

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 เวลาการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ไม่ทำให้เกิดอาการไหม้ที่ผิวของผล การประเมินความเสียหายด้วยการสังเกตด้วยตา

ผลการประเมินความเสียหายจากการสังเกตการคล้ำของสีผิวผลส้มเขียวหวาน พันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทองเมื่อเทียบกับชุดควบคุม พบว่าผลส้มทั้งที่วางห่างจากหลอด อัลตราไวโอเลต-ซี 10 วัตต์ 6 และ 12 เซนติเมตร เริ่มปรากฏอาการผิวไหม้หลังจากนำไปเก็บรักษา เป็นเวลา 12 วัน ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ระยะห่าง 6 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าพลังงานที่ระยะ 1-6 นาที เท่ากับ $3.204-19.224 \text{ kJ.m}^{-2}$ ผิวผลแสดงอาการไหม้มากทุกผล เปลือกมีสีน้ำตาล มันวาว และแข็ง ไม่พบอาการไหม้ในชุดควบคุม (ไม่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี) การทดลองครั้งต่อไปจึงศึกษาที่ระยะห่าง 12 เซนติเมตร ซึ่งผิวผลส้มเขียวหวานแสดงอาการไหม้น้อยกว่า คือที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นาที ซึ่งมีค่าพลังงานเท่ากับ 1.602, 3.204, 4.806, 6.408, 8.010 และ 9.612 kJ.m^{-2} ตามลำดับ

จากการประเมินความเสียหายด้วยการนับจำนวนผลส้มที่แสดงอาการผิวไหม้แล้วคำนวณ เป็น เปอร์เซ็นต์โดยเทียบกับจำนวนผลทั้งหมดในแต่ละกรรมวิธี แสดงให้เห็นว่าผลส้มที่ผ่านการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี ที่มีค่าพลังงานระหว่าง $1.602-9.612 \text{ kJ.m}^{-2}$ มีจำนวนผลที่ผิวไหม้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆแปรผันตามช่วงเวลาของการให้แสง ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ผ่านแสงอัลตราไวโอเลต-ซี) ไม่มีอาการไหม้เลย (ภาพ 10, 11 และ ตาราง 1)

การทดลองฉายแสงอัลตราไวโอเลตกับส้มสีทองที่ระยะเวลา 4-6 นาที ปรากฏว่าผิวผลส้มบางผลมีการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติคือ ผิวเปลือกด้านที่ถูกแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เปลี่ยนเป็นสีเหลืองซำกว่าด้านที่ไม่ได้รับแสง (ภาพ 12) และการนำส้มไปลดอุณหภูมิทันทีหลังการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี ด้วยการนำไปวางที่อุณหภูมิ 7 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการนำไปเก็บที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าไม่สามารถลดอาการไหม้ที่ผิวของส้มให้ต่างจากชุดควบคุม (ไม่ผ่านการนำไปลดอุณหภูมิ)(ภาพ 13)

ตาราง 1 เปอร์เซ็นต์ของผลส้มเขียวหวานที่แสดงอาการผิวไหม้ หลังจากผ่านการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี ที่ระยะห่างจากแหล่งแสง 12 cm และ 6 cm

เวลาการฉายแสง UV-C	% ผลส้มที่แสดงอาการไหม้			
	6 cm		12 cm	
	ส้มสายน้ำผึ้ง	ส้มสีทอง	ส้มสายน้ำผึ้ง	ส้มสีทอง
0 นาที	0	0	0	0
1 นาที (1.602 kJ.m ⁻²)	100	100	10	6
2 นาที (3.204 kJ.m ⁻²)	100	100	10	8
3 นาที (4.806 kJ.m ⁻²)	100	100	15	12
4 นาที (6.408 kJ.m ⁻²)	100	100	35	30
5 นาที (8.010 kJ.m ⁻²)	100	100	75	60
6 นาที (9.612 kJ.m ⁻²)	100	100	80	70

หมายเหตุ : 1. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นำผลส้มเขียวหวาน ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %

2. บันทึกผลในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา

การวัดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลส้มเขียวหวานโดยใช้เครื่องวัดสี

จากการวัดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวของผลส้มสายน้ำผึ้งและสีทอง ที่ฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี เวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นาที ที่ระยะห่าง 6 และ 12 เซนติเมตร พบว่าความเสียหายเนื่องจากการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี เริ่มปรากฏหลังจากการฉายแสง UV ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาในกลุ่มของผลส้มที่นำไปฉายแสงโดยวางห่างจากหลอดไฟ 6 เซนติเมตร โดยพบอาการไหม้เกิดขึ้นมากบริเวณผิวของผลส้มทั้งสองสายพันธุ์ จากการนำผลส้มที่วางในระยะห่าง 12 เซนติเมตร พบอาการผิวไหม้น้อยกว่า ในระหว่างการเก็บรักษาภายหลังการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี ลงบนผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทอง สีเปลือกของส้มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นเหลืองและเหลืองส้มตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และมีการสร้างรงควัตถุแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเหลือง การเปลี่ยนแปลงของสีวัดได้จากค่า L^* , a^* , b^* , C^* , Hue angle ส้มทั้งสองสายพันธุ์มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกันในช่วง 12 วันของการเก็บรักษาที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์

ค่า L^* ของส้มสายน้ำผึ้งและส้มสีทองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผิวของผลส้มมีสีที่สว่างมากขึ้น โดยมีค่าระหว่าง 43.61 ถึง 56.5 และ 43.0 ถึง 60.1 ตามลำดับ (ภาพ 5) แต่เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่า L^* ที่เก็บรักษานาน 12 วันในแต่ละกรรมวิธี พบว่าการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีนานาน 3 นาที (สีสว่างมากที่สุด) แตกต่างกับการฉายแสงนาน 1, 2, 4, 5, 6 นาที และชุดควบคุมที่ไม่ได้ฉายแสง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2)

ค่า a^* ของส้มสายน้ำผึ้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองโดยมีค่าอยู่ในช่วง -10.5 ถึง -2.6 เมื่อฉายแสงอัลตราไวโอเลตนาน 1 นาที มีค่าเป็นลบมากกว่า (เขียวมาก) ระยะเวลาการฉายแสงอื่นคือ 2, 3, 4, 5 และ 6 นาที ซึ่งมีสีเขียวเหลือง (ภาพ 6(1)) แต่เมื่อวิเคราะห์ค่า a^* แล้วพบว่าเมื่อฉายแสงนาน 1 นาที แตกต่างจากการฉายแสงนาน 2 ถึง 6 นาที และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 1) ส่วนค่า a^* ของส้มสีทองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน แต่สีเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองส้ม โดยมีค่า a^* อยู่ในช่วง -8.3 ถึง 10.5 เมื่อฉายแสงนาน 1, 2, 5 และ 6 นาที มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (เหลือง) มากกว่าระยะเวลาฉายแสงที่ 3 และ 4 นาที (เหลืองส้ม) (ภาพ 6(2)) และเมื่อวิเคราะห์ค่า a^* แล้วส้มที่ฉายแสงนาน 3 และ 4 นาที แตกต่างกับส้มที่ฉายแสงนาน 1, 2, 5, 6 นาที และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2)

ค่า b^* ของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแนวทางเดียวกัน คือมีสีเหลืองเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 12 วัน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 33.7 ถึง 51.3 และ 31.5 ถึง 59.3 ตามลำดับ (ภาพ 7) แต่เมื่อวิเคราะห์ค่า b^* ของส้มสายน้ำผึ้งแล้ว ส้มที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีนานาน 2 และ 3 นาที (เหลืองมาก) แตกต่างกับส้มที่ฉายแสงนาน 1, 4, 5, 6 นาที และ ชุดควบคุม (เหลืองน้อย) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2)

ค่า C^* ของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคือ มีสีเหลืองเพิ่มขึ้นและมีค่า C^* อยู่ในช่วง 35.4 ถึง 51.7 และ 32.9 ถึง 66.1 ตามลำดับ (ภาพ 8) และเมื่อวิเคราะห์ค่า C^* แล้วพบว่าส้มสายน้ำผึ้งที่ฉายแสงนาน 2 นาที และส้มสีทองที่ฉายแสงนาน 3 นาที มีสีเหลืองเข้มแตกต่างกับระยะเวลาที่เหลือและชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2)

ค่า Hue angle ของส้มสายน้ำผึ้งและส้มสีทองมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 วัน โดยค่า Hue angle อยู่ในช่วง 93.5 ถึง 107.7 และ 80.4 ถึง 104.7 ตามลำดับ (ภาพ 9) แต่ค่า Hue angle ของส้มสายน้ำผึ้งที่ฉายแสงนาน 1 นาที ในวันที่ 4 ถึงวันที่ 12 มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลี่ยนจากเขียวเป็นสีเหลืองช้ากว่าส้มที่ฉายแสงนาน 2 ถึง 6 นาที แต่เร็วกว่าชุดควบคุม อย่างเห็นได้ชัด (ภาพ 9(1)) และเมื่อวิเคราะห์ค่า Hue angle แล้วพบว่าส้มที่ฉายแสงนาน 1 นาทีแตกต่างกับส้มที่ฉายแสงนาน 2 ถึง 6 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

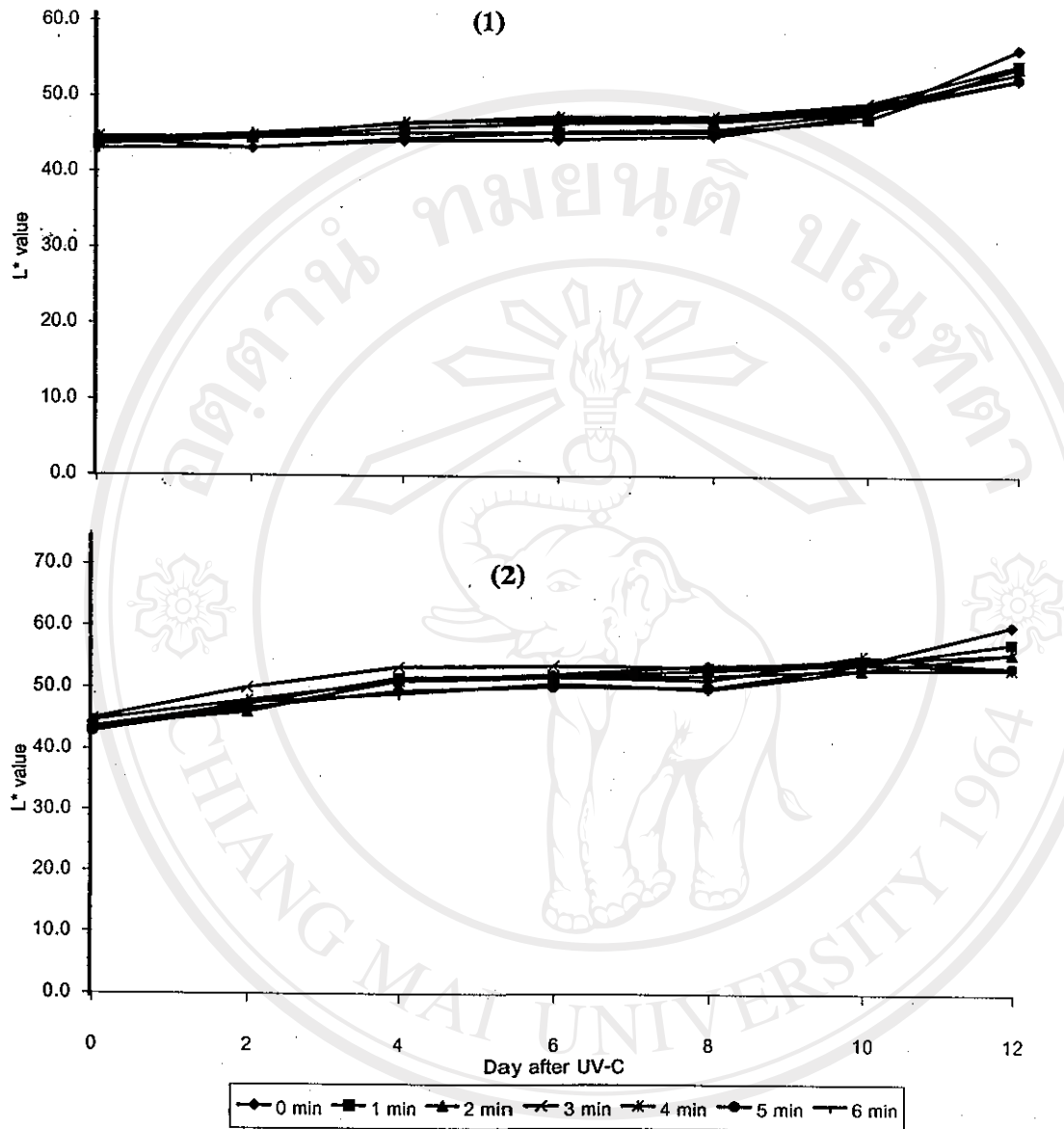
95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า Hue angle ของส้มสีทองที่ฉายแสงนาน 3 นาที แตกต่างกับส้มที่ฉายแสงนาน 1, 2, 4, 5, 6 นาที และ ชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 2)

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยของค่า L*, a*, b*, C*, Hue angle และเวลาที่ฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต - ซี ที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 cm ของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง และส้มสีทอง

พันธุ์ส้ม	เวลาฉาย UV-C (นาที)	L*	a*	b*	C*	Hue
สายน้ำผึ้ง	0 นาที	46.49 bc	-9.18 b	38.62 cd	39.91 bc	104.48 a
	1 นาที	46.55 abc	-8.43 b	38.76b cd	39.83 bc	103.01 b
	2 นาที	47.48 ab	-7.09 a	41.42 a	42.31 a	100.87 c
	3 นาที	47.72 a	-6.99 a	42.42 a	41.51 ab	100.64 c
	4 นาที	47.50 ab	-6.82 a	40.56 ab	41.36 ab	100.45 c
	5 นาที	47.08 abc	-7.18 a	40.48 abc	41.33 ab	100.85 c
	6 นาที	46.10 bc	-6.93 a	38.41 d	39.40 c	101.05 c
% CV		10.88	45.25	20.02	18.42	5.63
LSD		1.20	0.79	1.87	1.76	1.34
ส้มสีทอง	0 นาที	51.56 ab	0.06 b	47.05 ab	47.63 ab	92.25 a
	1 นาที	51.22 ab	1.23 b	46.74 ab	47.27 ab	90.75 a
	2 นาที	50.52 bc	0.69 b	45.17 bc	45.63 bc	91.29 a
	3 นาที	52.22 a	3.04 a	48.17 a	48.74 a	87.71 c
	4 นาที	50.77 bc	3.45 a	45.88 b	46.72 ab	88.29b c
	5 นาที	49.54 c	0.59 b	43.57 bc	44.16 c	90.76 a
	6 นาที	49.49 c	0.49 b	43.51 c	44.05 c	90.75 a
% CV		11.37	49.62	20.86	20.65	10.22
LSD		1.35	1.67	2.24	2.24	2.16

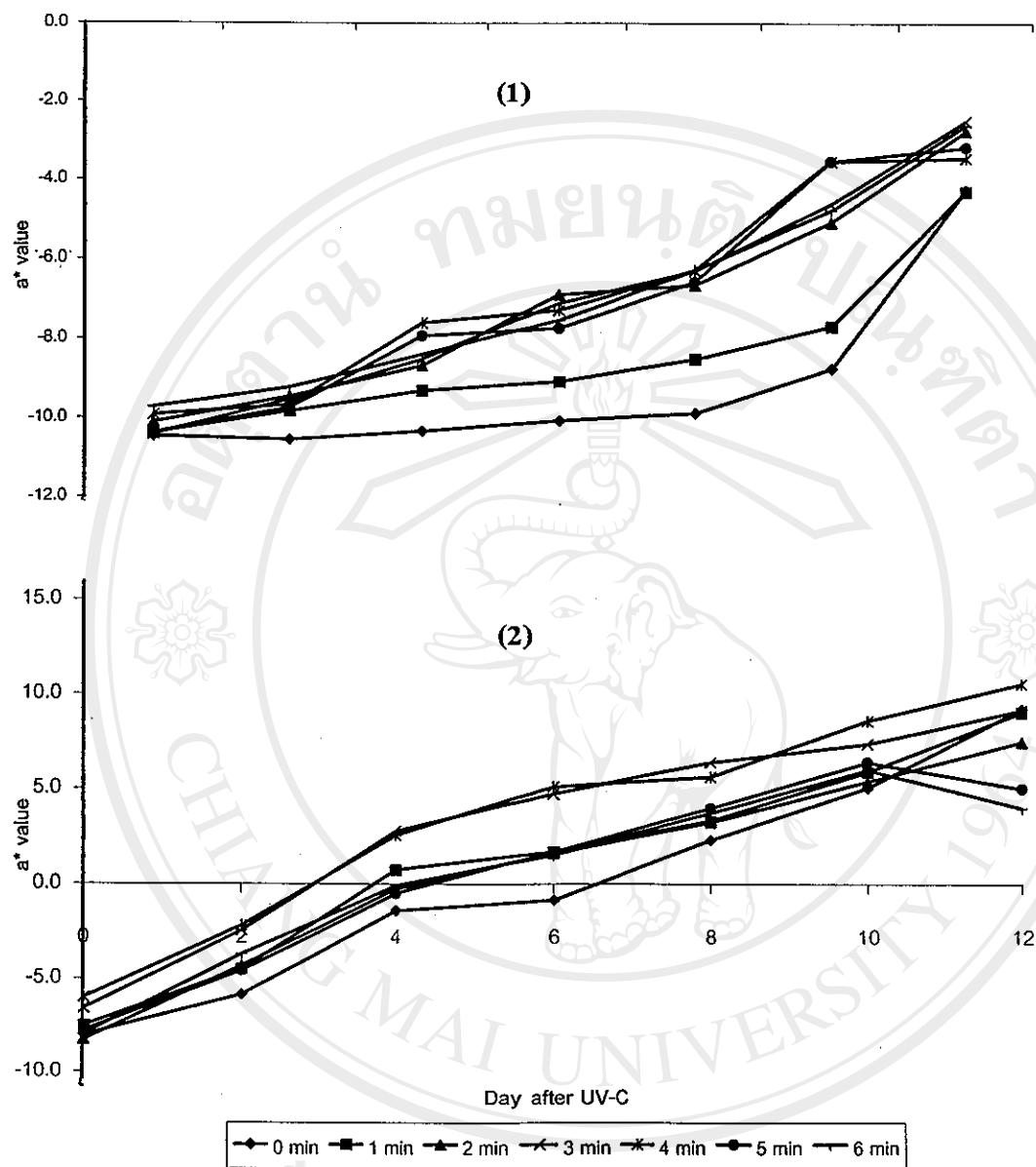
หมายเหตุ : 1. ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต-ซี นำผลส้มเขียวหวานไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %



ภาพ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (1) และ สีสอง (2) ภายหลังจากฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นระยะเวลาต่างๆ

- หมายเหตุ : 1. ตัวเลขในกรอบหมายถึง ระยะเวลาการฉายแสง ที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 cm
 2. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นำผลส้มเขียวหวานไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %

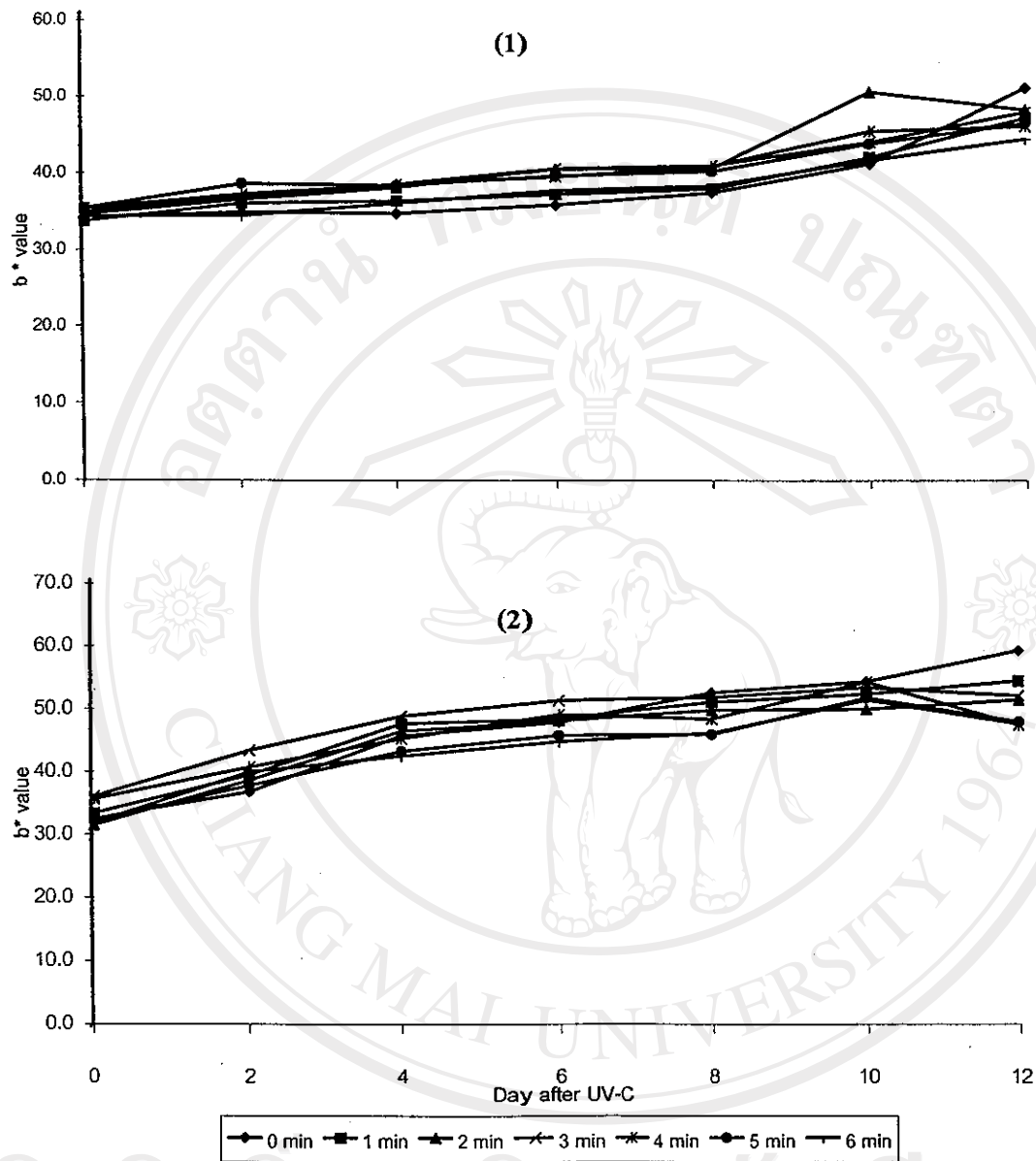


ภาพ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า a^* ของสีเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (1) และ สีทอง (2) ภายหลังจากฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นระยะเวลาต่างๆ

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขในกรอบหมายถึง ระยะเวลาการฉายแสง ที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 cm

2. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นำผลส้มเขียวหวานไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %



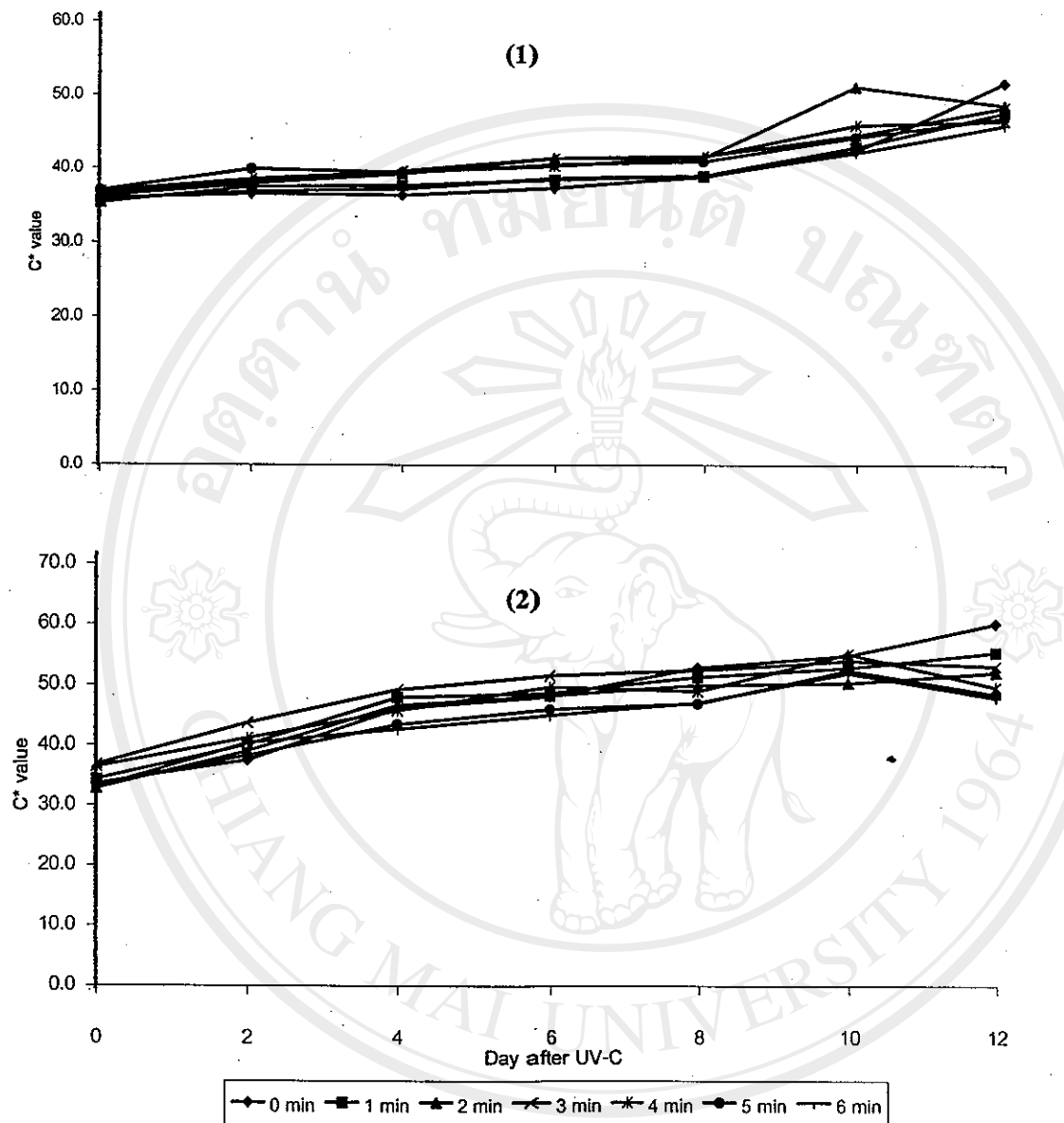
ภาพ 7 การเปลี่ยนแปลงค่า b^* ของสีเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (1) และ สีส้ม (2) ภายหลังจากฉาย

แสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นระยะเวลาต่างๆ

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขในกรอบหมายถึง ระยะเวลาการฉายแสง ที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 cm

2. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นำผลส้มเขียวหวานไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

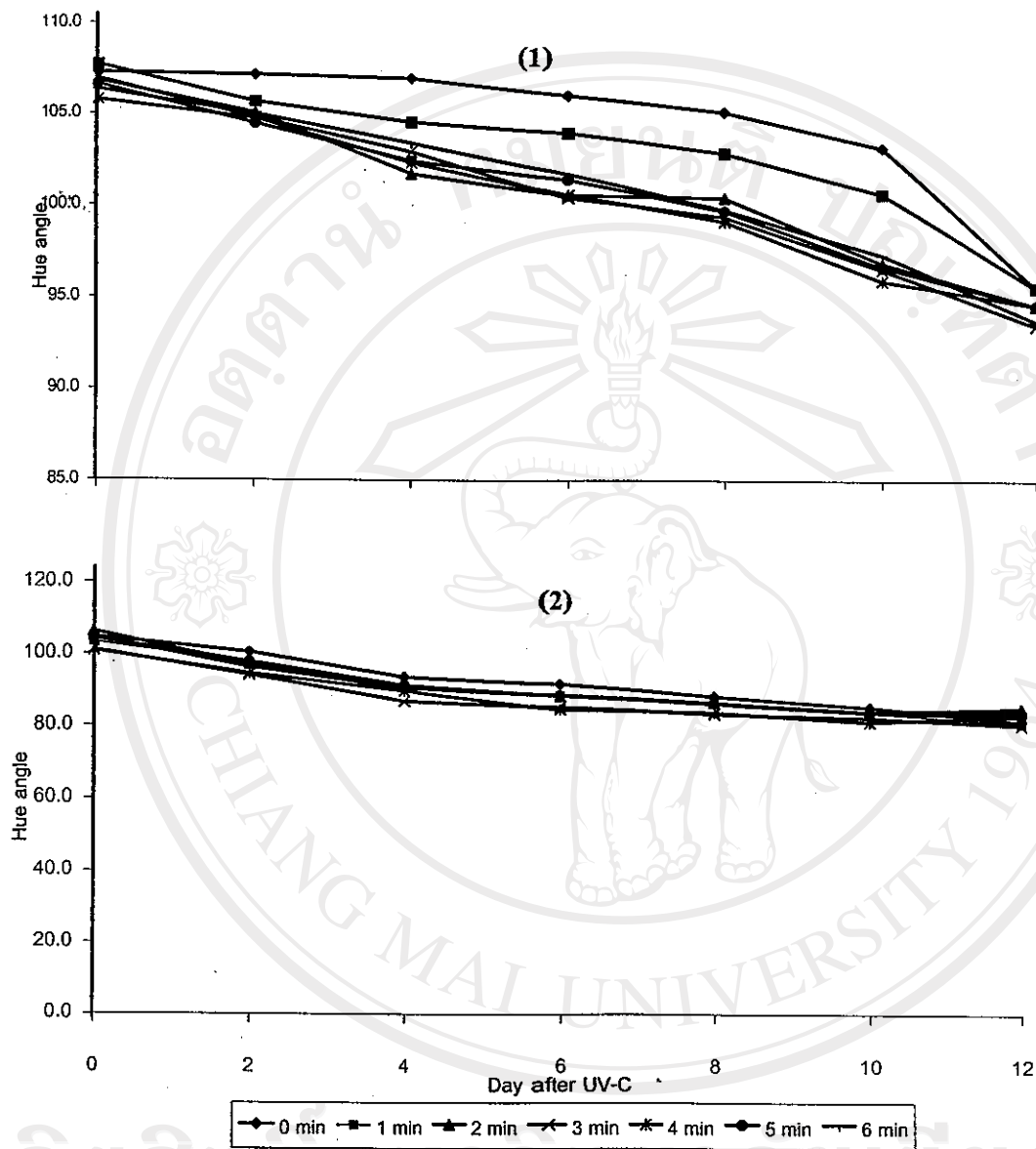
Copyright © by Chiang Mai University

ภาพ 8 การเปลี่ยนแปลงค่า C* ของสีเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (1) และ สีส้ม (2) ภายหลังจากฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นระยะเวลาต่างๆ

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขในกรอบหมายถึง ระยะเวลาการฉายแสง ที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 cm

2. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นำผลส้มเขียวหวานไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %



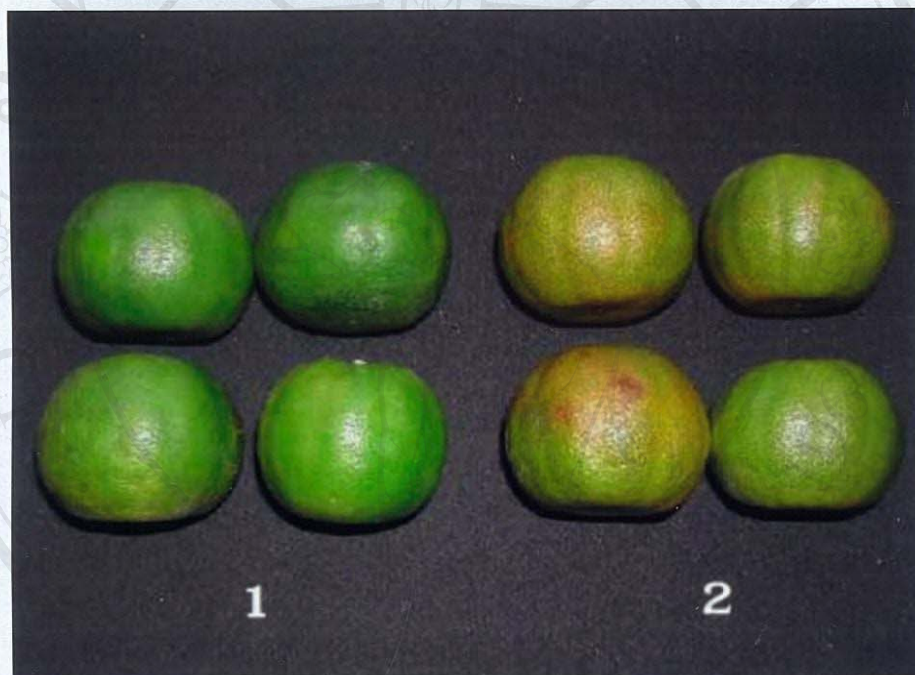
ภาพ 9 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสีเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง (1) และ สีทอง (2)

ภายหลังฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นระยะเวลาต่างๆ

หมายเหตุ : 1. ตัวเลขในกรอบหมายถึง ระยะเวลาการฉายแสง ที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 cm

2. หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นำผลส้มเขียวหวานไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All Rights Reserved

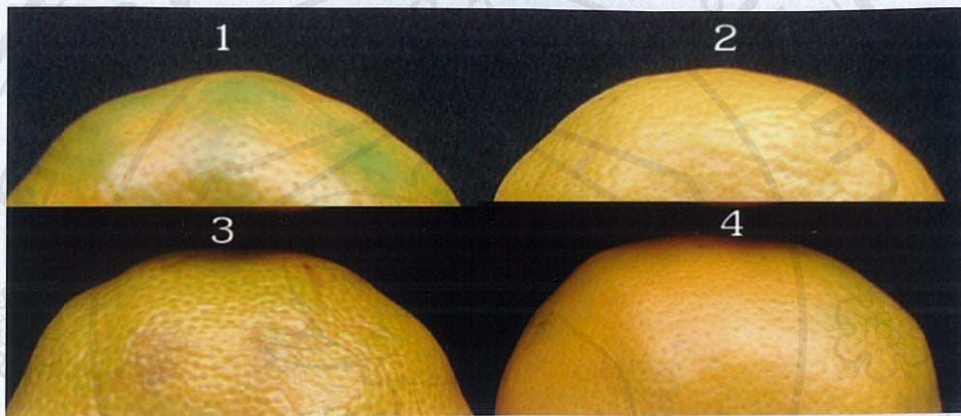
ภาพ 10 อาการไหม้ที่ผิวส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี
หมายเหตุ : บันทึกภาพในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาที่ 25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %
(1) ซุกควบคุม (ไม่ผ่านการฉายแสง) (2) ส้มที่ผ่านการฉายแสง เป็นเวลา 6 นาที ที่
ระยะ 12 เซนติเมตร



ภาพ 11 อาการไหม้ที่ผิวส้มเขียวหวานพันธุ์สีทองที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี
 หมายเหตุ : บันทึกภาพในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาที่ 25 ± 2 °C และความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 ± 5 %
 (1) ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการฉายแสง) (2) ส้มที่ผ่านการฉายแสง เป็นเวลา 6 นาที ที่
 ระยะ 12 เซนติเมตร



ภาพ 12 สีผิวเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สีทองบางผลในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา
 หมายเหตุ : (1) คือด้านที่ผ่านการฉายแสง (2) คือ ด้านที่ไม่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี



ภาพ 13 ลักษณะผิวของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ 12 วัน
หมายเหตุ (1) ไม่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เก็บที่ 25 ± 2 °C ผิวผลส้มทั้งหมดยังมีสีเขียวอยู่

(2) ไม่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เก็บที่ 7 ± 2 °C 30 นาที แล้วเก็บที่ 25 ± 2 °C
ผิวผลส้มทั้งหมดเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

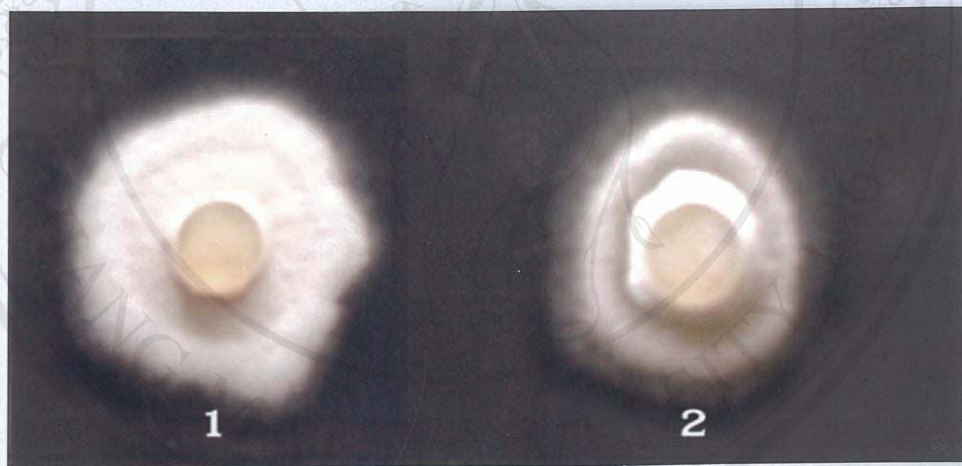
(3) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เก็บที่ 25 ± 2 °C ผิวผลส้มประมาณ 80% ของจำนวนผล
ที่ทดสอบในกรรมวิธีนี้ มีอาการเหี่ยวและไหม้

(4) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เก็บที่ 7 ± 2 °C 30 นาที แล้วเก็บที่ 25 ± 2 °C

ผิวผลส้มประมาณ 20% ของจำนวนผลที่ทดสอบในกรรมวิธีนี้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจัด
โดยไม่มีอาการเหี่ยวหรือไหม้

การทดลองที่ 2 ผลของการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีต่อการเจริญของราเขียวในงานเพาะเชื้อ
ตอนที่ 2.1 การเจริญของเส้นใยราเขียว

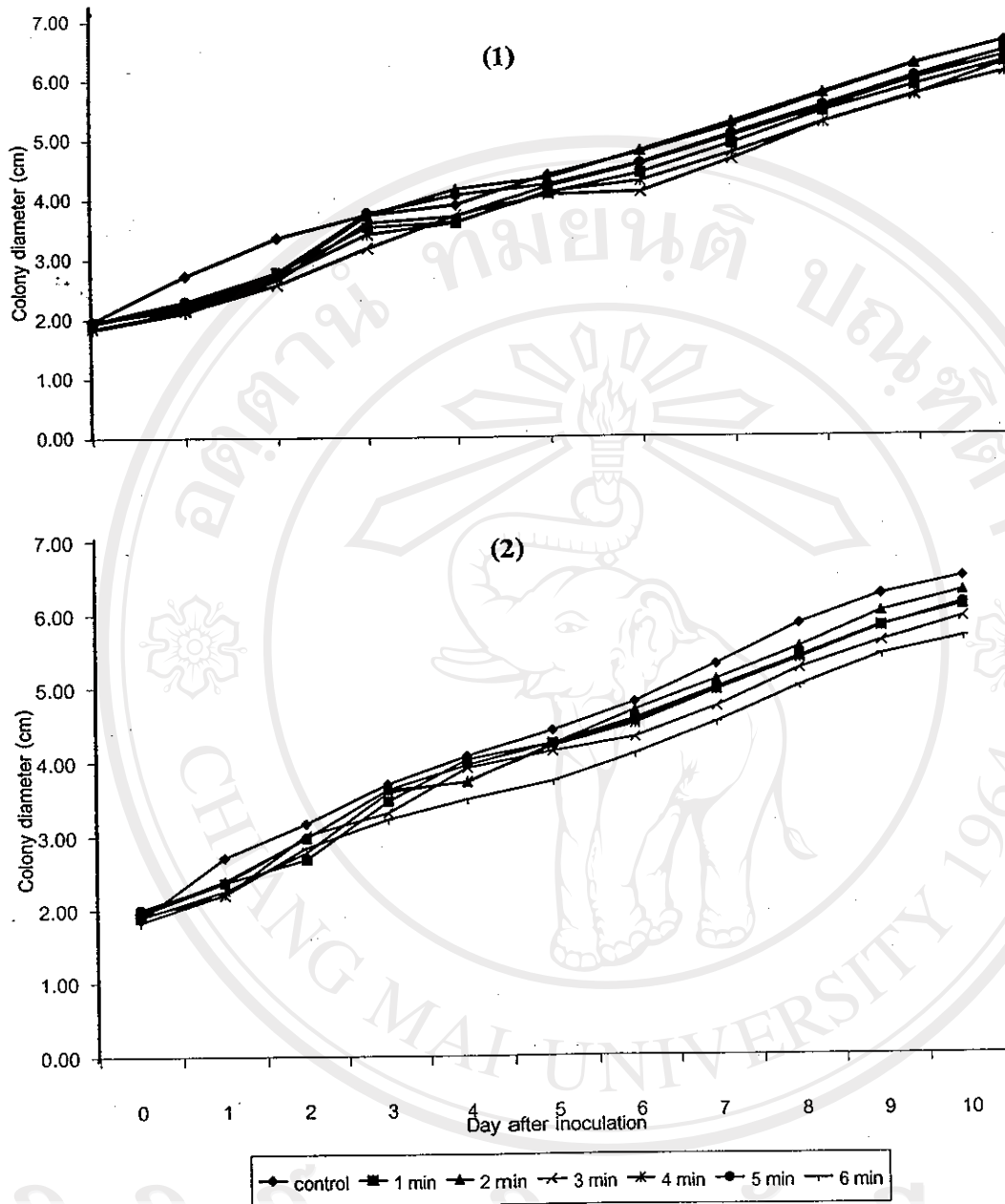
ผลการทดสอบการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* sp. กับแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ระยะเวลา 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นาที พบว่าการเจริญของเชื้อราที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ชะลอลงเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นการเจริญของเชื้อราจะใกล้เคียงกับชุดควบคุม แต่เชื้อราที่ฉายแสงแล้วย้ายไปเก็บที่อุณหภูมิ 7 ± 2 องศาเซลเซียส ทันที่ เป็นเวลา 30 นาที จะเจริญต่ำกว่าและชุดควบคุม ในวันที่ 1 และ 2 เท่านั้น (ภาพ 15 และตาราง 3-13) และ เส้นใยของราเขียวที่ผ่านแสงอัลตราไวโอเลต-ซี จะตาย เห็นเป็นวงสีคล้ำ (ภาพ 14 และ 16)



ภาพ 14 ลักษณะโคโลนี ของเชื้อราเขียวบนอาหาร MEA ที่ไม่ฉายผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี (1) เปรียบเทียบกับโคโลนีที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีเป็นเวลา 4 นาที (2)

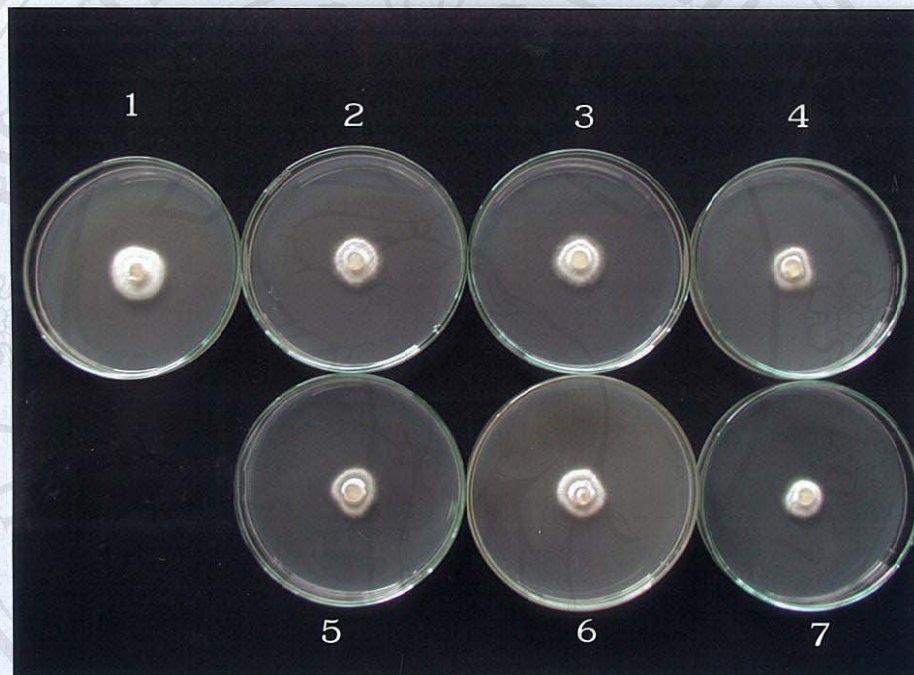
หมายเหตุ : 1. ฉายแสงที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 เซนติเมตร เก็บรักษาจานอาหารที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$

2. บันทึกภาพภายหลังการฉายแสง 1 วัน



ภาพ 15 ลักษณะการเจริญของเชื้อราเขียวที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต-ซี แล้วนำไปเก็บที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที แล้วบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ (1) เปรียบเทียบกับบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว (2)

หมายเหตุ : ตัวเลขในกรอบคือ ระยะเวลาการฉายแสงที่ระยะห่าง 12 เซนติเมตร และเชื้อราเขียวที่ทดลองนี้เพาะเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar



ภาพ 16 ลักษณะโคโลนีของเชื้อราเขียวที่ผ่านการฉายแสงเปรียบเทียบกับชุดควบคุม
หมายเหตุ : ฉายแสงที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 เซนติเมตรบันทึกภาพภายหลังจากฉายแสง 1 วัน

เชื้อที่ทดสอบเหล่านี้เพาะเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar ที่ 25 ± 2 °C

- (1) ชุดควบคุม (ไม่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี)
- (2) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี 1 นาที
- (3) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี 2 นาที
- (4) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี 3 นาที
- (5) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี 4 นาที
- (6) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี 5 นาที
- (7) ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี 6 นาที

ตาราง 3 เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 0 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	1.92 a ²	1.93 abc
2 นาที	1.95 a	1.95 ab
3 นาที	1.85 a	1.91 abc
4 นาที	1.95 a	1.88 bc
5 นาที	1.95 a	2.00 a
6 นาที	1.83 a	1.82 c
ชุดควบคุม	1.96 a	1.86 bc
% CV	6.97	5.02
LSD	0.15	0.11

- หมายเหตุ : 1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
 กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 4 เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 1 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่มที่ 1 ³	กลุ่มที่ 2 ³
1 นาที	2.25 bc ²	2.36 b
2 นาที	2.20 bc	2.39 b
3 นาที	2.13 bc	2.19 b
4 นาที	2.16 bc	2.25 b
5 นาที	2.29 b	2.36 b
6 นาที	2.10 c	2.20 b
ชุดควบคุม	2.72 a	2.70 a
% CV	6.40	8.21
LSD	0.16	0.22

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$
 กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 5 เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 2 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	2.77 b ²	2.68 c
2 นาที	2.73 b	2.96 b
3 นาที	2.57 b	3.01 b
4 นาที	2.70 b	2.77 bc
5 นาที	2.77 b	2.96 b
6 นาที	2.65 b	2.84 bc
ชุดควบคุม	3.35 a	3.16 a
% CV	6.69	7.80
LSD	0.21	0.26

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$
- กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 6 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 3 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	3.53 ab ²	3.47 bc
2 นาที	3.72 a	3.63 b
3 นาที	3.18 c	3.30 cd
4 นาที	3.41 b	3.59 b
5 นาที	3.75 a	3.62 b
6 นาที	3.60 ab	3.22 d
ชุดควบคุม	3.74 a	3.7 a
% CV	5.40	6.03
LSD	0.22	0.24

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
 กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 7 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 4 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	3.61 c ²	4.03 a
2 นาที	4.15 b	3.72 bc
3 นาที	3.72 c	3.92 ab
4 นาที	3.60 c	3.74 abc
5 นาที	4.06 b	3.95 ab
6 นาที	3.70 c	3.49 c
ชุดควบคุม	3.90 a	4.08 a
% CV	6.21	6.51
LSD	0.27	0.29

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 8 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 5 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	4.09 b ²	4.25 b
2 นาที	4.34 a	4.24 b
3 นาที	4.06 b	4.14 b
4 นาที	4.10 b	4.20 b
5 นาที	4.23 ab	4.25 b
6 นาที	4.20 ab	3.74 c
ชุดควบคุม	4.39 a	4.41 a
% CV	4.34	2.98
LSD	0.21	0.14

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
 กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 9 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 6 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	4.41 c ²	4.54 ab
2 นาที	4.79 a	4.69 a
3 นาที	4.10 d	4.31 bc
4 นาที	4.28 c	4.50 ab
5 นาที	4.58 b	4.57 a
6 นาที	4.56 b	4.10 c
ชุดควบคุม	4.76 a	4.79 a
% CV	2.81	4.88
LSD	0.14	0.25

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$
- กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 10 เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 7 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	4.90 bc ²	4.96 ab
2 นาที	5.26 a	5.10 a
3 นาที	4.64 d	4.73 bc
4 นาที	4.75 cd	4.95 ab
5 นาที	5.06 b	4.99 a
6 นาที	5.03 b	4.52 c
หาค่าควบคุม	5.20 a	5.1 a
% CV	3.06	4.25
LSD	0.7	0.24

- หมายเหตุ : 1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
 กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

๒
 ๒๓๒.๓๑๙๔
 N ๕๗๘ พ

เลขหมู่.....

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตาราง 11 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 8 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	5.44 bc ²	5.40 ab
2 นาที	5.75 a	5.53 a
3 นาที	5.25 c	5.24 bc
4 นาที	5.25 c	5.37 ab
5 นาที	5.53 b	5.40 ab
6 นาที	5.49 b	5.01 c
หาคความคุม	5.72 a	5.65 a
% CV	5.15	4.02
LSD	0.19	0.25

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
 2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
 3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
 กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตาราง 12 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 9 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	5.86 bc ²	5.82 b
2 นาที	6.22 a	6.00 b
3 นาที	5.69 c	6.00 b
4 นาที	5.70 c	5.80 b
5 นาที	6.01 ab	5.80 b
6 นาที	5.97 b	5.25 c
หาค่ารวม	6.21 a	6.25 a
% CV	3.09	4.28
LSD	0.21	0.29

- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$
- กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

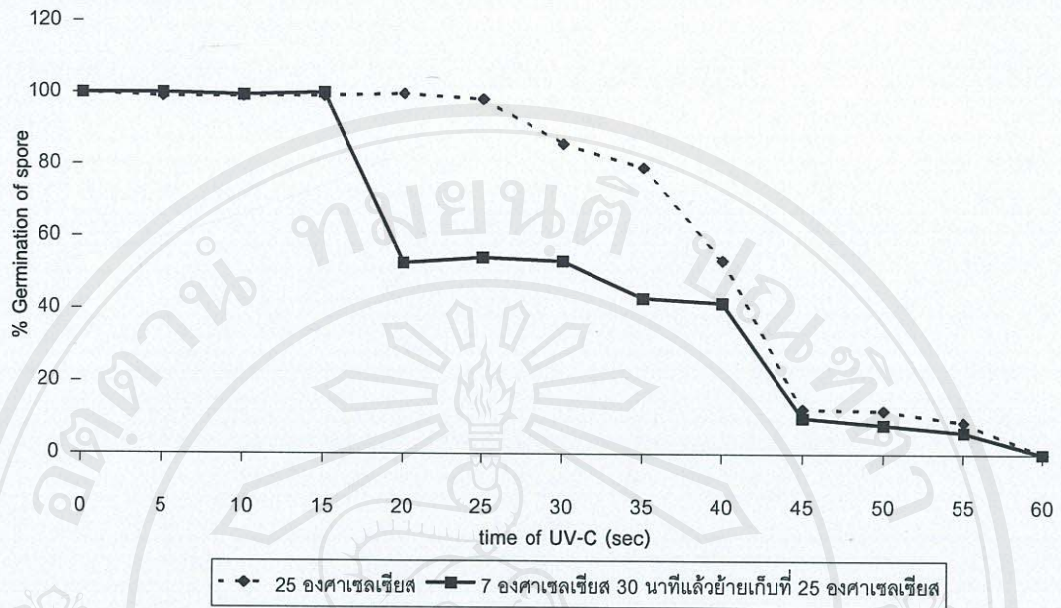
ตาราง 13 เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราเขียวอายุ 10 วันหลังผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

ระยะเวลาที่ฉายแสง UV-C ¹	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง colony เชื้อราเขียว	
	กลุ่ม 1 ³	กลุ่ม 2 ³
1 นาที	6.25 bc ²	6.09 bc
2 นาที	6.59 a	6.28 b
3 นาที	6.10 c	5.93 c
4 นาที	6.07 c	6.11 bc
5 นาที	6.42 ab	6.12 bc
6 นาที	6.34 b	5.66 d
หาคววม	6.60 a	6.47 a
% CV	3.01	3.64
LSD	0.22	0.25

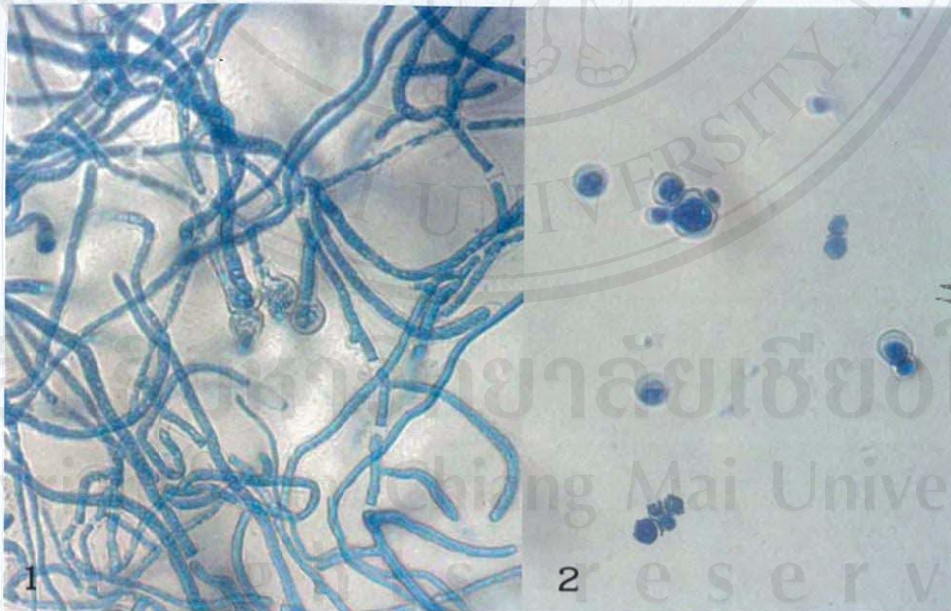
- หมายเหตุ :1. เชื้อราเขียวเลี้ยงบนอาหาร Meat Extract Agar และฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร
2. ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน ในแนวตั้งแสดงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
3. กลุ่ม 1 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$
- กลุ่ม 2 หมายถึง เชื้อราที่นำไปวางที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียว

ตอนที่ 2.2 การงอกของสปอร์ราเขียว

ผลการทดสอบการงอกของสปอร์รา *Penicillium* sp. กับแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นาที พบว่า ที่ 36 ชั่วโมง ไม่พบสปอร์ของราเขียวงอก แต่สปอร์ที่ไม่ผ่านการฉายแสง UV-C เริ่มงอกที่ 9 ชั่วโมง จากการทดลองเพื่อหาระยะเวลาของการฉายแสงที่น้อยสุดที่ทำให้สปอร์ราเขียวไม่สามารถงอกภายใน 36 ชั่วโมง ทดลองโดยฉายแสงอัลตราไวโอเลตที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 วินาที ซึ่งมีค่าพลังงานเท่ากับ 0.00, 0.133, 0.267, 0.400, 0.534, 0.667, 0.801, 0.934, 1.068, 1.201, 1.335, 1.468 และ 1.602 kJ.m⁻² ตามลำดับแล้วเก็บที่ 7±2 องศาเซลเซียส 30 นาทีแล้วบ่มที่ 25±2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง พบว่า ที่ระยะเวลา 60 วินาที สปอร์ราเขียวไม่งอกเลย แต่ที่ระยะเวลา 20, 25, 30 และ 35 วินาที ที่เก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 7±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วบ่มที่ 25±2 องศาเซลเซียส นั้นจะทำให้ การงอกของสปอร์ต่ำกว่าที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลตแล้วบ่มที่ 25±2 องศาเซลเซียส อย่างเห็นได้ชัด แต่การยับยั้งการงอกของทั้ง 2 อุณหภูมิ จะให้ผลดีที่สุด ระยะเวลา 45 วินาทีเป็นต้นไป (ภาพ 17 และ 18)



ภาพ 17 เปรอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อราเขียวนำไปวางที่ $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ ก่อนการนำไปบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการบ่มที่ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เพียงอย่างเดียวหลังการฉายแสง
หมายเหตุ : ตัวเลขในกรอบสี่เหลี่ยมคือ อุณหภูมิที่เก็บภายหลังจากการฉายแสงที่ 12 เซนติเมตร

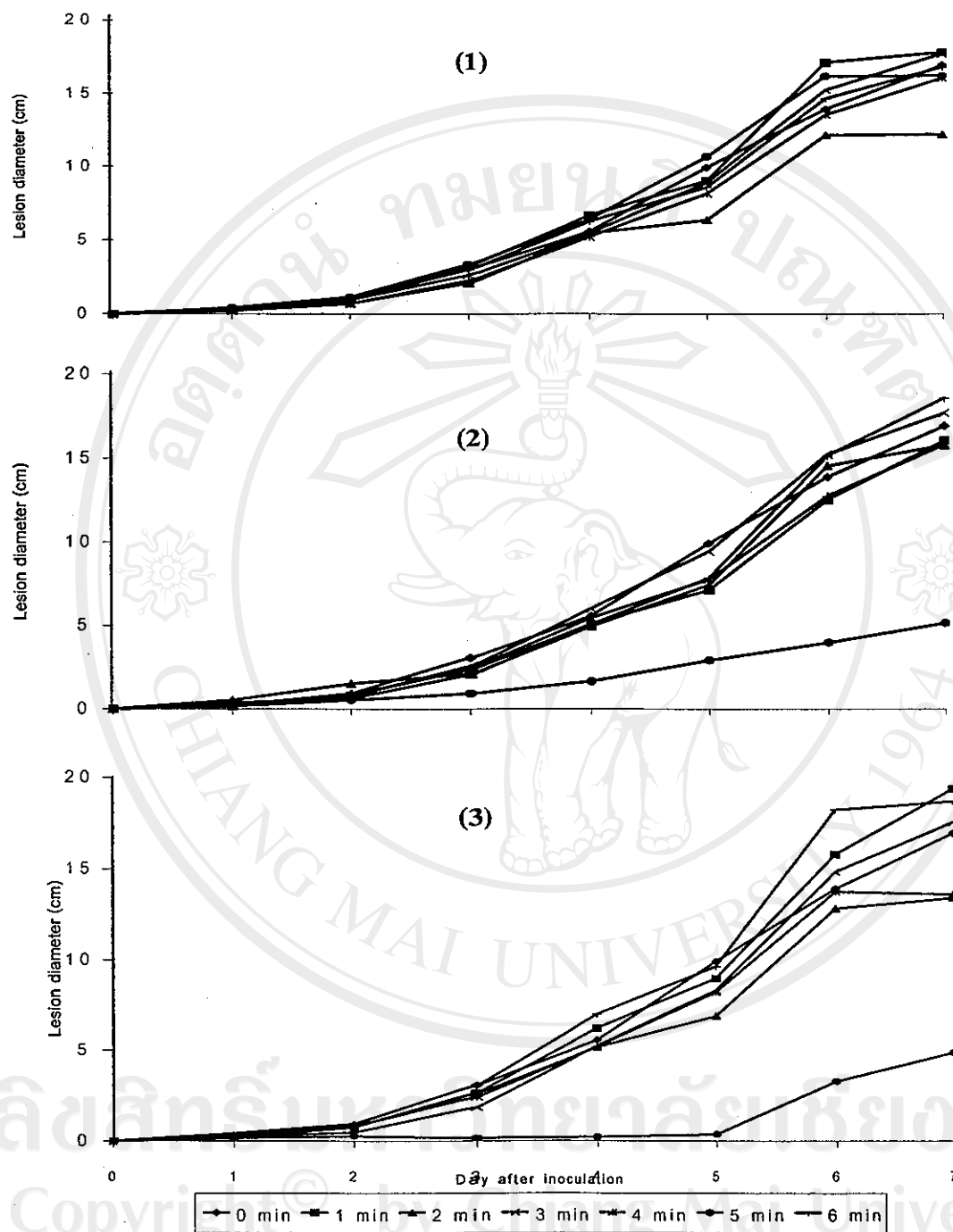


ภาพ 18 การงอกของสปอร์ราเขียวชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี (1)
เปรียบเทียบกับชุดที่ผ่านการฉายแสงที่ระยะ 12 เซนติเมตร เป็นเวลา 60 วินาที (2)
หมายเหตุ : บันทึกภาพชั่วโมงที่ 36 ของการเก็บรักษา และกำลังขยายของภาพ 40 X

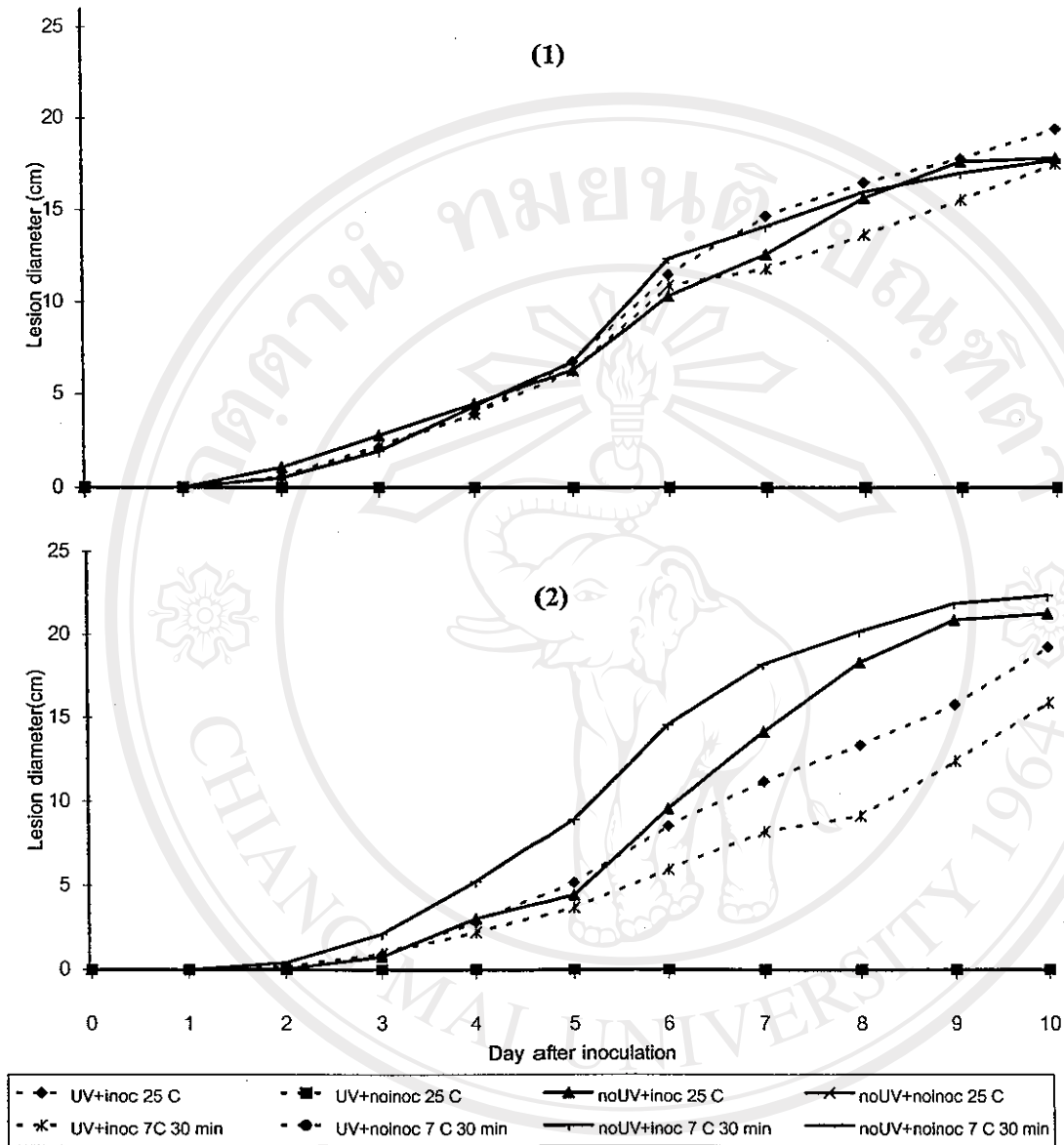
การทดลองที่ 3 การเจริญของราเขียวบนผลส้มเขียวหวาน

จากการทดลองถึงผลของแสงอัลตราไวโอเลต-ซีกับการเจริญของราเขียวบนผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยเปรียบเทียบการขยายขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของอาการโรคราเขียว พบว่าเมื่อฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี แล้วเก็บในที่มืดเป็นเวลา 0, 1 และ 2 วันก่อนการปลูกเชื้อ ที่ระยะห่าง 12 เซนติเมตร ระยะเวลาการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 นาที การฉายแสงก่อนการปลูกเชื้อราเขียว 0 วัน ที่ระยะเวลา 2 นาที (3.204 kJ.m^{-2}) ให้ผลชะลอการขยายขนาดของอาการโรคราเขียวได้ดี เมื่อเทียบกับระยะเวลา 1, 3, 4, 5, 6 นาที และชุดควบคุม ส่วนการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีก่อนการปลูกเชื้อ 1 และ 2 วัน ที่ระยะเวลาการฉายแสง 5 นาที (8.010 kJ.m^{-2}) ให้ผลการชะลอการขยายขนาดอาการของโรคราเขียวได้ดีกว่า ที่ระยะเวลา 1, 2, 3, 4, 6 นาที และชุดควบคุม (ภาพ 19)

ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ 5 นาที และวางไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 วันก่อนการปลูกเชื้อราเขียว ทำการศึกษาต่อเพื่อดูความแตกต่างระหว่างการให้แสงอัลตราไวโอเลต-ซี และอุณหภูมิที่เก็บรักษา จากการทดลองพบว่าผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ฉายแสงแล้วนำเข้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ 7 ± 2 องศาเซลเซียส ทันทที่เป็นเวลา 30 นาที วางไว้ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 % สามารถชะลอการขยายขนาดของโรคราเขียวได้ดีกว่า การฉายแสงแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ส่วนในส้มเขียวหวานพันธุ์สีทองนั้น ผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกันกับส้มสายน้ำผึ้ง แต่จะเห็นได้ชัดเจนมากกว่าการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีช่วยชะลอการขยายขนาดของโรคได้เมื่อเทียบกับชุดทดลองที่ไม่ได้ฉายแสง (ภาพ 20)



ภาพ 19 พัฒนาการขยายอาการของโรคราเขียวบนผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ได้รับการปลูกเชื้อทันที หลังการฉายแสง UV-C (1) เปรียบเทียบกับชุดที่ได้รับการปลูกเชื้อ 1 วัน (2) และ 2 วัน (3) หลังการฉายแสง UV-C



ภาพ 20 พัฒนาการของโรคราเขียวบนผลส้มสายน้ำผึ้ง (1) และ สีสทอง (2) ที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ
 หมายเหตุ : ฉายแสงเป็นเวลา 5 นาที ที่ระยะ 12 เซนติเมตร แล้วเก็บไว้ในที่มืด 2 วันก่อนการปลูก
 เชื้อราเขียว

การทดลองที่ 4 ผลของการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ต่อการผลิตสารต้านเชื้อราที่ผิวส้มเขียวหวาน

ตอนที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการยับยั้งเชื้อ *Penicillium* sp.

โดยวิธี Paper Disc Technique ที่ความเข้มข้น 50 %

สารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวาน

ในการทดลองนี้ใช้เปลือกส้มเขียวหวานสดหนัก 100 กรัม มาสกัดโดยใช้ dichloromethane พบว่าได้สารสกัดเท่ากับ 0.3646 กรัม เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.3646 % จากน้ำหนักสด โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักของสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักสดของเปลือกส้มเขียวหวาน}} \times 100 = \% \text{ น้ำหนักสด}$$

น้ำหนักสดของเปลือกส้มเขียวหวาน

$$\frac{0.3646}{100} \times 100 = 0.3646 \% \text{ น้ำหนักสด}$$

100

เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบที่ได้จากเปลือกส้มสดของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทอง อยู่ระหว่าง 0.2109 - 0.5479 % น้ำหนักสด (ตาราง 14 และ 15) สารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งมีสารต้านเชื้อรา *Penicillium* sp. ซึ่งสามารถทำให้เกิด clear zone บนจานอาหาร PDA ที่ pore plate ด้วยสารแขวนลอยสปอร์ ของเชื้อราเขียวที่มีอายุ 5 วัน ดังภาพที่ 22 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม คือ น้ำกลั่น และ แอลกอฮอล์ ที่บ่มเป็นเวลา 4 วัน แต่ในสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สีทองนั้นเมื่อทดสอบด้วยวิธีเดียวกัน ไม่พบบริเวณ clear zone บนอาหาร PDA ดังแสดงในภาพที่ 21

ตอนที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบโดยวิธี Thin Layer Chromatography-Bioassay

สารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งมีแถบสารต้านเชื้อรา *Penicillium* sp. ซึ่งจะพบบริเวณ clear zone บน plate ที่เคลือบด้วย silica gel แล้วพ่นสารแขวนลอยของเชื้อราเขียวลงบน plate แต่เห็น clear zone ได้ไม่ชัดเจน เท่ากับ clear zone บน plate ที่พ่นสารแขวนลอยของเชื้อรา *Cladosporium* sp. ซึ่งวัดเจนนกว่า แต่เมื่อเทียบดูกันระหว่าง ค่า Rf ของเชื้อราทั้งสองชนิดปรากฏว่าพบแถบสารต้านเชื้อราเดียวกัน แต่ ความกว้างของแถบไม่เท่ากัน (ภาพ 23) และ ค่า Rf ของแถบสารต้านเชื้อรา *Penicillium* sp. และแถบสารต้านเชื้อรา *Cladosporium* sp. จากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทอง ที่การทดลองต่างๆแสดงใน ตาราง 4 และ การทดลองหาการเพิ่มของสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทอง ที่ได้ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ระยะเวลา 5 นาที (8.010 kJ.m^{-2}) แล้วเก็บที่มีด อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 0 ถึงวันที่ 10 ดังแสดงในตารางที่ 14

ตาราง 14 น้ำหนักสารสกัดหยาบจากเปลือกสดหนัก 100 กรัมของส้มแต่ละพันธุ์ที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	น้ำหนักสารสกัดหยาบ	
	ส้มสายน้ำผึ้ง	ส้มสีทอง
(1) ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 25 °C	0.2192	0.2943
(2) ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 25 °C	0.2618	0.3636
(3) ไม่ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 25 °C	0.3263	0.3334
(4) ไม่ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 25 °C	0.2396	0.2890
(5) ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.2332	0.2416
(6) ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.2875	0.4557
(7) ไม่ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.3603	0.2959
(8) ไม่ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.3393	0.4138
(9) ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 3 วัน 25 °C	0.2283	0.3240
(10) ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 25 °C	0.2158	0.5238
(11) ไม่ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 25 °C	0.3819	0.2411
(12) ไม่ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 25 °C	0.3304	0.3288
(13) ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.2700	-
(14) ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.3529	0.4231
(15) ไม่ฉาย UV-C+ ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.2989	0.2650
(16) ไม่ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.3256	0.4914
(17) ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 9 วัน 25 °C	0.3257	0.5479
(18) ไม่ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 9 วัน 25 °C	0.3241	0.3547
(19) ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 9 วัน 7 °C 30 นาที	0.2728	0.4164
(20) ไม่ฉาย UV-C+ ไม่ปลุกเชื้อราเขียว 9 วัน 7 °C 30 นาที	0.3612	0.4543

หมายเหตุ : 1. (-) แสดงถึงไม่มีข้อมูล

2. ฉายแสงที่ระยะห่างจากหลอดไฟ 12 เซนติเมตร เป็นระยะเวลา 5 นาที แล้วเก็บในที่มืด 2 วัน ก่อนปลุกเชื้อราเขียว

ตาราง 15 น้ำหนักสารสกัดหยาบจากเปลือกสด 100 กรัมสัมพันธ์สายพันธุ์ที่ผ่านการฉายแสง
อัลตราไวโอเลต-ซี และเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่แตกต่างกัน

ระยะเวลา (วัน) ของการเก็บรักษาหลังการฉายแสง	น้ำหนักสารสกัดหยาบ	
	สัมพันธ์สายน้ำผึ้ง	สัมพันธ์สีทอง
0 วัน	0.3646	0.3517
1 วัน	0.2562	0.2953
2 วัน	0.3777	0.2109
3 วัน	0.3157	0.2420
4 วัน	0.252	0.2818
5 วัน	0.3487	0.2940
6 วัน	0.2490	0.3283
7 วัน	0.3547	0.226
8 วัน	0.3974	0.2614
9 วัน	0.3816	0.2766
10 วัน	0.3858	0.3499

หมายเหตุ : ฉายแสงที่ระยะห่าง 12 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วเก็บรักษาที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$
ความชื้นสัมพัทธ์ $90 \pm 5\%$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 21 ผลการยับยั้งเชื้อราเขียวของสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มที่ความเข้มข้น 50%
หมายเหตุ : (1) คือ สารสกัดจากเปลือกส้มสายน้ำผึ้ง

(2) คือ สารสกัดจากเปลือกส้มสีทอง

A และ E คือ ฉายแสงUV-C + ปลุกเชื้อ และไม่ปลุกเชื้อ ตามลำดับ

C และ G คือ ฉายแสงUV-C + ปลุกเชื้อ และไม่ปลุกเชื้อ ตามลำดับ

B และ D คือ น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

F และ H คือ แอลกอฮอล์ 95%

แล้วทดสอบโดยวิธี Paper Disc Technique โดยชุบสาร ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้ววางบน

อาหาร Potato Dextrose Agar ปุ่มเชื้อที่ 25 ± 2 °C



ภาพ 22 ลักษณะของเชื้อสาเหตุโรคราเขียวอายุ 5 วันที่เลี้ยงบนอาหาร Potato Dextrose Agar
เพาะเลี้ยงที่ 25 ± 2 °C



ภาพ 23 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา
Penicillium sp. (1) เปรียบเทียบกับ *Cladosporium* sp. (2) จากการทดสอบโดยวิธี TLC-bioassay



ภาพ 24 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium* sp. ของสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการฉายแสงแล้วเก็บในที่มืด 0-10 วัน (0-10) จากการทดสอบโดยวิธี TLC-bioassay เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ได้แก่ น้ำ (C1) dichloromethane (C2) และไม่หยดสาร (C3)



ภาพ 25 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกส้มสายน้ำผึ้งที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Cladosporium* sp. จากการทดสอบโดยวิธี TLC-bioassay
หมายเหตุ :วางผลส้มห่างจากหลอดไฟ 12 เซนติเมตร ใช้เวลาฉายแสง 5 นาที แล้วเก็บส้มไว้ในที่มืด 2 วัน ก่อนการปลูกเชื้อราเขียว และตัวเลขที่กำกับ (1-20) คือกรรมวิธีต่างๆ และรายละเอียดของกรรมวิธีแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ค่า Rf และความกว้างของแถบสารต้านเชื้อรา จากสารสกัดเหยาบจากเปลือก
ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ผ่านการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี

กรรมวิธี	<i>Penicillium</i> sp.				<i>Cladosporium</i> sp.			
	Rf ₁	กว้าง (ซม)	Rf ₂	กว้าง (ซม)	Rf ₁	กว้าง (ซม)	Rf ₂	กว้าง (ซม)
(1) UV+inoc 3 วัน 25 °C	0.10	1.00	0.55	1.50	0.08	0.70	0.43	5.40
(2) UV+noinoc 3 วัน 25 °C	0.10	1.00	0.56	1.90	0.08	0.70	0.43	6.00
(3) noUV+inoc 3 วัน 25 °C	0.10	1.00	0.57	1.40	0.08	0.70	0.42	5.10
(4) noUV+noinoc 3 วัน 25 °C	0.10	1.00	0.56	1.60	0.10	0.90	0.43	7.20
(5) UV+inoc 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.10	1.00	-	-	0.08	0.40	0.47	3.30
(6) UV+noinoc 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.09	1.20	-	-	0.08	0.50	0.54	3.10
(7) noUV+inoc 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.08	1.30	-	-	0.08	0.40	0.52	3.30
(8) noUV+noinoc 3 วัน 7 °C 30 นาที	0.07	1.10	-	-	0.08	0.40	0.53	3.40
(9) UV+inoc 6 วัน 25 °C	0.10	1.00	0.59	2.30	0.09	0.70	-	-
(10) UV+noinoc 6 วัน 25 °C	0.11	1.70	0.56	1.80	0.09	0.60	0.65	2.50
(11) noUV+inoc 6 วัน 25 °C	0.10	1.00	0.57	0.90	0.08	0.50	0.68	1.60
(12) noUV+noinoc 6 วัน 25 °C	0.09	1.20	-	-	0.09	0.70	-	-
(13) UV+inoc 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.12	1.40	-	-	0.08	0.60	-	-
(14) UV+noinoc 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.12	1.40	-	-	0.08	0.60	0.66	2.30
(15) noUV+inoc 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.13	2.00	-	-	0.08	0.50	0.65	1.50
(16) noUV+noinoc 6 วัน 7 °C 30 นาที	0.13	1.00	-	-	0.08	0.50	0.67	2.00
(17) UV+noinoc 9 วัน 25 °C	0.12	1.50	-	-	0.10	1.00	-	-
(18) noUV+noinoc 9 วัน 25 °C	0.12	1.70	0.66	2.30	0.10	1.00	0.64	1.80
(19) UV+noinoc 9 วัน 7 °C 30 นาที	0.17	3.00	0.61	2.20	0.10	1.00	0.64	1.80
(20) noUV+noinoc 9 วัน 7 °C 30 นาที	0.15	2.40	0.65	2.50	0.10	1.00	0.55	4.50

หมายเหตุ : 1. (-) หมายถึง ไม่มีแถบสารต้านเชื้อรา

2. ฉายแสงที่ระยะห่าง 12 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที แล้วเก็บในที่มืด 2 วัน ก่อนปลูกเชื้อราเขียว
ที่ $25 \pm 2^{\circ} \text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $90 \pm 5\%$

ตาราง 17 ค่า Rf และความกว้างของแถบสารต้านเชื้อรา จากสารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวาน พันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทอง ที่ฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต-ซี แล้วเก็บในที่มืด เป็นเวลา 10 วัน

ระยะเวลา (วัน) ของการเก็บรักษา หลังการฉายแสง	<i>Penicillium</i> sp.				<i>Cladosporium</i> sp.			
	Rf ₁	กว้าง (cm)	Rf ₂	กว้าง (cm)	Rf ₁	กว้าง (cm)	Rf ₂	กว้าง (cm)
ส้มสายน้ำผึ้ง 0 วัน	0.12	1.50	0.53	1.20	0.08	0.50	0.42	3.50
1 วัน	0.12	1.50	0.53	1.20	0.08	0.60	0.35	6.50
2 วัน	0.13	2.00	0.54	2.20	0.08	0.50	0.39	5.80
3 วัน	0.13	2.00	0.54	2.20	0.07	0.80	0.43	6.40
4 วัน	0.13	2.00	0.57	1.20	0.13	1.00	0.43	7.00
5 วัน	0.10	1.50	0.57	1.20	0.13	1.00	0.50	4.00
6 วัน	0.10	1.00	0.53	3.00	0.12	0.50	0.53	3.30
7 วัน	0.17	2.50	0.53	3.00	0.13	0.80	0.41	4.70
8 วัน	0.17	3.00	0.62	3.50	0.07	0.80	0.36	5.70
9 วัน	0.15	2.50	0.62	3.00	0.10	1.00	0.38	5.50
10 วัน	0.15	2.50	0.63	3.00	0.10	1.00	0.38	5.50
ส้มสีทอง 0 วัน	0.13	2.00	0.53	2.00	0.08	0.50	-	-
1 วัน	0.13	2.00	-	-	0.08	0.50	0.58	1.30
2 วัน	0.10	1.00	-	-	0.08	0.50	-	-
3 วัน	0.10	1.50	-	-	0.08	0.50	0.58	1.50
4 วัน	0.15	1.50	-	-	-	-	-	-
5 วัน	0.15	1.50	-	-	-	-	-	-
6 วัน	0.14	1.80	-	-	-	-	-	-
7 วัน	0.12	1.80	-	-	-	-	-	-
8 วัน	0.13	2.00	-	-	-	-	-	-
9 วัน	-	-	-	-	-	-	-	-
10 วัน	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ : 1. (-) หมายถึงไม่มีแถบสารต้านเชื้อรา

2. ฉายแสงที่ระยะห่าง 12 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 นาที เก็บที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $95 \pm 5\%$