บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 วิธีการควบคุมโรคโดยใช้เอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์

ตอนที่ 1 การควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ผลส้มเขียวหวาน ลงในสารเคมี

ภายหลังจากการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวโดยการแช่ผลส้มเขียวหวานลงในสารเอทธานอล อะซีตัลดีไฮด์ เบนเลท และโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 150 วินาที แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากผลการตรวจและวิเคราะห์ผลทางสถิติทุกวันหลังจากควบคุมโรคแสดงไว้ในตาราง 9-12 แสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *Penicillium* sp. สามารถเจริญเติบโต และทำให้เกิดโรคเน่าราสีเขียวได้ในทุกกรรมวิธี แต่ในวันที่ 1 และ 2 ทุกกรรมวิธีที่มีการควบคุมโรคให้ผลดีกว่าชุดควบคุมที่ปลูกเชื้อแต่ไม่ควบคุมโรค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคเน่าราสีเขียวได้ (ตาราง 10)

การแช่ในเอทธานอล ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมโรคได้ดีที่สุด โดยสามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคได้นาน 2.38 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่เอทธานอลที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไป 1.50 วัน (ตาราง 9) ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา การแช่ผลส้มเขียวหวานในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลส้มมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 62.50 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลทั้งหมด ในขณะที่การแช่ในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม ผลส้มมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลทั้งหมด (ตาราง 10) เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเน่าเสียพบว่า ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเน่าเสีย 0.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (ตาราง 11) สปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* sp. มีสีเขียวมะกอก เชื้อราจะเริ่มสร้างสปอร์ตรงบริเวณกลางแผล ประมาณ 3 วัน หลังจากปรากฏเส้นใยสีขาว สปอร์สีเขียวมะกอกดังกล่าวฟุ้งกระจายได้ง่าย การแช่ผลส้มเขียวหวานในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อราได้ โดยในวันที่ 5 มีคะแนนระดับสปอร์ 2.63 และ 2.50 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดควบคุมที่มีคะแนนระดับสปอร์เฉลี่ยเท่ากับ 3.38 (ตาราง 12) เอทธานอลมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคเน่าราสีเขียวได้ดีกว่า

เมื่อเทียบกับเบนเลท แต่ด้อยกว่าโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต ซึ่งเป็นสารเคมีควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้มที่นิยมใช้กันมากในทางการค้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากตาราง 9-12 แสดงให้เห็นว่าเอทธานอลมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจาก 10 เปอร์เซ็นต์ เป็น 20 40 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การแช่ผลส้มในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 40 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 150 วินาที เป็นพิษต่อผลส้มเขียวหวาน โดยเกิดแผลแห้งสีน้ำตาลที่บริเวณผิว เมื่อแช่ผลส้มในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผลเมื่อแช่ในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์

การแช่ผลส้มในอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน ผลส้มในทุกกรรมวิธี ถูกเชื้อรา *Penicillium* เข้าทำลาย ความสามารถของอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ในการชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราบนผลส้มพบว่า มีความสามารถในการชะลอการเข้าทำลายได้นาน 1.44 1.63 และ 1.81 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 9) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคพบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาผลส้มที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 18.75 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม และชุดที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 และ 56.25 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 2 และ 3 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ (ตาราง 10) อะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียว โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค 0.81 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ชุดที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และชุดที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0 0.56 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 11) เมื่อเก็บรักษาได้นาน 4 วัน เชื้อรา *Penicillium* เริ่มสร้างสปอร์บนผลส้มในชุดควบคุม และชุดอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสปอร์เป็นระดับคะแนนเท่ากับ 1.75 และ 0.75 คะแนน ตามลำดับ ส่วนผลส้มที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสปอร์เริ่มปรากฏในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีการควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ผลส้มในอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้เกิดอาการเป็นพิษต่อผลส้ม แต่การแช่ผลส้มในอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 10 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดอาการเป็นพิษต่อผลส้มอย่างรุนแรง ผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผล(จากผลการทดลองเบื้องต้น)

ความเข้มข้นของเบนเลทที่มีผลการควบคุมโรคดีที่สุดคือ ที่ความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ (1,000 ppm) ซึ่งสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้นาน 1.75 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาพบว่าผลส้มที่แช่ในเบนเลทที่ความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 18.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.81 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ชุดเบนเลทที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ และชุดเบนเลทที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.00 0.44 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 11) เบนเลทมีคุณสมบัติในการควบคุมเชื้อรา *Penicillium* ที่เข้าทางบาดแผลได้ไม่ดี โดยเฉพาะเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นต่ำ โดยสามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคได้เพียง 1.44 และ 1.50 วัน ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (100 ppm) และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ (500 ppm) ตามลำดับ(ตาราง 9) เมื่อพิจารณาถึงระดับสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* sp. ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ผลส้มที่แช่ในเบนเลทเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงสุดในการทดลอง มีคะแนนระดับสปอร์เท่ากับ 2.21 คะแนน และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อราได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีระดับสปอร์เป็นคะแนนเท่ากับ 3.00 และ 2.97 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีระดับสปอร์เท่ากับ 3.38 คะแนน หรือเท่ากับมีปริมาณสปอร์ปรากฏ 26-50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวส้ม (ตาราง 12)

การแช่ในโซเดียมออโธฟีนิลฟีเนตที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ สูงสุดในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียว เมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง โดยสามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคได้นาน 4.79 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ประสิทธิภาพของโซเดียมออโธฟีนิลฟีเนตจะลดลงเมื่อความเข้มข้นลดลง การแช่ในโซเดียมออโธฟีนิลฟีเนตที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไปได้ 2.19 วัน และ 3.75 วัน ตามลำดับ (ตาราง 9) ทุกความเข้มข้นไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติที่ผลส้ม การแช่โซเดียมออโธฟีนิลฟีเนตที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 43.75 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค 0.56 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ในขณะที่ผลส้มในกรรมวิธีอื่น ๆ ยกเว้นชุดที่แช่ในเอทธานอล 70 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียวได้ (ตาราง 10)

ตาราง 9 จำนวนวันที่สารเคมีชนิดต่าง ๆ สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* sp. และ ความผิดปกติที่พบบนผิวส้มเขียวหวาน หลังการควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ในสาร

วิธีการ	ความเข้มข้น	วัน [1]	ความผิดปกติที่ผิวส้ม [2]
เอทธานอล	10%	1.50f *	-
	20%	2.38d	-
	40%	3.44c	+
	70%	4.25b	++
อะซีตัลดีไฮด์	0.5%	1.44f	-
	1.0%	1.63f	-
	1.5%	1.81ef	-
เบนเลท	0.01%	1.44f	-
	0.05%	1.50f	-
	0.10%	1.75f	-
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต	0.5%	2.19de	-
	1.0%	3.75c	-
	2.0%	4.79a	-
ชุดควบคุม	-	0.00g	-
$LSD_{0.05}$	-	0.45	-
C.V (%)	-	12.85	-

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

หมายเหตุ : ชุดควบคุมพบการเข้าทำลายของโรคในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา

---

[1] จำนวนวันที่สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรค โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

[2] ความผิดปกติที่ผิวของผลส้ม :

- : ปกติ

+ : บริเวณแผลแห้งเป็นสีน้ำตาล

++ : เป็นพิษอย่างรุนแรง ผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผล

ตาราง 10 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค[1]				
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล	10%	0.00	50.00bc*	100.00a	100.00a	100.00a
	20%	0.00	0.00e	62.50b	100.00a	100.00a
	40%	0.00	0.00e	0.00c	43.75b	100.00a
	70%	0.00	0.00e	0.00c	0.00d	75.00b
อะซีตัลดีไฮด์	0.5%	0.00	56.25b	100.00a	100.00a	100.00a
	1.0%	0.00	37.50bcd	100.00a	100.00a	100.00a
	1.5%	0.00	18.75de	100.00a	100.00a	100.00a
เบนเลท	0.01%	0.00	56.25b	100.00a	100.00a	100.00a
	0.05%	0.00	50.00bc	100.00a	100.00a	100.00a
	0.10%	0.00	18.75de	100.00a	100.00a	100.00a
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต	0.5%	0.00	0.00e	56.25b	100.00a	100.00a
	1.0%	0.00	0.00e	0.00c	25.00c	100.00a
	2.0%	0.00	0.00e	0.00c	0.00d	43.75c
ชุดควบคุม	-	100.00	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
$LSD_{0.05}$	-	-	30.29	15.33	16.28	14.30
C.V (%)	-	-	66.76	16.36	14.95	10.65

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 11 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค[1]			
		วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล	10%	0.50c*	0.00c	0.00d	0.00c
	20%	1.00a	0.38b	0.00d	0.00c
	40%	1.00a	1.00a	0.56c	0.00c
	70%	1.00a	1.00a	1.00a	0.75b
อะซีตัลดีไฮด์	0.5%	0.56c	0.00c	0.00d	0.00c
	1.0%	0.63c	0.00c	0.00d	0.00c
	1.5%	0.81b	0.00c	0.00d	0.00c
เบนเลท	0.01%	0.44c	0.00c	0.00d	0.00c
	0.05%	0.50c	0.00c	0.00d	0.00c
	0.10%	0.81b	0.00c	0.00d	0.00c
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต	0.5%	0.75b	0.44b	0.00d	0.00c
	1.0%	1.00a	1.00a	0.75b	0.00c
	2.0%	1.00a	1.00a	1.00a	0.56a
ชุดควบคุม	-	0.00d	0.00c	0.00d	0.00c
$LSD_{0.05}$	-	0.29	0.15	0.16	0.18
C.V (%)	-	28.58	36.02	48.21	49.89

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค คำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 12 ระดับสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* sp. บนผลส้มเขียวหวาน หลังจากควบคุมโรคโดย วิธีการแช่ ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ความเข้มข้น	ระดับสปอร์ (คะแนน)[1]			
		วันที่ 4 [2]	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
เอทธานอล	10%	0.50b*	2.63b	4.50b	5.00a
	20%	0.00c	2.50b	4.40b	5.00a
	40%	0.00c	0.00d	3.63c	3.81b
	70%	0.00c	0.00d	0.00f	1.25d
อะซีตัลดีไฮด์	0.5%	0.75b	2.81a	4.25b	5.00a
	1.0%	0.00c	2.56b	3.94c	5.00a
	1.5%	0.00c	2.56b	3.81c	5.00a
เบนเลท	0.01%	1.50a	3.00a	4.69b	5.00a
	0.05%	1.00a	2.97a	4.38b	5.00a
	0.10%	0.75b	2.21b	3.88c	5.00a
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต	0.5%	0.00c	1.88c	3.44c	4.00b
	1.0%	0.00c	1.31c	2.06d	2.25c
	2.0%	0.00c	0.00d	1.00e	1.50d
ชุดควบคุม	-	1.75a	3.38a	5.00a	5.00a
$LSD_{0.05}$	-	0.74	0.75	0.50	1.10
C.V. (%)	-	22.86	21.38	31.43	18.97

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

---

[1] ระดับสปอร์ :

ระดับที่ 0 หมายถึง ไม่มีสปอร์ปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า (0 เปอร์เซ็นต์)
ระดับที่ 1 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 1 – 15 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 2 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 16 – 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 3 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 26 – 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 4 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 50 – 75 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 5 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 76 – 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล

[2] วันแรกที่ปรากฏสปอร์สีเขียวของเชื้อรา *Penicillium* sp.

ตอนที่ 2 การควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์

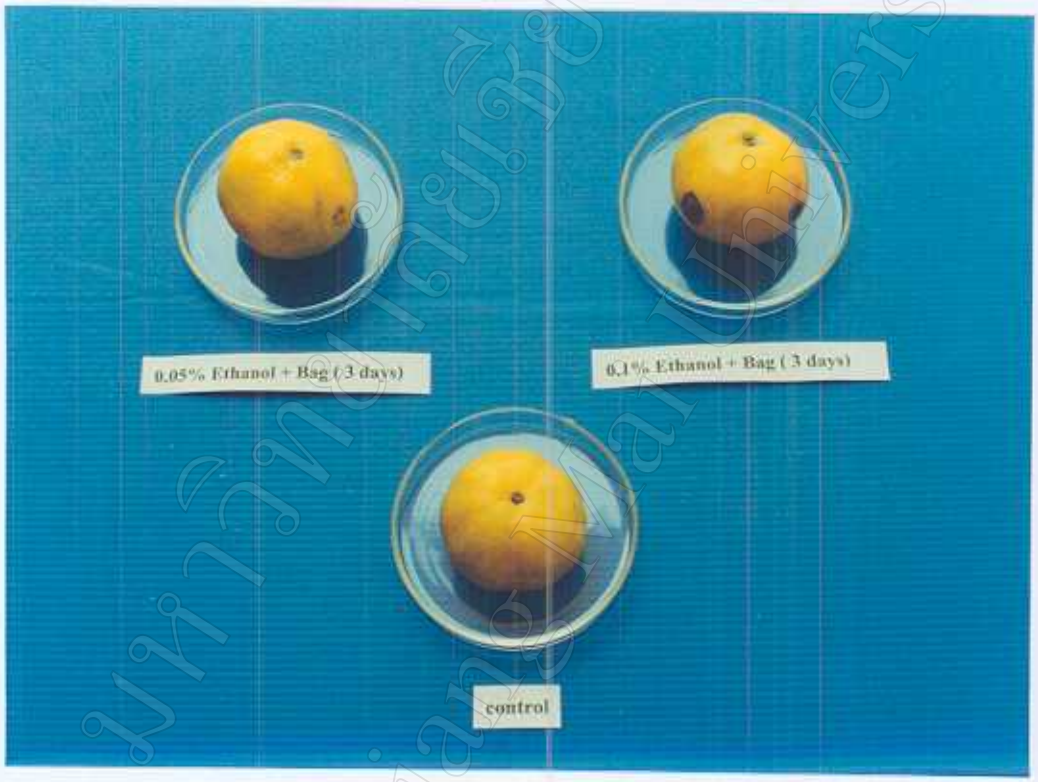
ภายหลังจากการควบคุมโรคเน่าราสีเขียว โดยการรมผลส้มด้วยไอระเหยของเอทธานอล อะซีตัลดีไฮด์ และ ไบฟีนิล ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ผลการตรวจและวิเคราะห์ผลทางสถิติแสดงไว้ในตารางที่ 13-16 เชื้อรา *Penicillium* sp. สามารถเจริญเติบโต และทำให้เกิดโรคเน่าราสีเขียวได้ในทุกกรรมวิธีที่ใช้เอทธานอล อะซีตัลดีไฮด์ และไบฟีนิล แต่เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของแต่ละสารที่ใช้รมพบว่าสารเคมีทุกชนิดยกเว้นไบฟีนิล สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคเน่าราสีเขียวได้ผลดีกว่าชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 13)

การรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวได้ดีที่สุด สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไปได้นาน 4.38 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดที่รมด้วยเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้นาน 2.44 วัน ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ส้มที่รมด้วยเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่เท่ากับ 62.50 และ 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 14) ในขณะที่ชุดควบคุมไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา แต่ชุดที่ทำการควบคุมโรคโดยใช้เอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.01 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 1.00 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 0.38 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ (ตาราง 15) โดยไม่ทำให้เกิดบาดแผลสีน้ำตาล เอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไปได้นาน 5.44 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่พบอาการผิดปกติที่ผลโดยเกิดบาดแผลแห้งสีน้ำตาลที่ผิวของผลส้มระหว่างการเก็บรักษา (ภาพ 10)

ไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดีที่สุด โดยสามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคได้นาน 3.06 วัน ส่วนที่ความเข้มข้น 0.005 เปอร์เซ็นต์สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคได้นาน 1.56 วัน ซึ่งทั้งสองชุดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม เมื่อเก็บรักษาได้ 5 วัน ผลส้มในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมโรคโดยใช้อะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.005 และ0.01 เปอร์เซ็นต์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 81.25 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 14) และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.19 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุมไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ (ตาราง 15) หลังจากรมไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ พบว่าสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* เริ่มปรากฏในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ที่ความเข้มข้นของ

อะซีตัลดีไฮด์เท่ากับ 0.005 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ จะเริ่มปรากฏสปอร์ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา (ตาราง 16)

การรมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 วันเป็นพิษกับผลส้มอย่างรุนแรง ผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผล (ภาพ 11)



ภาพ 10 อาการผิดปกติของผลส้มเขียวหวาน หลังจากรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล ความเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ภาพ 11 อาการผิดปกติของผลส้มเขียวหวาน หลังจากรมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน

การรมด้วยไอระเหยของไบฟีนีลไม่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อรา หรืออาการของโรคได้ เชื้อราสามารถเจริญจนทำให้เกิดแผลได้ แต่การรมผลส้มด้วยไบฟีนีลที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การรมไบฟีนีลความเข้มข้น 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลส้มมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 87.50 และ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคพบว่า ไบฟีนีลไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ อย่างไรก็ตามการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* บนผลส้มในวันที่ 4-8 ของการเก็บรักษา พบว่าการรมด้วยไอระเหยของไบฟีนีลทุกความเข้มข้นมีระดับคะแนนของสปอร์ ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (ตาราง 16)

ตาราง 13 จำนวนวันที่สารเคมีชนิดต่าง ๆ สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* sp. และความผิดปกติที่พบบนผิวส้มเขียวหวาน หลังการควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหย

วิธีการ	ความเข้มข้น	วัน [2]	ความผิดปกติที่ผิวส้ม [3]
เอทธานอล	0.01%	2.44d*	-
	0.05%	4.38b	-
	0.10%	5.44a	+
	0.20%	x	++
อะซีตัลดีไฮด์	0.005%	1.56e	-
	0.01%	3.06c	-
	0.03%	x	+
ไบฟีนิล	0.5%	0.00f	-
	1.0%	0.13f	-
	1.5%	0.13f	-
ชุดควบคุม	-	0.00f	-
$LSD_{0.05}$	-	0.42	-
C.V (%)	-	21.91	-

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

หมายเหตุ : 1) ชุดควบคุมพบการเข้าทำลายของโรคในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา
2) x หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากเป็นพิษกับผลส้ม

---

[2] จำนวนวันที่สามารถเลื่อนการเกิดโรค โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

[3] ความผิดปกติที่ผิวของผลส้ม :

- : ปกติ

+ : บริเวณแผลแห้งเป็นสีน้ำตาล

++ : เป็นพิษอย่างรุนแรง ผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผล

ตาราง 14 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของสารชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค[1]				
		วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
เอทธานอล	0.01%	0.00c*	56.25b	62.50c	62.50b	100.00a
	0.05%	0.00c	0.00c	0.00c	0.00c	62.50b
	0.10%	0.00c	0.00c	0.00c	0.00c	0.00c
	0.20%	หมดอายุการเก็บรักษาเพราะเป็นพิษกับผลส้ม				
อะซีตัลดีไฮด์	0.005%	0.00c	68.75b	81.25b	93.75a	100.00a
	0.01%	0.00c	0.00c	0.00c	93.75a	100.00a
	0.03%	หมดอายุการเก็บรักษาเพราะเป็นพิษกับผลส้ม				
ไบฟีนีล	0.01%	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
	0.05%	87.50ab	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
	0.10%	87.50b	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
ชุดควบคุม	-	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
$LSD_{0.05}$	-	13.96	16.71	16.74	17.80	12.10
C.V (%)	-	23.09	19.71	19.10	16.98	9.84

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคคำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 15 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของสารชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ความเข้มข้น	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค [1]			
		วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
เอทธานอล	0.01%	1.00a*	0.44b	0.38b	0.38b
	0.05%	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
	0.10%	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
	0.20%	หมดอายุการเก็บรักษาเพราะเป็นพิษกับผลส้ม			
อะซีตัลดีไฮด์	0.005%	1.00a	0.31b	0.19bc	0.06c
	0.01%	1.00a	1.00a	1.00a	0.06c
	0.03%	หมดอายุการเก็บรักษาเพราะเป็นพิษกับผลส้ม			
ไบฟีนีล	0.01%	0.00c	0.00c	0.00c	0.00c
	0.05%	0.24b	0.00c	0.00c	0.00c
	0.10%	0.25b	0.00c	0.00c	0.00c
ชุดควบคุม	-	0.00c	0.00c	0.00c	0.00c
$LSD_{0.05}$	-	0.14	0.16	0.17	0.18
C.V (%)	-	15.79	27.10	29.15	30.87

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคคำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 16 ระดับสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* sp. บนผลส้มเขียวหวาน หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของสารชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ความเข้มข้น	ระดับสปอร์ [1](คะแนน)						
		วันที่ 4 [2]	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10
อทธานอล	0.01%	0.00	0.50c*	1.75c	1.98d	2.58c	5.00a	5.00a
	0.05%	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13d	2.38d	2.60c
	0.10%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75e	2.42d
	0.20%	หมดอายุการเก็บรักษาเพราะเป็นพิษกับผลส้ม						
ะซีตัลดีไฮด์	0.005%	0.00	0.00	1.84c	2.69c	3.71b	4.13b	5.00a
	0.01%	0.00	0.00	0.00	1.86d	3.21c	3.25c	4.19b
	0.03%	หมดอายุการเก็บรักษาเพราะเป็นพิษกับผลส้ม						
บฟีนิล	0.01%	0.00	1.98b	3.25b	3.44b	3.81b	5.00a	5.00a
	0.05%	0.00	1.69b	3.38b	3.38b	3.81b	5.00a	5.00a
	0.10%	0.00	1.85b	3.38b	3.44b	3.63b	5.00a	5.00a
ุดควบคุม	-	1.46	3.44a	3.92a	4.75a	5.00a	5.00a	5.00a
$SD_{0.05}$	-	-	1.30	0.52	0.67	0.60	0.85	0.17
.V. (%)	-	-	22.46	18.32	19.79	19.21	20.56	29.12

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

---

[1] ระดับสปอร์ :

ระดับที่ 0 หมายถึง ไม่มีสปอร์ปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า (0 เปอร์เซ็นต์)
ระดับที่ 1 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 1 – 15 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 2 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 16 – 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 3 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 26 – 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 4 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 50 – 75 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 5 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 76 – 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล

[2] วันแรกที่ปรากฏสปอร์สีเขียวของเชื้อรา *Penicillium* sp.

การควบคุมโรคโดยใช้เอทธานอล

การแช่ผลส้มในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 150 วินาที แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *Penicillium* sp. ดีกว่าการแช่ในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติบนผิวของผลส้ม สอดคล้องกับการทดลองของ Smilanick *et al.* (1995) ซึ่งรายงานว่าการควบคุมเชื้อรา *Penicillium digitatum* สาเหตุโรคเน่าราสีเขียวบนผลมะนาว โดยวิธีการแช่ในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 10-40 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 150 วินาที พบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของเอทธานอลเพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติบนผิวของผลมะนาว นอกจากนี้ยังพบว่า การนำเอทธานอลมาใช้ร่วมกับน้ำร้อน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคได้ (Lurie, 1998) จากผลการทดลอง การแช่ผลส้มเขียวหวานในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 40 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 150 นาที และ 45 องศาเซลเซียส นาน 150 นาที (ผลการทดลองเบื้องต้น) ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผลส้ม โดยพบแผลสีน้ำตาล และผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำทั้งผล (ภาพ 11) ความผิดปกติที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดจาก (1) เอทธานอลทำให้เกิดปฏิกิริยา dehydration ไปดึงน้ำออกจากเซลล์ที่เปลือก ผลทำให้ผลส้มเกิดแผลแห้งสีน้ำตาล (Monick, 1968) (2) เอทธานอลเป็นสารพิษต่อเนื้อเยื่อพืช (ดนัย, 2540) ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณเปลือกส้มแห้งตายเมื่อแช่ผลส้มเอทธานอลที่ความเข้มข้นสูง ๆ เป็นระยะเวลานาน ๆ (3) เอทธานอลอาจจะไปชักนำให้เกิดการตอบสนองของเนื้อเยื่อพืชต่อการเข้าทำลายของเชื้อราแบบ hypersensivity ทำให้เซลล์บริเวณรอบ ๆ แผลตาย (Lerner, 1999) จนเกิดแผลสีน้ำตาลบนผลส้ม (4) การแช่ผลส้มเขียวหวาน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 150 วินาที่ อาจจะนานเกินไปจนทำให้ผลส้มเกิดบาดแผลได้ สอดคล้องกับ Smilanick (1995) ที่รายงานว่าความผิดปกติกับผลส้มที่เกิดจากการใช้สารเคมีร่วมกับความร้อน พบว่าเกิดจากการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานเกินไป ผลไม้ตระกูลส้มจะมีความทนทานต่อความร้อนได้แตกต่างกันแม้จะอยู่ในสายพันธุ์เดียวกันก็ตาม (Fawcett , 1936)

การควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลนาน 3 วัน พบว่าที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวได้ดีที่สุด สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไปได้นาน 5.56 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้นาน 0 และ 2.25 วัน โดยไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผลส้ม เมื่อทำการทดลองต่อโดยเพิ่มความเข้มข้นของไอระเหยพบว่า ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yuen *et al.* (1995) ซึ่งรายงานว่าการควบคุมเชื้อรา *Penicillium*

โดยการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล นาน 3 วัน ที่ความเข้มข้น 0.06 0.11 และ 0.16 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดโรคได้นาน 2.2 3.2 และ 6.0 วัน ตามลำดับ โดยไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผลส้ม ซึ่งในกรณีนี้จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อราของเอทธานอลขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ในการรม

เอทธานอลเป็นเมตาบอไลท์ที่พบในผลไม้ในปริมาณไม่มาก โดยจะสะสมในระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ โดยมักจะทำหน้าที่เป็นสารให้กลิ่นและรสชาติของผลไม้ เนื่องจากเอทธานอลเป็นสารที่พบในผลไม้ และเป็นสารที่ระเหยง่าย การนำมาใช้ในการกำจัดโรคหลังการเก็บเกี่ยวจึงค่อนข้างปลอดภัยในแง่ของพิษตกค้าง (ดนัย, 2543)

กลไกของเอทธานอลในการควบคุมเชื้อราอาจจะเกิดจาก

(1) การที่เอทธานอลทำให้โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพ (denaturation) โดยเฉพาะในส่วนเยื่อหุ้มไมโตคอนเดรีย (Smilanick *et al.*,1995) ไมโตคอนเดรียเป็นส่วนประกอบของเซลล์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหายใจ (ดนัย, 2540) เมื่อโปรตีนชนิดใดเกิดการเสื่อมสภาพ จะทำให้โปรตีนชนิดนั้นสูญเสียกิจกรรมทางชีววิทยาและมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางเคมี ทางกายภาพ และการทำหน้าที่ของโปรตีน เช่น การละลาย และความสามารถในการเป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยา (นิธิยา, 2543)

(2) เอทธานอลทำให้เกิดภาวะความเครียดที่ไขมันของเยื่อหุ้ม ทำให้เกิดผลกระทบอื่น ๆ ในเซลล์ของเชื้อรา (Lichter *et al.*, 2002) ไขมันเป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการเลือกให้สารผ่านเข้า-ออก ได้เฉพาะบางสารเท่านั้น เรียกคุณสมบัตินี้ว่า selective membrane permeability (นิธิยา, 2543) อัตราการรอดของเชื้อราในภาวะความเครียดที่เกิดจากเอทธานอลขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อรา และ ความเข้มข้นของเอทธานอล (Lichter *et al.*, 2002)

(3) เอทธานอลมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราหลายชนิด ดังนั้นกลไกน่าจะเกิดจากการที่เอทธานอลยับยั้งการงอกของสปอร์ มากกว่ายับยั้งการสร้างเส้นใย (Lichter *et al.*, 2002) จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเมื่อเชื้อรางอกแล้วการเจริญเติบโตจะเป็นไปอย่างปกติ

การควบคุมโรคโดยใช้อะซีตัลดีไฮด์

การควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 วัน มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *Penicillium* ได้ดีที่สุด สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไปได้นาน 3.50 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้นาน 0 และ 1.94 วัน โดยไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผลส้ม ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของอะซีตัลดีไฮด์ แต่จะทำให้เกิดอาการผิดปกติกับผลส้ม พบบาดแผลแห้งสีน้ำตาลที่ผิวของผลส้มที่รมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพิษอย่างรุนแรงจนผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำทั้งผลในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อรมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป (ผลการทดลองเบื้องต้น) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Yuen *et al.* (1995) ซึ่งรายงานว่าการรมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.03 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3 วัน ทำให้เกิดบาดแผลกับผลส้ม ในธรรมชาติพบสารอะซีตัลดีไฮด์ ในผลไม้ที่เริ่มเข้ากระบวนการสุก มีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพด้านรสชาติของผลไม้ที่แสดงออกระหว่างการสุก ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลไม้ได้ (ดนัย, 2540)

กลไกของอะซีตัลดีไฮด์ ในการควบคุมเชื้อรา *Penicillium* ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่มีรายงานว่ากลไกของอะซีตัลดีไฮด์ ในการควบคุมเชื้อรา *Rhizopus stolonifer* เกิดจากการที่อะซีตัลดีไฮด์ เป็นสารที่ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการแตกสลาย ทำให้เซลล์เสื่อมสภาพ นำไปสู่การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เมื่อควบคุมเชื้อรา *R. stolonifer* โดยการรมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการ พบการรั่วไหลของอิเล็คโตรไลท์ในเซลล์ ระดับน้ำตาล กรดอะมิโน และเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ลดลง (Avissar and Pesis, 1991)

การควบคุมโรคโดยใช้เบนเลท

การแช่ผลส้มในเบนเลทที่ความเข้มข้น 0.01 0.05 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ หรือ 100 500 1,000 สตล ตามลำดับ สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรค และการเกิดสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* ได้เพียงเล็กน้อย ดนัย (2543) กล่าวว่าเบนเลทสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราหลังจากที่มีการใช้สารเคมีแล้ว แต่ในการทดลองได้ทำการปลูกเชื้อราบนผลส้มก่อนที่จะมีการแช่ในเบนเลท จึงอาจจะเป็นเหตุผลที่ทำให้เบนเลทควบคุมโรคได้ไม่ดีนักโดยเฉพาะเมื่อใช้ที่ความเข้มข้นต่ำ เบนเลทเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชประเภทดูดซึม จึงสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ในผลไม้ที่กำลังเน่าเสียโดยใช้ความเข้มข้นสูง เบนเลท 2-3 กรัม/น้ำ 1 ลิตร (2,000 – 3,000 ppm) สามารถ

ป้องกันการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* และเชื้อราชนิดอื่น ๆ บนผิวของผลไม้ที่เป็นโรคได้ และใช้ควบคุมโรคของผลไม้ตระกูลส้มได้ดี (จริงแท้, 2542) แต่ในปัจจุบันมีรายงานว่า เชื้อรา *Penicillium* สามารถต้านทานสารเคมีในกลุ่มนี้ได้แล้ว (ดนัย, 2543) และการล้างเอาเบนเลทที่มากเกินออกไปหลังการแช่ เพื่อป้องกันการเกิดพิษต่อต่อผลิตผล อาจจะเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้การทดลองควบคุมโรคได้ผลไม่ดี เพราะการล้างสารเคมีฆ่าเชื้อราออกหลังจากที่ใช้กับผลิตผลจะลดประสิทธิภาพในการควบคุมโรคลงไป (ดนัย, 2543)

ความสำเร็จของการใช้สารเคมีกลุ่มเบนซิมิดาโซล ในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวคือ สามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเข้าสู่ภายในผลิตผลแล้ว และสารเคมีกลุ่มนี้ สามารถซึมผ่านชั้นคิวติเคิลของผลิตผลไปถึงจุดที่มีการเข้าทำลายของเชื้อราได้ ทำให้เนื้อเยื่อบริเวณนั้นเป็นอาหารที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราสาเหตุ แต่เบนเลทจะสามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราหลังจากที่มีการใช้สารเคมีนั้นแล้ว (ดนัย, 2543)

การควบคุมโรคโดยใช้โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต

การแช่ผลส้มในโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนตที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 150 วินาทีเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียว เมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลอง โดยไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติบนผิวของผลส้ม

กลไกในการควบคุมโรคของโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนตคือ สารเคมีออโธฟีนีลฟีเนตจะซึมเข้าสู่แผลของผลิตผลได้และจะถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นออโธฟีนีลฟีนอล เพราะความเป็นกรดในเนื้อผลไม้และคาร์บอนไดออกไซด์ในเซลล์ของผลิตผล ออโธฟีนีลฟีนอลป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่บริเวณแผลในระหว่างการเก็บรักษาได้ (ดนัย, 2543)

การควบคุมโรคโดยใช้ไบฟีนีล

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กรรมวิธีการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของไบฟีนีลไม่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อรา หรืออาการของโรคได้ เชื้อราสามารถเจริญจนทำให้เกิดแผลได้ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ไบฟีนีลเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้มที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium* โดยใส่ลงไปในภาชนะบรรจุ กลไกการควบคุมโรคคือ เซลล์ของเชื้อราจะดูดซับไอระเหยของไบฟีนีลเข้าไปทำให้เปอร์เซ็นต์การเน่าเสียของผลส้มลดลง และป้องกันการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* บนพื้นผิวของส้มที่เน่า การใช้ไบฟีนีลควบคุมเชื้อรา *Penicillium* ในมะนาวได้ผลดีกว่าการควบคุมเชื้อราในส้ม เพราะผลส้มดูดซับไอระเหยของไบฟีนีลได้มากกว่ามะนาวทำให้ไอระเหยของไบฟีนีล

มีความเข้มข้นลดลง กลไกการยับยั้งการเจริญของเส้นใย และสปอร์จะหยุดทันทีที่นำไบฟีนีลออกจากภาชนะ (Eckert, 1979)

ดังนั้น แนวทางในการศึกษาต่อในตอนที่ 2 จึงเลือกใช้เอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ อะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เบนเลทที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนตที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวโดยวิธีการแช่ในสาร และเลือกใช้เอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ อะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของสาร เนื่องจากที่ความเข้มข้นดังกล่าว มีประสิทธิภาพในการชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* บนผลส้มเขียวหวานได้ดีที่สุดโดยไม่พบอาการผิดปกติที่ผิวของผลส้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

การทดลองที่ 2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการควบคุมโรค

ตอนที่ 1 การควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ผลส้มเขียวหวานลงในสารเคมีที่ระยะเวลาต่าง ๆ

จากผลการทดลอง และ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ในการทดลองที่ 1 พบว่า การควบคุมโรคเน่าราสีเขียว โดยวิธีการแช่ผลส้มเขียวหวานลงใน เอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ อะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ เบนเลทที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนตที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 150 วินาที แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทุกกรรมวิธีสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา และยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มได้นาน 2.38 วัน 1.81 วัน 1.75 วัน และ 4.79 วัน ตามลำดับ (ตาราง 9) โดยไม่พบอาการผิดปกติที่ผลส้ม เมื่อนำความเข้มข้นดังกล่าวมาศึกษาต่อ เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ได้ผลการทดลองดังนี้

การแช่ผลส้มในเอทธานอล ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ นาน 120 150 และ 180 วินาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเก็บรักษาได้ 2 วัน ผลส้มในทุกกรรมวิธี ยกเว้นที่แช่นาน 180 วินาที มีเชื้อรา *Penicillium* เข้าทำลาย โดยพบเส้นใยสีขาวของเชื้อราตรงบริเวณแผลที่ปลูกเชื้อไว้บนผลส้ม การแช่ในเอทธานอล นาน 120 และ 150 วินาที สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้นาน 1.63 และ 1.63 วัน ตามลำดับ (ตาราง 17) และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 37.50 และ 37.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 18) ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ การแช่ในเอทธานอล นาน 180 วินาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคดีที่สุดในการควบคุมโรคด้วยเอทธานอล สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้นาน 2.25 วัน ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ผลส้มในวิธีการนี้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับชุดควบคุม ชุดแช่เอทธานอลนาน 120 วินาที และชุดแช่เอทธานอลนาน 150 วินาที ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ (ตาราง 19) เมื่อพิจารณาถึงระดับสปอร์ของเชื้อรา พบว่าในทุกกรรมวิธี เชื้อรา *Penicillium* sp. เริ่มสร้างสปอร์สีเขียวมะกอกในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ผลส้มที่แช่เอทธานอล นาน 120 วินาที มีคะแนนระดับสปอร์เฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 0.50 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนสปอร์ของผลส้มที่แช่ในเอทธานอลนาน 150 วินาที แช่ในเอทธานอลนาน 180 วินาที และชุดควบคุม ซึ่งมีระดับสปอร์เป็นคะแนนเท่ากับ 0.87 1.00 และ 1.00 คะแนนตามลำดับ โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี (ตาราง 20)

การแช่ผลส้มในอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 120 150 และ 180 วินาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเชื้อรา *Penicillium* sp. สามารถเจริญเติบโตและทำให้เกิดโรคเน่าราสีเขียวได้ในทุกกรรมวิธี แต่กรรมวิธีที่แช่อะซีตัลดีไฮด์นาน 120 150 และ 180 วินาที ควบคุมโรคสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้นาน 1.38 1.44 และ 1.56 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 17) เมื่อเก็บรักษาผลส้มได้ 2 วัน การแช่ในอะซีดีไฮด์นาน 180 วินาที จะมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *Penicillium* ได้ดีที่สุดพบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพียง 43.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ชุดที่แช่อะซีดีไฮด์นาน 120 วินาที และ ชุดที่แช่อะซีตัลดีไฮด์นาน 150 วินาที ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 62.50 และ 56.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 18) เมื่อพิจารณาการสร้างสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* พบว่าการแช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลานานขึ้นชักนำให้เกิดการสร้างสปอร์มากกว่าการแช่ในอะซีตัลดีไฮด์ที่ระยะเวลาสั้นกว่า โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ผลส้มที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์นาน 120 และ 150 วินาที มีระดับสปอร์เป็นคะแนนเท่ากันคือ 0.75 คะแนน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม และชุดที่แช่ในอะซีดีไฮด์นาน 120 วินาที ซึ่งมีระดับสปอร์ เท่ากับ 2.00 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ (ตาราง 20)

การแช่ผลส้มด้วยเบนเลทเข้มข้น 0.10 เปอร์เซ็นต์ (1,000 ppm) นาน 120 150 และ 180 วินาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมื่อตรวจผลส้มในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* ในทุกกรรมวิธีที่ควบคุมโรคด้วยเบนเลท ประสิทธิภาพของเบนเลทในการยับยั้งเชื้อราจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งพบว่าเมื่อแช่ผลส้มในเบนเลทนาน 120 และ 150 วินาที สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้นาน 1.19 และ 1.19 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่นานขึ้นเป็น 180 วินาที สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราได้นานขึ้นเป็น 1.50 วัน (ตาราง 17) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าราสีเขียวของผลส้มที่แช่ในเบนเลทนาน 180 วินาที เท่ากับ 75.00 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าราสีเขียวของผลส้มที่แช่ในเบนเลทนาน 120 วินาที และ 150 วินาที ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากันคือ 81.25 และ 81.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และดีกว่าชุดควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 18) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา พบว่าการแช่ผลส้มในเบนเลท นาน 120 150 และ 180 วินาที มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.19 0.19 และ 0.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมซึ่งไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 19) ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เมื่อตรวจผลส้มพบสปอร์ของเชื้อราเริ่มปรากฏให้เห็น ซึ่งการแช่ในเบนเลทที่ระยะเวลานานขึ้นจาก 120 วินาที เป็น 180 วินาที สามารถ

ยับยั้งการเกิดสปอร์ของเชื้อราบนผลส้มได้ดีขึ้น ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีคะแนนระดับสปอร์เท่ากับ 1.50 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ (ตาราง 20)

การแช่ผลส้มในโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต ที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 120 150 และ 180 วินาที แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าผลส้มจะเริ่มถูกเชื้อรา *Penicillium* เข้าทำลาย ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ในชุดที่แช่นาน 120 และ 150 วินาที สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราเฉลี่ย 2.31 และ 2.50 วัน ตามลำดับ ส่วนชุดที่แช่นาน 180 วินาที ถูกเชื้อราเข้าทำลายในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และสามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราเฉลี่ย 3.44 วัน เมื่อ (ตาราง 17) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา พบว่าผลส้มที่แช่ในโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต นาน 180 วินาที มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 56.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม แช่โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต นาน 120 150 และ 180 วินาที ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 100 และ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 18) ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา เชื้อรา *Penicillium* เริ่มสร้างสปอร์บนผลส้มที่แช่ในโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต ในขณะที่การควบคุมโรค ด้วยวิธีการแช่ในเอทธานอล อะซีตัลดไฮด์ และเบนเลท เชื้อราจะเริ่มสร้างสปอร์ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา (ตาราง 20) การแช่ผลส้มในโซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต นาน 180 วินาที สามารถยับยั้งการสร้างสปอร์บนผลส้มได้ดีที่สุด โดยมีคะแนนเท่ากับ 1.69 คะแนน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีสปอร์เท่ากับ 4.00 คะแนน หรือมีปริมาณสปอร์ปรากฏ 50-75เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่บนผิวส้ม (ตาราง 20)

ตาราง 17 จำนวนวันที่สารเคมีชนิดต่าง ๆ สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* sp. และ ความผิดปกติที่พบบนผิวส้มเขียวหวาน

วิธีการ	ระยะเวลา (วินาที)	วัน [1]	ความผิดปกติที่ผิวส้ม [2]
เอทธานอล 20 %	120	1.63c*	-
	150	1.63c	-
	180	2.25b	-
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 %	120	1.38c	-
	150	1.44c	-
	180	1.56c	-
เบนเลท 0.10 %	120	1.19c	-
	150	1.19c	-
	180	1.50c	-
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต 2.0 %	120	2.31b	-
	150	2.50b	-
	180	3.44a	-
ชุดควบคุม	-	0.00d	-
$LSD_{0.05}$	-	0.49	-
C.V (%)	-	10.92	-

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

หมายเหตุ : ชุดควบคุมพบการเข้าทำลายของโรคในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา

---

[1] จำนวนวันที่สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรค โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม คำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

[2] ความผิดปกติที่ผิวของผลส้ม :

- : ปกติ

+ : บริเวณแผลแห้งเป็นสีน้ำตาล

++ : เป็นพิษอย่างรุนแรง ผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผล

ตาราง 18 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค[1]			
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
เอทธานอล 20 %	120	0.00	37.50d*	100.00a	100.00a
	150	0.00	37.50d	100.00a	100.00a
	180	0.00	0.00e	75.00b	100.00a
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 %	120	0.00	62.50bcd	100.00a	100.00a
	150	0.00	56.25bcd	100.00a	100.00a
	180	0.00	43.25cd	100.00a	100.00a
เบนเลท 0.10 %	120	0.00	81.25ab	100.00a	100.00a
	150	0.00	81.25ab	100.00a	100.00a
	180	0.00	75.00abc	100.00a	100.00a
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต 2.0 %	120	0.00	0.00e	68.75b	100.00
	150	0.00	0.00e	62.50bc	87.50a
	180	0.00	0.00e	0.00c	56.25b
ชุดควบคุม	-	100.00	100.00a	100.00a	100.00a
$LSD_{0.05}$	-	-	31.36	7.57	13.73
C.V (%)	-	-	49.57	6.22	13.36

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 19 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลา (วินาที)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค[1]			
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
เอทธานอล 20 %	120	1.00	0.63b*	0.00d	0.00c
	150	1.00	0.56bc	0.00d	0.00c
	180	1.00	1.00a	0.25c	0.00c
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 %	120	1.00	0.38bc	0.00d	0.00c
	150	1.00	0.44bcd	0.00d	0.00c
	180	1.00	0.56bc	0.00d	0.00c
เบนเลท 0.10 %	120	1.00	0.19df	0.00d	0.00c
	150	1.00	0.19df	0.00d	0.00c
	180	1.00	0.44bc	0.00d	0.00c
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต 2.0 %	120	1.00	1.00a	0.31bc	0.00c
	150	1.00	1.00a	0.38b	0.13b
	180	1.00	1.00a	1.00a	0.44a
ชุดควบคุม	-	0.00	0.00f	0.00d	0.00c
$LSD_{0.05}$	-	-	0.33	0.08	0.13
C.V (%)	-	-	48.36	30.64	48.07

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 20 ระดับสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* sp. บนผลส้มเขียวหวาน หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลา (วินาที)	คะแนนระดับสปอร์[1] ที่เวลาต่าง ๆ		
		วันที่ 4[2]	วันที่ 5	วันที่ 6
เอทธานอล 20 %	120	0.50d*	2.50d	4.38c
	150	0.87cd	3.00c	4.69b
	180	1.00c	3.50b	5.00a
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 %	120	0.75cd	2.75cd	4.25c
	150	0.75cd	2.97c	4.38c
	180	1.00c	3.00c	5.00a
เบนเลท 0.10 %	120	1.50b	3.00c	5.00a
	150	1.06c	3.00c	5.00a
	180	1.00c	3.00c	5.00a
โซเดียมออโธฟีนีลฟีเนต 2.0 %	120	0.00c	2.44d	3.88d
	150	0.00c	2.38d	3.44e
	180	0.00c	1.69e	2.50f
ชุดควบคุม	-	2.00a	4.00a	5.00a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

---

[1] ระดับสปอร์ :

ระดับที่ 0 หมายถึง ไม่มีสปอร์ปรากฏให้เห็นด้วยตาเปล่า (0 เปอร์เซ็นต์)
ระดับที่ 1 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 1 – 15 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 2 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 16 – 25 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 3 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 26 – 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 4 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 50 – 75 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล
ระดับที่ 5 หมายถึง มีปริมาณสปอร์ปรากฏ 76 – 100 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผล

[2] วันแรกที่ปรากฏสปอร์สีเขียวของเชื้อรา *Penicillium* sp.

ตอนที่ 2 การควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์

การรมผลส้มด้วยไอระเหยของเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 3 และ 5 วัน สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคออกไปได้นาน 0.50 4.25 และ 2.94 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 21) เมื่อเก็บรักษาได้ 5 วัน ผลส้มมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่เท่ากับ 100 0.00 และ 25.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 22) และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.00 1.00 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 23) ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.00 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าการรมผลส้มด้วยไอระเหยของเอทธานอลนาน 3 วัน มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดีที่สุดโดยที่ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติบนผลส้ม

การรมไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 3 และ 5 วัน สามารถชะลอการเข้าทำลายของโรคได้ 0.50 2.63 และ 2.50 วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม เมื่อเก็บรักษาได้ 5 วัน ผลส้มในชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การรมใช้อะซีตัลดีไฮด์นาน 1 3 และ 5 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 100 18.75 และ 50.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 22) และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.00 0.81 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทุกระยะเวลาที่รมสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ดีกว่าชุดควบคุมซึ่งไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเท่ากับ 0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 23) เมื่อพิจารณาแล้วจึงพบว่าการรมผลส้มด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์นาน 3 วัน มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดีที่สุดโดยที่ไม่ทำให้เกิดความผิดปกติบนผลส้ม

จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเน่าราสีเขียวบนผลส้ม ด้วยวิธีการการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และระยะเวลาที่เหมาะสม สอดคล้องกับการทดลองของ Yuen *et al.* (1995) ซึ่งทำการควบคุมเชื้อรา *Penicillium* โดยการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล ที่ความเข้มข้น 0.06 0.11 และ 0.16 เปอร์เซ็นต์ และไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.006 0.20 และ 0.16 เปอร์เซ็นต์ นาน 1 3 และ 5 วัน พบว่าความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคที่ดีกว่าเข้มข้นต่ำ อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ และระยะเวลาในการรมสารที่นานขึ้นเป็น 3 และ 5 วัน จะเพิ่มประสิทธิภาพของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ ในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อราบนผลส้มได้ดีกว่าการรมที่ระยะเวลา 1 วัน อย่างชัดเจน (ตาราง 24)

ตาราง 21 จำนวนวันที่เอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ สามารถชะลอการเข้าทำลายของเชื้อรา *Penicillium* sp. และความผิดปกติที่พบบนผิวส้มเขียวหวาน หลังการควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยสารชนิดต่าง ๆ

วิธีการ	ระยะเวลา (วัน)	วัน [2]	ความผิดปกติที่ผิวส้ม [3]
เอทธานอล	1	0.50d*	-
	3	4.25a	-
	5	2.94b	-
อะซีตัลดีไฮด์	1	0.50d	-
	3	2.63bc	-
	5	2.50c	-
ชุดควบคุม	-	0.00e	-
$LSD_{0.05}$	-	0.36	-
C.V (%)	-	13.29	-

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

หมายเหตุ : 1) ชุดควบคุมพบการเข้าทำลายของโรคในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา
2) * หมายถึง ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากเป็นพิษกับผลส้ม

---

[2] จำนวนวันที่สามารถเลื่อนการเกิดโรค โดยเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

[3] ความผิดปกติที่ผิวของผลส้ม :

- : ปกติ

+ : บริเวณแผลแห้งเป็นสีน้ำตาล

++ : เป็นพิษอย่างรุนแรง ผลส้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผล

ตาราง 22 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค[1]			
		วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
เอทธานอล	1	50.00b*	100.00a	100.00a	100.00a
	3	0.00c	0.00b	0.00d	0.00b
	5	0.00c	0.00b	25.00c	81.25a
อะซีตัลดีไฮด์	1	50.00b	100.00a	100.00a	100.00a
	3	0.00c	0.00b	18.75d	81.25a
	5	0.00c	0.00b	50.00b	100.00a
ชุดควบคุม	-	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
$LSD_{0.05}$	-	19.65	9.95E-15	20.84	18.81
C.V (%)	-	46.77	1.57E-14	25.20	15.92

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคคำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 23 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคเน่าราสีเขียว หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลา (วัน)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค [1]			
		วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6
เอทธานอล	1	0.50b*	0.00b	0.00d	0.00b
	3	1.00a	1.00a	1.00a	1.00a
	5	1.00a	1.00a	0.75b	0.19b
อะซีตัลดีไฮด์	1	0.50b	0.00b	0.00d	0.00b
	3	1.00a	1.00a	0.81ab	0.19b
	5	1.00a	1.00a	0.50c	0.00b
ชุดควบคุม	-	0.00c	0.00b	0.00d	0.00b
$LSD_{0.05}$	-	3.26	8.94E-17	0.21	0.19
C.V (%)	-	18.70	6.48E-31	32.39	65.14

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคคำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

ตาราง 24 ระดับสปอร์ของเชื้อรา *Penicillium* sp. บนผลส้มเขียวหวาน หลังจากควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ ที่ระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ระยะเวลา (วัน)	ระดับสปอร์ (คะแนน)[1]			
		วันที่ 4[2]	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7
เอทธานอล	1	0.00c*	1.79c	2.73c	4.00c
	3	0.00c	0.00d	1.68d	3.00e
	5	0.00	0.00d	0.00e	2.00f
อะซีตัลดีไฮด์	1	1.42b	3.43a	5.00a	5.00a
	3	0.00c	2.75b	3.50b	4.44b
	5	0.00c	0.00d	0.00e	3.50d
ชุดควบคุม	-	1.81a	3.46a	5.00a	5.00a
$LSD_{0.05}$	-	0.36	0.65	1.02	0.55
C.V. (%)	-	37.75	44.38	46.12	40.56

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี LSD

[1] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคคำนวณจาก 16 ผล (4 x 4 ซ้ำ)

การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ต่อคุณภาพของผลส้ม

1. สีผิว

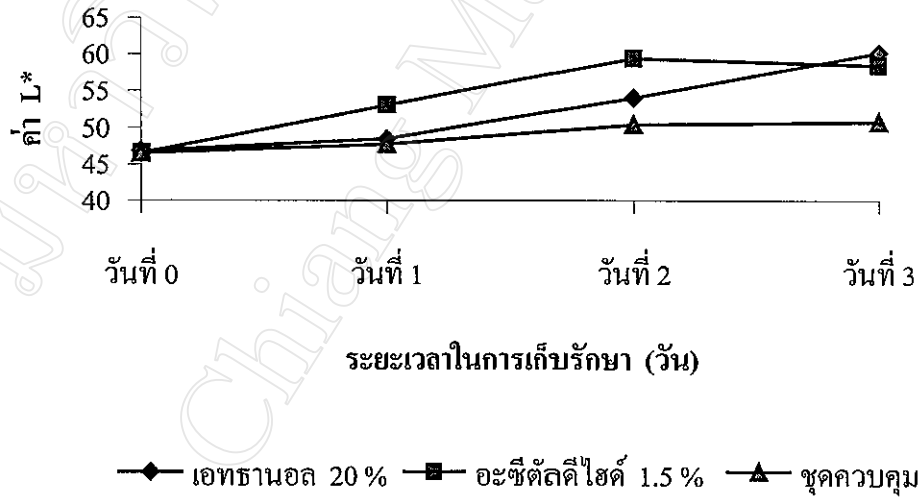
หลังจากการแช่ผลส้มในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 180 วินาที แล้วนำมาตรวจวัดค่า L* a* b* c* และ h° ทันที พบว่าทุกกรรมวิธีที่แช่สารไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยมีสีที่ค่อนข้างเขียว ในทุกกรรมวิธี แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 และ 2 วัน วัน พบว่าที่ผลส้มในชุดที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์มีค่า L* b*และ c* เพิ่มขึ้น หมายถึงผลส้มมีความสว่างมากขึ้น มีสีเหลืองมากขึ้น และผลมีสีเข้มขึ้น ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับผลส้มที่แช่ในเอทธานอล และ ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่า อะซีตัลดีไฮด์ทำให้ผลส้มปรากฏสีเหลืองเร็วขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็น 3 วัน พบว่าผลส้มที่แช่นเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์มีแนวโน้มทำให้ค่า L* a* b* และ C* เพิ่มขึ้นและ มีค่า h° ที่ใกล้มุม 90 องศา (ตาราง 25-29 และ ภาพ 12-16) แสดงว่าการแช่ในเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์มีผลต่อการพัฒนาสีของผลส้มให้เป็นสีเหลืองเร็วขึ้น

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 25 ค่า L* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า L*			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	46.85	48.40b*	54.06b	60.27a
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	46.51	53.00a	59.36a	58.54a
ชุดควบคุม	46.50	47.71b	50.41c	50.77b
$LSD_{0.05}$	ns	2.95	2.29	4.89
C.V (%)	5.22	2.97	2.09	4.33

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

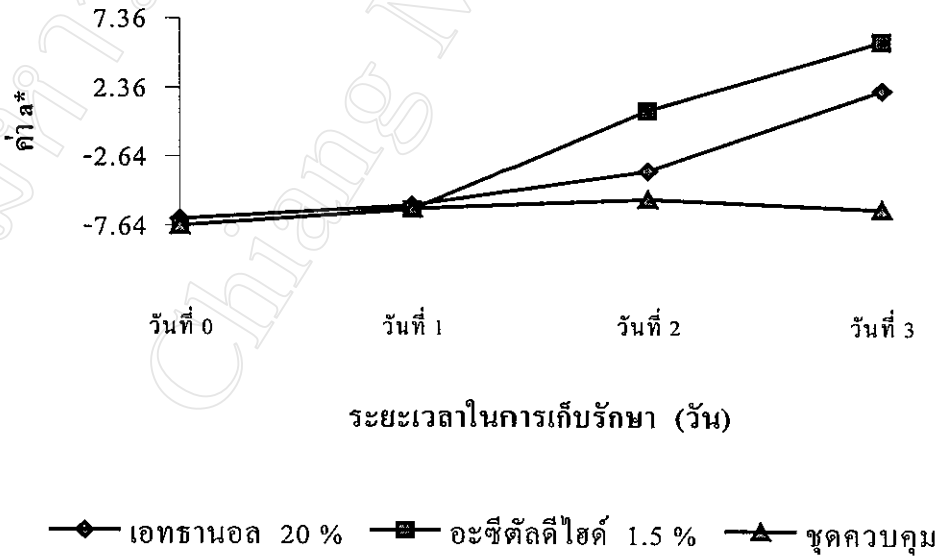


ภาพ 12 ค่า L* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 26 ค่า a* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า a*			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	-7.19	-6.14	-3.65ab*	2.23a
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	-7.64	-6.43	0.71a	5.79a
ชุดควบคุม	-7.64	-6.41	-5.72b	-6.39b
$LSD_{0.05}$	ns	ns	4.97	3.79
C.V (%)	16.58	26.72	13.17	39.54

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

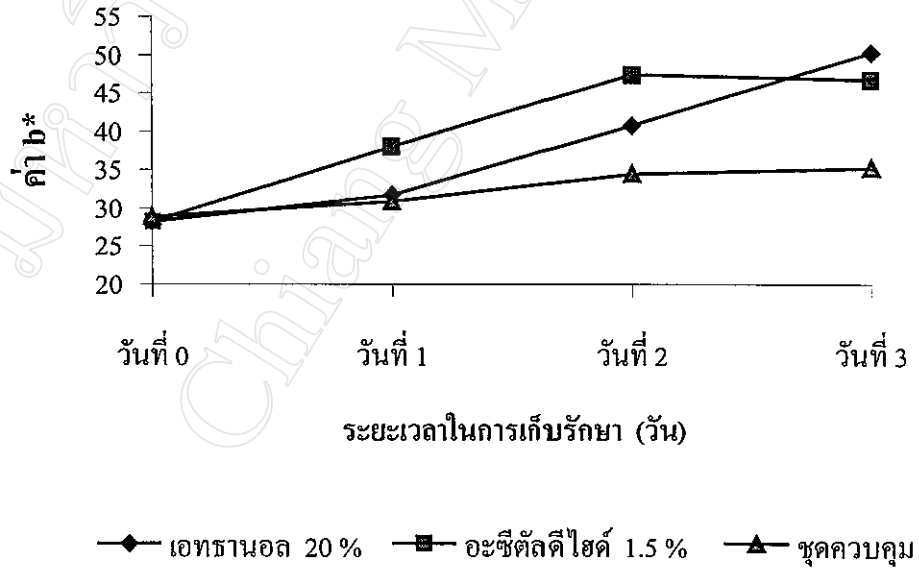


ภาพ 13 ค่า a* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 27 ค่า b* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า b*			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	28.18	31.68b	40.78b	50.28a
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	28.17	37.98a	47.38a	46.75a
ชุดควบคุม	28.85	30.85b	34.44c	35.26b
$LSD_{0.05}$	ns	6.19	4.43	8.24
C.V (%)	12.43	6.88	5.42	9.35

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

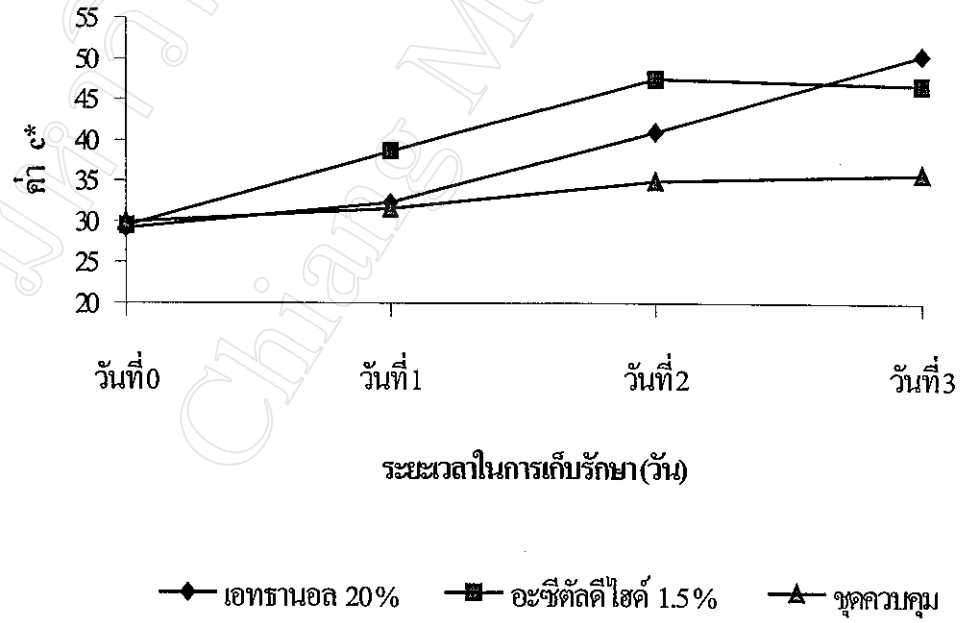


ภาพ 14 ค่า b* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 28 ค่า C* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า C*			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	29.13	32.29b	40.97b	50.38a
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	29.43	38.58a	47.46a	46.75a
ชุดควบคุม	29.89	31.52b	34.94c	35.88b
$LSD_{0.05}$	ns	4.33	4.46	8.18
C.V (%)	11.13	6.35	5.43	9.24

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

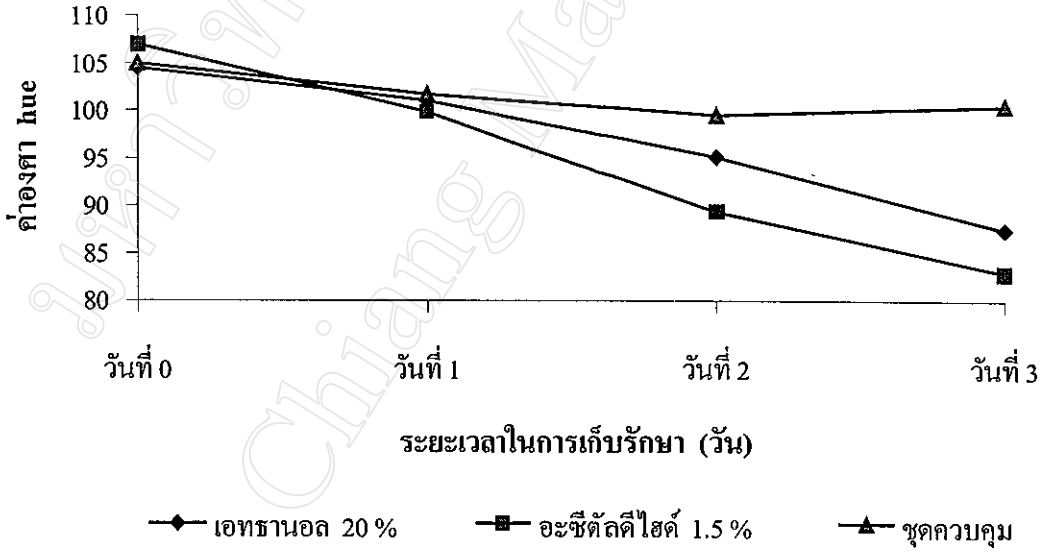


ภาพ 15 ค่า C* ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 29 ค่า h° ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า h°			
	วันที่ 0	**วันที่ 1**	**วันที่ 2**	**วันที่ 3**
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	104.50	101.00	95.11ab*	87.43b
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	107.00	99.78	89.34b	82.88b
ชุดควบคุม	105.00	101.70	99.44a	100.50a
$LSD_{0.05}$	ns	ns	6.623	5.068
C.V (%)	3.32	2.88	3.50	2.81

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



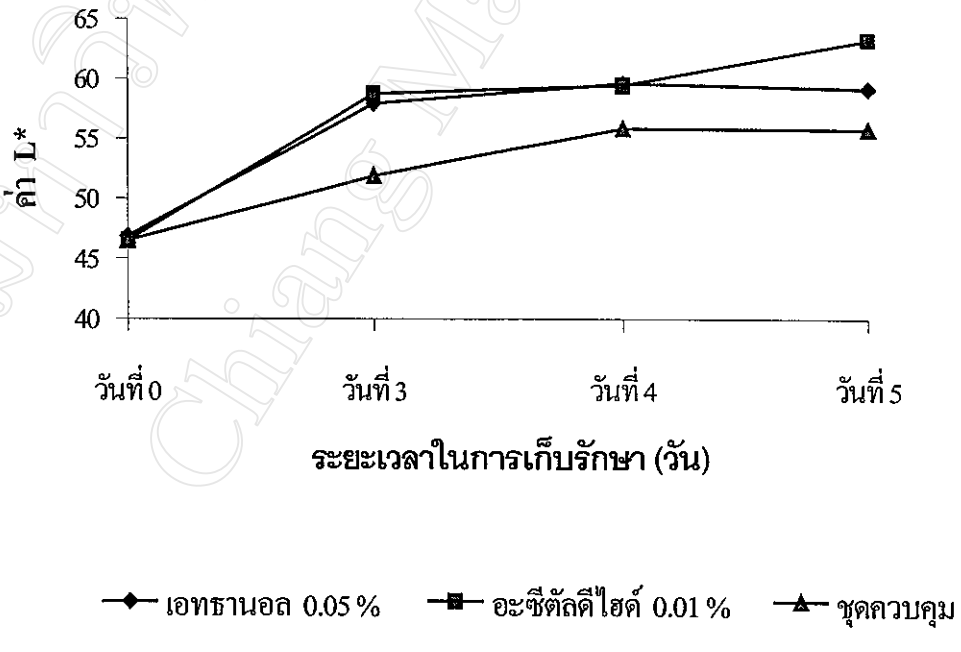
ภาพ 16 ค่า h° ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

หลังจากรมผลส้มด้วยไอระเหยของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร/ปริมาตร ตามลำดับ ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน แล้วนำมาตรวจวัดค่า L* a* b* c* และ h° พบว่าในวันที่ 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ผลส้มที่ผ่านการรมด้วยเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ มีค่า L* a* b* และ c* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หมายถึงผลส้มมีความสว่างมากขึ้น มีสีเขียวลดลง มีสีเหลืองมากขึ้น และผลมีสีเข้มขึ้น ตามลำดับ (ภาพ 17-21) และมีค่า h° ที่ลดลงจนใกล้มุม 90 องศา แสดงว่าสีของผลส้มมีสีเหลืองมากขึ้น (ภาพ 21) แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกค่าที่วิเคราะห์ แสดงว่าเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ มีผลต่อการพัฒนาสีของผลส้ม ในขณะที่ชุดควบคุมยังคงมีสีเขียวอยู่มากกว่า โดยมีค่า h° ที่ลดลงช้ากว่าชุดที่รมด้วยเอทธานอลและ อะซีตัลดีไฮด์ สอดคล้องกับรายงานของ Anonymous (1988) ซึ่งพบว่าไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0 – 5,000 ppm. ทำให้สีผิวของผลส้มซามุยติเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเร็วขึ้น และที่ความเข้มข้นสูง ๆ มีผลทำให้อัตราการหายใจของผลส้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้รมด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์

ตาราง 30 ค่า L* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า L*			
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	46.85	57.93a	59.59a	59.17ab
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	46.51	58.71a	59.43a	63.26a
ชุดควบคุม	46.50	51.88b	55.82b	55.76b
$LSD_{0.05}$	ns	1.69	3.50	5.56
C.V (%)	5.22	1.51	3.01	4.69

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

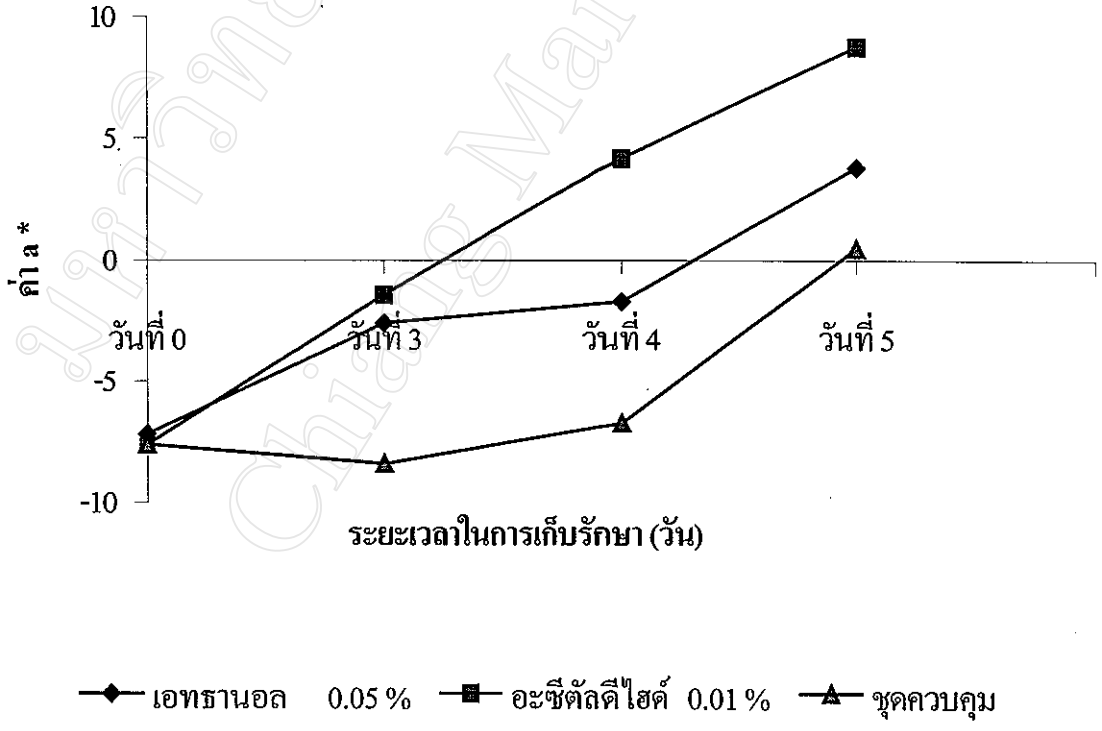


ภาพ 17 ค่า L* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 31 ค่า a* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า a*			
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	-7.19	-2.60a*	-1.71b	3.76ab
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	-7.64	-1.43a	4.16a	8.77a
ชุดควบคุม	-7.64	-8.41b	-6.75c	0.46b
$LSD_{0.05}$	ns	1.587	3.364	6.673
C.V (%)	16.58	19.17	39.99	77.11

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

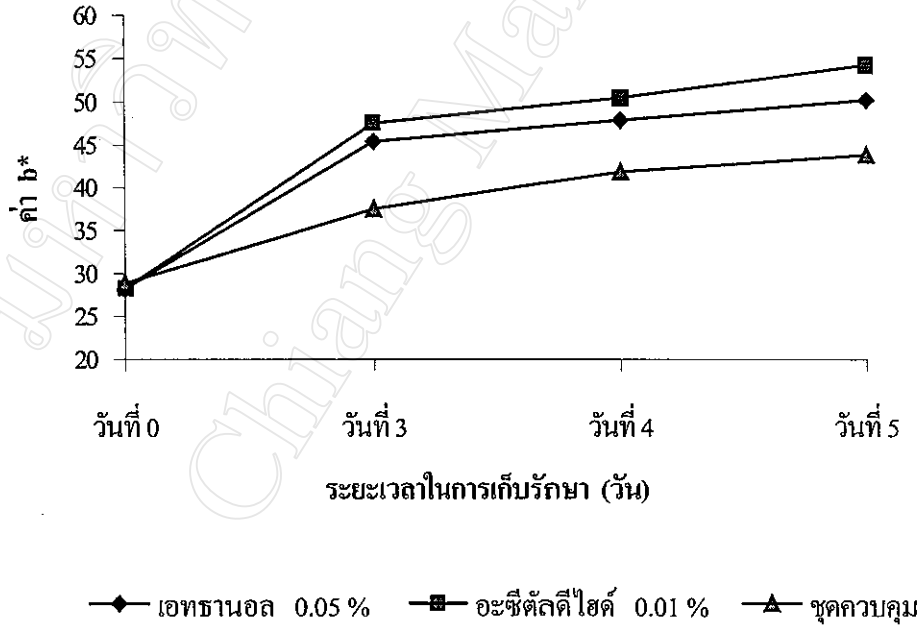


ภาพ 18 ค่า a* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 32 ค่า b* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า b*			
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	28.18	45.36a*	47.85a	50.20ab
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	28.17	47.53a	50.45a	54.31a
ชุดควบคุม	28.85	37.51b	41.76b	43.81b
$LSD_{0.05}$	ns	3.13	4.93	9.83
C.V (%)	12.43	3.61	5.29	9.95

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

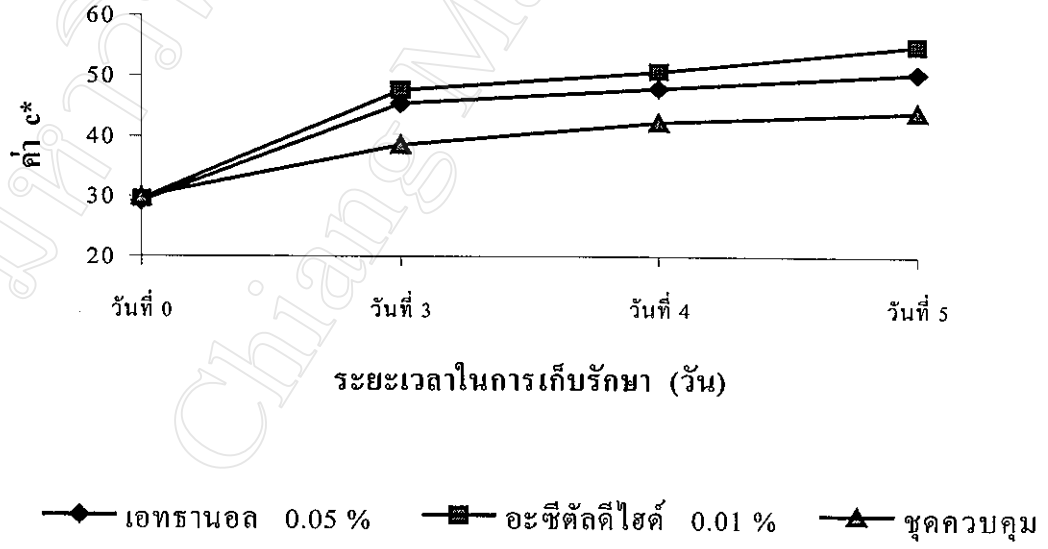


ภาพ 19 ค่า b* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 33 ค่า C* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า C*			
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	29.13	45.44a*	47.90a	50.40ab
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	29.43	47.56a	50.65a	55.03a
ชุดควบคุม	29.89	38.44b	42.31b	43.98b
$LSD_{0.05}$	ns	3.09	4.88	9.96
C.V (%)	11.13	3.47	5.21	10.01

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

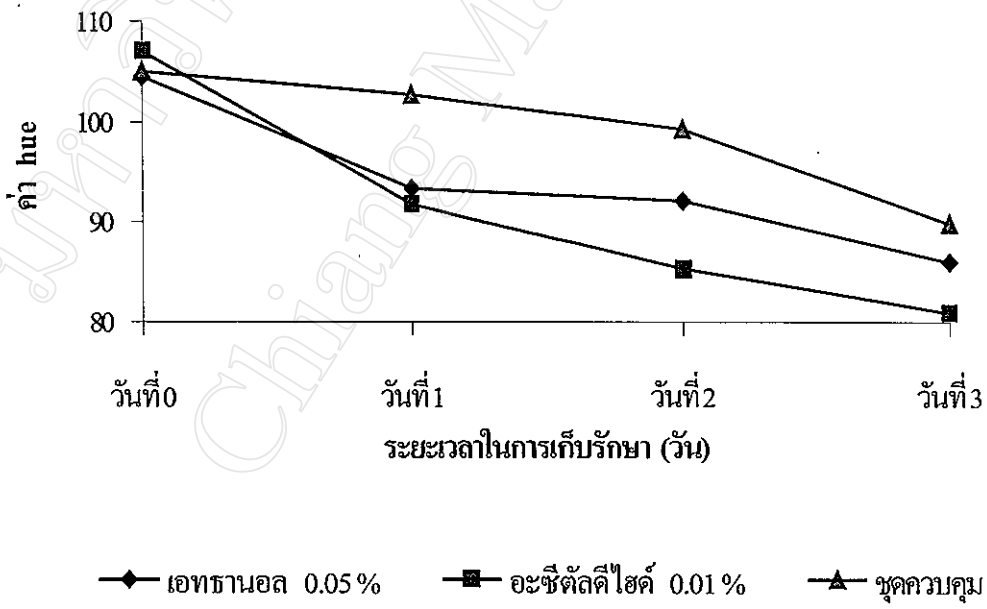


ภาพ 20 ค่า C* ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 34 ค่า h° ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ค่า h°			
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	104.50	93.30b*	92.08b	85.95ab
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	107.00	91.74b	85.28c	80.87b
ชุดควบคุม	105.00	102.70a	99.20a	89.78a
$LSD_{0.05}$	ns	2.34	4.08	8.37
C.V (%)	3.32	1.22	2.21	4.90

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 21 ค่า h° ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

การแช่ผลส้มในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 180 วินาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำส้ม ในทุกกรรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในแต่ละวันตลอดการเก็บรักษา ในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (ตาราง 35) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้มส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรตประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้ม ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เป็นหลัก (Davis and Albrigo, 1994) เนื่องจากผลส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย และเกิดอย่างช้า ๆ (ดนัย และ นิธิยา, 2535)

ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับผลส้มในชุดควบคุม (ตาราง 36) ในระหว่างการเก็บรักษาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีการผันแปรเล็กน้อย

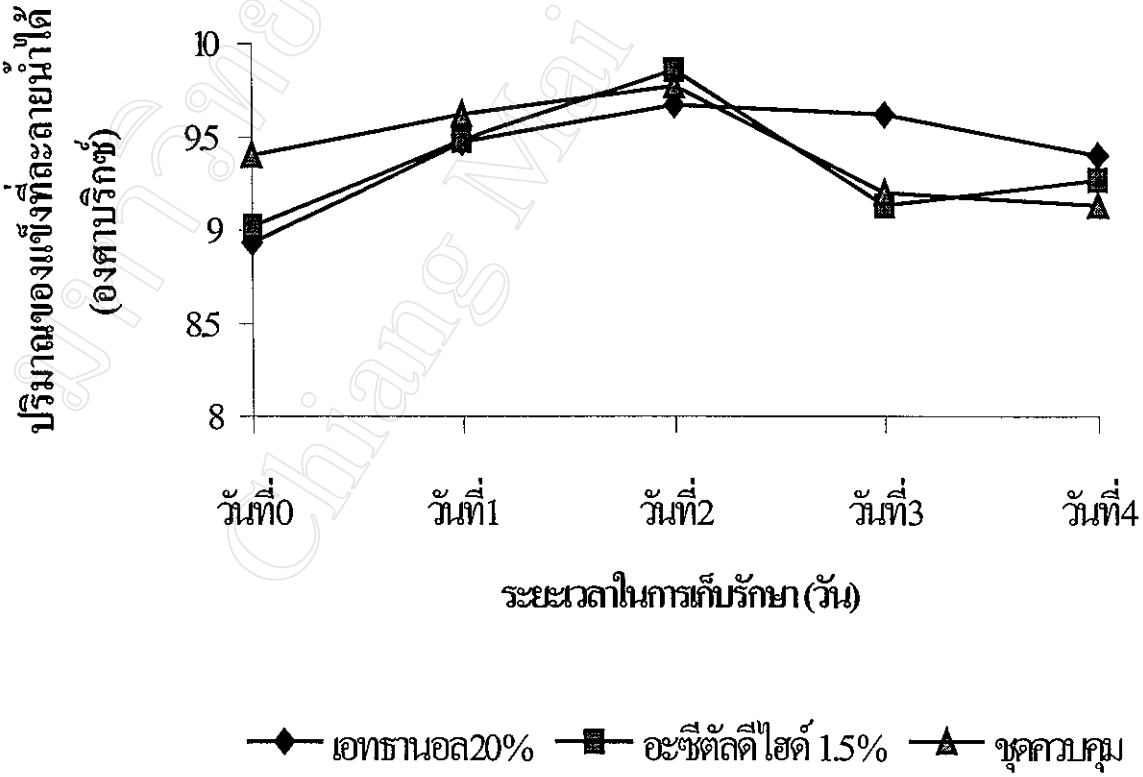
วิกันดา (2541) รายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของส้มเขียวหวานมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วงระหว่าง 9.22 - 10.93 องศาบริกซ์

เอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในระหว่างการควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ลงในสารและวิธีการรมด้วยไอระเหยของสาร

ตาราง 35 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (° brix)				
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	8.93	9.47	9.67	9.62	9.40
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 %นาน 180 วินาที	9.02	9.48	9.86	9.13	9.27
ชุดควบคุม	9.40	9.62	9.77	9.20	9.13
$LSD_{0.05}$	ns*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.21	4.44	1.27	8.94	3.45

* ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

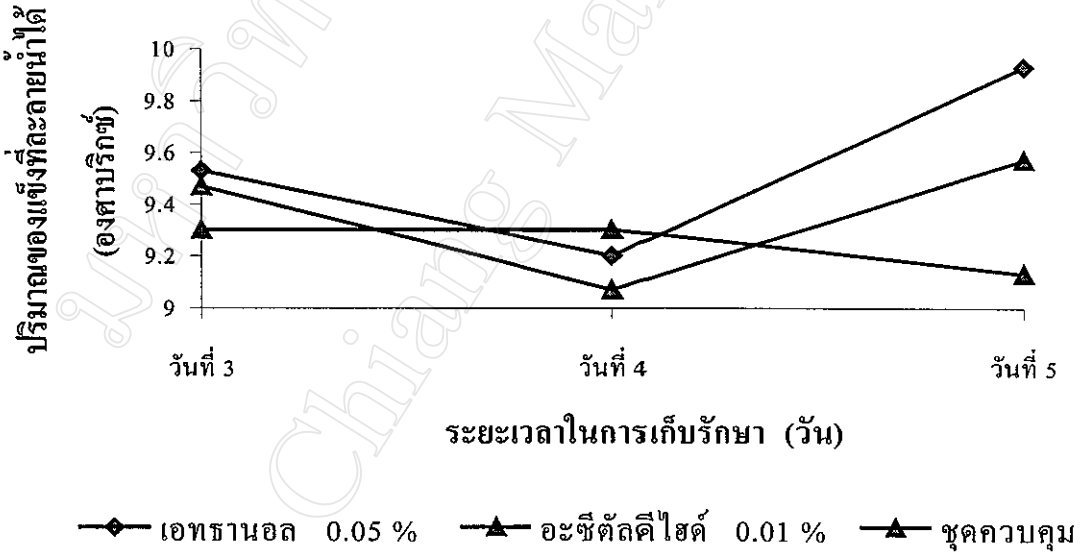


ภาพ 22 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 36 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%)		
	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	9.53	9.20ab*	9.93a
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	9.30	9.30ab	9.13b
ชุดควบคุม	9.47	9.07b	9.57ab
$LSD_{0.05}$	ns	0.15	0.8
C.V. (%)	4.22	2.04	3.88

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

2 . ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในน้ำส้มมีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณที่เล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา แต่พบว่าผลส้มในทุกกรรมวิธีที่แช่ในสารเคมี มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แสดงว่าการแช่ผลส้มในอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ ในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในน้ำส้ม (ตาราง 37) ภาพ 24

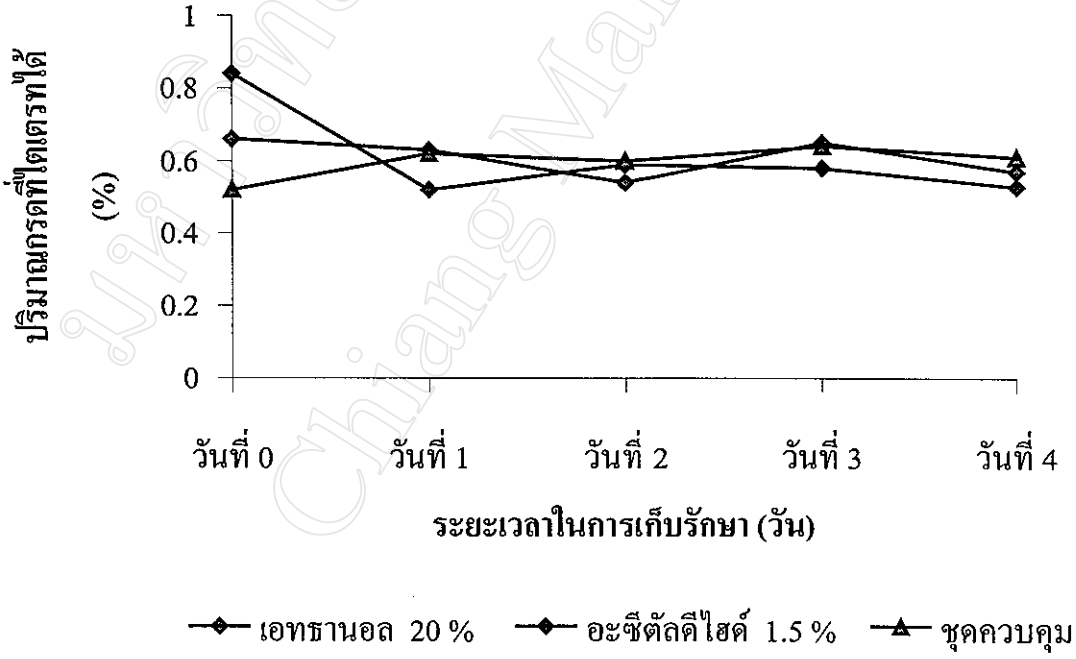
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในน้ำส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณเล็กน้อยในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ากรรมวิธีในการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ตลอดการเก็บรักษา (ตาราง 38) ภาพ 25 วิกันดา (2541) รายงานว่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้มเขียวหวาน มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น

เอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้ม

ตาราง 37 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)				
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	0.66ab*	0.63	0.54	0.65	0.57
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	0.84a	0.52	0.59	0.58	0.53
ชุดควบคุม	0.52b	0.62	0.60	0.64	0.61
$LSD_{0.05}$	0.18	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	10.43	13.93	12.29	14.59	24.64

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

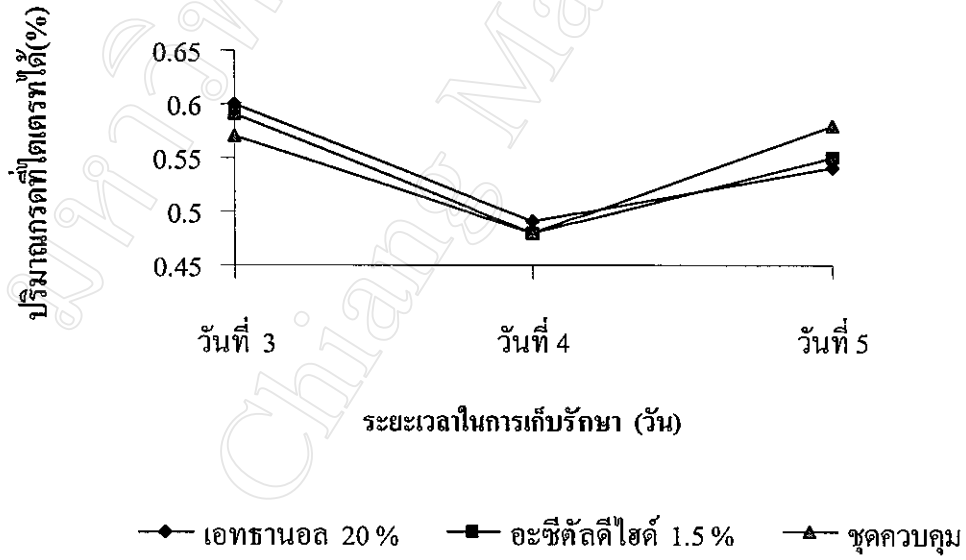


ภาพ 24 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 38 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (%)		
	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 0.05 % นาน 180 วินาที	0.60	0.49	0.54
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 180 วินาที	0.59	0.48	0.55
ชุดควบคุม	0.57	0.48	0.58
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns
C.V. (%)	53.69	19.64	22.34

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 25 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

3 . ปริมาณวิตามินซี

ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอลสูงที่สุดคือเท่ากับ 34.80 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำคั้น ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลส้มในชุดควบคุม และผลส้มที่ผ่านการแช่ในอะซีตัลดีไฮด์ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 29.73 และ 28.90 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำคั้น ตามลำดับ ความแตกต่างนี้อาจจะเกิดจากความผันแปรของปริมาณวิตามินซีในผลส้มซึ่งแตกต่างกัน (ตาราง 39) ในของวันที่ 2 3 และ 4 ของการเก็บรักษา ปริมาณวิตามินซีในผลส้มทุกกรรมวิธีมี มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณเล็กน้อยในช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษา แต่เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ากรรมวิธีการแช่ในเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพ 26) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ting and Attaway (1971) ที่รายงานว่าปริมาณวิตามินซีในผลส้มขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันมาก โดยในผลส้มเขียวหวานจะมีปริมาณวิตามินอยู่ในช่วงระหว่าง 20-50 มิลลิกรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำคั้น

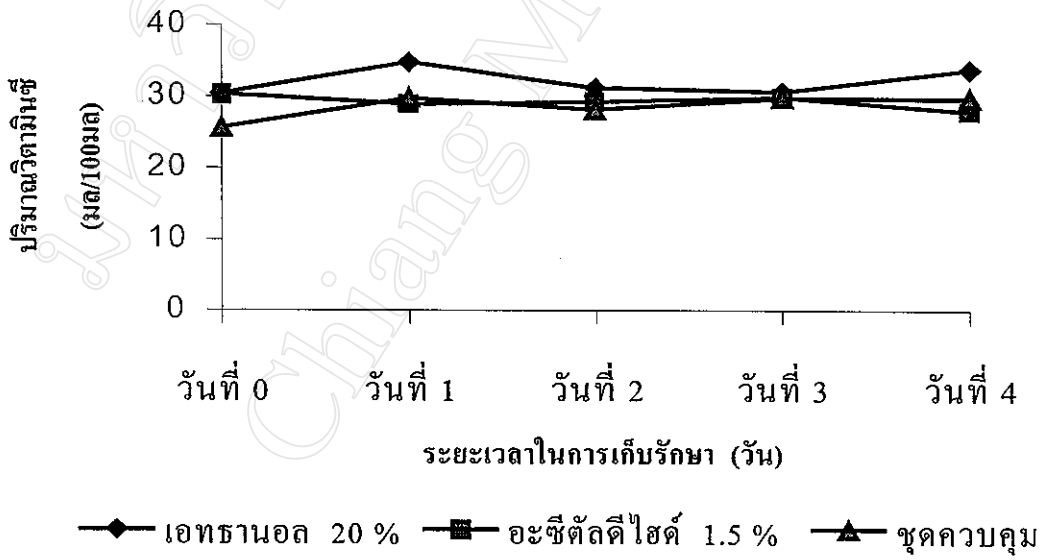
ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาปริมาณวิตามินซีมีความผันแปรในระหว่างระยะการเก็บรักษาเล็กน้อย (ตาราง 40 และ ภาพ 27)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวปริมาณกรดแอสคอร์บิค ภายในผลส้มจะค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิค คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการสูญเสียกรดแอสคอร์บิคจะมีมากขึ้น (Kale and Adsule, 1995) ในส้มเขียวหวานแม้จะมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน แต่ก็จะมีการสูญเสียกรดแอสคอร์บิคอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ของการเก็บรักษา และพบการสูญเสียเพิ่มมากขึ้นถ้าเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิสูง (Ting and Attaway, 1971)

ตาราง 39 ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ปริมาณวิตามินซี (มก/100 มล)				
	วันที่ 0	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
เอทธานอล 20 % นาน 180วินาที	30.41a*	34.80a	31.17	30.70	34.80
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180วินาที	30.29a	28.90b	29.21	29.93	28.90
ชุดควบคุม	25.65b	29.73b	28.14	29.73	29.73
$LSD_{0.05}$	4.07	4.63	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.99	7.44	8.87	6.76	8.63

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

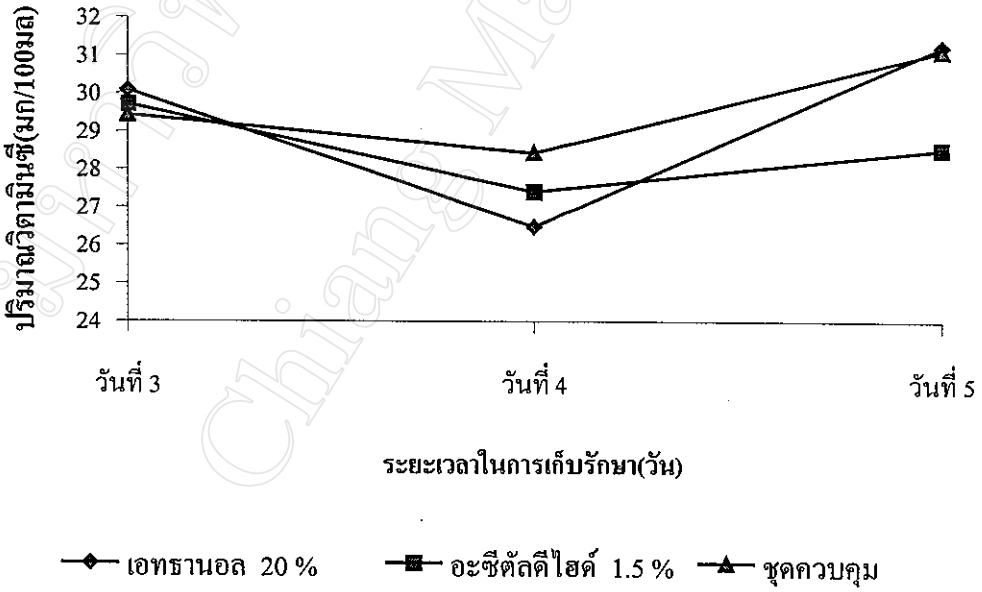


ภาพ 26 ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตาราง 40 ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	ปริมาณวิตามินซี (มก/100 มล)		
	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	30.08	26.49	31.24
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	29.72	27.40	28.53
ชุดควบคุม	29.43	28.43	31.11
$LSD_{0.05}$	ns*	ns	ns
C.V. (%)	6.74	6.11	6.10

* ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพ 27 ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4. การยอมรับของผู้ทดลองชิม

ผลส้มที่ควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์เมื่อวิเคราะห์การยอมรับของผู้ทดลองชิม พบว่าในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา ผลส้มในชุดที่แช่ด้วยอะซีตัลดีไฮด์ มีคะแนนการยอมรับของผู้ทดลองชิม เท่ากับ 2.80 คะแนน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 1.50 คะแนน คือไม่ชอบมาก (ตาราง 41) ผลส้มในชุดที่แช่ด้วยเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ มีรสชาติดีกว่าผลส้มในชุดควบคุม ผลส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอลมีคะแนนการยอมรับของผู้ทดลองชิมเพิ่มขึ้น แสดงว่าปริมาณสารเอทธานอลจากภายนอกอาจจะกระตุ้นให้ปริมาณสารเอทธานอลในผลส้มเพิ่มมากขึ้นจนทำให้ส้มมีรสชาติดีขึ้น เนื่องจากเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์เป็นสารเมตาบอไลท์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในผลไม้ มีความสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพด้านรสชาติของผลไม้ (ดนัย, 2540)

ผลส้มที่ทำการควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของสาร เมื่อทำการวิเคราะห์การยอมรับของผู้ทดลองชิม พบว่าในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผลส้มในทุกกรรมวิธี มีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ผลส้มที่รมด้วยเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ มีคะแนนเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนการยอมรับของผู้ทดลองชิมเท่ากับ 3.40 และ 3.00 คะแนน ตามลำดับ (ตาราง 42) ปริมาณสารเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์จากภายนอกอาจจะกระตุ้นให้ปริมาณสารเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มเพิ่มมากขึ้นจนทำให้ส้มมีรสชาติดีขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Pez *et al.* (1982) ซึ่งทำการศึกษาการเพิ่มคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้อะซีตัลดีไฮด์และเอทธานอล อธิบายว่าการใช้ไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์จะช่วยเพิ่มคุณภาพ ทั้งรสชาติและกลิ่นของบลูเบอรี่ มะเขือเทศ และสาลี่ Morris and Cawthon (1979) รายงานว่าผลสตรอเบอรี่ที่ได้รับสารอะซีตัลดีไฮด์ในรูปของสารระเหยที่ระดับความเข้มข้น 1500 – 1600 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมง ทำให้เกิดสารระเหยของแอลกอฮอล์ เอทิลอะซีเตต และ เอทิลบิวเรต ในน้ำคั้น ซึ่งส่งผลให้กลิ่นและรสชาติดีขึ้น

แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเป็น 7 วัน พบว่าคะแนนของการยอมรับของผู้ทดลองชิมในผลส้มที่ผ่านการรมด้วยเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์มีคะแนนลดลง เกิดรสชาติขม และมีกลิ่นของแอลกอฮอล์เกิดขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดจากภายในผลส้มมีปริมาณเอทธานอลสะสมในผลส้มเพิ่มขึ้นมากเกินไปจนทำให้เกิดการสูญเสียรสชาติของผลส้มได้ สอดคล้องกับงานทดลองของ Hagenmaier (2002) ซึ่งรายงานว่ารสชาติของผลส้มแมนดารินเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณเอทธานอลในผลส้มเพิ่มสูงขึ้นโดยผู้ทดลองชิมจะสามารถรับรู้รสชาติที่เปลี่ยนแปลงเมื่อปริมาณเอทธานอลในผลส้มมากกว่า 1500 ppm หลังจาก 7 วัน ของการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตาราง 41 คะแนนการยอมรับของผู้ทดลองชิมส้มที่ผ่านการแช่ในเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	คะแนนการยอมรับของผู้ชิม		
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5
เอทธานอล 20 % นาน 180 วินาที	2.40a*	3.00	3.00
อะซีตัลดีไฮด์ 1.5 % นาน 180 วินาที	2.80ab	2.60	2.60
ชุดควบคุม	3.00a	3.00	3.00
$LSD_{0.05}$	0.56	ns	ns
C.V. (%)	14.94	22.97	19.37

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตาราง 42 คะแนนการยอมรับของผู้ทดลองชิมส้ม ที่ผ่านการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการ	คะแนนการยอมรับของผู้ชิม		
	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
เอทธานอล 0.05 % นาน 3 วัน	2.80	3.40	2.6
อะซีตัลดีไฮด์ 0.01 % นาน 3 วัน	2.80	3.00	2.4
ชุดควบคุม	3.00	3.00	3.2
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns
C.V. (%)	19.08	27.97	24.08

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การทดลองที่ 4 วิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างของเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์

ตอนที่ 1 การควบคุมโรคโดยวิธีการแช่ผลส้มเขียวหวาน ลงในสารเคมี

การแช่ผลส้มในเอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที แล้ววัดปริมาณสารเอทธานอลทันที พบว่าปริมาณสารเอทธานอลในผลส้มเพิ่มสูงขึ้นทันที หลังจากแช่ผลส้มในเอทธานอล โดยมีปริมาณสารเอทธานอลในผลส้มเท่ากับ 805.96 มก/ลิตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีการที่ไม่แช่ในเอทธานอล ซึ่งมีปริมาณเอทธานอลในผลส้มเท่ากับ 268.15 มก/ลิตร (ตาราง 43) ในวันที่เก็บรักษาได้ 3 วัน พบว่า ผลส้มมีปริมาณสารเอทธานอลเท่ากับ 582.48 มก/ลิตร และชุดควบคุมมีปริมาณเอทธานอลในผลเท่ากับ 27.01 มก/ลิตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เอทธานอลเป็นสารเมตาบอไลท์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในผลไม้ ซึ่งปริมาณเอทธานอลในธรรมชาติของผลไม้ตระกูลส้ม จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น สายพันธุ์ ความแก่ของผลส้ม พบว่าผลส้มที่แก่จัดจะมีปริมาณสารเอทธานอลที่แตกต่างจากผลส้มที่ยังไม่แก่เต็มที่ เป็นต้น (Davis and Albrigo, 1995) ส้มพันธุ์ฮามลิน และพันธุ์วาเลนเซีย มีปริมาณสารเอทธานอลในน้ำคั้น 5-40 มก/มล ในขณะที่ผลส้มยังไม่สุกแก่เต็มที่ แต่มีปริมาณเอทธานอลในน้ำคั้น เพิ่มเป็น 254-480 มก/มล ในผลส้มที่แก่สมบูรณ์ (Davis and Chase, 1969 อ้างโดย Smilanick *et al.*, 1995) มีรายงานว่าส้มแทนเจอรีนพันธุ์ mineola มีปริมาณสารเอทธานอลในผลส้มประมาณ 46.29 มก/ลิตร (Aquino *et al.*,1998) และจากผลการทดลอง ทำให้ทราบว่าส้มเขียวหวานมีปริมาณเอทธานอลตามธรรมชาติในผลส้มประมาณ 268.15 มก/ลิตร (ตาราง 43)

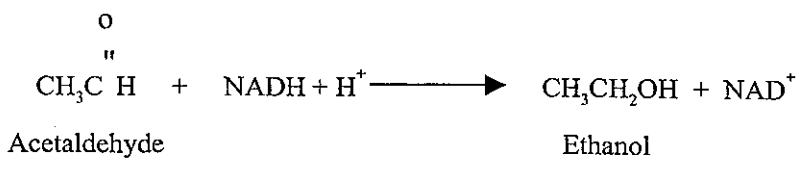
การแช่ผลส้มในอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที แล้ววัดปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ทันที พบว่ามีปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มเท่ากับ 17.36 มก/ลิตร ส่วนในชุดควบคุมมีปริมาณ อะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มเท่ากับ 11.17 มก/ลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอะซีตัลดีไฮด์เพิ่มขึ้นทันที เท่ากับ 6.19 มก/ลิตร ใกล้เคียงกับที่ Miyake and Shibamoto (1993) รายงานว่าในน้ำส้มคั้นมีปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ประมาณ 9.82 มก/ลิตร เมื่อเก็บรักษาได้ 3 วัน พบว่าปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มลดลงเหลือเพียง 4.68 มก/ลิตร เท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่มีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้ม 4.86 มก/ลิตร พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ Aquino *et al.*(1998) รายงานว่าส้มแทนเจอรีนพันธุ์ mineola มีปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มประมาณ 5.00 มก/ลิตร และจากผลการทดลองทำให้ทราบว่าส้มเขียวหวานมีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ตามธรรมชาติในผลส้มประมาณ 11.17 มก/ลิตร (ตาราง 43)

เมื่อนำปริมาณสารเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ที่พบในผลส้มมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าในวันที่ 3 ของการทดลอง ผลส้มที่แช่ในเอทธานอลมีปริมาณสารเอทธานอลสะสมเพิ่มขึ้นเท่ากับ 555.47 มก/ลิตร ส่วนผลส้มที่แช่ในอะซีตัลดีไฮด์ไม่พบปริมาณสารสะสมที่เพิ่มขึ้นโดยมีปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ที่สะสมในผลส้มเท่ากับ 4.68 มก/ลิตร ซึ่งต่ำกว่าชุดควบคุมที่มีปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์สะสมในผลส้มเท่ากับ 4.86 มก/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ตอนที่ 2 การควบคุมโรคโดยวิธีการรมด้วยไอระเหยของเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์

ปริมาณสารเอทธานอลซึ่งสะสมตามธรรมชาติในผลส้มมีค่าเท่ากับ 256.36 มก/ลิตร เมื่อรมผลส้มด้วยไอระเหยของเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน พบว่าในวันที่ 3 และ 5 ของการทดลอง มีปริมาณเอทธานอลสะสมในผลส้มเพิ่มขึ้นเป็น 709.96 มก/ลิตร และ 962.38 มก/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณเอทธานอลสะสมในผลส้มเท่ากับ 323.38 มก/ลิตร และ 364.70 มก/ลิตร ในวันที่ 3 และ 5 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปริมาณสารเอทธานอลที่เพิ่มขึ้นในชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การที่ปริมาณเอทธานอลในผลส้มมีการสะสมเพิ่มมากขึ้นน่าจะเกิดจากการที่รมด้วยเอทธานอลภายนอกผลส้มไปเพิ่มปริมาณเอทธานอลที่มีอยู่แล้วในผลส้มตามธรรมชาติ (ตาราง 44)

ปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ซึ่งสะสมตามธรรมชาติในผลส้มมีค่าเท่ากับ 18.70 มก/ลิตร หลังจากรมผลส้มด้วยไอระเหยของอะซีตัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน พบว่าในวันที่ 3 และ 5 ของการทดลอง มีปริมาณของอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มลดลงเป็น 14.48 มก/ลิตร และ 12.73 มก/ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์สะสมในผลส้มเท่ากับ 14.79 มก/ลิตร และ 16.07 มก/ลิตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณสารอะซีตัลดีไฮด์ที่ลดลงในแต่ละวัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การที่ปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ที่สะสมในผลส้มมีแนวโน้มลดลงในแต่ละวันของการเก็บรักษาทั้งในชุดควบคุม และชุดที่รมด้วยอะซีตัลดีไฮด์ เนื่องจากภายในผลส้มจะเกิดการรีดิวซ์สารอะซีตัลดีไฮด์ โดย NADH ไปเป็นสารเอทธานอล (William and Brown, 1998) ตามสมการ



ดังจะเห็นได้จากการที่ปริมาณสารเอทธานอลที่สะสมในผลส้มในชุดที่รมด้วยอะซีตัลดีไฮด์มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแต่ละวันของการเก็บรักษา (ตาราง 44)

เมื่อนำปริมาณสารเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ที่สะสมในผลส้มมาเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในวันที่ 5 ของการทดลอง พบว่าผลส้มที่รมด้วยเอทธานอลมีปริมาณสารเอทธานอลสะสมเพิ่มขึ้นในเท่ากับ 597.68มก/ลิตร ส่วนผลส้มชุดที่รมด้วยอะซีตัลดีไฮด์ ไม่พบปริมาณสารสะสมเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้มน้อยกว่าปริมาณอะซีตัลดีไฮด์ที่พบในชุดควบคุม

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

ตาราง 43 ปริมาณสารเอทธานอลและอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้ม ที่เพิ่มขึ้นหลังผ่านการแช่ในเอทธานอล ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์

วิธีการ	ปริมาณสาร (มก/ลิตร)							
	วันเริ่มต้น				วันที่ 3			
	เอทธานอล	**เอทธานอลที่เพิ่มขึ้น**	อะซีตัลดีไฮด์	**อะซีตัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้น**	เอทธานอล	**เอทธานอลที่เพิ่มขึ้น**	อะซีตัลดีไฮด์	**อะซีตัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้น**
แช่เอทธานอลที่ความเข้มข้น 20 %	805.96a	**537.81**	24.28a	**13.11**	582.48a	**555.47**	7.91a	**3.05**
แช่อะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 1.5 %	563.35b	**295.20**	17.36b	**6.19**	66.53b	**39.52**	4.68b	**-0.18**
ชุดควบคุม	268.15c	-	11.17c	-	27.01c	-	4.86b	-
$LSD_{0.05}$	242.51	-	6.18	-	39.51	-	2.95	-
C.V. (%)	6.428E-02	-	13.78	-	45.81	-	5.23	-

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตาราง 44 ปริมาณเอทธานอล และอะซีตัลดีไฮด์ในผลส้ม ที่เพิ่มขึ้นหลังผ่านการรมด้วยเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์

วิธีการ	ปริมาณสาร (มก/ลิตร)							
	วันที่ 3				วันที่ 5			
	เอทธานอล	**เอทธานอลที่เพิ่มขึ้น**	อะซีตัลดีไฮด์	**อะซีตัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้น**	เอทธานอล	**เอทธานอลที่เพิ่มขึ้น**	อะซีตัลดีไฮด์	**อะซีตัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้น**
รมเอทธานอลที่ความเข้มข้น 0.05 %	709.96a	**386.58**	16.32a	**1.53**	962.38a	**597.68**	17.41a	**1.34**
รมอะซีตัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 0.01 %	727.04a	**403.66**	14.48b	**-0.31**	650.28b	**285.58**	12.73c	**-3.34**
ชุดควบคุม	323.38b	-	14.79b	-	364.70c	-	16.07b	-
$LSD_{0.05}$	385.58	-	1.51	-	285.50	-	1.31	-
C.V. (%)	7.713E-03	-	8.68	-	6.984E-02	-	5.68	-

* ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University