



**รายงานผลการวิจัย
มหาวิทยาลัยแม่โจ้**

เรื่อง การออกแบบห้องรมควันลำไยและระบบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Longan Fumigation Room and Sulfurs Dioxide Scrubber Process Design

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2544

จำนวนเงิน 827,600 บาท

หัวหน้าโครงการ

นายกิตติพงษ์ วุฒิจำนง

ผู้ร่วมโครงการ

นายเชียรชัย สันตสุขฎี นายจักรพงษ์ พิมพ์พิมล

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 23 ธันวาคม 2548

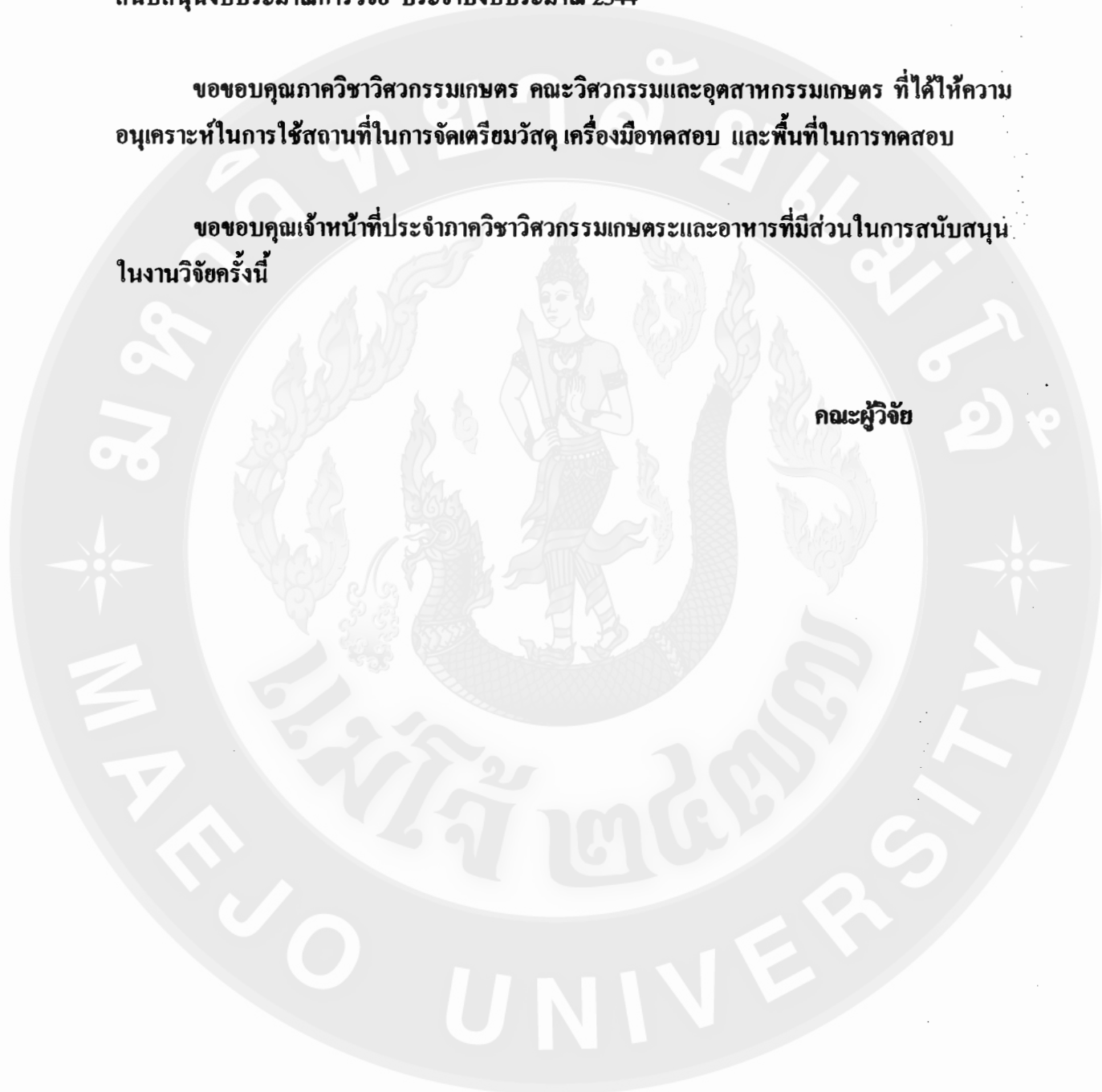
กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2544

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการจัดเตรียมวัสดุ เครื่องมือทดสอบ และพื้นที่ในการทดสอบ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหารที่มีส่วนในการสนับสนุนในงานวิจัยครั้งนี้

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(ก)
สารบัญภาพ	(ข)
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	4
การออกแบบและการทดสอบ	11
ผลการทดสอบเบื้องต้น	13
สรุป	15
เอกสารอ้างอิง	15

(ก)

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ปริมาณสารซักฟอไรโคออกไซด์ตกค้างหลังการรบกวน

14



(ข)

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1	ขั้นตอนการผลิตลำไยรมควันและปัจจัยที่ต้องควบคุม
ภาพที่ 2	แผนผังการทำงานของห้องรมควันก้ามะดันที่มีระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบหมุนเวียนก๊าซ
ภาพที่ 3	แผนผังการทำงานของห้องรมควันก้ามะดันที่มีระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบไม่หมุนเวียนก๊าซ
ภาพที่ 4	เครื่องพ่นจับแบบเวนจูรี
ภาพที่ 5	เครื่องพ่นจับแบบเปือกแบบแนวนอน (Cross Flow Wet Scrubber)
ภาพที่ 6	เครื่องพ่นจับแบบแนวตั้ง
ภาพที่ 7	เครื่องพ่นจับแบบแนวตั้ง (Vertical Cross Flow Wet Scrubber)
ภาพที่ 8	เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแนวนอน (Cross flow wet scrubber)
ภาพที่ 9	แสดงรูปทางด้านหน้าและด้านข้างของห้องอบรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค้นแบบ
ภาพที่ 10	ห้องอบรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค้นแบบ
ภาพที่ 11	พัลลมค้นแบบสำหรับหมุนเวียนก๊าซภายในห้องอบ

การออกแบบห้องรมควันลำไยและระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
(Longan Fumigation Room and Sulfurs Dioxide Scrubber Process Design)

เรียบเรียง: สันตสุข ฤๅ 1

1 ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร และอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

การออกแบบห้องรมควันลำไย ได้ทำการออกแบบห้องอบให้มีขนาด 2,200 x 4,100 x 2,350 มม. (ก x ย x ส) โดยให้มีประตูจำนวน 2 บาน สำหรับการนำลำไยเข้า ออกทางเดียว ผนังห้องบุด้วยผนังโฟม ขนาดความหนา 2 นิ้ว ผิวเรียบมัน เพื่อสะดวกต่อการทำความสะอาดและง่ายต่อการติดตั้ง การหมุนเวียนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะอาศัยพัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal fan) ขนาด 550 มิลลิเมตร ด้วยมอเตอร์ต้นกำลังขนาด 7.5 กิโลวัตต์ ลักษณะการไหลเวียนของก๊าซภายในห้องอบรมก๊าซจะมีการกระจายก๊าซออกจากผนังทางด้านข้างของห้องและถูกดูดเข้าไปยังส่วนกลางของเพดานห้อง จากการทดสอบพบว่าการกระจายลมภายในห้องสามารถกระจายลมได้อย่างทั่วถึง

ระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แบบในลักษณะ แนวนอน (Cross flow wet scrubber) สามารถบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลืออยู่ภายในห้องอบได้ ขึ้นอยู่กับอยู่กับอัตราการไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ไหลผ่านระบบ โดยหากอัตราการไหลมีปริมาณน้อยจะทำให้ระบบบำบัดสามารถบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Abstract

The size of Longan Fumigation Room was 2,200 x 4,100 x 2,350 millimeters with 2 entranced doors. Wall panel was 2- inch insulation and 1.5 inch in order to clean and installation. Circulated sulfur dioxide was forced by centrifugal fan. With 550 millimeters diameter of centrifugal fan was driven by 7.5 kW electrical motor. The direction of gas flow was from both walls of the its room to the center of a ceiling Longan Fumigation Room. From the experiment, we found that the gas flow had been spread quite enough for Longan fumigation.

Cross flow wet scrubber had treated sulfur dioxide in Longan Fumigation Room with effectively. The experiment was found that with less of gas flow rate passed through wet scrubber had given more effective than the other.

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่ส่งออกต่างประเทศที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่า 2,900 ล้านบาท ลำไยเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่เน่าเสียง่าย จึงต้องมีการปฏิบัติอย่างเหมาะสมตั้งแต่การเก็บเกี่ยว และภายหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามมาตรฐานการส่งออก วิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวลำไยให้สามารถเก็บรักษาได้นานใช้วิธีการรมควันผลลำไยด้วยควันกำมะถัน หรือก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะช่วยรักษาสีของเปลือกลำไยและป้องกันเชื้อรา ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยสดที่ส่งออกเกินกำหนด สาเหตุอาจเกิดจากห้องรมควันที่ผู้ประกอบการใช้มีการกระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สม่ำเสมอทั่วห้องรมควัน ทำให้ลำไยบางส่วนมีปริมาณสารตกค้างที่มากเกินไป หรืออาจเกิดจากวิธีการรมควันไม่ถูกต้อง ผู้ประกอบการใช้สารกำมะถันในปริมาณมากเกินไป เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นาน

การรมควันลำไยสดด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น เป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถนำเชื้อจุลินทรีย์ รา และแมลง เป็นการชะลอการเน่าเสีย อย่างไรก็ตามปัญหาของขบวนการผลิตลำไยรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการใช้ห้องรมควัน คือ ขาดความสม่ำเสมอของการรมควัน โดยมีความแตกต่างของปริมาณตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผลลำไยได้รับในแต่ละตำแหน่งของห้องรมควันมาก ในกรณีที่ลำไยไม่ได้รับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างเพียงพอ จะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่ายขึ้นและอายุการเก็บรักษาลดลง แต่ในกรณีที่ลำไยได้รับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากเกินไปทำให้มีปริมาณสารตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด โดยคณะกรรมการอาหารระหว่างประเทศ ประเทศหรือ Codex ซึ่งกำหนดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อลำไยไม่เกิน 10 ppm

นอกจากนี้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการรมควันลำไยนั้นส่วนมากได้จากการเผากำมะถัน โดยใช้เตาภายในห้องรมควัน ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เวลาที่ใช้ในการรมควันนาน ความปลอดภัยในขบวนการการผลิต และการขาดระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศที่ได้มาตรฐาน ทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น การออกแบบและพัฒนาห้องรมควัน และระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้แก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทำให้ขบวนการผลิตลำไยรมควันมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและพัฒนาห้องรมควันลำไย
2. ออกแบบระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากห้องรมควัน

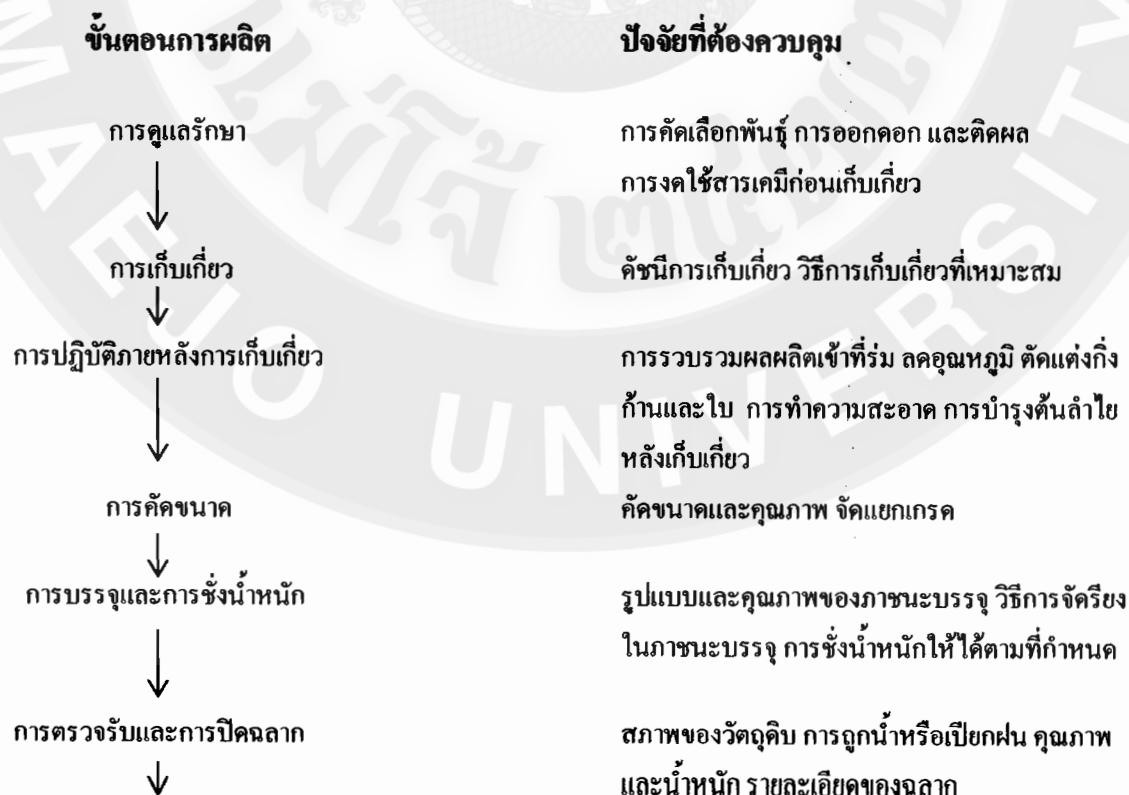
การตรวจเอกสาร

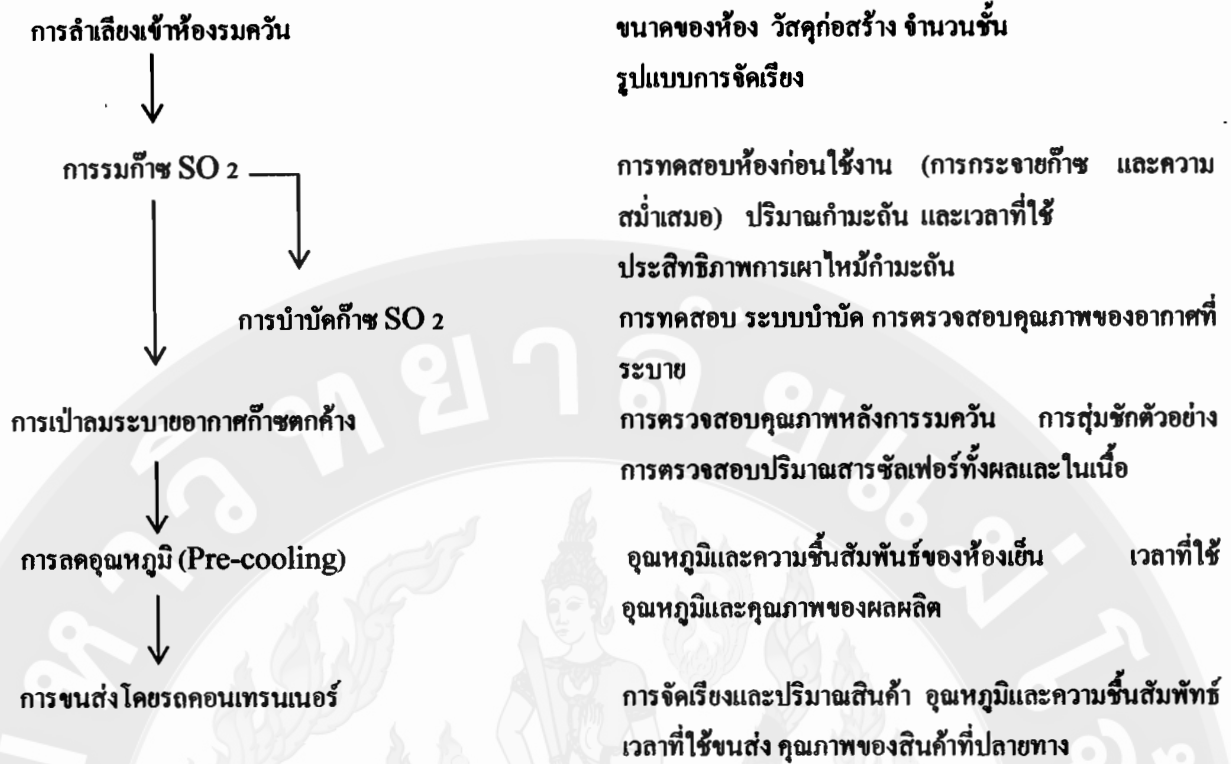
การรมควันลำไยสด

การรมควันลำไยสดด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและเชื้อจุลินทรีย์ และทำให้สีของเปลือกลำไยสวยขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยควรมีการควบคุมให้อยู่ในปริมาณที่ตลาดยอมรับ โดยการควบคุมความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และระยะเวลาการรมควันให้เหมาะสม จึงจึง(2440) กล่าวว่า ค่าความเข้มข้นสุดท้ายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในห้องรมควันเท่ากับ 1500 ppm ระยะเวลาการรมควันจะประมาณ 40-60 นาที นอกจากนี้การเป่าลมเพื่อระบายก๊าซตกค้าง (aeration) เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งช่วยลดปริมาณตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ขั้นตอนการผลิตลำไยรมควันและปัจจัยที่ต้องควบคุม

สถาบันอาหาร (2541) กล่าวถึงขั้นตอนการผลิตและปัจจัยที่ต้องการควบคุมในการผลิตลำไยรมควันให้เป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศ ดังรูปที่ 1





รูปที่ 1 ขั้นตอนการผลิตลำไยรมควันและปัจจัยที่ต้องควบคุม (สถาบันอาหาร , 2541)

ห้องรมควันลำไยสด

ห้องรมควันลำไยควรก่อสร้างให้มีความแข็งแรง เพื่อสามารถรองรับน้ำหนักของชั้นวางลำไยได้ วัสดุก่อสร้างควรทนการกัดกร่อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ ควรมีการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอ็อกซิเจนด้วย (สถาบันอาหาร, 2541)

ขนาดของห้องรมควัน

สัมพัทธ์ (2535) แนะนำสัดส่วนของขนาดห้องโดยปริมาตรของห้อง หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อน้ำหนักของลำไย เป็นต้น ควรอยู่ระหว่าง 10 : 1 ถึง 15 : 1 นอกจากนี้การกำหนดความสูงของห้องควรจะทำให้มีช่องว่างเหนือชั้นของลำไยให้น้อย เพื่อจำกัดปริมาตรของอากาศในพื้นที่ว่างและลดการสิ้นเปลืองก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่จะไปผสมกับอากาศในพื้นที่ว่างดังกล่าว

การออกแบบและสร้างห้องรมควัน

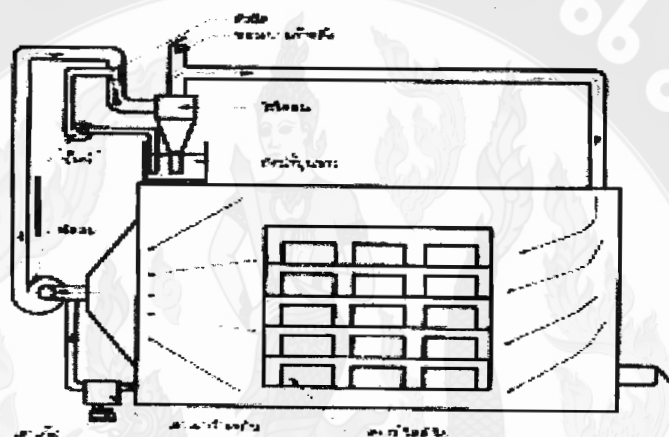
ในการออกแบบห้องรมควันกำมะถันสำหรับผลลำไยสด ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังต่อไปนี้

- ขนาดห้องรมควันกำมะถัน ต้องมีขนาดที่พอเหมาะต่อการบรรจุลำไยในแต่ละครั้งให้เพียงพอ ไม่อัดแน่นจนเกินไป ผนังห้องทำด้วยวัสดุสำเร็จรูป เช่น พิวซี ไวร์นิวส์ หรือ ฟอรัไมก้า เพื่อป้องกันการดูดซึมก๊าซ อุดแนวต่อรอยรั่วต่าง ๆ ภายในด้วยซิลิโคน ด้านหน้าติดตั้งประตู ผนัง

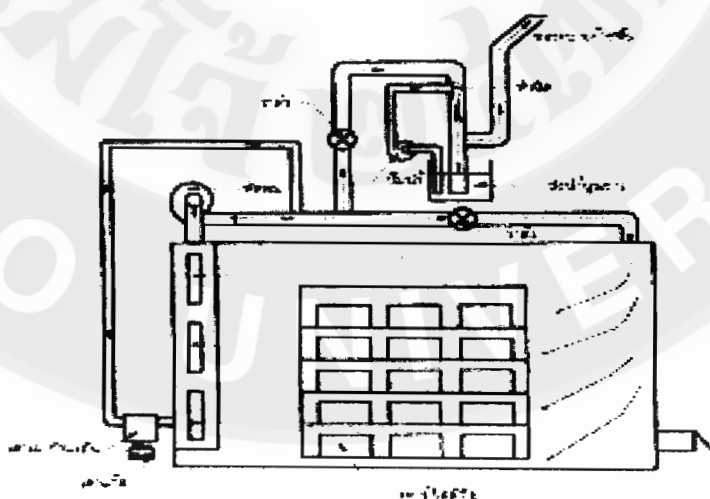
ห้องด้านข้างมีห้องกระจายลมทั้งสองด้าน ด้านหลังห้องติดตั้งท่อต่อเข้ากับพัดลมทางด้านบนของห้องรม การจัดเรียงลำโพงขยายให้มีอัตราส่วนที่ว่างปริมาตรห้อง : ลำโพง เท่ากับ 1 : 5.8 ถึง 1 : 6

ข. พัดลมหมุนเวียนอากาศเป็นแบบหอยโข่งใบพัดตรงทำด้วยสแตนเลส ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ทำหน้าที่หมุนเวียนก๊าซภายในระบบ

ค. ชุดกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้น้ำปูนขาวเป็นตัวกำจัด ท่อนำก๊าซ เป็นท่อพีวีซี ขนาด 4 นิ้ว ต่อเชื่อมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกัน



รูปที่ 2 แผนผังการทำงานของห้องรมควั่นก้ามะถัน ที่มีระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบหมุนเวียนก๊าซ



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานของห้องรมควั่นก้ามะถัน ที่มีระบบกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบไม่หมุนเวียนก๊าซ

การจัดวางตะกร้าและชั้นวางลำไย

การจัดเรียงชั้นวางลำไยควรคำนึงถึงการวางตำแหน่งของพัดลมและท่อดูดก๊าซเพื่อให้เกิดการกระจายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อย่างสม่ำเสมอ (สถาบันอาหาร, 2541)

การออกแบบเตาเผาถ่าน

เตาเผาถ่านเพื่อผลิตก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้นมี 2 แบบ คือ

ก. แบบเตาไฟฟ้า มีปัญหาของการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การกระจายตัวของก๊าซ และการกักกร่อนของอุปกรณ์เตาไฟฟ้า เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ข. แบบเตาก๊าซหุงต้ม มีการควบคุมการกระจายตัวของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบเตาเผาถ่านนั้นควรคำนึงถึงประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ระยะเวลาที่จำกัดในการเผาไหม้ วัสดุที่ใช้ทำเตาควรถ่ายเทความร้อนได้ดีและทนต่อการกัดกร่อน ไม่มีการรั่วของก๊าซ ตลอดจนมีระบบการผสมของอากาศกับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ความยาวของท่อส่งก๊าซจากห้องเผาไหม้เข้าสู่ห้องรมควั่นควรได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันการฟุ้งของเปลวไฟ (สถาบันอาหาร, 2541)

การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ Flue Gas Desulphurization (FGD) หมายถึง การแยกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากไอเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศทางปล่องควัน ระบบการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประกอบด้วย

ก. กระบวนการ Dry Sorbet Injection

กระบวนการนี้เป็นการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยการฉีด หรือการพ่นผงปูนขาวเข้าไปในเตาเผา เพื่อให้ทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกิดเป็นผงยิบซัม ระบบนี้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นต่ำ ระบบการทำงานของอุปกรณ์ไม่ซับซ้อนและใช้อุปกรณ์น้อย ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลงไปด้วย คือ 45 % เนื่องจากผงปูนขาวที่พ่นเข้าไปในเตาไม่สามารถทำปฏิกิริยากับไอความร้อนของก๊าซได้อย่างทั่วถึง และผงปูนขาวที่ฉีดพ่นเข้าไปยังเข้าไปรบกวนการทำงานของเตาเผา รวมทั้งเครื่องดักจับฝุ่นอีกด้วย

ข. กระบวนการแบบ Dry

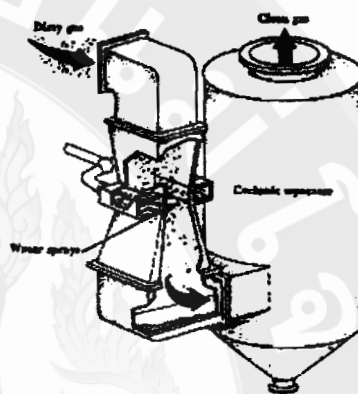
กระบวนการนี้เป็นการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการฉีดน้ำปูนขาวให้เข้าไปทำปฏิกิริยากับไอความร้อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเครื่องพ่นจับ (Scrubber) หลังจากที่มีอากาศผ่านการกรองหรือการดักจับฝุ่นมาแล้วขั้นหนึ่ง ไอของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนที่สัมผัสกับหยดน้ำปูนขาวจะกลายสภาพเป็นยิบซัม กระบวนการนี้เป็นแบบกึ่งแห้ง มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นสูงกว่าแบบแรกประมาณ 3 เท่า แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า คือ ประมาณ 85 %

ก. กระบวนการ Wet Lime - Stone

กระบวนการนี้มีขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นจากการนำหินปูนที่บดละเอียดมาละลายน้ำ จะได้น้ำปูนแล้วจึงพ่นเข้าไปทำปฏิกิริยากับไอร้อนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในหอดักจับ ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีค่าใช้จ่ายในขั้นเริ่มต้นสูง เนื่องจากการทำงานที่ซับซ้อนแต่ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงกว่า คือ ประมาณ 95 % ในระบบนี้ก๊าซไอเสียที่ผ่านจากเครื่องดักจับฝุ่นจะผ่านเข้าสู่เครื่องถ่ายเทความร้อนให้อุณหภูมิของไอลดลงก่อน

เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เครื่องพ่นจับแบบเวนจูรี (Venturi Scrubbers) เครื่องพ่นจับแบบเวนจูรีใช้กันอย่างกว้างขวาง ในการใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อต้องการประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาคสูง ทำให้ได้ก๊าซที่สะอาดออกมาจากอุปกรณ์ หัวใจของระบบนี้คือคอคอเวนจูรี (Venturi throat) เป็นที่ซึ่งก๊าซสัมผัสกับหยดของเหลว โดยมีความเร็ว 200-600 ฟุตต่อวินาที จากนั้นจึงผ่านส่วนที่ขยายกว้างออก ซึ่งจากส่วนนี้ก๊าซจะเข้าสู่ห้อง (Chamber) ขนาดใหญ่และแยกอนุภาคออกได้



รูปที่ 4 เครื่องพ่นจับแบบเวนจูรี

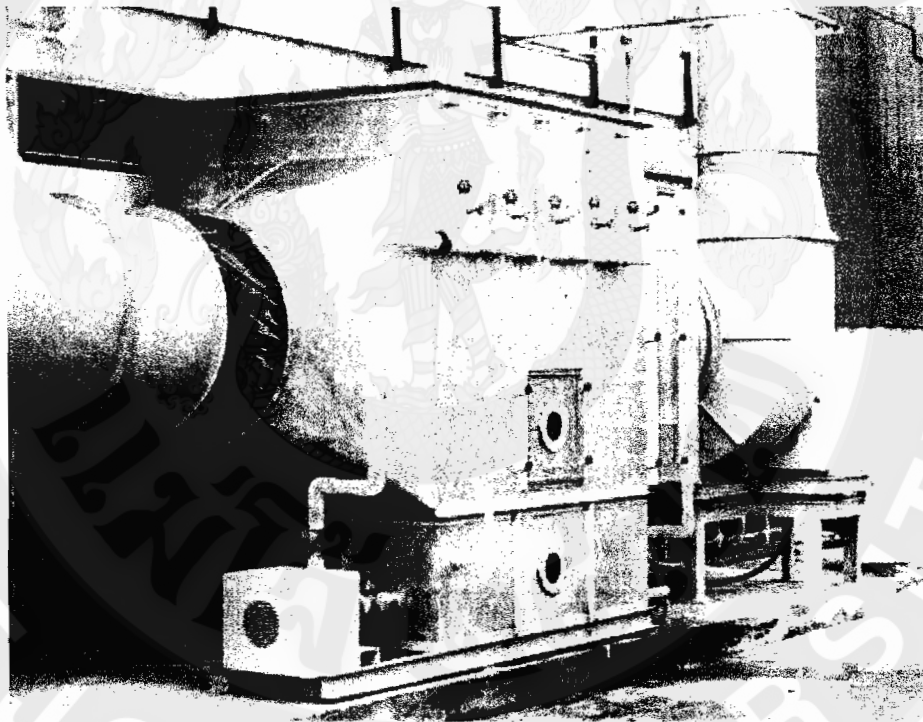
พื้นฐานในการเก็บอนุภาค ซึ่งน้ำถูกฉีดเข้าสู่ช่วงคอคอ (Throat) ในส่วนนี้ทำให้ก๊าซที่ไหลขึ้นสู่ด้านบนปะทะกับละอองน้ำที่ฉีดเข้าไป บริเวณคอคอนี้ แรงเฉือนของของไหลจะมีค่าสูงเป็นสาเหตุให้มีการแตกกระจายของกระแสน้ำก่อให้เกิดเป็นหยดน้ำ (ละอองขนาดเล็ก) และเริ่มทำการเก็บปะทะกับอนุภาคในก๊าซที่ไหลย้อน

เครื่องพ่นจับแบบเป็ยกแบบแนวนอน (Cross Flow Wet Scrubber)

เครื่องพ่นจับแบบเปียก (Wet scrubber) เป็นการนำสิ่งเจือปนในกระแสดูดอากาศออกโดยให้มีการสัมผัสกับของเหลว แต่เดิมนั้นในเครื่องพ่นจับแบบเปียกอนุภาคจะถูกดักเก็บโดยหยดของเหลวหรือไมก็ของเหลวที่ไหลอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของกำแพงกั้นที่เปียก แผ่นของเหลว (liquid sheet) เป็นต้น ละอองของเหลวในเครื่องพ่นจับแบบเปียกเป็นหนึ่งในหลาย ๆ วิธีที่มักนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมมลพิษทางอากาศ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการรวมกันของก๊าซ อนุภาคที่ต้องการควบคุมและสถานะของก๊าซ (ทั้งอุณหภูมิ และความชื้น) เครื่องพ่นจับแบบเปียกมีข้อดีมากกว่าการใช้เครื่องพ่นจับแบบแห้ง (Dry scrubber) เช่น สามารถลดความเสี่ยงในการฟุ้งกระจายของอนุภาคและสามารถใช้ได้กับก๊าซที่ร้อน อนุภาคที่เหนียว และของเหลวที่มีข้อดีเท่ากับข้อเสียซึ่งมีความสำคัญคือปัญหาที่จะต้องกำจัดของเหลวที่ออกจากระบบ และการกำจัดหรือการนำของเหลวที่มีการปนเปื้อนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ การประยุกต์ใช้ระบบนี้พบในหม้อต้มน้ำของ

อุตสาหกรรม เตาเผาปูน ระบบกำจัดกากตะกอนและอุปกรณ์ควบคุมกลิ่น หลักการควบคุมของกลไกใน เครื่องพ่นจับ (scrubbers) เป็นอิมแพคเตอร์แรงเฉื่อย (inertial impaction) และอินเทอร์เซปชัน (interception) โดยมีการพิจารณาถึงผลของการแพร่เพิ่มเติมเข้ามา

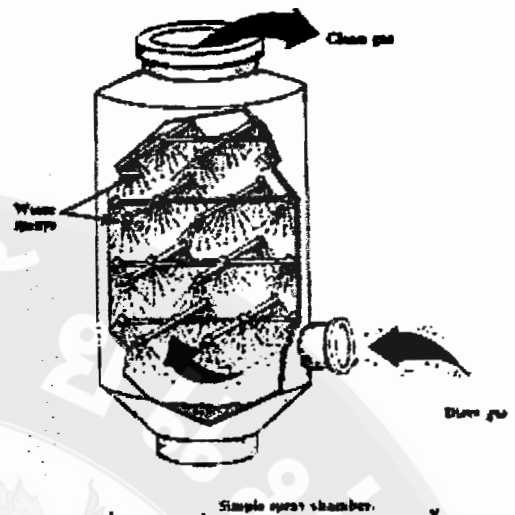
รูปแบบของเครื่องพ่นจับที่ใช้มีหลายรูปแบบ โดยรูปแบบที่มีความสำคัญคือหอดูดซับแบบสเปรย์จับ (spray towers) และเครื่องพ่นจับแบบเวนจูรี (Venturi scrubber) พารามิเตอร์เบื้องต้นในการออกแบบใน เครื่องพ่นจับแบบเปียกประกอบด้วย ความดันตก อัตราการไหลของของเหลวและก๊าซ (L/G: แกลลอน/1000 ลบ.ฟุตของก๊าซ) และขนาดของหยดน้ำ บ่อยครั้งที่เครื่องพ่นจับขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาค ได้สูงกว่าเครื่องพ่นจับขนาดเล็ก ที่มีความดันตกและอัตราส่วนของ L/G เหมือนกัน โดยมีความสัมพันธ์กับ ระยะทางในการเดินทางของหยดของเหลวผ่านก๊าซ หอดูดซับแบบสเปรย์เป็นอุปกรณ์ที่มีความดันตกต่ำสุด และมีประสิทธิภาพในการดักเก็บน้อยสุดเช่นกัน แต่ก็ยังเป็นเครื่องพ่นจับที่ใช้พลังงานน้อย



รูปที่ 5 เครื่องพ่นจับแบบเปียกแบบแนวนอน (Cross Flow Wet Scrubber)

เครื่องพ่นจับแบบแนวดิ่ง (Vertical Cross Flow Wet Scrubber)

เครื่องพ่นจับที่มีการใช้พลังงานต่ำ โดยส่วนใหญ่เป็นหอดูดซับแบบสเปรย์จับโดยแรงถ่วง (gravity spray towers) โดยให้หยดของเหลวตกผ่านก๊าซและขจัดออกทางด้านล่างของอุปกรณ์ หยดของเหลวโดยปกติได้จากการใช้หัวฉีดให้เป็นละอองน้ำ หอดูดซับแบบสเปรย์จับในแนวดิ่ง ความเร็วที่สัมพันธ์ระหว่างหยดของเหลวและก๊าซมีความสำคัญที่จะหลีกเลี่ยงการฟุ้งคืน (สู่อากาศ) ของหยดของเหลว ความเร็วในการตกของหยดน้ำอาจจะมากกว่าความเร็วของกระแสก๊าซที่ลอยสูงขึ้น ในทางปฏิบัติความเร็วของก๊าซในรูปแบบที่เป็นแนวดิ่ง อยู่ในช่วง 2 ถึง 5 ฟุต/วินาที และต้องการหยดที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 ไมโครเมตร ความเร็วในการตกของหยดขนาด 100 ไมโครเมตร เป็น 0.8 ฟุตต่อวินาที สำหรับความเร็วที่สูงกว่า อาจจะนำมาใช้เพื่อลดการเกิดหมอกหรือไอที่ส่วนบนของหอ (tower) แม้ว่าอุปกรณ์นี้จะต้องการพื้นที่ที่มากพอ แต่ก็มีความคุ้มค่าและใช้เป็นอุปกรณ์เบื้องต้นสำหรับการดักเก็บอนุภาคอย่างหยาบๆ (มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 25 ไมโครเมตร)



รูปที่ 6 เครื่องพ่นจับแบบแนวดิ่ง



รูปที่ 7 เครื่องพ่นจับแบบแนวดิ่ง (Vertical Cross Flow Wet Scrubber)

การออกแบบและการทดสอบ

การออกแบบเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การออกแบบเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นการออกแบบในลักษณะแนวนอน (Cross flow wet scrubber) เพื่อให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้นสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของก๊าซนั้นจะเป็นการเคลื่อนที่ในลักษณะขึ้นและลง ทำให้ระยะเวลาในการสัมผัสกับน้ำปูนใสซึ่งถูกดันจากหัวพ่นด้วยแรงดันสูงเพื่อให้แตกตัวนั้นใช้เวลามากขึ้น อีกทั้งการออกแบบต้นกำลัง (มอเตอร์และพัดลม) ต้องมีความเหมาะสมต่อการพาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในห้องอบรมควัน และความเสี่ยงที่เกิขึ้นภายในเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อันเนื่องจากวัสดุตัวกลาง (Packing media) สำหรับโครงสร้างของเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประกอบด้วย

- ก. ระบบป้อนน้ำปูนใส
- ข. พัดลมต้นกำลังสำหรับดึงก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
- ค. ส่วนของการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



รูปที่ 8 เครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแนวนอน (Cross flow wet scrubber)

การออกแบบห้องอบรมก๊าซ

การออกแบบห้องอบรมก๊าซ ออกแบบให้ห้องมีขนาดขนาด 2,200 x 4,100 x 2,350 มม. (ก x ย x ส) โดยให้มีประตูจำนวน 2 บาน สำหรับการนำลำไยเข้า ออกทางเดียวผนังห้องบุด้วยผนังโฟมขนาดความหนา

2 นิ้ว ผิวเรียบมัน เพื่อสะดวกต่อการทำความสะอาดและง่ายต่อการติดตั้งและเปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังมีความทนต่อการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สำหรับการหมุนเวียนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะอาศัยพัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal fan) ขนาด 550 มิลลิเมตร ด้วยมอเตอร์ต้นกำลังขนาด 7.5 กิโลวัตต์ ลักษณะการไหลเวียนของก๊าซภายในห้องอบรมก๊าซจะมีการกระจายก๊าซออกจากผนังทางด้านข้างของห้องและถูกดูดเข้าไปยังส่วนกลางของเพดานห้อง ซึ่งการไหลเวียนดังกล่าวทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีการกระจายไปทั่วห้องอบ ส่วนด้านหลังของผนังห้องถูกเจาะช่องขนาด 400 x 400 มิลลิเมตร เพื่อเป็นช่องนำก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือจากการอบรมควันแล้ว เข้าสู่ระบบบำบัดด้วยเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



รูปที่ 9 แสดงรูปทางด้านหน้าและด้านข้างของห้องอบรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต้นแบบ



รูปที่ 10 ห้องอบรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต้นแบบ



รูปที่ 11 ชุดพัฒนด้นแบบสำหรับหมุนเวียนก๊าซภายในห้องอบ

ผลการทดสอบเบื้องต้น

ผลการทดสอบเบื้องต้น

ระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ในการทดสอบชุดกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้มีการทดลองใช้หัวฉีดหลายแบบเช่น หัวฉีดพ่นสารเคมีทำด้วยทองเหลืองและพลาสติก ท่อพีวีซีเจาะรูขนาดต่างๆ เป็นต้น โดยเบื้องต้นสังเกตจากความละเอียดของละอองน้ำ จากนั้นนำไปติดตั้งในชุดกำจัดก๊าซและทำการทดสอบหาระยะเวลาในการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากการเผากัมมะถัน 0.2 กิโลกรัม (ปริมาณก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เหลือในห้องรมหลังเสร็จสิ้นการรมควัน เมื่อคำนวณเป็นปริมาณกัมมะถันเท่ากับ 0.112 กิโลกรัม) และใช้ปูนขาว 1 ถุง (3 กก.) ผลการทดสอบพบว่าหัวฉีดพ่นสารเคมีทำด้วยทองเหลืองจำนวน 8 หัว ให้ละอองน้ำละเอียดดี ใช้เวลาหมุนเวียนกำจัดก๊าซได้หมดประมาณ 45-60 นาที ขณะที่หัวฉีดที่ทำด้วยท่อพีวีซี ขนาด 20 มิลลิเมตร เจาะรู 2 มม. จำนวน 16 รู ใช้เวลา 55-75 นาที แต่หัวฉีดพ่นสารเคมีเกิดปัญหาการอุดตันบ่อย จึงเลือกใช้

หัวข้อที่ทำด้วยท่อพีวีซีเจาะรูซึ่งทำได้ง่ายและราคาถูกในการทดลอง การหมุนเวียนก๊าซสามารถกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้หมด แต่ทำให้ห้องเปียกชื้น

การทดสอบหาปริมาณปูนขาวที่ใช้ในการกำจัดก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าปูนขาว 1 ถุง (ประมาณ 3-3.5 กก.) ละลายในน้ำ 30-40 ลิตร มีค่า pH 12-13 สามารถใช้กำจัดก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากเผาไหม้ถ่าน 0.2 กิโลกรัม ได้หมด โดยเมื่อการกำจัดก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สิ้นสุด น้ำปูนขาวมีค่า pH ประมาณ 7-8

ผลการทดสอบห้องรมควันบรรจุลำไย 60 ตะกร้า และเผาไหม้ถ่านในปริมาณ 0.48 กก. ปรากฏว่าเผาไหม้ถ่านหมดในเวลา 15 นาที รมต่อไปจนครบ 30 นาที และทำการกำจัดก๊าซโดยให้หมุนเวียนอีก 25 นาที ก่อนระบายก๊าซทิ้ง ลำไยที่ออกมามีสีซีดจาง เนื่องจากใช้ถ่านมากเกินไป ฝาด้านบนของตะกร้าลำไยมีคราบสีเหลืองของถ่านและเปียกชื้นไปด้วยน้ำ รวมทั้งมีน้ำจับเกาะที่ผลลำไยด้านบนด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะภายในระบบและห้องรมควันมีความชื้น ทำให้ควันถ่านเกิดการคืนรูปกลายเป็นของแข็งจับอยู่ตามฝาดตะกร้า ฝืน และส่วนต่างๆ ภายในระบบ ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ภายในห้องรมควันจะมีปริมาตร ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้างในผลลำไยหลังการรมควัน ในเปลือกมีค่าเฉลี่ย 1,518 ppm (ส่วนในลำต้นส่วน) และ 63 ppm หลังเก็บไว้ 1 วัน แต่ไม่พบในเนื้อลำไย

ตารางที่ 1 ปริมาณสารซัลเฟอร์ตกค้างหลังการรมควัน

ตัวอย่าง	0 วัน		1 วัน	
	เปลือก	เนื้อ	เปลือก	เนื้อ
1	1,726	0	54.2	0
2	1,667	0	67.7	0
3	1,855	0	66.1	0
4	1,809	0	63.0	0
เฉลี่ย	1,764.25	0	62.8	0

ห้องรมควันดำไย

ผลการทดสอบห้องรมเปล่า จากการทดสอบการหมุนเวียนของอากาศภายในห้องพบว่าได้ปริมาณลม 6.5 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที สำหรับการเผาไหม้ถ่านภายในห้องสามารถเผากำมะถันได้ดีและหมดระยะเวลาที่กำมะถันปริมาณ 0.5 กิโลกรัมเผาไหม้หมด กินเวลาประมาณ 32 นาที โดยใช้เตาไฟฟ้าขนาด 600 วัตต์

สรุป

สำหรับระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ด้วยเครื่องกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแนวนอน (Cross flow wet scrubber) สามารถบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หลงเหลืออยู่ภายในห้องอบรมก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากปริมาณก๊าซที่ถูกบำบัดมีอัตราการไหลผ่านเครื่องกำจัด ในอัตราที่ต่ำ

ผลจากการออกแบบห้องอบรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และระบบบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่า ปริมาณของสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ดำไยในแต่ละตะกร้ามีปริมาณไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะภายในตะกร้าทางด้านใน ทั้งนี้เพราะการจัดวางเรียงตะกร้าดำไย และการอัดแน่นของดำไยในตะกร้าทำให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้ อย่างไรก็ตามการหมุนเวียนของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในห้องก็เป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีปริมาณลมที่หมุนเวียนมากพออันเนื่องมาจากการออกแบบให้ทิศทางการไหลของลมออกทางผนังด้านข้าง และถูกดูดขึ้นทางด้านบนของเพดานห้อง

เอกสารอ้างอิง

ชิงชิง ทองดี, 2540. “GMP การรมควันดำไยสดด้วย SO₂”. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ ชุมชนพัฒนาคุณภาพดำไยเพื่อการส่งออก วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2540 ณ โรงแรม มารวยกาดเซ็นส์ กรุงเทพฯ จัดโดย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สถาบันอาหาร 2541. คู่มือการอบรมควัน-อบแห้งดำไย พร้อมกรรมวิธีการผลิตและแบบแปลน.

สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์, 2535. “กระบวนการควบคุมการรมควันดำไยด้วย SO₂ และการกำจัดก๊าซ SO₂ ที่เหลือจากห้องอบ”. เอกสารประกอบการฝึกอบรม การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับดำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก. ณ โรงแรม รามาร์กเด้นส์ กรุงเทพฯ 18 มีนาคม 2535.

Howard E. Hesketh. 1979. **AIR POLLUTION CONTROL.** America Society of Pollution Control Engineerings.

John C. Mycock. 1995. **AIR POLLUTION CONTROL ENGINEERING AND TECHNOLOGY.** Lewis Publishers. New York.

