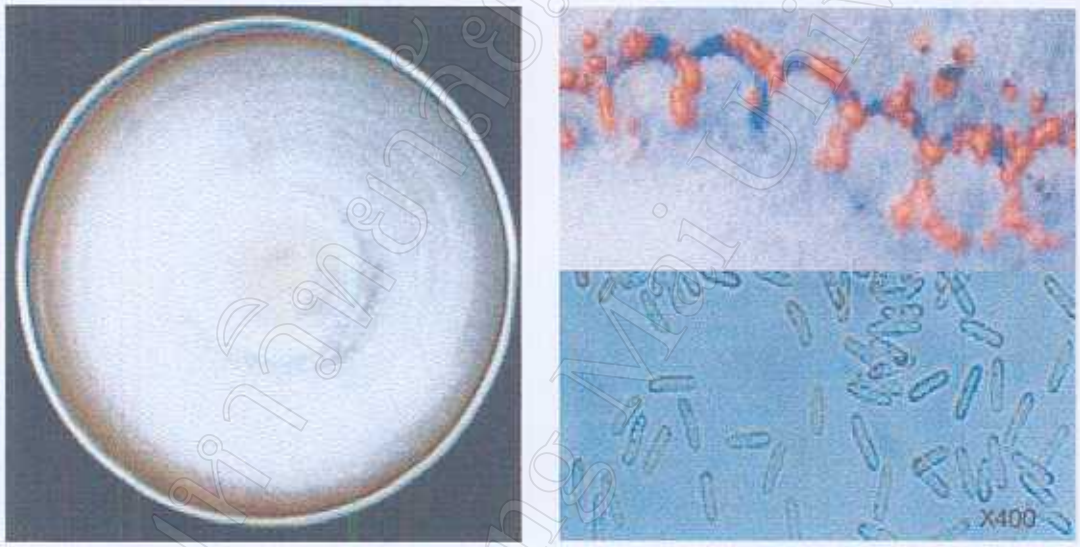
บทที่ 4

ผลการทดลอง

7.1 การตรวจเอกลักษณ์ของเชื้อรา

จากการแยกเชื้อราจากเนื้อเยื่อผิวของผลมะม่วงที่เกิดโรคแอนแทรคโนส และตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเชื้อรา เมื่อเลี้ยงบนอาหาร PDA พบว่า โคโลนีมีลักษณะกลม ขอบเรียบ เส้นใยมีสีขาวอมเทาฟูเล็กน้อย และมีผนังกั้น เชื้อราจะสร้างกลุ่มสปอร์(spore mass) ที่มีสีส้มเป็นวงแหวน ลักษณะของสปอร์จะเป็นเซลล์เดียว ใสไม่มีสี รูปร่างยาวรี มีปลายมน ขนาดโดยเฉลี่ย 3.53 x 12.33 ไมโครเมตร



ภาพที่ 1 ลักษณะโคโลนี (ซ้าย) กลุ่มสปอร์ (spore mass) (บนขวา) และสปอร์ (ขวาล่าง) ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

7.2 การทดสอบการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากข่า

1. การสกัดสารจากข่า

การสกัดสารจากข่าแห้ง พบว่า ข่าสดที่ใช้น้ำหนัก 10 กิโลกรัม เมื่อบดให้ละเอียด ตากผึ่งลมให้แห้งแล้ว จะมีน้ำหนักเหลืออยู่ 3.65 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 36.5 และเมื่อนำข่าแห้ง 2,400 กรัม มาสกัดสารด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ คือ Dichloromethane จำนวน 8 ลิตร ได้สารสกัดหยาบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

35.296 กรัม ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพของสาร คือ ลักษณะเป็นน้ำมัน สีน้ำตาลเข้ม ใส มีกลิ่นที่เผ็ดร้อนของข่า เมื่อสัมผัสผิวหนังจะมีอาการแสบร้อน โดยเฉพาะบริเวณเนื้อเยื่ออ่อนๆ การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผลผลิต ได้ผลดังนี้

จากน้ำหนักข่าแห้งบดละเอียด 2,400 กรัม
ใช้ปริมาตรตัวทำละลาย 8 ลิตร
ได้น้ำหนักของสารสกัดหยาบ 35.296 กรัม

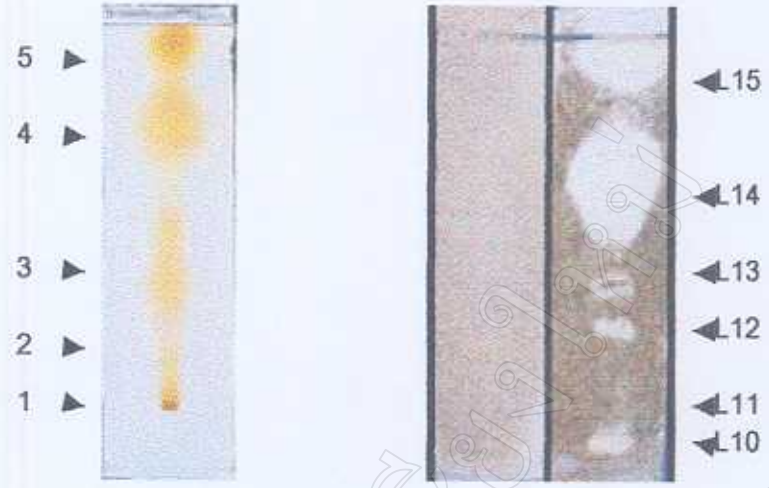
$$\text{เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักผลผลิตที่ได้}}{\text{น้ำหนักข่าที่ใช้สกัด}} \times 100$$

$$= \frac{35.296}{2,400} \times 100$$

$$= 1.47 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

2. การทดสอบสารออกฤทธิ์โดยวิธี TLC-bioassay

จากการแยกองค์ประกอบของสารสกัดหยาบของข่าที่สกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ คือ Dichloromethane โดยวิธี TLC ซึ่งเคลือบด้วย silica gel ภายใต้ระบบตัวทำละลายเคลื่อนที่แบบผสม คือ hexane ผสม ethyl acetate และ methanol แล้วทำการตรวจสอบแถบที่แยกได้ (chromatogram) โดยการอบด้วยไอของไอโอดีน พบว่าแถบสารที่แยกได้ (chromatogram) มีอยู่ 5 แถบ ซึ่งมีค่า Rf เท่ากับ 0.89 – 1.00, 0.6 – 0.86, 0.25 – 0.50, 0.00 – 0.06 และ 0 ตามลำดับ (ภาพที่ 2, ตารางที่ 1) เมื่อนำไปทำการตรวจสอบทางชีววิทยา โดยวิธี TLC-bioassay พบแถบสารที่สามารถยับยั้งหรือต้านทานการเจริญ (inhibited zone) ของเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides* จำนวน 6 แถบด้วยกัน คือ L15, L14, L13, L12, L11 และ L10 ซึ่งมีค่า Rf เท่ากับ 0.87-1.00, 0.5-0.83, 0.38-0.45, 0.27-0.33, 0-0.06 และ 0 ตามลำดับ (ภาพที่ 2, ตารางที่ 2)



ภาพที่ 2 แถบสารที่แยกได้หลังจากการอบด้วยไอของไอโอดีน (ซ้าย) และหลังจากทำ TLC-bioassay (ขวา) แสดงให้เห็น clear zone ที่เกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีสารออกฤทธิ์

ตารางที่ 1 ค่า Rf ของแถบสารที่แยกได้จากส่วนสกัดหยาบของข่า ภายใต้ระบบตัวทำละลายเคลื่อนที่ hexane ผสม ethyl acetate และ methanol ที่อบด้วยไอของไอโอดีน

แถบสาร	ระยะที่สารเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	Rf
5	13.4 - 15.0	0.89 - 1.00
4	9.0 - 12.9	0.60 - 0.86
3	6.0 - 7.5	0.25 - 0.50
2	0.0 - 0.9	0.00 - 0.06
1	0	0

หมายเหตุ : ระยะตัวทำละลายเคลื่อนที่ 15.0 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางที่ 2 ค่า Rf ของแถบสารที่ต้านเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides* ที่แยกได้บน TLC plate

แถบสาร	ระยะที่สารเคลื่อนที่ (เซนติเมตร)	Rf
L15	13.0 - 15.0	0.87 - 1.00
L14	7.5 - 12.5	0.50 - 0.83
L13	5.7 - 6.7	0.38 - 0.45
L12	4.0 - 4.9	0.27 - 0.33
L11	0.0 - 0.9	0.00 - 0.06
L10	0	0

หมายเหตุ : ระยะตัวทำละลายเคลื่อนที่ 15.0 เซนติเมตร

3. การทดสอบความเป็นพิษต่อการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์

จากการแยกองค์ประกอบของสารสกัดด้วยวิธี column chromatography พบว่า สามารถแยกสารสกัดได้เพียง 3 สาร คือ L14, L12 และ L10 เมื่อเปรียบเทียบสารในแต่ละส่วนกับสารเริ่มแรกที่แยกด้วยวิธี TLC คุณสมบัติทางกายภาพของสาร L14 มีลักษณะเป็นน้ำมันสีน้ำตาลเหลือง มีกลิ่นของข่า ถูกผิวหนังที่อ่อนจะแสบร้อน ส่วนสาร L12 และ L10 มีสีน้ำตาลเข้ม หนืดเหนียว เมื่อนำสารที่ได้มาทดสอบความเป็นพิษต่อการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยวิธี poison food technique พบว่า สารสกัดหยาบ และ L14 ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ส่วนต่อล้าน ซึ่งมีค่า ED_{50} เท่ากับ 1,066 และ 72 ส่วนต่อล้าน (ตารางที่ 5) และยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 100 ส่วนต่อล้าน ขึ้นไป ส่วนสาร L12 และ L10 ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ส่วนต่อล้าน ยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 56.29 และ 67.22 เปอร์เซ็นต์ มีค่า ED_{50} เท่ากับ 1,537.7 และ 197.9 ส่วนต่อล้าน ตามลำดับ สารทั้งสองตัวนี้ละลายน้ำได้ไม่ดี จับตัวเป็นก้อน ลักษณะเหนียวหนืด เมื่อปรับความเข้มข้นด้วยน้ำ และเมื่อวิเคราะห์โดยรวมแล้วสารสกัด L14 มีคุณสมบัติดีที่สุด (ตารางที่ 3 และ 4) และพบว่า ในการสกัดสารโดยวิธี column chromatography ใช้สารสกัดหยาบจากข่า 35 กรัม มาแยกได้สาร L14 ปริมาณ 13.74 กรัม ซึ่งเป็นส่วนที่สกัดได้ปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.26 และการเจริญของเส้นใยมีลักษณะที่ผิดปกติไป คือ เส้นใยจะมีการยุบตัวลงบริเวณตรงกลางของโคโลนี ขอบเส้นใยจะเป็นหยักหรือลูกคลื่น (ภาพที่ 3)

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เวลา 8 วัน

ความเข้มข้นของสาร	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้งการเจริญของเส้นใยที่ 8 วัน			
(ส่วนต่อล้าน)	L14	L12	L10	Crude
100	62.92c[1/]	37.03d	39.11c	5.55d
500	66.38c	44.99c	63.40b	24.90c
1,000	75.96b	46.67c	66.33b	33.51b
5,000	100.00a	56.29b	67.22b	100.00a
benomyl	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
Control	0.00d	0.00e	0.00d	0.00e
CV(เปอร์เซ็นต์)	5.20	4.11	5.99	6.66

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เวลา 6 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของสาร	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้งการงอกของสปอร์ที่ 6 ชั่วโมง			
(ส่วนต่อล้าน)	L14	L12	L10	Crude
100	100.00a[1/]	0.00c	0.00e	100.00a
500	100.00a	0.00c	4.33d	100.00a
1,000	100.00a	0.00c	34.76c	100.00a
5,000	100.00a	100.00a	100.00a	100.00a
Benomyl	89.00b	89.00b	89.00b	89.00b
Control	0.00c	0.00c	0.00e	0.00c
CV(เปอร์เซ็นต์)	1.19	3.07	7.89	1.19

[1/] ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD

ตารางที่ 5 ค่า ED_{50} (effective dosage) ของสาร L14, L12, L10 และสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

สารสกัด	ค่า ED_{50} [1/] (ส่วนต่อล้าน)
L14	72
L12	1,537.7
L10	197.7
สารสกัดหยาบ	1,066

[1/] การวิเคราะห์ค่า ED_{50} ใช้โปรแกรม Logit PC

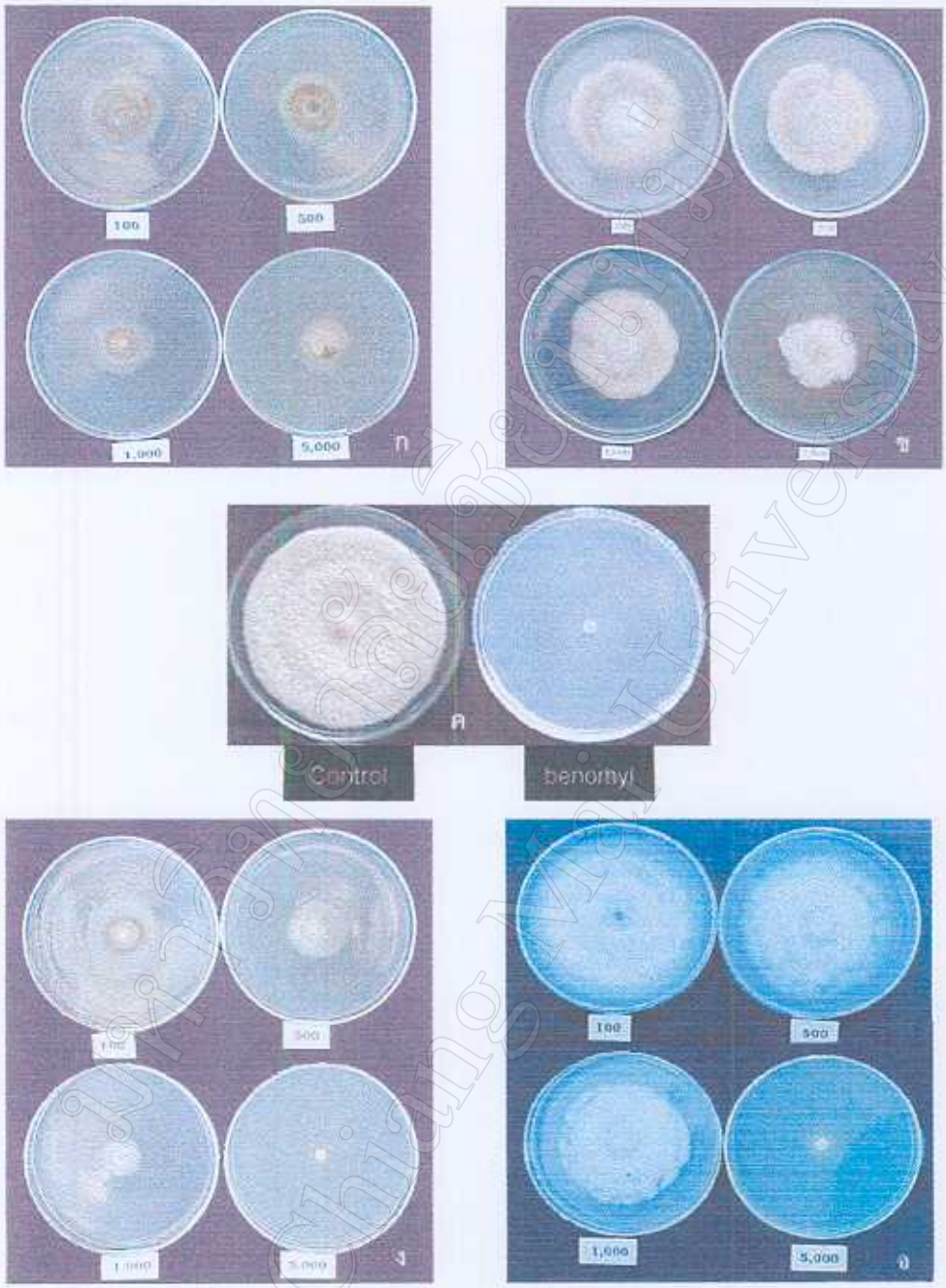
4. การทดสอบความเสถียร (persistance) ของสารสกัดจากข่า

จากการหาความเสถียรหรือความคงตัวของสารสกัดจากข่า (L14) ซึ่งมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยและสปอร์ มีค่า ED_{50} ต่ำที่สุด โดยใช้ความเข้มข้นที่ 5,000 ส่วนต่อล้าน ใส่ขวดใสวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในที่มีแสงสว่าง เป็นเวลานาน 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน ตามลำดับ แล้วนำสารสกัดจากข่า (L14) ผสมในอาหาร PDA ย้ายเชื้อราลงไปเลี้ยง พบว่า สารสกัดจากข่า (L14) มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แม้จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 9 วัน เช่นเดียวกันกับการนำสารสกัดจากข่า (L14) ไปพ่นบนใบมะม่วงก่อนการปลูกเชื้อราให้ 30 นาที พบว่า สามารถป้องกันการเกิดโรคบนใบได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่มีอาการไหม้ เป็นจุดสีน้ำตาลบนใบมะม่วงในวันที่สองหลังจากทำการพ่นสารสกัดจากข่า (L14) (ภาพที่ 5)

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของสารสกัดจากข่า (L14) ซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 วัน บนอาหาร PDA

ระยะเวลาที่เก็บสารไว้ (วัน)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา[1/]
1	100
3	100
5	100
7	100
9	100

[1/] ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 6 ซ้ำ



ภาพที่ 3 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ที่ผสมสาร

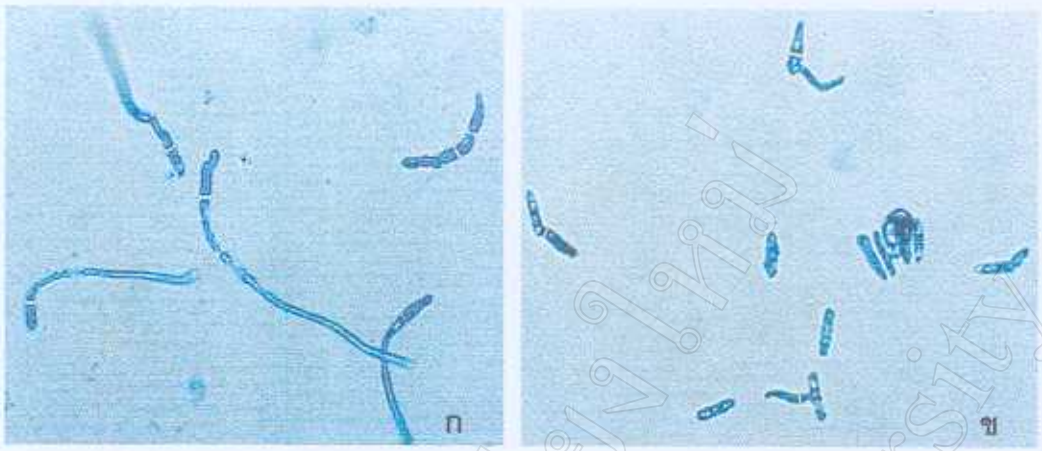
ก. สาร L10 ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 5,000 ส่วนต่อล้าน

ข. สาร L12 ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 5,000 ส่วนต่อล้าน

ค. Control และ สาร benomyl ความเข้มข้น 500 ส่วนต่อล้าน

ง. สาร L14 ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 5,000 ส่วนต่อล้าน

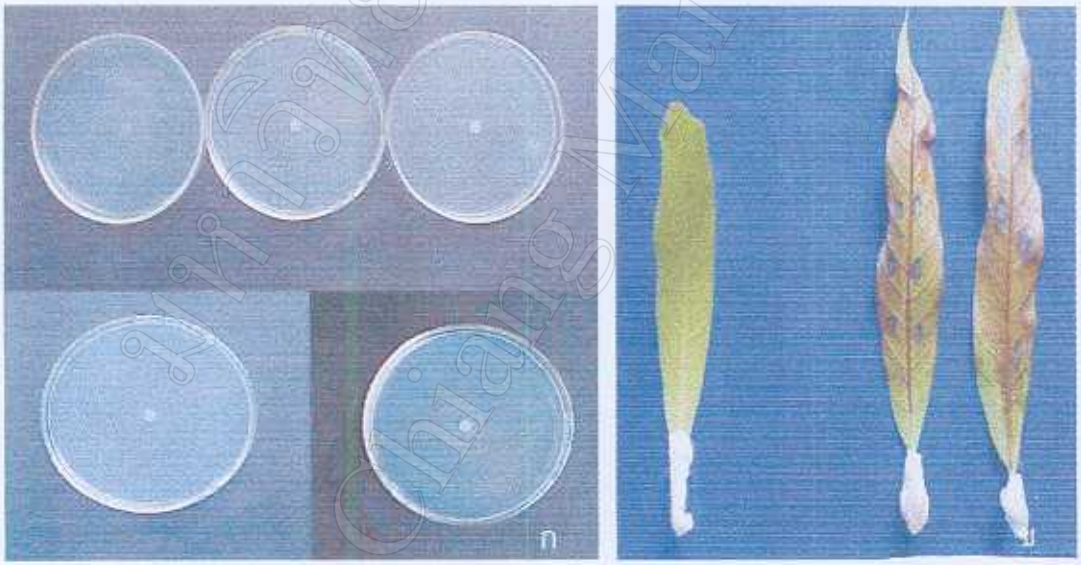
จ. สารสกัดหยาบ ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 5,000 ส่วนต่อล้าน



ภาพที่ 4 การงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA ที่ผสมสาร

ก. ลักษณะการงอกของสปอร์ในชุดควบคุม (Control)

ข. ลักษณะการงอกของสปอร์ในสาร benomyl ความเข้มข้น 500 ส่วนต่อล้าน



ภาพที่ 5 ความเสถียร(persistance) ของสารสกัดจากข่า (L14)

ก. ทดสอบความเสถียรในระดับ plate ที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 วัน

ข. หลังพ่นสารสกัดบนใบได้ 2 วัน เกิดอาการไหม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

7.3 การตรวจสอบผลของสารสกัดจากข่าต่อสรีรวิทยาของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

1. ระยะก่อนการเก็บเกี่ยว (Preharvest)

สัดส่วนเพศดอก

จากการพ่นสารสกัดจากข่าได้ 2 ครั้ง แล้วทำการตรวจสอบสัดส่วนเพศดอกของมะม่วง โดยทำการสุ่มช่อดอกในแต่ละการทดลองมา 30 ช่อ พบว่า สัดส่วนของเพศดอกระหว่างเพศดอกตัวผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 7) ซึ่งสัดส่วนเพศดอกโดยเฉลี่ยแล้วเป็น 1:3.37

ตารางที่ 7 สัดส่วนเพศดอกระหว่างเพศดอกตัวผู้ต่อดอกสมบูรณ์เพศ

การทดลอง	สัดส่วนเพศดอก (เพศผู้ : สมบูรณ์เพศ)
Control	1:3.43
benomyl	1:3.35
CHECK	1:3.39
L14-100	1:3.42
L14-500	1:3.40
L14-1000	1:3.35
CRUDE	1:3.23
LSD	NS[1/]

[1/] NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

การติดและการร่วงของผล

ในการพ่นสารสกัดจากข่า พบว่า เปอร์เซ็นต์การติดผลในแต่ละการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ หรือสารสกัดจากข่าไม่มีผลต่อการติดผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ จากการนับเมื่อผลมีขนาดเท่าหัวไม้ขีด มีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (ตารางที่ 8) ส่วนการร่วงของผลมะม่วงนั้นจากการตรวจนับ 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อผลมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 เซนติเมตร และ ครั้งที่สองเมื่อ 3.0 เซนติเมตร พบว่าทั้งสองระยะที่ตรวจนับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9 และ 10) โดยมีเปอร์เซ็นต์การร่วงเฉลี่ยร้อยละ 97.95 และ 98.95 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์การติดของผลระยะเท่าหัวไม้ขีด

การทดลอง	เปอร์เซ็นต์การติดของผล
Control	50.79
benomyl	51.17
CHECK	50.92
L14-100	50.82
L14-500	52.27
L14-1000	52.44
CRUDE	51.41
LSD	NS[1/]

[1/] NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์การร่วงของผลมะม่วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร

การทดลอง	เปอร์เซ็นต์การร่วงของผล
Control	98.31
benomyl	97.67
CHECK	98.10
L14-100	98.09
L14-500	97.92
L14-1000	97.68
CRUDE	97.87
LSD	NS[1/]

[1/] NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การร่วงของผลมะม่วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0 เซนติเมตร

การทดลอง	เปอร์เซ็นต์การร่วงของผล
Control	99.19
benomyl	98.86
CHECK	99.05
L14-100	98.97
L14-500	98.93
L14-1000	98.72
CRUDE	98.94
LSD	NS[1/]

[1/] NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P < 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

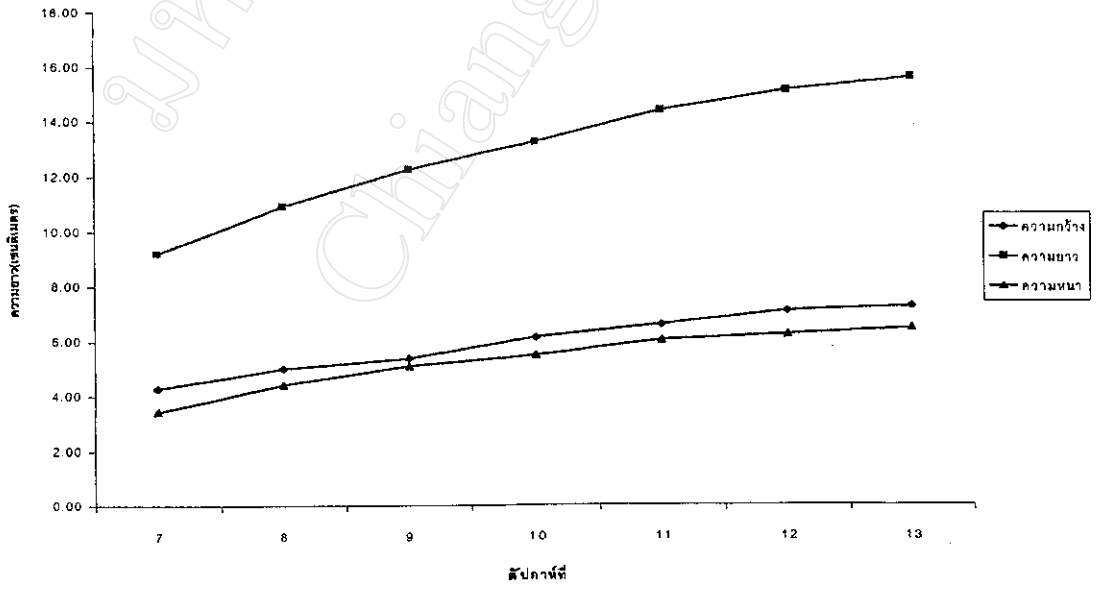
การเจริญเติบโตของผลมะม่วง

จากการสุ่มวัดการเจริญเติบโตของผลมะม่วง เมื่อผลมีอายุได้ 7 สัปดาห์หลังดอกบาน โดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของผล พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในทุกการทดลอง (ตารางที่ 11 และภาพที่ 6) ผลมะม่วงมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นทั้งด้านความกว้าง ความยาวและความหนา

ตารางที่ 11 การเจริญเติบโตของผลมะม่วง

	การเจริญเติบโตของผล[1/] (เซนติเมตร)						
สัปดาห์ที่	7	8	9	10	11	12	13
ความกว้าง	4.29	5.02	5.39	6.14	6.59	7.09	7.25
	±0.34	±0.32	±0.32	±0.29	±0.29	±0.30	±0.29
ความยาว	9.21	10.93	12.29	13.27	14.40	15.14	15.60
	±0.27	±0.37	±0.39	±0.37	±0.45	±0.41	±0.47
ความหนา	3.44	4.43	5.11	5.49	6.03	6.22	6.45
	±0.32	±0.28	±0.27	±0.39	±0.28	±0.26	±0.22

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 30 ผลต่อต้น



ภาพที่ 6 การเจริญเติบโตของผลมะม่วง ด้านความกว้าง ความยาวและความหนา

2. ระยะหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest)

ในการทดสอบผลของสารสกัดระยะหลังการเก็บเกี่ยวได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง สารสกัดจากข่าใช้ 3 ความเข้มข้น คือ 100, 500 และ 1,000 ส่วนต่อล้าน ได้แก่

การทดลองที่ 1 ใช้มะม่วงที่พ่นสารสกัดในแปลงปลูกแล้ว 4 ครั้ง นำมาชุบสารสกัดที่ความเข้มข้น 3 ระดับอีกครั้งหลังการเก็บเกี่ยว นาน 5 นาที (พ่นในแปลง+ชุบผล)

การทดลองที่ 2 ใช้มะม่วงที่พ่นสารสกัดในแปลงปลูกแล้ว 4 ครั้งเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ไม่ชุบสารสกัดอีกครั้ง (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)

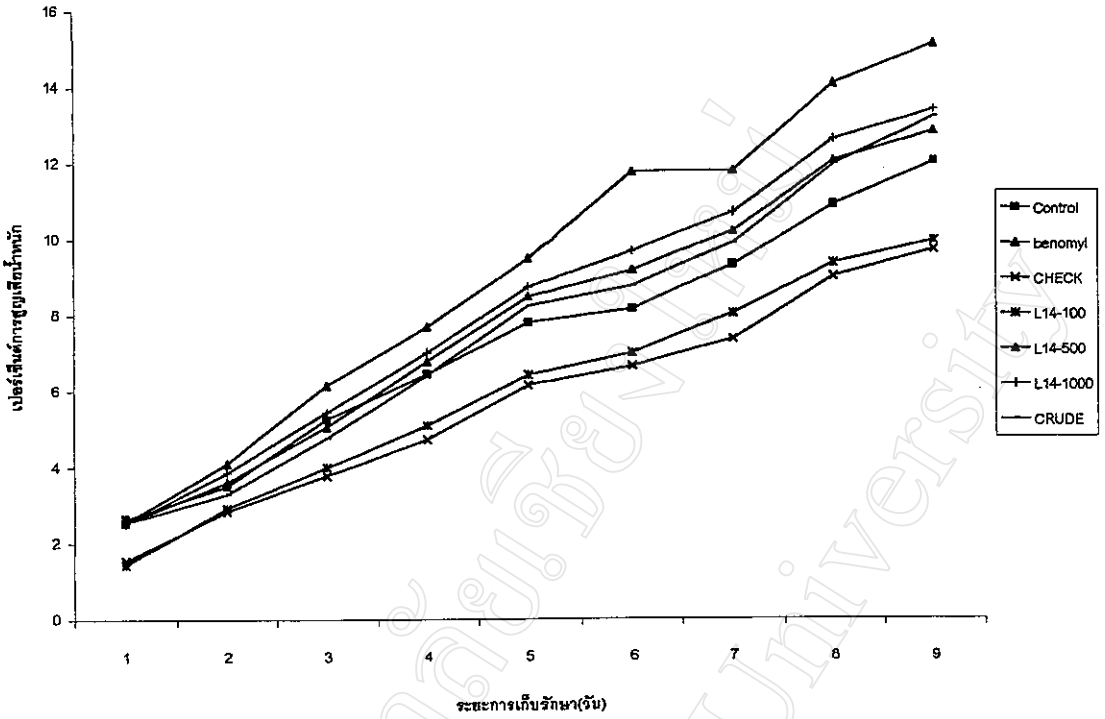
การทดลองที่ 3 ใช้มะม่วงที่ซื้อจากแปลงปลูกของเกษตรกร แล้วนำมาชุบสารสกัดที่ความเข้มข้น 3 ระดับ นาน 5 นาที (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

เมื่อนำผลมะม่วงจากทั้ง 3 การทดลองใส่ในกล่องกระดาษลูกฟูกและเก็บรักษาผลไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีทุกวัน ได้ผลดังนี้

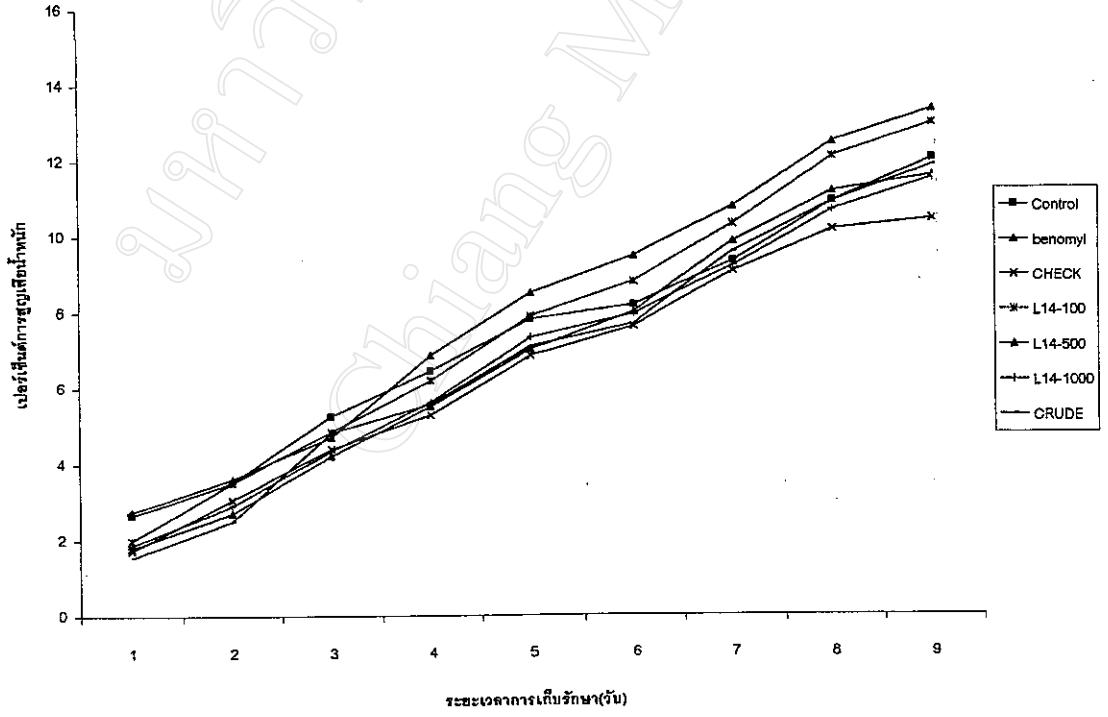
1. การตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ

1.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

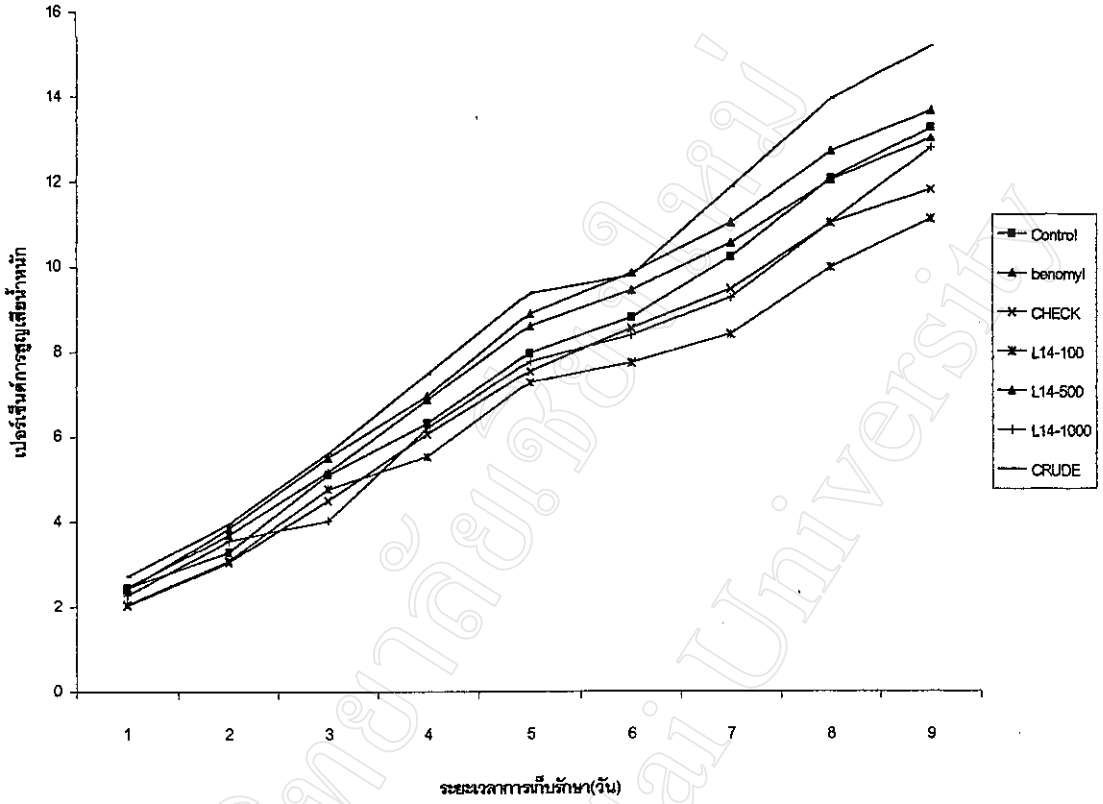
จากการเก็บรักษาผลมะม่วงทั้ง 3 การทดลอง พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ในการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ CHECK และ L14-100 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด จาก 1.55 และ 1.45 เป็น 9.72 และ 9.96 ตามลำดับ และที่ benomyl มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด จาก 2.57 เป็น 15.13 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 1 และภาพที่ 7) ส่วนการทดลองที่ 2 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งที่ CHECK มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด จาก 1.73 เป็น 10.45 เปอร์เซ็นต์ และที่ benomyl มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมากที่สุด จาก 2.74 เป็น 13.32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 2 และภาพที่ 8) และการทดลองที่ 3 นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยที่ CRUDE มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด จาก 2.70 เป็น 15.21 เปอร์เซ็นต์ และที่ L14-100 มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด จาก 2.05 เป็น 11.14 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 3 และภาพที่ 9)



ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงในการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



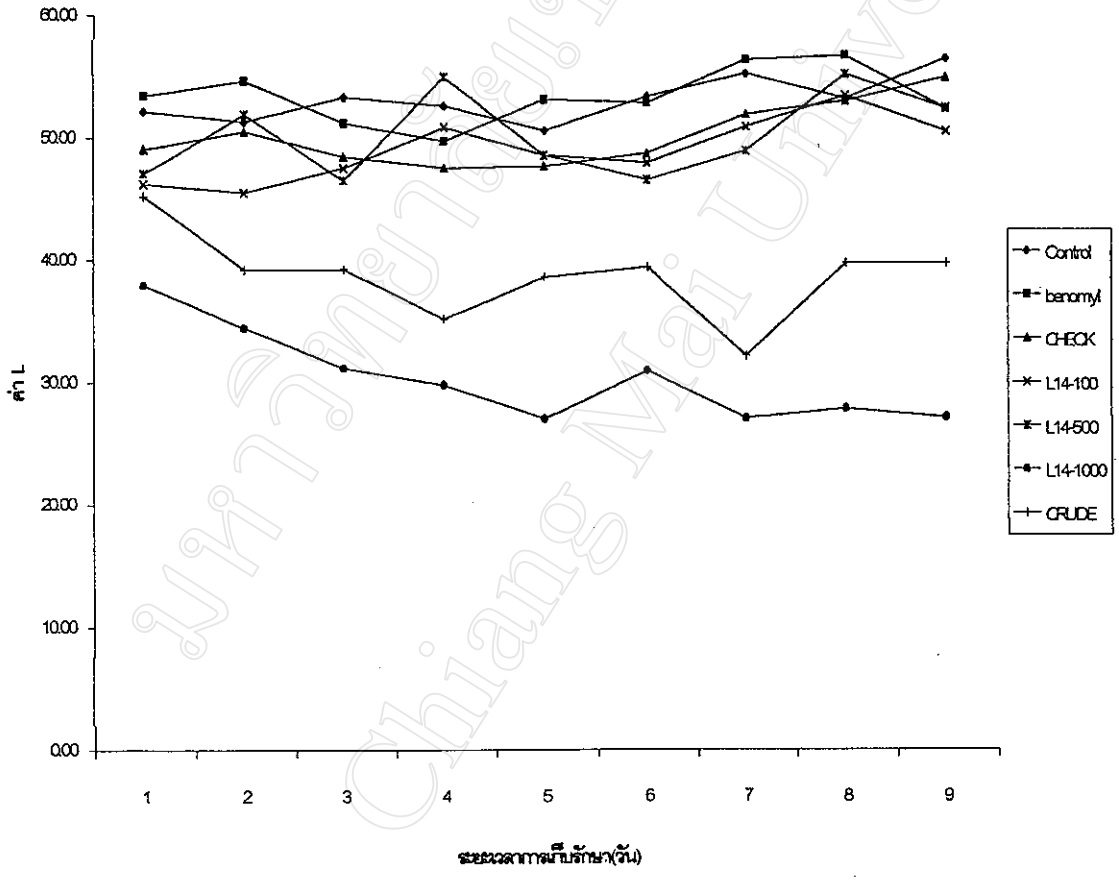
ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

1.2 การเปลี่ยนแปลงของสีผิวและสีเนื้อของผลมะม่วง

สีผิวของผลมะม่วง

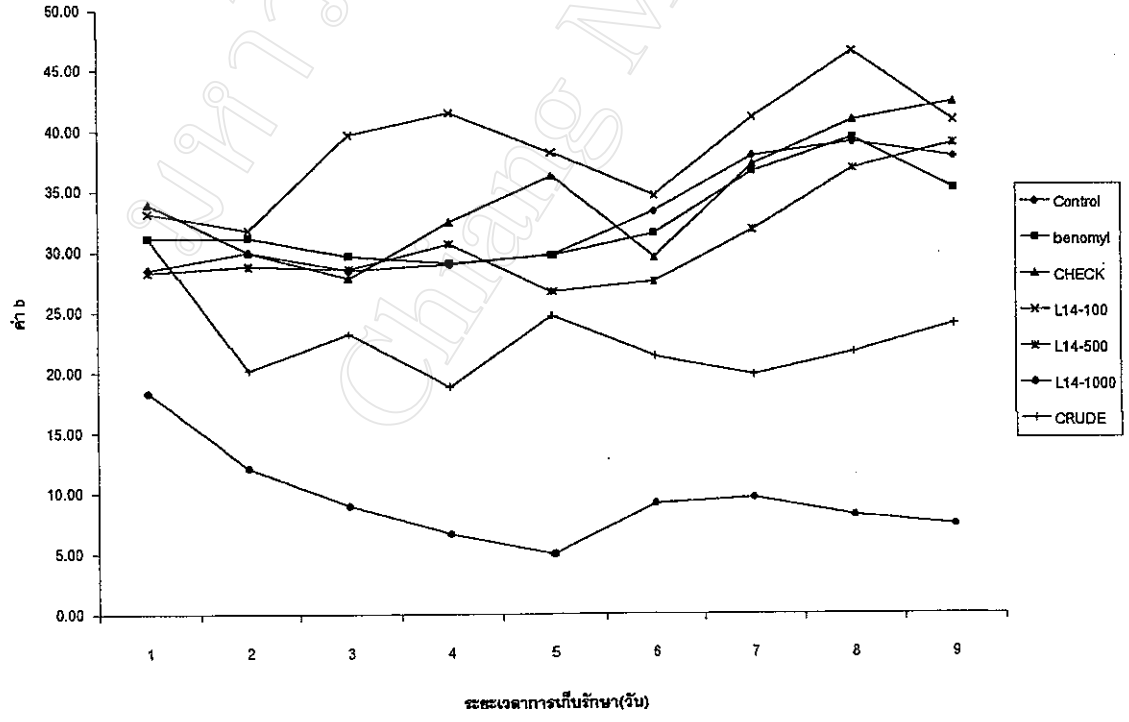
จากผลการทดลองทั้ง 3 การทดลอง เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติแล้ว พบว่า การทดลองที่ 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ L14-1000 และ CRUDE จะมีค่า L ที่ลดลง จาก 37.93 และ 45.18 เป็น 27.18 และ 39.75 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 4 และภาพที่ 10) ส่วนค่า a จะมีค่าเพิ่มขึ้น จาก 0.98 และ 0.03 เป็น 5.58 และ 1.90 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 5 และภาพที่ 11) และค่า b มีค่าที่ลดลง จาก 18.28 และ 31.10 เป็น 7.35 และ 24.00 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 6 และภาพที่ 12) ส่วนการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ L14-1000 และ CRUDE มีค่า L ลดลง จาก 41.93 และ 44.93 เป็น 30.95 และ 38.23 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 7 และภาพที่ 13) ซึ่งค่า a มีค่าเพิ่มขึ้นไปในทางบวก จาก –1.18 และ –5.00 เป็น 4.58 และ

6.18 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 8 และภาพที่ 14) และค่า b ที่ L14-1000 มีค่าลดลงจาก 21.83 เป็น 6.48 ส่วนที่ CRUDE นั้นค่าไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมมากนัก (ตารางภาคผนวกที่ 9 และภาพที่ 15) สำหรับการทดลองที่ 2 นั้น พบว่า ค่า L, a และ b ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และค่า L, a และ b นี้จะมีการเปลี่ยนเปลี่ยนไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 10 และภาพที่ 16, ตารางภาคผนวกที่ 11 และภาพที่ 17 และ ตารางภาคผนวกที่ 12 และภาพที่ 18)

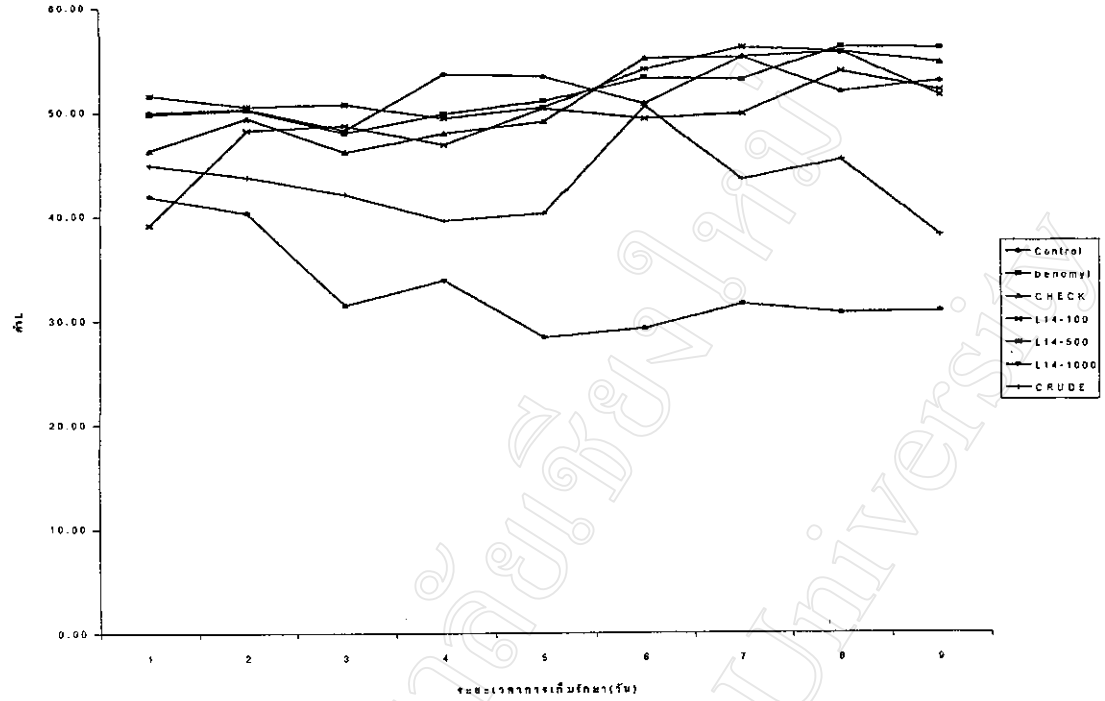


ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)

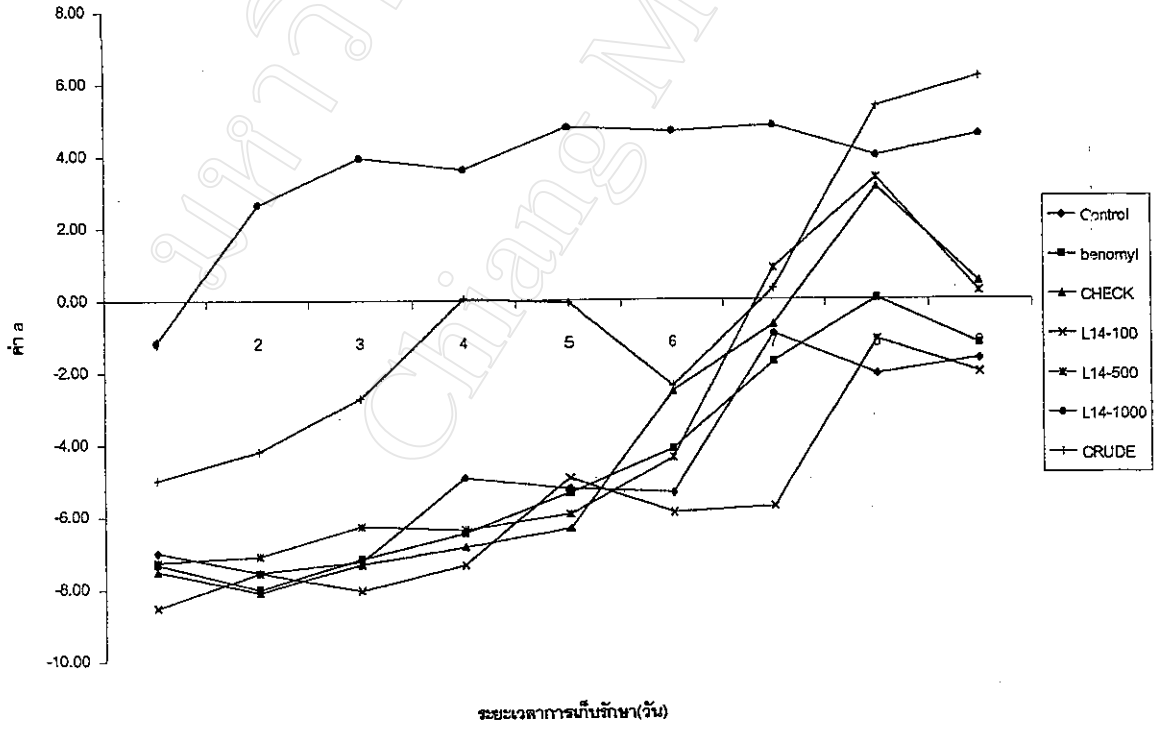
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของค่า a ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



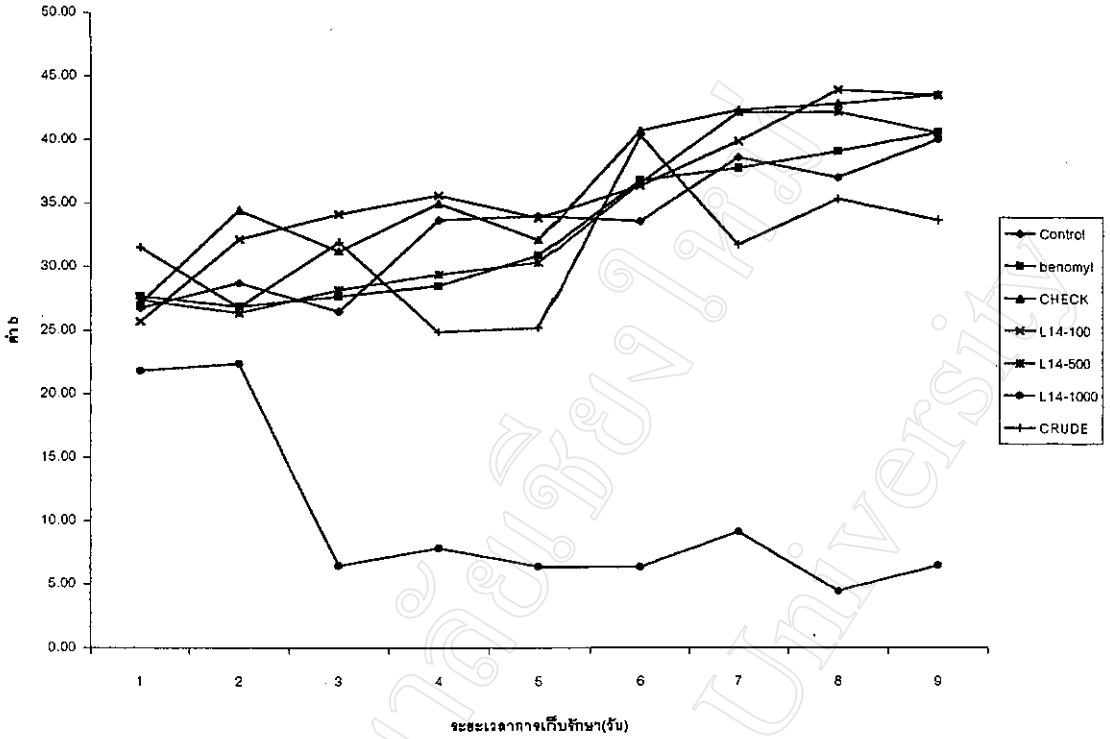
ภาพที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า b ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 1(พ่นในแปลง+ชุบผล)



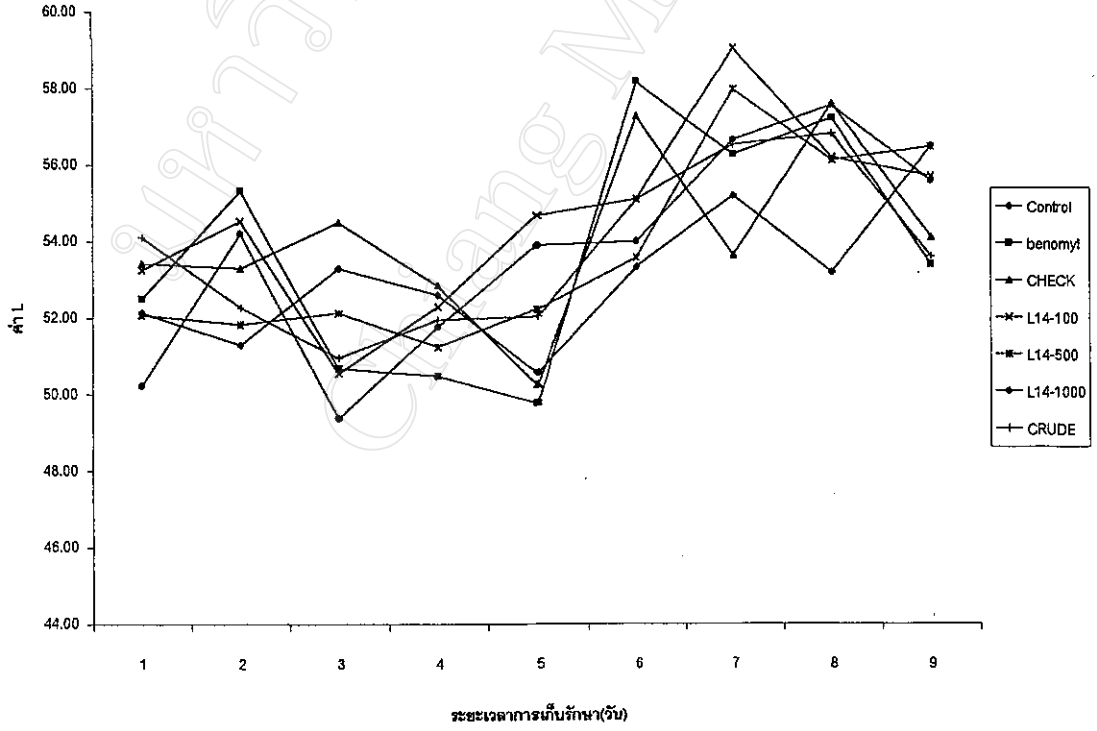
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)



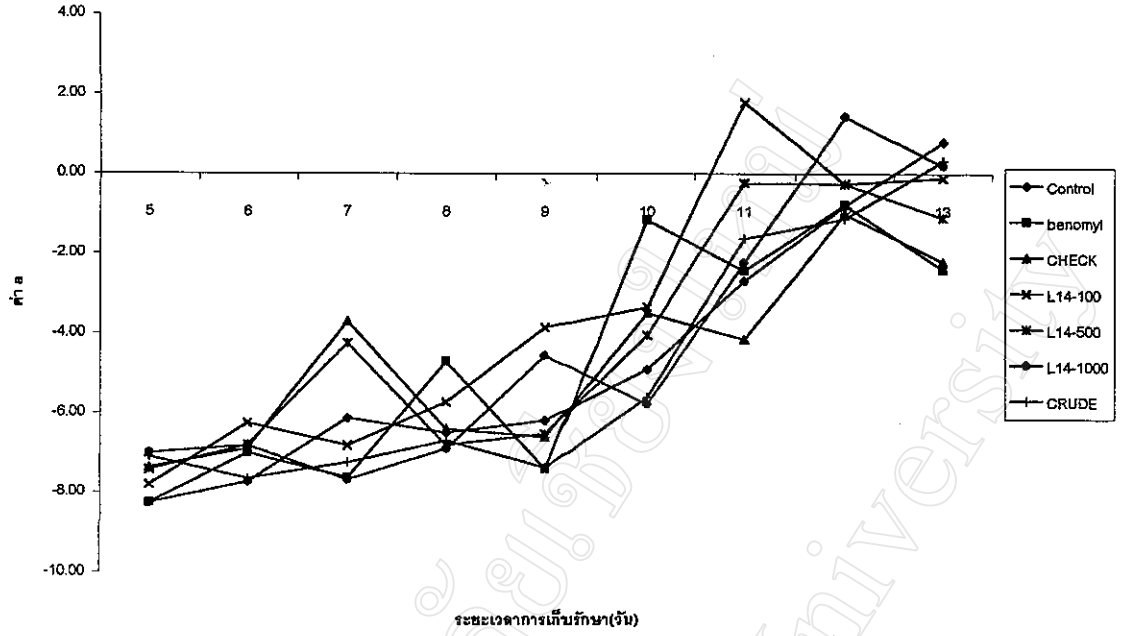
ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงของค่า a ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)



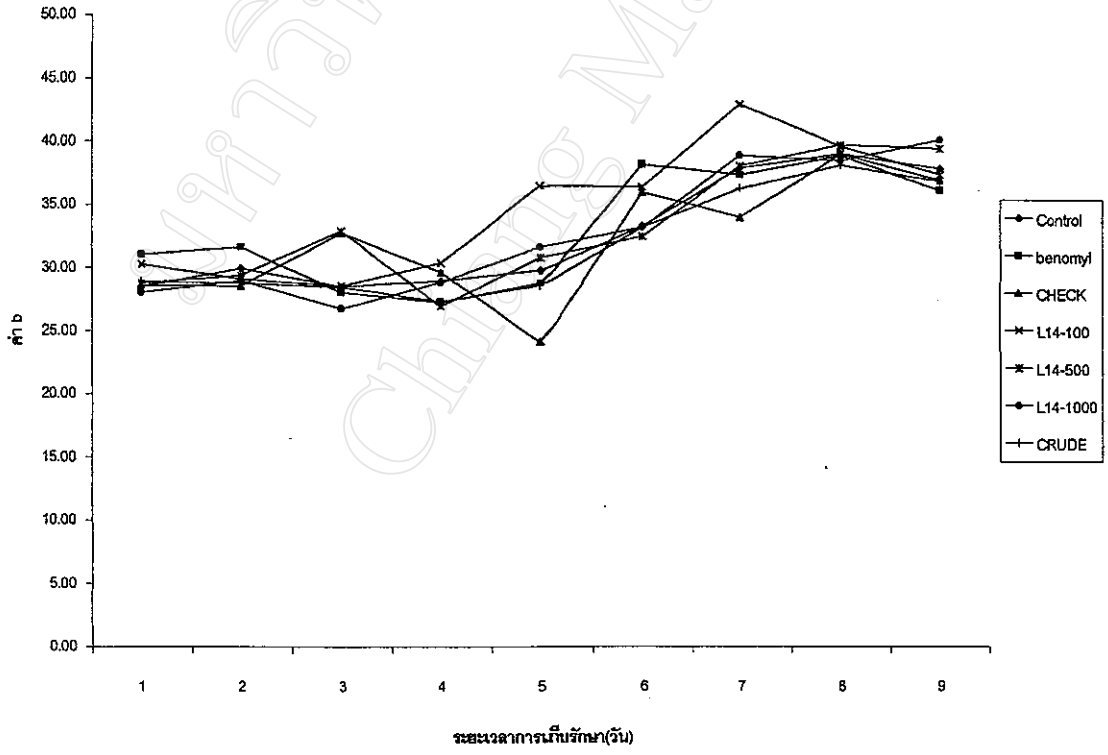
ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงของค่า b ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



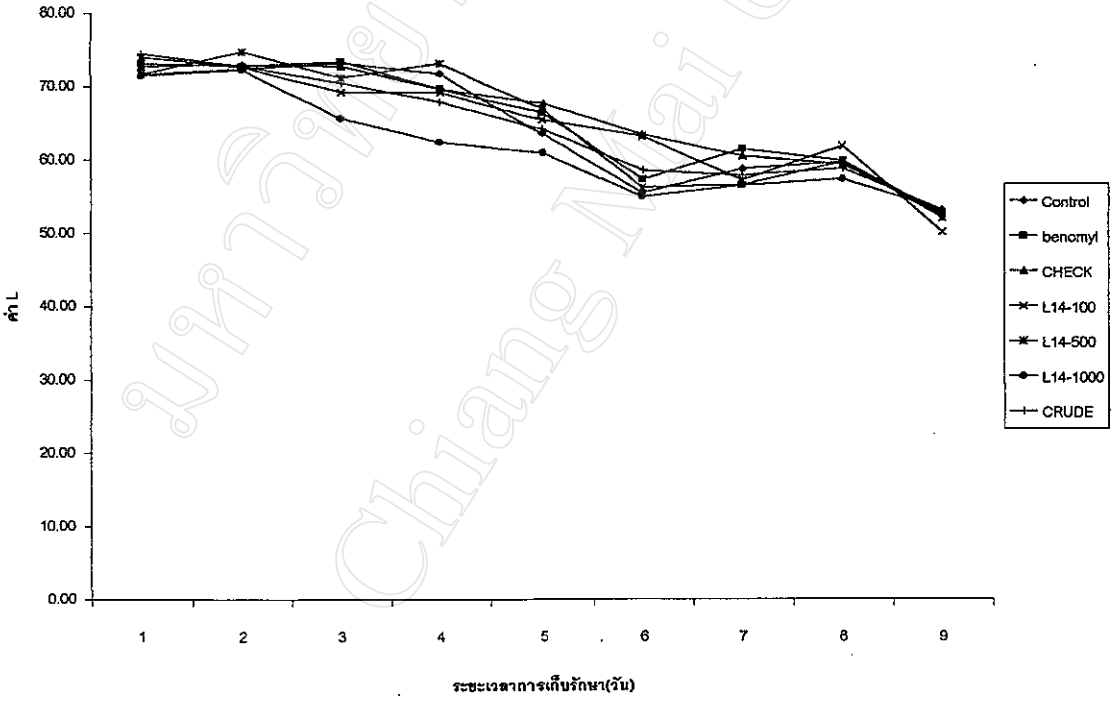
ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงของค่า a ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



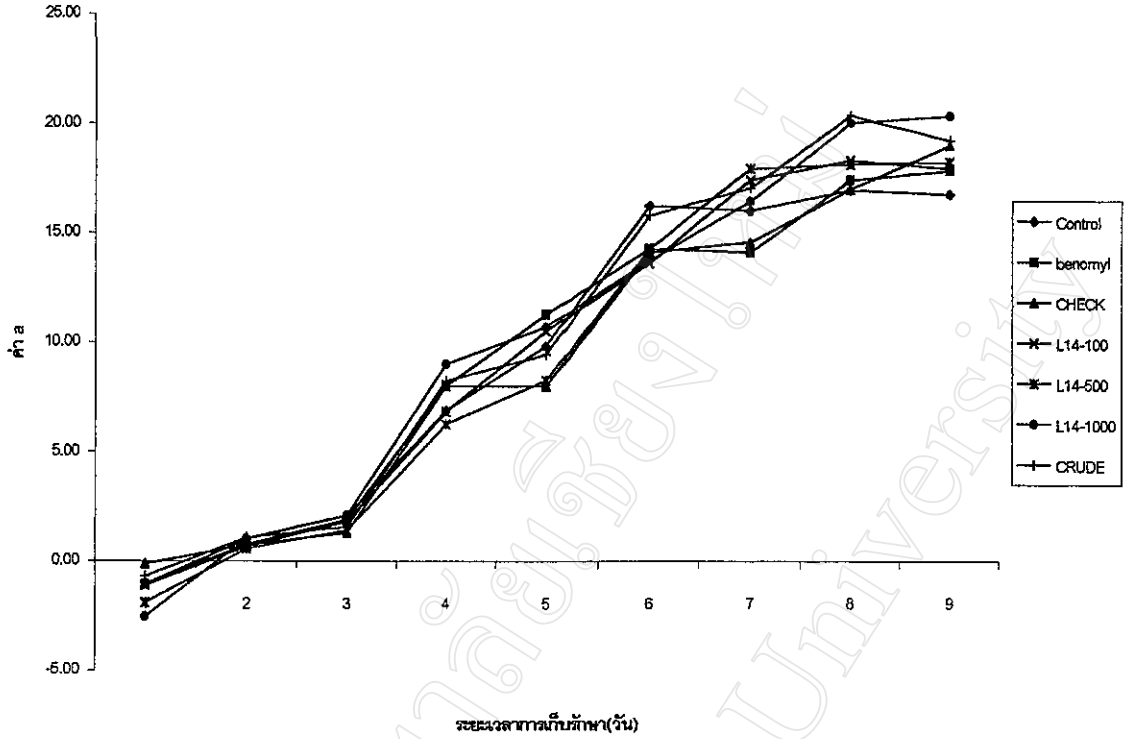
ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงของค่า b ของผิวมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)

สีเนื้อของผลมะม่วง

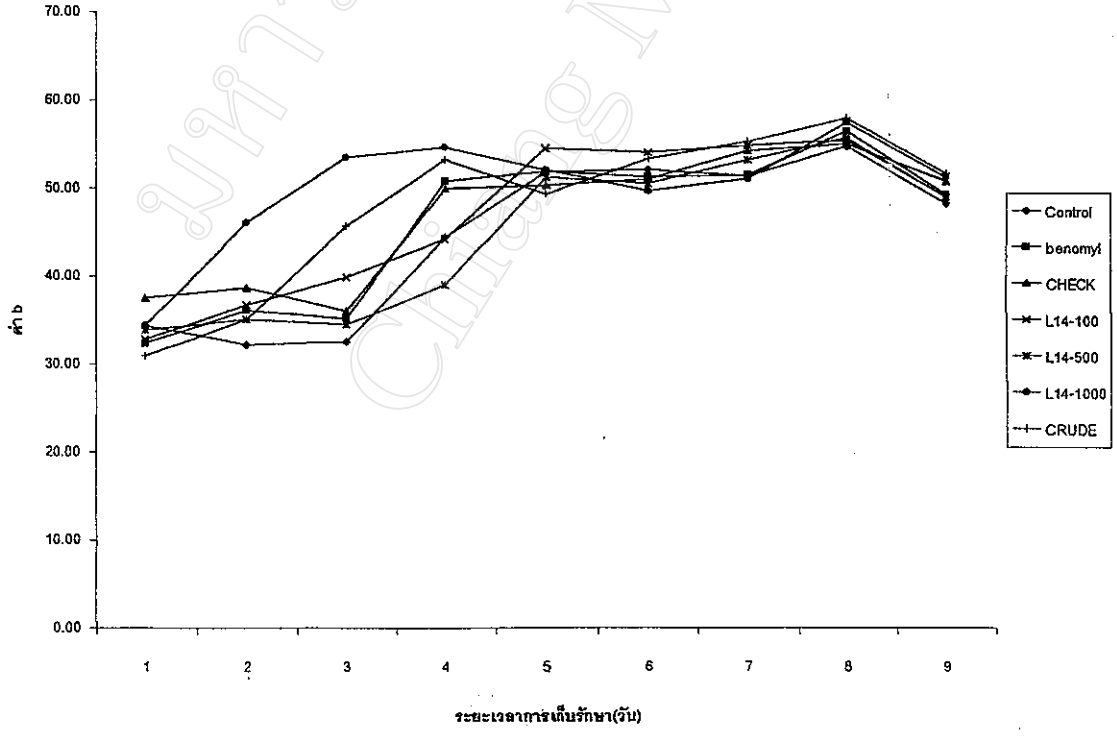
จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อของผลมะม่วง พบว่า ในแต่ละการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยการทดลองที่ 1 ค่า L มีค่าที่ลดลง จาก 72.73 เป็น 52.39 (ตารางภาคผนวกที่ 13 และภาพที่ 19) ค่า a และ b มีค่าที่เพิ่มขึ้น จาก –1.21 และ 33.75 เป็น 18.53 และ 49.93 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 14 และ 15 ภาพที่ 20 และ 21) สำหรับการทดลองที่ 2 ค่า L มีค่าที่ลดลง จาก 73.38 เป็น 51.34 (ตารางภาคผนวกที่ 16 และภาพที่ 22) ค่า a และ b เพิ่มขึ้น จาก –1.25 และ 33.01 เป็น 17.79 และ 48.32 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18 ภาพที่ 23 และ 24) และการทดลองที่ 3 นั้น ค่า L มีค่าที่ลดลง จาก 72.42 เป็น 50.22 (ตารางภาคผนวกที่ 19 และภาพที่ 25) ส่วนค่า a และ b มีค่าที่เพิ่มขึ้น จาก –0.89 และ 36.39 เป็น 19.59 และ 47.52 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 20 และ 21 ภาพที่ 26 และ 27)



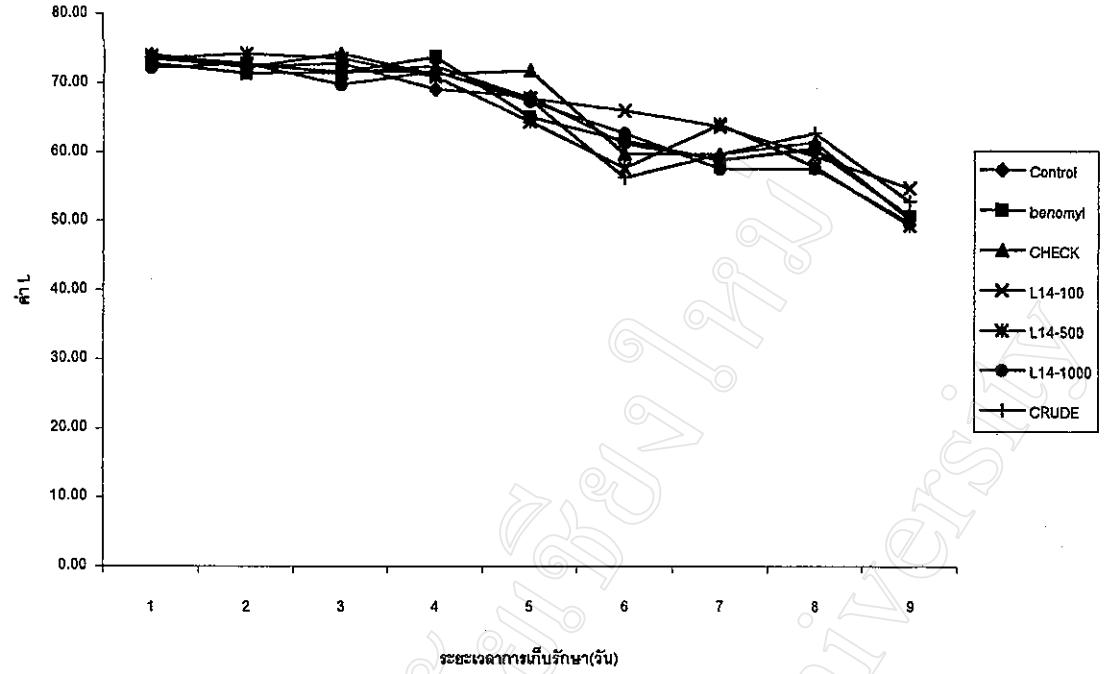
ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



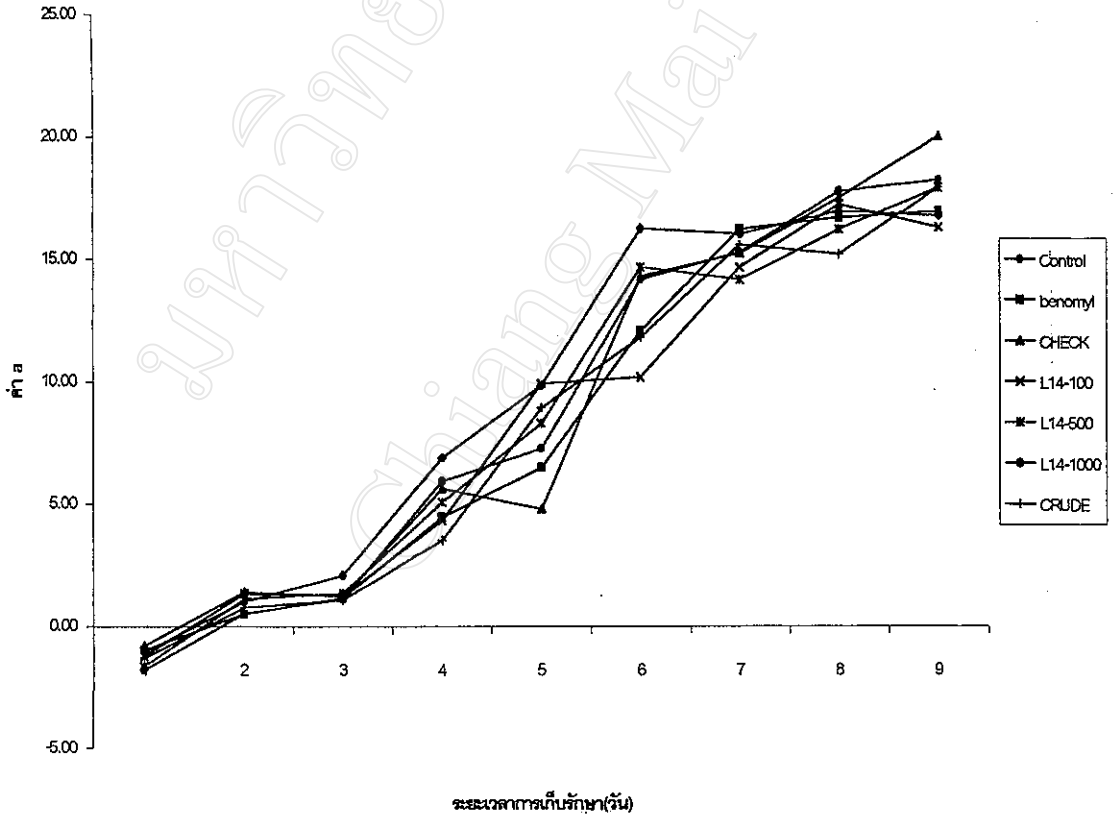
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงของค่า a ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



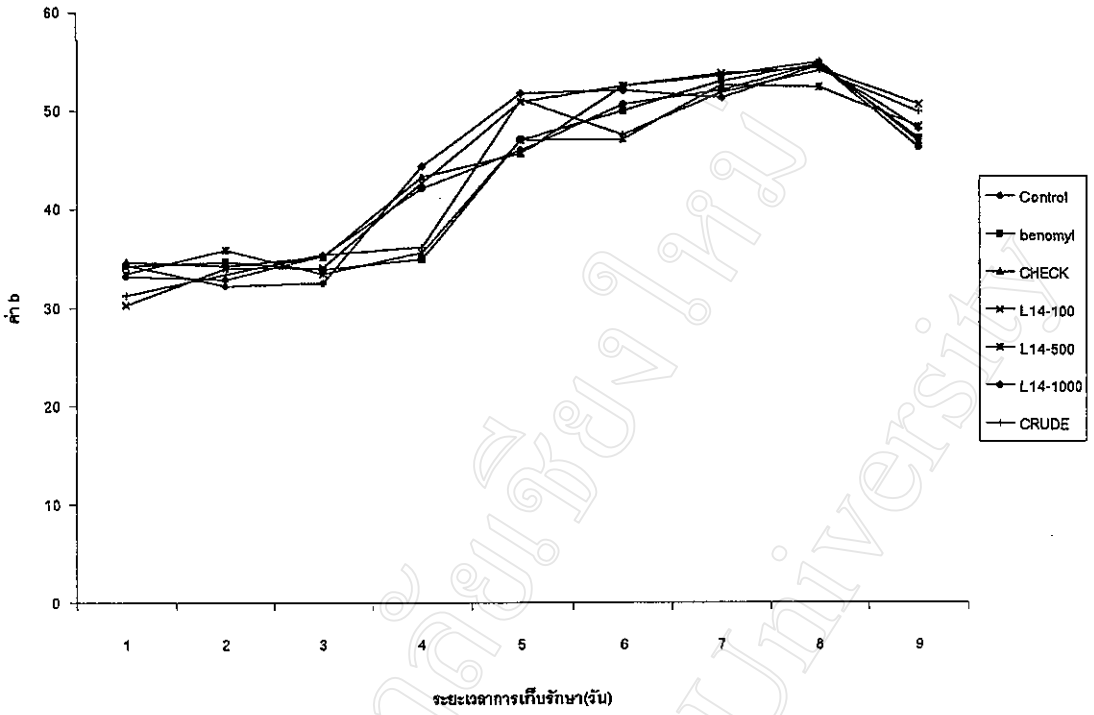
ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงของค่า b ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



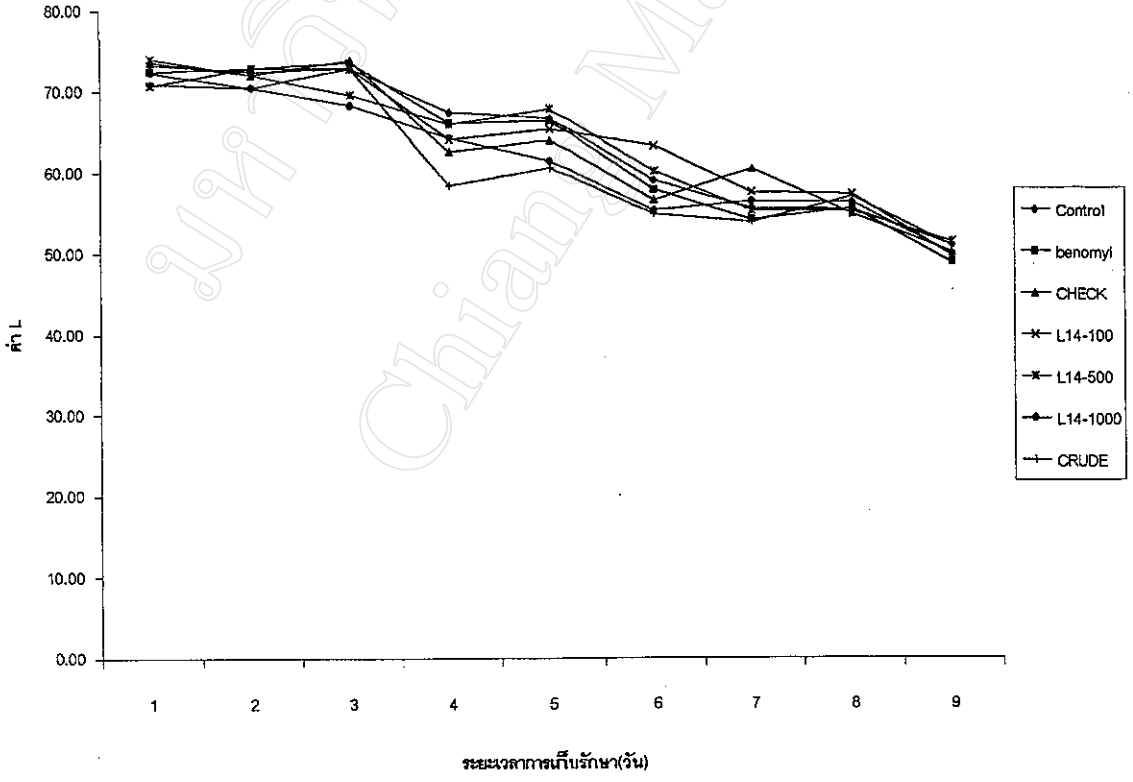
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



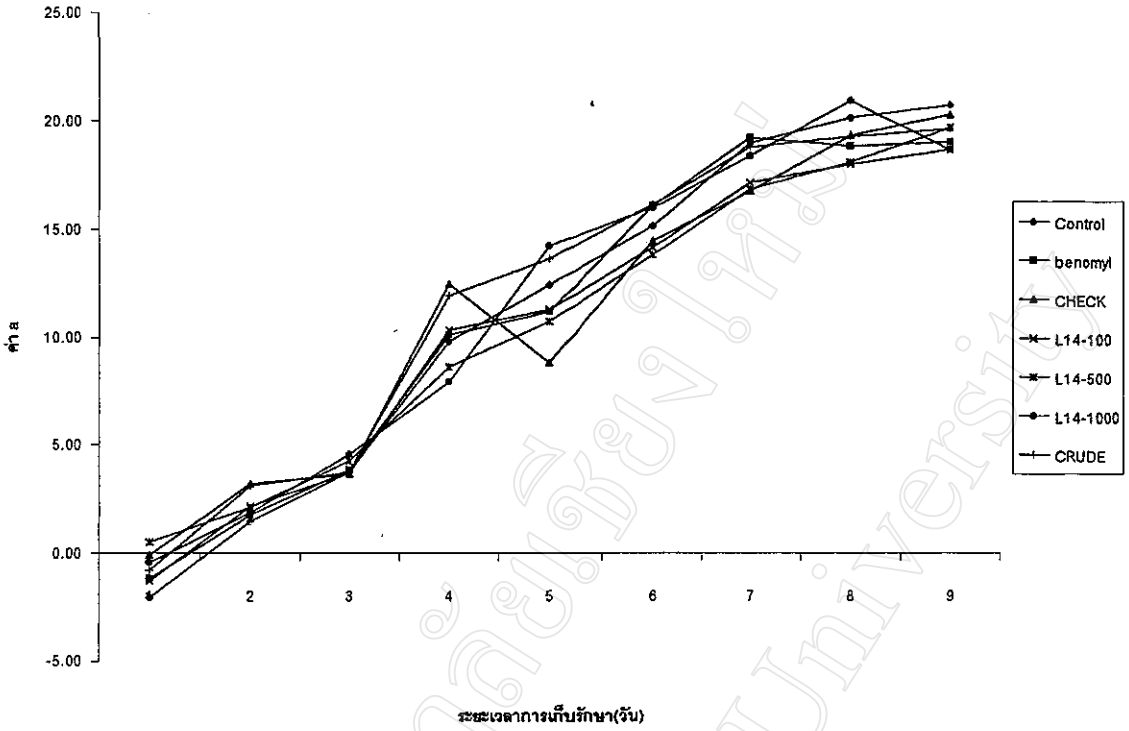
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงของค่า a ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



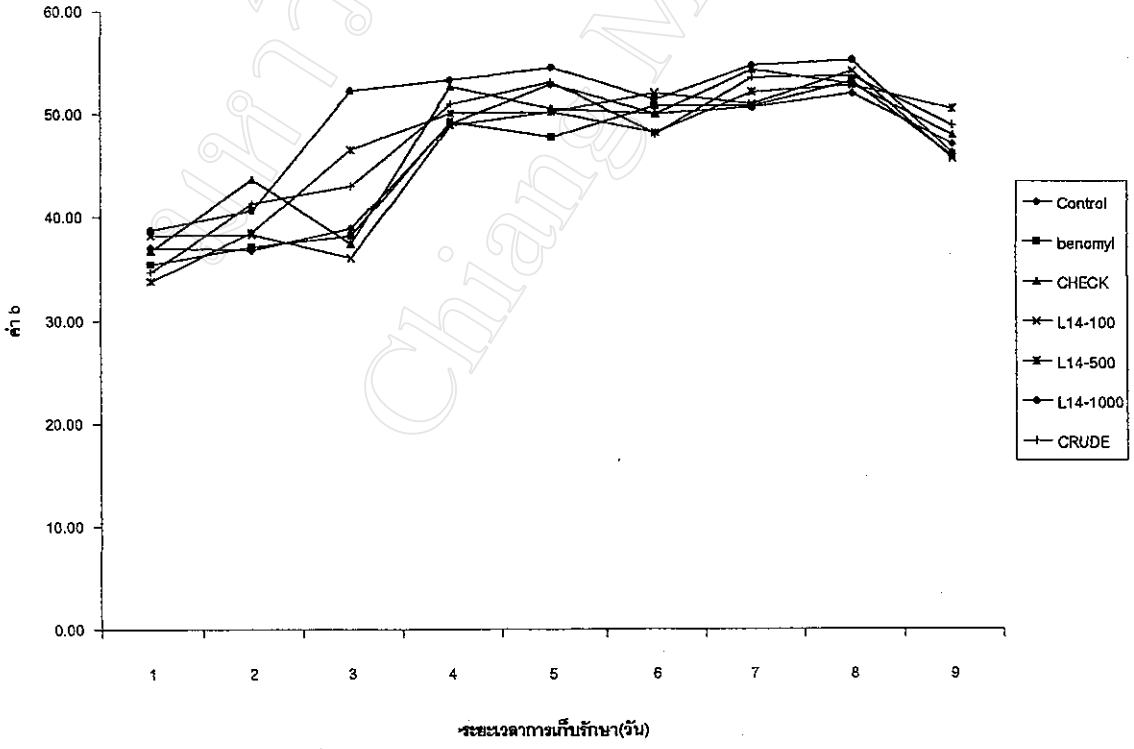
ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงของค่า b ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงของค่า L ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)



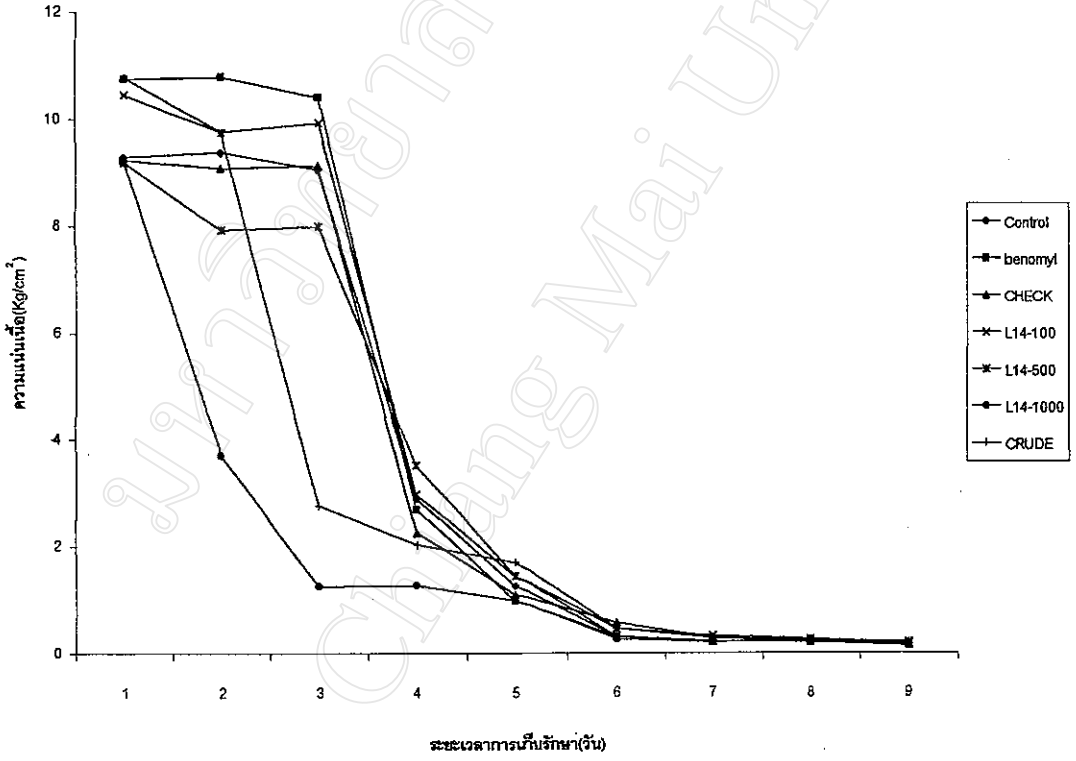
ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงของค่า a ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)



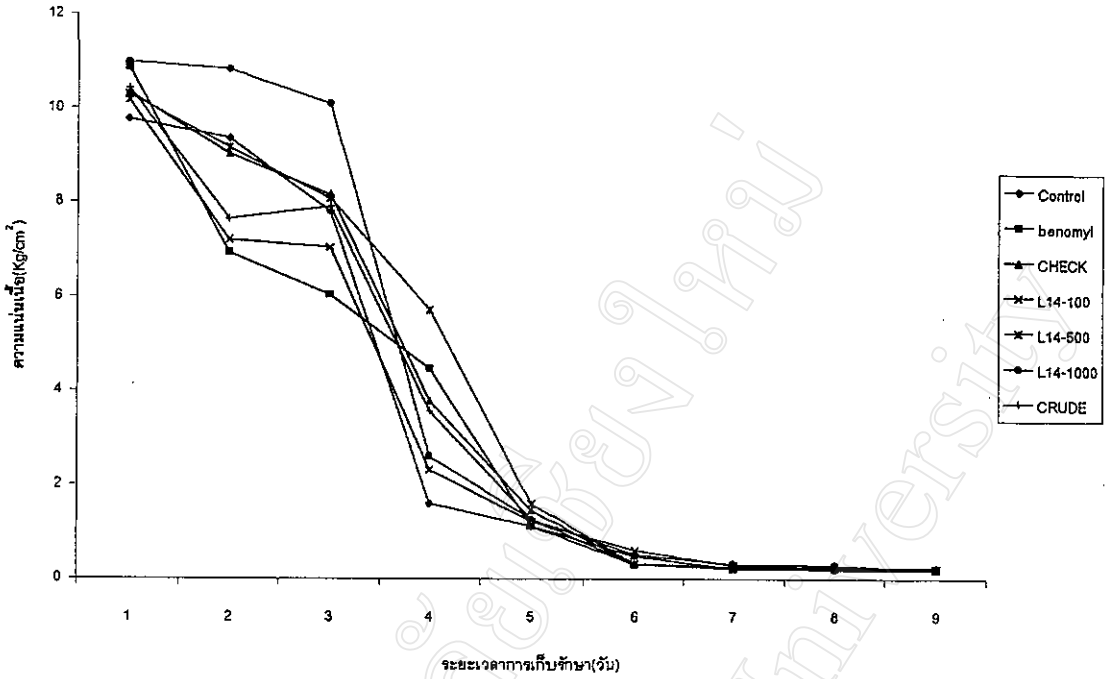
ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงของค่า b ของสีเนื้อมะม่วงในการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

1.3 ความแน่นเนื้อ (flesh firmness)

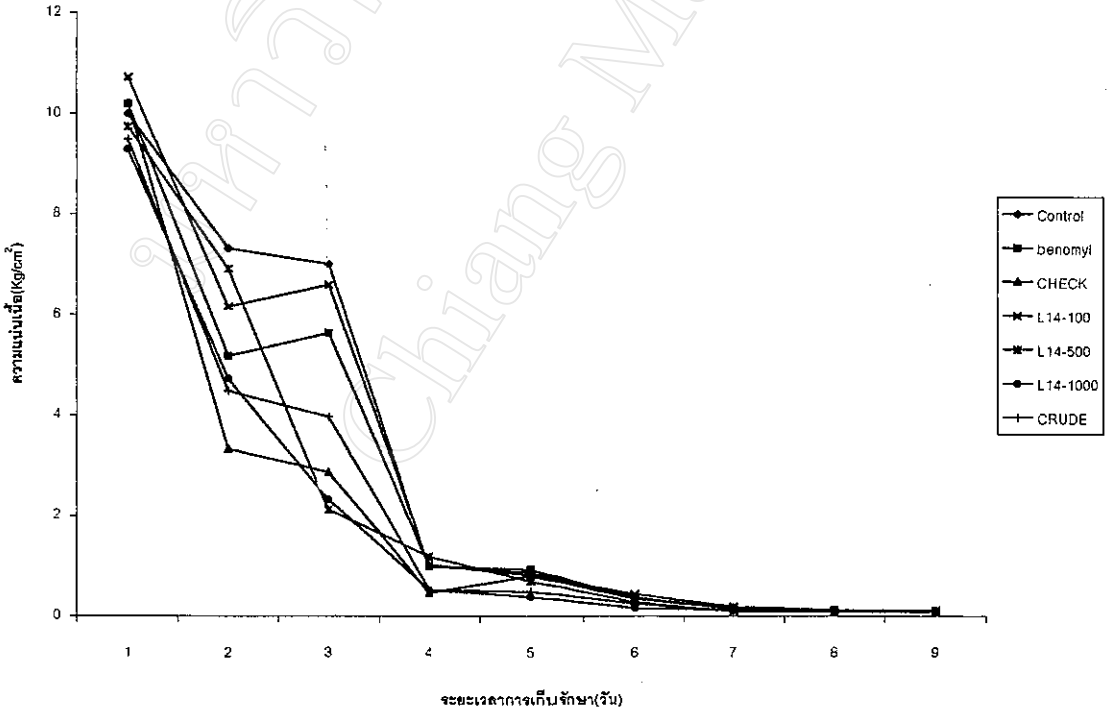
จากการวัดค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วง พบว่า ในการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าความแน่นเนื้อที่ลดลง จาก 9.84 เป็น 0.17 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ตารางภาคผนวกที่ 22 และภาพที่ 28) ส่วนการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อลดลง จาก 10.40 เป็น 0.20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ตารางภาคผนวกที่ 23 และภาพที่ 29) และการทดลองที่ 3 นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความแน่นเนื้อลดลง จาก 9.95 เป็น 0.10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ตารางภาคผนวกที่ 24 และภาพที่ 30)



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงจากการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



ภาพที่ 29 การเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงจากการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



ภาพที่ 30 การเปลี่ยนแปลงของค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงจากการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

1.4 ความรุนแรงของการเกิดโรคบนผลมะม่วง

จากการเก็บรักษาผลมะม่วงทั้ง 3 การทดลอง ไว้ในกล่องกระดาษลูกฟูกและวางที่อุณหภูมิห้อง (26 – 30 องศาเซลเซียส) พบว่า ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาจะเริ่มสังเกตเห็นอาการของโรคปรากฏบนผลมะม่วงได้ชัดเจนในแต่ละการทดลอง และในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ในการทดลองที่ 1 ที่ Control มีเปอร์เซ็นต์ดรรชนีการเข้าทำลายของโรคสูงที่สุด ซึ่งมีค่า 50.00 เปอร์เซ็นต์ และที่ L14-500 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 8.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ส่วนการทดลองที่ 2 ที่ Control มีเปอร์เซ็นต์ดรรชนีการเข้าทำลายของโรคสูงที่สุดเท่ากับ 58.33 เปอร์เซ็นต์ และที่ L14-1000 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 2.78 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) และการทดลองที่ 3 ที่ Control มีเปอร์เซ็นต์ดรรชนีการเข้าทำลายของโรคสูงที่สุดเท่ากับ 61.11 เปอร์เซ็นต์ และที่ L14-500 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคน้อยที่สุดเท่ากับ 30.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคระยะหลังการเก็บเกี่ยวของการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)

วิธีการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ดรรชนีการเข้าทำลายของโรค	
	วันที่ 6	วันที่ 8
Control	5.56	50.00
benomyl	1.85	22.22
CHECK	0	19.44
L14-100	0	22.22
L14-500	5.56	8.33
L14-1000	_	_
CRUDE	_	_

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคระยะหลังการเก็บเกี่ยวของการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)

วิธีการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ครรชนีการเข้าทำลายของโรค	
	วันที่ 6	วันที่ 8
Control	5.56	58.33
benomyl	7.41	22.22
CHECK	0	30.55
L14-100	0	25.00
L14-500	0	13.89
L14-1000	5.56	2.78
CRUDE	3.7	16.67

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคระยะหลังการเก็บเกี่ยวของการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

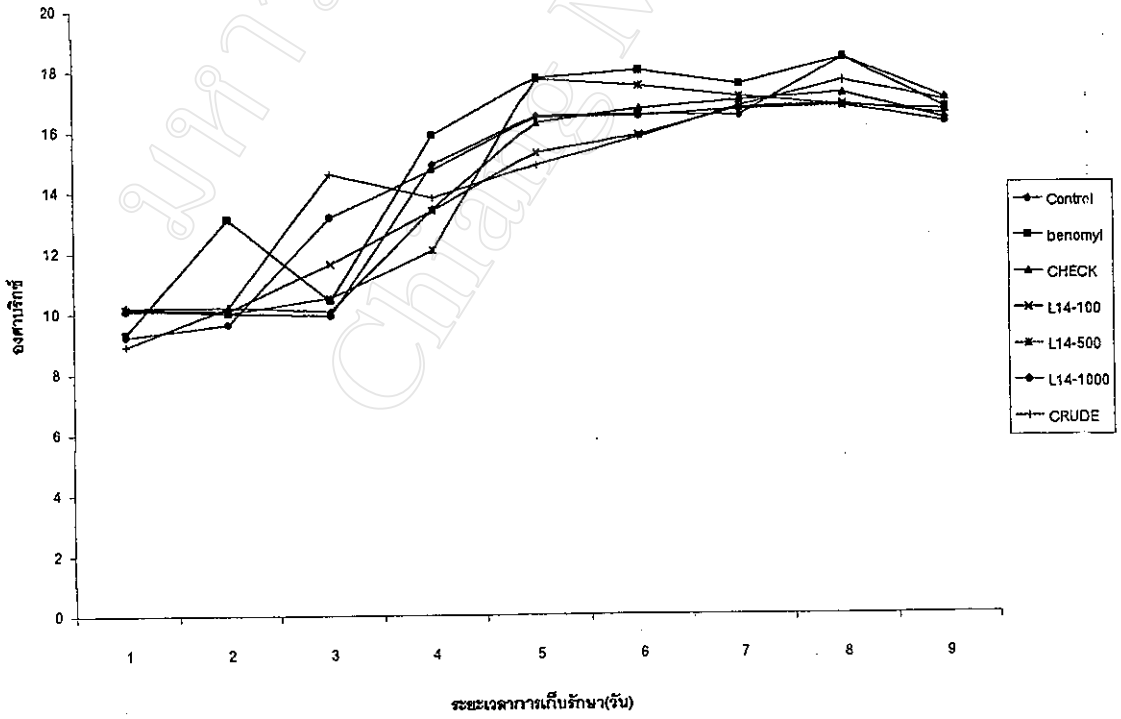
วิธีการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ครรชนีการเข้าทำลายของโรค	
	วันที่ 6	วันที่ 8
Control	14.81	61.11
benomyl	11.11	55.55
CHECK	9.26	41.66
L14-100	9.26	38.89
L14-500	7.41	30.55
L14-1000	_	_
CRUDE	_	_

2. การตรวจสอบคุณภาพด้านเคมี

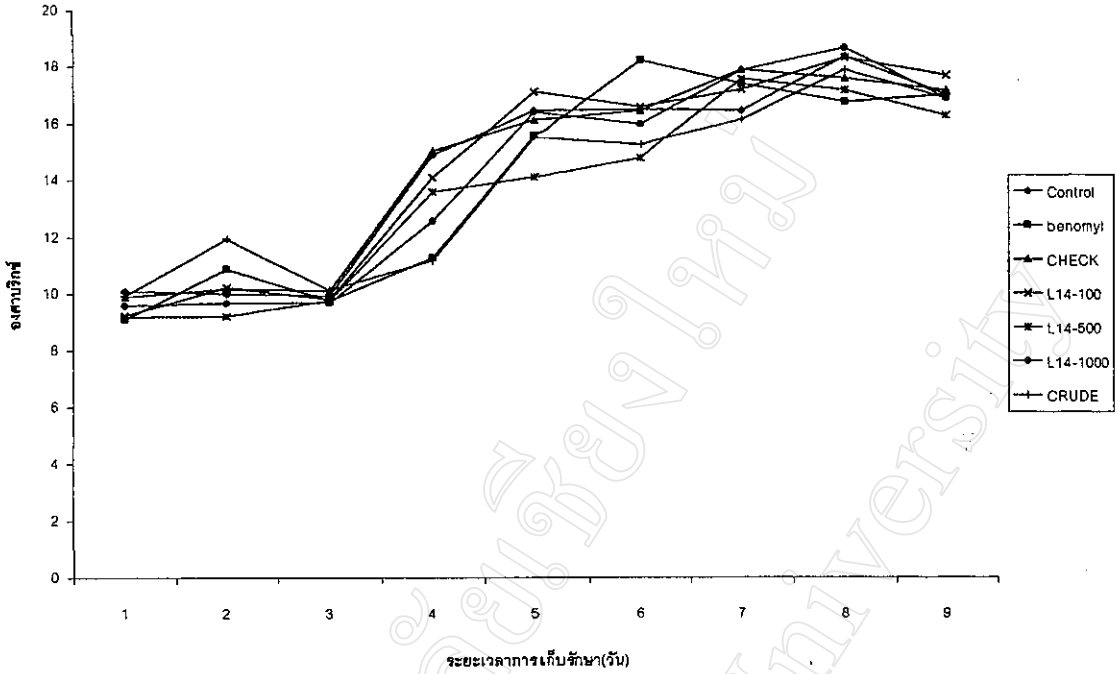
สุ่มเนื้อมะม่วงจากแต่ละวิธีการที่ทดลองมาประมาณ 300 กรัม นำมาคั้นเอาน้ำคั้นไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี โดยพบว่า

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (total soluble solids, TSS)

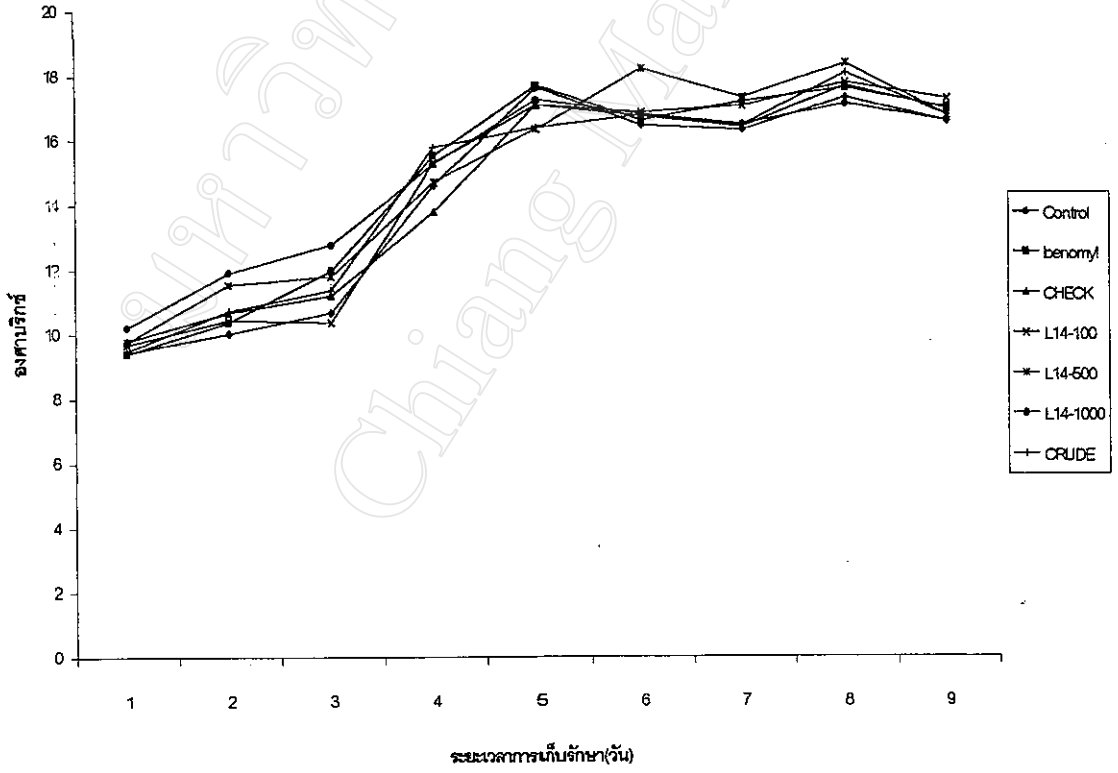
จากการวัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด พบว่า ในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทดลองที่ 1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด เพิ่มขึ้น จาก 9.71 เป็น 16.62 องศาบริกซ์ (ตารางภาคผนวกที่ 25 และภาพที่ 31) สำหรับการทดลองที่ 2 ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าที่เพิ่มขึ้นจาก 9.58 เป็น 17.00 องศาบริกซ์ (ตารางภาคผนวกที่ 26 และภาพที่ 32) และการทดลองที่ 3 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 9.68 เป็น 16.88 องศาบริกซ์ (ตารางภาคผนวกที่ 27 และภาพที่ 33)



ภาพที่ 31 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำคั้นของการทดลองที่ 1(พ่นในแปลง+ชุบผล)



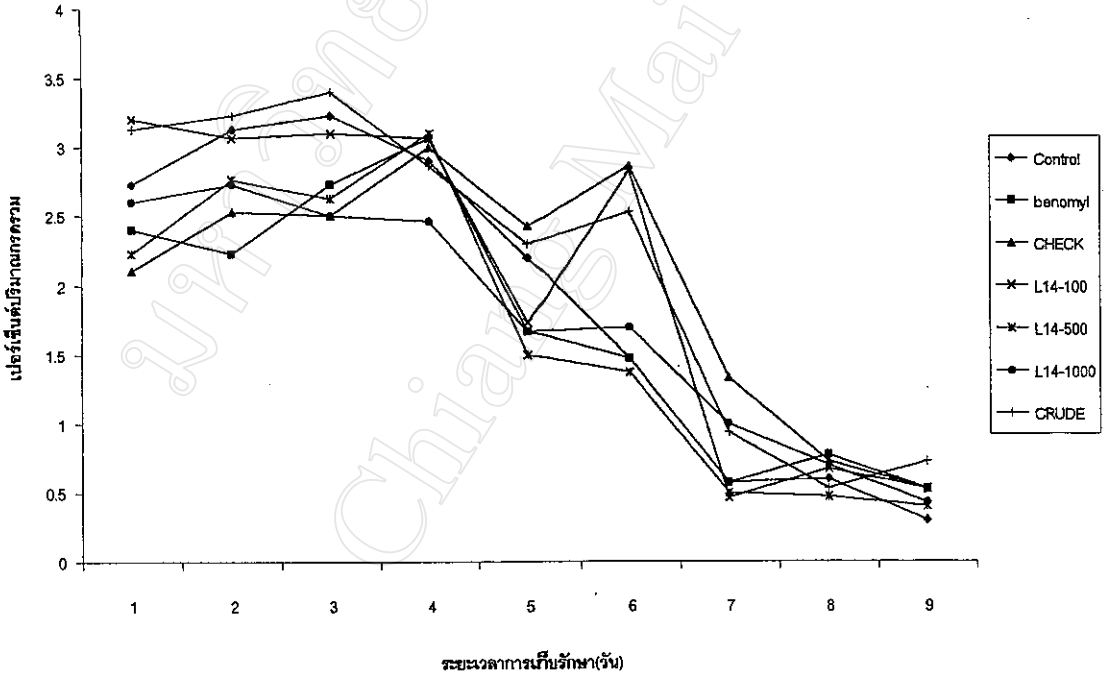
ภาพที่ 32 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำคั้นของการทดลองที่ 2(พ่นในแปลง+ไม่ชุบ)



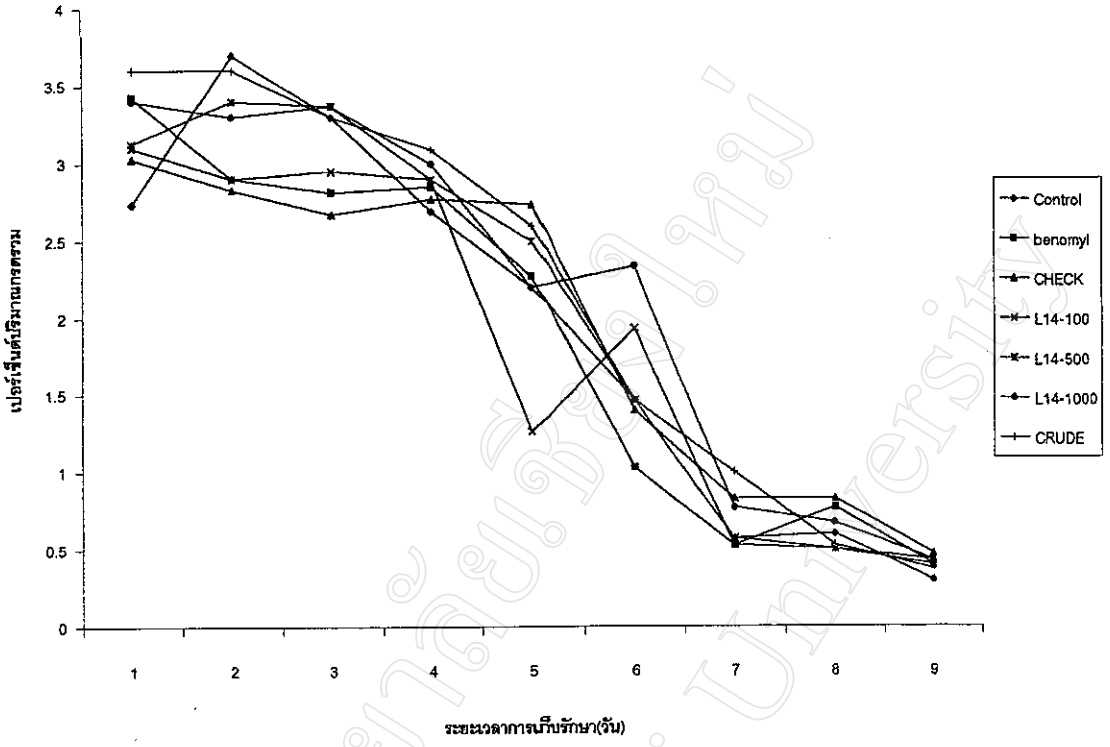
ภาพที่ 33 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำคั้นของการทดลองที่ 3
(ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

2.2 ปริมาณกรดรวม (total acids, TA)

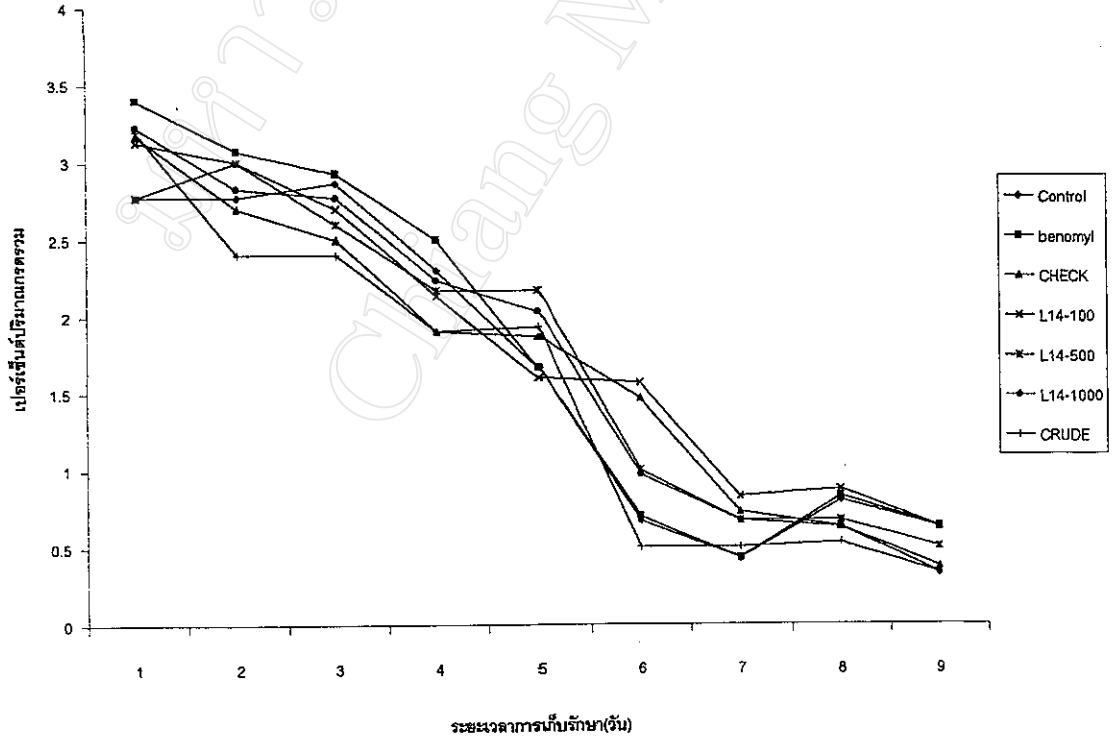
ปริมาณกรดรวมที่วิเคราะห์ได้ ทั้ง 3 การทดลองนั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละการทดลอง โดยการทดลองที่ 1 มีปริมาณกรดรวมที่ลดลง จาก 2.63 เป็น 0.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 28 และภาพที่ 34) การทดลองที่ 2 มีค่าของปริมาณกรดรวมลดลง จาก 3.20 เป็น 0.40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 29 และภาพที่ 35) และในการทดลองที่ 3 ปริมาณกรดรวมมีค่าที่ลดลง จาก 3.01 เป็น 0.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางภาคผนวกที่ 30 และภาพที่ 36)



ภาพที่ 34 ปริมาณกรดรวมในน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงของการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



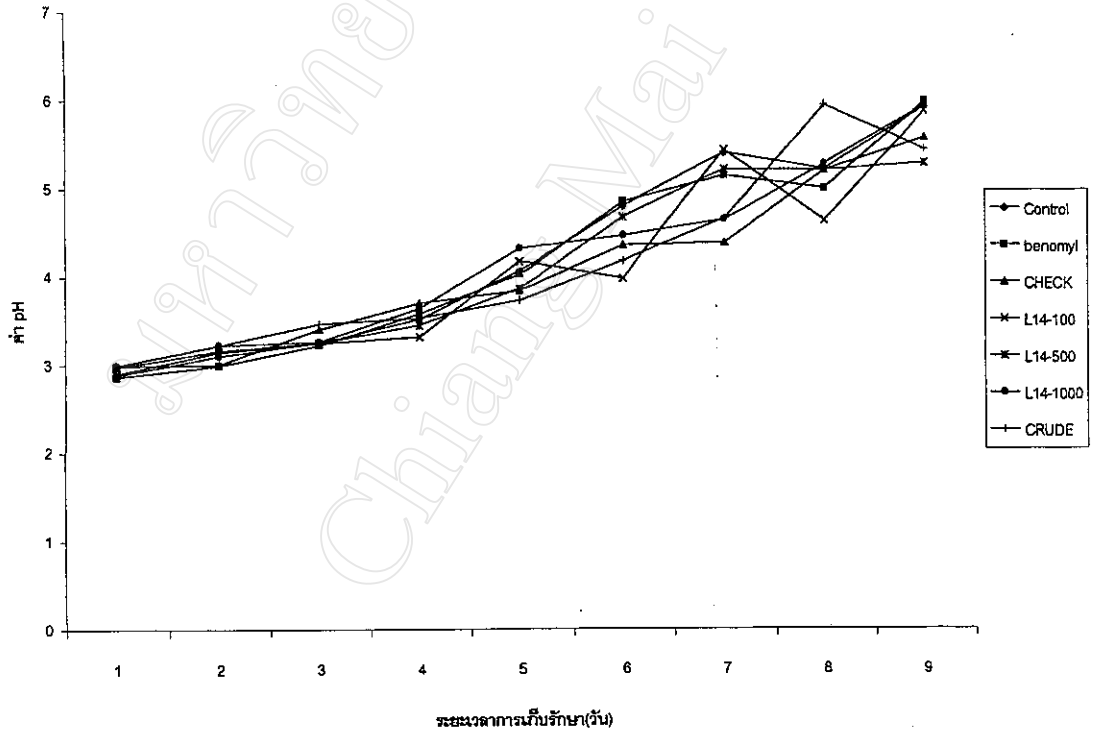
ภาพที่ 35 ปริมาณกรดรวมในน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงของการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



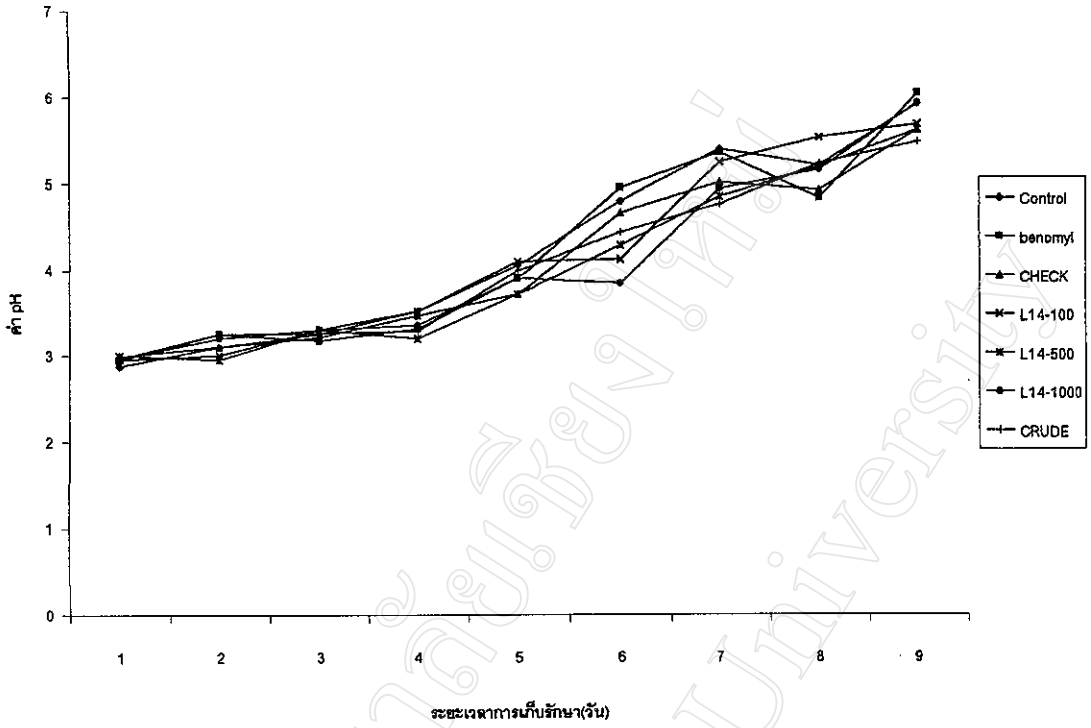
ภาพที่ 36 ปริมาณกรดรวมในน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงของการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

2.3 ค่า pH

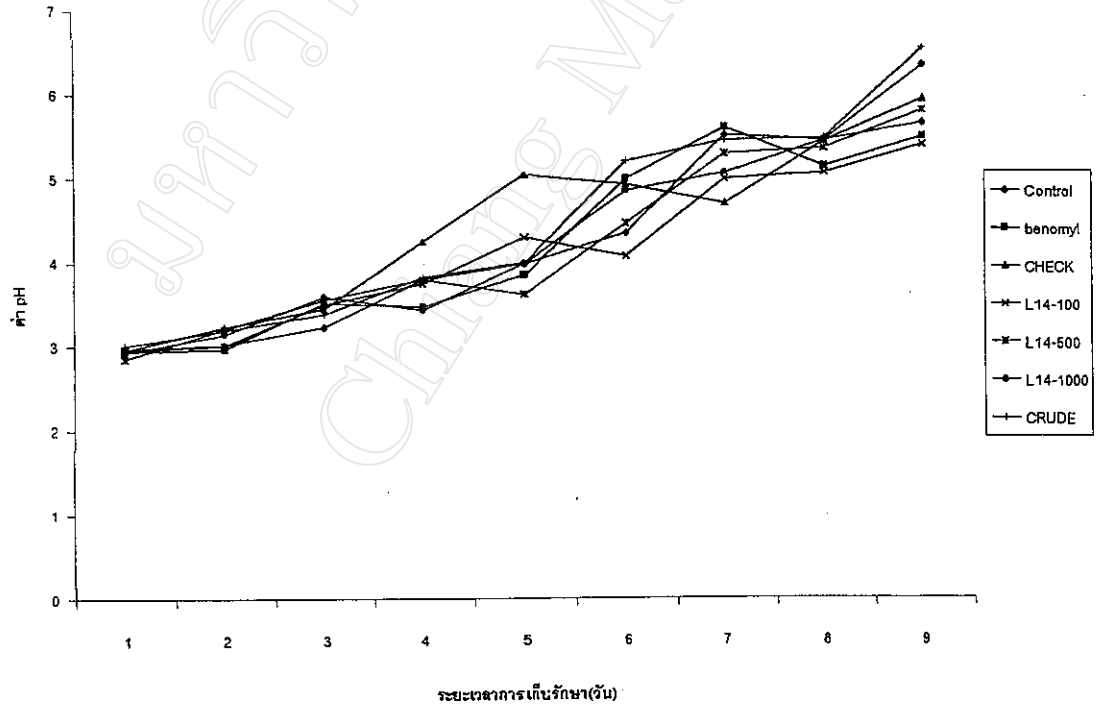
จากการวัดค่า pH ในน้ำคั้นของผลมะม่วง พบว่า ในการทดลองที่ 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่า pH จะเพิ่มขึ้น จาก 2.94 เป็น 5.71 (ตารางภาคผนวกที่ 31 และภาพที่ 37) ส่วนการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งค่า pH ที่วัดได้มีค่าที่เพิ่มขึ้น จาก 2.15 เป็น 5.76 (ตารางภาคผนวกที่ 32 และภาพที่ 38) และการทดลองที่ 3 นั้น มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ค่าที่วัดได้จะมีค่าที่เพิ่มขึ้นเช่นกันกับการทดลองที่ 1 และ 2 จาก 2.94 เป็น 5.45 (ตารางภาคผนวกที่ 33 และภาพที่ 39)



ภาพที่ 37 ค่า pH ในน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงของการทดลองที่ 1 (พ่นในแปลง+ชุบผล)



ภาพที่ 38 ค่า pH ในน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงของการทดลองที่ 2 (พ่นในแปลง+ไม่ชุบผล)



ภาพที่ 39 ค่า pH ในน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงของการทดลองที่ 3 (ไม่พ่นในแปลง+ชุบผล)

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ในการประเมินคุณภาพของผลมะม่วง โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน ทำการประเมินให้คะแนนในเรื่องของสีเนื้อ กลิ่น รสชาติ และการยอมรับ พบว่า

สีเนื้อของผลมะม่วง

จากการประเมินของผู้ทดสอบ พบว่า ในการทดลองที่ 1 เนื้อมีสีเหลืองเข้มในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.0 ขึ้นไป จนกระทั่งในวันสุดท้ายเนื้อจะมีสีเหลืองอมส้ม (ตารางภาคผนวกที่ 34) ส่วนการทดลองที่ 2 สีเนื้อจะมีสีเหลืองเข้มในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และมีสีเหลืองอมส้มในวันสุดท้ายเช่นกัน (ตารางภาคผนวกที่ 35) และในการทดลองที่ 3 เนื้อมีสีเหลืองเข้มในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาและมีสีเหลืองอมส้มในวันสุดท้าย (ตารางภาคผนวกที่ 35)

กลิ่น

จากการประเมิน พบว่า ในแต่การทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทดลองที่ 1 ผลมีกลิ่นสุกเล็กน้อย ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา มีคะแนนเฉลี่ย 3.31 คะแนน (ตารางภาคผนวกที่ 37) ส่วนการทดลองที่ 2 ผลมีกลิ่นสุกเล็กน้อยในวันที่ 4 เช่นกัน แต่มีคะแนนเฉลี่ย 2.66 คะแนน (ตารางภาคผนวกที่ 38) และการทดลองที่ 3 นั้น ผลมีกลิ่นสุกเล็กน้อยในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเฉลี่ย 2.77 คะแนน (ตารางภาคผนวกที่ 39)

รสชาติ

ในแต่การทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยในการทดลองที่ 1, การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ผลมะม่วงจะเริ่มมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.0 คะแนนขึ้นไป และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษารสชาติจะหวานมากขึ้น มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป (ตารางภาคผนวกที่ 40, 41 และ 42)

เนื้อสัมผัส

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละการทดลอง โดยในการทดลองที่ 1, การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ผลจะมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างนิ่มในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา (คะแนนต่ำกว่า 2.0) และจะมีเนื้อสัมผัสที่นิ่มเละในวันที่ 8 และ 9 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน (คะแนน 1.0) (ตารางภาคผนวกที่ 43, 44 และ 45)

การยอมรับของผู้ทดสอบ

ในแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ พบว่า ในการทดลองที่ 1 ผู้ทดสอบให้การยอมรับตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป และผู้ทดสอบให้การยอมรับสูงสุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.43 คะแนน และมีการยอมรับที่ต่ำที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 1.2 คะแนน (ตารางภาคผนวกที่ 46) สำหรับการทดลองที่ 2 ผู้ทดสอบไม่ให้การยอมรับ โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในวันที่ 6 และ 7 ของการเก็บรักษา คือ 4.87 และ 4.57 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 47) และการทดลองที่ 3 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา แต่มีคะแนนสูงสุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาเท่ากับ 6.71 คะแนน และต่ำสุดในวันสุดท้ายเท่ากับ 1.3 คะแนน (ตารางภาคผนวกที่ 48)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University