนด
2. ศึกษาปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และหาเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในการลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

6. การทบทวนวรรณกรรม

ลำไย จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยส่งออกในรูปแบบของลำไยสด ลำไยอบแห้ง และลำไยกระป๋อง ตลาดส่งออกลำไยสดที่สำคัญได้แก่ จีน ฮองกง มาเลเซีย สิงคโปร์ แคนาดา และตลาดลำไยแปรรูปได้แก่ จีน ฮองกง มาเลเซีย สิงคโปร์ และสหรัฐอเมริกา (จริยา และคณะ, 2545) จากมูลค่าทางเศรษฐกิจที่น่าสนใจประกอบกับความรู้ ประสบการณ์และการได้รับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตลำไยของเกษตรกรไทย ทำให้พื้นที่การผลิตลำไยทั้งในและนอกฤดูเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปี 2551 มีพื้นที่ปลูกรวม 870,241 ไร่ เป็นสวนลำไยที่อายุพร้อมติดผล 824,082 ไร่ มีผลผลิตรวมมากกว่า 6 แสนตันต่อปี คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 5,000 ล้านบาทต่อปี พื้นที่ที่ผลิตลำไย ได้แก่ จังหวัด เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย พะเยา ลำปาง น่าน แพร่ แม่ฮ่องสอน และจันทบุรี (ปริศนา และคณะ, 2551)

ลำไยสดเป็นสินค้าที่มีความต้องการในตลาดต่างประเทศโดยคิดเป็นสัดส่วน 27.5% ของสินค้าลำไยส่งออกทั้งหมด แต่เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่ง ดังนั้นการใช้เทคโนโลยียืดอายุลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO₂) จึงเป็นขั้นตอนสำคัญที่สามารถควบคุมการเน่าเสีย ที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์เช่น *Botryodiplodia* sp. ได้นานเกิน 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95% และผิวลำไยยังคงดูสดสวยเป็นที่ต้องการของตลาดอีกด้วย

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีแต่มีกลิ่นฉุน มีสูตรเคมีคือ SO_2 เตรียมได้จากการเผากำมะถัน (S) กับออกซิเจน (O_2) ที่อุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส (พงศ์พันธ์, 2548) ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ก๊าซดังกล่าวเพื่อทำควมสะอาดภาชนะ ฆ่าเชื้อโรคต่างๆ และใช้เป็นสารฟอกขาว ทั้งนี้เพราะ SO_2 มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวส์ (Reducing Agent) ที่ชะลอการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกผลไม้ รวมทั้งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ (พงศ์พันธ์, 2548; พงศ์พันธ์ และคณะ, 2550)

แต่เนื่องจากปัจจุบันพบปัญหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยสดเกินมาตรฐานที่ประเทศคู่ค้ากำหนดไว้ทั้งที่มีการสุ่มตรวจก่อนการส่งออกแล้ว จากการวิเคราะห์สาเหตุประกอบกับผลวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เข้าทำการทดสอบ ทำให้ทราบว่ารูปร่างของโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีใช้อยู่ในพื้นที่มีการกระจายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สม่ำเสมอทั้งห้องรม ทำให้การสุ่มตัวอย่างจากลำไย 21 ตระกร้าไม่เป็นตัวแทนของสินค้าทั้งหมด ดังนั้นการศึกษารูปแบบโรงรมที่มีใช้ในพื้นที่จะมีความสำคัญ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงโรงรมและพัฒนาารูปแบบโรงรมให้มีประสิทธิภาพต่อไป

โรงรมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งประกอบด้วย(ปริศนา และคณะ, 2551)

1. **ห้องรม** เป็นห้องสี่เหลี่ยมมีขนาดโดยทั่วไป 4.8x4.8x2.4 (กว้างxยาวxสูง) เมตร ผนังด้านข้างและด้านบนฉาบด้วยซีเมนต์ขัดมัน ด้านหน้าเป็นประตู ความกว้างไม่น้อยกว่า 2 เมตร ทำด้วยโลหะชนิดทนการกัดกร่อน หรือไม้ฉาบด้วยโฟมแก้ว ขอบประตูด้วยยางกันสารรั่วซึมของแก๊ส ภายในห้องด้านหลังส่วนบนทำเป็นช่องลักษณะยาวรีสำหรับให้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ผ่านจากเตาเผาข้างนอกด้านหลังเข้าสู่ห้องรม ด้านล่างมีช่องกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 15-20 เซนติเมตร มีฝาปิด-เปิดได้ สำหรับดูดแก๊สที่เหลือไปสู่ชุดบำบัด ภายในห้องมีหลอดไฟส่องสว่าง และมีพัดลมสำหรับหมุนเวียนอากาศภายใน ความเร็วลมประมาณ 0.5-1.0 เมตรต่อวินาที ด้านหน้าห้องรมมีช่องลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร มีฝาปิด-เปิดได้ สำหรับให้อากาศผ่านเข้าสู่ห้องรมขณะเปิดชุดบำบัด และมีกระจกใสที่มองเห็นภายในห้องขณะรมได้ ห้องรมขนาดนี้มีปริมาตร 55.3 ลูกบาศก์เมตร บรรจุตะกร้าได้ 600 ตะกร้า บางแห่งอาจบรรจุได้ถึง 800 ตะกร้า

2. **เตาเผากำมะถัน** ติดตั้งอยู่ข้างนอกห้องรมด้านหลัง ภายในช่องสี่เหลี่ยมมีฝาติดกระจกใสปิด-เปิด และมองเห็นภายในได้ การเผาทำได้หลายแบบ เช่น เผาโดยใช้เตาไฟฟ้า ขนาด 600-800 วัตต์ เผาโดยใช้เตาแก๊ส เผาโดยใช้แอลกอฮอล์ เป็นเชื้อเพลิงเริ่มต้นและมีแก๊สออกซิเจนช่วยในการเผาไหม้

3. **ชุดบำบัด** กระบวนการรมเมื่อสิ้นสุดจะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำนวนหนึ่งหลงเหลืออยู่ในห้องรม จำเป็นต้องได้รับการบำบัดเพื่อไม่ให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ชุดบำบัดแก๊สจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ ประกอบด้วย พัดลมดูดอากาศ ชนิดทนต่อการกัดกร่อน ขนาดกำลังไม่ต่ำกว่า 3 แรงม้า สำหรับดูดแก๊สที่เหลือจากการรมผ่านไปสู่อ่างบำบัด เพื่อทำปฏิกิริยากับน้ำปูนใส ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ที่พ่นฝอยมาจากหัวสปริงเกอร์ เพื่อเปลี่ยน SO_2 ให้กลายเป็นยิบซั่ม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) โดยให้มีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลุดลอดสู่บรรยากาศให้น้อยที่สุด

ขั้นตอนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในลำไย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมความพร้อม คือเช็คสภาพของห้องรม เตาเผา ชุดอุปกรณ์บำบัดแก๊ส เครื่องชั่งที่ใช้ชั่งกำมะถัน ยางขอบประตู และพัดลมของห้องรมให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน

2. การเตรียมลำไย นำลำไยบรรจุในตะกร้าขนาดประมาณ 35x48x17 เซนติเมตร มีน้ำหนักสุทธิ 11-12 กิโลกรัม วางซ้อนสลับไปมาบนแพลเลทโดยให้มีช่องระบายอากาศมากที่สุด แต่ละแพลเลทจะวางลำไยได้ 50 ตะกร้า แล้วจึงนำเข้าห้องรมปิดประตูให้สนิท

3. การชั่งและเผากำมะถัน ชั่งกำมะถันให้ได้น้ำหนักตามอัตราที่แนะนำใน S-Table หรือใช้ตามอัตราที่โรงรมได้มีการทดสอบด้วยตนเองแล้วว่าเหมาะสม ควรทำการเผากำมะถันให้หมดภายในเวลาประมาณ 20-30 นาที ถ้าใช้เวลานานกว่านี้จะทำให้ปริมาณการตกค้างซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยสูงเกินกว่าที่ต้องการ บางครั้งการผสมสารโซเดียมไนเตรท (NaNO_3) ในอัตรา 2% ของผงกำมะถัน จะช่วยให้การเผาไหม้ดียิ่งขึ้น

4. การป่ม โดยเปิดพัดลมกระจายอากาศภายในห้องรมเพื่อควนให้แก๊สกระจายอย่างทั่วถึงบนผิวเปลือกลำไย โดยที่แก๊สบางส่วนซึมลึกไปถึงเนื้อลำไย ขั้นตอนนี้ใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที

5. การบำบัด ทำการเปิดช่องระบายแก๊ส เปิดระบบน้ำวนและหัวสปริงเกอร์ในถังบำบัด เปิดพัดลมดูดอากาศและเปิดช่องถ่ายเทอากาศด้านหน้าห้องรม ใช้เวลาในการบำบัดประมาณ 30 นาที จึงสามารถเปิดประตูเพื่อนำลำไยออกจากห้องรมได้

6. การระบายอากาศ นำลำไยออกจากห้องรมวางไว้ในที่โล่งแจ้ง ใช้พัดลมเป่าขจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อาจคงค้างอยู่บริเวณตะกร้าลำไยออกให้มากที่สุด นานประมาณ 1 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ค้างคืน จากนั้นจึงเก็บเข้าห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส

จากองค์ประกอบของโรงรมและขั้นตอนการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะเห็นได้ว่าในแต่ละโรงรมอาจเลือกใช้อุปกรณ์และวิธีการที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ที่ทางโรงรมสามารถจัดหาได้ การศึกษาและพัฒนาารูปแบบของโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 และมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทั้งนี้เพื่อพัฒนาให้โรงรมได้มีรูปแบบที่เหมาะสม ในการวิจัยครั้งนี้ ได้มีการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการช่วยการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้แก่พัดลม ท่อส่งแก๊ส อุปกรณ์ดังกล่าวมีการใช้ในพื้นที่ งานวิจัยครั้งนี้จะนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาปรับให้มีประสิทธิภาพและผลผลิตลำไยมีความปลอดภัยมากขึ้น

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. โรงรม ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 26 โรง
2. วัสดุ สารเคมี ตามวิธีการวิเคราะห์ดังนี้
 - 2.1 การวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (มานัส,2544)
 - 2.2 การวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหาร (AOAC Official Method 990.28)
3. ลำไยผลสด จำนวน 1,500 ตะกร้า (ตะกร้าละ 11.5 กก.)
4. วัสดุก่อสร้าง แผ่นอะคริลิกใส ขนาด 6 x 9 ฟุต จำนวน 8 แผ่น

ปูนซีเมนต์	จำนวน 2 ถุง
ทราย	จำนวน 5 คิว
พัดลมระบายอากาศ	จำนวน 12 ตัว
มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า	จำนวน 1 ตัว
วัสดุสำหรับสร้างหอบำบัด	
มอเตอร์ 1 แรงม้า	จำนวน 1 เครื่อง
สปริงเกอร์	จำนวน 24 หัว
วัสดุสำหรับชะลอการไหลของแก๊สและเพิ่มพื้นที่สัมผัส	

- วิธีการ

1. สำรวจโรงรมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 26 โรง ศึกษาเทคโนโลยีที่ผู้ประกอบการใช้ในการรม
จำแนกโรงรมออกโดยอาศัยศึกษารูปแบบและเทคโนโลยีการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
 - 1.1 เตาเผา แหล่งให้กำเนิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์
 - 1.2 ปริมาณกำมะถันที่ใช้
 - 1.3 กรรมวิธีในการรม
 - 1.4 การบำบัดแก๊ส
 - บ่อบำบัด
 - วัสดุที่ใช้ในการบำบัดแก๊ส
 - หอบำบัด
 - อุปกรณ์ในหอบำบัด
2. ศึกษาการกระจายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และทดสอบประสิทธิภาพของการกำจัด
แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตามวิธีการวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (มานัส,2544)
3. วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย โดยวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเนื้อ
เปลือก และทั้งผล โดยใช้วิธีวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหาร (AOAC Official Method 990.28) ทำการทดลอง 5
พลาเทท ซึ่งวางไว้ตามจุดต่างๆที่จะทำการศึกษา ในหนึ่งพลาเททวิเคราะห์ 3 ชั้น บน กลาง ล่าง แต่ละตัวอย่าง
วิเคราะห์ 3 ซ้ำ
4. การเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรม

- 4.1 นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ศึกษาการกระจายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธี การวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (มานัส,2544) มาทำการทดสอบเพิ่มเติมเพื่อจำทำโรกรมต้นแบบ
- 4.2 อิทธิพลของพัดลมในแต่ละจุด ทำการติดตั้งพัดลม 12 จุด ดังภาพที่ 5 ศึกษาปริมาณ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากการเปิดพัดลมที่ละจุด
- 4.3 ศึกษาจุดติดตั้งพัดลมที่เหมาะสมและทำการทดสอบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ในเนื้อ เปลือก ผล สีสี่ผิวลำไย
- 4.4 จัดทำโรกรมต้นแบบสำหรับเผยแพร่งานวิจัย

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณการกระจายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรม
2. ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยผลสด
3. สีสี่ผิวลำไย
4. ปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังผ่านระบบการบำบัดแก๊ส

สถานที่ทำการทดลอง

โรกรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจังหวัดจันทบุรี โรกรมกลุ่มปรับปรุงคุณภาพผลผลิตลำไยบ้านเขาหอม อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.6 จ.จันทบุรี
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี

เริ่มต้น ตุลาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2557

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองเก็บข้อมูลและทดสอบตามวิธีการที่กำหนดได้ผลการทดลองดังนี้

8.1 จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาในปี 2555 - 2556 พบว่า โรกรมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ 5 แบบ (ภาพประกอบในภาคผนวก) ดังนี้

- โรกรมชนิดที่ 1 ไม่มีอุปกรณ์ช่วยในการกระจายตัว (control) 1 โรง
- โรกรมชนิดที่ 2 ใช้ท่อและปั๊ม ช่วยในการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จำนวน 2 โรง
- โรกรมชนิดที่ 3 ใช้พัดลมช่วยในการกระจายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 19 โรง
- โรกรมชนิดที่ 4 เหมือนแบบที่ 3 แต่มีระบบน้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิไอกำมะถัน ก่อนเข้าห้องรม

โรงรมชนิดที่ 5 ระบบบังคับทิศทางลม 1 โรงแ

8.2 ข้อมูลการกระจายตัวของห้องรมตามวัสดุที่ใช้ในการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ของโรงรมทั้ง 5 แบบ ตามข้อ 8.1 ตามตารางที่ 3 และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในลำไย ทั้งผล เนื้อ และเปลือก ตามตารางที่ 2

8.3 การคัดเลือกแบบโรงรมที่จะพัฒนาเพื่อใช้เป็นโรงรมต้นแบบ

จากการศึกษาข้อมูลการทดสอบในปี 2555 - 2556 พบว่ามีรูปแบบที่สามารถนำมาพัฒนาได้คือโรงรมแบบที่ 2 และ โรงรมแบบที่ 3

การพัฒนาโรงรมแบบที่ 3 เป็นโรงรมทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำ และเป็นโรงรมที่มีการใช้มากในพื้นที่ หากมีการติดตั้งพัดลมที่ช่วยในการกระจายตัวในจุดที่เหมาะสม จะเป็นที่ยอมรับและสามารถแก้ไขปัญหาในพื้นที่ได้

8.4 การทดสอบอิทธิพลของพัดลมซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการติดตั้งพัดลม 12 จุด ตามรูปที่ 5 วัดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตามจุดต่างๆ ตามภาพที่ 6 โดยจุดที่ 1 วัดบริเวณจุดบน จุดที่ 2 กึ่งกลางห้อง จุดที่ 3 ด้านบน จุดที่ 4 ด้านล่าง จุดที่ 5 บริเวณด้านล่าง ผลตามตารางที่ 4

8.5 จากข้อมูลในตารางที่ 4 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ T - Test เพื่อหาความแตกต่างของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเปิดพัดลมจุดต่างๆจำนวน 12 จุด พบว่าพัดลมตัวที่ 4 และ 5 ให้ผลการกระจายตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ดีที่สุด จุดที่ทำการวัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จุดที่ 2 บริเวณกลางห้องไม่พบความแตกต่างจากพัดลมตัวอื่นทั้ง 12 ตัว นั้นหมายถึงพัดลม ตัวที่ 4 และ 5 สามารถให้การกระจายตัวที่ดีเมื่อเทียบกับพัดลมตัวอื่นๆ

8.6 ทำการศึกษาผลการใช้พัดลมตัวที่ 4 และ 5 ร่วมกับพัดลมตัวที่ 11 และ 12 ได้ผลดังตารางที่ 5 จากข้อมูลตารางที่ 5 พบว่า เวลา 45 – 55 นาที ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กระจายตัวในห้องรมได้อย่างสมบูรณ์แล้วพบว่า การกระจายตัวของแก๊สค่อนข้างสม่ำเสมอ ค่า RSD อยู่ที่ 20.41 – 23.64 %

8.7 ทำการรมลำไยโดยใช้ลำไย 450 ตะกร้า ใช้กำมะถันปริมาณ 2.5 กิโลกรัม กำหนดจุดเก็บตัวอย่างตามภาพที่ 6 จำนวน 5 พาเลท แต่ละพาเลทวางตะกร้า จำนวน 10 ชั้นๆละ 4 ตะกร้า ในแต่ละพาเลททำการเก็บตัวอย่าง 3 ระดับ บน กลาง และล่าง ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 15 จุด แต่ละจุดทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ ผลตามตารางที่ 6 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อลำไยหลายตัวอย่างมีปริมาณ มากกว่า 50 มก./กก. และปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งผลสูงกว่า 350 มก./กก. ซึ่งสูงกว่า ค่ามาตรฐานของประเทศจีน และมาตรฐานของ CODEX โดยเฉพาะตะกร้าที่อยู่ด้านบน ในขณะที่ตะกร้าที่อยู่ด้านล่างมีปริมาณซัลเฟอร์ไดน้อยมาก เมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยโดยใช้ T-Test โดยทำการทดสอบค่าการกระจายตัวของข้อมูล (F- test) ที่ความเชื่อมั่นที่ 95

% ก่อนนั้น พบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งในเนื้อและทั้งผลให้ค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดย ในพาลาที่ 1-4 ให้ค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่แตกต่างจากพาลาที่ 5 เปรียบเทียบ ในแต่ละระดับในแต่ละพาลา พบว่า ชั้นบน ให้ผลที่แตกต่างจากชั้น กลางและชั้นล่าง อย่างมีนัยสำคัญที่ ความเชื่อมั่น 95 % ส่วนชั้น กลางและชั้นล่าง ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทุกพาลา

8.8 ทำการปรับปรุงการรมเพื่อให้ได้ลำไยที่มีปริมาณสารตกค้างต่ำกว่าค่า MRL โดยใช้ปริมาณกำมะถันปริมาณเท่าเดิมดังนี้

8.8.1 เพิ่มพื้นที่ว่างในห้องรมปรับสัดส่วนให้เป็น 8.70 ตารางเมตร : ลำไย 1 ตัน

ใช้ลำไย 360 ตะกร้า

8.8.2 ปรับพัดลมตำแหน่งที่ 4 และ 5 ให้ก้มลงทำมุม 45 องศา

8.8.3 ผลปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง ทั้งผล เนื้อ และเปลือก ผ่านตามมาตรฐานทุกตัวอย่างข้อมูล ตามตารางที่ 7 ไม่พบความแตกต่างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละ พาลา และในแต่ละชั้นบน กลาง ล่าง ทดสอบโดยใช้ T-Test ที่ความเชื่อมั่น 95 %

8.8.4 เก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิตามตารางที่ 8 และกราฟที่ 2

8.8.5 ข้อมูลของสีลำไย ที่ผิว ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยในโรงที่อยู่ระหว่างพัฒนาเทียบกับโรงแบบต่างๆ

ชนิดโรงรม	ปริมาณซัลเฟอร์(มก./กก.)					
	ทั้งผล	SD	เนื้อ	SD	เปลือก	SD
แบบที่ 1	318.4	126.10	19.2	24.4	1988.5	833.3
แบบที่ 2	297.5	84.21	22.5	8.0	1957.6	114.3
แบบที่ 3	375.3	112.06	25.1	14.3	2408.0	803.4
แบบที่ 4	452.2	85.97	98.8	47.6	2813.7	391.1
แบบที่ 5	-	-	35.43	7.76	1547.38	167.3

รูปแบบโครงการที่จะพัฒนาต่อ	246.68	28.77	15.5	6.20	1749.93	172.17
----------------------------	--------	-------	------	------	---------	--------

สูตรในการคำนวณปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$\text{SO}_2 \text{ ไมโครกรัมต่อกรัม} = \frac{32.03 * V * N * 1000}{W}$$

(หรือมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์(มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์(นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็น (กรัม)

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรมแบบต่างๆ

ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรมแบบต่างๆ(มก./ล.)											
	แบบที่ 1			แบบที่ 2			แบบที่ 3			แบบที่ 4	
เวลา (นาท)	REC	LG	LOW	REC	LG	LOW	REC	LG	LOW	REC	LG
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	391.1	1173.4	109.3	1369.0	684.5	4644.8	1799.2	2346.8	3275.8	13396.5	5084.8
10	2542.4	3666.9	721.1	3666.9	2200.2	7138.3	4996.8	3618.0	11978.6	22050.4	9240.6
15	7089.4	7382.7	741.5	12555.5	4107.0	7333.8	9338.4	5818.2	16916.7	25277.3	16867.8
20	6502.7	8751.7	1550.0	17943.5	7187.2	9289.5	14863.3	11049.7	18334.6	33931.2	22343.8
25	8067.2	13885.4	3275.2	22392.7	11880.8	8116.1	20877.0	10169.6	16476.7	33149.0	28162.0
30	10756.3	17845.7	3619.4	21268.1	14227.7	7627.2	21268.1	12320.9	16916.7	40385.0	29384.3
35	7676.1	22490.5	3137.3	20388.1	15938.9	9045.1	24495.0	14178.8	16916.7	46203.2	29775.4
40	11098.5	27037.4	5126.1	21757.1	16916.7	4889.2	30459.9	7187.2	16770.1	54612.7	22197.1
45	10560.7	27037.4	4000.5	25619.6	19410.2	7871.7	28993.1	7382.7	13494.3	58670.7	18676.9
50	9582.9	24250.6	6240.7	27184.1	15547.7	7725.0	19361.3	6796.0	21121.5	56030.6	19361.3
55	7920.6	20339.2	4911.8	13738.7	15890.0	4400.3	12858.7	3324.7	21317.0	60333.1	17503.4
60	6600.5	7920.6	0.0	0.0	13787.6	2738.0	9925.1	2004.6	22637.1	51043.5	15156.6

REC = ปริมาณกำมะถันอัตราแนะนำ LOW= ปริมาณกำมะถันอัตราต่ำกว่าคำแนะนำ 1 เท่า

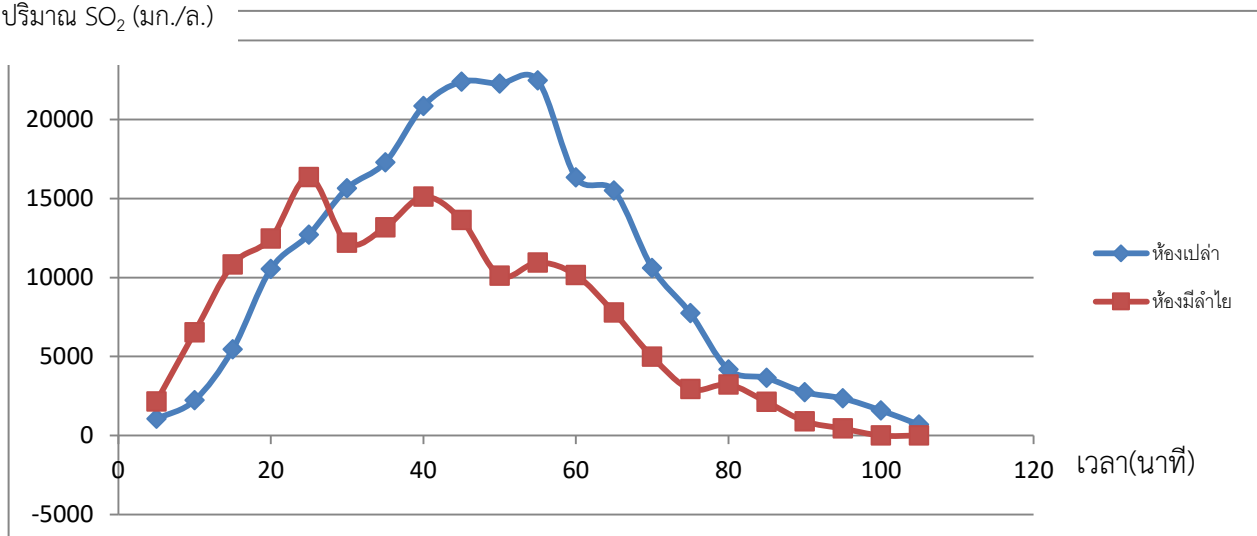
ตารางที่ 4 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มก./ลิตร) จากผลของการเปิดพัดลม ครั้งละ 1 เครื่อง จากจุดที่ติดตั้งจำนวน 12 จุด วัดในห้องรม ขนาด 420 x 373 x 230 ซม. จำนวน 5 จุด ทุก 5 นาที เป็นเวลา 15 นาที

เวลา (นาที)	จุด	ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)											
		พัดลมตัวที่ 1	พัดลมตัวที่ 2	พัดลมตัวที่ 3	พัดลมตัวที่ 4	พัดลมตัวที่ 5	พัดลมตัวที่ 6	พัดลมตัวที่ 7	พัดลมตัวที่ 8	พัดลมตัวที่ 9	พัดลมตัวที่ 10	พัดลมตัวที่ 11	พัดลมตัวที่ 12
0	1/1	2,933.54	5,744.84	6,356.00	12,345.30	17,112.30	16,378.92	16,501.15	17,845.68	16,378.92	17,234.53	15,889.99	14,423.22
5	1/2	11,367.46	2,322.38	17,234.53	19,923.61	13,567.61	16,990.07	16,378.92	17,478.99	16,867.84	16,623.38	11,978.61	14,300.99
10	1/3	13,616.50	3,300.23	20,412.53	17,478.99	16,256.68	15,767.76	15,156.61	16,378.92	17,234.53	15,401.07	16,501.15	13,567.61
15	1/4	4,889.23	6,844.92	15,034.38	14,667.69	18,334.61	18,212.38	16,623.38	13,934.30	16,501.15	12,711.99	12,589.76	13,323.15
0	2/1	9,411.76	16,867.84	19,801.38	12,956.46	13,689.84	17,601.22	17,112.30	13,689.84	16,134.45	15,034.38	15,034.38	14,789.92
5	2/2	1,589.00	17,234.53	21,145.91	12,834.22	5,867.07	18,823.53	14,178.76	16,990.07	16,623.38	14,789.92	12,345.30	14,545.45
10	2/3	977.85	17,601.22	22,001.53	20,290.30	16,501.15	7,822.77	16,134.45	15,889.99	16,745.61	15,645.53	12,834.22	12,589.76
15	2/4	15,278.84	18,212.38	17,601.22	12,956.46	16,256.68	15,889.99	17,112.30	11,611.92	15,767.76	13,200.92	14,300.99	6,233.77
0	3/1	5,133.69	9,900.69	10,267.38	5,622.61	1,222.31	1,833.46	14,423.22	12,223.07	12,956.46	9,289.53	13,567.61	12,589.76
5	3/2	11,245.23	13,567.61	8,067.23	1,222.31	1,344.54	7,578.30	3,911.38	11,000.76	14,300.99	9,900.69	11,978.61	9,656.23
10	3/3	9,900.69	13,078.69	7,578.30	2,322.38	488.92	16,012.22	14,741.02	13,812.07	13,567.61	8,067.23	10,756.30	10,022.92
15	3/4	7,578.30	16,256.68	6,600.46	4,522.54	244.46	13,200.92	12,589.76	14,056.53	15,156.61	12,711.99	6,844.92	6,967.15
0	4/1	9,900.69	11,122.99	18,334.61	17,845.68	16,867.84	16,012.22	5,622.61	11,734.15	14,423.22	13,812.07	9,167.30	12,100.84
5	4/2	5,744.84	8,678.38	16,990.07	18,212.38	16,378.92	12,956.46	13,445.38	14,423.22	10,634.07	10,145.15	12,223.07	10,022.92
10	4/3	12,223.07	16,134.45	15,645.53	17,723.45	855.61	15,034.38	6,038.20	13,078.69	13,567.61	11,245.23	12,956.46	12,834.22
15	4/4	13,812.07	17,601.22	16,990.07	17,356.76	14,667.69	15,401.07	14,545.45	12,223.07	10,634.07	11,000.76	10,756.30	5,989.30
0	5/1	5,867.07	12,100.84	14,423.22	10,267.38	7,822.77	6,478.23	10,267.38	9,045.07	10,511.84	9,778.46	8,800.61	7,333.84
5	5/2	3,789.15	13,323.15	12,467.53	13,445.38	11,000.76	10,389.61	7,333.84	9,289.53	9,534.00	6,600.46	7,456.07	6,844.92
10	5/3	9,045.07	12,589.76	13,689.84	10,634.07	11,000.76	10,145.15	9,045.07	5,989.30	7,700.53	9,900.69	7,578.30	8,067.23
15	5/4	117,341.48	143,009.93	135,676.09	136,898.40	118,563.79	117,341.48	48,892.28	73,338.43	91,673.03	107,563.03	74,560.73	75,783.04

ตารางที่ 5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องเปล่าจากการเปิดพัดลม ตัวที่ 4, 5, 11, 12

นาที	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	ค่าเฉลี่ย	RSD
5	3055.768	1588.999	244.4614	0	366.6921	1051.184	121.5659
10	3177.998	1588.999	3544.691	855.615	1955.691	2224.599	50.26797
15	9411.765	6844.92	3544.691	2322.383	5133.69	5451.49	51.19281
20	14056.53	12223.07	8556.15	11000.76	6844.92	10536.29	27.26095
25	19923.61	16745.61	12834.22	4889.228	9167.303	12711.99	46.87931
30	20779.22	18456.84	11245.23	6967.15	20779.22	15645.53	39.8246
35	23957.22	20656.99	9656.226	8556.15	23590.53	17283.42	43.87746
40	22612.68	25423.99	11856.38	16990.07	27379.68	20852.56	30.56115
45	24935.06	27257.45	21634.84	14056.53	24079.45	22392.67	22.66566
50	23834.99	23712.76	20412.53	14545.45	28846.45	22270.44	23.64316
55	29702.06	21757.07	23468.3	19679.14	17723.45	22466	20.41313
60	23101.6	26035.14	11978.61	11611.92	8922.842	16330.02	47.04745
65	19556.91	15889.99	17723.45	15156.61	9167.303	15498.85	25.35584
70	12223.07	12956.46	13934.3	4033.613	9900.688	10609.63	37.37942
75	10634.07	10022.92	6844.92	2322.383	8922.842	7749.427	43.34814
80	4522.536	7578.304	5255.921	1955.691	1588.999	4180.29	59.18435
85	5867.074	2811.306	2322.383	2322.383	4889.228	3642.475	44.85863
90	4766.998	6478.228	977.8457	-366.692	1833.461	2737.968	102.7562
95	4033.613	3666.921	1344.538	1833.461	855.615	2346.83	60.56017
100	3544.691	1955.691	855.615	0	1588.999	1588.999	83.38263
105	2077.922	1344.538	0	0	0	684.492	142.0737

ปริมาณ SO₂ (มก./ล.)



กราฟที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรมที่เวลาต่างๆ ของห้องรมเปล่าและห้องที่มีลำไย เวลา (นาที)

ตารางที่ 6 ซัลเฟอร์ได ลำไยจากการเปิด 4, 5, 11, 12	จุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง		ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(มก./กก.)			ออกไซด์ใน พดลม ตัวที่
			ทั้งผล	เนื้อ	เปลือก	
พาลาที่ 1	บน		458.66	153.72	2180.29	
	กลาง		203.65	18.62	1149.35	
	ล่าง		283.11	12.31	1721.09	
พาลาที่ 2	บน		412.78	157.60	1908.94	
	กลาง		282.44	55.08	1443.76	
	ล่าง		274.44	14.50	1904.17	
พาลาที่ 3	บน		441.43	92.31	2190.72	
	กลาง		249.96	11.48	1783.95	
	ล่าง		296.31	67.26	1524.26	
พาลาที่ 4	บน		392.27	169.31	1781.42	
	กลาง		231.25	34.11	1228.35	
	ล่าง		316.11	16.37	1995.17	
พาลาที่ 5	บน		431.85	75.03	2650.14	

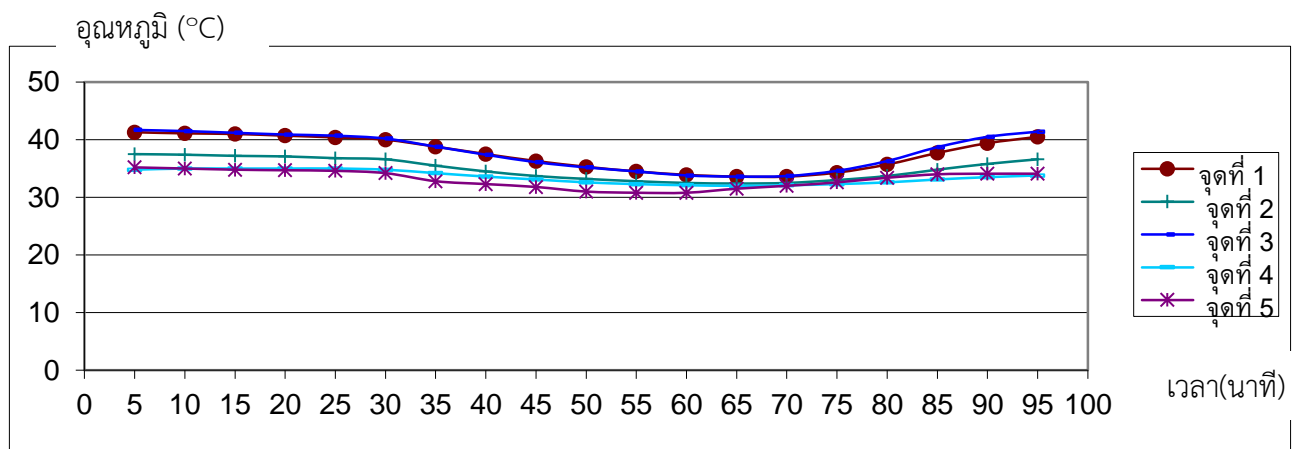
กลาง	336.19	28.66	2333.44
ล่าง	302.31	26.18	2075.04

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยจากการเปิดพัดลม ตัวที่ 4, 5, 11, 12 โดยปรับพัดลมตัวที่ 4 และ 5 ให้ก้มลงทำมุม 45 องศา

จุดที่ทำการเก็บตัวอย่าง		ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(มก./กก.)		
		ทั้งผล	เนื้อ	เปลือก
พาล์พที่ 1	บน	302.3772	38.1171	1682.932
	กลาง	292.5735	29.54053	1612.90
	ล่าง	310.8423	31.12537	1629.207
พาล์พที่ 2	บน	338.1131	43.08911	1931.715
	กลาง	329.3506	32.63636	1799.239
	ล่าง	296.945	26.93664	1695.562
พาล์พที่ 3	บน	321.1162	40.63615	1887.401
	กลาง	292.3127	28.92403	1748.255
	ล่าง	295.0725	29.1253	1708.883
พาล์พที่ 4	บน	338.8565	41.61603	1998.381
	กลาง	320.8079	32.11433	1780.976
	ล่าง	288.7792	31.75299	1778.815
พาล์พที่ 5	บน	311.0176	44.72177	1974.924
	กลาง	307.279	34.77463	1805.683
	ล่าง	238.9435	32.47001	1678.143

ตารางที่ 8 แสดงอุณหภูมิที่เวลาต่างๆ ขณะทำการรมโดยใช้พัดลมตัวที่ 4, 5, 11, 12 วัดอุณหภูมิโดยใช้ Data logger ขณะทำการวัดอุณหภูมินอกห้องรมที่เวลา 5 นาที 33.8 องศาเซลเซียส

เวลา(นาที)	จุดที่ 1 (บน)	จุดที่ 2 (กลาง)	จุดที่ 3 (บน)	จุดที่ 4 (ล่าง)	จุดที่ 5 (ล่าง)
5	41.3	37.5	41.7	34.8	35.2
10	41.1	37.4	41.5	35	35
15	41	37.2	41.2	35	34.8
20	40.7	37.1	40.9	35	34.7
25	40.4	36.8	40.7	35	34.6
30	40	36.6	40.2	34.8	34.2
35	38.8	35.5	38.8	34.2	32.8
40	37.5	34.5	37.4	33.6	32.3
45	36.3	33.7	36.1	33.1	31.8
50	35.3	33.2	35.2	32.6	31
55	34.5	32.8	34.5	32.3	30.8
60	33.9	32.5	33.8	32.1	30.8
65	33.6	32.4	33.6	32	31.5
70	33.6	32.5	33.7	32.1	32
75	34.3	33	34.6	32.3	32.6
80	35.7	33.7	36.3	32.6	33.4
85	37.7	34.8	38.7	33.1	34
90	39.4	35.8	40.5	33.5	34.1
95	40.5	36.6	41.4	33.8	34.1



กราฟที่ 2 แสดงอุณหภูมิ ที่ทำการเก็บ 5 จุด ตามข้อ 8.4 ณ เวลา ต่างๆ

ตารางที่ 9 สีที่ได้จากการวัดบริเวณผิวลำไย โดยเทียบกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วิเคราะห์ได้

สี			ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(มก./กก.)					
L	a+	b+	L	C	h	เปลือก	เนื้อ	ทั้งผล
53.02	3.92	45.87	53.65	45.82	84.31	1149.35	16.56	202.18
53.16	6.54	41.04	52.65	40.23	81.08	1161.44	32.86	218.87
58.13	5.36	42.89	55.09	44.301	81.19	1501.28	59.20	294.82
54.07	4.66	42.95	55.59	43.86	85.12	1544.77	43.07	275.18
52.22	3.46	45.27	55	46.72	81.94	1721.09	13.37	283.86
51.47	6.71	38.76	51.89	38.73	79.70	1781.42	169.31	392.27
57.75	3.00	44.83	55.42	44.16	85.82	1783.95	8.25	249.96
55.94	3.27	43.92	57.54	44.06	85.34	1791.12	19.77	262.39
53.79	5.67	42.96	53.73	40.98	81.04	1908.94	157.32	412.78
58.66	4.64	43.26	59.05	43.12	81.02	1995.17	19.57	318.17
57.79	4.10	42.18	58.28	41.82	84.47	2166.25	19.52	690.04
55.67	3.88	48.79	56.52	47.93	83.83	2180.29	143.25	452.48
55.00	3.84	45.62	55.59	45.02	84.96	2190.72	92.31	441.43
59.97	4.03	44.75	59.94	44.64	85.61	2333.44	28.66	336.19
59.23	5.42	43.39	58.26	43.07	82.79	2650.14	70.96	429.08

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการสำรวจและทดสอบประสิทธิภาพของห้องรมแบบต่างๆ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

9.1 โรงรมในพื้นที่ภาคตะวันออก จำแนกตามการใช้อุปกรณ์ในการช่วยการกระจายของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มี 5 แบบด้วยกัน แบบที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นการใช้พัดลมช่วยในการกระจายตัว ร้อยละ 79.17 แหล่งกำเนิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ใช้มี 2 แบบโดยการเผากำมะถันผง ร้อยละ 95.83 ใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์อัดในถังความดันสูง 1 โรง

9.2 การติดตั้งพัดลมในห้องรมที่เหมาะสม ติดตั้งบริเวณด้านหลังห้อง 2 ตัว เหนือจุดที่ปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าห้องรม โดยก้มทำมุม 45 องศา และติดตั้งพัดลมบริเวณหน้าห้อง ด้านล่าง 2 ตัว เพื่อช่วยให้เกิดการไหลเวียนของแก๊ส

9.3 การจัดให้มีลำไยในห้องรม โดยให้มีพื้นที่วางที่เหมาะสมตามคำแนะนำ มกษ. 1004 – 2557 จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนของปริมาตรห้อง ไม่น้อยกว่า 8.70 ตารางเมตร ต่อ ลำไย 1 ตัน ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพลำไย ทั้งนี้อัตราส่วนของกรรม 6.958.70 ตารางเมตร ต่อ ลำไย 1 ตัน ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างไม่สม่ำเสมอ บริเวณลำไยที่อยู่ชั้นบนพบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเกินปริมาณที่กำหนด

9.4 อุณหภูมิในห้องรมมีความแตกต่างจากอุณหภูมินอกห้องรม และแตกต่างกันในแต่ละจุด ตามตารางที่ 8

9.5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เปลือก มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อลำไย แต่อย่างไรก็ตามมีผลการวิเคราะห์บางส่วนให้ค่าที่ต่างออกไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณภาพของลำไย ความหนาของเปลือก ซึ่งส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เปลือกน้อย แต่พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อลำไย สูง

9.6 จากการวัดสีบริเวณผิวเปลือกลำไยให้ค่าสีที่แตกต่างกัน อาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งนี้เนื่องจากสีที่วัดได้ยังให้ค่าไม่แตกต่างกันแต่ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เปลือกแตกต่างกัน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปเผยแพร่และใช้ประโยชน์ให้กับผู้ประกอบการโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน ๗๒ โรง (สวพ. ๖, ๒๕๕๘) ซึ่งมีปริมาณการส่งออกกว่าปีละ ๑๑๐,๐๐๐ ตัน สามารถส่งออกสินค้าคุณภาพ มีปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างต่ำกว่า ๕๐ มก./กก. เป็นที่ยอมรับของประเทศจีน ส่งผลโดยตรงต่อเกษตรกรทำให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้น เสริมสร้างความเข้มแข็งและมั่นคงทางการเกษตรแก่เกษตรกรผู้ปลูกลำไยในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลจากการวิจัยผู้ประกอบการสามารถนำเทคนิคการรม การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยในการกระจายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การบำบัดก๊าซที่ถูกต้อง ตรงตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. ๑๐๐๔-๒๕๕๗ ทำให้ผู้ประกอบการโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้รับการรับรอง GFP ตามมาตรฐานได้..จากการดำเนินงานวิจัยดังกล่าวเป็นการเพิ่มศักยภาพของผู้ตรวจประเมิน ทำให้มีความรู้ความเข้าใจด้านเทคนิคการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากขึ้น ทำให้ผู้ตรวจประเมินของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ ๖ เป็นที่มีความรู้ความสามารถ เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการในพื้นที่ ทำให้มาตรฐาน มกษ. ๑๐๐๔-๒๕๕๗ สามารถบังคับใช้ทางกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

11. เอกสารอ้างอิง (References)*

- จรรยา วิสิทธิ์พานิช ชาตรี สิทธิกุล และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง.2545. โรคและแมลงศัตรูลำไย ลิ่นจี และมะม่วง. พิมพ์ครั้งที่ 1 . โรงพิมพ์ หจก.ธนบรรณการพิมพ์,เชียงใหม่. 308 หน้า.
- ปรีศนา หาญวิริยะพันธุ์ อนันต์ อักษรศรี นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ ศิริพร หัสสร้างสี พิจิตร ศรีปินดา พัชราภรณ์ สีลาภิรมย์กุล ชวนชื่นเดี่ยววิไล สมเพชร เจริญสุข. 2551 . การผลิตลำไยนอกฤดูเพื่อการส่งออก. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1. กรมวิชาการเกษตร. เชียงใหม่.74 หน้า.
- พงศ์พันธุ์ จิงอยู่สุข. 2548. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการตรวจสอบโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลำไยสด เรื่อง การรมลำไยสดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 8-9 มิถุนายน 2548 ณ อาคารฝึกอบรมสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร, เชียงใหม่. 9 หน้า.
- พงศ์พันธุ์ จิงอยู่สุข สมเพชร เจริญสุข และวิทยา อภัย. 2550. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด.. รายงานประจำปี 2550 สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 253-266
- พาวิน มะโนชัย ยุทธนา เขาสุเมรุ ชิตี ศรีตันทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2547. เทคโนโลยีการผลิตลำไย. ครั้งที่ 1 . โรงพิมพ์ หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ. 128 หน้า.

ภาคผนวก



ภาพที่ 1 โรงรมแบบที่ 2 ใช้ท่อและปั๊ม ช่วยในการกระจายตัวของแก๊สซิลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 โรง



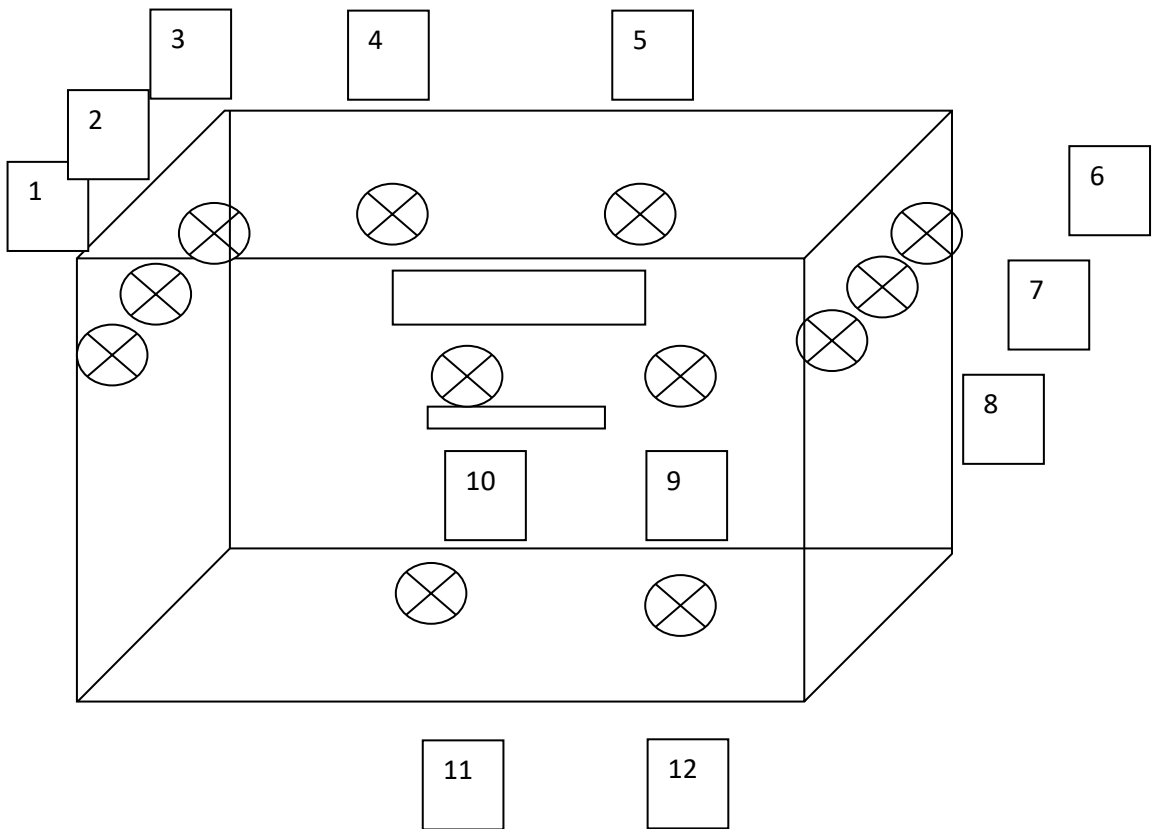
ภาพที่ 2 โรงรมแบบที่ 3 ใช้พัดลมช่วยในการกระจายตัวของซิลเฟอร์ไดออกไซด์



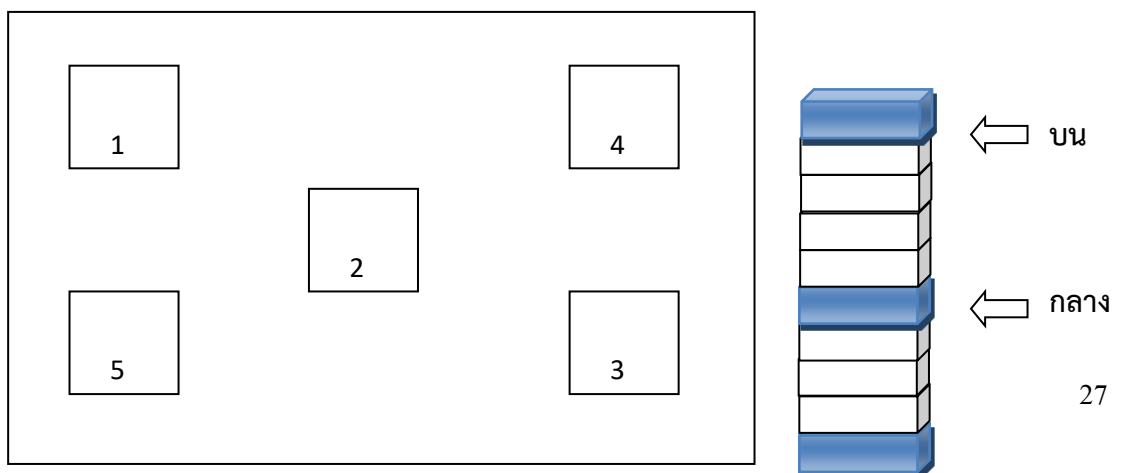
ภาพที่ 3 โรงรมแบบที่ 4 มีอุปกรณ์ช่วยในการหล่อเย็น



ภาพที่ 4 โรงรมแบบที่ 5 ระบบบังคับอากาศแนวตั้ง (จักรพวงษ์ และคณะ)



ภาพที่ 5 แสดงจุดติดตั้งพัดลม 12 ตัว เพื่อการทดสอบ



ภาพที่ 6 แสดงการวางพาเลท 5 จุด และการกำหนดจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละพาเลท



ภาพที่ 7 แสดงการจัดวางพาเลทในห้องรม



ภาพที่ 8 แสดงการดูดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากห้องรม

ภาพที่ 9 วัสดุสำหรับใช้ในหอบำบัดเพื่อช่วยในการชะลอตัวและเพิ่มพื้นที่สัมผัสของแก๊ส