

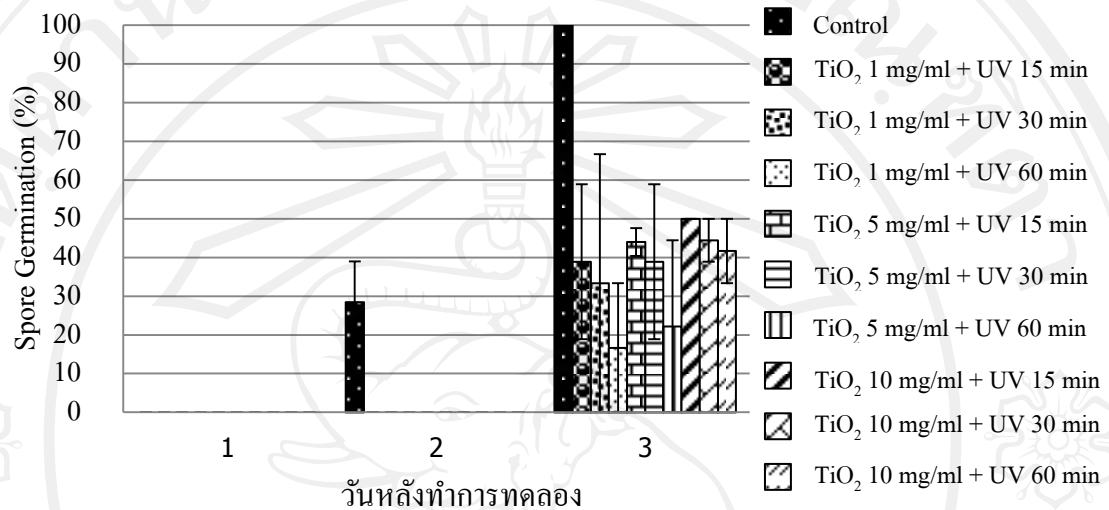
บทที่ 4

ผลการทดลอง

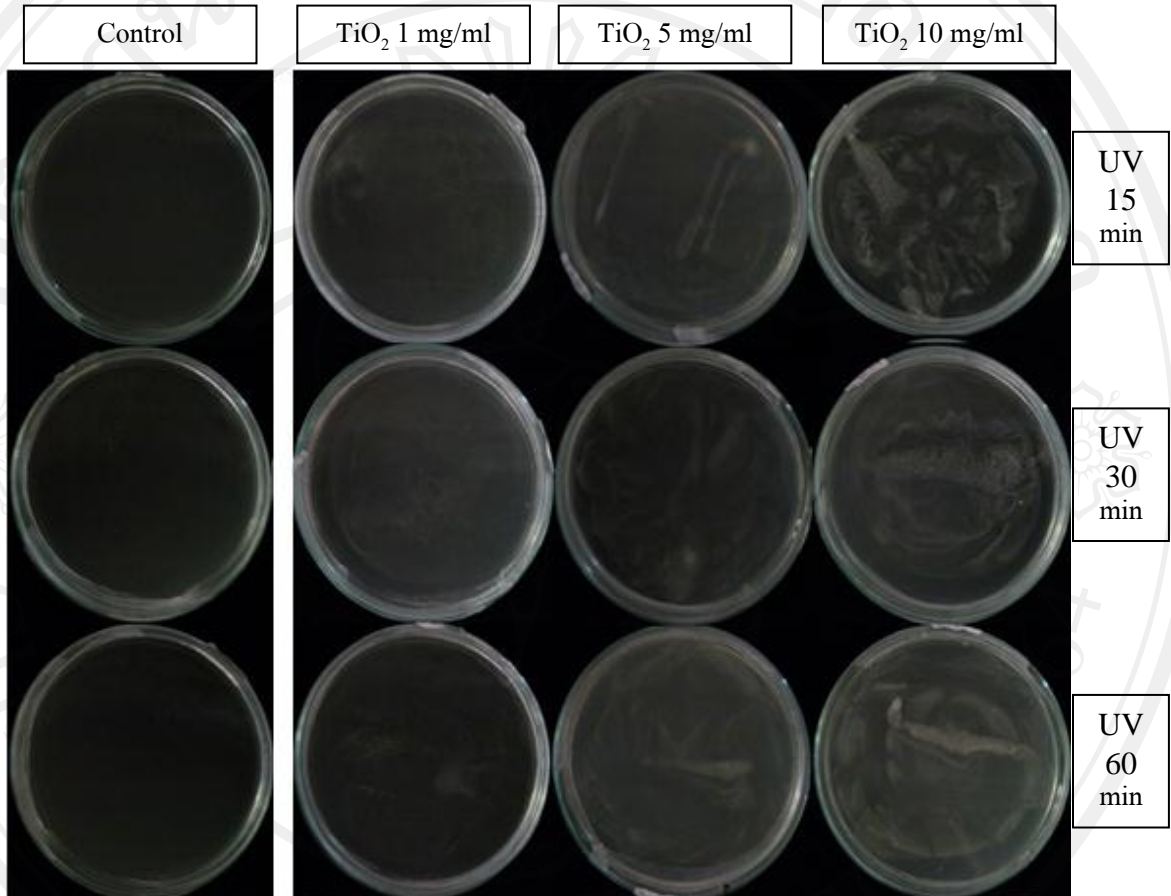
การทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นของ TiO_2 ร่วมกับระยะเวลาการให้แสง UV ที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อ *C. gloeosporioides* ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

1.1 ผลต่อการงอกของสปอร์

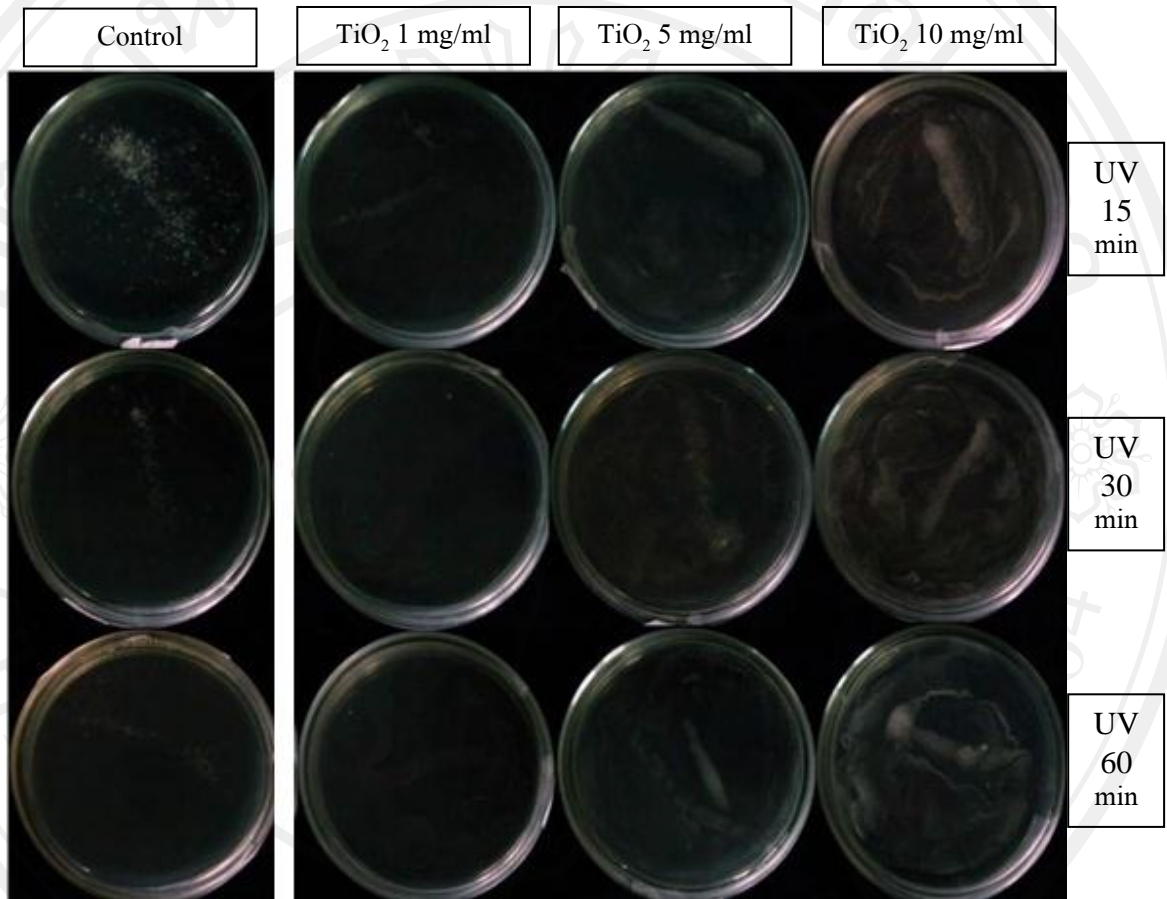
จากการให้แสง UV ลงบนจานเพาะเชื้ออาหาร PDA ที่มีส่วนผสมของผง TiO_2 กับสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 2.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร แล้วนำมาวางไว้ในตู้อุณหภูมิห้องเพื่อให้เชื้อเจริญเติบโต และนับจำนวนสปอร์ทุกวัน เป็นเวลา 3 วัน แล้วหาค่าเฉลี่ยจำนวนสปอร์ของแต่ละชุดการทดลอง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ โดยมีการใช้ความเข้มข้นของ TiO_2 ที่แตกต่างกัน พบว่า ชุดการทดลองที่พบจำนวนสปอร์ของเชื่อน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลอง TiO_2+UV 1 mg/ml, TiO_2+UV 5 mg/ml, TiO_2+UV 10 mg/ml และชุดควบคุม ตามลำดับ และจากการให้แสง UV ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า ชุดการทดลองที่พบจำนวนสปอร์ของเชื่อน้อยที่สุดคือ ชุดการทดลอง TiO_2+UV 60 min, TiO_2+UV 30 min, TiO_2+UV 15 min และชุดควบคุม ตามลำดับ (ภาพ 17-20) (ตารางภาคผนวก 1-3)



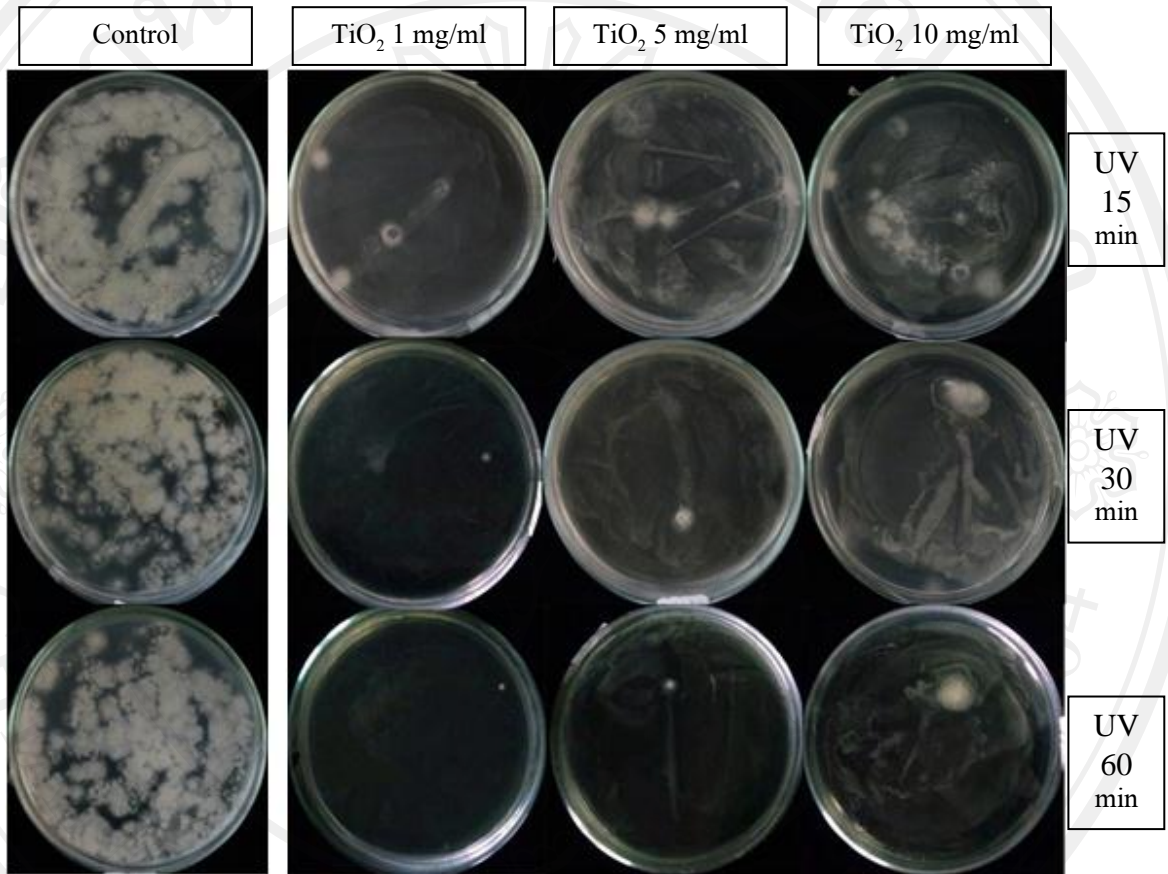
ภาพ 17 ผลของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 mg/ml และระยะเวลาการให้แสง UV ที่ 15, 30 และ 60 นาที ต่อการลดการงอกของสปอร์เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* ในงานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA



ภาพ 18 ผลของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีส่วนผสมของสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* กับผง TiO₂ ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 mg/ml และระยะเวลาการให้แสง UV ที่ 15, 30 และ 60 นาที ในวันที่ 1 หลังการทดลอง



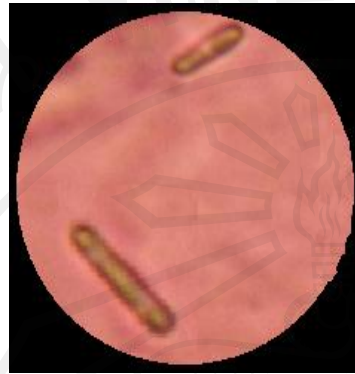
ภาพ 19 ผลของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีส่วนผสมของสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* กับผง TiO₂ ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 mg/ml และระยะเวลาการให้แสง UV ที่ 15, 30 และ 60 นาที ในวันที่ 2 หลังการทดลอง



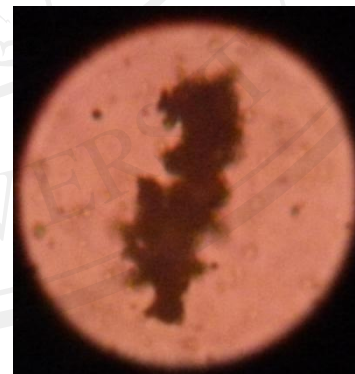
ภาพ 20 ผลของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีส่วนผสมของสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* กับผง TiO₂ ที่ความเข้มข้น 1, 5 และ 10 mg/ml และระยะเวลาการให้แสง UV ที่ 15, 30 และ 60 นาที ในวันที่ 3 หลังการทดลอง

1.2 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสปอร์

จากการให้แสง UV ที่ระยะเวลา 15, 30 และ 60 นาที ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีส่วนผสมของสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides* ที่ความเข้มข้น 2.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร กับผง TiO_2 ให้ได้ความเข้มข้นเป็น 1, 5 และ 10 mg/ml แล้วนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง และสังเกตการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสปอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบที่กำลังขยาย 400 เท่า เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง พบว่า แต่ละชุดการทดลอง ที่มีการให้แสง UV ที่ระยะเวลาต่างๆ และ TiO_2 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสปอร์คล้ายคลึงกันในทุกชุดการทดลอง โดยเม็ดผง TiO_2 ขนาดประมาณ 1.0-1.7 ไมครอน จะเคลื่อนที่เข้ายึดเกาะโดยรอบบริเวณผนังสปอร์ชั้นนอกของเชื้อ *C. gloeosporioides* แล้วเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างสารอนุมูลอิสระ $\cdot\text{O}_2$ และ $\cdot\text{OH}$ กับผนังชั้นนอกของสปอร์ที่เป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ ทำให้ผนังชั้นนอกของสปอร์เกิดการกักความร้อนแล้วสลายไป เกิดเป็นช่องว่างให้เม็ดผงไทเทเนียมไดออกไซด์สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันบริเวณ โครงสร้างภายในสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides* จนในที่สุดสปอร์ของเชื้อเสื่อมสลายไปจนไม่สามารถมองเห็นได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ ในขณะที่ชุดควบคุม (control) พบโครงสร้างของสปอร์ที่ยังสมบูรณ์อยู่เป็นจำนวนมากโดยพบจำนวนของสปอร์ที่เหลืออยู่ และมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ประมาณ 90% (ภาพ 21)



Control

TiO₂+ UV 0 hTiO₂+ UV 3 hTiO₂+ UV 6 hTiO₂+ UV 9 hTiO₂+ UV 12 h

ภาพ 21 ผลของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อ
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสปอร์เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides*

จากการทดลองที่ 1 พบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ TiO_2 ความเข้มข้น 1 mg/ml และระยะเวลาการให้แสง UV นาน 60 นาที มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides* ในจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA ได้มากที่สุดเหมือนเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ดังนั้นจึงเลือก ชุดการทดลองที่ใช้ TiO_2 1 mg/ml และการให้แสง UV 60 นาที มาใช้ในการทดลองที่ 2 ต่อเพื่อศึกษาผลที่มีต่อการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *C. gloeosporioides* ในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของปฏิริยาที่ใช้แสงเป็นตัวเร่งโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อ *C. gloeosporioides* และคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

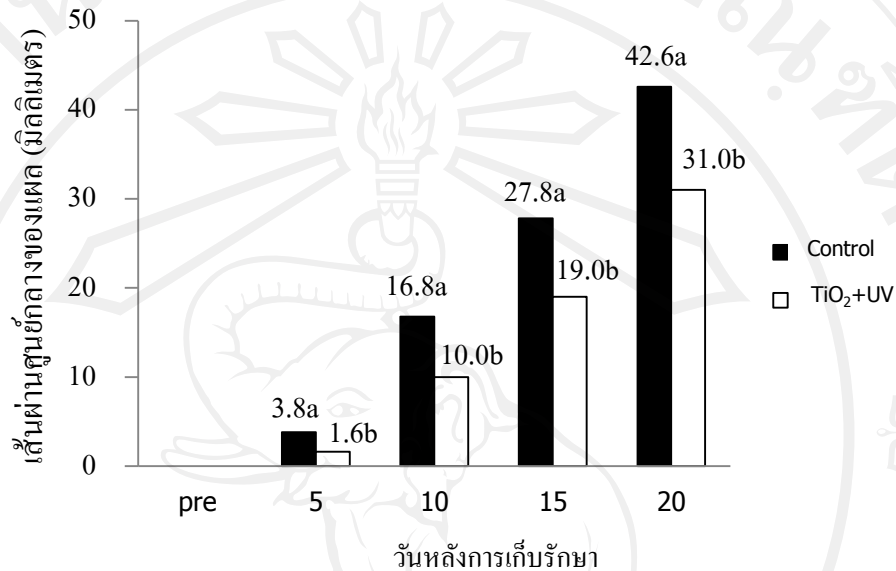
1. การวัดคุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 ความรุนแรงของการเกิดโรค

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เมื่อวัดความรุนแรงของการเกิดโรคบนผิวเปลือกมะม่วงที่ลงเชื้อโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดสีดำ 3 จุด บนผิวเปลือกมะม่วงทุกๆวัน แล้วนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่ผิวที่เป็นโรคที่วัดได้ เป็นเวลาทั้งหมด 20 วัน พบว่าความรุนแรงของการเกิดโรคของชุดควบคุม และ ชุดการทดลอง $\text{TiO}_2 + \text{UV}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

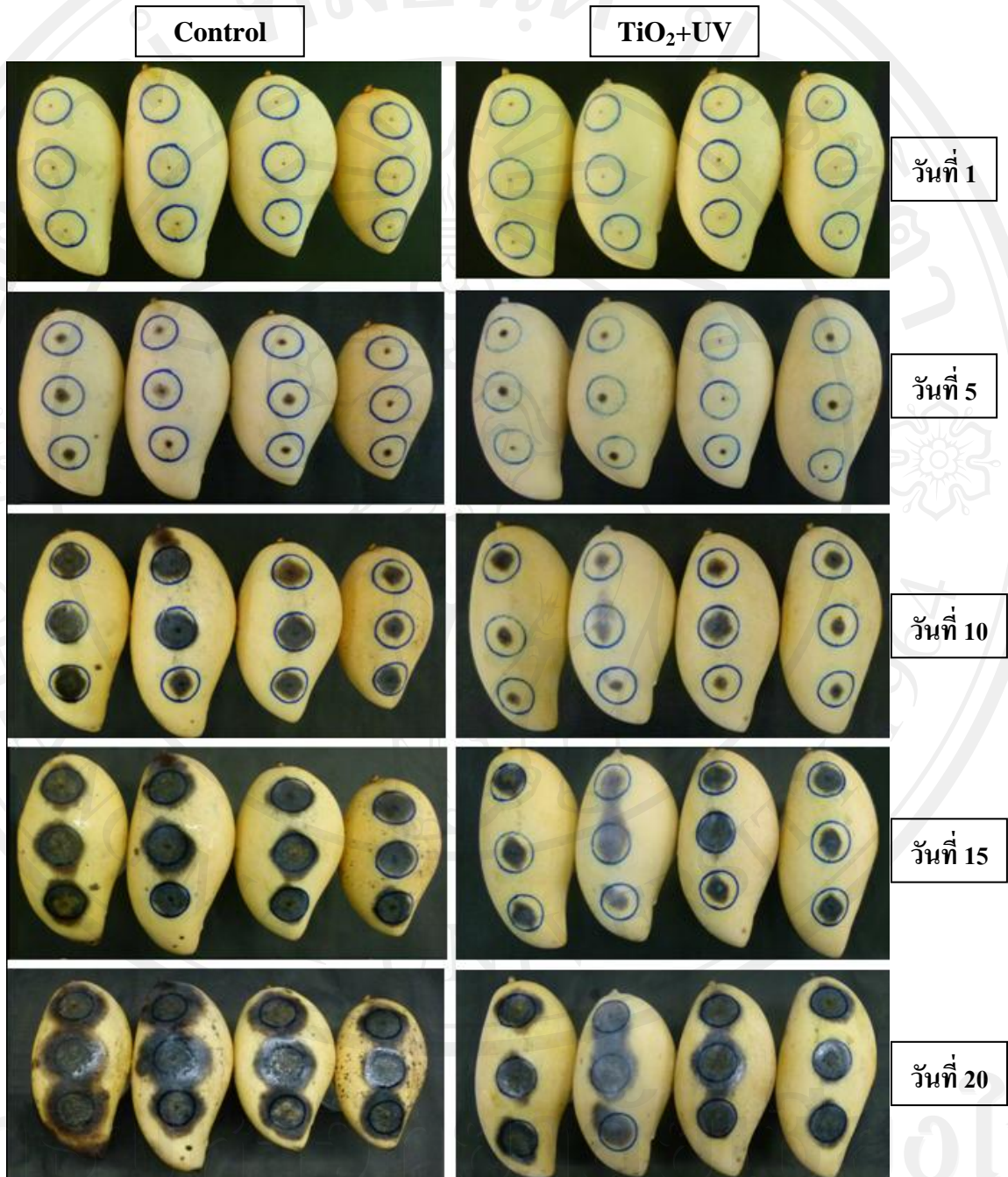
ในวันแรกก่อนการเก็บรักษามะม่วง ยังไม่พบอาการของโรคแอนแทรคโนสในทุกชุดการทดลอง แต่จะเริ่มเห็นจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กเกือบทุกจุดที่ได้มีการใส่เชื้อลงไปบนผลมะม่วง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน ชุดควบคุมจะมีการเกิดโรคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าชุดการทดลอง $\text{TiO}_2 + \text{UV}$ และเกิดจุดสีน้ำตาลขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ครบทุกจุดที่มีการใส่เชื้อลงไปบนผลมะม่วง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 11 วัน จนในวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมเกิดจุดสีน้ำตาลเป็นวงกว้างเต็มวงของเครื่องหมายวงกลมที่ทำเอาไว้บนผลมะม่วงซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 มิลลิเมตร ส่วนชุดการทดลอง $\text{TiO}_2 + \text{UV}$ ยังเกิดจุดสีน้ำตาลของโรคแอนแทรคโนสไม่เต็มวงของเครื่องหมายที่ทำเอาไว้ทั้งหมด และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ทั้ง 2 ชุดการทดลองเกิดจุดสีน้ำตาลของโรคแอนแทรคโนสเต็มวงของเครื่องหมายที่ทำเอาไว้ทั้งหมด โดยชุดควบคุมจะมีวงกว้างของจุดสีน้ำตาลมากกว่าชุดการทดลอง $\text{TiO}_2 + \text{UV}$ และเริ่มเห็นจุดสีน้ำตาลด้านนอกเครื่องหมายวงกลมชัดเจนมากกว่าชุดการทดลอง $\text{TiO}_2 + \text{UV}$ โดยชุดควบคุมในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของจุดสีน้ำตาลของการเกิดโรคเท่ากับ 42.6 มิลลิเมตร ในขณะที่ชุด

การทดลองของ TiO_2+UV มีค่าเท่ากับ 31.0 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ภาพ 22-23) (ตารางภาคผนวก 4)



ภาพ 22 ความรุนแรงของการเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา



ภาพ 23 ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ วันที่ 1 - 20

1.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

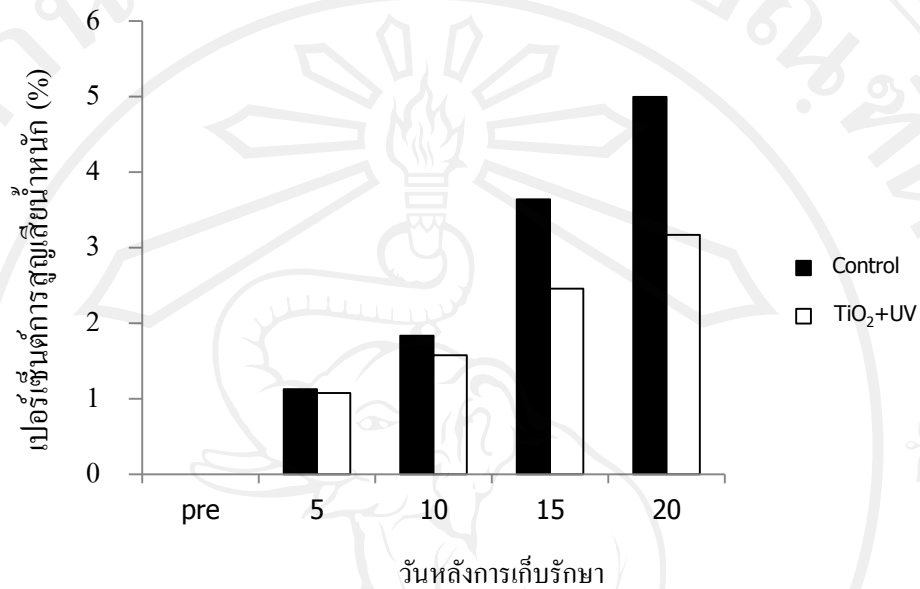
ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านชุดการทดลองของการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของชุดควบคุม เท่ากับ 4.90% โดยมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดการทดลองที่ได้รับ TiO_2+UV มีค่าเท่ากับ 3.13% เมื่อเก็บรักษามะม่วงเป็นระยะเวลา 20 วัน (ภาพ 24) (ตารางภาพผนวก 5)

1.3 การเปลี่ยนสีของเปลือก

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน นำมาวัดการเปลี่ยนสีของเปลือกมะม่วง พบว่า ค่าความสว่างของสี (L^*) ของชุดควบคุม และชุดการทดลอง TiO_2+UV มีแนวโน้มลดลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยชุดควบคุม และชุดที่ได้รับ TiO_2+UV มีค่า L^* ในวันที่ 1 มีค่าใกล้เคียงกัน หลังจากนั้น ชุดควบคุมจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว มีค่าต่ำสุด ในวันที่ 16 (33.23) ซึ่งแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบกับชุดที่ได้รับ TiO_2+UV (36.31) หลังจากนั้น ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่า L^* คงที่จนกระทั่งถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา (ภาพ 25) (ตารางภาคผนวก 6) ส่วนค่าสีเขียว (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของชุดควบคุม และ ชุดการทดลอง TiO_2+UV มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่า a^* ในวันที่ 1 ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 1.83 ซึ่งมากกว่าชุดที่ได้รับ TiO_2+UV มีค่าเท่ากับ 1.06 หลังจากนั้น ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่า a^* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 20 ของการเก็บรักษา (ภาพ 26) (ตารางภาคผนวก 7) ส่วนค่า b^* ในวันที่ 1 ชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 14.94 ซึ่งมากกว่าชุดที่ได้รับ TiO_2+UV มีค่าเท่ากับ 13.03 หลังจากนั้น ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่า b^* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันที่ 20 (ภาพ 27) (ตารางภาคผนวก 8)

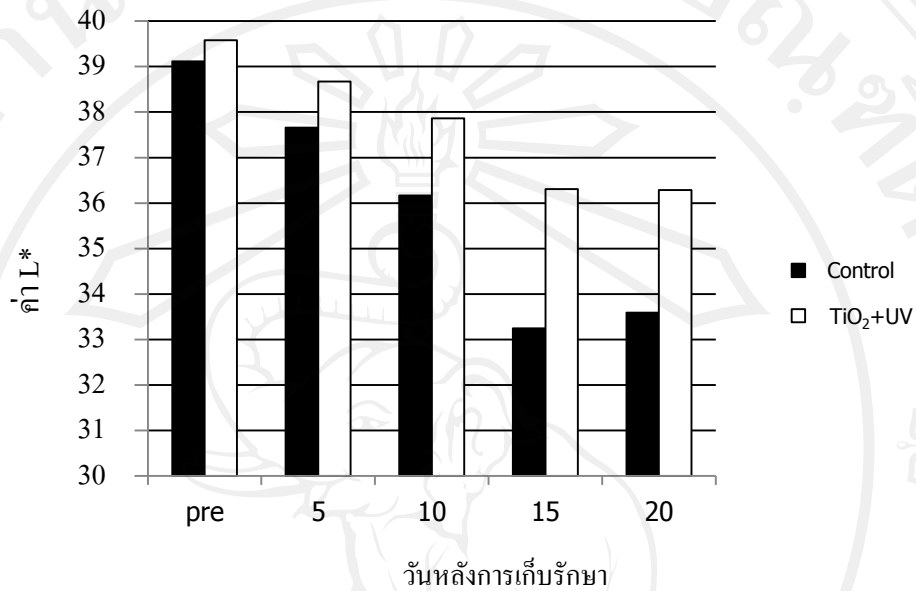
1.4 ความแน่นเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยเมื่อวัดความแน่นเนื้อในผลมะม่วง ทุกๆ 5 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 20 วัน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของชุดควบคุม และชุดการทดลอง TiO_2+UV มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน และไม่มี ความแตกต่างกัน โดยในชุดควบคุม และชุดที่ได้รับ TiO_2+UV มีค่าความแน่นเนื้อเมื่อวันเริ่มต้นเท่ากับ 1.62 kg/cm^2 และลดลงต่ำสุดในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 0.42 kg/cm^2 และ 0.55 kg/cm^2 ตามลำดับ และทั้ง 2 ชุดการทดลองจะมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา (ภาพ 28) (ตารางภาคผนวก 9)



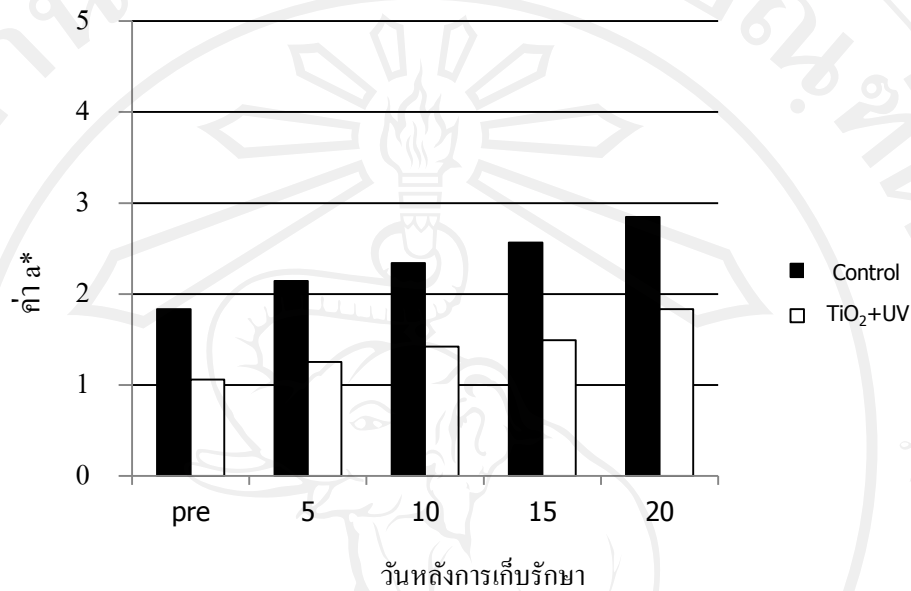
ภาพ 24 เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา



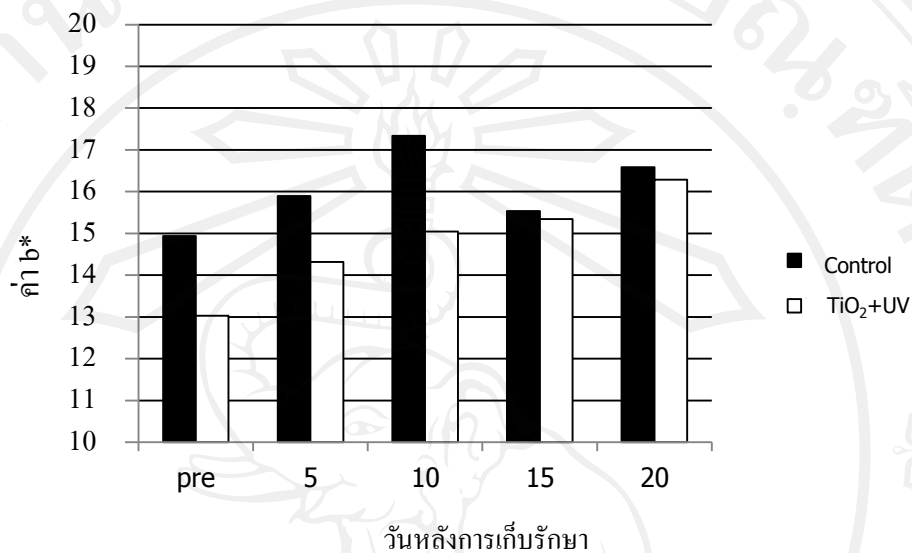
ภาพ 25 ค่า L* ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา



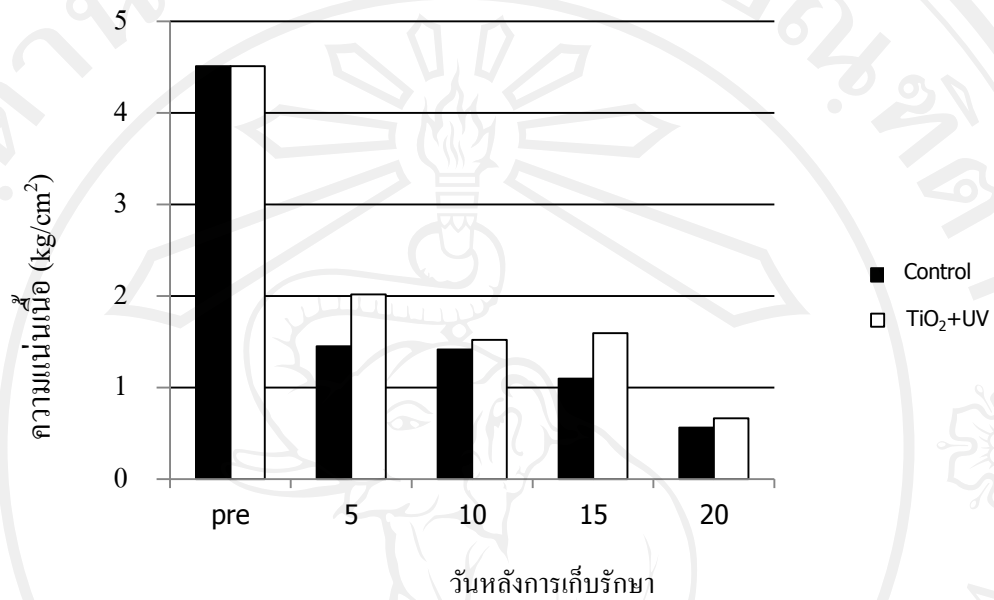
ภาพ 26 ค่า a* ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา



ภาพ 27 ค่า b* ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทั้งหมด 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา



ภาพ 28 ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทั้งหมด 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา

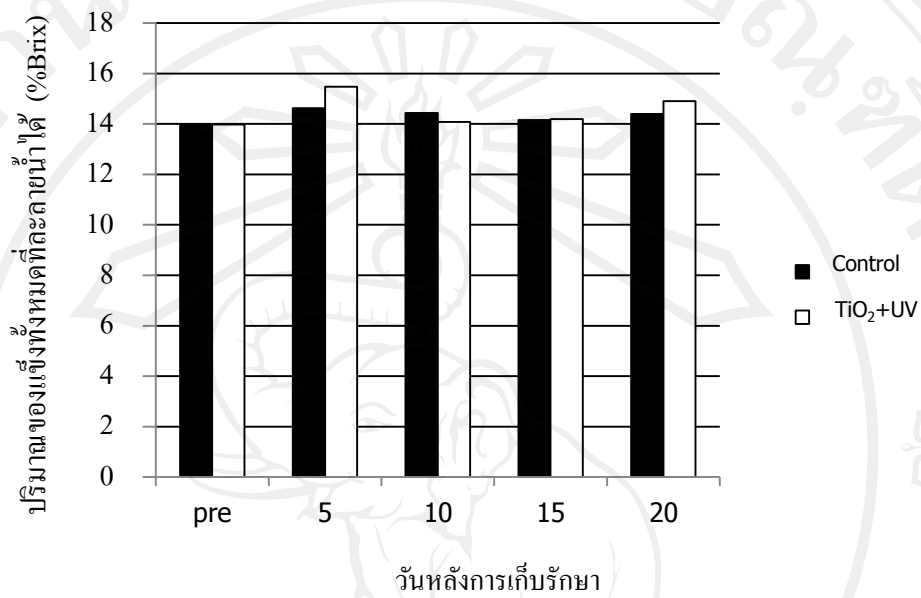
2. การวัดสมบัติทางเคมี

2.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids, TSS)

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นำมาวิเคราะห์ ทุกๆ 5 วัน เป็นเวลาทั้งหมด 20 วัน พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของชุดควบคุม และชุดการทดลอง TiO_2+UV มีแนวโน้มลดลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าในวันเริ่มต้นที่ทำการวัดได้เท่ากับ 14.0 %Brix และมีค่าลดลงจนกระทั่ง วันที่ 11 ของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 14.44 %Brix และ 14.08 %Brix ตามลำดับ หลังจากนั้นค่า TSS ของทั้ง 2 ชุดการทดลองมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน (ภาพ 29) (ตารางภาคผนวก 10)

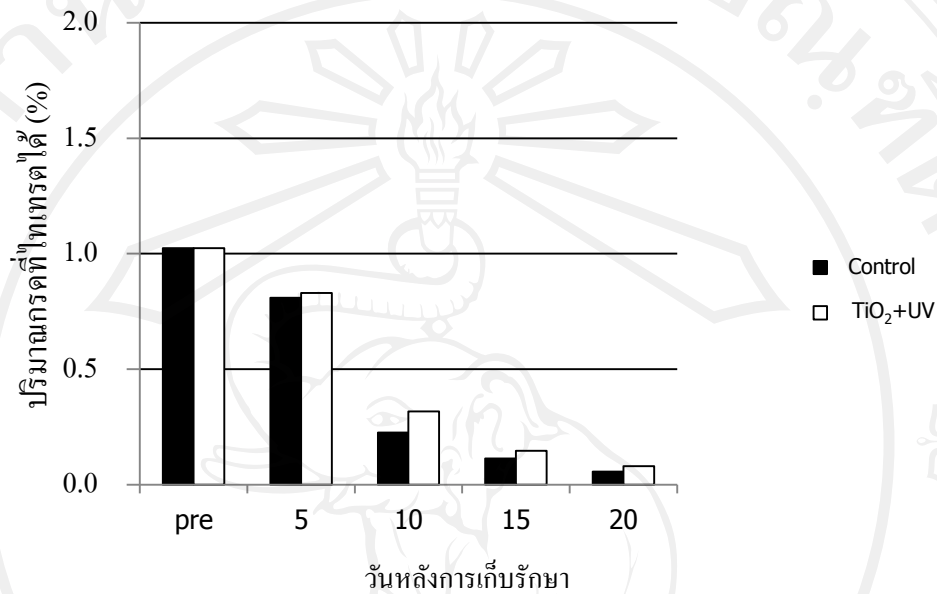
2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA)

ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของชุดควบคุม และชุดการทดลอง TiO_2+UV มีแนวโน้มลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยมีค่าเมื่อวันเริ่มต้นเท่ากับ 1.02 โดยในชุดควบคุม และชุดการทดลอง TiO_2+UV หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงอย่างต่อเนื่องทั้ง 2 ชุดการทดลอง จนกระทั่งในวันที่ 20 ของการเก็บรักษาโดยมีค่าไม่แตกต่างกัน (ภาพ 30) (ตารางภาคผนวก 11)



ภาพ 29 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา



ภาพ 30 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงโดยไทเทเนียมไดออกไซด์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 วัน

* หมายถึง pre หมายถึง ก่อนการเก็บรักษา