ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1998/1048
Postharvest technology

วท.

โครงการวิจัยที่ อ. -น. 38-01

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และระบบประกันคุณภาพ ลำไยสดเพื่อการส่งออก

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ อ.-น. 38-01

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และระบบประกันคุณภาพลำไยสดเพื่อการส่งออก

โดย

ซิง ชิง	ทองดี	ศิริพงษ์	พัฒนวิบูลย์
สมศักดิ์	ชัยมงคล	อนวัช	สุวรรณกุล
สดศรี	เนียมเปรม	ยุวดี	รัตนไชย
สัมพันธ์	ศรีสุริยวงษ์	จิตตา	สาตร์เพ็ชร์
มานัส	แจ่มจำรูญ	น้ำเพชร	ชัยวิภา

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กรุงเทพฯ 2541

สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(ดร. เกชา ลาวัลยะวัฒน์)
ผู้ว่าการ

สารบัญ

		หน้า
สารบัญตาราง		ก
สารบัญรูป		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
ABSTRACT		1
บทคัดย่อ		3
1. บทนำ		5
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ		6
3. ผลการทดลองและวิจารณ์		10
4. สรุปผลการทดลอง		36
5. ข้อเสนอแนะ		40
6. เอกสารอ้างอิง		42
ภาคผนวกที่ 1	การส่งออกลำไยสดของประเทศไทย	43
ภาคผนวกที่ 2	กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO_2 และการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องอบ เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่อง การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก มีนาคม 2535	45
ภาคผนวกที่ 3	ข่าวงานวิจัย เรื่อง การเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออก สิงหาคม 2532	63
ภาคผนวกที่ 4	บทความเรื่อง การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลไม้เพื่อการส่งออก วารสารผู้ส่งออกปักษ์หลังพฤษภาคม 2535	65
ภาคผนวกที่ 5	Postharvest Handling of Tropical Fruits Longan and Lychee for Export	72
ภาคผนวกที่ 6	Proposed Draft Code Good Manufacturing Practices for Sulfur Dioxide Fumigation of Fresh Longan--Quality Assurance Scheme	84
ภาคผนวกที่ 7	รายชื่อคณะกรรมการและสมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก ประจำปี 2536-2540	92
ภาคผนวกที่ 8	ประกาศสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	98

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. ผลของการปฏิบัติก่อนและหลังการรม SO_2 ที่มีต่อปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย 15

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบรูปแบบการใช้ SO_2 ที่มีผลต่อปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย 16

ตารางที่ 3. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างสูงสุด (MRL) ของผลลำไยในเชิงการค้า 17

ตารางที่ 4. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างของลำไยจากสถานประกอบการ 3 แห่ง 18

ตารางที่ 5. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างของลำไยจากท่าเรือคลองเตยและท่าเรือของประเทศฮ่องกง 19

ตารางที่ 6. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในตัวอย่างผลลำไยจากสถานประกอบการรมควันในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูนสำหรับปี 2535 26

ตารางที่ 7. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในตัวอย่างผลลำไยจากท่าเรือกรุงเทพฯ (กรกฎาคม 2535) 27

ตารางที่ 8. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในตัวอย่างผลลำไยจากตลาดค้าส่งประเทศฮ่องกง (สิงหาคม 2535) 28

ตารางที่ 9. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในผลลำไยของสถานประกอบการรมควัน ระหว่างปี 2536-2540 31

ตารางที่ 10. ข้อมูลการรมควันของสถานประกอบการ ประจำปี 2540 33

ตารางที่ 11. การตรวจสอบห้องรมควัน ประจำปี 2540 35

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.	ผลของอัตราความเข้มข้นของ SO_2 ที่มีต่อความเสียหายบนเปลือกผลและการเจริญของเชื้อราบนผลลำไย	11
รูปที่ 2.	ผลของการใช้ SO_2 ที่มีต่อปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย (วัดภายหลังจากการรมควันทันที), การเจริญของเชื้อรา (วันที่ 4 และวันที่ 7) และอาการผิดปกติที่ผิวเปลือกด้านใน	11
รูปที่ 3.	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย	13
รูปที่ 4.	ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย เมื่อใช้ SO_2 รมในปริมาณต่างๆ กัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22°ซ.	13
รูปที่ 5.	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับความเข้มข้นของ SO_2 ที่เหลืออยู่ภายในที่ว่างของตู้รมควัน	14
รูปที่ 6.	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับอัตราการดูดซับ SO_2 ของผลลำไย	14

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงานโครงการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและระบบประกันคุณภาพลำไยสดเพื่อการส่งออก ขอขอบคุณศูนย์วิจัยการเกษตรระหว่างประเทศของประเทศออสเตรเลีย (The Australian Centre for International Agricultural Research, ACIAR) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนอุดหนุนการวิจัย. ขอขอบคุณหน่วยงานราชการ ได้แก่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กระทรวงอุตสาหกรรม, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และโดยเฉพาะกระทรวงพาณิชย์ที่รัฐมนตรีในทุกรัฐบาลได้ให้ความสนใจเยี่ยมชมการดำเนินงานของโครงการฯ ทุกฤดูกาลของผลผลิตลำไย ซึ่งเป็นการให้ขวัญและกำลังใจแก่คณะทำงานโครงการฯ อย่างมาก. ขอขอบคุณในความช่วยเหลือของสมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก โดยเฉพาะประธานชมรมฯ นางอรุณศรี นิลจรูญ และนายสินฟ้า วาจาเที่ยง ซึ่งเป็นสมาชิกชมรมฯ และเป็นพ่อค้าส่งออกรายแรกที่ดำเนินการตามกระบวนการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับลำไยเพื่อการส่งออกของ วท. ในเชิงพาณิชย์เมื่อปี พ.ศ. 2531. ความสำเร็จของโครงการฯ จะเป็นไปไม่ได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรผู้ปลูกลำไยและบุคคลอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือแต่มิได้กล่าวนามในที่นี้.

สุดท้ายนี้ คณะทำงานโครงการฯ ขอขอบคุณ ดร.เกชา ลาวัลยะวัฒน์ ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.), นางสุนันทา รามัญวงศ์ ผู้อำนวยการสำนักจัดการโครงการ วท. และนายวิชา ตันวีระชัยสกุล ผู้อำนวยการกองพัฒนาโครงการ วท. ที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะทำงานโครงการฯ อย่างดียิ่ง.

POSTHARVEST TECHNOLOGY AND QUALITY ASSURANCE SYSTEM OF LONGAN FOR EXPORT

Sing Ching Tongdee, Siriphong Pattanavibul, Somsak Chaimongkol, Anawat Suwanagul, Sodsri Neamprem, Yuwadee Ratanachai, Samphan Srisuriyawong, Chitta Sartpetch, Manat Jamjumroon and Namphet Chaivipha

ABSTRACT

Sulfur dioxide fumigation technology contributes significantly to the success of fresh longan export. It is a major breakthrough achieved under a research and development project on postharvest technology of longan over a period of 14 years, starting from 1984 to 1998. The project was conducted at Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR) with financial support from the Australian Centre for International Agricultural Research, Australia, and the Thailand Research Fund.

Laboratory experiments were carried out at the Postharvest Technology Laboratory (now the Agricultural Technology Laboratory). Technology transfer involved a scale-up for commercial operation and good fumigation guidelines, which were developed with the participation of the 30 plus members of "Longan for Export Quality Assurance Club" whose packing houses concentrated in Chiang Mai and Lamphun areas.

One of the main functions of SO_2 fumigation is the control of postharvest fruit rot and browning of fresh longan and lychee. Fruits fumigated with SO_2 have extended shelf-life of 4 to 6 weeks at $0^{\circ}C$ and also allowed for a manageable release of fruit onto the market at ambient temperature of 25° to $30^{\circ}C$ for 2 to 3 days. Technology transfer was a vital part of the project. Development work in the project involved a scale-up from laboratory experiments to commercial operation. An average commercial facility has about 2 to 3 rooms, each with fumigation capacity of about 4 tons per room and 400 tons per season. TISTR organized more than 500 man-day of intensive nationwide training activities relating to both technical and non-technical issues of longan export and SO_2 fumigation.

Regarding SO_2 residue issues, TISTR has been working closely with the Ministry of Commerce and the Ministry of Industry. Thailand is seeking for Codex Food Additives Committee's acceptance and approval in establishing a tolerance action level of 10 μg/g in the aril.

Guidelines on good fumigation practice have been laid down. In order to provide consumer understanding and assurance of the fumigation processes, the diagnostic and preventive concept of the HACCP system was used and has proved to be valid and verifiable. It also included the design of HACCP proper monitoring procedures at critical steps.

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
และระบบประกันคุณภาพลำไยสดเพื่อการส่งออก

ชิง ชิง ทองดี[1], ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์[2], สมศักดิ์ ชัยมงคล[2], อนวัช สุวรรณกุล[2],
สดศรี เนียมเปรม[2], ยุวดี รัตนไชย[3], สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์[2],
จิตตา สาตร์เพ็ชร์[2], มานัส แจ่มจำรูญ[2] และน้ำเพชร ชัยวิภา[1]

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการส่งออกลำไยสดไปต่างประเทศ. การรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังกล่าวนับเป็นความสำเร็จอย่างสูงภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลำไยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ซึ่งได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเป็นระยะเวลามากกว่า 14 ปี, เริ่มตั้งแต่ปี 2527 ถึง 2541 โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากศูนย์วิจัยการเกษตรระหว่างประเทศของประเทศออสเตรเลีย และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.). ผลสำเร็จของโครงการได้มีการนำไปใช้งานอย่างแท้จริง และช่วยให้สามารถส่งออกลำไยได้มากยิ่งขึ้น.

การรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นวิธีการอย่างหนึ่งหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อควบคุมการเน่าเสียและการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยและลิ้นจี่. เมื่อผลการวิจัยและทดลองประสบความสำเร็จในระดับห้องปฏิบัติการ วท. จึงพัฒนาการดำเนินงานไปสู่เชิงพาณิชย์, โดยร่วมกับสมาชิกในชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก จำนวนมากกว่า 30 บริษัท ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. ผลลำไยที่ได้ผ่านการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะสามารถยืดอายุการเน่าเสียได้นานประมาณ 4-6 สัปดาห์ ที่ 0°ซ. และมีอายุการวางจำหน่ายในตลาดได้นาน 2-3 วัน ในระดับอุณหภูมิปกติ ที่ 25° - 30°ซ. การถ่ายทอดเทคโนโลยีนับได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของโครงการซึ่งเน้นการพัฒนาในเรื่องของการขยายขนาดการดำเนินการจากระดับห้องปฏิบัติการสู่การปฏิบัติในเชิงพาณิชย์, โดยเฉลี่ยแล้วสถานประกอบการแต่ละรายจะประกอบไปด้วย ห้องอบลำไยประมาณ 2 ถึง 3 ห้อง แต่ละห้องสามารถอบลำไยได้ครั้งละ 4 ตัน หรือประมาณ 400 ตันต่อฤดูการผลิตลำไย.

---

[1] สำนักจัดการโครงการ, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)
[2] ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการเกษตร, ฝ่ายวิจัยวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, วท.
[3] กองพัฒนาโครงการ, สำนักจัดการโครงการ, วท.

วท.ได้ดำเนินการฝึกอบรมทั้งในเรื่องที่เกี่ยวกับเทคนิคการอบผลลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตลอดจนการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับลำไยเพื่อการส่งออกอย่างกว้างขวางและทั่วประเทศ มากกว่า 500 คน/วัน.

สำหรับปัญหาของการส่งออกเกี่ยวกับสารซั ลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในลำไยสดนั้น วท. ได้ดำเนินการร่วมกับกระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงอุตสาหกรรมอยู่ในขณะนี้, โดยที่ประเทศไทยได้ยื่นความจำนงต่อคณะกรรมการ Codex Food Additives Committee เพื่อให้ยอมรับและอนุญาตให้มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเนื้อลำไยเป็นปริมาณ 10 μg/g.

เพื่อให้ผู้บริโภคมีความเข้าใจในเรื่องดังกล่าว ตลอดจนเพื่อให้กระบวนการอบผลลำไยเป็นไปอย่างถูกวิธี, วท.ได้วางรากฐานระบบประกันคุณภาพโดยจัดทำคู่มือการปฏิบัติที่ดีสำหรับการอบผลลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์, พัฒนาระบบและกฎเกณฑ์ HACCP ที่พิสูจน์แล้วว่ามีประโยชน์และสามารถตรวจสอบได้เพื่อใช้ในการวินิจฉัยและป้องกันไม่ให้ผลลำไยมีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับที่สูงเกินไป.

1. บทนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย แหล่งปลูกลำไยส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือในเขตจังหวัดเชียงใหม่, ลำพูน และจังหวัดใกล้เคียง. นอกจากนี้ยังมีการปลูกเป็นการค้าอีกเล็กน้อย ในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงคราม, จันทบุรี, เลย, นครพนม และภาคใต้ตอนล่าง แต่คุณภาพของลำไยที่ปลูกในภาคอื่นๆ จะด้อยกว่าที่ปลูกทางภาคเหนือ. พันธุ์ปลูกสำคัญที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก คือ พันธุ์คอ, แห้ว, ชมพู และเบี้ยวเขียว. ลำไยนอกจากจะเป็นผลไม้ที่มีรสหวานอร่อย และนิยมบริโภคในประเทศกันอย่างแพร่หลายแล้ว ยังสามารถส่งออกไปขายในตลาดต่างประเทศได้อีกด้วย, ตลาดที่สำคัญ ได้แก่ ฮ่องกง, สิงคโปร์, มาเลเซีย, ไต้หวัน และจีน (ภาคผนวกที่ 1). จากข้อมูลสถิติการส่งออกลำไยของกรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ รายงานว่าประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ลำไยเพิ่มจาก 12,778 ตัน มูลค่า 452 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2534 เป็น 21,794 ตัน มูลค่า 725 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2535, และจาก 30,733 ตัน มูลค่า 842 ล้านบาท ในปี 2536 เป็น 46,209 ตัน มูลค่า 1,387 ล้านบาท ในปี 2537 ตามลำดับ โดยมีอัตราการขยายพื้นที่ปลูกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 127,372 ไร่ ในปี 2530 เป็น 297,184 ไร่ ในปี พ.ศ. 2537. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คาดว่าในปี 2544 ปริมาณความต้องการบริโภคลำไยทั้งหมด จะเพิ่มสูงถึง 298,678 ตัน คิดเป็นปริมาณเพื่อการส่งออกประมาณ 167,393 ตัน ซึ่งจะทำให้ประเทศไทยสามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้หลายพันล้านบาท. สรุปได้ว่าในบรรดาผลไม้สดด้วยกันนั้น ลำไยสามารถส่งออกมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศในปัจจุบัน.

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide, SO_2) เป็นสารประกอบทางเคมีชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการถนอมอาหาร เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของอาหาร ทั้งที่เกิดขึ้นเนื่องจากเอนไซม์ (enzyme) และที่ไม่เกิดจากเอนไซม์, ป้องกันการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของอาหารขณะแปรรูปเป็น reducing agent ซึ่งมีคุณสมบัติในการฟอกสี (bleaching) เป็นต้น. พบว่ามีการใช้ควันที่ได้จากการเผาผงกำมะถันในการทำไวน์มาตั้งแต่สมัยอียิปต์และโรมัน. เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารถนอมอาหารที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูกและง่ายต่อการใช้งาน ปัจจุบันจึงยังคงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด ได้แก่ ไวน์, เบียร์, เครื่องดื่มคาร์บอเนต, ผักและผลไม้แห้ง, น้ำผลไม้, น้ำเชื่อม, อาหารทะเล ตลอดจนผักและผลไม้สดหลายชนิด. นอกจากวิธีการเผาผงกำมะถันแล้ว ยังอาจใช้ในรูปของก๊าซ SO_2 บริสุทธิ์ หรือ ใช้ในรูปของสารละลาย.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้ริเริ่มนำเทคโนโลยีการรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาใช้กับลำไยสดภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น. จากผลงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ พบว่าลำไยที่ผ่านการรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมจะสามารถยืดอายุการเน่าเสียได้นานประมาณ 6-8 สัปดาห์, เนื่องจากไปทำลายเชื้อจุลินทรีย์และช่วยไม่ให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกได้เป็นอย่างดี. ดังนั้นลำไยที่ผ่านการรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงมีสีที่สวยงามและมีอายุการวางจำหน่ายยาวนานขึ้น. จากผลสำเร็จดังกล่าว วท. จึงได้ขยายงานจากการวิจัยสู่การพัฒนาในเชิงการค้า โดยร่วมมือกับผู้ประกอบการส่งออกลำไยในการนำเทคโนโลยีการรมควันลำไยสดไปใช้และประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดี. ปัจจุบันการส่งออกลำไยสดไปต่างประเทศใช้เทคโนโลยีการรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ วท. ได้พัฒนาขึ้นอย่างแพร่หลาย และเป็นกระบวนการสำคัญซึ่งช่วยให้อุตสาหกรรมการส่งออกลำไยขยายตัวอย่างรวดเร็ว. นอกจากนี้ วท. ยังได้เล็งเห็นความสำคัญของการที่ผู้ประกอบการมีคู่มือการปฏิบัติที่ดี และสามารถตรวจสอบทั้งกระบวนการ รวมทั้งป้องกันไม่ให้ผลลำไยมี SO_2 ตกค้างในระดับที่สูงเกินไป, จึงได้ริเริ่มพัฒนาระบบประกันคุณภาพลำไยสดขึ้นเป็นแห่งแรกของประเทศ.

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวิจัยและพัฒนา

2.1.1 วัสดุ/อุปกรณ์

ลำไยที่ใช้ในการทดลองเป็นลำไยพันธุ์ดอ จากจังหวัดเชียงใหม่ มีขนาดและอายุการเก็บเกี่ยวในระดับที่เหมาะสมสำหรับการส่งออก.

SO_2 ที่ใช้ได้จาก SO_2 เหลวที่บรรจุในถังอัดความดันสูง (Union Carbide, กรุงเทพฯ) หรือ SO_2 ที่ได้จากการเผากำมะถันผง.

ภาชนะที่ใช้ในการรม SO_2 สำหรับการรมในอัตราต่ำหรือกับลำไยปริมาณน้อย (น้อยกว่า 500 กรัม) ใช้ขวดแก้วขนาดบรรจุ 500 หรือ 1,000 มิลลิลิตร (ball jar) มีฝาปิดมิดชิด, หรือใช้ตู้รมที่ทำด้วยสเตนเลสสตีลขนาดความจุ 0.5 ลูกบาศก์เมตร, หรือตู้รมที่ทำด้วยไม้อัดบุฟอร์ไมกาขนาด

ความจุ 1.6 ลูกบาศก์เมตร สำหรับการรมจำนวนมาก (10 กิโลกรัมขึ้นไป). ส่วนการปฏิบัติในเชิงการค้า ห้องรมจะทำจากไม้อัดบุด้วยฟอร์ไมกาขนาด 4.8 x 4.8 x 2.4 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) รายละเอียดดังภาคผนวกที่ 2.

2.1.2 วิธีการ

การรม SO_2 ในอัตราต่ำจะใช้เข็มฉีดยาพลาสติกดูดก๊าซ SO_2 จากถังอัดในปริมาตรที่ต้องการมาใส่ในภาชนะแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด, ส่วนการรมในปริมาณมากๆ โดยใช้ตู้ขนาดความจุ 0.5 หรือ 1.6 ลูกบาศก์เมตร จะใช้โฟลมิเตอร์ในการวัดปริมาตรของ SO_2 ที่ต้องการเข้าสู่ตู้อบโดยตรง. สำหรับการปฏิบัติในเชิงการค้า SO_2 ที่ใช้ได้จากการเผากำมะถันโดยการคำนวณจากกำมะถันผง 1 กรัม เมื่อเผาสมบูรณ์จะได้ SO_2 ในรูปของก๊าซ จำนวน 760 มิลลิลิตร. เพื่อให้การปฏิบัติในการรม SO_2 ทุกครั้งได้มาตรฐานเดียวกัน จะใช้อัตราส่วนของน้ำหนักผลไม้ต่อปริมาตรที่ว่างในภาชนะบุตู้อบ หรือ ห้องอบอยู่ในสัดส่วน 1 ต่อ 5 ในทุกๆ ครั้งที่ทำการทดลอง.

การตรวจวัดปริมาณ SO_2 ภายในภาชนะแก้วที่ใช้รม ทำโดยการปล่อยให้อากาศไหลผ่านภาชนะที่ใช้รมอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที โดย SO_2 ที่ติดมากับอากาศจะถูกจับด้วยไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ความเข้มข้น 3%, แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 0.1 N โดยใช้ methyl red เป็น indicator. สำหรับตู้รมหรือห้องรมขนาดใหญ่ ความเข้มข้นของ SO_2 หลังการรมจะหาโดยการใช้เครื่องวัด SO_2 (portable SO_2 detector : Drager tube, ประเทศเยอรมนี) ซึ่งสามารถอ่านค่าความเข้มข้นได้โดยตรง.

ปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในผลลำไย (เปลือก เนื้อ และทั้งผล) ทำโดยวิธีการของ Modified Monier-Williams Method (AOAC 1984) โดยลำไยที่ผ่านการรมจำนวน 10-12 ผล จะถูกนำมาชั่งน้ำหนักก่อนทำการแยกเปลือกและเนื้อออกจากกัน เพื่อนำมาสกัดด้วยความร้อนและสารละลายกรดเกลือ HCl เป็นเวลา 60 นาที. ปริมาณ SO_2 จะถูกจับด้วย H_2O_2 ความเข้มข้น 3% แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH ความเข้มข้น 0.1 N (สำหรับเปลือก) หรือ 0.01 N (สำหรับเนื้อ) โดยใช้ methyl red เป็น indicator. ปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างในผลลำไยสามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ :

$$\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ ที่ตกค้างอยู่ในเปลือก หรือ เนื้อลำไย (ppm)} = \frac{N \times V \times 32 \times 1000}{\text{wt (g)}}$$

โดยที่ N = ความเข้มข้นของ NaOH (normal)

V = ปริมาตรของ NaOH (ml)

wt = น้ำหนักตัวอย่าง (g)

32 = น้ำหนักของ SO_2 (milliequivalent weight)

$$\text{ปริมาณ } SO_2 \text{ (ppm)} = \frac{\text{mg } SO_2 \text{ x } 106}{2.618 \text{ x ปริมาตรอากาศที่ใช้ (ml)}}$$

โดยที่ mg SO_2 = มิลลิกรัมของ SO_2 มีค่าเท่ากับ N x V x 32

N = ความเข้มข้นของ NaOH (normal)

V = ปริมาตรของ NaOH (ml)

32 = น้ำหนักของ SO_2 (milliequivalent weight)

2.618 = ค่าคงที่ในการเปลี่ยนแปลงค่า $mgSO_2$ เป็น $mlSO_2$

2.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

2.2.1 การประชุม/สัมมนา/ฝึกอบรม/บรรยายพิเศษ

วท. ได้นำเทคโนโลยีการใช้ SO_2 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดเพื่อการส่งออกที่ได้วิจัยและพัฒนาขึ้นไปเผยแพร่ให้ผู้ประกอบการส่งออกลำไยและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกลำไยไปต่างประเทศโดยใช้วิธีการจัดประชุม, การสัมมนาและการฝึกอบรม ทั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี, สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (ในขณะนั้น), Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และงบประมาณดำเนินการวิจัยของ วท. นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้รับเชิญให้เป็นวิทยากรบรรยายในเรื่องเทคโนโลยีการใช้ SO_2 สำหรับการส่งออกลำไยสด แก่ผู้ที่สนใจทั่วไปด้วย.

2.2.2 การให้คำปรึกษาแนะนำ สำรวจและติดตามผลการใช้เทคโนโลยี

ในปี 2532-2536 วท. ได้ดำเนินการประชาสัมพันธ์ผลงานวิจัยเทคโนโลยีการใช้ SO_2 กับลำไยสดโดยจัดพิมพ์ข่าวงานวิจัย, การเสนอบทความในเอกสารและสิ่งพิมพ์, ตลอดจนจัดทำ

วิดิทัศน์เกี่ยวกับเทคโนโลยีการใช้ SO_2 ให้กับผู้ประกอบการส่งออกลำไยและผู้สนใจทั่วไป (ภาคผนวกที่ 3, 4 และ 5).

ในขณะเดียวกันคณะผู้วิจัยได้ไปให้คำแนะนำโดยตรงกับผู้ประกอบการส่งออก ณ สถานประกอบการรมควันในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนด้วย, และในปี 2535 วท. ได้จัดส่งเจ้าหน้าที่ไปให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับการรมควันลำไยด้วยวิธีที่ถูกต้อง พร้อมทั้งติดตามตรวจวัดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนเปลือกและเนื้อลำไยสด ณ จุดต่างๆ ได้แก่ สถานประกอบการรมควันในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน, ท่าเรือคลองเตย, และที่ตลาดปลายทาง ณ ประเทศฮ่องกง.

ในปี 2536 เป็นต้นมา ทุกๆ ฤดูการผลิตลำไย วท. ได้ให้บริการตรวจสอบการรมควัน, การตรวจวัดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยสด และให้คำแนะนำในการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซ SO_2 ภายหลังการรมควัน ณ สถานประกอบการรมควันเป็นประจำทุกปี.

2.2.3 การปฏิบัติงานระบบประกันคุณภาพ (HACCP) ณ สถานประกอบการรมควันลำไย

โดยการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) วท. ได้พัฒนาระบบประกันคุณภาพลำไยสด โดยใช้ GMP (Good Manufacturing Practices) ดังรายละเอียดในภาคผนวกที่ 6 และหลักการ HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) ทั่วไปสำหรับกระบวนการรมควันลำไยด้วย SO_2 ขึ้น เพื่อพัฒนาคุณภาพลำไยส่งออกให้ได้มาตรฐาน, ลดปัญหาสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการส่งออกลำไยไปยังตลาดต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศสิงคโปร์ ฮ่องกง และมาเลเซีย. การดำเนินงานนำระบบ HACCP ไปใช้ปฏิบัติจริงได้เริ่มขึ้นในปี 2540 ณ สถานประกอบการรมควันลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน.

การนำระบบ HACCP ไปใช้ปฏิบัติจะต้องเริ่มด้วยการให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงของสถานประกอบการรมควันลำไยก่อนฤดูการผลิตลำไย เพื่อให้ผู้บริหารเกิดความตั้งใจและเตรียมพร้อมในการจัดทำระบบ HACCP ในโรงงาน. ดังนั้นขั้นแรกในการปฏิบัติงาน วท. จึงได้จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการให้แก่ผู้บริหารระดับสูงของสถานประกอบการรมควันลำไยและพนักงานที่ดูแลการรมควัน ในหัวข้อเรื่องการประยุกต์ใช้ GMP และ HACCP ในอุตสาหกรรมรมควันลำไยสดด้วย SO_2 เพื่อแนะนำหลักการ HACCP ทั่วไปที่ วท. พัฒนาขึ้นต่อผู้ประกอบการส่งออก ให้ได้นำไปปรับใช้ในการรมควันลำไยสดของบริษัทต่อไป.

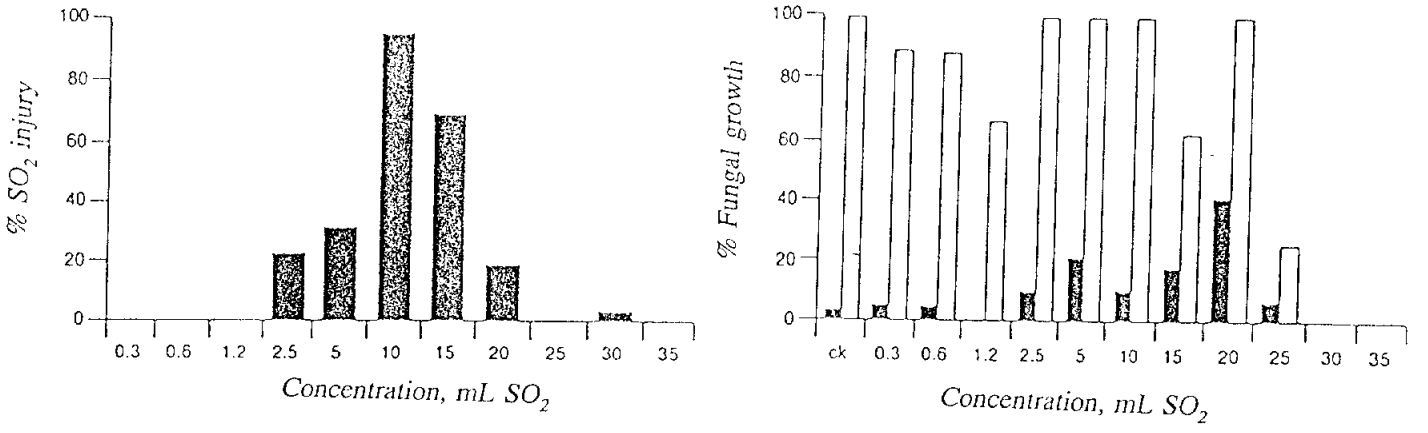
เมื่อถึงฤดูลำไย 2540 วท. ร่วมกับสถาบันอาหาร และกรมการค้าต่างประเทศ ได้ออกปฏิบัติการภาคสนาม ณ สถานประกอบการรมควันลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยได้นำเอกสารวิธีการปฏิบัติและแบบฟอร์มต่างๆ ที่ใช้ในการจัดทำระบบ HACCP ไปให้คำแนะนำและอบรมให้แก่พนักงานของสถานประกอบการรมควันลำไย, พร้อมทั้งให้บริการตรวจสอบห้องรมควัน และวิเคราะห์ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย.

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

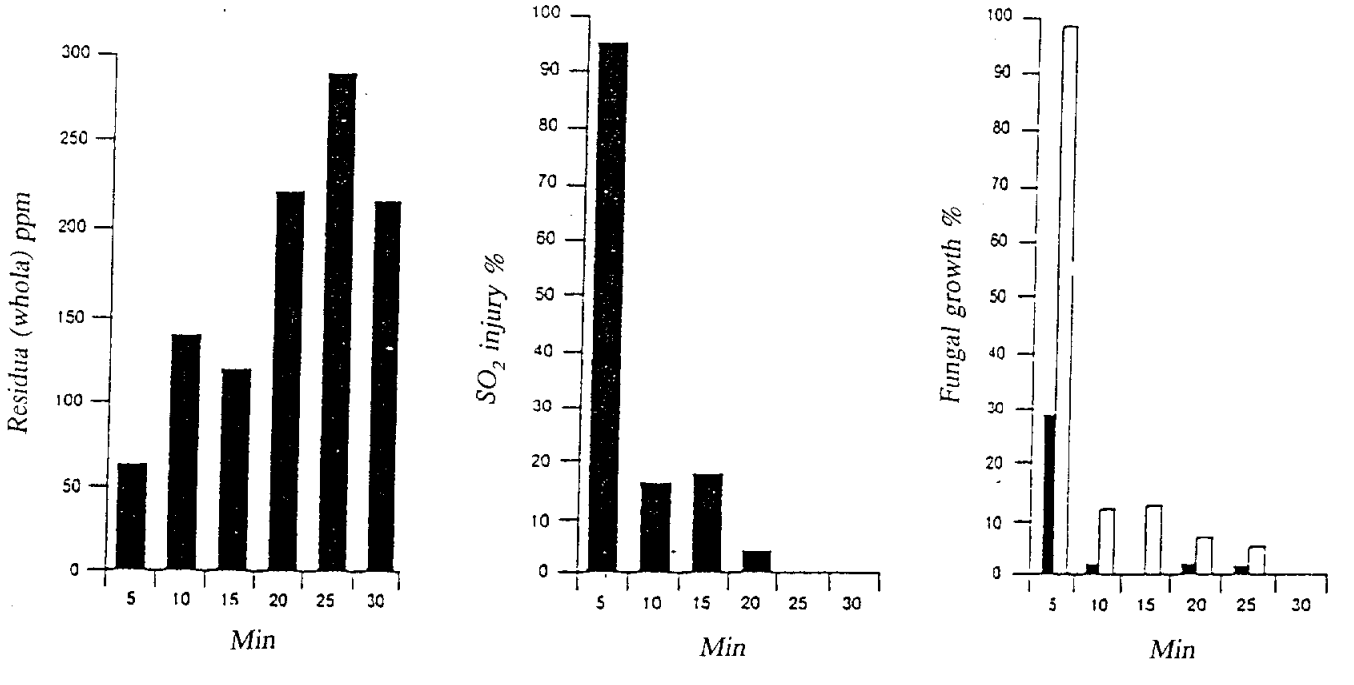
3.1 การวิจัยและพัฒนา

ผลของการรม SO_2 เป็นเวลา 20 นาทีต่อการเจริญของเชื้อราและความเสียหายที่ปรากฏบนผลลำไยจะขึ้นอยู่กับอัตราความเข้มข้นของ SO_2 ที่ใช้ (รูปที่ 1). ในการควบคุมการเจริญของเชื้อราและการเน่าเสียจะต้องใช้ SO_2 ในอัตราความเข้มข้นที่พอเพียง (มากกว่า 30 มิลลิลิตร SO_2), ส่วนความเสียหายของเปลือกที่เกิดจาก SO_2 จะเกิดขึ้นที่อัตราความเข้มข้นช่วงปานกลาง (2.5 ถึง 20 มิลลิลิตร SO_2 ที่ใช้). ผลลำไยที่ได้รับ SO_2 ไม่เพียงพอจะเกิดการเจริญของเชื้อรามากกว่าผลลำไยที่ไม่ได้รับการรม, โดยเชื้อราที่พบนี้ส่วนใหญ่ได้แก่ เชื้อ *Botryodiplodia* sp. ลักษณะของความเสียหายจาก SO_2 บนผลลำไยจะปรากฏให้เห็นในวันที่ 2 หลังจากการรม โดยสังเกตได้จากเปลือกด้านในจะเปลี่ยนเป็นวงสีน้ำตาล ลักษณะไม่สม่ำเสมอ หรือมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาลเห็นได้อย่างชัดเจน. ผลที่ได้รับการรมในอัตราที่พอเพียงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนสดใสสม่ำเสมอทั่วทั้งผล. อย่างไรก็ตามเนื้อผลลำไยจะเปลี่ยนสีจากสีขาวใสมาเป็นสีขาวขุ่นและรสชาติจะเปลี่ยนไปเมื่ออัตราความเข้มข้นที่ใช้สูงเกินไป. นอกจากนี้เนื้อผลลำไยที่ผ่านการรม SO_2 จะเปลี่ยนเป็นสีชมพูโดยเฉพาะบริเวณขั้วผลภายหลังจากที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 วัน หรือมากกว่า. สำหรับลำไยที่ผ่านการรม SO_2 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานจะพบว่าเกิดการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillum* sp. บนผิวของผลลำไย.

ปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในผลลำไยจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการรมเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2), SO_2 ที่ใช้รมจะปรากฏบนลำไยเฉพาะที่เปลือกเป็นส่วนใหญ่. ผลตกค้างของ SO_2 ที่ระดับ 100 ppm จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนผลได้บางส่วน เนื่องจากผลลำไยจะเกิดความเสียหายเมื่อระยะเวลาที่ใช้รมต่ำกว่า 20 นาที, ดังนั้น ในการรม SO_2 กับลำไยควรใช้ระยะเวลาอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 20 นาที.



รูปที่ 1. ผลของอัตราความเข้มข้นของ SO_2 ที่มีต่อความเสียหายบนเปลือกผลและการเจริญของเชื้อราบนผลลำไย.



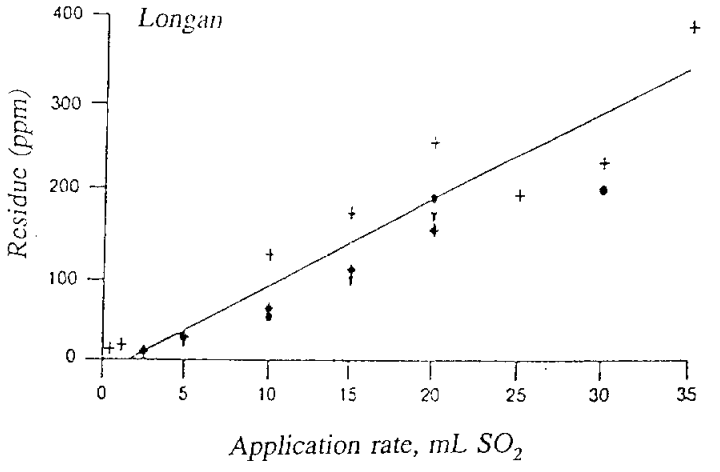
รูปที่ 2. ผลของการใช้ SO_2 ที่มีต่อปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย (วัดภายหลังจากการรมควันทันที), การเจริญของเชื้อรา (วันที่ 4 และวันที่ 7) และอาการผิดปกติที่ผิวเปลือกด้านใน.

ปริมาณผลตกค้างของ SO_2 บนผลลำไยจะขึ้นกับอัตราความเข้มข้นของ SO_2 ที่ใช้ในการรม (รูปที่ 3). ภายหลังจากการรมจะสามารถตรวจพบปริมาณ SO_2 ตกค้างในผลลำไยทั้งผลที่ระดับ 150-400 ppm และที่เปลือกในระดับ 1,200-3,200 ppm ขึ้นกับอัตราการใช้ SO_2 (รูปที่ 4). ระหว่างการเก็บรักษา ผลตกค้างของ SO_2 จะค่อยๆ ลดลง, โดยเฉพาะใน 2 วันแรกจะลดลงถึง 50%. เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในผลลำไยทั้งผลจะมีเพียง 35-100 ppm และที่เปลือกจะมีเพียง 150-800 ppm ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราความเข้มข้นของ SO_2 ที่ใช้. นอกจากนี้ยังพบว่าในทันทีหลังการรมจะมีปริมาณ SO_2 ตกค้างอยู่ภายในเนื้อลำไยเพียงเล็กน้อย, ปริมาณ SO_2 ที่ตรวจพบในเนื้อลำไยจะเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ระหว่าง 1 ถึง 2 วันแรกของการเก็บรักษา. อย่างไรก็ตามผลตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลลำไยมีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงน้อยกว่า 1 ppm ภายหลังจากการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 22°ซ. เป็นเวลา 5 ถึง 10 วัน.

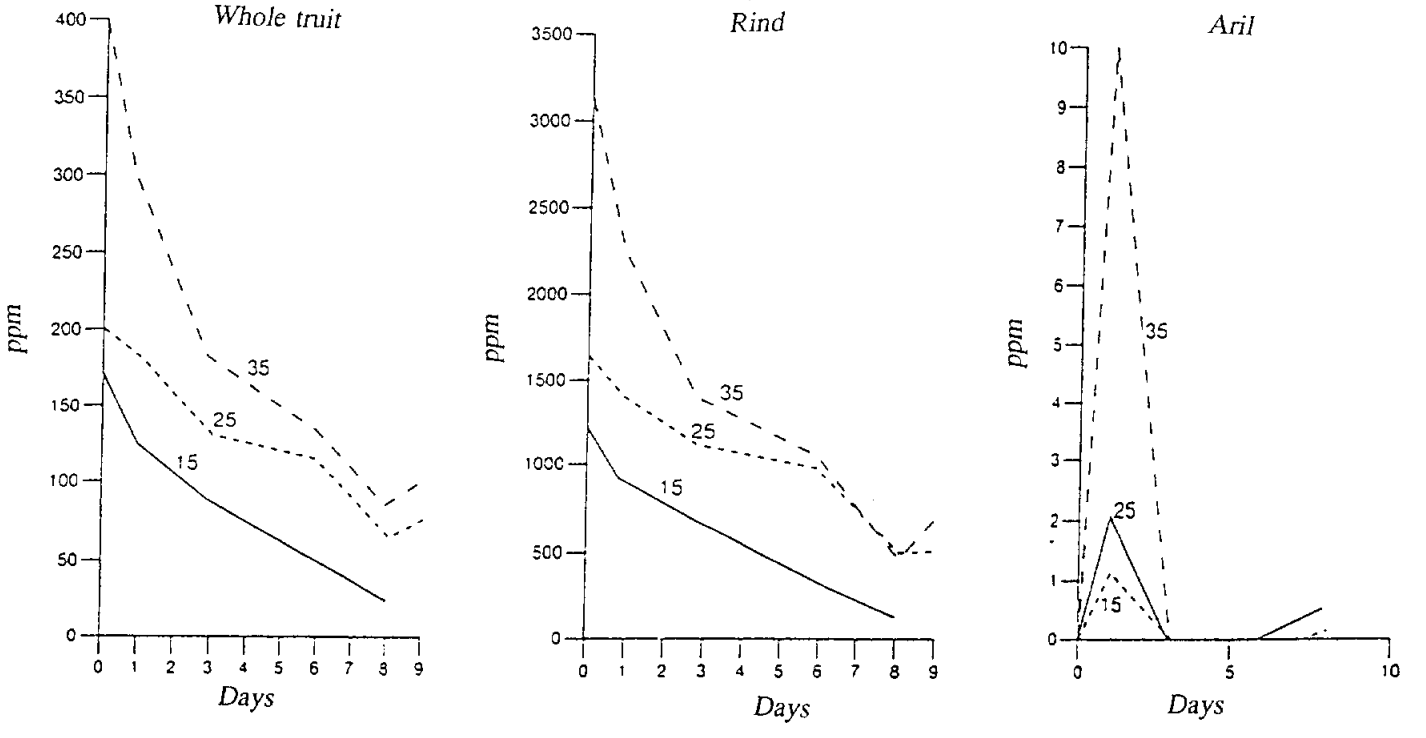
ผลของการปฏิบัติก่อนและหลังการรม SO_2 ที่ประกอบด้วยการเป่าผลด้วยลมหรือการล้างผลด้วยน้ำที่ความเป็นกรดเป็นด่างต่างๆ กัน พบว่ามีผลน้อยมากต่อปริมาณสาร SO_2 ที่ตกค้างอยู่ในผลลำไยภายหลังจากการรม (ตารางที่ 1). อย่างไรก็ตาม การนำผลลำไยเปียกหรือลำไยเปียกที่เป่าให้แห้งเข้ารม SO_2 มีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณ SO_2 ตกค้างอยู่ในผลลำไยมากกว่าลำไยปกติ.

สำหรับอัตราความเข้มข้นของ SO_2 ที่ใช้ในการรมกับปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างอยู่บนผลลำไย (ทั้งผล) และความเข้มข้นของ SO_2 ที่เหลืออยู่ภายในที่ว่างของตู้รม (headspace final concentration) พบว่ามีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง (รูปที่ 3 และรูปที่ 5). สำหรับลำไยซึ่งแนะนำว่าควรใช้ SO_2 ในอัตรา 200-300 มล. SO_2/กก. ของผลไม้ พบว่าจะมีปริมาณ SO_2 ตกค้างอยู่ในลำไยทั้งผลในช่วง 200-300 ppm และเฉพาะที่เปลือกผลในช่วง 1,500-2,500 ppm (รูปที่ 4). ที่ระดับดังกล่าวจะพบว่ามี SO_2 เหลืออยู่ในช่องว่างของห้องหรือตู้อบภายหลังจากเสร็จสิ้นการรมเป็นเวลา 20 นาทีจะอยู่ที่ระดับความเข้มข้นประมาณร้อยละ 1.5 (หน่วยปริมาตร/ปริมาตร).

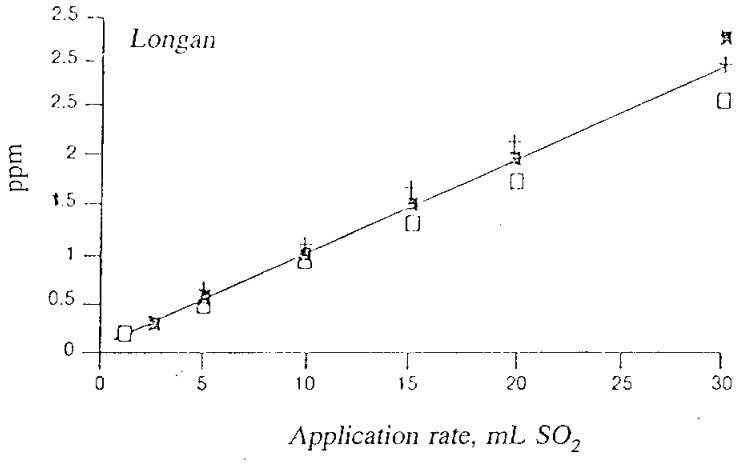
นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการใช้ SO_2 กับปริมาณการดูดซับ SO_2 ของผลลำไย (SO_2 sorption) ซึ่งคำนวณได้จากความแตกต่างระหว่างปริมาณ SO_2 ที่ใช้ไปกับปริมาณ SO_2 ที่ยังคงเหลืออยู่ภายในตู้รมมีความสัมพันธ์ต่อกันในเชิงเส้นตรง (รูปที่ 6).



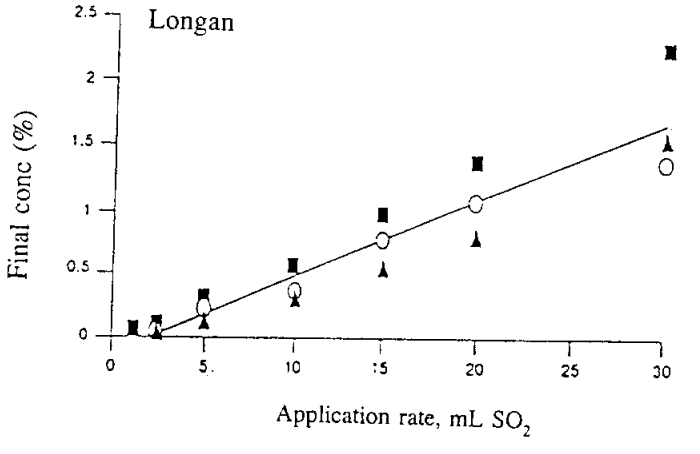
รูปที่ 3. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย.



รูปที่ 4. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย เมื่อใช้ SO_2 รมในปริมาณต่างๆ กัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 22°ซ.



รูปที่ 5. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับความเข้มข้นของ SO_2 ที่เหลืออยู่ภายในที่ว่างของตู้รมควัน.



รูปที่ 6. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับอัตราการดูดซับ SO_2 ของผลลำไย.

ตารางที่ 1. ผลของการปฏิบัติก่อนและหลังการรม SO_2 ที่มีต่อปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย

การปฏิบัติ	ผลตกค้างของ SO_2 (ppm)		
	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
1. การรมแบบปกติ	160	1280	0
2. การปฏิบัติก่อนการรม			
ผลเปียก*	185	1120	3
ผลเปียกแล้วเป่าลมให้แห้ง**	190	1360	0
การปฏิบัติหลังการรม			
เป่าด้วยลม	150	1340	2
ล้างด้วยน้ำที่ความเป็นกรดด่างที่			
pH 2	160	1300	0
pH 4	170	1360	<1
pH 7	145	1200	0
pH 12	170	1360	0

* ทำให้ผลลำไยเปียกน้ำทั่วทั้งผลก่อนรม SO_2

** ทำให้ผลลำไยเปียกน้ำทั่วทั้งผลแล้วเป่ารมให้แห้งก่อนการรม SO_2

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างปริมาณ SO_2 ที่ใช้ ปริมาณการดูดซับ SO_2 ของผลไม้และปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนผลลำไย, ดังนั้นการรม SO_2 ที่ถูกวิธีจะต้องจัดการให้ SO_2 มีความเข้มข้นเพียงพอที่จะเกิดผลในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ และควรจะมีความเข้มข้นสูงพอที่จะไม่ให้เกิดความเสียหายของเปลือกผลลำไย แต่ไม่ควรสูงเกินไปจนทำให้คุณภาพของเนื้อลำไยเปลี่ยนแปลง หรือเกิดสาร SO_2 ตกค้างอยู่ในเนื้อผลลำไยในระดับที่มากเกินความจำเป็น.

สำหรับการรม SO_2 กับลำไยในเชิงการค้าจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงความไม่สม่ำเสมอของกรรมวิธีการรม SO_2 ได้, ตัวอย่างเช่น ในขณะที่มีการเผาผงกำมะถันเพื่อเป็นแหล่งของ SO_2 แทนการใช้ SO_2 จากถังอัดความดัน ความเข้มข้นของ SO_2 ในห้องรมจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นทีละน้อย. ดังนั้น เพื่อเป็นการเลียนแบบสภาพที่เป็นจริงในเชิงการค้า จึงได้ทำการทดลองฉีด SO_2 ที่ได้จากถังอัดความดันเข้าไปในห้องอบเป็นระยะๆ. จากตารางที่ 2 พบว่า ผลตกค้างของ SO_2 บนผลลำไยที่ได้รับ SO_2 เป็นระยะๆ จะมีปริมาณเทียบเท่ากับผลตกค้างของ SO_2 บนผลลำไยที่ได้รับ SO_2 เพียงครั้งเดียว หากปล่อยให้มีระยะเวลาในการรมนานพอภายหลังจากการฉีด SO_2 ครั้งสุดท้าย. ดังนั้น

การจับเวลาของช่วงเวลาที่ใช้ในการรม SO_2 (อย่างต่ำ 20 นาที) ควรเริ่มนับจากเวลาที่การเผากำมะถันเกิดขึ้นสมบูรณ์แล้ว.

ตารางที่ 2. การเปรียบเทียบรูปแบบการใช้ SO_2 ที่มีผลต่อปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย

รูปแบบการใช้ SO_2	ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไย (ppm)		
	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
30 ml for 20 min	320	1950	1
30 ml for 40 min	370	2250	8
15 ml for 10 min plus 15 ml for 10 min	210	1350	<1
15 ml for 20 min plus 15 ml for 20 min	340	2050	2
3 ml for 2 min, applied 10 times	200	1300	1

ปริมาณ SO_2 ที่จำเป็นต้องใช้ในการรมลำไยจะขึ้นอยู่กับ :

1) อัตราการดูดซับ SO_2 ของลำไยและปริมาณผลลำไยที่เข้ารม.

2) ขนาดของห้องรม หรือเพื่อความแน่นอนควรใช้ปริมาตรเนื้อที่ว่างในห้องรม.

3) อัตราการดูดซับ SO_2 ของภาชนะบรรจุ ผนังห้องและรอยรั่วที่มีอยู่ในห้องรม. นอกจากนี้ยังจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงก้านของผลลำไย ซึ่งจากการทดลองเบื้องต้นพบว่ามีปริมาณการดูดซับ SO_2 มากกว่าผลลำไย.

ดังนั้นปริมาณ SO_2 ที่ต้องการใช้จะขึ้นกับปริมาณ SO_2 ที่ต้องการในที่ว่างของห้องรมหรือ space dosage (S) และ ปริมาณ SO_2 ที่ผลไม้ต้องการ หรือ commodity dosage (M). น้ำหนัก SO_2 ที่ต้องการสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ :

น้ำหนัก SO_2 (g) = S + M

= (AxBxC) + (DxE)

เมื่อ A = ความเข้มข้นของ SO_2 ที่ต้องการในห้องอบ (%)

B = ปริมาตรที่ว่างในห้องอบ (ลิตร)

C = น้ำหนัก (กรัม) ของก๊าซ SO_2 1 ลิตร ที่ 30°ซ. (2.574 กรัม/ลิตร)

D = น้ำหนักของผลไม้ที่รม (กิโลกรัม)

E = อัตราการดูด SO_2 ของผลไม้ (กรัม/กิโลกรัม)

และน้ำหนักของกำมะถันที่ต้องใช้เผาจะเท่ากับน้ำหนักของ $SO_2/2$.

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างอยู่ในผลลำไยที่ผ่านกรรมวิธีการรม SO_2 ด้วยการใช้ห้องอบขนาดใหญ่และใช้ SO_2 จากการเผาผงกำมะถัน. ปริมาณผลตกค้างของ SO_2 บนผลลำไยซึ่งวิเคราะห์ภายหลังการรมจะสอดคล้องกับปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างอยู่บนผลลำไยที่ผ่านการรม SO_2 ด้วยการใช้ภาชนะขนาดเล็กภายในห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 2). นอกจากนี้จากการคำนวณค่าปริมาณสาร SO_2 ตกค้างสูงสุดที่สามารถมีได้ หรือค่า Maximum Residue Level (MRL) ในเนื้อผลลำไยพบว่าจะอยู่ที่ระดับ 30 ppm.

ตารางที่ 3. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างสูงสุด (MRL) ของผลลำไยในเชิงการค้า

ตัวอย่างที่	0 วัน*			1 วัน			2 วัน		
	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
1	280	1850	6	180	1300	14	140	920	4
2	230	1730	7	160	1320	5	130	1010	5
3	380	2650	20	240	1590	31	150	1080	7
4	290	1950	11	210	1440	8	130	880	4
5	280	1960	8	160	1210	9	150	1040	12
6	270	2050	10	200	1330	14	140	960	6
7	260	1820	8	180	1150	13	110	900	5
8	230	1690	7	190	1350	8	130	880	10
9	260	1940	4	150	1190	4	120	110	8
10	260	1840	7	180	1290	20	-	-	-
MRL**	565	3970	20	400	2740	30	300	2100	15

* วิเคราะห์ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างทันทีภายหลังการรมควัน

** จากการคำนวณ

เนื่องจากผู้ประกอบการส่งออกลำไยของไทยได้เริ่มนำเทคโนโลยีการรม SO_2 มาใช้ในอุตสาหกรรมการส่งออกลำไยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532, ดังนั้น วท. จึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างลำไยจากสถานประกอบการรมควัน และจากลำไยที่ส่งไปยังประเทศผู้นำเข้าระหว่างปี 2532 ถึงปี 2534, พบว่าปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างอยู่บนผลลำไยที่ทำการสุ่มจากสถานประกอบการต่างกันมีความผันแปรอยู่ในระดับที่สูง (ตารางที่ 4). นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ SO_2 ที่ตกค้างอยู่ในผลลำไยที่สุ่มจาก

ตารางที่ 4. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างของลำไยจากสถานประกอบการ 3 แห่ง

ตัวอย่างที่	สถานประกอบการ A			สถานประกอบการ B			สถานประกอบการ C		
	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
1	490	2180	206	120	800	7	300	1750	40
2	460	1770	258	140	840	13	260	1420	13
3	360	1780	106	160	950	7	180	1780	19
4	560	2460	217	100	670	12	150	910	26
5	420	1870	182	40	240	6	190	1270	13
6	540	2400	230	90	640	11			
7	830	3820	176	150	980	12			
8	410	2180	72	170	1110	18			
9	380	1490	227	60	380	9			
10	360	1520	141	90	410	18			

ระยะเวลาต่างๆ กัน ระหว่างการขนส่งลำไยจากประเทศไทยสู่ประเทศผู้นำเข้าทั้งทางเรือและทางอากาศ มีความผันแปรและซับซ้อนเป็นอย่างมาก (ตารางที่ 5).

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ ปัจจัยเกี่ยวกับตัวสินค้า, สถานที่ประกอบการรม SO_2, วิธีการปฏิบัติในการรม SO_2 และขั้นตอนการปฏิบัติหลังการรม SO_2 มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระดับของ SO_2 ที่ตกค้างอยู่บนผลลำไย. ดังนั้นผู้ประกอบการควรปฏิบัติตามข้อแนะนำในการปฏิบัติที่เหมาะสมสำหรับการรมควันลำไยด้วย SO_2 หรือ Good Manufacturing Practice (GMP) ซึ่ง วท. ได้เผยแพร่ออกสู่ผู้ประกอบการตั้งแต่ปี 2535.

จากผลการทดลองที่กล่าวมาจะเห็นได้ชัดเจนว่ากรรมวิธีการรมลำไยด้วย SO_2 เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งต้องการการวางแผนอย่างรอบคอบโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์และสถานที่ในการรม SO_2, กระบวนการควบคุมการรมและการปฏิบัติที่เหมาะสมหลังการรม ตลอดจนการตรวจวัดปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในผลลำไย. การจดบันทึกการรายงานผลและการติดตามฉลากแสดงคุณลักษณะของสินค้า ด้วยมาตรการในการรับรองคุณภาพสินค้าเหล่านี้จะสามารถรับรองได้ว่ากรรมวิธีการรม SO_2 ในลำไยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และผู้บริโภค ตลอดจนสิ่งแวดล้อมโดยส่วนรวม.

ตารางที่ 5. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างของลำไยจากท่าเรือคลองเตย และท่าเรือของประเทศฮ่องกง

ตัวอย่างที่		ท่าเรือคลองเตย			จุดเก็บตัวอย่าง	ท่าเรือฮ่องกง		
		ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ		ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
ตู้สินค้า A	1	300	1860	39	A	85	700	0
	2	380	1970	75	B	65	430	0
	3	200	1200	21	C	130	690	50 (by air)
	4	150	920	0	D	160	1140	3
	5	300	1420	80	E	80	520	0
	6	220	1350	9	F	50	290	2
	7	220	1540	5	F	30	230	0
	8	210	1250	18	G	80	630	1 (by air)
	9	270	1280	50		110	850	0
	10	210	1270	11				
ตู้สินค้า B	1	270	1790	22				
	2	310	1820	20				
	3	390	1780	113				
	4	260	2000	66				
	5	370	2100	47				
	6	350	2230	60				
	7	470	2370	80				
	8	360	2000	38				
	9	310	2150	14				
	10	340	2000	40				
ตู้สินค้า C	1	260	1680	17				
	2	270	1480	28				
	3	215	1350	7				
	4	140	970	8				
	5	180	1230	1				

3.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

3.2.1 การประชุม/สัมมนา/ฝึกอบรม/บรรยายพิเศษ

ในระหว่างปี 2533-2540 วท. ได้จัดการประชุมสัมมนาและฝึกอบรมเกี่ยวกับเรื่องเทคโนโลยีการใช้ SO_2 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสดให้แก่ผู้ประกอบการส่งออก และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้ :

1. **การฝึกอบรม : การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการรักษาคุณภาพลำไยสดเพื่อการส่งออก**

วัน–เวลา : 6 กรกฎาคม 2533

สถานที่ : ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องของสำนักวิจัยฯ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ผลการฝึกอบรม :

การฝึกอบรมครั้งนี้เป็นการจัดฝึกอบรมครั้งแรกในการถ่ายทอดเทคโนโลยีการรมควัน SO_2 ให้แก่ผู้ประกอบการส่งออกลำไย. เนื่องจากก่อนที่จะมีการฝึกอบรม วท. ได้ทดลองนำเทคโนโลยีการใช้ SO_2 กับลำไยไปใช้กับพ่อค้าส่งออกบางราย, ซึ่งผลของการใช้เทคโนโลยีนี้ทำให้พ่อค้าส่งออกเหล่านั้น สามารถยืดอายุการเก็บรักษาลำไย และทำรายได้ในการส่งออกเป็นอย่างมาก, จึงทำให้พ่อค้ารายอื่นๆ สนใจและขอให้ วท. จัดการฝึกอบรมขึ้น ณ จังหวัดเชียงใหม่ ก่อนฤดูการผลิตลำไย ปี 2533. ผลการฝึกอบรมปรากฏว่ามีผู้ประกอบการส่งออกลำไย ประมาณ 50 คน ได้เข้าร่วมฝึกอบรม และให้ความร่วมมือกับ วท. นำเทคโนโลยีการรมควันด้วยก๊าซ SO_2 มาใช้กับลำไยเพื่อการส่งออกอย่างแพร่หลาย.

2. **การประชุมปรึกษา : การรมควันลำไยสดด้วย SO_2 เพื่อการส่งออกสำหรับฤดูการผลิตลำไย ปี 2535**

วัน–เวลา : 17 มีนาคม 2535

สถานที่ : โรงแรมรามาการ์เดนส์ กรุงเทพฯ

ผลการประชุม

วท. ได้จัดการประชุมครั้งนี้เพื่อหาแนวทางปฏิบัติในการใช้ SO_2 กับลำไยสดเพื่อการส่งออก ปี 2535, โดยมีผู้เข้าประชุมประกอบด้วยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการส่งออกผักและผลไม้สดของประเทศ จำนวน 9 หน่วยงาน และผู้ประกอบการส่งออกผลไม้จาก 5 บริษัท รวมผู้เข้าร่วมประชุมทั้งสิ้น 21 คน. สรุปสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติในการใช้ SO_2 กับลำไยสดเพื่อการส่งออกสำหรับปี 2535 ดังนี้ :

1. ควรมีการประชาสัมพันธ์ว่าทาง วท. ได้มีการจัดการฝึกอบรมให้แก่ผู้ประกอบการถึงวิธีการรมควันลำไยอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และได้จัดทำเอกสารเกี่ยวกับการปฏิบัติการที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ รวมทั้งได้จัดทำเอกสารเกี่ยวกับการปฏิบัติการที่ถูกต้อง (GMP) ในการรมควันลำไยด้วย SO_2 แจกจ่ายแก่ผู้ประกอบการ. นอกจากนี้ควรขอความร่วมมือจากทูตเกษตรและทูตพาณิชย์ ในประเทศมาเลเซีย, สิงคโปร์ และฮ่องกง ให้ช่วยในการประชาสัมพันธ์ด้วย.

2. ควรแนะนำและส่งเสริมให้ผู้ประกอบการทำการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยสดให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นตามวิธีการที่ วท. กำหนดไว้.

3. ควรให้ผู้ประกอบการปฏิบัติตาม GMP โดยเคร่งครัด โดยยังไม่มีการกำหนด MRL ในขณะนี้ให้ใช้เวลาประมาณ 2-3 ปี ในการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม.

4. ให้ วท. เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านวิชาการในการรมควันลำไยด้วย SO_2 ต่อไป.

5. ให้มีการตรวจสอบเบื้องต้นในแหล่งประกอบการโดยการใช้แผ่นทดสอบปริมาณ SO_2 และให้มีการเก็บตัวอย่างลำไยสดที่ตลาดปลายทางกลับมาทดสอบอีกครั้ง.

6. ไม่ควรมีการควบคุมในเรื่องการใช้ SO_2 กับลำไยสด กล่าวคือยังไม่มีการออกใบ Health Certificate.

7. ให้มีการจัดตั้งชมรมผู้ประกอบการรมควันลำไยสดเพื่อการส่งออก เพื่อให้เกิดการควบคุมและดูแลกันเองในกลุ่มผู้ประกอบการ.

3. การฝึกอบรม : การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก

วัน–เวลา : 18 มีนาคม 2535

สถานที่ : โรงแรมรามาการ์เดนส์ กรุงเทพฯ

ศูนย์บริการเอกสารวิจัยแห่งประเทศไทย

ผลการฝึกอบรม :

การฝึกอบรมครั้งนี้จัดขึ้นก่อนฤดูการผลิตลำไยปี 2535 เนื่องจากในปีที่ผ่านมาผู้ประกอบการส่งออกบางรายยังขาดความรู้ความเข้าใจในการนำ SO_2 มาใช้ ทำให้มีสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดด้วยปริมาณที่มากเกินเกณฑ์กำหนดของประเทศผู้นำเข้า. วท. จึงได้จัดการอบรมขึ้นเพื่อให้ผู้เข้าอบรมได้รับความรู้ ความเข้าใจ และสามารถนำเทคโนโลยีการรมควัน SO_2 ไปใช้ปฏิบัติได้อย่างมีคุณภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการ. สำหรับการอบรมนี้มีผู้สนใจเข้าร่วม จำนวน 72 คน แบ่งเป็นผู้ประกอบการส่งออกผักและผลไม้จาก 39 บริษัท จำนวน 46 คน และผู้แทนหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องจาก 14 หน่วยงาน จำนวน 26 คน. ผลจากการอบรมครั้งนี้ได้กระตุ้นให้ผู้ประกอบการส่งออกลำไยต้องการรวมตัวกัน เพื่อจัดตั้งชมรมผู้ประกอบการรมควัน SO_2 ขึ้น.

4. การประชุม : การรมควันลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพื่อการส่งออกสำหรับฤดูการผลิตลำไย ปี 2536

วัน–เวลา : 3 กุมภาพันธ์ 2536

สถานที่ : โรงแรมมารวยการ์เด้น กรุงเทพฯ

ผลการประชุม :

วท. ได้จัดประชุมครั้งนี้ โดยเชิญผู้ประกอบการส่งออกลำไยและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมประชุมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับฤดูลำไยปี 2536 และซักซ้อมความเข้าใจในการใช้ SO_2 รมควันลำไย. การประชุมครั้งนี้มีผู้ประกอบการส่งออกสนใจเข้าร่วมประชุม จำนวน 23 คน จาก 17 บริษัท. ในการนี้ วท. ได้เน้นในเรื่องหลักเกณฑ์ในการปฏิบัติที่ดี หรือ GMP (Good Manafacturing Practices) สำหรับการรมควันลำไย และการสร้างระบบกำจัดก๊าซ SO_2 ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ เพื่อป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมภายหลังการรมควัน. เนื่องจากในการประชุมครั้งนี้มีผู้ประกอบการส่งออกลำไยเข้าร่วมประชุมเป็นจำนวนถึงร้อยละ 90 ของผู้ส่งออกลำไยของประเทศ, กลุ่มผู้ประกอบการจึงได้รวมตัวกันจัดตั้งชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออกขึ้น โดยในปีแรกนี้มีบริษัทต่างๆ สนใจเข้าร่วมเป็นสมาชิกชมรม จำนวน 20 ราย และได้คัดเลือกให้ นางอรุณศรี นิลจรูญ บริษัท อรุณศรีพืชผลเชียงใหม่ จำกัด เป็นประธานชมรมฯ (ภาคผนวกที่ 7). ผลจากการตั้งชมรมขึ้นนี้ทำให้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อ วท. ในการติดตามผลของการใช้เทคโนโลยีการรมควัน SO_2.

5. การประชุม : เทคโนโลยีการรมควันลำไยด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

วัน–เวลา : 19 มกราคม 2538

สถานที่ : โรงแรมดวงตะวัน จังหวัดเชียงใหม่

ผลการประชุม :

วท. ได้ร่วมกับสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จัดประชุมโต๊ะกลมเพื่อระดมความคิดเกี่ยวกับเทคโนโลยีการรมควันลำไยด้วย SO_2 จากผู้ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีนี้. ผู้เข้าร่วมประชุมประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง จำนวน 22 คน และผู้ประกอบการส่งออกลำไย และเกษตรกร รวม 27 คน. ในการประชุมครั้งนี้ วท. ได้เน้นถึงการจัดทำระบบรับรองคุณภาพเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตลำไยรมควัน และได้กระตุ้นให้ผู้ประกอบการส่งออกตระหนักถึงความสำคัญในการจัดทำระบบรับรองคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก.

6. การสัมมนาเชิงปฏิบัติการ : การประยุกต์ใช้ GMP และ HACCP ในอุตสาหกรรมรมควันลำไยสดด้วย SO_2

วัน–เวลา : 26 – 27 กุมภาพันธ์ 2540

สถานที่ : โรงแรมมารวยการ์เด้น กรุงเทพฯ

ผลการสัมมนา :

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการรมควัน SO_2 กับลำไยสดจะถูกนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย ช่วยทำให้มูลค่าการส่งออกลำไยสูงขึ้น, แต่บางครั้งการส่งออกลำไยสดยังมีปัญหาอยู่บ้างในด้านราคา และคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอและไม่ได้มาตรฐาน บางครั้งก่อให้เกิดปัญหาการกีดกันการนำเข้าจากประเทศคู่ค้า. วท. ได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้พัฒนาระบบรับรองคุณภาพสำหรับกระบวนการรมควันลำไยสดขึ้นเพื่อควบคุมการผลิตลำไยรมควันให้ถูกต้องตามหลักวิชาการและได้มาตรฐานทางด้านคุณภาพและความปลอดภัย. การสัมมนาเชิงปฏิบัติการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ประกอบการรมควันลำไยที่เข้าร่วมการสัมมนามีความรู้ ความเข้าใจในระบบการรับรองคุณภาพที่ วท. ได้นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการรมควันลำไยสด คือ GMP และ ระบบ HACCP. ผู้เข้าร่วมสัมมนาประกอบด้วยผู้บริหารระดับสูงของสถานประกอบการรมควันลำไย ซึ่งเป็นสมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก จำนวน 32 คน จาก 18 บริษัท, และผู้ประกอบการส่งออกผลไม้ที่ไม่ได้เป็นสมาชิกชมรมฯ จำนวน 8 คน จาก 5 บริษัท. ผลจากการสัมมนาผู้บริหารระดับสูง

ของสถานประกอบการรมควันให้ความสนใจและเห็นชอบให้การสนับสนุนการนำระบบ GMP และ HACCP ไปใช้ประกันคุณภาพลำไยรมควันเพื่อการส่งออก, แต่ยอมรับว่าในการปฏิบัติจริงอาจจะมีปัญหาเรื่อง การถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจให้แก่พนักงานผู้ปฏิบัติ และขอให้ วท. จัดส่งเจ้าหน้าที่ไปแนะนำให้ความรู้ ความเข้าใจ เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติตามระบบประกันคุณภาพ ณ สถานประกอบการ.

7. การสัมมนาเชิงปฏิบัติการ : **HACCP ขั้นปฏิบัติการ**

วัน–เวลา : 2 กรกฎาคม 2540

สถานที่ : โรงแรมฮอลิเดย์อินน์ จังหวัดเชียงใหม่

ผลการสัมมนา :

ในช่วงก่อนฤดูการผลิตลำไย ปี 2540 วท. ร่วมด้วยชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก ได้จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งนี้ขึ้นเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมสำหรับสถานประกอบการรมควันในการนำระบบ HACCP ไปใช้ปฏิบัติกับกระบวนการรมควันลำไยสดด้วย SO_2 อันจะทำให้คุณภาพลำไยส่งออกได้มาตรฐาน ลดปัญหาสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการส่งออกลำไยไปยังตลาดต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศสิงคโปร์, ฮ่องกง และมาเลเซีย. ผู้เข้าสัมมนาประกอบด้วยพนักงานที่ดูแลการรมควันจากสถานประกอบการรมควันในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน จำนวน 80 คน ซึ่งผู้เข้าสัมมนาได้ให้ความสนใจในการสัมมนาเป็นอย่างดี.

นอกจากการประชุม/สัมมนา/ฝึกอบรม ดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น คณะผู้วิจัยยังได้รับเชิญให้เป็นวิทยากรบรรยายให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการใช้ SO_2 กับลำไยสดแก่หน่วยงานต่างๆ เช่น กรมวิชาการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร, ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์, กรมการค้าต่างประเทศ, กรมการค้าภายใน และวิทยาลัยการเกษตรต่างๆ. และในการประชุมประจำปีของชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก วท. ในฐานะที่ปรึกษาชมรมฯ ได้รับเชิญให้เข้าร่วมประชุมด้วยทุกปี ซึ่งนับว่าเป็นโอกาสดีที่ วท. จะได้ติดตามผลการใช้เทคโนโลยีและสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาแล้วให้แก่ผู้ประกอบการส่งออกโดยตรง.

3.2.2 การให้คำปรึกษาแนะนำ สำรวจและติดตามผลการใช้เทคโนโลยี

ในเดือนสิงหาคม 2532 วท. ได้จัดพิมพ์ข่าวงานวิจัย เรื่อง การเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออก เพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีการใช้ SO_2 สำหรับการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออก ทำให้มีผู้ประกอบการส่งออกลำไยให้ความสนใจติดต่อสอบถาม และขอคำปรึกษาแนะนำในการนำเทคโนโลยีไปใช้.

ในปี 2533 ระยะแรกของการถ่ายทอดเทคโนโลยี วท. ได้รับความร่วมมือจากผู้ประกอบการส่งออก ทดลองนำเทคโนโลยีไปใช้ ทำให้ วท. สามารถรวบรวมข้อมูลปัญหาต่างๆ ที่ได้ค่อนข้างมาก. ในปีต่อมาจำนวนผู้ส่งออกที่ให้ความสนใจและร่วมมือมีมากขึ้น, แต่บางรายนำเทคโนโลยีไปใช้อย่างไม่ถูกต้อง ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการใช้ SO_2 ขึ้นที่ประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และมาเลเซีย ทำให้มีผลกระทบต่อการส่งออกและราคาลำไย. คณะผู้วิจัย วท. จึงได้เดินทางไปยังประเทศสิงคโปร์ และมาเลเซีย เพื่อชี้แจงเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีการรมควัน SO_2 กับลำไยสด. ผลจากการเจรจาประเทศสิงคโปร์และมาเลเซียให้การยอมรับเทคโนโลยีการใช้ SO_2 กับลำไย และขอให้ฝ่ายไทยควบคุมกระบวนการรมควันให้ถูกต้องตามหลักการ GMP ที่ วท. ได้พัฒนาขึ้นมา.

เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยสดมากเกินกว่าที่ประเทศนำเข้ากำหนดไว้, ในทุกๆ ปี เริ่มจากปี 2535 วท. ได้จัดส่งเจ้าหน้าที่ไปให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจวัดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในผลลำไยที่ผ่านการรมควัน. โดยเฉพาะในปี 2535 ได้ทำการตรวจวัดปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง ณ สถานประกอบการรมควันในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูนที่ท่าเรือคลองเตย และที่ตลาดผลไม้ในประเทศฮ่องกง. ผลการติดตามตรวจวัดปริมาณสาร SO_2 ตกค้างสำหรับฤดูลำไยปี 2535 ดังแสดงในตารางที่ 6, 7 และ 8. พบว่าปริมาณสาร SO_2 จะตกค้างอยู่ในเปลือกเท่านั้น กล่าวคือปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนเปลือกลำไยที่ทำการวิเคราะห์ทันทีภายหลังการรมควันจะมีค่าประมาณ 2700±500 ppm, ส่วนในเนื้อจะมีปริมาณสาร SO_2 ไม่เกิน 20 ppm (เปรียบเทียบกับปริมาณสาร SO_2 ตกค้างที่อนุญาตให้มีได้ในองุ่นสดรมควันคือ 10-20 ppm). และเมื่อลำไยไปถึงตลาดฮ่องกง ปริมาณสาร SO_2 บนเปลือกและเนื้อลำไยจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยบนเปลือกจะมีค่าประมาณ 770±200 ppm ซึ่งเป็นปริมาณที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้. ส่วนปริมาณสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อจะลดลงจนไม่สามารถวัดได้ หรือพบอยู่น้อยมาก (น้อยกว่า 10 ppm). สำหรับการซึมผ่านของ SO_2 จากเปลือกไปยังเนื้อลำไยนั้นจะเกิดขึ้นได้เมื่อสาร SO_2 อยู่ในสถานะก๊าซ คือในช่วงทันทีภายหลังจากการรมควัน, หลังจากนั้นโอกาสที่ SO_2 จากเปลือกจะซึมผ่านมายังเนื้อลำไยจึงมีน้อยมาก. ฉะนั้นการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่หลงเหลืออยู่บนผลลำไยภายหลังการ

ตารางที่ 6. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในตัวอย่างผลลำไยจากสถานประกอบการรมควันในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูนสำหรับปี 2535

ตัวอย่าง	ทั้งผล*	เปลือก*	เนื้อ*	ทั้งผล**	เปลือก**	เนื้อ**
ห้องรมควัน A						
1	340	2600	7	200	1440	4
2	450	3000	9	270	1690	28
3	340	2600	4	160	1060	14
4	360	2400	8	200	1390	12
5	410	2800	12	200	1370	10
6	400	2900	8	210	1440	12
ค่าเฉลี่ย	380	2700	8	207	1440	13
ห้องรมควัน B						
1	270	1600	6	100	1130	5
2	330	2400	4			
3	130	1000	5			
4	220	1500	2			
5	460	3400	32			
6	290	1800	2			
ค่าเฉลี่ย	280	2000	9			
ห้องรมควัน C						
1	380	2900	10			
2	350	2400	9			
3	260	1600	3			
ค่าเฉลี่ย	330	2300	7			
ห้องรมควัน D						
1	450	3100	29			
ห้องรมควัน E						
1	440	3200	13			
ห้องรมควัน F						
1	390	2800	29			
ห้องรมควัน G						
1	640	3600	108			
ห้องรมควัน H						
1	300	2000	1			
ห้องรมควัน I						
1	450	3300	15			
ห้องรมควัน J						
1	300	2200	1			
ห้องรมควัน***K						
= ห้องรมควัน A	310	1700	99			

* วิเคราะห์ตามวิธี Modified Monier – Williams Method ทันทีภายหลังการรมควัน ณ สถานประกอบการรมควัน

** ทำการวิเคราะห์ภายหลังจากการรมควันแล้ว 1 วัน

*** ลำไยรมควันในห้องรมควัน A หลังจากรมควันแล้วทิ้งไว้ในห้องรมควันตลอดวัน จึงนำมาวิเคราะห์ในวันรุ่งขึ้น

ตารางที่ 7. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในตัวอย่างผลลำไยจากท่าเรือกรุงเทพฯ (กรกฎาคม 2535)

	ตัวอย่างที่	ทั้งผล*	เปลือก*	เนื้อ*
ตู้ขนส่ง A	1	316	1730	42
	2	288	1650	14
	3	320	1950	37
	4	339	1800	54
	5	303	1750	56
	6	309	2060	22
	ค่าเฉลี่ย	312 + 16	1820 + 140	38 + 15
ตู้ขนส่ง B	1	194	1150	<1
	2	210	1310	<1
	3	204	1290	7
	4	217	1170	22
	5	211	1240	34
	6	242	1290	34
	ค่าเฉลี่ย	213 + 15	1240 + 60	16 + 14
ตู้ขนส่ง C	1	245	1680	24
	2	227	1390	15
	3	246	1350	33
	4	213	1470	76
	5	309	1460	83
	6	310	1450	88
	ค่าเฉลี่ย	275 + 36	1470 + 100	53 + 30
ตู้ขนส่ง D	1	185	1260	1
	2	239	1380	38
	3	260	1660	32
	ค่าเฉลี่ย	228 + 31	1430 + 170	24 + 16

* วิเคราะห์ตามวิธี Modified Monier – Williams Method หลังจากการเก็บตัวอย่าง 1 วัน

ตารางที่ 8. ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในตัวอย่างผลลำไยจากตลาดค้าส่งประเทศฮ่องกง (สิงหาคม 2535)

	ตัวอย่างที่	ทั้งผล*	เปลือก*	เนื้อ*
บริษัท A	1	112	690	<1
	(2**	26	165	<1)
บริษัท B	1	172	1120	ด้านนอก***3
	2	140	1060	ตรงกลาง 1
	3	133	890	ด้านใน 6
	ค่าเฉลี่ย	148	1020	3
บริษัท C	1	123	820	4
บริษัท D	1	139	760	11
บริษัท E	1	170	1010	8
บริษัท F	1	103	540	6
บริษัท G	1	136	800	2
บริษัท H	1	115	770	4
บริษัท I	1	170	1060	3
บริษัท J	1	83	380	20
บริษัท K	1	110	580	5
ค่าเฉลี่ย		128 + 26	770 + 200	6 + 5

* วิเคราะห์ตามวิธี Modified Monier – Williams Method หลังจากเก็บตัวอย่าง 1 วัน

** เกิด SO_2 injury บนเปลือกผล เนื่องจากมีปริมาณ SO_2 ตกค้างน้อย

*** ตำแหน่งภายในตู้ขนส่งที่เก็บตัวอย่างผลลำไย

รมควันจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก ซึ่งในเรื่องนี้ผู้ส่งออกบางบริษัทยังไม่เห็นความสำคัญเท่าที่ควร. ดังนั้น ในปีต่อๆ มา วท. จึงได้ให้ความช่วยเหลือแนะนำวิธีการรมควันที่ถูกต้องแก่ผู้ประกอบการรมควัน, และในปี 2537 ได้เน้นหนักในเรื่องการจัดสร้างระบบหอกำจัดก๊าซ SO_2 ก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ ด้วย วท. ตระหนักดีว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมภายหลังการรมควันนั้น ขึ้นอยู่กับความรับผิดชอบของผู้ประกอบการรมควันเป็นสำคัญ ซึ่งปรากฏว่ามีผู้ประกอบการรมควันที่สนใจขอคำแนะนำในการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซ SO_2 จาก วท. จำนวน 13 ราย. สำหรับผลการตรวจวัดปริมาณสาร SO_2

ตกค้างในผลลำไยสดของสถานประกอบการรมควันที่ วท. ได้ไปดำเนินการตรวจวัด ณ สถานประกอบการในระหว่างฤดูการผลิตลำไย ปี 2536–2540 ดังแสดงในตารางที่ 9.

เนื่องจากเทคโนโลยีการรมควันลำไยสดด้วย SO_2 มีผู้ประกอบการนิยมนำไปใช้อย่างแพร่หลายทำให้จำนวนผู้ประกอบการรมควันลำไยสดมีมากขึ้น. ผู้ประกอบการรมควันบางรายที่ไม่ได้เข้าเป็นสมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออกยังไม่ทราบเทคนิคการรมควันที่ถูกต้อง วท. จึงได้ดำเนินการสำรวจสถานประกอบการรมควันลำไยสดในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน เพื่อจัดทำบัญชีรายชื่อผู้ประกอบการรมควันลำไยสด ทั้งที่เป็นสมาชิก และไม่ได้เป็นสมาชิกของชมรมฯ, โดยรวบรวมรายละเอียดต่างๆ ของสถานประกอบการรมควันในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน เช่น รายชื่อผู้ประกอบการ บริษัท ที่ตั้งและเครื่องหมายการค้า. บัญชีรายชื่อผู้ประกอบการรมควันลำไยสดเล่มแรกได้จัดพิมพ์เมื่อ ปี 2537 ปรากฏว่าได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการมาก, และต่อมาในปี 2538 จึงได้ปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องยิ่งขึ้น ปัจจุบันได้จัดทำบัญชีรายชื่อผู้ประกอบการรมควันลำไยสด ฉบับปี 2540.

3.2.3 การปฏิบัติงานระบบ HACCP ณ สถานประกอบการรมควันลำไย

สำหรับฤดูการผลิตลำไยปี 2540 วท. ได้จัดส่งแบบสอบถามแสดงความประสงค์ในการขอรับบริการจัดทำ HACCP กระบวนการรมควันลำไยสดให้แก่สมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออกจำนวน 18 ราย ซึ่งได้ผ่านการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ GMP และ HACCP ในอุตสาหกรรมรมควันลำไยสดด้วย SO_2 ที่ วท. ได้จัดขึ้นเมื่อวันที่ 26-27 กุมภาพันธ์ 2540. ในการนี้มีผู้สนใจตอบรับบริการจัดทำ HACCP อย่างเป็นทางการจำนวน 11 ราย, และผู้ที่ตอบรับอย่างไม่เป็นทางการ จำนวน 4 ราย รวมเป็นผู้ส่งออกที่สนใจเข้าร่วมโครงการจัดทำ HACCP จำนวน 15 ราย. จากนั้น ในระหว่างเดือนกรกฎาคม–สิงหาคม 2540 คณะผู้วิจัยของ วท. ร่วมด้วยสถาบันอาหาร และกรมการค้าต่างประเทศ ได้ออกปฏิบัติการภาคสนาม ณ สถานประกอบการรมควันลำไยในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน โดยได้นำระบบ HACCP ไปแนะนำและอบรมให้แก่พนักงานของสถานประกอบการรมควันใช้ปฏิบัติจริง ดังนี้ :

กิจกรรม	เวลา	จำนวนสถานประกอบการ
1. ตรวจสอบการเตรียมพร้อมห้องรมควันก่อนฤดูลำไย - ตรวจสอบสถานประกอบการและห้องรมควัน - ทดสอบการเผาไหม้ของกำมะถันในห้องรมควัน (ห้องเปล่า)	6-18 กค. 40	16 แห่ง
2. ตรวจสอบการเผาไหม้ของกำมะถันในการรมควันลำไยสด	28 กค.–19 สค. 40	9 แห่ง
3. ตรวจสอบกระบวนการรมควัน	28 กค.–19 สค. 40	9 แห่ง
4. ตรวจสอบปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในผลลำไยสด	28 กค.–20 สค. 40	14 แห่ง (168 ตัวอย่าง)

โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 9, 10 และ 11.

ปัญหาที่พบในระหว่างการปฏิบัติการนำระบบ HACCP ไปใช้จริงในสถานประกอบการรมควันลำไย ส่วนหนึ่งเกิดจากความไม่พร้อมของพนักงานในสถานประกอบการรมควัน เนื่องจากการปฏิบัติงานต้องทำในเวลากลางคืนภายในเวลาอันรวดเร็ว เพื่อให้ทันกับปริมาณลำไยที่เข้าสู่โรงอบในแต่ละวัน. และเนื่องจากฤดูลำไยมีเวลาเพียง 1-2 เดือน ความสนใจในการนำ HACCP ไปใช้ปฏิบัติจริงจึงไม่เต็มที่เท่าที่ควร. พนักงานไม่ให้ความสนใจในการกรอกแบบฟอร์มและเอกสารต่างๆ ตามระบบ HACCP, การวิเคราะห์ผลตกค้าง SO_2 และการตรวจสอบการเผาไหม้ของกำมะถันในห้องรมควันยังต้องอาศัยความช่วยเหลือจากเจ้าหน้าที่ วท. อย่างไรก็ตามบางบริษัทได้แสดงความจำนงและสนใจสอบถามเกี่ยวกับการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ SO_2 ขึ้นในโรงอบ. คาดว่าในอนาคตหากมีการอบรมและประชาสัมพันธ์ให้พนักงานระดับผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบการรมควันทราบถึงความสำคัญและความจำเป็นในการนำระบบประกันคุณภาพมาใช้อาจจะทำให้การนำระบบ HACCP ไปใช้ปฏิบัติจริงเป็นไปได้อย่างสัมฤทธิผลยิ่งขึ้น.

ตารางที่ 9. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง (ppm) ในผลลำไยของสถานประกอบการ รมควันระหว่าง ปี 2536-2540

สถานประกอบการ	SO_2(ppm) / ส่วนของผล	ปี 2536		ปี 2537		ปี 2538		ปี 2539		ปี 2540	
		0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**
1. บริษัทไทยพืชผล อิมพอร์ต เอ็กปอร์ต จำกัด	ทั้งผล	260	210	460	142	367	-	-	-	343	278
	เปลือก	1480	1160	2690	1460	2570	-	-	-	2157	1679
	เนื้อ	4	2	28	1	5	-	-	-	48	34
2. บริษัทไทยผลไม้ จำกัด	ทั้งผล	-	-	-	-	530	350	344	183	278	239
	เปลือก	-	-	-	-	3260	1636	2343	1320	2112	1732
	เนื้อ	-	-	-	-	22	130	2	20	4	12
3. บริษัทสินวัฒนาเทรดดิ้ง จำกัด	ทั้งผล	390	240	410	290	-	-	-	-	276	238
	เปลือก	2070	1600	2600	1830	-	-	-	-	1716	1572
	เนื้อ	43	9	70	35	-	-	-	-	20	25
4. หจก.พงศ์เจริญเทรดดิ้ง หาดใหญ่	ทั้งผล	350	331	330	322	250	156	-	-	263	217
	เปลือก	2200	2110	3100	1970	1820	1100	-	-	2009	1604
	เนื้อ	3	11	6	121	4	3	-	-	5	8
5. บริษัทฟ้าเจริญพร อินเตอร์ จำกัด	ทั้งผล	-	246	280	220	630	320	670	370	316	296
	เปลือก	-	1700	2300	1430	3900	1600	3900	2500	2039	1510
	เนื้อ	-	4	5	33	56	150	70	90	13	105
6. หจก.สินเที่ยงอินเตอร์ เนชั่นแนล (ริมปิง)	ทั้งผล	-	440	-	-	540	308	-	-	272	226
	เปลือก	-	3000	-	-	3060	1660	-	-	1642	1447
	เนื้อ	-	29	-	-	21	49	-	-	44	49
7. หจก.สินเที่ยงอินเตอร์ เนชั่นแนล (บ้านโฮ่ง)	ทั้งผล	470	280	533	513	560	490	391	260	-	-
	เปลือก	2880	1650	4100	2300	3100	2700	2940	1842	-	-
	เนื้อ	9	22	68	230	118	118	33	49	-	-
8. บริษัทอรุณศรีพืชผล เชียงใหม่ จำกัด	ทั้งผล	-	-	280	220	-	-	-	-	495	411
	เปลือก	-	-	1800	1330	-	-	-	-	3174	2019
	เนื้อ	-	-	4	13	-	-	-	-	39	193
9. ร้านฮะเฮง	ทั้งผล	-	-	-	-	450	285	-	-	-	-
	เปลือก	-	-	-	-	3068	1860	-	-	-	-
	เนื้อ	-	-	-	-	9	42	-	-	-	-
10. ร้านชินฮั้ว	ทั้งผล	-	-	330	147	410	219	670	270	406	304
	เปลือก	-	-	2400	1250	2800	1460	3500	1600	2406	1702
	เนื้อ	-	-	6	8	14	33	78	82	26	66

ตารางที่ 9. (ต่อ)

สถานประกอบการ	SO_2(ppm) / ส่วนของผล	ปี 2536		ปี 2537		ปี 2538		ปี 2539		ปี 2540	
		0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**	0 วัน*	1 วัน**
11. หจก. อยู่ยง	ทั้งผล	-	-	418	190	467	291	-	-	495	408
	เปลือก	-	-	2900	1510	2940	1599	-	-	2534	2364
	เนื้อ	-	-	23	50	40	61	-	-	56	112
12. หจก.กุ่ยหยู	ทั้งผล	-	-	590	320	740	410	-	-	350	279
	เปลือก	-	-	4000	2200	5800	2280	-	-	2505	1910
	เนื้อ	-	-	121	101	90	200	-	-	34	50
13. บริษัทธรรมแสงการเกษตร จำกัด	ทั้งผล	-	-	-	-	785	411	306	220	339	276
	เปลือก	-	-	-	-	4890	2020	1586	1398	2296	1896
	เนื้อ	-	-	-	-	133	208	13	14	37	49
14. หจก.พืชไทยพาณิชย์ (ตั้งสะกี่)	ทั้งผล	-	260	380	325	-	-	-	-	-	-
	เปลือก	-	1600	2400	1880	-	-	-	-	-	-
	เนื้อ	-	30	40	65	-	-	-	-	-	-
15. หจก.ธนบุรีฟูดส์	ทั้งผล	-	-	-	323	-	-	-	-	-	-
	เปลือก	-	-	-	2030	-	-	-	-	-	-
	เนื้อ	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-
16. โกดังคุณบัวชุม อินทะปัน	ทั้งผล	-	-	460	350	507	321	-	-	-	-
	เปลือก	-	-	3120	2220	2790	1540	-	-	-	-
	เนื้อ	-	-	45	60	47	90	-	-	-	-
17. บริษัทจงไทยดีอินเตอร์เทรด จำกัด	ทั้งผล	-	-	-	-	360	208	-	-	-	-
	เปลือก	-	-	-	-	2100	1390	-	-	-	-
	เนื้อ	-	-	-	-	77	74	-	-	-	-
18. บริษัท พ. มงคล (VF) จำกัด	ทั้งผล	-	-	-	-	300	160	-	-	495	408
	เปลือก	-	-	-	-	2200	1270	-	-	3534	2364
	เนื้อ	-	-	-	-	10	40	-	-	56	112

* วิเคราะห์ตามวิธี Modified Monier-Williams Method ทันทีภายหลังการรมควัน ณ สถานประกอบการรมควัน

** ทำการวิเคราะห์ภายหลังจากการรมควันแล้ว 1 วัน

ตารางที่ 10. ข้อมูลการรมควันของสถานประกอบการ ประจำปี 2540

ชื่อบริษัท	ขนาดห้องอบ (ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)	น้ำหนักลำไย (ลบ.ม.)	ปริมาณ SO_2 (%) ของห้องเปล่า		ปริมาณ SO_2 สุดท้าย (%) ของห้องมีลำไย		ปริมาณผลตกค้าง (ppm)*		
				จากการคำนวณ	จากการเผาจริง	จากการคำนวณ	จากการเผาจริง	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
บริษัทไทยฮงผลไม้ จำกัด								0. 278	2112	4
ห้องอบที่ 3/1	89.38	4	8.8	3.42	3.19	0.99	1.00	1. 239	1732	12
ห้องอบที่ 3/2	89.38	4	8.8	3.42	3.0	0.99	1.00	3. 180	1273	6
ห้องอบที่ 3/3	89.38	4	8.8	3.42	2.75	0.99	1.00	5. 182	1327	5
บริษัทสินวัฒนาเทรดดิ้ง จำกัด								0. 276	1716	20
ห้องอบที่ 6	43.40	3.4	5.98	5.98	2.61	2.84	1.00	1. 238	1572	25
ห้องอบที่ 7	44.40	3.4	5.98	5.85	3.38	2.77	1.88	3. 267	1516	31
ห้องอบที่ 8	44.25	3.4	5.98	5.87	3.13	2.78	1.63	5. 190	1144	19
หจก. พงษ์เจริญเทรดดิ้ง จำกัด								0. 263	2009	5
ห้องอบที่ 1	66.93	2	6.6	2.28	1.20	-	1.17	1. 217	1604	8
ห้องอบที่ 3	66.93	2	6.6	2.28	3.24	-	1.21	3. 171	1300	0
ห้องอบที่ 4	66.93	2	6.6	2.28	3.50	-	0.67	5. 137	1059	0
บริษัทฟ้าเจริญพรอินเตอร์ จำกัด								0. 316	2039	13
ห้องอบที่ 3	40.96	2.4	4.84	4.48	3.29	1.64	1.42	1. 296	1510	105
ห้องอบที่ 4	40.96	2.4	4.84	4.48	4.36	1.64	1.23	3. 280	1540	80
ห้องอบที่ 5	40.96	2.4	4.84	4.48	4.00	1.34	1.38	5. 212	1226	43
บริษัทอรุณศรีพืชผลเชียงใหม่ จำกัด								0. 495	3174	39
ห้องอบที่ 1	28.77	2.4	2.37	6.37	6.21	4.64	2.0	1. 411	2019	193
ห้องอบที่ 3	28.77	2.4	2.37	6.37	5.94	4.64	0.88	3. 346	1834	137
ห้องอบที่ 3	28.77	2.4	2.37	6.37	4.94	4.64	0.25	5. 264	1185	132

* ปริมาณผลตกค้าง (ppm) วัดทันทีภายหลังจากการรมควัน ทิ้งไว้ 1 วัน 3 วัน และ 5 วัน

ตารางที่ 10. (ต่อ)

ชื่อบริษัท	ขนาดห้องอบ (ลบ.ม.)	น้ำหนัก (กก.)	น้ำหนักลำไย (ลบ.ม.)	ปริมาณ SO_2 (%) ของห้องเปล่า		ปริมาณ SO_2 สุดท้าย (%) ของห้องมีลำไย		ปริมาณผลตกค้าง (ppm)*		
				จากการคำนวณ	จากการเผาจริง	จากการคำนวณ	จากการเผาจริง	ทั้งผล	เปลือก	เนื้อ
บริษัทอินเตอร์เฟรช จำกัด								0. 406	2406	26
ห้องอบที่ 2	20.18	1.3	2.64	4.92	4.73	1.80	0.73	1. 304	1702	66
ห้องอบที่ 3/1	41.5	2.6	5.28	4.79	4.19	1.75	0.80	3. 262	1465	67
ห้องอบที่ 3/2	41.5	3.4	5.28	6.26	6.19	3.43	2.25	5 215	1281	39
บริษัท พ.มงคล จำกัด								0. 495	3534	56
ห้องอบที่ 1	19.76	2	2.46	7.73	3.64	5.19	1.69	1. 408	2364	112
ห้องอบที่ 3	19.60	2	2.46	7.80	4.38	5.23	2.0	3. 330	1693	64
ห้องอบที่ 3	18.46	2	2.46	8.28	4.38	5.61	1.75	5. 263	1387	60
บริษัท TCK Food and Fruits จำกัด								0. -	-	84
ห้องอบที่ 6	45.47	4.8	4.62	8.44	5.50	6.39	0.79	1. 341	1709	152
ห้องอบที่ 7	43.25	4.8	4.62	8.48	4.75	6.43	2.00	3. 330	1665	124
ห้องอบที่ 8	43.53	4.8	4.62	8.42	5.19	6.38	0.81	5. 312	1586	124
บริษัทคงสยาม จำกัด								0. 293	1811	17
ห้องอบที่ 1	36.39	2.8	5.28	5.88	2.70	2.52	1.47	1. 383	1926	118
ห้องอบที่ 3	36.39	2.8	5.28	5.88	3.33	2.52	1.07	3. 312	1714	76
ห้องอบที่ 4	36.39	2.8	5.28	5.88	3.53	2.52	1.43	5. 184	1072	39

ตารางที่ 11. การตรวจสอบห้องรมควัน ประจำปี 2540

ชื่อบริษัท	ขนาดห้องอบ (ลบ.ม.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูดก๊าซ (ซม.)	ความเร็วลมในท่อดูดก๊าซ	
			เมตร/วินาที	CFM
บริษัทไทยฮงผลไม้ จำกัด				
ห้องอบที่ 2	89.38	8	16.33	174
ห้องอบที่ 3	89.38	8	16.16	172
หจก. พงษ์เจริญเทรดดิ้ง หาดใหญ่ จำกัด				
ห้องอบที่ 4	66.57	7.5	13.00	121
บริษัทฟ้าเจริญพรอินเตอร์ จำกัด	13.66	12	18.75	450
ห้องอบที่ 1				
บริษัทอินเตอร์เฟรช จำกัด				
ห้องอบที่ 2	17.18	12	10.83	260
บริษัทคงสยาม จำกัด				
ห้องอบที่ 2	12.13	12	4.50	108
บริษัทง่วนฮวด จำกัด				
ห้องอบที่ 2	38.49	12	13.25	318

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 ลำไยนับได้ว่าเป็นผลไม้สดที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งของประเทศไทย

เมื่อพิจารณาจากมูลค่าการส่งออก กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการตลาดของลำไยได้เข้ามามีบทบาทต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคเหนือของประเทศ. ปัจจุบันลำไยสดที่ส่งออกมีปริมาณถึงหนึ่งในสามของผลิตผลรวมของประเทศ. อย่างไรก็ตาม ตลาดส่งออกยังคงจำกัดอยู่ภายในประเทศเพื่อนบ้านถึงแม้ว่าปริมาณการส่งออกจะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 6 เท่าตัว ในระยะเวลา 8 ปี ที่ผ่านมา. เทคโนโลยีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งของความสำเร็จในเรื่องนี้.

4.2 เทคโนโลยีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ได้เริ่มต้นจากการทดลองภายในห้องปฏิบัติการจนปัจจุบัน เป็นวิธีการที่จะขาดเสียมิได้ในอุตสาหกรรมการส่งออก โดยมีสาเหตุที่สำคัญสืบเนื่องมาจากภาวะการณ์ของตลาด และแนวทางการเผยแพร่เทคโนโลยีออกสู่ภาคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผลมาจากการดำเนินงานของโครงการ. นอกจากนี้ความร่วมมือและการประสานงานอย่างใกล้ชิดของผู้ประกอบการส่งออก เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และมีการนำเทคโนโลยีมาใช้อย่างแพร่หลายในเชิงอุตสาหกรรม ถือได้ว่าเป็นตัวอย่างที่ดีเลิศของการลงทุนเกี่ยวกับงานวิจัยและพัฒนา, การร่วมมืออย่างใกล้ชิดระหว่างภาครัฐและเอกชน ตลอดจนแผนงานในการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยส่วนรวม และส่งผลในทางที่ดีต่อเกษตรกรผู้ปลูกลำไยมาโดยลำดับ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ได้เกิดขึ้นภายในช่วงระยะเวลาน้อยกว่า 10 ปี.

4.3 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.)

ได้เริ่มงานวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลำไยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 และต่อมาได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจาก Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) ภายใต้ข้อตกลงความร่วมมือในงานวิจัยระหว่าง วท. และ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) และ Department of Agriculture ควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2527-2533. หลังจากนั้นได้ใช้งบประมาณแผ่นดินและงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) จนถึงปี 2541.

การพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับลำไย อาศัยหลักการพื้นฐานจากการใช้สารเคมีชนิดนี้กับองุ่นสด. งานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการรมลิ้นจี่และลำไยด้วยซัลเฟอร์-ไดออกไซด์มีลำดับขั้นตอนที่เห็นได้ชัดดังต่อไปนี้ :

พ.ศ. 2523–2528	ค้นคว้าวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย.
พ.ศ. 2527–2533	ได้รับเงินสนับสนุนโครงการวิจัยจาก ACIAR 2 ระยะ ดังนี้ :
ระยะที่ 1	การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้เขตร้อน.
ระยะที่ 2	การวิจัยและพัฒนาการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังการเก็บเกี่ยวสำหรับลิ้นจี่และลำไย. เทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออก-ไซด์: การศึกษาวิจัยภายในห้องปฏิบัติการ การทดลองซ้ำ ศึกษาความเป็นไปได้ และการขยายขนาดในเชิงพาณิชย์.
พ.ศ. 2531	มีการขนส่งลำไยที่ผ่านกระบวนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่ตลาดต่างประเทศเป็นเที่ยวแรก.
พ.ศ. 2532–2533	เกิดความร่วมมือและประสานงานระหว่างกลุ่มผู้ประกอบการส่งออกลำไย และ วท.
พ.ศ. 2532–2536	มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยอย่างกว้างขวางทั่วทั้งประเทศ.
พ.ศ. 2531–2537	พิจารณากฎเกณฑ์และข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของประเทศผู้นำเข้า และดำเนินนโยบายเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟอร์ได-ออกไซด์.
พ.ศ. 2536	การรวมกลุ่มผู้ประกอบการลำไย เป็น "ชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก" (Longan for Export Quality Assurance Club).
พ.ศ. 2535–2538	จัดให้มีแผนงานการรมควันลำไยที่ถูกวิธี (Good Manufacturing Practices for Sulfur Dioxide Fumigation of Fresh Longan) และมีการตรวจสอบผลตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ณ สถานประกอบการของผู้ส่งออก.
พ.ศ. 2539-2540	ให้ความสำคัญในเรื่องของระบบประกันคุณภาพ (Quality Assurance) และการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีเพื่อการจัดการเกี่ยวกับลำไยเพื่อการส่งออก.

พ.ศ. 2540- นำระบบ HACCP ไปแนะนำและอบรมให้แก่พนักงานของสถานประกอบการรมควันใช้ปฏิบัติจริง ,

4.4 สาระสำคัญของโครงการ

ประกอบด้วยการดำเนินงานด้านงานวิจัยและพัฒนาและงานถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยทำการตรวจสอบขั้นตอนการรมควัน และการทบทวนเพื่อให้เกิดความมั่นใจระหว่างการนำเทคโนโลยีไปใช้. การทดลองภายในห้องปฏิบัติการได้ทำขึ้นที่ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว วท. โดยหลายๆ ชุดของการทดลองได้ทำการทดสอบและตรวจสอบเพื่อความแน่นอน, ในขณะเดียวกัน วท. ได้ทำการทดสอบในรูปกึ่งอุตสาหกรรมควบคู่กันไป โดยได้รับความร่วมมือจากผู้ประกอบการส่งออกหลายราย. สำหรับการปฏิบัติในเชิงการค้าได้ทำขึ้น ณ สถานประกอบการรมควันลำไยในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. การนำเทคโนโลยีไปใช้ปฏิบัติและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินนโยบาย ถือได้ว่าเป็นส่วนที่สำคัญยิ่งของโครงการ.

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยี โครงการได้รับความร่วมมือจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะ **"ชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก"** ซึ่งมีสมาชิกมากกว่า 40 รายที่เป็นผู้ส่งออกลำไยสดมากกว่า ร้อยละ 90 ของประเทศ และจัดเป็นผู้ใช้บริการหลักของโครงการ. นอกจากนี้ ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ยังได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องของการจัดอบรมและสัมมนาในหลายๆ โอกาส. สำหรับส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตลาดและแนวนโยบายเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โครงการได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากหน่ายงานราชการทั้งในและนอกประเทศ เช่น กรมส่งเสริมการส่งออก, กรมการค้าต่างประเทศและกรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และหน่วยงานสาธารณสุขของประเทศผู้นำเข้าที่สำคัญ ได้แก่ ฮ่องกง, สิงคโปร์ และมาเลเซีย.

4.5 สรุปผลงานวิจัย และแบบแผนการนำมาใช้ในระบบการค้า

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารถนอมอาหารที่มีประสิทธิภาพ และสามารถนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด. สำหรับผลไม้สด ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดความเสียหายกับผลิตผลสด (SO_2 injury) ดังนั้นการใช้งานจึงจำกัดอยู่เฉพาะแต่องุ่น, ลำไย และลิ้นจี่. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ SO_2 กับผลตกค้างของ SO_2 ภายในผลลำไยที่สรุปจากหลายชุดของการทดลองแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้.

ผลตกค้างของ SO_2 (ppm)			
อัตราการใช้ (มล./100ก.)	เปลือก	เนื้อ	หมายเหตุ
15	1200	0–5	ต่ำเกินไป
20–25	1500–2200	<10	อัตราที่แนะนำ
30	2200–3200	10–30	อัตราสูงสุดที่จะนำไปใช้
35	>3200	>30	สูงเกินไป

การรม SO_2 กับลำไยในอัตราที่เหมาะสมสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา ระหว่างการขนส่ง และยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 4 ถึง 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0° ถึง 2°ซ. หรือ 5 ถึง 10 วัน ที่อุณหภูมิ 22°ซ. และที่สำคัญที่สุด สามารถทำให้ลำไยมีอายุการวางจำหน่าย 2 ถึง 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25° ถึง 30°ซ.

การรม SO_2 กับลำไยสดยึดหลักของการใช้ความเข้มข้นที่สูงในระยะเวลาที่จำกัด. การพัฒนาเพื่อกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการรม ได้อาศัยความร่วมมือจากผู้ประกอบการส่งออกหลายรายในระยะเวลามากกว่า 2 ปี, กล่าวโดยย่อ คือ การรมลำไยในรูปอุตสาหกรรมจะดำเนินการ ณ สถานประกอบการรมควันของผู้ส่งออก. ผลลำไยที่บรรจุอยู่ในตะกร้าพลาสติกจะถูกวางเรียงอย่างมีแบบแผนภายในห้องรมก่อนทำการปิดมิดชิด, ขั้นตอนการรมจะใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง และถ้าผู้ประกอบการปฏิบัติการรมอย่างถูกวิธีจะสามารถควบคุมระดับของ SO_2 ที่ตกค้างอยู่บนผลลำไยหลังการรมให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจโดยจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค. สำหรับกำมะถันผงที่จะนำมาเผานั้นสามารถคำนวณได้ โดยจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่จำเป็นต้องใช้ ทั้งนี้การคำนวณจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนของที่ว่างภายในห้องอบและอัตราการดูดซับ SO_2 ของผลิตผล.

4.6 สรุปผลการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีในส่วนที่เกี่ยวกับการเข้ามามีส่วนร่วมของผู้ใช้เทคโนโลยี

เพื่อให้การผสมผสานระหว่างผลงานวิจัยที่ค้นพบ และระบบการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในเชิงพาณิชย์ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัยทีมงานที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ กัน เข้ามาทำงานร่วมกัน ตลอดจนต้องอาศัยความร่วมมืออย่างจริงจังของผู้ประกอบการส่งออกทั้งหลายซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกกำหนดไว้ภายใต้โครงการนี้ด้วย. โดยในระยะเริ่มแรก

จะเกี่ยวข้องกับการขยายขนาดหรือเพิ่มปริมาณการรมในแต่ละครั้งและการทดสอบเพื่อความมั่นใจ, ซึ่งเมื่อทำการปฏิบัติในเชิงการค้า ตู้รมต้นแบบที่สามารถบรรจุผลไม้ได้ครั้งละ 200 ถึง 300 กิโลกรัม ได้ถูกสร้างขึ้นที่ วท. เพื่อใช้ในการสาธิตเกี่ยวกับหลักเกณฑ์พื้นฐานในการรมตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง. นอกจากนี้ยังได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลลำไย ที่ผ่านกรรมวิธี ณ จุดต่างๆ ตั้งแต่สถานีคัดบรรจุจนถึงท่าอากาศยานหรือท่าเรือ โดยทำการตรวจสอบในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง. การตรวจสอบดังกล่าวยังได้ทำขึ้น ณ ตลาดปลายทาง หรือ ณ ประเทศผู้นำเข้าลำไยที่สำคัญของไทยอันได้แก่ ประเทศฮ่องกง, สิงคโปร์และมาเลเซีย ซึ่งการดำเนินการในครั้งนี้นอกจากจะเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสินค้าที่ผ่านกรรมวิธีการรมควันแล้ว ยังทำให้ทราบถึงสถานะความเป็นจริงรวมถึงการติดต่อประสานงานกับหน่วยงานสาธารณสุขของประเทศผู้นำเข้าเพื่อหาแนวทางในการควบคุมปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลลำไยให้อยู่ในระดับที่เป็นที่ยอมรับของแต่ละประเทศ.

นอกจากนี้ วท. ยังได้พยายามนำเอากลไกต่างๆ ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีมาใช้โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมในแต่ละเหตุการณ์ เช่น การจัดประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนความคิด, การจัดสัมมนาและฝึกอบรม หรือทัศนศึกษา, ซึ่งในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา วท. ได้ดำเนินการจัด หรือเอื้อเฟื้อบุคลากรในการจัดการฝึกอบรม, การประชุมสัมมนาแลกเปลี่ยนความคิดทั้งที่เกี่ยวข้องกับวิชาการการใช้ SO_2 ในลำไย และการตลาดของลำไยไทย เป็นจำนวนทั้งสิ้นมากกว่า 500 คน/วัน.

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 การใช้วิธีการปฏิบัติที่ดีในการผลิต (Good Manufacturing Practice) และหลักการของ HACCP กับการรมควันลำไย

สำหรับลำไย สารตกค้างประเภทซัลไฟต์ที่จะยอมรับให้มีได้และสามารถควบคุมได้จะอยู่ที่ระดับ 10 ไมโครกรัมต่อกรัม. การรมลำไยในเชิงการค้าอาจจะทำให้เกิดผลตกค้างของสารซัลไฟต์สูงเกินกว่าระดับที่จะเป็นที่ยอมรับ โดยเฉพาะเมื่อการรมควันทำอย่างไม่ถูกวิธี. ผู้ประกอบการส่งออกจำเป็นที่จะต้องพยายามรักษากรรมวิธีการรมลำไยให้เป็นไปตามวิธีการปฏิบัติที่ดีในการรมควันลำไย (GMP) ซึ่งทาง วท. ได้แนะนำไว้. นอกจากนี้ วท. ยังได้ทำการพัฒนาระบบการป้องกันโดยอาศัยหลักการของ HACCP มาใช้ในอุตสาหกรรมการส่งออกลำไย, การใช้เทคโนโลยีการรม SO_2 หลังการเก็บเกี่ยวลำไยในอนาคตจะขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการควบคุมกระบวนการรมควัน

ของผู้ประกอบการและการยอมรับของผู้บริโภคในประเทศผู้นำเข้า. ดังนั้น หากเกิดการระงับการใช้เทคโนโลยีการรม SO_2 สำหรับลำไยที่จะส่งออกจะก่อให้เกิดผลเสียต่ออุตสาหกรรมการส่งออกลำไยของไทยเป็นอย่างมาก.

5.2 การตลาดและการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมส่งออกลำไยในอนาคต

ในปัจจุบัน การตลาดลำไยของไทยไม่เหมือนกับเมื่อ 10 ปี ที่ผ่านมา เนื่องจากเกิดการขยายตลาดอย่างกว้างขวาง ผลิตผลส่วนใหญ่สามารถส่งไปจำหน่ายได้ไกลขึ้น โดยเฉพาะทางตู้เรือปรับอากาศ ทำให้ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงการรมควันลำไยไปได้. การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์จนถึงปัจจุบันมีผลทำให้การตลาดลำไยดำเนินอยู่ได้, และการเจริญเติบโตของตลาดต่อไปในอนาคตจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภคในประเทศจีนแผ่นดินใหญ่เป็นอย่างมาก เนื่องจากปริมาณการบริโภคค่อนข้างสูง. อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมการส่งออกลำไยต้องการระเบียบแบบแผน และการเอาใจใส่อย่างจริงจังเพื่อลดความไม่แน่นอนในการดำเนินการ, และผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญในเรื่องของการพัฒนาคุณภาพ ซึ่งจะทำให้อุตสาหกรรมการส่งออกลำไยของไทยมีความมั่นคงและสามารถแข่งขันได้ในตลาดต่างประเทศ.

5.3 แนวนโยบายเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

บ่อยครั้งที่ข้อโต้แย้งเกี่ยวกับปริมาณผลตกค้างของ SO_2 มีผลทำให้ราคาของลำไยในตลาดส่งออกลดลง ซึ่งปัญหาที่แท้จริงไม่ได้เกี่ยวข้องกับกระบวนการรมควันแต่อย่างไร. ในประเทศสหรัฐอเมริกา สถานภาพของ SO_2 ที่เคยจัดอยู่ในประเภทสารเคมีที่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย หรือ Generally Recognized as Safe (GRAS) ได้ถูกเพิกถอน เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดอาการแพ้ขึ้นได้ในกลุ่มคนจำนวนน้อยที่อ่อนไหวต่อสารประเภทนี้. ดังนั้นในปี 2529 จึงได้มีการกำหนดปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ในองุ่นสดไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อกรัม และจะต้องมีการระบุไว้ในฉลากด้วย ซึ่งหลายๆ ประเทศได้ปฏิบัติตาม. ในระยะเวลาที่ผ่านมา วท. ได้มีการประสานงานอย่างใกล้ชิดกับกระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงอุตสาหกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับแนวนโยบายการใช้ SO_2 และเห็นสมควรให้มีการดำเนินงานต่อไปอย่างต่อเนื่อง. ในเรื่องนี้ วท. ได้จัดเตรียมเอกสารทางวิชาการให้แก่กระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (CODEX Food Additives Committee) ในเดือนมีนาคม 2541 เพื่อให้มีการกำหนดปริมาณผลตกค้างของ SO_2 ในลำไยที่ระดับ 10 ไมโครกรัมต่อกรัม. ความพยายามที่จะก่อให้เกิดความยอมรับของนานาประเทศในเรื่องของระดับ SO_2 ที่สามารถยอมรับให้มีได้นับว่าเป็นเรื่องหนึ่งที่ วท. ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง.

6. เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน. 2539. แนวทางการส่งเสริมการตลาดลำไย. เอกสารประกอบการสัมมนา. กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ. 50 น.

ฝ่ายวิเคราะห์การตลาด 2, กองเศรษฐกิจการตลาด. 2536. ข้อมูลสรุปย่อลำไย. กรมการค้าภายใน, กรุงเทพฯ. 53 น.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเชียงใหม่. 2539. ตลาดส่งออกลำไยไทย. เอกสารประกอบการสัมมนา. เชียงใหม่. 44 น.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2539. แนวทางการพัฒนาลำไย ปี 2540–2544. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 69 น.

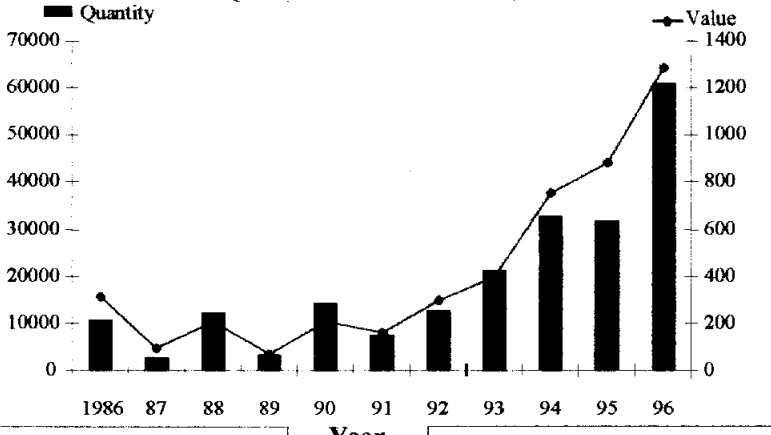
AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. 14 th ed., The Association of Official Chemists, Arlington, Virginia. 1141 p.

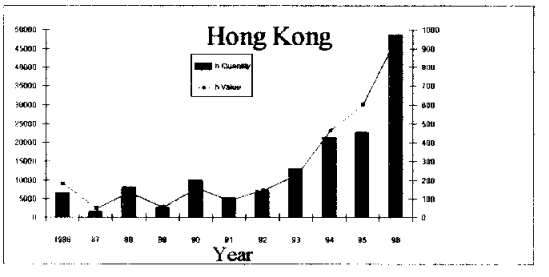
ภาคผนวกที่ 1

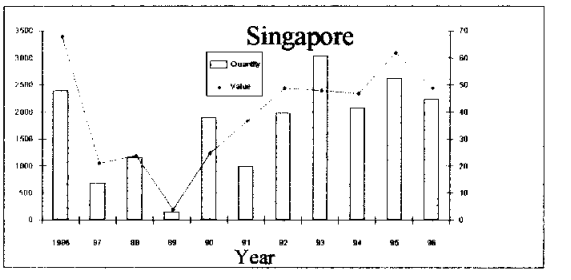
การส่งออกลำไยสดของประเทศไทย

Thailand's Export of Fresh Longan

(Quantity = ton, Value = million Baht)

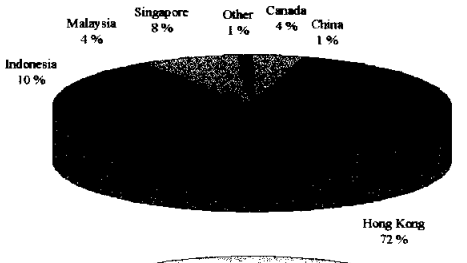




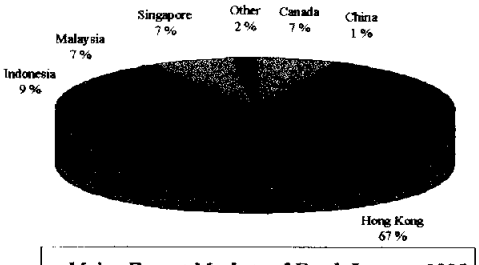


1995

Quantity = 31,719 ton

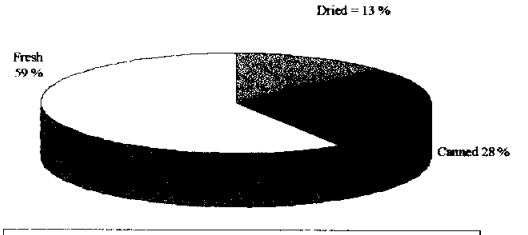


Value = 882 million Baht



Major Export Markets of Fresh Longan 1995

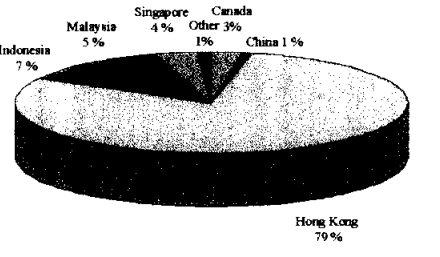
Value = 1,492 million Baht



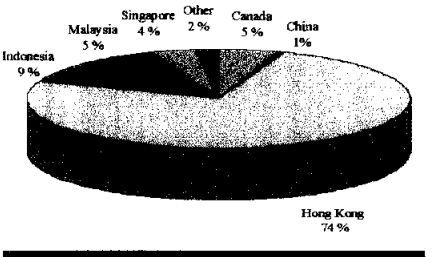
Export of Fresh, Dried and Canned Longan 1995

1996

Quantity = 61,052 ton

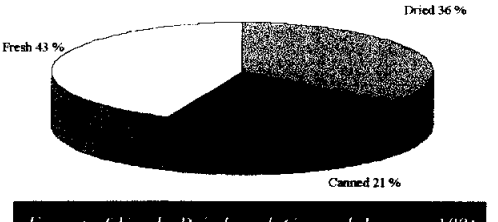


Value = 1,286 million Baht



Major Export Markets of Fresh Longan 1996

Value = 2,941 million Baht



Export of Fresh, Dried and Canned Longan 1996

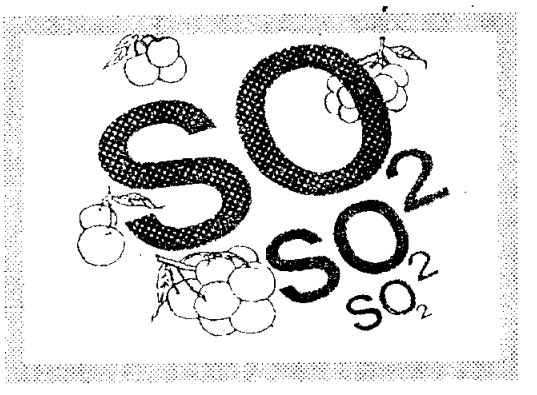
ภาคผนวกที่ 2

กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO_2
และการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องอบ

การฝึกอบรม

การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อการส่งออก ณ โรงแรมรามาการ์เดนส์ กรุงเทพฯ ๑๘ มีนาคม ๒๕๓๕

เรื่อง กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO_2 และการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องอบ



โดย
สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

จัดโดย
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
สนับสนุนโดย
AustralianCentre for International Agricultural Research (ACIAR)

คำนำ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ได้พัฒนาวิธีการรมควันลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ได้เป็นผลสำเร็จ โดยคำนวณอัตราการใช้ก๊าซ SO_2 กับปริมาณลำไยในการอบได้อย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลตกค้างในผลลำไยสูงเกินกว่าที่ประเทศนำเข้ากำหนดไว้.

เหตุผลที่ต้องมีการรมควันลำไยเพื่อการส่งออกด้วย SO_2 เพราะ :

- การรมควันลำไยด้วย SO_2 เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากในการควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวลำไย.
- การรมควันลำไยด้วย SO_2 ในอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมจะสามารถป้องกันการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อรา ช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกได้.
- ลำไยที่ผ่านการรมควันจะมีสีสันสวยงามขึ้น และอายุการวางจำหน่ายนานขึ้น

ดังนั้น ประโยชน์ที่ได้รับคือ ช่วยให้อุตสาหกรรมการส่งออกขยายตัวมากขึ้น, คุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาด, ยืดอายุการเก็บรักษาและวางจำหน่าย มีผลให้ต้นทุนการผลิตลดลงทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม, โดยทางตรงจะช่วยลดการสูญเสียลงเมื่อถึงตลาดปลายทาง และโดยทางอ้อมลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง คือสามารถขนส่งทางเรือได้.

กระบวนการควบคุมการรมควันลำไยด้วย SO_2 และการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องอบ

ความเป็นมา

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide, SO_2) เป็นสารถนอมอาหารที่ใช้กันมาตั้งแต่สมัยโบราณ. ตามหลักฐานที่ปรากฏพบว่ามีการใช้ควันที่ได้จากการเผาผงกำมะถัน ในการทำไวน์มาตั้งแต่สมัยอียิปต์ และโรมัน, จวบจนปัจจุบันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ยังคงเป็นสารถนอมอาหารที่มีประโยชน์และใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากเป็นสารถนอมอาหารที่มีประสิทธิภาพสูง ราคาถูก ทั้งยังง่ายต่อการใช้งาน. ดังนั้น จึงมีการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น ไวน์, เบียร์, เครื่องดื่มคาร์บอเนต, ผักและผลไม้แห้ง, น้ำผลไม้, น้ำเชื่อม, น้ำผลไม้เข้มข้น, อาหารทะเล, ตลอดจนผักและผลไม้สดหลายชนิด.

กรณีการอบผลไม้ด้วยสาร SO_2 โดยเฉพาะการอบลำไยด้วยสาร SO_2 ซึ่งเป็นผลงานวิจัยของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) กระบวนการอบจะต้องถูกต้องตามหลักวิชาการเพราะแต่ละประเทศมีกฎหมายควบคุมปริมาณสารตกค้างในลำไยสดอยู่ เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจการส่งออกลำไยสดของไทย.

แนวทางการปฏิบัติเพื่อให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

มีปัจจัยหลักของการอบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนี้ :

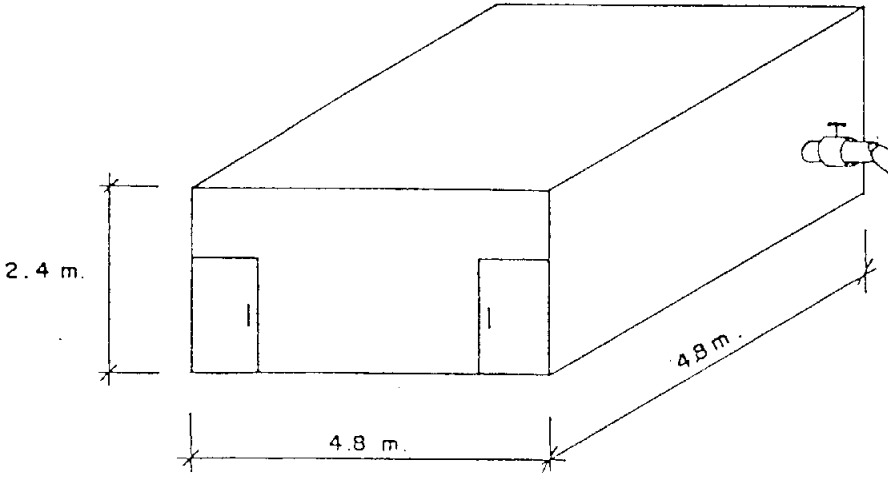
1. ความรู้พื้นฐานการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลไม้.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบ SO_2
   - ห้องอบหรือตู้อบก๊าซ SO_2
   - พัดลมหมุนเวียนอากาศภายในห้องอบ SO_2
   - แหล่งผลิตก๊าซ SO_2
   - หอดูดกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องอบ

ห้องอบหรือตู้อบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีอยู่ 2 ลักษณะตามปริมาณการผลิต
- ห้องอบก๊าซ SO_2 (รูปที่ 1)
- ตู้อบก๊าซ SO_2 (รูปที่ 2)

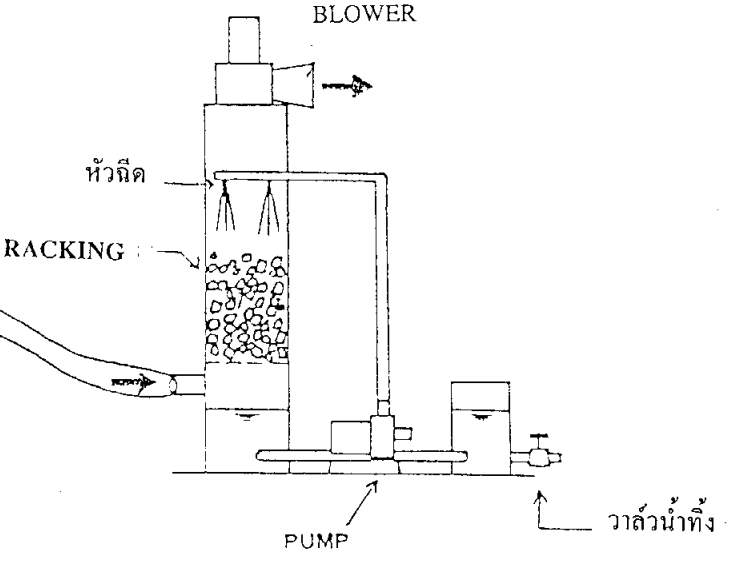
ห้องอบก๊าซ เหมาะสำหรับผู้ส่งออกครั้งละมากๆ เช่น ส่งทางเรือ, ส่งทางรถยนต์. ขนาดตู้จะอยู่ระหว่าง 20 คิวบิกเมตร ถึง 80 คิวบิกเมตร, อบได้ครั้งละ 200 ตะกร้า ถึง 1,000 ตะกร้า (ตะกร้าละ 11 กก.). วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างห้องอบ ก็เช่นเดียวกับตู้อบหรือสามารถทนการกัดกร่อนได้ดี. วัสดุที่แนะนำให้ใช้ได้แก่ ไม้อัดฟอร์ไมกาขนาดความหนา 4-10 มม. เนื่องจากสร้างง่าย ราคาถูก ทนต่อการกัดกร่อนได้.

ตู้อบ SO_2 เหมาะสำหรับผู้ส่งออกที่ส่งออกครั้งละไม่มาก เช่น ส่งทางเครื่องบิน ขนาดตู้จะใหญ่ไม่เกิน 5 คิวบิกเมตร อบได้ครั้งละไม่เกิน 1,000 กิโลกรัม. ตู้ลักษณะนี้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก บริเวณการติดตั้งและทำงานไม่ต้องกว้างมากนัก, วัสดุที่เหมาะสมในการสร้างตู้อบ SO_2 ต้องเป็นวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน ได้แก่ สเตนเลสสตีล, ไม้อัดฟอร์ไมกา หรืออะลูมิเนียม เป็นต้น.

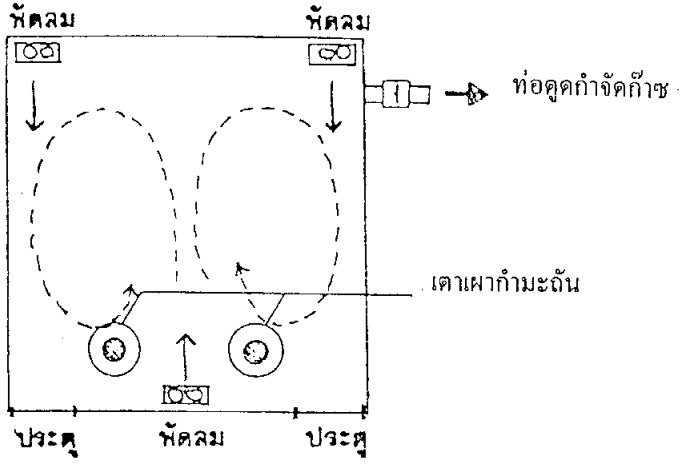
ลักษณะและองค์ประกอบของห้องอบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



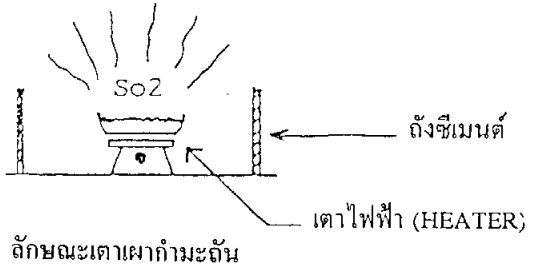
ห้องอบ



ชุดกำจัดก๊าซ

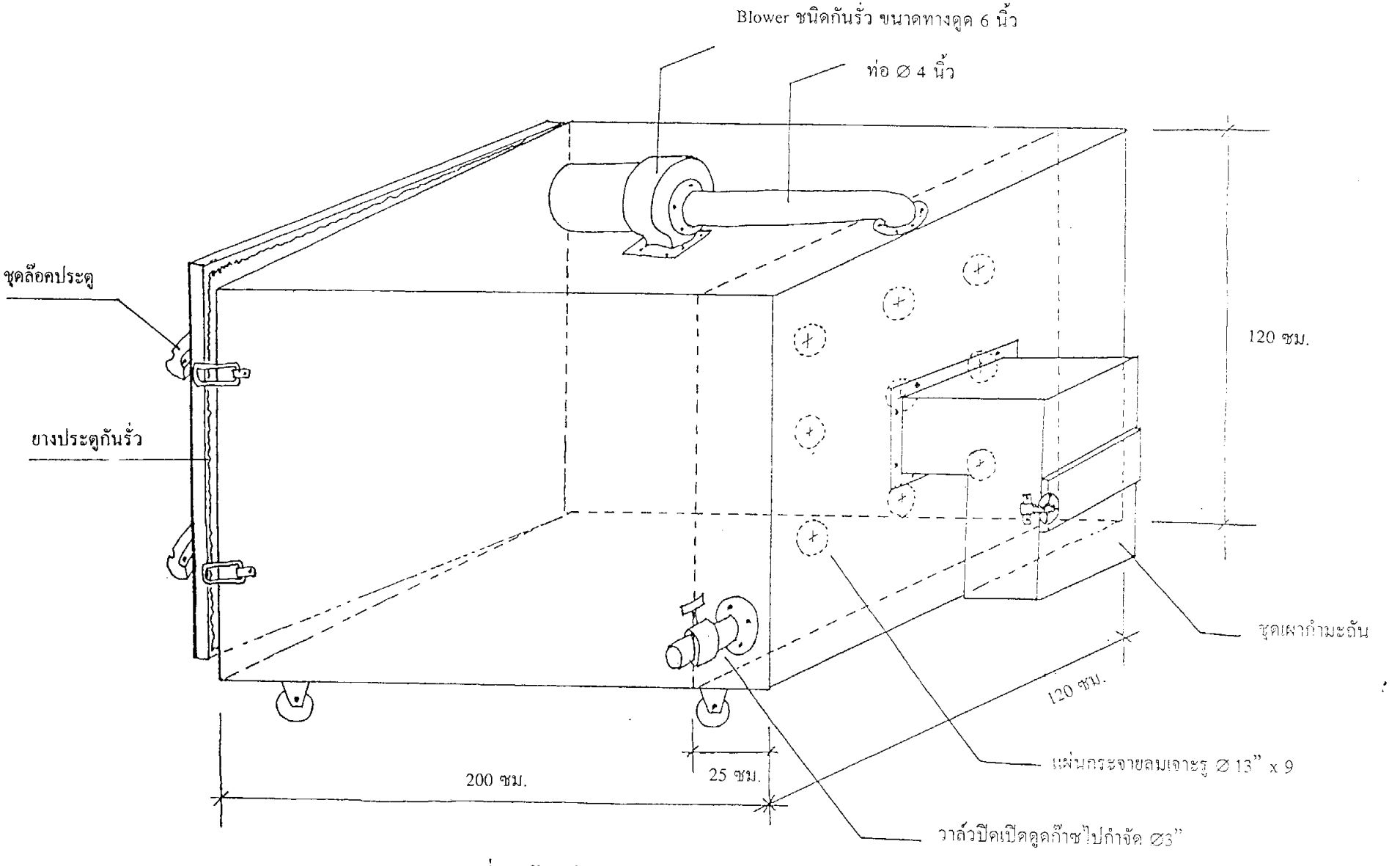


ลักษณะภายในห้องอบ



ลักษณะเตาเผากำมะถัน

รูปที่ 1. ห้องอบก๊าซ SO_2



รูปที่ 2. ตู้อบก๊าซ SO_2.

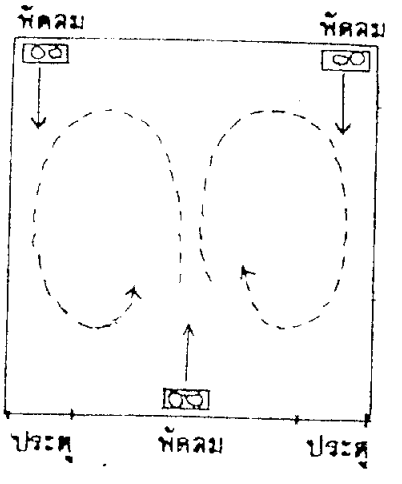
การสร้างห้องอบ

ไม่มีมาตรฐานว่าห้องควรใหญ่เท่าใด ขึ้นอยู่กับกำลังผลิตของผู้ส่งออก. ขนาดที่แนะนำคือ 4.8 เมตร x 4.8 เมตร x 2.4 เมตร, ปริมาตรห้องเท่ากับ 55.3 คิวบิกเมตร เป็นขนาดที่พอเหมาะ เพราะสร้างง่ายไม่เสียเศษวัสดุ อบได้ครั้งละประมาณ 600 ตะกร้า.

การสร้างห้อง หากเป็นไม้อัดธรรมดาต้องทาสีภายในห้อง, ควรเป็นสีน้ำมัน เพื่อป้องกันการดูดซึมก๊าซ. หากสร้างด้วยไม้อัดฟอร์ไมกาจะดีกว่าเพราะกันการดูดซึมก๊าซได้ดี ทำความสะอาดง่าย, แนวต่อของไม้ต้องกันรั่วได้ดี. แนะนำให้ใช้ซิลิโคนอุดแนวต่อแนวรั่วต่างๆ ภายในห้องอบ. พื้นห้องควรเป็นคอนกรีตขัดมัน ประตูห้องอบควรมี 2 บาน หรือไม่ก็บานใหญ่บานเดียว เพื่อให้มีการขนของเข้าออกห้องอบได้สะดวก. ประตูห้องต้องกันรั่วได้ดี ควรใช้ยางประตูห้องเย็นทำซีลประตู.

การวางพัดลมกวนอากาศภายในห้องอบ

วางพัดลมกวนอากาศภายในห้องให้มีกระแสลมทั่วถึง ควรมีความเร็วลมประมาณ 0.5–1.0 เมตรต่อวินาที (ตัวอย่างการวางพัดลมตามรูป).



แสดงลักษณะการวางพัดลมกวนอากาศ

แหล่งผลิตก๊าซ SO_2

การเติมก๊าซ SO_2 ให้ห้องอบมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ :

- การเผากำมะถัน.
- การอัดก๊าซ SO_2 จากถังก๊าซ SO_2.

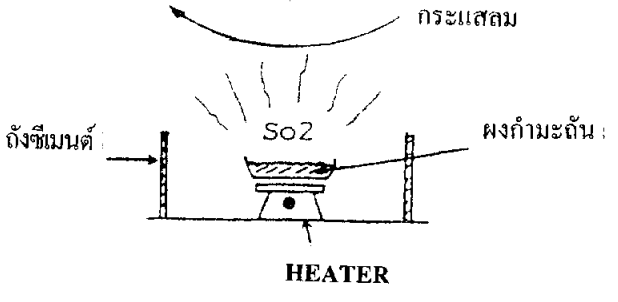
โดยการเผากำมะถัน

การเผากำมะถันเป็นปัญหาสำคัญของการอบ.

การเผาน้อยๆ จะเผาง่าย แต่ถ้าเผามากๆ จะมีปัญหาเนื่องจากเผายาก ใช้เวลานาน เผาไม่สมบูรณ์มีผงสีเหลืองขึ้นในห้อง และมีความร้อนในห้องมาก (2.2 kcal/g).

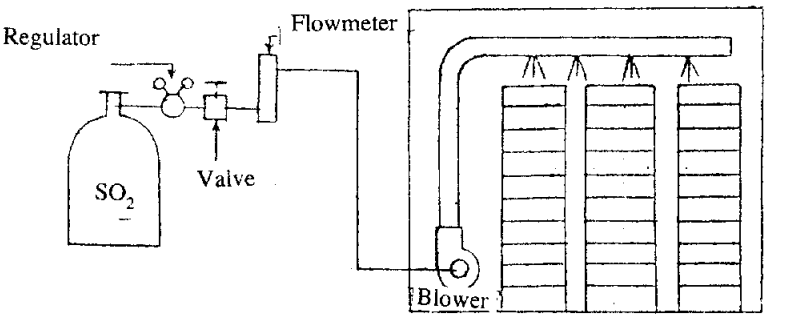
การเผากำมะถันที่เหมาะสม

- เตาไฟฟ้า (heater) 600-800 W.
- เผากำมะถันได้ไม่เกิน 1.5 กก. ต่อหนึ่งเตา.
- กระแสลมกวน (0.5 – 1.0 m/s).
- สารช่วยในการเผาไหม้กำมะถัน $NaNO_3$ 2% (20 กรัมต่อกำมะถัน 1 กก.) หรือแอลกอฮอล์.



ลักษณะชุดเผากำมะถันในห้องอบ

วิธีการอัดก๊าซ SO_2 จากถังก๊าซ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3. ลักษณะการเติมก๊าซจากถัง SO_2.

เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย

ข้อดี	ข้อเสีย
- ไม่มีความร้อน	- แพงกว่า ถ้าเผาประมาณ 20 สตางค์/ตะกร้า อัดจากถังประมาณ
- ไม่มีเขม่าเหลือง	1 บาท/ตะกร้า
- ใช้เวลาเร็วกว่าเผา	- ต้องระมัดระวัง เนื่องจากก๊าซจากถังมองไม่เห็น ไม่มีสี
- บริสุทธิ์กว่าเผา	

อัตราการใช้ SO_2 ที่เหมาะสมสำหรับลำไย

สมการการคำนวณ เป็นดังนี้ :

$mlSO_2 = 10VC + 388.5\ AW$

V = ปริมาตรส่วนที่ว่างภายในห้องอบ (ลิตร)

C = ระดับความเข้มข้นสุดท้ายของการอบ (%)

A = อัตราการดูด SO_2 ของลำไย (กรัม/กิโลกรัม)

W = น้ำหนักของลำไย (กิโลกรัม)

หมายเหตุ : 1 มล. SO_2 = 2.618 มก. SO_2 ที่ 28°ซ.

ตารางการอบ SO_2 ลำไย

ขนาดห้องอบ (เมตร)	จำนวนลำไย (กิโลกรัม)	ปริมาณก๊าซ SO_2 (ลิตร)	จำนวนกำมะถัน (กรัม)	อัตราส่วนที่ว่าง
2	350	115	150	1:6
10	1,500	512	670	1:7
20	2,500	903	1,183	1:8
30	3,800	1,367	1,790	1:8
40	5,000	1,807	2,365	1:8
55.3	6,000	2,278	2,982	1:9
70	7,500	2,860	3,744	1:9
80	8,300	3,204	4,194	1:10

หมายเหตุ * 55.3 เมตร^3 เป็นขนาดห้องที่เหมาะสม คือ 4.8 x 4.8 x 2.4 เมตร^3

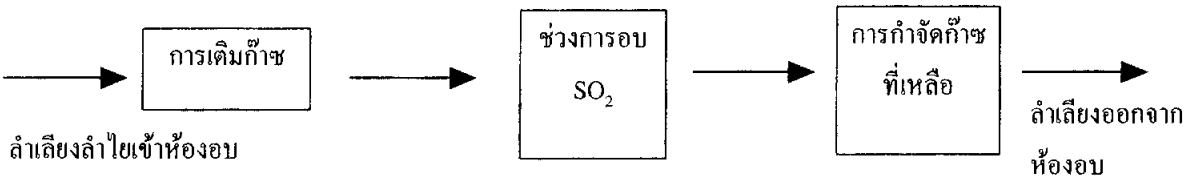
ตารางการเผากำมะถัน

ขนาดห้อง ม^3.	จำนวนลำไย กก.	จำนวนกำมะถัน (กรัม)	จำนวน $NaNO_3$ [1]	เตาเผาไฟฟ้า	เวลาเผา (นาที) โดยประมาณ
2	350	150	3	150g. 600W.	10
10	1,500	670	13.5	670g. 600W.	20
20	2,500	1,183	24	1183g. 600W.	35
30	3,800	1,790	36	1790g. 800W.	45
40	5,000	2,365	47	1183g. 600W. 1183g. 600W.	35
55.3 [2]	6,000	2,982	60	1491g. 800W. 1491g. 800W.	40
70	7,500	3,744	75	1248g. 600W. 1248g. 600W. 1248g. 600W.	35
80	8,300	4,194	84	1397g. 800W. 1397g. 800W. 1397g. 800W.	40

หมายเหตุ [1] ใช้แอลกอฮอล์แทนจะปลอดภัยกว่า โดยผสมแอลกอฮอล์ไปในผงกำมะถันแล้วจุดไฟ

[2] เป็นขนาดที่เหมาะสมในทางปฏิบัติ

ขั้นตอนในการอบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีอยู่ 3 ขั้นตอนหลัก :



- เผากำมะถัน (1.5 กก. ใช้เวลา 45 นาที)
- ใช้เวลา 20-30 นาที
- ใช้เวลาประมาณ 10 นาที
- หรือโดยการอัดก๊าซจากถัง (ฉะนั้น จะเห็นว่าต้องใช้เวลาในการอบทั้งสิ้นประมาณ 1 ชม. ถึง 1 ½ ชม.)

การกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากห้องอบ

หลังจากอบได้ตามระยะเวลาที่กำหนดแล้ว ก่อนจะนำลำไยออกจากห้องอบ จะต้องดูดก๊าซ SO_2 ที่เหลือในห้องไปกำจัดทิ้งเสียก่อน.

ความสำคัญ

เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 เป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์, กล่าวคือความเข้มข้นตั้งแต่ 8 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์, ความเข้มข้นตั้งแต่ 20 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้ตาเกิดอาการระคายเคือง ลักษณะการเป็นพิษจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อความเข้มข้น SO_2 เพิ่มขึ้น, ฉะนั้น การใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จึงต้องระมัดระวังอย่างยิ่งโดยเฉพาะผู้ที่แพ้สารนี้.

มีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ความเข้มข้นประมาณ 15,000 ส่วนในล้านส่วนจำนวนหนึ่งที่เหลืออยู่ในห้องอบหลังจากการอบได้ตามระยะเวลาที่กำหนด, ดังนั้น จึงต้องกำจัดเสียก่อนที่จะนำลำไยออกจากห้องอบ เพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และเกิดเป็นมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม. อุปกรณ์ที่ใช้กำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ "หอกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์".

หอกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ :

1. ระบบการกำจัดแบบเปียก (wet scrubber).
2. ระบบการกำจัดแบบแห้ง (dry scrubber).

ระบบกำจัดแบบเปียก (wet scrubber)

หลักการทำงาน : เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดี กล่าวคือ น้ำ 1 หน่วยปริมาตร จะสามารถละลายก๊าซได้ 45 หน่วยปริมาตรที่อุณหภูมิ 15°ซ. ดังนั้น การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จึงอาศัยหลักการดังกล่าว. อาจจะใช้สารเคมีบางชนิดเติมลงในน้ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดก็ได้ (ได้แก่ ปูนขาว, แอมโมเนีย).

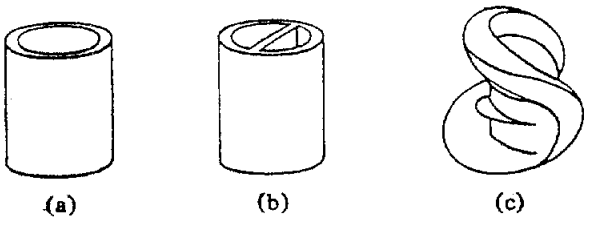
ลักษณะของระบบแบบเปียก ได้แก่

- แบบ plate (ให้ประสิทธิภาพต่ำไม่เป็นที่นิยม).
- แบบ pack tower (ให้ประสิทธิภาพสูง).
- แบบ ventury (ให้ประสิทธิภาพสูง).
- แบบผสมระหว่าง ventury + pack tower (ให้ประสิทธิภาพสูง).

แบบ pack tower

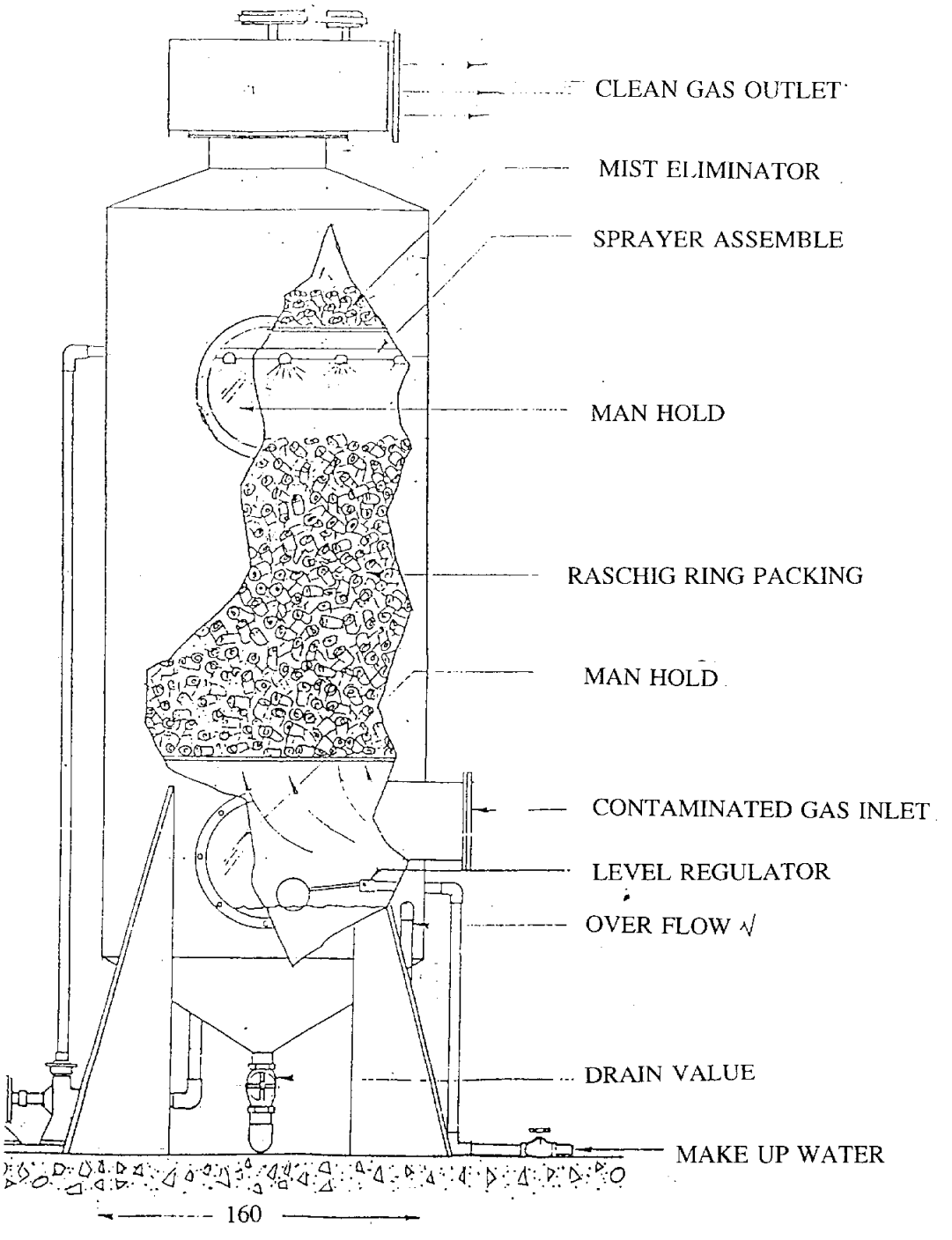
เป็นระบบกำจัดก๊าซพิษ, ฝุ่น, ควัน, ไอกรด และไอโลหะหนัก ที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง อุปกรณ์ที่สำคัญในระบบ มีดังนี้ (ดูรูปประกอบ รูปที่ 4) :

1. Packing เป็นชิ้นส่วนที่บรรจุเข้าไปเพื่อให้เกิดผลดังนี้ :
   - ให้เกิดพื้นที่ผิวเพื่อการขัดล้างก๊าซสูงสุด.
   - ลดความเร็วลมหรือลมน้อยสุดแต่ต้องเก็บกักก๊าซเพื่อการชะล้างนานที่สุด.
2. Water distributor เป็นส่วนที่กำหนดอัตราการไหลของน้ำให้ผ่าน packing อย่างสม่ำเสมอ.
3. Pump ต้องสามารถทนการกัดกร่อนได้ เป็นตัวส่งน้ำไปยัง water distributor.
4. Tower เป็นหอในแนวตั้งสำหรับบรรจุ packing.
5. Blower เป็นตัวดูดก๊าซจากห้องอบ ผ่านระบบกำจัดไปทิ้งภายนอก.



Typical tower packings : (a) Raschig ring, (b) Lessing ring, (c) Berl

รูป Packing.



รูปที่ 4. Pack Tower.

แบบ ventury

เป็นระบบกำจัดที่ให้ประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกับ pack tower มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับ pack tower ยกเว้นไม่มี packing.

การออกแบบ (ดูรูปประกอบ รูปที่ 5, 6, 7).

จะออกแบบให้มีการม้วนตัวและไหลกวนของกระแสอากาศ เพื่อให้การจัดตัวกับละอองน้ำที่ฟุ้งกระจายใน tower เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ.

หมายเหตุ แบบ pack tower จะมีปัญหาในการอุดตันของ packing เนื่องจากการสะสมของตะกอน, เขม่า หรือเกล็ดของ $CaSO_4$ $2H_2O$ (ยิบซัม) แต่แบบ ventury ไม่มีปัญหาดังกล่าว.

แบบผสม pack tower + ventury

เป็นการออกแบบผสมระหว่างแบบ pack tower กับแบบ ventury เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และเพิ่มความมั่นใจในการออกแบบและใช้งาน.

ในระบบการกำจัดแบบเปียก (wet scrubber)

สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 โดยการเติมปูนขาวลงในน้ำ อัตรา 5%-15%. ปูนขาวละลายน้ำกลายเป็นน้ำปูนขาว [$Ca(OH)_2$] ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับ SO_2 กลายเป็น $CaSO_4.2H_2$ (ยิบซัม) ในที่สุด.

ปฏิกิริยาเคมีเป็นดังนี้

$2SO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca(HSO_3)_2$ ----------(1)

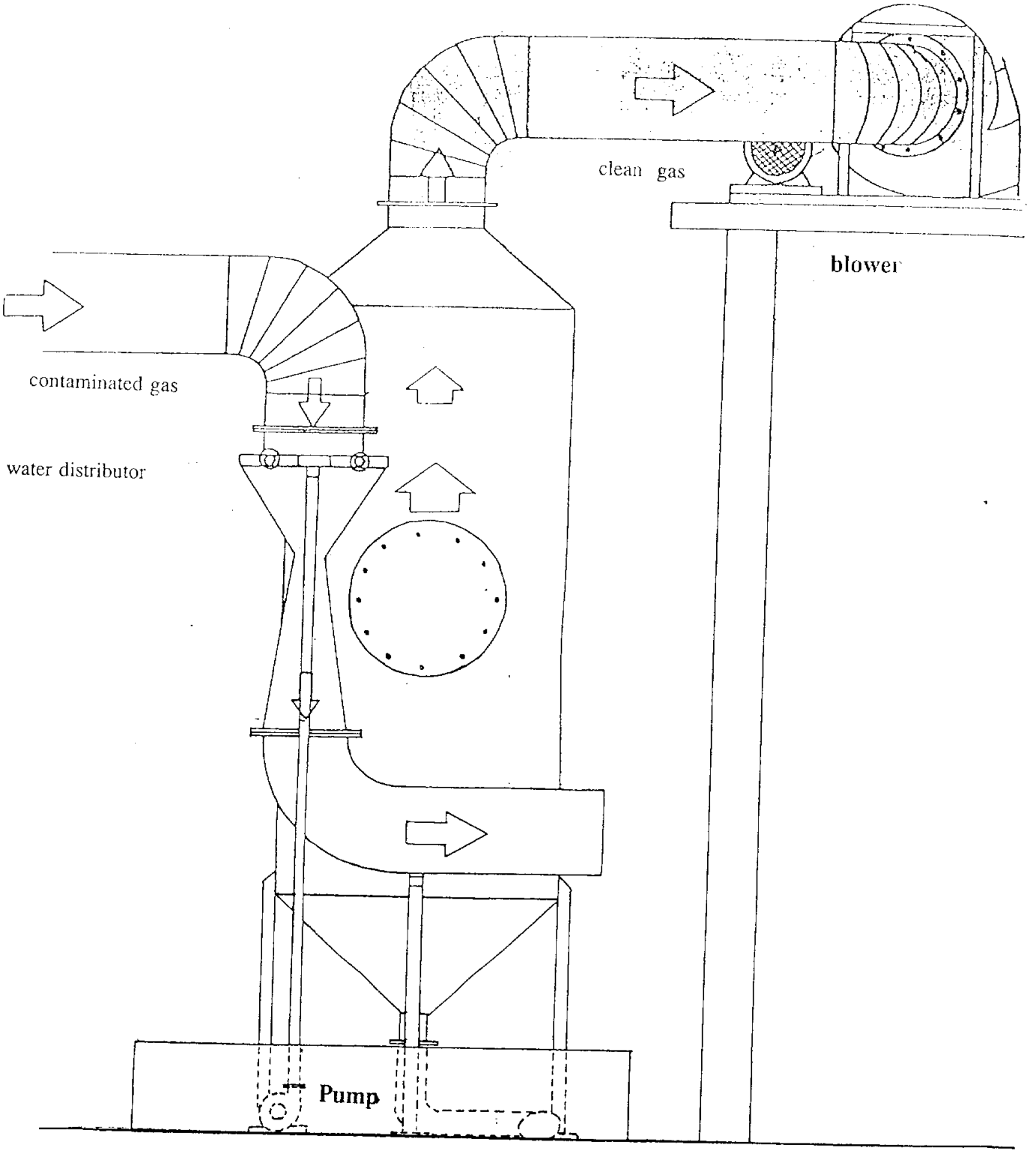
$Ca(HSO_3)_2$ แคลเซียมไบซัลเฟต จะถูกออกซิไดส์ (oxidize) ไปเป็นยิบซัม $CaSO_4.2H_2O$ ดังนี้

$Ca(HSO_3)_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O + H_2SO_4$ ----------(2)

H_2SO_4 ทำปฏิกิริยาต่อกับ $Ca(OH)_2$ ได้ $CaSO_4.2H_2O$ (ยิบซัม) อีก

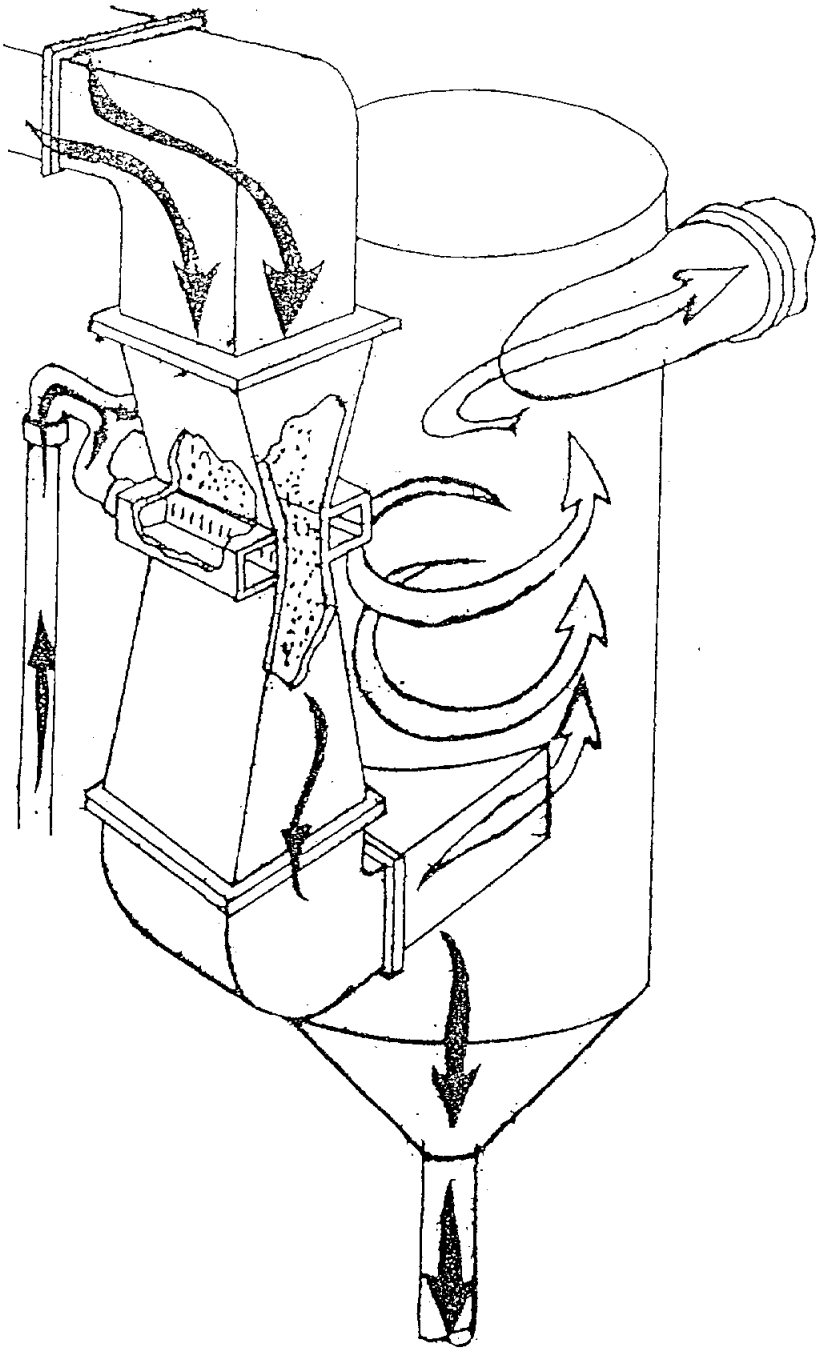
$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$ ----------(3)

หมายเหตุ wet scrubber โดยใช้สารละลายของปูนขาวเป็นวิธีการดูดจับ SO_2 โดยตรงแล้วกลายเป็นยิบซัม ($CaSO_4.2H_2O$)

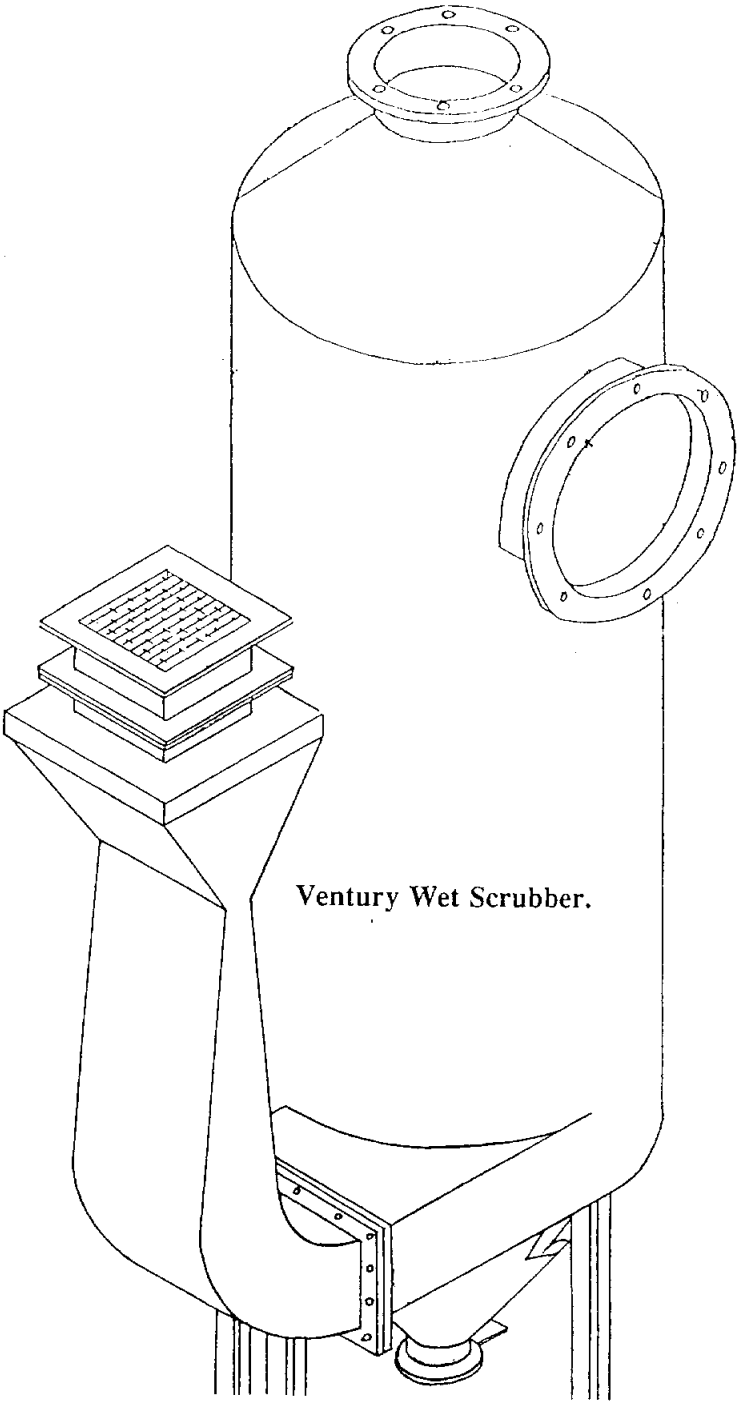


รูปที่ 5. Ventury Wet Scrubber.

Ventury wet Scrubber



รูปที่ 6. Ventury Wet Scrubber.



รูปที่ 7. Ventury Wet Scrubber.

ระบบการกำจัดแบบแห้ง (dry scrubber)

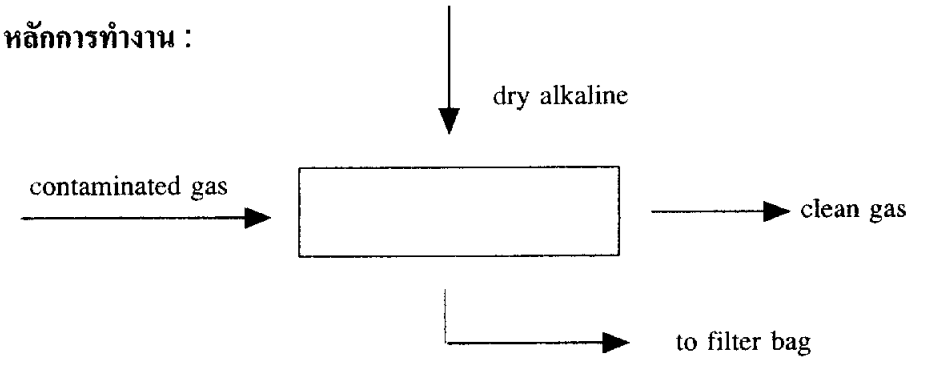
เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่กว่าแบบ wet scrubber, ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตระบบกำจัดก๊าซพิษในอุตสาหกรรมของประเทศชั้นนำต่างๆ กำลังพัฒนาระบบ dry scrubber กันอย่างจริงจัง.

ระบบ dry scrubber ได้เปรียบระบบ wet scrubber หลายประการ เช่น :

- ต้นทุนการสร้างต่ำกว่า เพราะว่า dry scrubber สามารถใช้วัสดุพวก low carbon steel ในขณะที่ wet scrubber ใช้พวกวัสดุประเภททนกรด ทนการกัดกร่อน ซึ่งแพงกว่า.

- Operating cost ต่ำกว่า เพราะใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงประมาณครึ่งเดียวของระบบ wet scrubber.

หลักการทำงาน :



ภาคผนวกที่ 3

ข่าวงานวิจัย เรื่อง การเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออก

สิงหาคม 2532

ข่าวงานวิจัย
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
สิงหาคม 2532

การเก็บรักษาลำไยเพื่อการส่งออก

ลำไยเป็นผลไม้ที่ทำรายได้จากการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย ประเทศนำเข้าที่สำคัญได้แก่ฮ่องกง สิงคโปร์ และมาเลเซีย รองลงมาได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส อังกฤษ ออสเตรเลีย

ลำไยเป็นผลไม้ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นมาก และยังเน่าเสียได้ง่ายที่สุดในบรรดาผลไม้เขตร้อนด้วยกัน ซึ่งทำให้ลำไยที่ส่งถึงปลายทางมักมีคุณภาพไม่ดี หรือมีอายุการจำหน่ายสั้นลง ดังนั้นการแก้ปัญหาในเรื่องนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมส่งออกลำไยทั้งในปัจจุบันและอนาคต

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) โดยห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ได้ทำการศึกษาวิจัยและพบว่าการอบลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไย

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จัดได้ว่าเป็นสารถนอมอาหารที่มีประโยชน์และใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่สมัยโบราณมาจนถึงปัจจุบัน จากผลการวิจัยของ วท. พบว่าการอบลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอัตราความเข้มข้นที่เหมาะสมจะสามารถป้องกันการเน่าเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์และช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือกหัวได้เป็นอย่างดี ตลอดจนลำไยที่ผ่านการอบด้วยก๊าซนี้จะมีสีสันสวยงามขึ้น และอายุการวางจำหน่ายยาวนานขึ้นอีกด้วย ทำให้มีแนวโน้มที่จะส่งลำไยออกขายยังตลาดที่ใช้ระยะเวลาในการขนส่งยาวนาน เช่น การขนส่งทางตู้เรือปรับอากาศ หรือลำไยที่ส่งออกทางเครื่องบิน มีคุณภาพเป็นที่พอใจของตลาดปลายทาง

อัตราการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต้องคำนวณจากปริมาณห้องอบและปริมาณลำไยที่เข้าอบในแต่ละครั้ง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดผลตกค้างในผลลำไยสูงเกินกว่าที่ประเทศนำเข้ากำหนดไว้ นอกจากนี้ภายหลังการอบลำไยในแต่ละครั้งพบว่ายังมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลงเหลืออยู่ภายในห้องอบในปริมาณที่มากพอสมควร ดังนั้นเพื่อป้องกันไม่ให้สภาพแวดล้อมเสียหาย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำจัดก๊าซเหล่านี้ก่อนปล่อยออกสู่อากาศภายนอก ซึ่ง วท. ก็ได้ทำการพัฒนาระบบก๊าซเหล่านี้จนประสบความสำเร็จเรียบร้อยแล้ว

การนำเทคโนโลยีการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาอบลำไยซึ่งมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นนี้ นับว่ามีศักยภาพสูงในการนำมาปฏิบัติใช้ในเชิงการค้า ขณะนี้ วท. พร้อมที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวแก่ผู้ประกอบการส่งออก

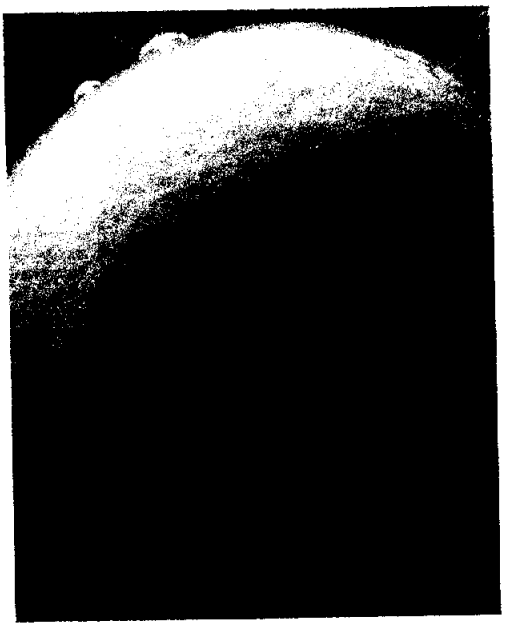
สนใจรายละเอียดโปรดติดต่อห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิจัยอุตสาหกรรมอาหาร วท. โทร. 579-1121-30

ภาคผนวกที่ 4

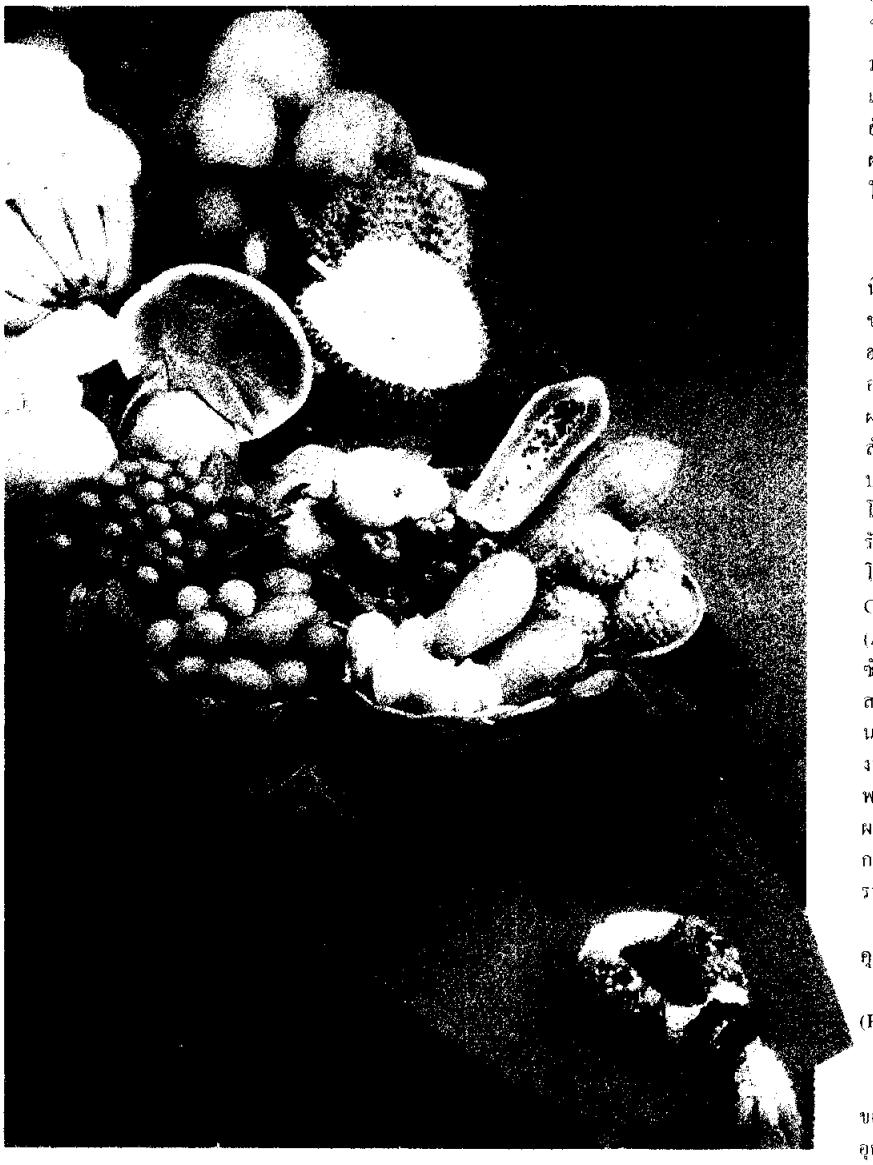
บทความเรื่อง การรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลไม้เพื่อการส่งออก
วารสารผู้ส่งออก ปักษ์หลังพฤษภาคม 2535

พัฒนาผลิตภัณฑ์

การรมควัน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับผลไม้ เพื่อการส่งออก



ผู้ส่งออก ปักษ์หลังพฤษภาคม 2535



นับตั้งแต่ปี 2528 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย หรือ วท. ได้พยายามพัฒนาวิธีการเก็บรักษาลำไยและลิ้นจี่ ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยการดัดแปลงวิธีการรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กับองุ่นสด จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ SO_2 เป็นสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากในอาหาร วิธีการใช้ SO_2 จะช่วยให้สามารถเก็บองุ่นในที่เย็นได้นานถึง 6 เดือน และวิธีการนี้ก็ยังคงเป็นวิธีการที่ใช้กันกับองุ่นของทุกประเทศที่ผลิตองุ่นเพื่อการส่งออก อย่างอาฟริกาใต้ก็ยังมีการใช้ SO_2 กับลิ้นจี่ที่จะส่งไปยังยุโรปโดยทางเรือ

สำหรับลำไยซึ่งเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมและทำรายได้จากการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ โดยมีประเทศที่นำเข้าที่สำคัญคือ ฮ่องกง สิงคโปร์ มาเลเซีย รองลงมาคือ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ออสเตรเลีย แต่เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือ มีอายุการเก็บรักษาสั้น เกิดการเน่าเสียได้ง่าย มีผลทำให้ลำไยที่ส่งถึงประเทศปลายทาง มีคุณภาพไม่ดี จึงทำให้เสียโอกาสทางการค้า วท. ได้ทำการศึกษาวิจัยการเก็บรักษาลำไยโดยวิธีการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจาก Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) ผลของการวิจัยพบว่าการรมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดเป็นวิธีการที่สามารถควบคุมโรคเน่าภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ดี นอกจากนั้นลำไยที่ผ่านการรมควันจะมีสีสันที่สวยงามขึ้น มีอายุการวางจำหน่ายนานขึ้น และเป็นที่พอใจของตลาดในประเทศผู้นำเข้าปลายทาง จากผลสำเร็จในงานวิจัยนี้ วท. ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการรมควันลำไยให้แก่ผู้ประกอบการส่งออกหลายราย ซึ่งก็ประสบผลสำเร็จเป็นที่พอใจ

คุณสมบัติของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

(Properties of sulfur dioxide)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สามารถอยู่ในรูปของก๊าซและอยู่ในรูปของเหลว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดัน เมื่ออยู่ในบรรยากาศปกติ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะอยู่ในรูปของก๊าซ ที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ มีกลิ่นฉุนมีค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) เท่ากับ 2.262 ที่อุณภูมิ 21°ซ.

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 64.06 และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc) จะมีน้ำหนักเท่ากับ 2.618 มิลลิกรัม ที่อุณหภูมิ 25°ซ. นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังสามารถละลายน้ำได้ดีโดยน้ำ 1 หน่วยปริมาตรสามารถละลายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ถึง 45 หน่วยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 15°ซ. ดังนั้นจึงสามารถใช้น้ำเป็นตัวชะล้างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่หลงเหลืออยู่ภายหลังจากการใช้งานแล้ว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของก๊าซสามารถเปลี่ยนสถานะไปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของเหลวได้ เมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำกว่า -10.1°ซ. หรือเมื่อเพิ่มความดันของก๊าซที่ระดับ 2.5 atm. ที่อุณหภูมิ 15°ซ. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของเหลวจะมีลักษณะเป็นของเหลวที่ไม่มีสี ความหนาแน่นเท่ากับ 1.434 ที่อุณหภูมิ 0°ซ. ดังนั้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของเหลว 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จึงสามารถเปลี่ยนสถานะไปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของก๊าซได้ประมาณ 0.5 ลิตร

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO_2) เป็นสารประกอบเคมีชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการถนอมอาหาร ซึ่งมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ยับยั้งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของอาหาร ทั้งที่เกิดขึ้นเนื่องจากเอนไซม์ (Enzyme) และไม่ได้เกิดจากเอนไซม์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารขณะแปรรูป เป็น Reducing agent ซึ่งมีคุณสมบัติในการฟอกสี (Bleaching) เป็นต้น จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายชนิด เช่น การทำแห้งไวน์ เบียร์ อาหารทะเล น้ำตาล แป้ง ผักผลไม้แห้ง น้ำผลไม้ ผลไม้สด เป็นต้น การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมอาหารอาจใช้ในรูปของก๊าซโดยการเผากำมะถันผง หรือจากถังอัดความดัน หรือใช้ในรูปของสารละลาย ดังนั้น การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับอาหารจึงต้องระมัดระวังในเรื่องของอัตราความเข้มข้น ระยะเวลาที่ใช้ ตลอดจนเทคนิคการใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน หรือเกิดผลตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารในระดับที่สูงจนเกินไป นอกจากนี้ปริมาณผลตกค้างที่คณะผู้ชำนาญการขององค์การอนามัยโลก (FAO/WHO) ได้กำหนดค่า ADI (Acceptable Daily Intake) ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ที่ระดับ 0.7 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/วัน

รูปแบบของการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

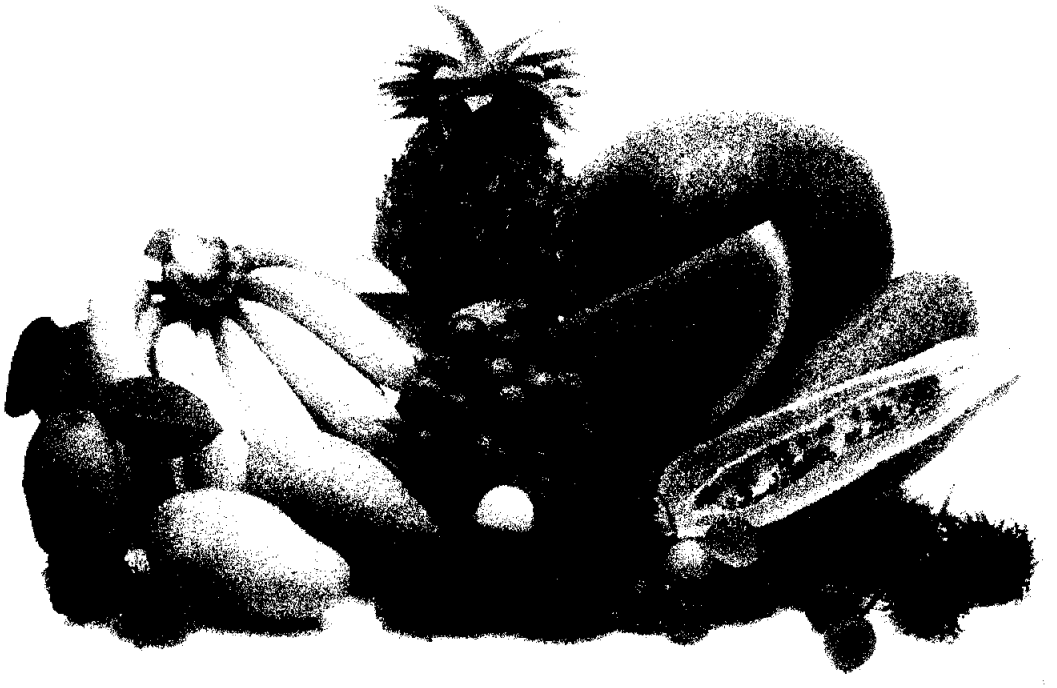
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้มาจากแหล่งที่แตกต่างกัน คือ

- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากการเผากำมะถันผง
- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากถังอัดความดัน
- ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ได้จากการแตกตัวของสารประกอบซัลไฟต์ชนิดต่างๆ

1. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการเผากำมะถันผง

เป็นวิธีที่ง่ายและถูกที่สุดในการเตรียมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำได้โดยการเผากำมะถันผง (S) กำมะถันจะหลอมเหลวละลายและติดไฟ ที่อุณหภูมิประมาณ 250°ซ. โดยจะให้เปลวไฟสีน้ำเงิน จากการคำนวณโดยใช้ปฏิกิริยาเคมี พบว่า เมื่อเผากำมะถัน 1 กรัม จะได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 2 กรัม ซึ่งเทียบเท่ากับ 764 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 25°ซ.

อัตราการเผาไหม้ของกำมะถัน ขึ้นอยู่กับความร้อนที่ใช้ในการเผา ความบริสุทธิ์ของกำมะถันที่ใช้เผาและการหมุนเวียนของอากาศ แต่วิธีการนี้ก็มีข้อเสียคือ เมื่อเผากำมะถันในปริมาณที่มากกว่า 1 กิโลกรัม ภายในระยะเวลาจำกัด จะเผาไหม้ไม่หมด ดังนั้นจึงมีการเติมผงโซเดียมไนเตรต (Sodium nitrate) ในปริมาณ 1-2% ลงไปเพื่อเร่งปฏิกิริยาการเผาไหม้ นอกจากนี้ภาชนะในการเผาไหม้ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยทำให้ปฏิกิริยาการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดีขึ้น เนื่องจากอัตราการเผาไหม้ของกำมะถันขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของกำมะถัน ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ภาชนะที่แบนราบเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว



2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากถังอัดความดัน

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่บรรจุอยู่ในถังอัดความดัน ที่ใช้ในการค้าจะอยู่ในรูปของเหลวที่มีความดันไอ 34.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 21°ซ. ถังที่ใช้เก็บซัลเฟอร์ไดออกไซด์มี 2 แบบ เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน คือ สำหรับใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของก๊าซและในรูปของของเหลว

สำหรับแบบที่ใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในรูปของก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลวจะบรรจุบริเวณส่วนล่างของถัง ในขณะที่ส่วนบนของถังเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของไอ เมื่อจะใช้งานก็เปิดวาล์วที่หัวถัง ซึ่งจะทำให้ความดันภายในถังเปลี่ยนแปลง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของของเหลวจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของไอ เพื่อทดแทนส่วนที่ใช้ต่อไป การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของก๊าซนี้สามารถทำได้สะดวกรวดเร็วและแม่นยำ โดยการวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ออกจากถังโดยตรงโดยใช้โฟลมิเตอร์ (Flow meter) ชนิดลูกลอย อย่างไรก็ตาม การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของก๊าซกับห้องอบที่มีขนาดใหญ่ จำเป็นที่จะต้องใช้ถังอัดความดันหลายถังต่อเข้าด้วยกัน เนื่องจากอัตราการเปลี่ยนสถานะจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในรูปของเหลว ไปสู่สถานะที่เป็นก๊าซของแต่ละถังอยู่ในระดับที่จำกัด

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของเหลว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลวจะถูกบรรจุอยู่ในถังลักษณะเดียวกันกับการบรรจุซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อใช้งานในรูปของก๊าซ แต่บริเวณหัวถังที่มีวาล์วปิดเปิด จะมีท่อต่อลงมาถึงบริเวณก้นถัง เพื่อให้สามารถนำซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของเหลวออกจากถังโดยตรง การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในรูปนี้เหมาะสำหรับห้องอบที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลว 1 หน่วยปริมาตร สามารถเปลี่ยนไปเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปก๊าซ ได้ในปริมาณที่มากกว่า 500 เท่า ของหน่วยปริมาตร การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของเหลว สามารถทำได้โดยผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญเท่านั้น เนื่องจากอยู่ในสถานะที่อันตรายกว่า

เมื่อเปรียบเทียบถึงข้อได้เปรียบเสียของการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในรูปของก๊าซหรือในรูปของเหลวจากถังอัดความดันกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผากำมะถัน แล้วพบว่า การใช้ก๊าซจากถังอัดความดันสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ ตลอดจนมีความสม่ำเสมอในการรมควันมากกว่าการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผากำมะถัน ซึ่งสิ้นเปลืองเวลาในขั้นตอนการเผามากกว่าและมีโอกาสที่จะผิดพลาดได้มากกว่า อย่างไรก็ตามการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากถังอัดความดันจำเป็นที่จะต้องมีต้นทุนเกี่ยวกับอุปกรณ์สูงกว่าและค่าใช้จ่ายในเรื่องราคาของก๊าซจะสูงกว่าวิธีการเผากำมะถันประมาณ 10 เท่า

3. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากสารประกอบซัลไฟต์ชนิดอื่นๆ

สารประกอบซัลไฟต์ (Sulfite agents) หมายถึง สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการให้กำเนิดโมเลกุลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารประกอบจำพวกนี้ประกอบไปด้วยเกลือโซเดียม (Na) เกลือ โพรแทสเซียม (K) และเกลือแคลเซียม (Ca) ของกรด 3 ชนิด คือ กรดซัลฟิวรัส (Sulfurous acid, $H_2S_2O_3$) กรดไฮโดรซัลฟิวรัส (Hydrosulfurous acid, $H_2S_2O_4$ และกรดไพโรซัลฟิวรัส (Pyrosulfurous acid, $H_2S_2O_5$

ในบรรดาสารประกอบซัลไฟต์ต่างๆ มีเกลือของกรดเหล่านี้เพียง 5 ชนิด คือ

Sodium sulfite (Na_2SO_3)

Sodium bisulfite ($NaHSO_3$)

Potassium bisulfite ($KHSO_3$)

Sodium metabisulfite ($Na_2S_2O_5$)

Potassium metabisulfite ($K_2S_2O_5$) ที่ FDA ยอมรับให้อยู่ในบรรดาสารเคมีที่สามารถใช้ในอาหารได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized as Safe, GRAS)

สารประกอบซัลไฟต์ดังกล่าว มักจะอยู่ในรูปของเกล็ดละเอียดสีขาว มีกลิ่นกำมะถันอ่อนๆ ซึ่งเมื่อละลายน้ำหรือได้รับความชื้น จะแตกตัวให้ไมเลกุลของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ประมาณ 70% โดยน้ำหนัก

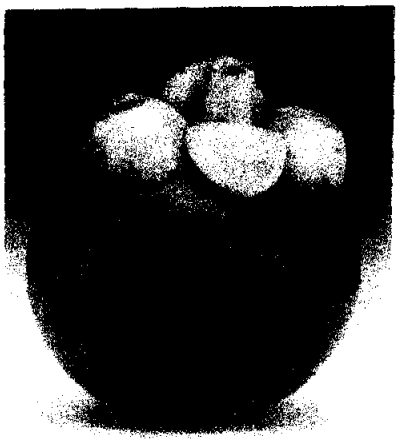
อัตราการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลายที่สารนี้ละลายอยู่ โดยการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นและ pH ลดต่ำลง ซึ่งหมายถึงสารละลายมีความเป็นกรดมากขึ้นนั่นเอง อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติที่ดีของสารเหล่านี้

ความเป็นพิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
(Toxicity of sulfur dioxide)

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีฤทธิ์เป็นกรด สามารถกัดกร่อน (Corsive gas) และเป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ปริมาณพวกเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 4 ppm เราก็สามารถได้กลิ่นแล้ว แต่เป็นเพราะความเคยชินจึงทำให้ไม่รู้สึกว่ามีกลิ่น ปริมาณความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการระคายเคืองตาเท่ากับ 20 ppm Jones, Capps และ Katz (1912) พบว่าถ้าบรรยากาศมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เข้มข้น 200 ppm. (0.02%) ถ้าได้รับนานเกินกว่า 1 นาที จะมีผลทำให้ตาเยื่อบุจมูก คอหอย ปอด เป็นอันตรายได้ Lehmann (1912) พบว่า ถ้าในบรรยากาศมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 500 ppm (0.05%) จะเป็นอันตรายต่อคนถ้าสูดดมนานกว่า 30-60 นาที ถ้าในบรรยากาศมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกินกว่า 1000-2000 ppm (0.1-0.2%) จะทำอันตรายถึงตายได้ ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดที่สามารถทนได้นานหลายชั่วโมง โดยไม่ก่อให้เกิดการระคายประมาณ 10 ppm

ระดับความเป็นพิษภายหลังจากบริโภคอาหารที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารซัลไฟต์ที่เติมลงไป ปริมาณซัลไฟต์อิสระที่ตกค้างในอาหาร และความไวต่อสารซัลไฟต์ของผู้บริโภค ปกติในร่างกายของคนจะมีเอนไซม์ Sulphite Oxidase ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการออกซิไดส์สารซัลไฟต์ทั้งที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย และรับเข้ามาจากภายนอกไปเป็นซัลเฟต ซึ่งไม่มีพิษต่อร่างกาย และถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ เอนไซม์นี้พบมากในตับ ไต และหัวใจ จากรายงานอาการความเป็นพิษ จะปรากฏอาการหายใจติดขัด ปวดท้อง เวียนศีรษะ อาเจียน อุจจาระร่วง ความดันโลหิตลดต่ำลง เป็นลมพิษ ในผู้ที่แพ้อย่างรุนแรงจะปรากฏอาการช็อก หมดสติ และเสียชีวิตในที่สุด ซึ่งมักเกิดขึ้นกับผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืด จากการศึกษาในคนพบว่า การรับโซเดียมซัลไฟต์ในปริมาณ 4-5.8 กรัมต่อวัน จะเกิดอาการปวดท้อง และอาเจียน ส่วนผู้ที่สัมผัสหรือสูดดมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีความเข้มข้นตั้งแต่ 10 มก./กก. ขึ้นไป จะเกิดอาการระคายเคืองตา โพรงจมูกคักเสบ หลอดลมอักเสบ และระบบทางเดินหายใจส่วนบนอักเสบ

วิธีวิเคราะห์ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหารมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสม และข้อจำกัดในการตรวจวิเคราะห์แตกต่างกันไป เช่น การไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานไอโอดีน วิธีนี้ดูการเกิดสีน้ำเงินของน้ำแป้ง เป็นจุดยุติของการไทเทรต วิธี Modified Monier-Williams เป็นวิธีวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งหมดที่มีอยู่ในอาหาร โดยกลั่นตัวอย่างในสภาวะเป็นกรดเป็นเวลานาน 1.75 ชั่วโมง และวิธี Modified Rankine เป็นวิธีการวิเคราะห์หาซัลไฟต์อิสระ และซัลไฟต์ไม่อิสระ โดยกลั่นตัวอย่างในสภาวะเป็นกรดที่ 0 องศาเซลเซียส และกลั่นในขณะร้อนจนถึงเป็นเวลานาน 30 และ 10 นาที ตามลำดับ



อาหารที่พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีหลายชนิด ในระดับปริมาณต่างๆ กัน บางชนิดมีข้อกำหนดปริมาณสูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่อนุญาตให้มีได้ในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) เรื่องวัตถุเจือปนในอาหาร แต่ส่วนใหญ่ยังไม่มีข้อกำหนดปริมาณการใช้ เช่น ในผักและผลไม้ดองพบปริมาณอยู่ในระหว่าง 1.3-394.9 มก./กก. ในผลไม้แช่อิ่ม ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 0.4-1,229.2 มก./กก. ในผักสดพบในขิงหั่นฝอยเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 180.8 มก./กก. เป็นต้น ส่วนในน้ำตาลปี๊บ พบว่าส่วนใหญ่มีปริมาณค่อนข้างสูง บางตัวอย่างสูงถึง 2,646.8 มก./กก. สารซัลไฟต์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นโซเดียมไฮโดรซัลไฟต์ ซึ่งเป็นสารที่ยังไม่อนุญาตให้ใช้เจือปนในอาหาร

ถึงแม้ว่า Food and Drug Administration (FDA) ประเทศสหรัฐอเมริกาให้การยอมรับว่า สารในกลุ่มซัลไฟต์ดังกล่าวข้างต้น เป็นสารที่ปลอดภัยในการใช้เจือปนในอาหาร มาตั้งแต่ปี 1959 แต่ในปัจจุบัน FDA ได้ยกเลิกสถานะดังกล่าว ในกรณีใช้ในผักและผลไม้สด โดยให้มีผลใช้บังคับ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 1986 และประกาศห้ามใช้ในมันฝรั่งสดและผลิตภัณฑ์ในปี 1987 ส่วนอาหารที่ผ่านกรรมวิธีการผลิต ซึ่งมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตั้งแต่ 10 มก./กก. ขึ้นไปจะต้องแสดงฉลาก โดยให้มีผลใช้บังคับในเดือนมกราคม 1987 นอกจากนี้ คณะผู้เชี่ยวชาญของ FAO/WHO ทางด้านวัตถุเจือปนอาหารกำหนดค่า Acceptable Daily Intake (ADI) ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ที่ระดับ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน

การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวก่อให้เกิดผลทั้งทางบวกและทางลบในกรณีของมุดูการส่งลำไยปีที่ผ่านมา ที่ปรึกษาการพาณิชย์ ณ ประเทศสิงคโปร์ และกรุงกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย ได้แจ้งข่าวใน นสพ. ประเทศของเขาว่า ลำไยสดนำเข้าจากประเทศไทยไม่ปลอดภัยสำหรับบริโภค เพราะมีสาร SO_2 และสารอื่นบนผิวเปลือกของลำไยในปริมาณสูง ทำให้ประเทศทั้งสองเพิ่มมาตรการการนำเข้าที่เข้มงวดยิ่งขึ้น และอาจจะห้ามนำเข้าลำไยสดจากไทย อย่างไรก็ดีในเวลาต่อมาประเทศทั้งสองได้มีการแจ้งให้ทราบข้อกำหนดเกี่ยวกับสารเคมีที่อนุญาตให้ใช้ได้ในอาหารและผลไม้สด

จากปัญหา กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ได้เชิญหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องร่วมกันพิจารณาหาแนวทางแก้ไข เพื่อหาวิธีป้องกันปัญหาในมุดูการส่งออกปี 2535 คาดว่าจะมีผลผลิตลำไยเป็นจำนวนมาก และควรจะหาตลาดส่งออกให้ได้มากที่สุดเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร จากผลการประชุมหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องมีความเห็นว่า การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์รมควันลำไยสดเพื่อการส่งออกนั้น ควรให้อยู่ในขอบเขตที่จำกัด และเป็นไปโดยวิธีการที่ถูกต้องในปริมาณที่เหมาะสม

โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับของตลาดนำเข้า จะช่วยให้ประเทศของเราสามารถส่งออกลำไยสดได้อย่างมีคุณภาพ และครองตลาดได้ตลอดไป

ภาคผนวกที่ 5

Postharvest Handling

of Tropical Fruits

Postharvest Handling of Tropical Fruits

Proceedings of an International Conference

held at Chiang Mai, Thailand, 19-23 July 1993

Editors: B.R. Champ, E. Highley, and G.I. Johnson

Sponsors :
Department of Agriculture, Thailand
Chiang Mai University
ASEAN Food Handling Bureau
Australian Centre for International Agricultural Research

Sulfur Dioxide Fumigation in Postharvest Handling of Fresh Longan and Lychee for Export

Sing Ching Tongdee*

Abstract

Sulfur dioxide (SO_2) applied as a fumigant effectively controlled saprophytic surface fungi and prevented skin browning, two of the major postharvest problems of harvested fresh longan and lychee. A standardised procedure using gaseous SO_2, whereby a ratio of 5:1 between the free space volume (mL or L) of the fumigation chamber and fruit weight (g or kg) was employed.

The effect of SO_2 on surface growth of fungi, SO_2 injury to the rind, and SO_2 residue levels in the treated fruit depended on the concentration of SO_2 applied, and varied with cultivar, particular crop, and the duration of fumigation. From 30–65% of applied sulfur dioxide was absorbed by the fumigated fruit. Maximum efficacy was obtained when whole fruit residues immediately after fumigation were 200–350 ppm. Residue levels decreased rapidly during the first two days after fumigation. Residues were concentrated in the skin. Levels in the fruit aril were very low. A maximum residue level (MRL) of 30 ppm for the fruit aril is proposed.

There is scope for a choice of application system for commercial fumigation facilities. The system used at present for longan employs an initial fumigation using a high concentration of SO_2 for a short duration, allowing an operator to treat more than one chamber load per night. Whatever the application system, fumigation facilities must include a scrubbing system to reduce the operator and environmental hazards associated with the use of SO_2.

During the 1991 and 1993 seasons, a range of SO_2 slow-release pads was developed at the Thailand Institute for Scientific and Technological Research (TISTR). These are suitable for the control of skin browning and disease in lychee and longan during a range of storage and transportation times. There is now the potential for a European market accessible by sea for Thai lychees and longans.

SULFUR dioxide (SO_2) is one of the most widely used food preservatives. The fumes of burning sulfur were used by the ancient Egyptians and Romans to sanitise wine vessels, an application which continues to this day in a more controlled manner. Sulfiting agents such as sulfur dioxide, sodium and potassium metabisulfite, and sodium and potassium sulfite have been used in food. The sulfites display a wide range of useful effects in food, including inhibition of non-enzymatic browning (the formation of mellanoidin pigments), as an antioxidant, and as a reducing agent by inhibition of various enzymatic catalysed reactions (notably enzymatic browning involving oxidation of phenolic compounds present in food), and inhibition and control of microorganisms. Their control of browning and antimicrobial effects maintain the quality and nutritional value of food. A partial list of sulfited food is provided in Tables 1 and 2 (Taylor and Bush 1986).

Sometimes sulfites are condemned as cosmetic additives added merely to improve the physical appearance of the finished products, particularly in their restaurant application in salad bars. It is this application that has been the most problematic, since the sulfite added to lettuce remains in free inorganic form not in a bound form as occurs with other fruit and vegetables (Martin et al. 1986). While scientific panels continue to judge sulfites as safe for the majority of consumers, considerable concern has arisen regarding the potential hazards faced by sulfite-sensitive individuals, who are almost exclusively severe asthmatics. The threshold for sulfite sensitivity varies among individuals and the type of food, ranging from about 3 mg to 120 mg SO_2 equivalent. A joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives applied a 100-fold safety factor, and estimated the acceptable daily intake (ADI) for humans at 0.7 mg/kg of body weight/day (cited by Taylor and Bush 1986). A selection of particular meals can result in considerably higher sulfite intakes. However, exceeding the ADI in this manner would result in no harm to normal individuals unless done on a regular basis.

* Postharvest Technology Laboratory, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, 196 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

Table 1. Estimated total SO_2 levels as consumed in some sulfided foods

Food	Total SO_2 (ppm)
>100 ppm	
Dried fruit (excluding dark raisins, prunes)	1200
Lemon juice (non-frozen)	800
Salad bar lettuce	400–950
Lime juice (non-frozen)	160
Wine	150
Molasses	125
Sauerkraut juice	100
50–99.9 ppm	
Dried potatoes	35–90
Grape juice (white, white sparkling, sparkling, red sparkling	85
Wine vinegar	75
Gravies, sauces	60
Fruit topping	60
Maraschino cherries	50
10.1–49.9 ppm	
Pectin	>10–50
Shrimp (fresh)	>10–40
Corn syrup	30
Sauerkraut	30
Pickled peppers	30
Pickled cocktail onions	30
Pickles/relishes	30
Corn starch	20
Maple syrup	20
Imported jams and jellies	14
Fresh mushrooms	13
<10 ppm	
Malt vinegar	10
Dried cod	10
Canned potatoes	10
Beer	10
Dry soup mix	10
Soft drink	<10
Instant tea	<10
Pizza dough (frozen)	<10
Pie dough	<10
Sugar (esp. beet sugar)	7
Gelatin	6.6
Coconut	5
Fresh fruit salad	5
Domestic jams and jellies	5
Crackers	5
Cookies	5
Grapes	1–5
High fructose corn syrup	3

Source: The re-examination for the GRAS status of sulfiting agents. January 1985. Life Science Research Office. Federation of American Societies for Experimental Biology. Total SO_2 level based on Monier-Williams assay.

Table 2. Suggested sulfur dioxide levels in dried vegetables and fruit

Food	SO_2 (ppm)
Beans	500
Cabbages	1000–2500
Carrots	500–1000
Peas	300–500
Potato granules	250
Potato slices	200–400
Corn	2000
Apples	1000–2000
Apricots	2000–4000
Peaches	2000–4000
Pears	1000–2000
Raisins	1000–1500

In 1986, the U.S. Food and Drug Administration proposed two regulations relating specifically to sulfites (FDA 1986a,b). One requires the declaration of sulfites on the label when the residual sulfite exceeds 10 ppm as total SO_2. The second regulation rescinded the generally recognised as safe (GRAS) status for sulfites for use on fruit and vegetables in the raw state, including the direct use of sulfite in salad bars. Allowable SO_2 levels of selected food items in selected countries are given in Table 3 (Anon. 1992). Foods for which no regulatory standards exist are also allowed to contain sulfites. However, this provision excludes meat, fish, poultry, and foods recognised as a source of thiamine (Hadziyev 1988).

In summary, there is reason for concern about sulfite use in food. However, the use of good manufacturing practice and labelling may be sufficient to control existing hazards for sulfite-sensitive asthmatics.

Use of Sulfur Dioxide on Fresh Grapes

SO_2 was used in California in the 1920s to prevent decay and fermentation of wine grapes. However, it took several years, until 1931–1932, to develop a satisfactory fumigation program for table grapes (Pentzer et al. 1932). An initial gas treatment was developed which effectively controlled decay during the 8–10 days required to transport the refrigerated fruit to eastern markets (Harvey 1955). Later (1956–1959), the treatment schedule was expanded to include periodic refumigations for grapes held in storage up to 6 months (Harvey 1956; Ballinger 1985). It became a standard practise in California to apply the initial fumigation the same day that the grapes are harvested.

SO_2 fumigation of grapes is aimed primarily at controlling decay caused by fungi. The treatment sterilises the berry surface. SO_2 is also beneficial to the stems, causing them to bleach slightly and retain a light green colour (Harvey 1977). With the exception of grapes,

Table 3. Allowable SO_2 levels (ppm) in food in selected countries

Country	Food	Allowable SO_2 levels
Canada	Dried fruit and vegetables	2500
	Beverages	70 (free)
	Wines	350 (total)
	Beer	15
	Sweeteners	
	corn syrups and molasses	500
	dextrose	20
	Tomato paste and products	500
	Fresh fruit	0
Hong Kong		350
Malaysia	Dried fruit	2000
	Fruit juice (conc.)	350
	Wines	450
	Ginger (direct consumption)	140
	Ginger (dry root)	150
	Glucose syrup	300
	Glucose	40
	Fresh fruit	0
Singapore	Dried fruit and vegetables	2000–3000
	Fruit (other than fresh fruit)	350
	Fruit juice (conc.)	350
	Fruit juice (direct)	120
	Wine	300
	Ginger (dry root)	150
	Sugar or sugar syrups	70
	Tomato pulp and products	350
	Yoghurt, fruits	60
	Fresh fruit (pulp)	0
Japan	Standards of usage for foods in general	30
The Netherlands		100 (not exceeding 300 at the exporting countries)
France	Fresh lychee	30 (temporary level considering to lower to 10)
USA	Fresh grape	10

most other fresh fruits are easily injured by SO_2. When applied incorrectly, SO_2 may also cause various degrees of injury to grapes. Thus, they should be exposed to only the minimum quantity of gas needed.

A number of systems for treating fresh grapes has been developed over the years (Nelson and Gentry 1966, 1968; Nelson 1970; Harvey and Vota 1978). The systems most commonly employed are: an initial high concentration–short duration SO_2 fumigation followed by subsequent periodic fumigation at a slightly lower concentration; the use of SO_2 slow-release pads enclosed in the fruits boxes (Anon. 1981); and a continuous trickle system at a low level of SO_2 for long-term storage (Dahlenburg et al. 1979).

Postharvest Handling of Longan and Lychee and the Use of Sulfur Dioxide in Maintaining Fruit Qualities

Longan and lychee are probably two of the most perishable of tropical fruits. There are two areas in the postharvest handling chain of longan and lychee which deserve special attention. Firstly, precooling should be applied to remove field heat and provide effective tem-

perature management during transportation. This enables maintenance of fresh quality and flavour, reduces desiccation, and prevents browning of the rind. Secondly, effective postharvest fungicidal treatment is needed to prevent fruit decay.

Both longan and lychee are non-climacteric fruit which exhibit, at 25°C, a moderate rate of respiration (30–45 mL CO_2 /kg/hour), and a low rate of ethylene production (less than 0.1 µL/kg/hour) (Tongdee et al. 1982). However, both fruits deteriorate rapidly after harvest. Shelf life at room temperature (30°C) is less than 72 hours (Campbell 1959). One of the major problems at high temperatures and humidities is the growth of saprophytic fungi, mainly *Botryodiplodia* spp., on the fruit surface (Prasad and Bilgrami 1974). At a low relative humidity, deterioration by decay is reduced, but the fruit loses its freshness. The rind turns brown, dry, and brittle, and the aril wilts and shrivels. The rot problem is reduced but not entirely eliminated by cold storage. Fruit stored at 5–7°C also suffer from chilling injury, indicated by browning of the rind, and upon removal to ambient temperatures, the injured fruit are more susceptible to fungal infection (Tongdee et al. 1982).

Earlier attempts to develop postharvest treatments for longan and lychee (Morevil 1973; Akamine and Goo 1977; Swarts and Anderson 1980; Scott et al. 1982; Johnson 1989;) including an adaptation of SO_2 fumigation procedures used for fresh table grapes (Roth 1963, cited in Nip 1988; Hu and Liu 1979) were either ineffective or resulted in the development of off-flavour.

However, by 1984, reports from South Africa were saying that sulfur fumigation was effective in controlling decay and preventing browning of fresh lychee (Swarts 1985), and exporters in South Africa were able to successfully ship large volumes of lychee by sea to Europe.

Application of Sulfur Dioxide for Longan and Lychee by the Initial Fumigation System and its Commercial Application in Thailand

In the fumigation system, SO_2 gas is added to an enclosure in order to control or eliminate undesirable microorganisms. The most appropriate system for longan under the present handling system in Thailand, where the transportation period is less than 2 weeks to major longan importing countries, is the high concentration–short duration fumigation system. The development of such a fumigation system also takes into consideration the scale of operations, compatibility with the existing handling, packaging, and marketing systems, and socioeconomic circumstances in Thailand.

Gaseous SO_2 from vaporising liquid SO_2 held in pressurised cylinders was used as a source of SO_2 in all experimental work carried out at the Thailand Institute for Scientific and Technological Research (TISTR). For small- scale fumigation, plastic surgical syringes were used to withdraw SO_2. Nonabsorptive glass or plastic containers were used as fumigation chambers. For large-scale work, fumigation chambers made of either stainless steel (capacity 0.5 m^3) or formica-lined plywood (capacity 1.7 m^3) were used and a precision flowmeter used for introducing SO_2 into the chamber.

For consistency and reproducibility, a standardised fumigation procedure was used where the ratio of fruit weight and the free-space volume of the fumigation chamber was maintained at 1:5. Separate indices were established to indicate the degree of fungal growth on the fruit surface and SO_2 injury of the rind. SO_2 was assayed by a modified Monier-Williams method. For a small fumigation container, residual headspace SO_2 at the end of fumigation was determined by subjecting the container to a continuous airflow for about 30 minutes and trapping the outflow air in a 3% hydrogen peroxide solution containing an indicator. The SO_2 in the trap was titrated with alkali and quantified. For a large chamber, final headspace SO_2 concentration was determined by portable SO_2 detector tube (Drager tube). For commercial operations, SO_2 was generated by burning sulfur heated by an external electric source. Most fumigation rooms were made of formica-lined plywood.

The effect of 20 minutes fumigation with SO_2 on fungal growth and symptoms of SO_2 injury on the rind depended on the application rates, as illustrated for lychee cv. Honghuai and longan cv. Do in Figures 1 and 2. Fungal growth or rotting was effectively controlled at high application rates. Symptoms of SO_2 injury occurred at intermediate concentrations and resulted in a far more extensive fungal growth on the surface of the fruit than found on the non-fumigated control. *Botryodiplodia* spp. remained the predominant fungi on the surface of fruit fumigated at below a minimum rate. The main symptoms of SO_2 injury on lychee immediately after fumigation was an uneven bleaching of the rind which developed into irregular reddish-brown spots, circles, or lines by 24 hours. As the application rate increased, there was a uniform bleaching of the rind, its colour changing from red to creamy yellow.

On longan the symptoms of SO_2 injury, indicated by irregular brown circles or lines, became apparent on the underside of the rind 2 days after fumigation. Uniform bleaching of the rind of longan fruit, at higher application rates, resulted in an attractive pale-brown colour. However, at excessively high application rates, the aril turned from shiny and translucent to dull white in both longan and lychee and an off-flavour became apparent. The aril of fumigated fruit turned pinkish. This was especially noted on the stem end of longans after 10 days or longer in storage. Recontamination occurred during long-term storage with *Penicillium* sp. becoming the predominant flora on the fruit surface.

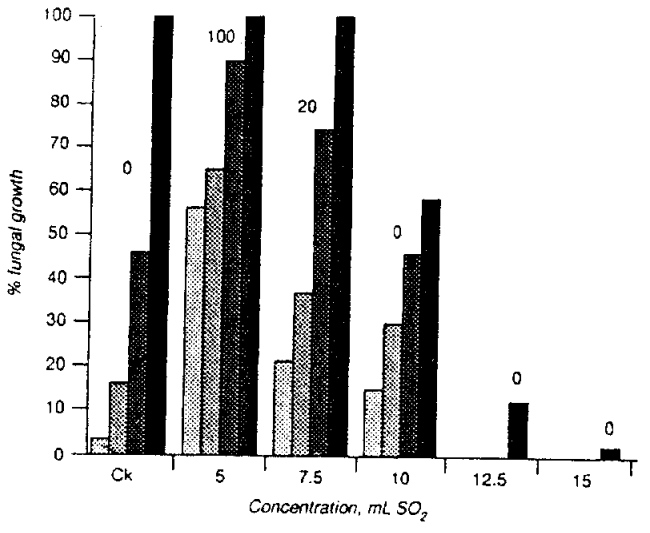


Figure 1. Effect of SO_2 fumigation concentrations on surface fungal growth on lychees. Columns within each treatment represent fungal growth assessed in sequence on days 7, 9, 10, and 11. Values above each column indicate SO_2 injury (%).

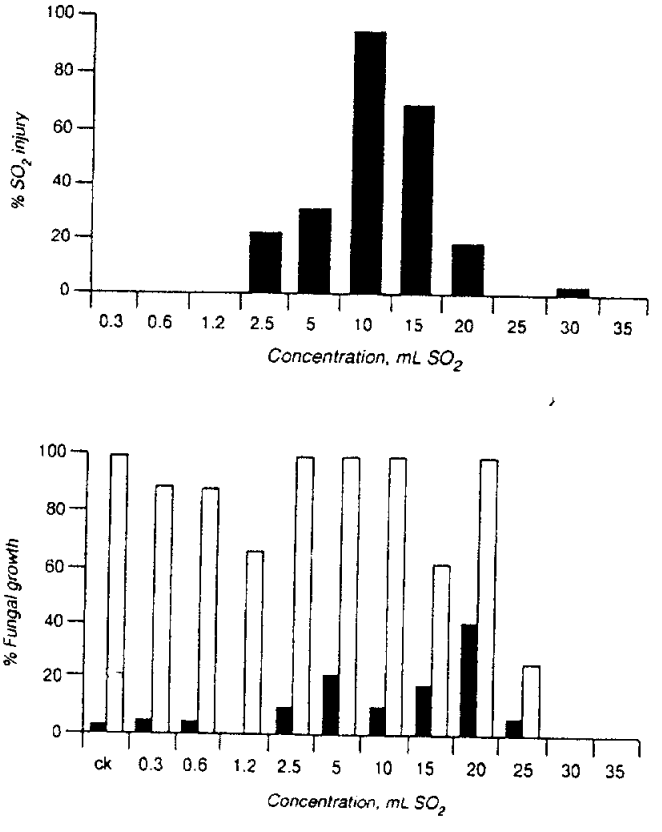


Figure 2. Effect of SO_2 fumigation concentrations on SO_2 injury and surface fungal growth on longans. Columns in treatments ck to 10 mL represent fungal growth assessed on days 4 (■) and 7 (❑), and in 15–35 mL assessed on days 6 (■) and 8 (❑).

SO_2 residues increased with length of fumigation (Fig. 3). Applied SO_2 was found mainly on the rind. Residue levels at 100 ppm showed evidence of partial inhibition of fungal growth. Due to SO_2 injury occurring at shorter fumigation duration, a minimum of 20 minutes was required. Immediately after fumigation, residue levels ranged from 150–400 and 1200–3200 ppm for the whole fruit and the rind, respectively (Figs 4 and 5), depending on the application rates. Residue levels declined with storage by approximately 50% during the first 2 days. Seven days after fumigation, fruit maintained residue levels of 35–100 and 150–800 ppm for the whole fruit and the rind, respectively, depending on the application rates. The aril had few or only trace residues. There was a slight increase in residue levels in the aril with storage. This increase was also noted in lychee (data not shown). The effects of several pre- and post-fumigation treatments on longan, including aeration or washing, had little effect on SO_2 residues assayed immediately after fumigation (Table 4).

In a series of carefully executed and analysed experiments on lychee, SO_2 levels were assayed periodically to determine the effect of various post-fumigation treatments, including the use of an acid dip for colour improvement of fumigated lychees. Residue levels on the rind showed significant differences, supporting the theory of a carryover effect: the migration of SO_2 from the rind to the aril. It is probable that the aril, affected by the carryover SO_2 on the rind, remains as though subjected to continuing fumigation by SO_2. Thorough aeration to reduce the SO_2 levels in the rind of the fruit after fumigation is thus strongly recommended.

Table 4. Effect of pre- and post-fumigation treatment on SO_2 residues (ppm) in longan

Treatment	Whole	Rind	Aril
Standard fumigation treatment	160	1280	0
Pre-fumigation treatment			
wet fruit	185	1120	3
air drying of wet fruit	190	1360	0
Post-fumigation treatment			
aeration	150	1340	2
washing with water having pH adjusted at:			
pH2	160	1300	0
pH4	170	1360	<1
pH7	145	1200	0
pH12	170	1360	0

A linear relationship exists between application rates and residue levels (whole fruit basis) of fumigated fruit (Fig. 4) and the respective final residual SO_2 concentrations in the headspace (final concentration) of the fumigation chamber (Fig. 6). For longan fumigated at a recommended rate of 200–300 mL SO_2/kg of fruit, SO_2

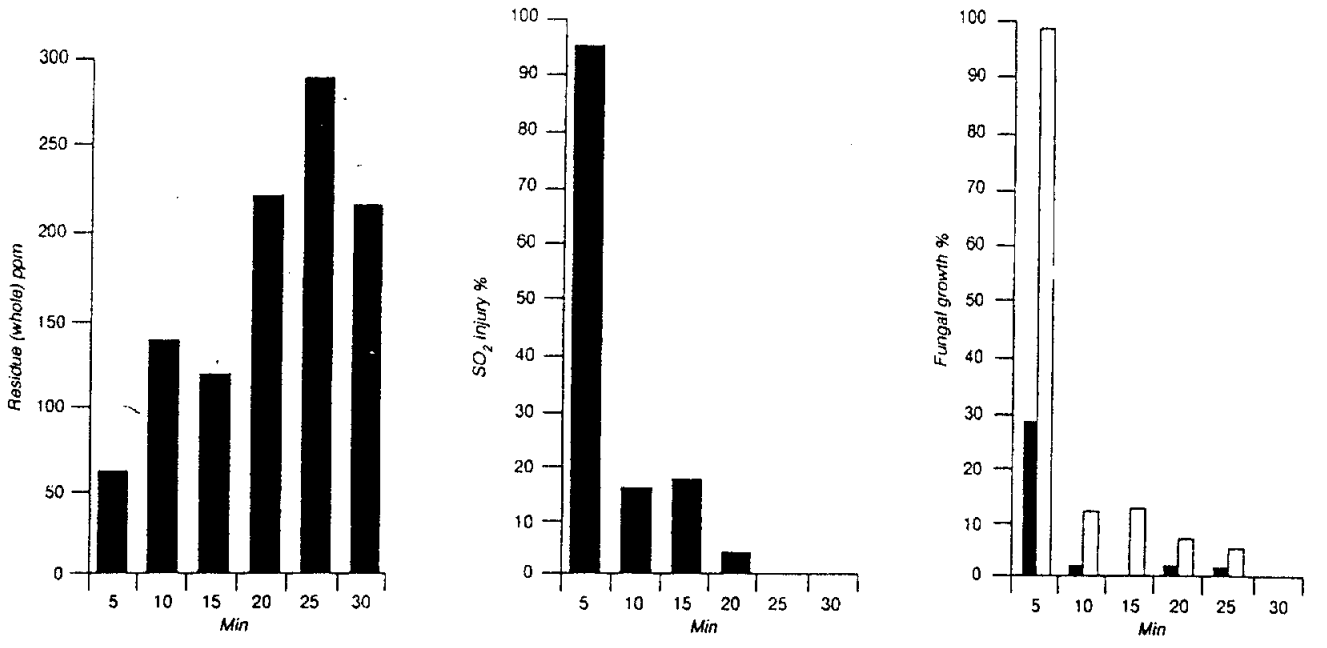


Figure 3. Effect of fumigation exposure periods on SO_2 residues (whole fruit), surface fungal growth, and SO_2 injury of longans. Residues were analysed immediately after fumigation. Columns in each treatment represent fungal growth assessed on days 4 (■) and 7 (□).

residues ranged from 200–300 ppm and 1500–2500 ppm (data shown in Fig. 5) for the whole fruit and the rind, respectively. At such a rate, SO_2 concentration remaining in the chamber at the end of the fumigation period was about 1.5%. The recommended rate for lychee cv. Honghuai and cv. Emperor is 75–125 mL SO_2/kg and for cv. Khom, 125 mL SO_2/kg, and the residential headspace SO_2 concentrations 0.3–0.45 and 0.65%, respectively. A linear relationship between application rates and sorption of SO_2 by the fruit, calculated from the difference between the SO_2 applied and the remaining headspace SO_2 in the chamber, is illustrated in Figure 7. Figure 8 plots SO_2 residues obtained by theoretical calculation and by direct SO_2 assaying. Some 30–65% of applied SO_2 can be accounted for. Our results indicate that there are important equilibria between the amount of SO_2 applied, and sorption of the fruit, and the SO_2 residues detected on the fruit.

Correct fumigation requires the establishment of an SO_2 concentration sufficiently high to result in an effective SO_2 level on the rind, thus providing a desirable degree of control of fungal growth on the fruit surface throughout the marketing period. The concentration should be such as to avoid SO_2 injury symptoms on the rind, tainting of the aril, and unnecessarily high residue levels. A high level of SO_2 on the rind appears to sterilise the fruit surface, as indicated by the occurrence of recontamination on longan and lychee fruit with storage, where *Penicillium* sp. rather than *Botryodiplodia* spp. became the predominant fungus on the fruit surface.

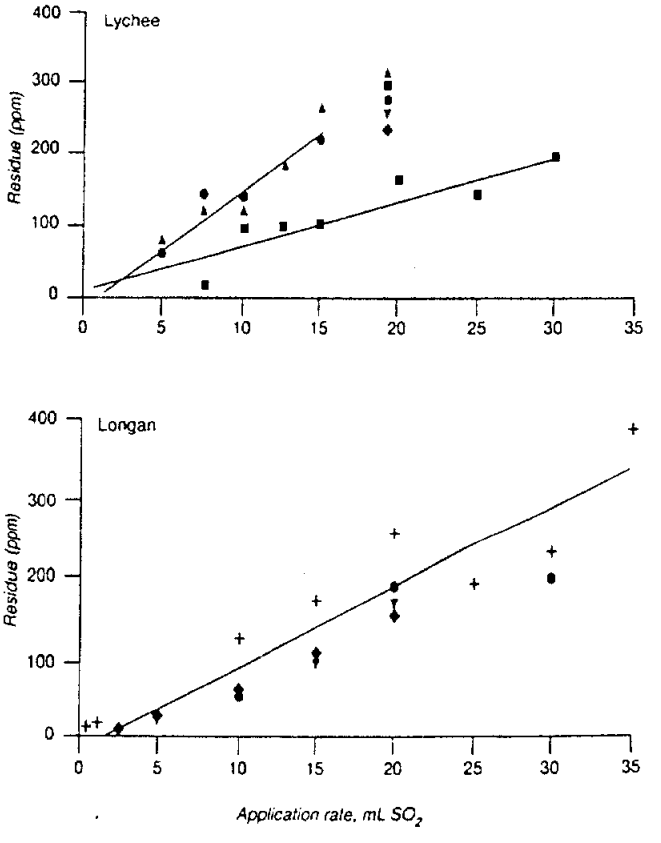


Figure 4. Relationship between SO_2 application rates and SO_2 residues (whole fruit) of fumigated lychees (cv. Honghuai and Khom) and longans (cv. Do).

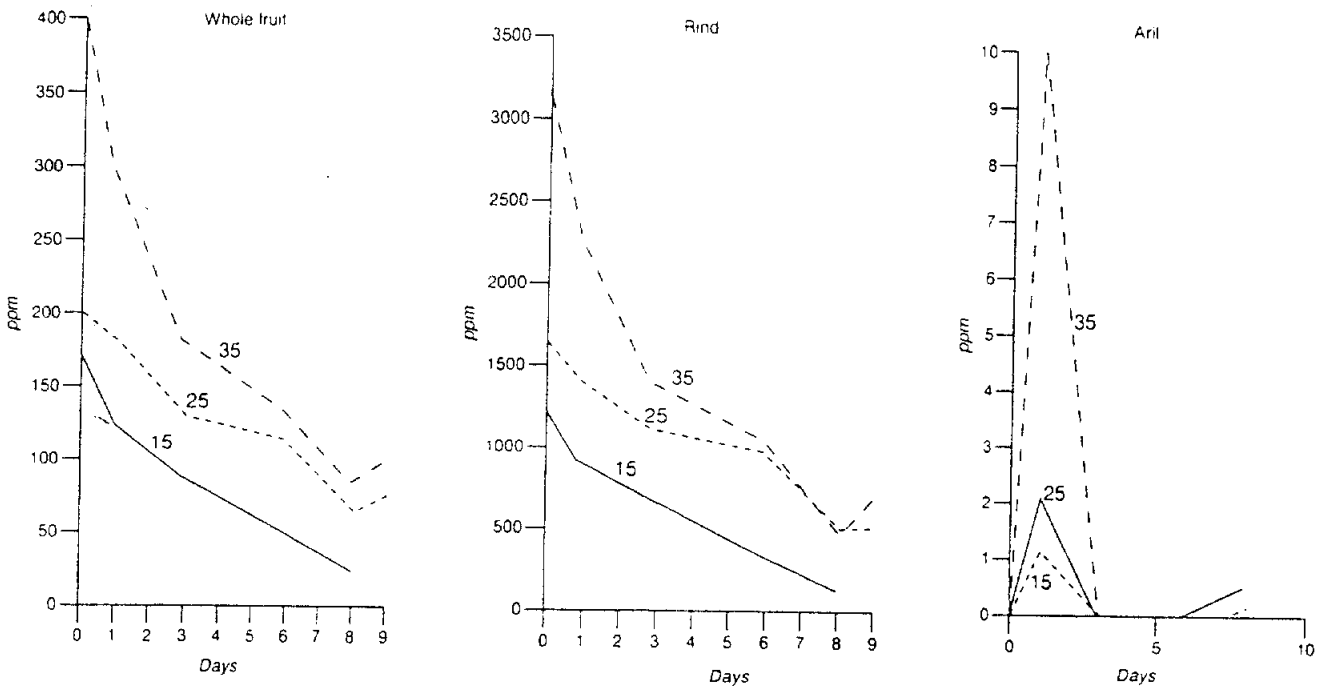


Figure 5. SO_2 residues on fumigated longan fruit stored at 22°C. SO_2 application rates (mL/kg) indicated on curves.

Variations from standard fumigation procedures are often unavoidable during commercial operations. For example, when burning sulfur is used as a source of SO_2, the SO_2 concentration increases gradually in the chamber. Splitting the SO_2 gas injection was used to simulate such a condition in our test chamber. Table 5 indicates that longan fruit receiving split SO_2 injections had residue levels similar to those having one injection, provided sufficient fumigation time after the last injection was allowed. Timing of fumigation duration (a minimum of 20 minutes) should begin only when sulfur has been completely burnt.

Table 5. Comparison of single and split application of SO_2 on residue levels (ppm) in longan

Application method	Whole fruit	Rind	Aril
30 mL for 20 min	320	1950	1
30 mL for 40 min	370	2250	8
15 mL for 10 min plus 15 mL for 10 min	210	1350	<1
15 mL for 20 min plus 15 mL for 20 min	340	2050	2
3 mL for 2 min, applied 10 times	200	1300	1

Table 6 illustrates residue levels of longan samples from subsequent scale-up experiments where fruit were fumigated at a recommended rate using a large fumigation chamber. Residues determined immediately after fumigation showed a consistent agreement with the experimental data obtained in glass jars. The dosage of SO_2 to be administered into a fumigation chamber depends upon: (1) the sorption of the fruit and the amount to be fumigated; (2) the size of the room or, more precisely, the free-space in the room; and (3) the

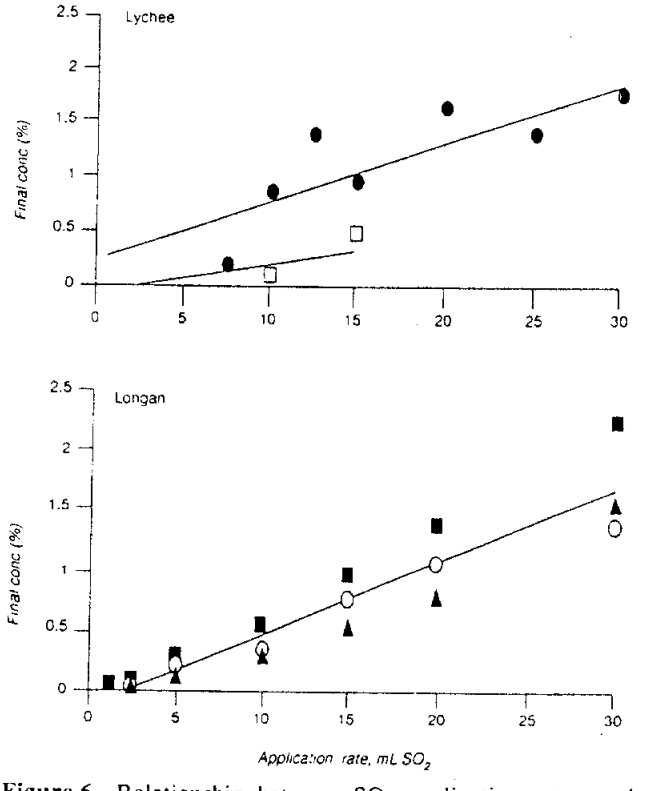


Figure 6. Relationship between SO_2 application rates and SO_2 sorption by lychees (cv. Honghuai and Khom) and longans (cv. Do).

Table 6. Maximum SO_2 residue levels (ppm) estimated from logan fruit samples in a scale-up trial

Sample no.	Day 0[a]			Day 1			Day 2		
	whole	rind	aril	whole	rind	aril	whole	rind	aril
1	280	1850	6	180	1300	14	140	920	4
2	230	1730	7	160	1320	5	130	1010	5
3	380	2650	20	240	1590	31	150	1080	7
4	290	1950	11	210	1440	8	130	880	4
5	280	1960	8	160	1210	9	150	1040	12
6	270	2050	10	200	1330	14	140	960	6
7	260	1820	8	180	1150	13	110	900	5
8	230	1690	7	190	1350	8	130	880	10
9	260	1940	4	150	1190	4	120	1100	8
10	260	1840	7	180	1290	20	–	–	–
Calculated MRL	565	3970	20	400	2740	30	300	2100	15

[a] Residues analysed immediately after fumigation at a recommended rate for longan

sorption by containers and packaging materials and the room surface, and losses through leakage. Allowances will also have to be made for the fruit stalks which were found to be more absorbent than the fruit (data not shown). The quantity of SO_2 needed is a combination of the space dosage (S) and the commodity dosage (M). The weight of SO_2 required can be calculated from the following equation:

$$\text{weight of } SO_2 \text{ (g)} = S + M = (A \times B \times C) + (D \times E)$$

where A = the concentration of SO_2 to maintain %
B = the free space in the room, in litres
C = weight (in g) of 1 L of SO_2, at 30°C, 2.574 g/L
D = weight of fruit, in kg
E = sorption of fruit, in g/kg

and weight of sulfur to be burnt = weight of $SO_2/2$.

Thai longan exporters began to use the sulfur treatment commercially in 1989. It is now in widespread use. SO_2 residues were monitored on samples taken from many trials and commercial shipments during 1989–91. There was great variation in residue levels in samples taken from different fumigation facilities (Table 7) and at various postharvest handling stages (Table 8). In 1991, fumigated longans also began to appear on, and were well received by the domestic market. In anticipation of wider use of this technology, a code of 'good agricultural practices' was drawn up in 1992 by TISTR. It is essentially a quality assurance scheme covering:

1. inspection and certification of fumigation facilities;
2. fumigation process and post-fumigation operational control; and
3. residue monitoring, reporting, and labelling.

Through this QA scheme it is hoped to promote safe and effective SO_2 application techniques to ensure that operators take into consideration consumer and environmental concerns.

Table 7. Variations in SO_2 residue levels (ppm) of longan fruit samples from three packing houses

Sample No.	Packing House A			Packing House B			Packing House C		
	whole	rind	aril	whole	rind	aril	whole	rind	aril
1	490	2180	206	120	800	7	300	1750	40
2	460	1770	258	140	840	13	260	1420	13
3	360	1780	106	160	950	7	180	1780	19
4	560	2460	217	100	670	12	150	910	26
5	420	1870	182	40	240	6	190	1270	13
6	540	2400	230	90	640	11			
7	830	3820	176	150	980	12			
8	410	2180	72	170	1110	18			
9	380	1490	227	60	380	9			
10	360	1520	141	90	410	18			

Table 8. Variations in SO_2 residue levels (ppm) of longan fruit samples at various postharvest stages

Sample no.	Klong Toey Seaport			Packet	Hong Kong Seaport[a]		
	whole	rind	aril		whole	rind	aril
Container 1	300	1860	39	a	85	700	0
A2	380	1970	75	b	65	430	0
3	200	1200	21	b	130	690	50 (by air)
4	150	920	0	c	160	1140	3
5	300	1420	80	d	80	520	0
6	220	1350	9	e	50	290	2
7	220	1540	5	f	30	230	0
8	210	1250	18	f	80	630	1 (by air)
9	270	1280	50	g	110	850	0
10	210	1270	11				
Container 1	270	1790	22				
B2	310	1820	20				
3	390	1780	113				
4	260	2000	66				
5	370	2100	47				
6	350	2230	60				
7	470	2370	80				
8	360	2000	38				
9	310	2150	14				
10	340	2000	40				
Container 1	260	1680	17				
C2	270	1480	28				
3	215	1350	7				
4	140	970	8				
5	180	1230	1				

[a] Residues were analysed on samples brought back to TISTR after 2 days.

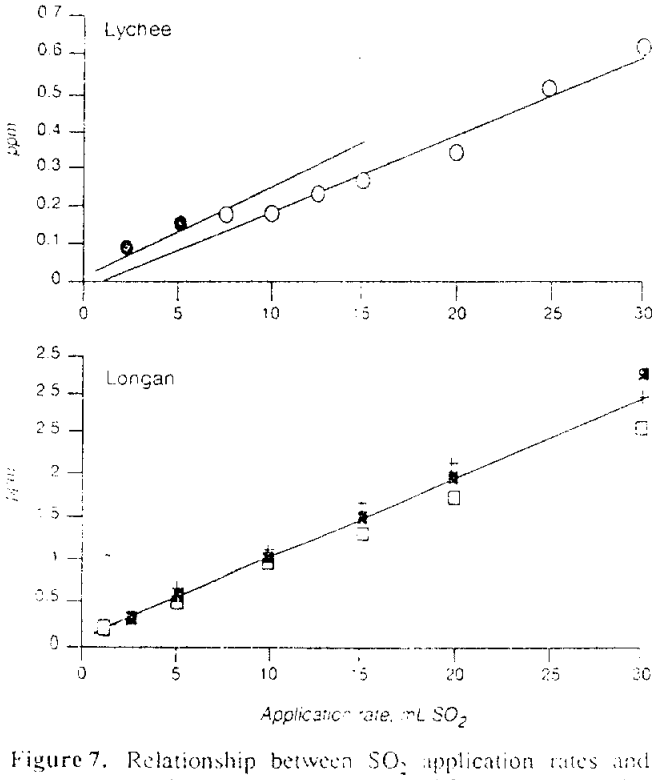


Figure 7. Relationship between SO_2 application rates and headspace concentrations of SO_2 at the end of a 20-minute fumigation of lychees (cv. Honghuai and Khom) and longans (cv. Do).

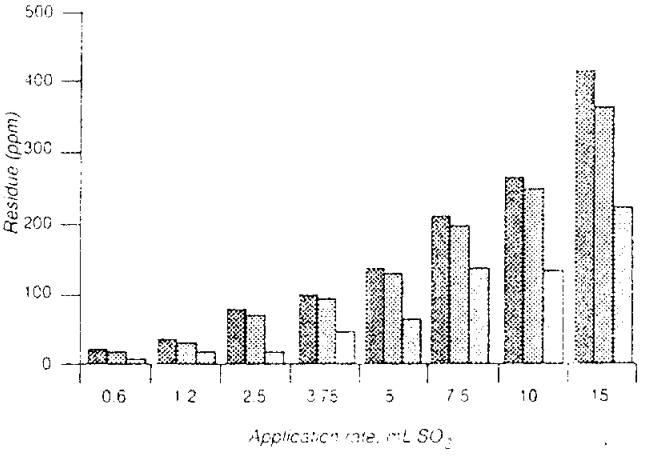


Figure 8. Relationship between SO_2 application rates and SO_2 residues (whole fruit) of lychees (cv. Honghuai).

- Theoretical calculation obtained by total SO_2 input/weight of fruit.
- Theoretical calculation obtained by (total SO_2 input – remaining SO_2 in the headspace) weight of fruit.
- SO_2 residues assayed by modified Monier Williams method immediately after fumigation.

Design and Integration of Other Sulfur Dioxide Application Systems

The experience and understanding of basic principles gained with the standardised fumigation procedures, and the development of the high dose–short duration fumigation system, have allowed development of other SO_2 application systems at the laboratory scale. These include the use of SO_2 release pads, trickle application of SO_2 gas, and a sodium metabisulfite liquid dip. The choice of system and its integration into existing commercial practice is partly science and partly art. While scientists and some private sector operators are looking at technical options, there is no real pressure at present from the major operators to change from the high concentration–short duration fumigation system.

Acknowledgment

This research was funded by the Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR Project No. 8844).

References

Akamine, E.K. and Goo, T. 1977. Effects of gamma irradiation on shelf life of fresh lychees (*Litchi chinensis* Sonn.) Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Research Bulletin, No. 169.20 p.

Anon. 1981. Grape guards. The Grower: Official Journal of the USA Fruit Growers and Market Gardeners Association, 32, 25.

— 1992. SO_2 rules and regulations. Proceedings of the seminar on sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan for export, held by Thailand Institute of Science and Technology Research, Bangkok, 18 March 1992.

Ballinger, W.E., Maness, E.P. and Nesbitt, W.B. 1985 Sulfur dioxide for long-term low temperature storage of Euvitis Hybrid bunch grapes. Horticultural Science, 20, 916–918.

Campbell, C.W. 1959. Storage behaviour of fresh Brewster and Bengal lychees. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 72, 356–360.

Dahlenburg, A.P., Gillespie, K.J. and Jarrelt, L.D. 1979. Postharvest handling of table grapes. Agriculture South Australia, Horticulture Department, 4, 44 p.

FDA (Food and Drug Administration, U.S.) 1986a. Food labeling, declaration of sulfiting agents, Final Rule. Federal Register, 21 CFR part 101, 51, 25012–25020.

—1986b. Sulfiting agents; revocation of GRAS status for use on fruits and vegetables intended to be served or sold raw to consumers, Final Rule. Federal Register, 21 CFR. Part 182, 51, 25021–25026

Hadziyev, D. 1988. Sulfites in foods — a review of past and present status. In: Maneepun, S., Varangoon, P. and Phithakpol, B., ed., Proceedings of the Food Conference '88, Food Science and Technology in Industrial Development, Bangkok 1988, 2, 701–712.

— 1955. A method of forecasting decay in California storage grapes. Phytopathology, 45, 229–232.

— 1956. Effects of frequency of sulfur dioxide fumigation during storage on decay and fumigation injury in emperor grapes. Phytopathology, 46, 690–94.

— 1977. Table grapes and refrigeration: modified atmosphere in particular the influence of SO_2. Proceedings commission C2, International Institute of Refrigeration, and Commissions I and III, International Vine and Wine Office, Paris.

Harvey, J.M. and Vota, M. 1978. Table grapes and refrigeration: fumigation with sulfur dioxide. International Journal of Refrigeration, 1, 167–171.

Hu, M.L. and Liu, T.Y. 1979. Postharvest storage and handling of litchi. Hsinchu, Taiwan, Food Industry Research and Development Institute, Technological Report.

Johnson, G.I. 1989. Lychee disease control. In: Proceedings of the Second National Lychee Seminar, Cairns, Queensland, Australia, 21–23 September 1989, 90–93.

Martin, L.B., Nordlee, J.A. and Taylor, S.L. 1986. Sulfite residues in restaurant salads. Journal of Food Protection, 49–126.

Morevil, C. 1973. Some observations and trials on the litchi Fruits, 28, 637–640.

Nelson, K.E. 1970. Packaging and handling trials on export grapes. Blue Anchor, 47, 11–13.

Nelson, K.E. and Gentry, J. 1966. Two-stage generation of sulfur dioxide within closed containers to control decay of table grapes. American Journal of Enology & Viticulture, 17, 290–301.

— 1968. Packaging grapes in unvented containers. Blue Anchor, 47, 11–13.

Nip, W. 1988. Handling and preservation of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) with emphasis on colour retention. Tropical Science, 28, 5–11.

Pentzer, W.T., Abur C.E. and Hamner, K.C. 1932. Effects of fumigation of different varieties of vinifera grapes with sulfur dioxide gas. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 29, 339–44.

Prasad, S.S. and Bilgrami, R.S., 1974. Investigation on diseases of litchi. VI. Postharvest diseases of fruit in India. Plant Disease Reporter, 58, 1134–36.

Roth, G. 1963. Postharvest decay of litchi fruit. Pretoria, South Africa, Department of Agriculture.

Scott, K.J., Brow, B.I., Chaplin, G.R., Wilcox, M.E. and Bain, J.M. 1982. The control of rotting and browning of litchi fruit by hot benomyl and plastic film. Scientia Horticulturae, 16, 253–262.

Swarts, D.H. 1985. Sulfur content of fumigated South Africa litchi fruit. Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, Information Bulletin, 157, 22–24.

Swarts, D.H. and Anderson, T. 1980. Chemical control of mould growth on litchis during storage and sea shipment. Subtropica, 1, 13–15.

Taylor, S.L. and Bush, R.K. 1986. Sulfites as food ingredients. The scientific status summaries of the institute of food technologists. Expert Panel on Food Safety and Nutrition.

Tongdee, S.C., Scott, K.S. and McGlasson, W.B. 1982. Packaging and cool storage of litchi fruit. CSIRO Food Research Quarterly, 42, 25–28.

ภาคผนวกที่ 6

Proposed Draft Code Good Manufacturing Practices for Sulfur Dioxide Fumigation of Fresh Longan--Quality Assurance Scheme

Proposed Draft Code Good Manufacturing Practices for Sulfur Dioxide Fumigation of Fresh Longan

-Quality Assurance Scheme-

By

Sing Ching Tongdee

Importing countries are increasingly concerned with the use of SO_2 on fresh longan. Criteria and definitions applied determine whether fresh longans have been fumigated with SO_2 under such conditions that the fumigated fruit do not present health hazard and that fumigation processes and postharvest handling operations are environmental friendly.

This quality assurance scheme should be incorporated from the start of an export operation and not added as an afterthought. The major areas to be considered include: 1. Personnel, 2. Buildings and facilities. 3. Fumigation processes and control 4. Defect action levels 5. Record keeping.

1. Personnel

1-1. Each fumigation facilities should have one fumigator-in-charge and one assistant.

1-2. Qualification

1.2.1. Personnel responsible for fumigation must be non-sulfite sensitive individuals and should have education and/or experience to be totally competent in fumigation procedures.

1.2.2. The fumigator-in-charge must have sufficient awareness of the important issues relating to the up-to-date information on the use of sulfites in foods and fresh fruit, both regulatory and technical aspects, and be prepared to take advice and provide supervision to the workers in the packing house.

---

* Thailand Institute of Scientific and Technological Research

1.2.3. Fumigation personnel are encouraged to receive periodic training in fumigation and fruit handling techniques and when required, the access to TISTR* assistance.

1-3. Protection

The workers should be adequately protected from SO_2 by wearing a respiratory and eye masks at critical steps of the operation.

Sulfur dioxide at a low concentration (>20 ppm) in air becomes irritating thus providing a good self-warning. It causes adverse effects to the respiratory system and the mucous membrane of eyes and ears and can be dangerous for the sulfite sensitive person. However, no cumulative or long lasting adverse effects due to exposure to the gas has been known. Handling of sulfur powder with naked hand constitutes no hazard.

2. Premises and facilities

2-1. Ground and location. Ground should be clean and spacious. Location should be adequately distanced from residential area and/or orchard.

2-2. General maintenance. Pre-seasonal check on fumigation facilities and handling equipment to ensure they are in a condition not to cause failure and become ineffective during the operation. Maintain yards and ample parking lots so they facilitate loading and unloading of fruit. Routine check on ventilation, aeration, drainage area and control equipment so they do not constitute health or environmental hazard.

2-3. Detectable SO_2 level in the vicinity of fumigation room should be maintained during fumigation operation at no higher than 10 ppm, a level which can be detected by a human nose. This can be verified by a suitable portable SO_2 detector tube. Air containing 20 ppm (51.4 mg/m3) will cause eye irritation (*the ambient air quality standard which limits 24 hour SO_2 level to 30 and 100 ug^3/m^3)

2-4. Plant construction and design. Plant building and structure should be suitable in size and spacious enough to facilitate separation of activities such as fresh fruit

handling and inspection, fumigation, and other subsequent post-fumigation operations such as aeration, pre-cooling. Look for adequate construction and design of fumigation room, sulfur burner, and SO_2 scrubbing system.

2-4-1. Fumigation room. Suitably located, the fumigation room should be constructed of corrosion-resistant and easy to clean material. Proper maintenance of fumigation room by room audit and by performing preseasonal test. Maintain proper sanitation. Check for reliable electricity supply.

2-4-1-1. Size. Room size is determined by the scale of operation which is varied with each operator. The fumigation room size-fruit weight ratio should maintain in a range recommended. For a smaller scale operation, fumigation cabinet should be used instead.

2-4-1-2. Forced mixing equipment is required, at the beginning of fumigation to provide adequate gas mixing within the fumigation room. Because of the high penetrating nature of SO_2 gas, the circulating system is less critical once air and gas are well mixed. However, precaution should be made to avoid initial high concentration of SO_2 build up around the burner. Basket stacking and layering should be in such a way as to reduce stagnent spots in the room, and to achieve a suitable velocity around packed fruit for adequate gas diffusion and penetration.

2-4-1-3. Sulfur burner. Proper balance between electrical power of heating source and the amount of sulfur to be burnt to enable complete burning of sulfur within a reasonable period. A good balance with readability to <50g. Check for reliable and adequate electricity supply. Before each fumigation, check for the cleanness of the sulfur pan.

2-4-2. Post fumigation operations. Fruit, after fumigation, should be thoroughly aerated. This is critical in order to prevent carry-over effect of SO_2 gas, namely the migration of SO_2 on the skin of fumigated fruit to the pulp.

The design and choice of a subsequent precooling system, either dry or wet, depends on factors such as mode of transport, intended markets, etc. In a wet system, look for adequate hydrocooling facilities, good water supply (sufficient amount and adequately agitated, clean, cold) and floor drainage system. There is a minimum contact time for the cold water to cool fruit temperature down. Check for pulp temperatures at least at the end of cooling (around 7°C).

In a dry system, it requires adequate cold room facilities. Sufficient time (at least several hours may be needed for such a cooling operation) before loading fruit onto a transporting vehicle.

Summarizing premises and facilities:

- Suitable and spacious location
- Separation of operation processes
- General maintenance and sanitation
- Proper design, adequate construction, reliable electricity supply, good water and drainage system

3. Fumigation processes and control

The quality control scheme is to assure that only the minimal but effective SO_2 residue remains in the skin of the fumigated fruit. Personnel responsible for fumigation should have an adequate understandling of the effect of SO_2 on fresh longan in order to make necessary operating adjustment. The important areas to be considered are as follows:

3-1. The fruit factors. Fruit should be inspected before fumigation to maximize the effect of SO_2 at the lowest fumigation rate possible. Dessicated or wet fruit are poor candidate for fumigation.

3-1-1. Var. Longan cv. Dor and cv. Bieo Khieo

3-1-2. General fruit conditions. Fruit should be fresh, with no apparent free water on the fruit surface, wholes, unbroken, no disease or insect infestation. Stalk as short as necessary only to facilitate layering of fruit in baskets during packing.

3-1-3. Maturity stage. Overmatured fruits are more likely to become tainted by SO_2.

3-1-4. Packaging. Fruit to be fumigated should be in a non-absorbent container. Check condition of packages on arrival. In-package liner which may obstruct gas penetration should be removed.

3-2. The dosage factors. This is a critical control point since sulfur dosage relates to eventual SO_2 residues of the fruit. The optimum level is defined as a level to achieve satisfactory degree of fungal control on the fruit surface to protect the fruit during the desirable marketing period without causing SO_2 injury symptoms to the rind nor tainting to the aril of the fumigated fruit. The following calculations are for the high concentration-short duration fumigation system for longan only.

3-2-1. Basic dosage calculation. They are the commodity dosage (M): the amount of SO_2 absorbed by the fruit to result in an effective residue level of about 350 ppm whole fruit basis, and the space dosage (S): calculation based on the SO_2 concentration in the air to be maintained at the end of fumigation. Sulfur dioxide required = M+S. Amount of sulfur to be burnt = (SO_2 required)/2.

3-2-2. Room size and fruit weight ratio. The fumigation room should be adequately sized. For smaller scale operation, a cabinet is preferable to a room. Commonly, ratio between chamber size (volume in cubic meter) and fruit weight (in ton), for the cabinet is about 5:1 to 8:1 and 10:1 to 15:1 for the room.

3-2-3. Allowances. Allowances should be made for absorption by the stalks, the packaging materials, the room, and leakage through room seal, door seal etc. Approximately 10 to 20% of the basic dosage in 3-2-1.

3-2-4. Unit of dosage. Each fumigator, with experience should work out a unit of dosage: the amount of sulfur to be burnt per unit weight increase at a set condition. This can then be conveniently applied under a commercial

situation to reduce the cumbersome calculations. For example, for longan, the unit of dosage, to be added to space dosage (S), is about 325 to 350 g of sulfur for every ton increase in fruit weight.

3-2-5. Fumigation time. A minimum fumigation period of 20 min after sulfur has been completely burnt or indicative to stop by when cloudiness in the fumigation room beginning to clear, Fumigation concentration, duration, and the resulting residues of the fruit are related.

3-3. Fumigation failure. Re-fumigation as a remedial measure for fumigation failure can only be considered when the total amount of sulfur to be burnt would still result in a residue not exceeding the acceptable level. When in doubt, the fruit should be used for dry longan. Fumigated fruit should be advised so when used for canning.

3-4. Residue levels. The following is a random sampling plan for each fumigation lot, in the event of a decision of non-conformity.

Codex Code of practice for the Control and Inspection of Tropical Fresh Fruits and Vegetables in the event of a decision of non-conformity.

#of baskets in a lot	#of sub-unit	#unacceptable
Up to 100	5	1
101-300	7	2
301-500	9	3
501-1000	10	3
over 1000	15	4

For record keeping of residues analysis, the following is suggested:

#of baskets in a lot	#of sub-unit
Up to 100	2
101-300	3
301-500	4
501-1000	5

Each sub-unit consists of 12 to 15 fruits ramdomly selected from the basket. Sulfur dioxide residues should be analyzed for the rind, the aril, and the whole fruit by a modified Monier-Williams method, AOAC.

4. Tolerance action level

A temporary maximum residue level (MRL) of 30 ppm for the aril or 350 ppm for the whole fruit is suggested as tolerance action level.

5. Record keeping

Record keeping should contain the following information for monitoring, verification and auditing.

1. Fumigation facilities including location, schematic layout, number of room, and room size of each.
2. Sulfur usage log.
3. Fumigation room audit record
4. Pre-seasonal fumigation test run.
5. Record of fumigation procedures, flow chart forms, and check sheets.
6. Post fumigation operation
7. Residue report

ภาคผนวกที่ 7

รายชื่อคณะกรรมการและสมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก

ประจำปี 2536 - 2540

รายชื่อคณะกรรมการและสมาชิกชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก

ประจำปี 2536-2540

ลำดับ	สกุล	ตำแหน่ง	ที่ตั้งวิสาหกิจ
1	คุณอรุณศรี นิลจรูญ	ประธานชมรม	บริษัทอรุณศรีพืชผลเชียงใหม่ 116/2-3 หมู่ 8 ต.สันมหาพน อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ 50150 โทร. (053) 471305-8
2	คุณสมพงษ์ อรมรางกูล	รองประธาน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด พงษ์เจริญเทรดดิ้ง หาดใหญ่ เลขที่ 45-47 ถ.พูนสุวรรณ ต.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร. (074) 235677-8, 01-9519295 โทรสาร (074) 235678
3	คุณสินฟ้า วาจาเที่ยง	รองประธาน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สินเที่ยงอินเตอร์เนชั่นแนล เลขที่ 328 ถ.พหลโยธิน เขตพญาไท กทม. 10400 โทร. (02) 2710226, 01-4907414 โทรสาร (02) 2711967
4	คุณประณีต โชติวนิช	รองประธาน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด พืชไทยพาณิชย์ (ตั้งฮะกี่) เลขที่ 251/11 ถ.พระราม 4 รองเมือง เขตปทุมวัน กทม. 10330 โทร. (02) 2158818, 2157291 โทรสาร (02) 2166401
5	คุณอนันต์ ตรีวัฒนกุล	เลขานุการ	ร้านฮะเฮง เลขที่ 212 ถ.เจริญเมือง อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 โทร. (053) 243397, 248533 โทรสาร (053) 247558
6	คุณสุวิทย์ วรวัฒน์บัญชา	รองเลขานุการ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด กุ่ยหยู เลขที่ 74/22 ถ.จักรเพชร เขตพระนคร กทม. 10200 โทร. (02) 2213769, 2214914 โทรสาร (02) 2258544
7	คุณเกียรติศักดิ์ ตั้งเจริญสุทธิชัย	เหรัญญิก	ไทยฮง เลขที่ 4 ถ.เทศบาล 1 ซอย 5 ต.ทางเกวียน อ.แกลง จ.ระยอง 21110 โทร. (038) 671547, 671837 โทรสาร (038) 672446-7

ลำดับ	สกุล	ตำแหน่ง	ที่ตั้งวิสาหกิจ
8	คุณพร อยู่สถาพร	ประชาสัมพันธ์	บริษัทฟ้าเจริญพร เทรดดิ้ง จำกัด เลขที่ 99/281 ถ.ช่องนนทรี แขวงนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพฯ 10120 โทร. (02) 2952847-8 โทรสาร (02) 2947572
9	คุณดารณี วงศ์สัจจา	รองประชาสัมพันธ์	บริษัท พีพีอี จำกัด เลขที่ 56/44-45 ถ.พระราม 1 รองเมือง ซอย 5 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. (02) 2144955, 2167577-9 โทรสาร (02) 2151681
10	คุณรุ่งโรจน์ จิรังวรพจน์	กรรมการกลาง	บริษัทไทยพืชผลอิมปอร์ต-เอกซ์ปอร์ต จำกัด เลขที่ 225 หมู่ 4 ต.หนองป่าครั่ง ถ.เชียงใหม่-ลำปาง อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000 โทร. (053) 260561-2 โทรสาร (053) 260225
11	คุณกำชัย วานิชอุปถัมภ์กุล	สมาชิกสามัญ	บริษัทแอล พี เฟรชฟรุต จำกัด เลขที่ 190-190-1 ถ.รักการ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร. (074) 234149 โทรสาร (074) 234149
12	คุณพงษ์เจริญ รักษ์เกียรติวงษ์	กรรมการกลาง	บริษัทสินวัฒนาเทรดดิ้ง จำกัด เลขที่ 6/11-12 ถ.ศรีภูวนารถ ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร. (074) 231812, 245343 โทรสาร (074) 245343
13	คุณสุวัจ เดชเทวัญดำรง	กรรมการกลาง	ร้านซินฮั้ว เลขที่ 366 ถ.บ้านหม้อ แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. (02) 2217470, 2235498 โทรสาร (02) 2245609
14	คุณรุ่งฤทธิ์ จิรังวรพจน์	สมาชิกสามัญ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด หาดใหญ่ไท้หลี เลขที่ 28-31 ถ.ชีวานุสรณ์ ต.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร. (074) 238188, 243355 โทรสาร (073) 235860
15	คุณสุวรรณ หอยแก้ว	สมาชิกสามัญ	บริษัทลำพูนสุวรรณพานิช จำกัด เลขที่ 108 หมู่ 1 ต.วังผาง อ.ป่าซาง จ.ลำพูน 51120 โทร. (053) 591396, 01-9512764 โทรสาร (053) 591396

ลำดับ	สกุล	ตำแหน่ง	ที่ตั้งวิสาหกิจ
16	คุณไกรสร กุลฤชากร	สมาชิกสามัญ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด อยู่ยง เลขที่ 1244-50 ถ.ทรงวาด เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพฯ 10110 โทร. (02) โทรสาร (02)
17	คุณสุรชาติ เอี่ยมวิถีวนิช	สมาชิกสามัญ	ชมรมผลไม้โกลัก (กุ้ยหลี) เลขที่ 10/59 ถ.สนามบิน อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000 โทร. (02) 5267981, 5809811 โทรสาร (02)
18	คุณสมศักดิ์ กีรติเสริมสิน	สมาชิกสามัญ	บริษัทจงไทยดี อินเตอร์เทรด จำกัด เลขที่ 142/5 ถ.สุขุมวิท ซอย 77 (อ่อนนุช) แขวงสวนหลวง อ.พระโขนง กรุงเทพฯ 10250 โทร. (02) 3226643, (053) 361408 โทรสาร (02) 3226644
19	คุณภัสสร จีระธัญญาสกุล	สมาชิกสามัญ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด นราผลไม้ เลขที่ 82/1 หมู่ 4 ถ.ริมปิง-ป่าเห็ว ต.ประตูป่า อ.เมือง จ.ลำพูน 51000 โทร. (053) 560436, 01-9572274 โทรสาร (053)
20	คุณธวัชชัย วัฒนชัยสิริ	สมาชิกสามัญ	เลขที่ 72/1 หมู่ 6 ถ.โชตนา ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ 50180 โทร. (053) 891055 โทรสาร. (053) 891055
21	คุณชาย พิพัฒนามงคล	สมาชิกสามัญ	พ.มงคล 453 ปากคลองตลาด ถ.บ้านหม้อ กรุงเทพฯ 10200 โทร. (02) 2210012, 2211925, 01-9179357 โทรสาร (02) 2262537
22	คุณสุเมธ ธรรมโชติ	สมาชิกสามัญ	65/1 หมู่ 20 ต.ดอยหล่อ กิ่งอ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่ โทร. 01-5110211 โทรสาร. (053) 581503
23	คุณอำนาจ กิตติคุณชัย	สมาชิกสามัญ	107/6 หมู่ 5 ถ.เชียงใหม่-ลำพูน ต.หนองผึ้ง อ.สารภี จ.เชียงใหม่ 50140 โทร. (053) 321533, 01-9518594 โทรสาร (053) 321533
24	คุณผกาพรรณ ยะสินธุ	สมาชิกสมทบ	96/1 หมู่ 1 ถ.ม่วงโตน-ท่าลี่ ต.ศรีเตี้ย อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน โทร. 01-9610056

ลำดับ	สกุล	ตำแหน่ง	ที่ตั้งวิสาหกิจ
25	คุณวิเทพ จงหมายลักษณ์	สมาชิกสามัญ	บริษัทโลตัสมาเก็ตติ้ง จำกัด เลขที่ 2 หมู่ 1 ถ.โชตนา ต.แม่สุน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ 50110 โทร. 01-5102070, 01-9509866 โทรสาร. (053) 451008
26	คุณเฉลิมชัย แซ่หว่าง	สมาชิกสามัญ	บริษัทเหยินหลง จำกัด 652/7 ถ.อุตรกิจ ต.เวียง อ.เมือง จ.เชียงราย โทร. (053) 763025, 667611, 01-9503886 โทรสาร. (053) 667610
27	คุณสุพรทิพย์ ธนารัตนวิชัย	สมาชิกสามัญ	บริษัททีซีเคฟู้ดแอนด์ฟรุ๊ต จำกัด 108 หมู่ 9 ถ.ลำพูน-ลี้ ต.หนองเจดีย์ อ.ป่าซาง จ.ลำพูน โทร. 01-0600060
28	คุณสุวิทย์ เฉลิมลาภอนันต์	สมาชิกสามัญ	สหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. ลำพูน จำกัด เลขที่ 19 ถ.วังขวา ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ลำพูน โทร. (053) 530420 โทรสาร. (053) 530460
29	คุณวัชรี ชัยศักดิ์	สมาชิกสามัญ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัชมน เลขที่ 1332/1-2 (ปากซอย 39) ถ.ประชาชื่น เขตบางซื่อ กทม. 10800 โทร. (02) 5893941, 5883395, 01-9517641-4 โทรสาร (02) 5801047
30	คุณกัง แซ่โค้ว	สมาชิกสามัญ	บริษัทอีสเทิร์นฟรุตส์บางกอก จำกัด เลขที่ 1332/1-2 (ปากซอย 39) ถ.ประชาชื่น เขตบางซื่อ กทม. 10800 โทร. (02) 5893941, 5883395, 01-9517641-4 โทรสาร (02) 5801047
31	คุณดำรงค์ภูมิ รัฐมนูญ	สมาชิกสามัญ	บริษัทรุ่งเจริญพืชผล จำกัด เลขที่ 99/2 หมู่ 4 ถ.พุทธมณฑลสาย 2 หมู่บ้านสินทรัพย์นคร บางแคเหนือ เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ
32	คุณศักดิ์ชัย เหล่ามานะเจริญ	สมาชิกสามัญ	บริษัทหยวนฟา จำกัด 445 ถ.บ้านหม้อ แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กรุงเทพฯ
33	คุณพงษ์ศักดิ์ จันทร	สมาชิกสามัญ	บริษัทเชียงใหม่ K2 พีแอนด์เอ็ม จำกัด 9 หมู่ 17 ถ.เชียงใหม่-ฮอด ต.ดอยหล่อ กิ่งอ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่
34	คุณบัณฑูร จิระวัฒนากูล	สมาชิกสามัญ	บริษัทเชียงใหม่ ธนาธร จำกัด เลขที่ 507 หมู่ 7 ถ.โชตนา อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ 50110 โทร. (053) 451554-6

ลำดับ	สกุล	ตำแหน่ง	ที่ตั้งวิสาหกิจ
35	คุณกิตติชัย รูปสุวรรณกูล	สมาชิกสามัญ	ร้านมิตรชาวสวน 543-547 ซอยเอ็มไพร์ ถ.บ้านหม้อ เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
36	คุณอำภา สุริยา	สมาชิกสามัญ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สุรยาไทยฟรุ๊ต 77/2 หมู่ 2 ถ.สันป่าตอง-ลำพูน ต.หนองหอย อ.หางดง จ.เชียงใหม่ 50340 โทร. (053) 464026, 464238, 01-9526075 โทรสาร (053) 464239
37	คุณเฉลิมศักดิ์ ฉายโอภาส	สมาชิกสามัญ	บริษัทไทยธุรกิจเกษตร จำกัด 21/115 หมู่ 6 ซอยชินเขต 2 ถ.งามวงศ์วาน ทุ่งสองห้อง คอนเมือง กรุงเทพฯ 10210
38	คุณชิงชิง ทองดี	สมาชิก กิตติมศักดิ์	ผู้อำนวยการโครงการ QASL สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 196 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. (02) 5791121-30 โทรสาร (02) 5614771

ภาคผนวกที่ 8

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ที่ วว 0706/ 1109

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
196 พหลโยธิน จตุจักร กท. 10900

14 พฤษภาคม 2541

เรื่อง แจ้งผลการตัดสิน "รางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม" ประจำปี 2541 และขอเชิญร่วมแถลงข่าว

เรียน นางชิงชิง ทองดี

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. สำเนาประกาศสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่อง "รางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม" ประจำปี 2541
2. ใบตอบรับเข้าร่วมแถลงข่าว

ตามที่ ท่านและคณะ ได้ส่งผลงานวิจัยเรื่อง "เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับสำไยสดเพื่อการส่งออก" เพื่อขอรับรางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม ประจำปี 2541 ของสภาวิจัยแห่งชาติ นั้น

บัดนี้ คณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติ ในการประชุมครั้งที่ 4/2541 เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2541 ได้มีมติตัดสินและอนุมัติให้รางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม ประจำปี 2541 ดังปรากฏในสำเนาประกาศฯ ที่แนบ และในการนี้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จะจัดให้มีการแถลงข่าวเกี่ยวกับผลงานวิจัยของผู้ได้รับรางวัลสภาวิจัยแห่งชาติ (รางวัลนักวิจัยดีเด่นแห่งชาติและรางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม) ประจำปี 2541 ในวันอังคารที่ 19 พฤษภาคม 2541 เวลา 13.30 น. ณ ห้องประชุมคณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติ ชั้น 3 (อาคาร 5 ชั้น) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เขตจตุจักร กทม.

จึงขอแสดงความยินดีมา ณ โอกาสนี้และใคร่ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการแถลงข่าวฯ ตามวัน เวลา และสถานที่ดังกล่าวด้วย ทั้งนี้หากขัดข้องประการใดกรุณาแจ้งให้กองส่งเสริมการวิจัย ทราบภายในวันที่ 18 พฤษภาคม 2541 จักขอบคุณยิ่ง

/อนึ่ง

อนึ่ง สำนักงานฯ จะกราบเรียนเชิญ ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ประธานสภาวิจัยแห่งชาติ เป็นประธานในพิธีมอบรางวัลฯ และจักแจ้งกำหนดเวลาให้ทราบอีกครั้งหนึ่งในโอกาสต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายจิรพันธ์ อารมจินดา)
เลขาธิการคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

กองส่งเสริมการวิจัย
โทร. 5792288
5798068
โทรสาร 5799775

(สำเนา)

ประกาศสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เรื่อง รางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม ประจำปี 2541

ตามที่ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ได้ประกาศเชิญชวนให้ผู้สนใจเสนอผลงานวิจัยเพื่อขอรับรางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม ประจำปี 2541 นั้น

บัดนี้ คณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติ ในการประชุมครั้งที่ 4/2541 เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม 2541 ได้พิจารณาผลงานวิจัยที่เสนอขอรับรางวัล จำนวน 4 ผลงาน และมีมติอนุมัติให้รางวัลผลงานวิจัยดีเยี่ยม ประจำปี 2541 จำนวน 4 ผลงาน ในสาขาวิชาการต่างๆ ดังนี้

1 สาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้แก่ ผลงานเรื่อง "ยุงก้นปล่องมินิมัส. สปีชีส์เอเชิงซ้อนในประเทศไทย และผลกระทบในการควบคุมมาเลเรีย" (*Anopheles minimus* Species A Complex in Thailand and their Impact on Malaria Control)

โดย นายสุภัทร สุจริต แห่ง มหาวิทยาลัยมหิดล
นางนฤมล โกมลมิศร์
นายกำแหง สุรทิณห์ และ
นายชำนาญ อภิวัฒนเศร

2 สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ได้แก่ ผลงานเรื่อง "เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว: การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับลำไยสดเพื่อการส่งออก" (Sulfur Dioxide Fumigation in Postharvest Handling of Fresh longan for Export)

โดย นางชิงชิง ทองดี แห่ง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
นายอนวัช สุวรรณกุล
นายสมศักดิ์ ชัยมงคล
นายศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์
นายสัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์
นางสดศรี เนียมเปรม
นางยุวดี รัตนไชย
นางจิตตา สาตร์เพ็ชร์
นายมานัส แจ่มจำรูญ และ
นางน้ำเพชร ชัยวิภา

/3 สาขา...

สภาวิจัยแห่งชาติ

มอบประกาศนียบัตรนี้ เพื่อประกาศเกียรติคุณ

นางชิงชิง ทองดี นายอนวัช สุวรรณกุล นายสมศักดิ์ ชัยมงคล นายศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์ นายสัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์
นางสดศรี เนียมเปรม นางยุวดี รัตนไชย นางจิตตา สาตร์เพ็ชร์ นายมานัส แจ่มจำรูญ นางน้ำเพชร ชัยวิภา

ในฐานะที่ได้รับรางวัล

ผลงานวิจัยดีเยี่ยม

ประจำปี 2541

เรื่อง "เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว : การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับลำไยสดเพื่อการส่งออก"

ให้ไว้ ณ วันที่ 20 สิงหาคม พุทธศักราช 2541

เลขาธิการคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประธานสภาวิจัยแห่งชาติ

102