

การศึกษาเบื้องต้นการประเมินการรวมควันและการตกค้างของ SO<sub>2</sub> ในลำไยสดเขตภาคเหนือ  
The preliminary study on assessment of SO<sub>2</sub> fumigation and the remaining residue in fresh longan  
in the north

สมเพชร เจริญสุข<sup>1</sup> วิทยา อภัย<sup>1</sup> และเกรียงศักดิ์ นักผูก<sup>2</sup>  
Sompetch Charoensuk<sup>1</sup> Wittaya Apai<sup>1</sup> and Kriangsak Nakphuk<sup>2</sup>

Abstract

The experiment in cooperation with exporters to study consistence of velocity in between layers and pallets of commercial fumigation plants using sulfur dust burning in the northern area was investigated. Three types of circulated air system using in modified three fumigation room trials were: 1) Fumigation plant (FP) I: Installing a ¼ horse power motor to force SO<sub>2</sub> gas pass through perforated tube (installed around room) and to disperse SO<sub>2</sub>, 2) FP II: Installing an Ø 12 inches electric fan at the middle position of closed door for dispersing SO<sub>2</sub>, and FP III: Installing two Ø 12 inches electric fans at two sides of the top of ceiling for dispersing SO<sub>2</sub>. The initial procedure was turned on the circulated air systems in the closed fumigation room which arranged empty plastic baskets already, and then the velocity in layer and pallets of empty baskets was measured using a velocity meter with hot wire probe. After that fumigation test by using traditional method (sulfur burning) was practiced following Sulfur-table guideline of GMP system for packaging houses. After that, the fumigated fruit was sampled from all layers and some of pallets and immediately transferred to analyze SO<sub>2</sub> residues in the fruits. The results indicated that SO<sub>2</sub> residue in flesh of the top position in room progressively detected in the highest value in all fumigation room. The average velocity of FP I had the lowest value and higher in only the top layer because it was near the perforated tube whereas FP II and III had the highest velocity. However, all fumigation room had no consistence in velocity and SO<sub>2</sub> residues among pallets. The optimized room had not yet concludes; however, SO<sub>2</sub> residue in fruit flesh in three circulated types was less than MRL (50 mg/kg).

**Keywords:** Fresh longan, sulfur dioxide, fumigation plant, circulated air system

บทคัดย่อ

การทดลองร่วมกับผู้ประกอบการเพื่อศึกษาความสม่ำเสมอของความเร็วลมที่ไหลผ่านระหว่างชั้นตะกร้าและพาเลทของโรงรมและการตกค้าง SO<sub>2</sub> ในผลลำไยเขตภาคเหนือของโรงรมควันในระดับการค้าด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันที่มีระบบหมุนเวียนอากาศ 3 แบบ (การทดลอง) ได้แก่ 1) โรงรมที่ห้องรมใช้มอเตอร์ขนาด ¼ แรงม้าในการดูดและหมุนเวียนแก๊ส SO<sub>2</sub> ผ่านท่อเจาะรูที่ติดตั้งรอบห้องรมควัน 2) โรงรมที่ห้องรมใช้พัดลมขนาด Ø 12 นิ้ว ติดตั้งจำนวน 1 ตัว ที่ประตูห้องรมควัน และ 3) โรงรมที่ห้องรมใช้พัดลมขนาด Ø 12 นิ้ว ติดตั้งจำนวน 2 ตัว ที่ตำแหน่งด้านบนห้องรมควัน โดยเริ่มจากการเปิดระบบการหมุนเวียนอากาศในห้องรมที่เรียงตะกร้าเปล่าไว้ จากนั้นวัดความเร็วลมที่ไหลผ่านชั้นตะกร้าและพาเลทด้วยเครื่องมือวัดความเร็วของอากาศแบบ Hot wire probe จากนั้นทดสอบการรวมควันด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันโดยใช้อัตราแนะนำตามตารางการใช้กำมะถันของระบบ GMP สำหรับโรงคัดบรรจุ เมื่อเสร็จสิ้นขบวนการรวมควัน ทำการสุ่มผลลำไยในตะกร้าทุกชั้นและสุ่มระหว่างพาเลท นำไปวิเคราะห์หาค่าตกค้าง SO<sub>2</sub> ทันที ผลการทดลองพบว่า การตกค้างของ SO<sub>2</sub> ในผลลำไยมีแนวโน้มมีค่าสูงสุดเฉพาะตะกร้าที่อยู่ชั้นบนสุดของทุกโรงรม ส่วนค่าความเร็วลม พบว่า โรงรมที่ 1 มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยต่ำสุด และสูงขึ้นเฉพาะตะกร้าชั้นบนสุดตำแหน่งที่อยู่ใกล้ท่อปล่อยแก๊ส ขณะที่โรงรมที่ 2 และที่ 3 มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุด ห้องรมของโรงรมทั้งสามแบบยังคงมีความเร็วลมและการตกค้างแต่ละพาเลทไม่สม่ำเสมอ จึงยังสรุปไม่ได้ว่าห้องรมแบบใดมีความเหมาะสมที่สุด แต่อย่างไรก็ตามค่าการตกค้างในเนื้อผลทั้งสามโรงรมไม่เกินค่ามาตรฐาน 50 mg/kg

**คำสำคัญ:** ลำไยสด, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, โรงรม, ระบบการหมุนเวียนอากาศ

<sup>1</sup> สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50000

<sup>1</sup> Office of Agricultural Research and Development Region 1, Department of Agriculture, Mueang District, Chiang Mai 50000

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50000

<sup>2</sup> Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Mueang District, Chiang Mai

## คำนำ

ปัจจุบันมีโรงรม  $\text{SO}_2$  เกิดขึ้นมากในประเทศไทย การควบคุมคุณภาพของโรงรม  $\text{SO}_2$  ให้มีมาตรฐานตามระบบการรมควันที่เหมาะสม (Good Fumigation Practice; GFP) และระบบโรงคั่วบรจที่ดี (GMP) เป็นสิ่งที่สำคัญ และถือเป็นนโยบายที่ภาครัฐได้เร่งดำเนินการมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2546 เป็นต้นมา แต่อย่างไรก็ตามยังมีคำถามและรายงานเรื่องค่า  $\text{SO}_2$  ตกค้างในผลลำไยอยู่เสมอ การสำรวจและเฝ้าระวังถือเป็นสิ่งที่ภาครัฐให้ความสำคัญ จึงมีการเข้าไปศึกษาถึงปริมาณกำมะถันที่ใช้สำหรับโรงรมในปัจจุบัน การไหลเวียนอากาศของห้องรมที่มีการดัดแปลงจากต้นแบบเดิม (สถาบันอาหาร 2541) และระบบการรมควันของโรงรมในเขตภาคเหนือในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด ควรปรับปรุงอย่างไร เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในระบบการรมควันที่มีมาตรฐานที่ดีขึ้นในอนาคต

## อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองร่วมกับผู้ประกอบการเพื่อศึกษาความสม่ำเสมอของความเร็วลมที่ไหลผ่านระหว่างชั้นตะกร้าและพาเลท ในห้องรมและการตกค้าง  $\text{SO}_2$  ในผลลำไยเขตภาคเหนือของโรงรมควัน (Fumigation Plant, FP) ในระดับการค้า ทุกห้องรมใช้วิธีการเผาผงกำมะถันและใช้ระบบการบำบัดแก๊ส  $\text{SO}_2$  แบบเปียกทั้งหมด โดยศึกษาห้องรมควันระบบหมุนเวียนอากาศ 3 แบบ (การทดลองย่อย) ได้แก่ FP I) โรงรมที่ห้องรมใช้มอเตอร์ขนาด  $\frac{1}{4}$  แรงม้าในการดูดและหมุนเวียนแก๊ส  $\text{SO}_2$  ผ่านท่อ PVC เจาะรูเล็กๆ ห่างกันที่ติดตั้งรอบห้องรมควัน (Figure 1Ab) ห้องรมขนาด  $42.6 \text{ m}^3$ , จำนวน 300 ตะกร้า (ความจุลำไย  $11.5 \text{ กก./ตะกร้า}$ ) จัดเรียง 5 พาเลทๆ ละ 10 ชั้นๆ ละ 6 ตะกร้า ใช้ลำไยทั้งหมด  $3,450 \text{ กก.}$  น้ำหนักกำมะถันที่ใช้เผา  $1.8 \text{ กก.}$  ระยะเวลาการรมนาน 60 นาที FP II) โรงรมที่ห้องรมใช้พัดลมขนาด  $\text{Ø } 12 \text{ นิ้ว}$  ติดตั้งจำนวน 1 ตัว ที่ประตูห้องรมควัน (Figure 1Bb) ห้องรมขนาด  $56.2 \text{ m}^3$ , จำนวน 640 ตะกร้า (ความจุลำไย  $11.5 \text{ กก./ตะกร้า}$ ) จัดเรียง 16 พาเลทๆ ละ 10 ชั้นๆ ละ 4 ตะกร้า ใช้ลำไยทั้งหมด  $7,360 \text{ กก.}$  น้ำหนักกำมะถันที่ใช้เผา  $3.2 \text{ กก.}$  ระยะเวลาการรมนาน 50 นาที FP III) โรงรมที่ห้องรมใช้พัดลมขนาด  $\text{Ø } 12 \text{ นิ้ว}$  ติดตั้งจำนวน 2 ตัว ที่ตำแหน่งด้านบนห้องรมควัน (Figure 1Cb) ห้องรมขนาด  $49.0 \text{ m}^3$ , จำนวน 384 ตะกร้า (ความจุลำไย  $11.5 \text{ กก./ตะกร้า}$ ) จัดเรียง 12 พาเลทๆ ละ 8 ชั้นๆ ละ 4 ตะกร้า ใช้ลำไยทั้งหมด  $4,418 \text{ กก.}$  น้ำหนักกำมะถันที่ใช้เผา  $2.0 \text{ กก.}$  ระยะเวลาการรมนาน 60 นาที

**ทดสอบห้องเปล่า** โดยเริ่มจากการเปิดระบบการหมุนเวียนอากาศในห้องรมที่เรียงตะกร้าเปล่าไว้จากนั้น วัดความเร็วลมที่ไหลผ่านชั้นตะกร้าและพาเลทด้วยเครื่องมือวัดความเร็วของอากาศแบบ Hot wire probe (Testo 445) ตามวิธีการของจักรพงษ์ และคณะ (2550) โดยสุ่มวัดทุกชั้น, ทุกตะกร้า และทุกพาเลท และทดสอบการรั่วไหลและตรวจหาปริมาณ  $\text{SO}_2$  ในอากาศในห้องเปล่าตำแหน่งบน, กลาง และล่าง ทุก 5 นาที โดยวิธีการดูดแก๊ส จนเผาผงกำมะถันเสร็จและไทเทรตหาปริมาณแก๊ส  $\text{SO}_2$  ในห้องรมคิดเป็นค่าเฉลี่ย

**ทดสอบการรมควัน** จากนั้นทดสอบการรมควันด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันโดยใช้อัตราแนะนำตามตารางการใช้กำมะถันของระบบ GMP สำหรับโรงคั่วบรจ และทดสอบการรั่วไหลและตรวจหาปริมาณ  $\text{SO}_2$  ในอากาศในห้องมีลำไยตำแหน่งบน กลาง ล่าง ทุก 5 นาที โดยวิธีการดูดแก๊ส จนเผาผงกำมะถันเสร็จ และไทเทรตหาปริมาณแก๊ส  $\text{SO}_2$  คิดเป็นค่าเฉลี่ย เมื่อเสร็จสิ้นขบวนการทำการสุ่มผลลำไยในตะกร้าทุกชั้น และสุ่มระหว่างพาเลท นำไปวิเคราะห์หาค่าตกค้าง  $\text{SO}_2$  ทันที (AOAC,2000) โรงรมที่ 1 การวิเคราะห์  $\text{SO}_2$  ตกค้างสุ่มทุกพาเลท (Figure 1Aa), โรงรมที่ 2 สุ่ม 8 พาเลท (Figure 1Ba) และโรงรมที่ 3 สุ่ม 7 พาเลท (Figure 1Ca) การทดลองรม  $\text{SO}_2$  เพียง 1 ครั้ง ต่อโรงรมเนื่องจากต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก เป็นการทดลองในระดับการค้าและต้องใช้ผลลำไยจำนวนมาก (Spohr et al., 2007) โดยใช้พาเลทเป็นบล็อก และคำนวณหาค่าเฉลี่ยในพาเลทแต่ละชั้นของพาเลทจากค่าเฉลี่ยของพาเลทที่สุ่ม และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) มีรูปแบบการสุ่มตัวอย่างใน Figure 1 Aa, Ba และ Ca

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากแต่ละชั้นพบว่าโรงรมที่ 1 มีค่าความเร็วลมสูงเฉพาะชั้นบน (ชั้นที่ 10, Table 1A) ทำให้เมื่อรมควันตะกร้าด้านบนได้รับแก๊ส  $\text{SO}_2$  มากที่สุด ทำให้มีการตกค้างในผลสูงกว่าทุกชั้น (Table 1A) เนื่องจากอยู่ใกล้ตำแหน่งของท่อ PVC ปลดปล่อยแก๊สที่ติดตั้งด้านบนของห้องรม (Figure 1Ab) และเมื่อดูจากพาเลทที่สุ่ม 5 พาเลท (Figure 1Aa) พบว่าพาเลทที่ 5 มีค่าความเร็วลมสูงสุด (ไม่แสดงข้อมูล) เนื่องจากอยู่ใกล้มอเตอร์ (Figure 1Aa) ส่วนโรงรมที่ 2 แรงลมมีค่าสูงขึ้นในแต่ละชั้น แต่ค่าไม่สม่ำเสมอมีค่า SD สูง (Table 1B) โดยพาเลทที่ 1 ของโรงรมที่ 2 ที่อยู่ใกล้ตำแหน่งพัดลมหน้าประตูมีค่าความเร็วสูง (Figure 1Ba, Bb) ส่วนโรงรมที่ 3 มีค่าความเร็วลมใกล้เคียงกับโรงรมที่ 2 แต่มีค่า SD ทุกชั้นตะกร้าต่ำกว่าโรงรมที่ 2 อยู่

ชัดเจน (Table 1C) แสดงว่ามีความสม่ำเสมอของความเร็วลมมากกว่าโรงรมที่ 2 แต่พบว่าโรงรมที่ 3 ตกค้างในเนื้อมากกว่าในโรงรมที่ 2 โดยใช้ความเข้มข้นกำมะถันที่ใช้ใกล้เคียงกันแต่ห้องรมที่ 3 ใช้เวลารมนานกว่า 10 นาที และห้องรมที่ 3 พาเลทเรียงไม่เต็มห้องมีช่องว่างมากกว่า (Figure 1Ca) แก๊สจึงเคลื่อนที่เข้าไปในช่องว่างได้มากกว่าและทิศทางของพัดลมเป่าแก๊สมาด้านหน้าประตูพอดี (Figure 1Cb) แก๊สจึงตีกลับไหลย้อนเข้าสู่พาเลทด้านหน้ามีค่าการตกค้างสูง การทดลองพบว่าทุกห้องรมพบค่าการตกค้างในเนื้อมีค่า SD สูงเนื่องจากทิศทางแก๊สในแต่ละชั้นหรือพาเลทไม่แน่นอน และการตกค้างในผลลำไยในตะกร้าชั้นบน มีแนวโน้มสูงกว่าชั้นล่างในทุกโรงรมนั้นมีผลสอดคล้องกับพงศ์พันธ์และสมเพชร (2550) และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วลม และการตกค้าง SO<sub>2</sub> ในผลลำไย แต่พบว่าการตกค้าง SO<sub>2</sub> ในเปลือกสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ SO<sub>2</sub> ตกค้างในเนื้อ เมื่อดูจากค่าความเข้มข้นแก๊สในห้องรม (Figure 1Ac) พบว่าห้องรมที่ 1 เมื่อรมตามอัตราแนะนำ ค่าสูงสุดของปริมาณ SO<sub>2</sub> ในห้องรมเปล่านั้นมีค่าสูงสุดที่เวลารมผ่านไป 35 นาที มีค่า 12,630.51 ppm และจากนั้นมีค่าลดลง ค่าสัมพันธ์กับห้องรมมีลำไยมีค่าต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกัน เนื่องจากปริมาณ SO<sub>2</sub> ถูกดูดซับในผลลำไยอย่างช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไปรูปแบบของการถูกดูดซับแก๊สในผลลำไยทุกโรงรมคล้ายคลึงกันและแก๊สไม่รั่วไหลออกจากห้องรม (Figure 1Ac,Bc,Cc)

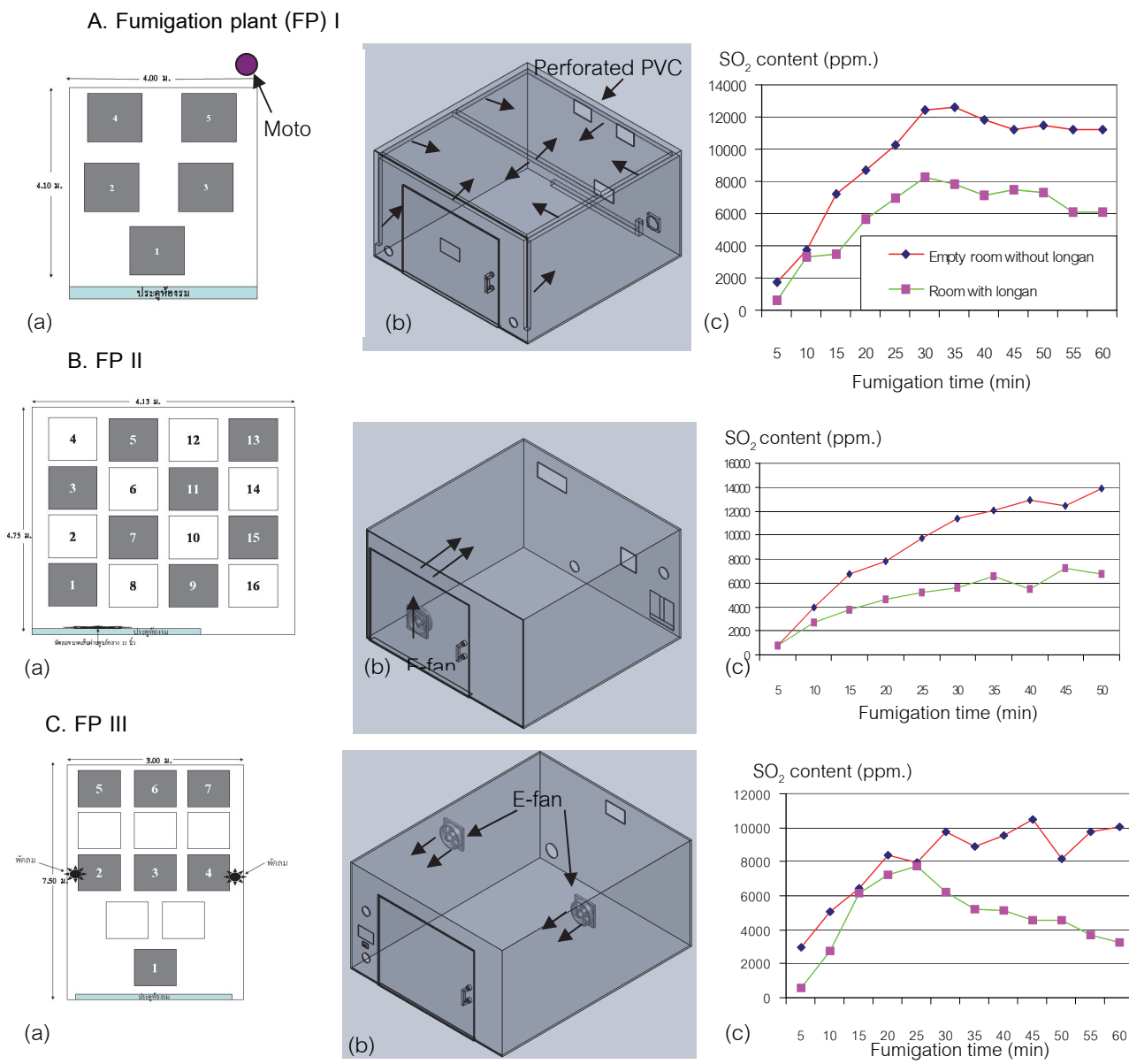


Figure 1 Pallets sampling (Aa, Ba, Ca) , model at circulated air types (Ab, Bb, Cb) and the change in average SO<sub>2</sub> content (Ac, Bc, Cc) in room (in the air) which was measured in FP I, II and III during fumigation in room with or without longan. (E-fan = electric fan)

**Table 2** Air velocities in blank room and sulphur dioxide residue in each layer after fumigation in 3 packing houses.

Layers	A <sup>2</sup>			B		
	Air velocity	SO <sub>2</sub> residue in fruits <sup>4</sup>		Air velocity	SO <sub>2</sub> residue in fruits	
	(m/s) <sup>3</sup>	Peel	Flesh	(m/s)	Peel	Flesh
1	0.08± 0.02 <sup>1</sup>	1513.9± 229.5	1.93 ± 2.07	0.19± 0.07	1053±284.6	2.44± 3.37
2	0.08± 0.01	1259.2±69.4	1.11± 0.54	0.16± 0.07	947.7±414.5	2.94± 3.91
3	0.08± 0.01	1272.8± 183.8	5.01± 7.22	0.15± 0.13	1184.5±350.6	2.40± 2.16
4	0.09± 0.01	1352.9± 146.9	1.42± 1.13	0.20± 0.27	1227.9±219.1	4.75± 5.53
5	0.09± 0.01	1318.0± 130.3	1.22± 0.65	0.16± 0.15	1148.3±381.0	4.79± 7.14
6	0.09± 0.01	1441.7± 180.9	3.64± 5.25	0.12± 0.04	1153.7±358.0	2.88± 4.82
7	0.09±0.01	1505.2± 433.9	6.84± 8.79	0.25± 0.29	1161.2±348.7	3.96± 3.39
8	0.09± 0.01	1525.8± 272.7	11.53± 9.69	0.22± 0.22	1197.2±266.2	5.63± 7.83
9	0.09± 0.01	1517.6± 121.8	8.12± 7.69	0.20± 0.24	1215.4±315.9	3.06± 3.52
10	0.10± 0.02	2335.7± 219.2	32.67± 23.81	0.17± 0.15	1339.7±442.7	5.32± 5.16
Average	0.09±0.01	1504.28±198.34	7.35±6.68	0.18±0.16	1162.86±338.43	3.82±4.68

Layers	C		
	Air velocity	SO <sub>2</sub> residue in fruits	
	(m/s)	Peel	Flesh
1	0.19 ± 0.03	1599.0±260.1	13.52±26.10
2	0.19 ± 0.05	1620.7±367.2	12.17±13.08
3	0.18 ± 0.04	1461.5±569.2	17.46±16.38
4	0.15 ± 0.04	1310.0±390.0	14.32±8.58
5	0.15 ± 0.04	1529.2±274.9	16.73±23.04
6	0.15 ± 0.05	1482.3±396.6	16.1±16.27
7	0.14 ± 0.03	1479.2±244.9	12.21±8.45
8	0.14 ± 0.04	1594.6±289.8	20.98±12.42
Average	0.16±0.04	1509.56±349.09	15.44±15.54

<sup>1</sup>Average means ± standard deviation (SD) in room.

<sup>2</sup>Fumigation plant I (A), fumigation plant II (B) and fumigation plant III (C)

<sup>3</sup>Air velocity in each empty basket was measured during turn on the circulated air system in the closed fumigation room

<sup>4</sup>SO<sub>2</sub> residues in each layer were analyzed immediately within 5 hours after fumigation.

### สรุปผล

โรงรมใช้อัตราการใช้กำมะถันมีความเหมาะสมเมื่อรวมตามระบบ GMP มีค่าการตกค้างของ SO<sub>2</sub> ในส่วนเนื้อผลทุกโรงรมไม่เกินค่ามาตรฐานไปปลายทางประเทศจีน (50 mg/kg) เมื่อพิจารณาเฉพาะความเร็วลมของชั้นตะกร้าห้องรมแบบใช้พัดลมมีความเร็วสูงกว่าแบบปล่อยแก๊สผ่านท่อ PVC ค่าการตกค้าง SO<sub>2</sub> หลังรมตกค้างในเนื้อเมื่อสุ่มจากตะกร้าชั้นบนสูงกว่าชั้นล่างทุกโรงรมและมีค่า SD สูง ช่องว่างของพาเลทที่จัดเรียง ทิศทางลม ระยะเวลาการรม และความเข้มข้นของกำมะถันที่ใช้มีผลต่อค่าตกค้างในผลลำไย ห้องรมของโรงรมทั้งสามแบบยังคงมีความเร็วลมและการตกค้างแต่ละพาเลทไม่สม่ำเสมอ จึงยังสรุปไม่ได้ว่าห้องรมแบบใดมีความเหมาะสมที่สุดแต่การทดลองนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาพัฒนาต่อไปในอนาคต

### เอกสารอ้างอิง

- จักรพงษ์ พิมพ์พิมล จาตุพงศ์ วาฤทธิ์ และสมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ. 2550. การรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) กับผลลำไยสดด้วยวิธีหมุนเวียนอากาศแบบ forced-air. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 87 หน้า.
- พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข และสมเพชร เจริญสุข. 2550. การศึกษาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ที่เหมาะสมในการรมลำไยสดไปประเทศเป้าหมาย. เรื่องเต็มงานวิจัยสิ้นสุดปี 2550
- สถาบันอาหาร. 2541. คู่มือการอบรมควัน-อบแห้งลำไยพร้อมกรรมวิธีและแบบแปลน. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทอินโนมีเดีย จำกัด. 74 หน้า.
- AOAC. 2000. Sulfites in Foods, Optimized Monier – Williams Methods, In Official Method of AOAC, 17<sup>th</sup> ed. Vol.2, Ch. 47, Official Method 990.28, Section 47.3.43. p.29.
- Spohr, L.J., B. Orchard and S. Nielsen. 2007. Pseudoreplication in postharvest research. Program and Abstract, Australasian Postharvest Conference. Crowne Plaza Terrigal, NSW, Australia. 12 September 2007. 87 p.