Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 501-504 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 501-504 (2554)

การประยุกต์ใช้ชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้สำหรับรมผลลำไยสด

Application of Vertical Forced-SO_2 Mobile Circulator for Fresh Longan Fumigation

อนุวัฒน์ นันทะยานา[1] ชนวัฒน์ นิทัศน์วิจิตร[1] จักรพงษ์ พิมพ์พิมล[2] และ จาตุพงศ์ วาฤทธิ์[1]

Anuwat Nantayana[1], Chanawat Nitatwichit[1], Jakraphong Phimphimol[2] and Jatuphong Varith[1]

Abstract

The application of vertically forced circulation for sulfur dioxide (SO_2) fumigation on fresh longan would reduce dosage of sulfur powder incineration, resulting in a decrease in residue sulfur on longan peel and pulp. However, modification of the conventional fumigation room to suit a forced circulation technique requires a major investment for system installation. This study aims to fabricate a mobile units using verticall, forced-SO_2 circulation. The study was carried out with 3 treatments: 1) vertically in forced-SO_2 circulation at flow rate of 0.8 m^3/s with SO_2 final concentration of 4,000 ppm. 2) conventional circulation with SO_2 at final concentration of 4,000 ppm. 3) conventional circulation with SO_2 at final concentration of 15,000 ppm. Results showed that residue sulfur on the peel for the first and third treatments were not significantly different ($p>0.05$) but both treatments yielded higher residue sulfur on the peel than that from the second treatment ($p<0.05$). The residue sulfur on the pulp for the first and second treatments were not significantly different ($p>0.05$) and both treatments yielded less residue sulfur on the pulp than that from the third treatment ($p<0.05$). The mobile unit vertically forced-SO_2 circulation offers a potential for commercial practice as it can reduces residue sulfur on the longan peel below the standard practice.

Keyword: Vertical forced-air, SO_2 fumigation, mobile circulator, longan

บทคัดย่อ

การรม SO_2 กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับแนวตั้งช่วยลดปริมาณการใช้ SO_2 ส่งผลให้สามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในผลลำไยได้ อย่างไรก็ตามการนำเอาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับไปใช้ปฏิบัติในเชิงการค้ากับห้องรม SO_2 ของผู้ประกอบการ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติ ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นสำหรับดัดแปลงห้องและติดตั้งระบบ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ ซึ่งกรรมวิธีที่ศึกษามี 3 วิธีคือ 1) ใช้ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบบังคับที่อัตราการไหล 0.8 m^3/s ความเข้มข้น SO_2 สุดท้ายที่ 4,000 ppm 2) ใช้ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติที่ความเข้มข้น SO_2 สุดท้ายที่ 4,000 ppm 3) ใช้ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติที่ความเข้มข้น SO_2 เริ่มต้นที่ 15,000 ppm ผลจากการศึกษาพบว่า ผลลำไยที่ผ่านการรม SO_2 ทั้ง 3 กรรมวิธี มีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในส่วนเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่สำหรับในส่วนเนื้อผลแล้ว ผลลำไยที่ผ่านการรม SO_2 ตามกรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างใกล้เคียงกัน ($p>0.05$) แต่ต่ำกว่าผลลำไยที่ผ่านการรม SO_2 ตามกรรมวิธีที่ 3 ($p<0.05$) ดังนั้นชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้จึงสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายให้แก่ผู้ประกอบการ รวมทั้งช่วยให้ผลลำไยมีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

คำสำคัญ: แบบบังคับอากาศแนวตั้ง การรม SO_2 ชุดหมุนเวียนแบบเคลื่อนย้ายได้ ลำไย

คำนำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นผลิตผลทางการเกษตรส่งออกระดับต้น ๆ ที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศปีละหลายล้านบาท ซึ่งปี พ.ศ. 2552 ที่ผ่านมา มีปริมาณการส่งออกลำไยสดและแช่แข็งสูงถึง 220,046 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,507.3 ล้านบาท (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2553) วิธีการที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาลำไยระหว่างการขนส่งคือ การรม SO_2 ซึ่งปัจจุบันสถานประกอบการใช้ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติ และใช้ความเข้มข้นของ SO_2 สุดท้ายหลัง

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมการแปรรูปผลผลิตเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Agro-Process Engineering Program, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiangmai 50290

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2] Post harvest Technology Program, Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiangmai 50290

การรมสูงถึง 15,000 ppm ส่งผลให้เกิดการตกค้างของซัลเฟอร์ในเนื้อผลสูงเกินมาตรฐานที่กำหนดคือ 30 ppm (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ต่อมาจักรพงษ์ และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยนำเอาระบบการหมุนเวียนก๊าซแบบบังคับ (Forced-circulation) มาใช้ในการรม SO_2 กับผลลำไยสด พบว่า ระบบการหมุนเวียนอากาศแบบบังคับแนวตั้งมีประสิทธิภาพสูงสุด สามารถลดความเข้มข้นของ SO_2 สุดท้ายหลังการรมเหลือเพียง 4,000 ppm สามารถป้องกันการเกิดโรคและการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกลำไยได้ โดยต้องมีอัตราการไหลของก๊าซอยู่ในช่วง 0.6-1.0 m^3/s แต่การนำเอาระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับแนวตั้งไปใช้กับผู้ประกอบการ มีข้อจำกัดเนื่องจาก 1) ระบบต้องใช้พื้นที่ด้านบนของห้องเพื่อเดินระบบท่อลมและติดตั้งพัดลมหมุนเวียนอากาศ ซึ่งส่วนใหญ่พื้นที่ด้านบนของห้องรมถูกสร้างเป็นห้องพักพนักงาน 2) การดัดแปลงห้องอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างอาคาร 3) มีต้นทุนการผลิตสูงขึ้นจากการดัดแปลงห้อง และอาจต้องเสียโอกาสในการผลิต ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว จึงได้ทำการออกแบบและสร้างชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ ให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับห้องรมของผู้ประกอบการได้ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การหาอัตราการไหลของชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้

การศึกษานี้ได้ออกแบบชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ ซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกับงานวิจัยของจักรพงษ์ และคณะ (2553) (Figure 1A) โดยใช้พัดลมแบบไหลตามแกน (Axial fan) ยี่ห้อ Kruger รุ่น TDA-L 355 หมุนเวียนอากาศของระบบ ส่วนวิธีการหาอัตราการไหลของอากาศใช้หลักการของ ASHRAE (2001) ซึ่งทำการวัดความเร็วลมที่ระยะ 7.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง (Figure 1B) จำนวน 6 ตำแหน่ง ด้วยเครื่อง Hot-wire Anemometer ยี่ห้อ TESTO รุ่น 400 จากนั้นนำค่าความเร็วลมที่วัดได้ไปใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลต่อไป

A B

Figure 1 The SO_2 fumigation chamber (Phimphimol *et al.*, 2010). (A), Velocity measurement method in duct by ASHRAE (2001). (B)

2. การหาประสิทธิภาพของชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้

การศึกษาจะใช้วิธีการเปรียบเทียบกรรมวิธีการรม SO_2 กับผลลำไยสด ใช้เวลาในการรม 60 min การศึกษาแบ่งเป็น 3 กรรมวิธี คือ

1) ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบบังคับแนวตั้ง ที่ความเข้มข้นของ SO_2 สุดท้ายหลังการรม 4,000 ppm จากถังอัดความดัน และใช้อัตราการไหลของอากาศจากการทดลองขั้นตอนที่ 1 การทดลองจะใช้ชุดหมุนเวียน SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ทำการรมผลลำไยสดครั้งละ 60 ตะกร้า ในห้องของผู้ประกอบการ

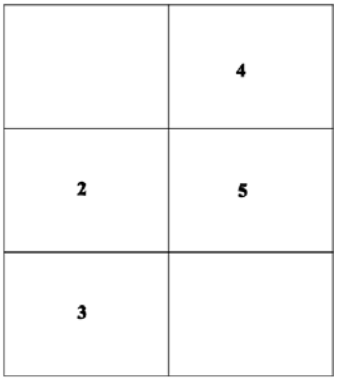
2) ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติ ที่ความเข้มข้นของ SO_2 สุดท้ายหลังการรม 4,000 ppm จากถังอัดความดัน และทำการรมผลลำไยสดครั้งละ 60 ตะกร้า ในห้องของผู้ประกอบการ

3) ระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติ ที่ความเข้มข้นของ SO_2 สุดท้ายหลังการรม 15,000 ppm จากการเผาผงกำมะถัน และทำการรมผลลำไยสดในห้องของผู้ประกอบการ

หลังจากสิ้นสุดการรมของแต่ละวิธีจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างลำไยสดจากตะกร้าชั้นที่ 1, 4, 7 และ 10 (Figure 2A) ในตำแหน่งที่ 2, 3, 4 และ 5 (Figure 2B) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเนื้อและเปลือก โดยใช้วิธี Modified Monier-

Williams (สดศรี, 2535) และตรวจสอบคุณภาพหลังการรม ได้แก่ ค่า L*, C*, H° ด้วยเครื่องวัดสี (Minolta, CR10) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง Hand refractometer (ATAGO; N-1E)

A



B

Figure 2 The 60 basket were set into 10 stacks in a vertical forced-SO_2 mobile circulator.(A), The random position for each stacks. (B)

ผลและวิจารณ์

1. การหาอัตราการไหลของชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้

จากการศึกษาเพื่อหาอัตราการไหลของอากาศสำหรับรมผลลำไยสดด้วยชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ ตามหลักการของ ASHRAE (2001) ได้ค่าอัตราการไหลเท่ากับ 0.8 m^3/s (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับช่วงอัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมสำหรับการรม SO_2 ด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับแนวตั้ง (จักรพงษ์ และคณะ, 2553)

Table 1 The air velocity and flow rate of experiment at 6 locations. (ASHRAE, 2001)

Experiment	Air velocity (m/s)						Airflow Rate	average
	1	2	3	4	5	6	(m^3/s)	(m^3/s)
1	8.29	7.51	5.31	6.45	8.65	9.81	0.759	
2	8.71	7.40	5.28	6.71	8.45	9.76	0.764	0.80
3	8.84	7.28	5.23	6.45	8.40	9.68	0.757	

2. การหาประสิทธิภาพของชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้

ผลการศึกษาการรม SO_2 กับลำไยสดของทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่ามีปริมาณการตกค้าง SO_2 หลังสิ้นสุดการรมในเนื้อและเปลือกแสดงดัง Table 2

Table 2 The residue sulfur on the pulp and peel of longan fumigated at different SO_2 concentrate

Application of SO_2	Sulfur residue (ppm)	
	pulp	peel
Vertical circulation; 4,000 ppm SO_2 concentration	2^b	$1,716^a$
Normal circulation; 4,000 ppm SO_2 concentration	2^b	$1,459^b$
Normal circulation; 15,000 ppm SO_2 concentration	92^a	$1,905^a$

* Means in the same column followed by the same letter was not significantly different at 5% level

ผลลำไยสดที่ผ่านการรม SO_2 จากถังอัดความดันโดยตรงด้วยชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ (กรรมวิธีที่ 1) ที่ความเข้มข้นสุดท้ายหลังการรม 4,000 ppm มีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือกหลังจากรมทันทีไม่แตกต่างกับการรม SO_2 จากการเผาผงกำมะถันด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติ (กรรมวิธีที่ 3) ที่ความเข้มข้นสุดท้ายหลังการรม 15,000 ppm เนื่องจากระบบหมุนเวียนก๊าซแบบบังคับทำให้ SO_2 สามารถสัมผัสกับผลลำไยได้อย่างทั่วถึงและใช้ปริมาณความเข้มข้นของ SO_2 ต่ำกว่า ขณะที่การรม SO_2 จากถังอัดความดันโดยตรงด้วยระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติที่ความเข้มข้นสุดท้ายหลังการรม 4,000 ppm (กรรมวิธีที่ 2) มีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือกหลังจากรมทันทีต่ำกว่า เนื่องจากระบบหมุนเวียนก๊าซแบบปกติไม่สามารถทำให้ SO_2 สัมผัสกับผลลำไยได้อย่างทั่วถึงที่ปริมาณความเข้มข้นสุดท้ายหลังการรมต่ำ จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นสูงจึงจะทำให้ผลลำไยดูดซับสารซัลเฟอร์เพื่อให้มีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเปลือกหลังจากรมทันทีเท่ากับระบบหมุนเวียนก๊าซแบบบังคับ

เมื่อพิจารณาปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเนื้อหลังจากรมทันที พบว่ากรรมวิธีที่ 3 มีปริมาณการตกค้างสูงที่สุด แต่กรรมวิธีที่ 1 และ 2 มีปริมาณการตกค้าง 2 ppm แสดงให้เห็นว่าระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับทำให้ความเร็วการไหลของอากาศภายในตะกร้าผลลำไยเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ SO_2 สัมผัสกับผิวเปลือกได้มากกว่าที่จะซึมลงไปในส่วนเนื้อ จึงมีปริมาณซัลเฟอร์ตกค้างในเนื้อผลน้อยลงตามไปด้วย ส่วนคุณภาพหลังการรม พบว่า ค่า L*, C*, H^o และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าไม่แตกต่างกัน (Table 3)

Table 3 The peel browning and soluble solids of longan exposed to different concentrations of SO_2

Application of SO_2	Browning			Soluble Solids (^{o}Brix)
	L*	C*	H^o	
Vertical circulation; 4,000 ppm SO_2	49.4[a]	37.2[a]	73.6[a]	18.5[a]
Normal circulation; 4,000 ppm SO_2	49.3[a]	36.8[a]	72.8[a]	17.4[a]
Normal circulation; 15,000 ppm SO_2	49.6[a]	37.9[a]	72.5[a]	17.5[a]

* Means in the same column followed by the same letter was not significantly different at 5% level

สรุป

การรม SO_2 กับลำไยสดด้วยชุดหมุนเวียนก๊าซ SO_2 แบบบังคับแนวตั้งชนิดเคลื่อนย้ายได้ มีประสิทธิภาพในการรมดีที่สุดเมื่อเทียบกับระบบหมุนเวียนอากาศแบบปกติของกรรมวิธี 2 และ3 และสามารถลดปริมาณการใช้ SO_2 ประมาณ 73 % จึงสามารถลดต้นทุนการผลิตในการนำไปประยุกต์ใช้กับห้องรมของผู้ประกอบการเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยและเครื่องมือต่าง ๆ สุดท้ายขอขอบคุณ บริษัทไทยฮงผลไม้ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และผลลำไยสดในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การรมลำไยสดเพื่อการส่งออก. กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและมาตรฐานการผลิตพืชและผลิตภัณฑ์พืช สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. (เอกสารแผ่นพับ): กตม. 51004.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, จาตุพงศ์ วาฤทธิ์ และ สมเกียรติ จาตุรงค์ล้ำเลิศ. 2553. การออกแบบห้องรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กับผลลำไยสดด้วยระบบหมุนเวียนอากาศแบบบังคับในระดับอุตสาหกรรม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. 162 หน้า.

สดศรี เนียมเปรม. 2535. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และการวิเคราะห์หาปริมาณผลตกค้างในลำไยสด. เอกสารประกอบการฝึกอบรมการรมควันซัลเฟอร์ได-ออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์ กรุงเทพฯ วันที่ 18 มีนาคม 2535. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย: หน้า 82-95.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. 2553. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://agri.dit.go.th/ (วันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2553)

ASHRAE. 2001. ASHRAE Handbook-Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.