การใช้สารสกัดจากแตงกวาเพื่อใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ทดแทนการใช้สารเคมี

The use of cucumber extract for browning inhibition of vegetables and fruits replacing chemical compounds

ผู้วิจัย

อาจารย์ ดร. พูนศิริ ทิพย์เนตร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ปีงบประมาณ 2556

การใช้สารสกัดจากแตงกวาเพื่อใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ทดแทนการใช้สารเคมี

The use of cucumber extract for browning inhibition of vegetables and fruits replacing chemical compounds

ผู้วิจัย

อาจารย์ ดร. พูนศิริ ทิพย์เนตร

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ปีงบประมาณ 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากแตงกวาที่มีต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลฟูจิ เปรียบเทียบปริมาณข องสารประ กอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า ผลการทดลองเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน กล้วยหอมทอง มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลฟูจิ ของสารสกัดแตงกวา ความเข้นข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ด้วยเครื่องวัดสีพบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนได้ดี ที่สุดเมื่อเทียบกับ สารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v เมื่อเปรียบเทียบ เปอร์เซนต์การยับยั้งเอนไซม์พีพีโอ ในลูกตาลอ่อนของสารสกัดจากแตงกวาด้วย เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 nm. พบว่าสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าเปอร์เซนต์การยับยั้งเอนไซม์พีพีโอ ในลูกตาลอ่อน กล้วยหอมทอง มะม่วง พันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลฟูจิ เท่ากับ 82.74±13.31a 52.68±0.85d 50.97±1.37c และ 29.20±1.21c ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า สารสกัดแตงกวา 25% w/v มีปริมาณของสารประกอบฟี นอลิกรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 205.39±15.26c ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวา 50% w/v 75% w/v และ 100% w/v มีค่าเท่ากับ 263.86±15.75b 288.69±16.96b และ 382.27±35.48a µg/mL ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดทางการค้าพบว่า สารสกัดแตงกวาค วามเข้มข้น 100% w/v แสดงผลการยับยั้งเอนไซม์พีพีโอในลูกตาลอ่อน มะม่วงน้ำดอกไม้ และ แอปเปิ้ลฟูจิ สูงกว่ากรดซิตริกความเข้มข้น 0.07 %w/v จากผลการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่าสารสกัดแตงกวา มีประสิทธิภาพเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในในลูกตาลอ่อน กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลฟูจิได้

คำสำคัญ: แตงกวา ลูกตาล กล้วยหอมทอง มะม่วงน้ำดอกไม้ แอปเปิ้ลฟูจิ สีน้ำตาล ผลไม้

Abstract

This research aims to study the effect of the ratio of cucumber extract concentration inhibited palmyra fruit, gros michel banana, barracuda mango, and fuji apple browning, to compare the total phenolic compound of the ratio of cucumber extract concentration, and to compare the efficiency of cucumber extract inhibited palmyra fruit browning with commercial chemical. When comparing the effect of cucumber extract concentration, 100% w/v, 75% w/v, 50% w/v, and 25% w/v by using colorimeter, it was found that 100% w/v cucumber extract was higher inhibited palmyra fruit, gros michel banana, barracuda mango, and fuji apple browning than treated with 75% w/v, 50% w/v and 25% w/v cucumber extract. The % inhibitions of PPO were measured by using UV spectrometer at a wavelength 420 nm in fruits. It were found that the %inhibitions of palmyra fruit, gros michel banana, barracuda mango, and fuji apple PPO of 100% w/v cucumber extract were 82.74±13.31a, 52.68±0.85d, 50.97±1.37c, and 29.20±1.21c, respectively. Moreover, 25% w/v cucumber extract showed the lowest of total phenolic compound with value of 205.39±15.26c ($p \leq 0.05$). The total phenolic compound of 50%w/v, 75%w/v, and 100%w/v cucumber extract were 263.86±15.75b, 288.69±16.96b, and 382.27±35.48a µg/mL, respectively. When compare with commercial chemical, it was found that 100% w/v cucumber extract exhibited a higher inhibitory effect in palmyra fruit, barracuda mango, and fuji apple PPO than 0.07 %w/v citric. In conclusion, cucumber extract possessed effective inhibitors against enzymatic browning in palmyra fruit.

Keywords: Cucumber, Palmyra fruit, Gros Michel banana, Barracuda mango, Fuji apple, Browning, Fruit

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในปีงบประมาณ 2556 และได้รับการสนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนบุคลากรฝ่ายต่างๆ จากศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพช รบุรี นอกจากคณะผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีทุกฝ่ายที่สนับสนุนการดำเนินงาน จนงานวิจัยนี้สามารถดำเนินงานลุล่วงไปได้ด้วยดี

พูนศิริ ทิพย์เนตร
ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	16
3.1 ตัวอย่าง สมมติฐานการวิจัย และตัวแปร	16
3.2 เครื่องมือ	16
3.3 อุปกรณ์	17
3.4 สารเคมี	18
3.5 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ	18
3.6 วิธีดำเนินการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลอง	25
4.1 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้	25
4.2 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ	44
4.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า	45
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	47
บรรณานุกรม	50
ภาพผนวก ก	55
ภาพผนวก ข	77
หลักฐานการเผยแพร่ผลงานวิจัย	79

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส	4
2.2 โครงสร้างของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส	5
2.3 โครงสร้างของสารประกอบโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (ก) วิตามินซี (ข) และกรดซิตริก (ค)	8
2.4 แตงกวาพันธุ์บงกช	11
2.5 ลูกตาลอ่อน	12
2.6 กล้วยหอมทอง	13
2.7 มะม่วงน้ำดอกไม้	13
2.8 แอปเปิ้ลฟูจิ	13
4.1 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของลูกตาลอ่อน	41
4.2 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของกล้วยหอมทอง	42
4.3 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของมะม่วงน้ำดอกไม้	43
4.4 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ	44
4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดจากแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v	45

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สัปสเตรทของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและแหล่งของเอนไซม์ 6

3.1 เครื่องมือ 16

3.2 สารเคมี 18

4.1 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลาเริ่มต้น 25

4.2 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 1 ชั่วโมง 26

4.3 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 2 ชั่วโมง 26

4.4 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 3 ชั่วโมง 27

4.5 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 4 ชั่วโมง 27

4.6 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 5 ชั่วโมง 28

4.7 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 6 ชั่วโมง 28

4.8 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลาเริ่มต้น 29

4.9 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 1 ชั่วโมง 30

4.10 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 2 ชั่วโมง 30

4.11 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 3 ชั่วโมง 31

4.12 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 4 ชั่วโมง 31

4.13 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 5 ชั่วโมง 32

4.14 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 6 ชั่วโมง 32

4.15 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลาเริ่มต้น 33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.16 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 1 ชั่วโมง 34

4.17 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 2 ชั่วโมง 34

4.18 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 3 ชั่วโมง 35

4.19 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 4 ชั่วโมง 35

4.20 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 5 ชั่วโมง 36

4.21 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 6 ชั่วโมง 36

4.22 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลาเริ่มต้น 37

4.23 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 1 ชั่วโมง 38

4.24 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 2 ชั่วโมง 38

4.25 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 3 ชั่วโมง 39

4.26 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 4 ชั่วโมง 39

4.27 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 5 ชั่วโมง 40

4.28 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 6 ชั่วโมง 40

4.29 %Inhibition PPO ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กรดซิตริก 0.07%w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 0.07% w/v ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ 46

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ในผักและผลไม้ระหว่างกระบวนการแปรรูป หรือระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่ายเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้ผักและผลไม้มีคุณลักษณะที่ไม่ต้องการและสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งส่ งผลโดยตรงกับภาคอุตสาหกรรมและการส่งออกอาหารของประเทศ (ประสาร 2538; Martinez *et al*., 1995) ทำให้ต้องสั่งซื้อสารเคมีเพื่อมาใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้ จึงส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพของรสชาติและกลิ่นที่ลดลง

นอกจากนี้ยังพบปัญหาอีกประการคือ สารเคมีกลุ่มที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลก็คือ สารประกอบซัลไฟต์ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ และถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหรรมนั้น เป็นสารประกอบกลุ่ มที่ FDA ต้องควบคุมปริมาณการใช้ เพราะเนื่องจากก่อให้เกิดอาการแพ้หรือผลข้างเคียงในบุคคลบางกลุ่มได้ รวมทั้งสารเคมีประเภทกรดอ่อนจำพวกกรดวิตามินซี (ascorbic acid) และกรดมะนาว (citric acid) เป็นสารอีกกลุ่มที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้ แต่พบว่ามีปัญหาในเรื่องของรสชาติและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (ประสาร 2538; Sapers, 1993) ดังนั้นขณะนี้ในทางอุตสาหกรรมอาหารจึงให้ความสำคัญกับการหาสารสกัดจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค มาใช้ทดแทน สารประกอบในกลุ่มซัลไฟต์และสารเคมีประเภทกรดอ่อนที่ใช้กันอยู่ (Son *et. al.,* 2000) ตัวอย่างของสารสกัดจากธรรมชาติได้แก่ โปรตีนไฮโดรไลเสทและกรดแอมิโนจากนม (Kahn, 1985) เมล็ดผักชี (Kubo and Kinst-Hori, 1998) เซอริซินในไหม (Kato *et al*., 1998) น้ำสับปะรด (Lozano-de-Gonzalez *et. al*., 1993) เปลือกสับปะรด สารส กัดจากเมล็ดส้ม (Park *et al*.,1999) เปบไทด์จากน้ำผึ้ง (Ates, 2001) สารสกัดจากเห็ด (Jang Soon Mi, 2002) ไลโซไซม์ในไข่ขาว (Li *et. al*., 2006) สารสกัดจากหัวหอม (Kim *et al*., 2005) สารสกัดจากชาเขียว (Soysal, 2009) ผลของด็อกโรส และเยื่อหุ้มเมล็ดทับทิม (Zocca *et al*., 2011) เป็นต้น ซึ่งพบว่าสารสกัดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ส่วนใหญ่จะสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ดี โดยเฉพาะพืชที่มีปลูกทั่วไปในประเทศไทยและเพชรบุรีอย่างแตงกวา ซึ่งจากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี (Guohua Cao *et al*., 1996) และสามารถยับยั้งเอนไซม์ไธโรซิเนส (tyrosinase) ได้ (Gandía-Herrero, *et al.,* 2003) แต่ยังไม่มีการนำสารสกัดจากแตงกวามาทดลองใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ต่างๆ มาก่อน และเพื่อเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่า ผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศ จึงทำให้แตงกวาเป็นพืชที่น่าสนใจที่จะนำมาพัฒนาเป็นสารสกัดที่สามารถใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ เพราะนอกจากจะมีคุณสมบัติที่ดีดังที่กล่าวมาแล้วยังพบว่าในบริเวณชุมชนของจังหวัดเพชรบุรีมีการเพาะปลูกแตงกวากันจำนวนมากตลอดทั้งปี จ ากรายงานสถิติของสำนักงานเกษตร ปี พ .ศ. 2556 พบว่าจังหวัดเพชรบุรีมีพื้นที่เพาะปลูกแตงกวาทั้งหมด 5,150 ไร่ กระจายไปยังอำเภอต่างๆ อย่างเช่น อำเภอท่ายาง บ้านลาด ชะอำ แก่งกระจาน และ เขาย้อย (สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี 2557)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาและใช้สารสกัดจากแตงกวาที่เพาะปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เพื่อทดแทนหรือลดปริมาณการใช้สารเคมีในภาคอุตสาหกรรมการแปรรูปผักและผลไม้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนหรือความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาที่มีต่อประสิทธิภ าพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ชนิดต่างๆ
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวาที่อัตราส่วนหรือความเข้มข้นต่างๆ
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สถานที่:

1. สถานที่ทำวิจัยที่ ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
2. สถานที่เก็บตัวอย่างแตงกวา ผัก และผลไม้ คือที่จังหวัดเพชรบุรี เช่น ที่ชุมชนหนองบัว อำเภอท่ายาง อำเภอบ้านลาด และอำเภอเมือง เป็นต้น

ตัวอย่าง:

1. แตงกวาเป็นแตงกวาพันธุ์บงกชที่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรี อำเภอท่ายาง
2. ผลไม้ คือ ผักและผลไม้ที่เกิดสีน้ำตาลได้ง่าย และเป็นพันธุ์ ที่นิยมบริโภคหรือส่งออก ตัวอย่างเช่น ลูกตาลอ่อน กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ เป็นต้น
3. สารเคมีทางการค้าที่ใช้เปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลมี 3 ชนิดคือ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และโซเดียมเมตาไบท์ซัลไฟต์ ตัวทำละลายที่เลือกใช้ในการสกัดสารสกัดจากแตงกวาคือ น้ำกลั่น เพราะ เนื่องจากต้องการลดการใช้สารเคมีซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และลดขั้นตอนในการแยกตัวทำละลายออกก่อนบริโภคซึ่งจะช่วยลดต้นทุนได้

เวลา: ทำการวิจัยเป็นระยะเวลาทั้งหมด 1 ปี โดยแบ่งระยะเวลาการศึกษาผักและผลไม้แต่ละชนิดตามระยะเวลาที่ผักและผลไม้ออกตามฤดูกาล

วิเคราะห์ผลทางสถิติ: ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design: CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one-way analysis เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Least Significant Differences (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธีของ Duncan's multiple range tests

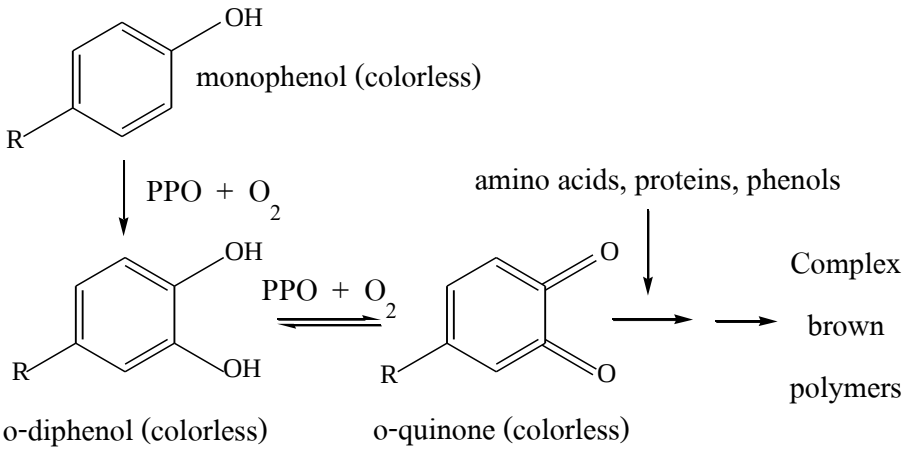
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำสารสกัดจากธรรมชาติที่ปลอดภัย ไปใช้ ผลิตสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ในผักและผลไม้ทดแทนการใช้สารเคมี และจากองค์ความรู้นี้สามารถนำมาพัฒนาการผลิตสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เพื่อที่จะใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปผักและผลไม้ โดยเฉพาะการนำไปประยุกต์ใช้กับผักและผลไม้ที่มีอยู่ในประเทศ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรอย่างแตงกวาซึ่งเป็นพืชท้องถิ่นที่มีปลูกกันมากให้มีมูลค่าสูงเพิ่มขึ้น เป็นการส่งเสริมให้ผลผลิตทางการเกษตรเช่น แตงกวา ลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ ให้มีมูลค่าสูงยิ่งขึ้น และสามารถเก็บรักษาคุณภาพของผักและผลไม้ ให้สดและมีรสชาติที่ดียาวนานขึ้น ส่งเสริมให้เกษตกรในจังหวัดเพชรบุรีที่เพาะปลูกแตงกวามีรายได้เพิ่มมากขึ้น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเกิดสีน้ำตาลได้จากปฏิกิริยาสองประเภทใหญ่ๆ ที่รู้จักกันดี คือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ซึ่งปฏิกิริยาทั้งสองนี้สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างการแปรรูปและระหว่างการเก็บรักษา (นิธิยา 2549; Friedman, 1996) สำหรับผักและผลไม้สดการเกิดสีน้ำตาล มักมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลที่ต้องอาศัยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase หรือ PPO) ตัวอย่างเช่น การเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่ง เห็ด แอปเปิ้ล และกล้วย เป็นต้น ปฏิ กิริยาการเกิดสีน้ำตาลนี้ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสหลายด้าน เช่น สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ซึ่งส่วนใหญ่จะทำให้เกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภค และทำให้เสียคุณค่าทางอาหารขึ้น (นิธิยา 2549; McEvily *et al*., 1992)

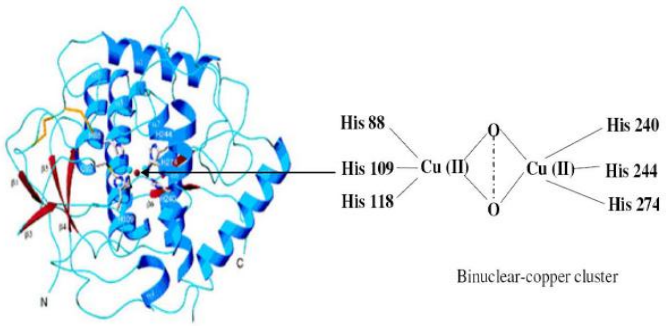
ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้เมื่อเนื้อเยื่อพืชหรือเซลล์ถูกทำลายทางกล ตัวอย่างเช่น การปอกเปลือก การหั่นเป็นชิ้น เป็นต้น และทำให้สารประกอบประเภทโมโนฟีนอล (monophenols) ที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ โดยมีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชัน (hydroxylation) ได้เป็นสารออร์โท-ไดฟีนอล (*o*-diphenol) จากนั้นสารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อไปทำให้เกิดเป็นสารจำพวกออร์โท-ควิโนน (*o*-quinone) สารที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะรวมตัวกับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับอะมิโน หรือกับโ ปรตีน ทำให้ได้สารประก อบเชิงซ้อนสีน้ำตาลเกิดขึ้นดังภาพที่ 2.1 (นิธิยา 2549; Martinez and Whitaker, 1995; McEvily *et al*., 1992; Iyidogan and Bayindirli, 2004)



ภาพที่ 2.1 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส

เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (1.2-benzenediol:oxygen oxidoreductase; EC 1.10.3.1) นั้นเป็นเอนไซม์ที่มีโคแฟกเตอร์ (cofactor) เป็นโลหะทองแดงที่บริเวณเร่ง (active site) ในการทำปฏิกิริยาดังภาพที่ 2.2 โดยจะจับกับออกซิเจนทำให้เกิดการออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลิกในผักและผลไม้ เอนไซม์ชนิดนี้มีชื่อเรียกต่างๆ กันตามชนิดซับสเตรต เช่น คาทีคอลออกซิเดส (catechol oxidase) คาทีคอเลส

(catecholase) ไดฟีนอลออกซิเดส (diphenol oxidase) ฟีนอเลส (phenolase) และไทโรซิเนส (tyrosinase) เป็นต้น (Martinez and Whitaker, 1995; ปราณี 2547) โดยสับสเตรทของเอนไซม์นี้ในพืชส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งโครงสร้างประกอบด้วยวงอะโรมาติก (aromatic ring) และมีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่ขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) แอนโทไซยานิน (anthocyanin) กรดเบนโซอิก (benzoic acid) และกรดซินนามิก (cinnamic acid) ในกลุ่มของฟลาโวนอยด์จะเกิดปฏิกิริยาที่บริเวณตำแหน่ง B-ring เช่น คาทีคอล (catechol) เมื่อเกิดไฮดรอกซิเลชันจะได้เป็นออโท-ไดไฮดรอกซิฟีนอล (*o*-dihydroxy phenol) คาทีคอลถือเป็นสับสเตรทที่นิยมใช้เป็นโมเดลในการศึกษาการเกิดออกซิเดชันเนื่องจากเอนไซม์ นอกจากนี้ไทโรซีน (tyrosine) เป็นมอโนไฮดรอกซิฟีนอล (monodydroxy phenol) ซึ่งเมื่อเกิดไฮดรอกซิเลชันแล้วจะเปลี่ยนรูปไปเป็นสารพวกไดไฮดรอกซิเฟนนิลอะลานีน (dihydroxyphenylalanine) กลุ่มของกรดเบนโซอิกและกรดซินนามิก เช่น กรดคลอโรจินิก (chologenic acid) จะเปลี่ยนเป็นออโท-ไดฟีนอลิก (*o*-diphenolic) ซึ่งเป็นสับสเตรทที่สำคัญตัวหนึ่งที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในแอปเปิล (Marshall *et al*., 2000)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Dicko *et. al., 2006)*

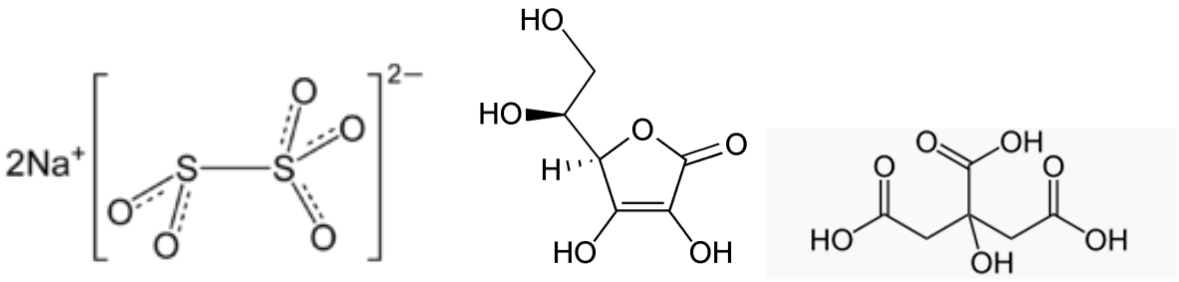
นอกจากนี้ยังพบว่าคาเทชิน (catechin) กรดซินนามิกเอสเทอร์ (cinnamic acid ester) 3,4-ไดไฮดรอกซิเฟนนิลอะลานีน (3,4-dihydroxy phenylalanine; DOPA) และไทโรซีน เป็นสับสเตรทที่สำคัญของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสที่พบในผักและผลไม้ ความแตกต่างของสับสเตรทในผักและผลไม้แต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 1 ในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์พบว่าขึ้นกับความจำเพาะของสับสเตรทของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและแหล่งของเอนไซม์ นอกจากนี้อัตราการเกิดสีน้ำตาลยังเกี่ยวข้องกับปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และกิจกรรมของ เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผักและผลไม้แต่ละชนิดด้วย (Marshall *et al*., 2000) โดยปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในผักและผลไม้ ได้แก่ ความเข้มข้นของเอนไซม์ พีเอช (pH) ซึ่งพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสคือ 4 ถึง 7 ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส จะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสต่ำลง และเอนไซม์ถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส รวมทั้งปริมาณออกซิเจน และความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นสับสเตรท (Marshall *et al*., 2000; Severini *et al*., 2003)

ตารางที่ 2.1 สับสเตรทของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสและแหล่งของเอนไซม์

Sources	Phenolic substrates
Apple	chlorogenic acid (flesh), catechol, catechin (peel), caffeic acid, 3,4-dihydroxyphenylalanine (DOPA), 3,4-dihydroxy benzoic acid, *p*-cresol, 4-methyl catechol, leucocyanidin, *p*-coumaric acid, flavonol glycosides
Apricot	isochlorogenic acid, caffeic acid, 4-methyl catechol, chlorogenic acid, catechin, epicatechin, pyrogallol, catechol, flavonols, *p*-coumaric acid derivatives
Avocado	4-methyl catechol, dopamine, pyrogallol, catechol, chlorogenic acid, caffeic acid, DOPA
Banana	3,4-dihydroxyphenylethylamine (Dopamine), leucodelphinidin, leucocyanidin
Coffee beans	chlorogenic acid, caffeic acid
Grape	catechin, chlorogenic acid, catechol, caffeic acid, DOPA, tannins, flavonols, protocatechuic acid, resorcinol, hydroquinone, phenol
Lettuce	tyrosine, caffeic acid, chlorogenic acid derivatives
Mango	dopamine-HCl, 4-methyl catechol, caffeic acid, catechol, catechin, chlorogenic acid, tyrosine, DOPA, *p*-cresol
Mushroom	tyrosine, catechol, DOPA, dopamine, adrenaline, noradrenaline
Peach	chlorogenic acid, pyrogallol, 4-methyl catechol, catechol, caffeic acid, gallic acid, catechin, Dopamine
Pear	chlorogenic acid, catechol, catechin, caffeic acid, DOPA, 3,4-dihydroxy benzoic acid, *p*-cresol
Potato	chlorogenic acid, caffeic acid, catechol, DOPA, *p*-cresol, *p*-hydroxyphenyl propionic acid, *p*-hydroxyphenyl pyruvic acid, *m*-cresol

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในผักและผลไม้คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์และสารประกอบฟีนอลที่เป็นสับสเตรท ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิและออกซิเจน เป็นต้น ความเข้าใจในรายละเอียดกลไกของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะทำให้สามารถควบคุมผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ (Martinez and Whitaker, 1995) โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้เป็นปฏิกิริยาของสารประกอบโมโนฟีนอลที่มีอยู่ในพืช ในภาวะที่มีออกซิเจนในอากาศ และเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส หรือที่รู้จักในชื่อ catechol oxidase, catecholase diphenol oxidase *o*-diphenolase phenolase และ tyrosinase ซึ่งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสเป็นเอนไซม์ที่มีโลหะทองแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ 1 คู่ ทองแดงในเอนไซม์สามารถจับกับออกซิเจน ทำให้เกิดการออกซิไดส์สารประกอบฟีนอลในผักและผลไม้ได้ (Mayer and Havel, 1991) การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสมีอยู่ 1 หรือ 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันสารประกอบ monophenol ไปเป็นสารประกอบ *o*-dihydroxy ขั้นที่ 2 เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของ *o*-dihydroxyphenols ไปเป็น quinone สารที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาที่เร่งด้วนเอนไซม์ PPO นี้จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยบเอนไซม์ กับ สารประกอบฟีนอลตัวอื่นๆ กรดอะมิ โน โปรตีน และองค์ประกอบของเซลต่างๆ ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (Lyidogan and Bayindirli, 2004)

การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ ในภาคอุตสาหกรรมนิยมใช้สารรีดิวซ์ (reducing agent) จำพวกซัลไฟต์ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โซเดียมซัลไฟต์ โปแตสเซียมซัลไฟต์ โปแตสเซียมไบซัลไฟต์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และโปแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ (Friedman, 1996) สารประกอบซัลไฟต์เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีความสำคัญต่อวงการอุตสาหกรรมอาหารมาก นอกจากจะมีการใช้เป็นวัตถุกันเสียหรือฟอกสีน้ำตาลหรือใช้ปรับปรุงคุณภาพแป้งแล้ว สารปร ะกอบซัลไฟต์สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในอาหารทั้งชนิดที่มีเอนไซม์และไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องได้ ในส่วนการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง สารประกอบซัลไฟต์จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอนิลที่เกิดขึ้นทำให้สามารถยับยั้งรงควัตถุ ที่จะเกิดขึ้นได้ (Sayavedra-Soto and Montgomory, 1986; Wedzicha,1987) ซึ่งในอุตสาหกรรมอาหารจะใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ซึ่งมีโครงสร้างดังภาพที่ 2.3 (ก) โดยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่นำมาใช้ในกระบวนอุตสาหกรรเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผักหรือผลไม้ให้มีลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้นาน โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เมื่อถูกความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยทั่วไปซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะระเหยไปกับไอน้ำถึงร้อยละ 90 สำหรับปริมาณที่อนุญาตให้มีได้ในผลิตภัณฑ์คือน้อยกว่า 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณ 8 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองของระบบหายใจ ปริมาณ 20 ส่วนในล้านส่วน จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา ถ้ารับประทานเข้าไปไม่มากร่างกายจะขับออกทางปัสสาวะได้ แต่ถ้ามากเกินไปจะมีผลไปลดประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและไขมันในร่างกายของคนเราและมีฤทธิ์ทำลายวิตามินบี 1 ด้วย ถ้าซัลเฟอร์ไดออกไซด์สะสมในร่างกายมากๆ อาจทำให้ตายได้ในผู้ที่แพ้มากหรือเป็นหอบหืด องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าความปลอดภัยไว้ คือ ปริมาณที่ได้รับไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/คน/วัน (ADI : Acceptable Daily Intake) เนื่องจากผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคดังกล่าวนี้ จึงทำให้มีข้อจำกัดในการใช้ซัลไฟต์ FDA ได้กำหนดปริมาณสารตกค้างของซัลไฟต์ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดเช่นเดียวกับองค์การอนามัยโลก (Sapers, 1993)



(ก) **(ข)** **(ค)**

ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของสารประกอบโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (ก) วิตามินซี (ข) และกรดซิตริก (ค)

นอกจากสารรีดิวซ์ (reducing agent) จำพวกซัลไฟต์แล้วสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลทางการค้าที่นิยมนำมาใช้ยังมีอีกหลายชนิดตัวอย่างเช่น วิตามินซี และกรดซิตริก โดยทั่วไปวิตามินซีซึ่งมีโครงสร้างดังภาพที่ 2.3 (ข) มีประโยชน์มากมายดังเช่น ปกป้องเซลล์ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน สุขภาพและความแข็งแรงของเนื้อเยื่อในร่างกายที่เกี่ยวข้องกับเส้นเอ็น และปริมาณคอลลาเจนก็มีผลมาจากปริมาณวิตามินซีในร่างกาย นอกจากนี้วิตามินซียังมีฤทธิ์ในการเป็นสารแอนตี้อ็อกซิแดนท์ที่ดี จึงสามารถป้องกันการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี และช่วยให้ร่างกายสามารถรีไซเคิลสารต้านอนุมูลอิสระตัวอื่นๆ ได้ (นิตยสารชีวจิต 2549) กรดชนิดนี้นิยมทำมาใช้ยับยั้การเกิดสีน้ำตาล และยังส่งผลให้ความเป็นกรดของผักผลไม้สูงขึ้น หรือ pH ต่ำลงเมื่อใช้วิตามินซี โดยวิตามินซีจะรีดิวซ์ *o*-benzoquinones กลับไปเป็น *o*-diphenols ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Golan-Goldhirsh *et al*., 1992) จากคุณสมบัติดังกล่าววิตามินซีจึงถูกทำมาใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้หลายชนิดตัวอย่างเช่น 0.2% ของสารละลายวิตามินซีที่อุณหภูมิ 10 °C สามารถยับยั้งการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นลูกพีช (Zhu *et al*., 2009) ชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของหัวแก่นตะวันหรืออาร์ติโชคได้ (Lattanzio *et al*., 1989) ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious ได้ (Chiabrando and Giacalone, 2012; Son *et al*., 2001; Tortoe *et al*., 2007) ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของแอปเปิ้ลพันธุ์ Jonagored ที่แช่เย็น ณ อุณหภูมิ 4°C ได้ (Rocha and Morais, 2005) และในปี 2008 Jeong และคณะพบว่าสารละลายสารละลายวิตามินซีความเข้มข้น 0.5% w/v สามารถยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสของแอปเปิ้ลพันธ์ Fuji เมื่อเป็นในที่มืด ณ อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน (Jeong *et al*., 2008) รวมทั้งยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของน้ำแอปเปิ้ลได้ (Özoğlu and Bayındırli, 2002)

กรดซิตริก หรือกรดมะนาว ซึ่งมีโครงสร้างดังภาพที่ 2.3 (ค) สามารถพบได้ในผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวหลายชนิดตัวอย่างเช่น มะนาว ส้ม และสับปะรด เป็นต้น กรดซิตริกจึงได้รับการยอมรับว่าเป็นสารเคมีที่ปลอดภัย สามารถเติมลงในอาหารได้โดยไม่เป็นอันตราย นอกจากนี้กรดซิตริกยังสามารถย่อยสลายได้ง่ายและถูกนำมาใช้ในการผลิตน้ำมะนาวเทียม ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม มีการใช้กรดซิตริกเป็นสารให้กลิ่น รส ในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป และอาหารกึ่งสำเร็จรูปต่างๆ เช่น น้ำผลไม้ ลูกกวาด เจลลี่ กรดซิตริกถูกนำมาใช้ปีนสารลดความฝาด ควบคุมความเป็นกรด- ด่าง ป้องกันการเน่าเสียของเครื่องดื่ม ป้องกันการตกผลึกของน้ำผึ้ง และป้องกันน้ำผลไม้ขุ่น เป็นต้น

ด้วยคุณสมบัติที่กรดซิตริกสามารถยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสโดยการลดสภาพความเป็นกรดของอาหารและสามารถจัดกับ Cu^{2+} ในบริเวณ (active site) ของเอนไซม์ได้สารที่ไม่สามารถทำงานได้ (Martinez and Whitaker, 1995) กรดซิตริกจึงถูกนำมาใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้หลายชนิดเช่นเดียวกับวิตามินซี ดังตัวอย่างเช่น สารผสมระหว่าง วิตามินซี (L-ascorbic) กับ L-cysteine และ calcium chloride สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นพีชสดที่เก็บในฟิลม์ PVC หนา 30 ไมโครเมตร ณ อุณหภูมิ 4±1°C เป็นเวลา 6 วัน (Amauri *et al*., 2008) และในปี 2007 พบว่ากรดซิตริกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious ได้ (Tortoe *et al*., 2007) ในปี 2003 และ 2006 กรดซิตริกได้ถูกนำมาใช้ในการรักษาสภาพของลองกองหลังการเก็บเกี่ยว (Sardsud *et al*., 2003; Whangchai *et al*., 2006) และต่อมากรดซิตริกได้ถูกนำมาใช้รวมกับไคโตซาน (chitosan) โดยในปี 2009 การจุ่มผลลองกองลงในสารละลายไคโตซาน 1.2% w/v ที่ผสมกับกรดซิตริก 1.0% w/v ที่ pH 3.3 เป็นเวลา 2 นาที พบว่าสารผสมนี้มีค่า browning index ที่สามารถเก็บรักษาผลลองกองให้อยู่ในสภาพที่ยอมรับนานสูงสุด 27 วัน ขณะที่กรดซิตริก 1.0% w/v เพียงสารเดียวสามารถเก็บรักษาไว้ได้เพียง 20 วัน (Apai *et al*., 2009) และสามารถรักษาสภาพของลิ้นจี่หลังการเก็บเกี่ยว (Terdbaramee *et al*., 2003) โดยปัจจุบันกรดซิตริกผสมรวมกับวิตามินซีสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของลิ้นจี่โดยสามารถลดแอคทิวิตี้ของเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสได้ (Pankaj *et al*., 2014)

นอกจากการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารเคมีกลุ่มรีดิวซ์ซิงจำพวกซัลไฟต์ วิตามินซี และกรดซิตริกแล้ว การควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยใช้สารธรรมชาติเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากหลังจากพบว่าพืช ผัก ผลไม้ และสารจากธรรมชาติบางชนิดมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ ตัวอย่างเช่น โปรตีนไฮโดรไลเสทและกรดแอมิโนบางชนิดจากนมสามารถนำมาใช้ยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในเห็ด อโวคาโด้ และกล้วย (Kahn, 1985) เซอริซินในไหมสามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (Kato *et al* ., 1998) สารสกัดจากเมล็ดส้มสามารถแสดงสมบัติยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผัก (Park *et al* ., 1999) เปปไทด์จากน้ำผึ้งสามารถนำมาใช้ยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในเห็ด (Ates, 2001) สารสกัดจากเห็ดเข็มทอง (‘Enokitake’ mushroom) สามารถยั้บยั้งการเกิดสีน้ำตาลของแอปเปิ้ลได้ (Jang, 2002) ไลโซไซม์ในไข่ขาวยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในเห็ด (Li *et. al*., 2006) สารสกัดจากหัวหอมยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของลูกแพร (Kim *et al* ., 2005) สารสกัดจากชาเขียวยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious (Soysal, 2009) ผลของด็อกโรสและเยื่อหุ้มเมล็ดทับทิมสามารถยั้บยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในพืชหลายชนิดได้ (Zocca *et al* ., 2011) น้ำผึ้งสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิล (Oszmainski and Lee, 1990) และในปีถัดมา Chen และคณะได้ทำการทดสอบน้ำผึ้งจากดอกไม้ 7 ชนิดต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์พอลิ-ฟีนอลออกซิเดส โดยทดสอบ PPO activity ของมันฝรั่งพันธุ์ Idaho baking มันฝรั่งพันธุ์หวาน (sweet potato) แอปเปิ้ลพันธุ์ Red Delicious และลูกแพรพันธุ์ d’ Anjou (Chen *et al*., 2000) โดย Martynuik ได้ทำการแยกสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในน้ำผึ้งแล้วพบว่า สารประกอบฟีนอลนี้มีผลในการยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสสูง (Martynuik, 1994) ส่วนในปี 1993 พบว่าน้ำสับปะรดสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นแอปเปิลสดและแห้งได้ (Lozzano-de-Gonzalez *et al*., 1993) ส่วน Kubo และ Kinst-Hori พบว่า สารฟีนอลที่พบในเมล็ดผักชี (*Pimpinella anisum*) ที่แยกสารประกอบฟีนอลออกโดยการกลั่นด้วยไอน้ำสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของ L-DOPA โดย tyrosinase จากเห็ดได้ (Kubo and Kinst-Hori ,1998) นอกจากนี้การจุ่มถั่วงอกและหัวหอมหั่นในสารสกัดจากเมล็ดส้มร่วมกับกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกจะยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้สารสกัดจากเมล็ดส้มเพียง

อย่างเดียว (Park *et al*., 1999) พบว่า สารสกัดจากมะนาว (lime) ทั้งผลสามารถต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase ได้ดีกว่าสารสกัดจากเปลือกของมะนาวแห้ง (Sariri and Ghafoori, 2009) นอกจากนี้มีการนำเวย์โปรตีน (whey protein) หรือโปรตีนสกัดจากหางนมที่เหลือจากกระบวนการผลิตเนยแข็ง (Altunkaya, 2011) และมีการใช้น้ำมันหอมระเหย 3 ชนิดคือ clove cinnamaldehyde และ thyme ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเห็ดแชมปิยอง *(Agaricus bisporus)* 16 วันในการเก็บที่สภาวะเย็น (Gao *et al*., 2014)

แตงกวา *(Cucumis Sativus* Linn.) เป็นไม้เถาเลื้อยล้มลุกตระกูลเดียวกับฟักทอง และแตงโม ผลกลมยาว มีหลายพันธุ์ รูปร่างขนาดแตกต่างกันไป ผิวผลบาง สีเขียว มีสีขาวแต้มทั่งผล เมื่อสุกจะมีสีเหลืองหรือเหลืองอมน้ำตาล ภายในมีเมล็ดรูปไข่หรือรีแบน ดังภาพที่ 2.4 ผลและเมล็ดอ่อนสามารถนำมารับประทานเป็นยาระบายอ่อนๆ บำรุงธาตุ แก้ไข้ แก้กระหายน้ำ และขับปัสสาวะ ส่วนผลสามารถนำมาใช้ตำเป็นยาพอกภายนอกแก้อักเสบและรักษาแผลไฟลวก น้ำจากผลสามารถนำมาใช้รักษาโรคหนัง เนื้อในเมล็ดแก่สามารถนำมารับประทานเป็นยาขับพยาธิ โดยมีข้อมูลจากตำรายาไทยระบุให้ใช้แตงกวาที่คว้านไส้ออกใส่ผงสารส้มให้เต็ม เผาไฟพอสุก บีบคั้นเอาน้ำดื่มแก้ขัดเบา ในแถบประเทศอินโดจีนชาวอินโดจีนใช้ผลดิบต้มให้เด็กกินแก้บิด ส่วนของใบแก้ท้องเสียและสามารถลดความดันโลหิตสูงได้ (นิดดา หงษ์วิวัฒน์ และคณะ; 2550) นอกจากนี้แตงกวาเป็นพืชที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงมากแต่ให้พลังงานต่ำ (Mukherjee *et al*., 2013) และยังพบว่าส่วนต่างๆ ของแตงกวามีคุณสมบัติ ที่น่าสนใจหลายๆ สมบัติเช่น น้ำ ผิว และเนื้อของแตงกวามีฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระได้ดี (Guohua *et al* ., 1996; Mukherjee *et al*., 2013) น้ำและผลแตงกวาสามารถต่อต้านริ้วรอยและชะลอความแก่ได้ (Kai *et al*., 2008; Hogade *et al*., 2010; Nema *et al*., 2011; Mukherjee *et al*., 2013) และแตงกวาสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไธโรซิเนส (tyrosinase) ได้ (Gandía-Herrero, *et al.,* 2003) โดยพบว่าแตงกวามีสารสำคัญอยู่หลายชนิดดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สารสำคัญที่พบในแตงกวา (Mukherjee, 2013)

Substances	Compounds
Cucurbitacin	Cucurbitacin A, Cucurbitacin B, CucurbitacinC, Cucurbitacin D, Cucurbitacin E, Cucurbitacin I
Cucumerin	Cucumerin A, Cucumerin B
Orientin	Orientin, Isoorientin
Cucumegastigmanes	Cucumegastigmanes I, Cucumegastigmanes I I
Indole	Indole -3-aldehyde, Indole-3-corboxylic acid

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

Substances	Compounds
Isovitexin	Isovitexin 2”-*o*-(6”-(E)-*p*-cou maroyl) glucoside Isovitexin 2”-*o*-(6”-(E)-*p*-cou maroyl) glucoside-4’-*o*-glucoside Isovitexin 2”-*o*-(6”-(E)-feruloyl) glucoside -4’ -*o*-glucoside Isoscoparin 2”-*o*-(6”-(E)-*p*-cou maroyl) glucoside Isoscoparin 2”-*o*-(6”-(E)- feruloyl) glucoside -4’-*o*-glucoside Isovitexin 2”-*o*-(6”-(E)- feruloyl) glucoside Isoscoparin 2”-*o*-(6”-(E)- feruloyl) glucoside
Giucoside	Vicenin-2 , Apigenin 7-*o*-(6”-*o*-p-coumaroylglucoside) Quercetin 3-*o*- giucoside, Kaempferol-3-*o*- giucoside , Isorhamnetin -3-*o*- giucoside , Kaempferol 3-*o*-rhamnos
Saponarin	Saponarin 4-*o*- giucoside

ภาพที่ 2.4 แตงกวาพันธุ์บงกช

ลูกตาลอ่อน หรือ Palmyra Fruit เป็นส่วนของผลตาล ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวหลังจากออกจั่นแล้ว 2½ - 3 เดือน นำมาเฉาะเอาเมล็ดข้างในที่ยังอ่อนอยู่ออกมา เรียกทั่วไปว่า “ลอนตาล” ในลูกตาล 1 ลูก จะมีลอนตาลประมาณ 3 ลอน (ยุม) ลอนตาลอ่อนเมื่อปลอกเปลือกหุ้มเมล็ดออก จะเป็นเนื้อสีขาว ดังภาพที่ 2.5 อ่อนนุ่มมีรสหวานมัน ใช้บริโภคหรือนำไปเชื่อม ต้นตาลโตนด 1 ต้น สามารถให้ลูกตาลสดเฉลี่ย 10 – 13 ทะลาย / ปี ใน 1 ทะลาย จะมีผลเฉลี่ย 5 – 10 ผล ขึ้นอยู่กับฤดูกาลแทงช่อดอก ลูกตาลอ่อนมีส่วนประกอบของน้ำอยู่ 89.4% ไขมัน 0.6% คาร์โบไฮเดรต 8.9% เยื่อใย 0.5% แคลเซียม 7.0% ฟอสฟอรัส 22.0% เหล็ก 0.9% แซนโทฟิล 546.64 มล./กก.

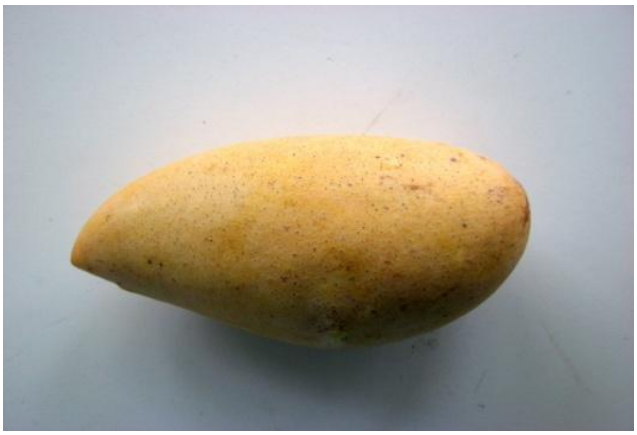
ภาพที่ 2.5 ลูกตาลอ่อน (ลูกตาลลอยแก้ว, 2555)

กล้วยหอมทอง หรือ Gros Michel banana มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ที่รู้จักกันดีคือ *Musa (AAA group)* "Kluai Hom thong" มีลักษณะทั่วไปคือมีลำต้นสูงประมาณ 2.5 - 3.5 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 20 เซนติเมตร ก้านใบมีร่องค่อนข้างกว้างและมีปีก เส้นกลางใบสีเขียวดอก ก้านเครือมีขน ปลีรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายแหลม เครือหนึ่งมี 4 - 6 หวี หวีหนึ่งมี 12 - 16 ผล กว้างประมาณ 3 - 4 เซนติเมตร ยาว ประมาณ 21 - 25 เซนติเมตร ปลายผลมีจุก เปลือกมีลักษณะบาง เมื่อสุกเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองดังภาพที่ 2.6 ส่วนบริเวณปลายจุกจะมีสีเขียวแล้วเปลี่ยนสีภายหลัง เนื้อมีลักษณะสีเหลืองเข้ม มีกลิ่นหอม และรส กล้วยหอมมีสารสำคัญที่พบหลายชนิดเช่น น้ำตาลซูโคส ฟรุคโตส กลูโคส วิตามินบี และ สารทริปโตแฟน (tryptophan) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง ซึ่งร่างกาย สามารถเปลี่ยนให้เป็นสารเซโรโทนิน (serotonin) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ทำให้ร่างกายรู้สึกผ่อนคลาย มีความสุข และลดความรู้สึกกังวลได้ การกินกล้วยหอมยังช่วยทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดสมองได้เป็นอย่างดี (กล้วยหอมทอง, 2556)

มะม่วงน้ำดอกไม้ หรือ ลักษณะลำต้น ไม้ยืนต้นขนาดกลาง – ใหญ่ ผิวเปลือกสีน้ำตาลลำต้นขรุขระ เห็นร่ องเปลือกชัดเจน แตกกิ่งก้านมาก ใบเป็นใบเดี่ยว ออกวนรอบๆกิ่ง ใบเรียวยาว ปลายใบแหลม ใบอ่อนมีสีแดง ใบแก่สีเขียวจัด ผิวสัมผัสเรียบลื่นไม่มีขน ดอกประกอบรูปฉัตร สีเหลืองนวล บ าน จากโคนช่อไปปลายช่อ มีกลิ่นหอม เมื่อร่วงหล่นจะมีผลเล็กๆ อยู่ภายใน ผลค่อนข้างเรียวยาว มีสีทอง ตั้งแต่เป็นผลแก่ดังภาพที่ 2.7 เนื้อแน่นละเอียด ผลแก่รสเปรี้ยว ผลสุกรสหวา นจัด มีกลิ่นหอม มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L.) เป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง ผลสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานของระบบประสาทมาก โดยมีการวิจัยพบว่ามะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีสารต้านมะเร็งสูง มีกรดดีอยู่หลายชนิดช่วยบำรุงผิว มีวิตามินเอ วิตามินอี และซีลีเนียม และพบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระ เหล็ก และแอนตี้ออกซิแดนท์กลุ่มฟีนอลิก และยังมีส่วนป้องกันมะเร็งเต้านม มะเร็งทางเดินอาหารและมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ สารสกัดน้ำของมะม่วงน้ำดอกไม้สุกจะมีปริมาณ total phenolic compound 413.61±17.28 mg of Gallic Acid Equivalent (GAE)/mg fruit weight มีปริมาณเบต้าแคโรทีน 6.19 µg/g ในขณะที่สารสกัดแอลกอฮอล์ของมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีปริมาณ total phenolic compound 513.79±27.17 mg of Gallic Acid Equivalent (GAE)/mg fruit

weight และมีปริมาณเบต้าแคโรทีน 47.21 mg/g มะม่วงน้ำดอกไม้ถือได้ว่าเป็นอาหารเสริมสุขภาพที่มีศักยภาพ สามารถนำมาสร้างเสริมประสิทธิภาพการเรียนรู้และความจำทั้งในภาวะปกติและป้องกันความจำบกพร่องเหมือนที่พบในโรคสมองเสื่อม (*จินตนาภรณ์, 2556)*

ภาพที่ 2.6 กล้วยหอมทอง (สหกรณ์การเกษตรท่ายาง, 2557)



ภาพที่ 2.7 มะม่วงน้ำดอกไม้

ภาพที่ 2.8 แอปเปิ้ลฟูจิ (Elliott, 2014)

แอปเปิ้ลฟูจิ หรือ *Malus domestica* เป็นผลไม้เมืองหนาว ซึ่งมีปลูกมากทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยทั่วไปต้นแอปเปิ้ลมีรูปร่างเกือบเป็นทรงกลม ใบเป็นใบเดี่ยว เขียวสลับกันและขอบเป็นหยักผลคล้ายชมพู่มีรอยบุ๋มทางด้านขั้วและก้นดังภาพที่ 2.8 คุณค่าโภชนาการเมื่อกินแอปเปิ้ลโดยไม่ปอกเปลือกจะมีพลังงานประมาณ 80 แคลอรี วิตามินบี 6 เท่ากับ 0.1 มิลลิกรัม วิตามินซี 7.9 มิลลิกรัม เหล็ก 0.2 มิลลิกรัม ทองแดง 0.1 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 158.7 มิลลิกรัม เมื่อปอกเปลือกปริมาณสารสำคัญต่างๆ ก็จะลดลงไปจากที่กล่าวไว้ นอกจากนี้แอปเปิ้ลยังมีสารสำคัญอื่นๆ ตัวอย่างเช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินซี และเส้นใยไฟเบอร์ชนิดละลายน้ำได้ คือ เพคติน มีกรด 2 ชนิด คือ กรดมาลิค และกรดทาร์ทาริกซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการย่อยอาหารจำพวกโปรตีนและไขมัน นอกจากนั้นยังมีการกล่าวถึงสรรพคุณบำรุงหัวใจ ลดคลอเลสเตอรอล ลดความดัน ควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด กระตุ้นการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ และฆ่าเชื้อไวรัส บทความในวารสารการแพทย์สหรัฐอเมริกา พ .ศ. 2470 (กระยาทิพย์, 2547) ยกให้แอปเปิ้ลเป็นผลไม้เหมาะสำหรับผู้ป่วยภาวะเลือดเป็นกรด ไขข้อรูมาติก เกาต์ ดีซ่าน และอื่นๆ แอปเปิลยังช่วยควบคุมน้ำหนัก เพราะมีแป้งและน้ำตาลถึง 75% ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่ร่างกายดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเวลาไม่เกิน 10 นาที ดังนั้นความอยากอาหารจึงลดลง ทั้ งทำให้ไม่รู้สึกหงุดหงิดและอ่อนเพลียระหว่างรอเวลาอาหารมื้อใหญ่ แต่แอปเปิ้ ลผลสดๆ เท่านั้นที่มีสรรพคุณนี้ การดื่มน้ำแอปเปิ้ลไม่ทำให้หายหิว แต่จะทำให้น้ำหนักเพิ่มด้วย กินแอปเปิ้ ลวันละ 2-3 ผลช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในเส้นเลือด แต่จะได้ผลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ แต่ละบุคคล แอปเปิ้ ลลดคลอเลสเตอรอลในผู้หญิงได้ดีกว่าผู้ชาย คณะวิจัยมหาวิทยาลัยพอลซาบาทิเอร์ เมืองตูลูส ฝรั่งเศส ทดลองในอาสาสมัครวัยกลางคนทั้งผู้หญิงและผู้ชาย 30 คน โดยให้กินอาหารเหมือนเดิมทุกประการ แต่กินแอปเปิ้ ลด้วยวันละ 3 ผล ทุกวัน เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าอาสาสมัคร 24 คน มีปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือดลดลง บางคนลดมากกว่า 10% และเมื่อกรดในทางเดินอาหารย่อยสลายไขมันแยกคลอเลสเตอรอลออกมาแล้ว เพคตินจะคอยดักจับคลอเลสเตอรอลเหล่านั้นนำไปทิ้งก่อนจะถูกดูดกลับเข้าสู่ร่างกาย เป็นการขจัดคลอเรสเตอรอลออกไป แอปเปิ้ลเป็นผลไม้ที่เหมาะกับผู้ป่วยเบาหวาน และผู้ต้องการควบคุมน้ำตาลในเลือด ปกติเมื่อกินอาหารเข้าไป อาหารแต่ละชนิดจะย่อยสลายและดูดซึมผ่านผนังกระเพาะลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดจะเพิ่มช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอาหารนั้น เช่น ถ้ากินน้ำผึ้ง น้ำตาลในเลือดจะขึ้นฮวบฮาบทันที แต่สำหรับแอปเปิ้ล ถึงจะมีน้ำตาลธรรมชาติในเนื้อแอปเปิ้ลมาก แต่ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เท่านั้น และยังพบว่าคนที่กินอาหารที่มีไฟเบอร์มากๆ มีโอกาสเกิดเบาหวานต่ำกว่าคนที่กินน้อย และสำหรับคนที่เป็นเบาหวานไฟเบอร์จะช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดด้วยแอปเปิ้ลมีไฟเบอร์ชนิดละลายน้ำสูงมากกินแอปเปิ้ลรักษาหุ่นเอ็นไซม์ในแอปเปิ้ลช่วยลดน้ำหนักสิทธิภาพสำหรับการลดน้ำหนักได้นอกเหนือไปจากวิตามินและเกลือแร่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย แล้วในแอปเปิ้ ลหนึ่งผลจะให้พลังงานแก่คุณเพียง 47 แคลอรี อีกยังมีเอ็นไซม์ที่ จะเผาผลาญสารอาหารช่วยทำให้ระบบย่อยและระบบขับถ่ายทำงานดีขึ้นพร้อมกันนั้นก็อุดมไปด้วยเพกติกสารคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งซึ่งสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียร้ายในระบบทางเดินอาหารตัวการที่ทำให้คุณเกิดอาการท้องร่วงและยังสามารถช่วยลดความดันโลหิตและลดคลอเลสเตอรอลที่อุดตันในเส้นเลือดได้เป็นอย่างดี กรดผลไม้ทำให้หายอยากอาหาร เนื่องจากกรดผลไม้ที่มีอยู่ในแอปเปิ้ลสามารถช่วยควบคุมและยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนแห่งความอยากอาหาร ด้วยเหตุนี้เมื่อรับประทานแอปเปิ้ลไปสองผลจะไม่มีความรู้สึกอยากรับประทานอาหารอื่นใดอีกเลย นอกจากนี้กรดผลไม้ของแอปเปิ้ลยังสามารถช่วยพยุงไม่ให้ระดับของโปรตีนในร่างกายลดต่ำลงและขณะเดียวกันก็ยังช่วย

ป้องกันไม่ให้ไขมันถูกดึงมาเก็บสะสมไว้ในร่างกายเพิ่มเติมอีก นอกจากนี้แอปเปิ้ลยังช่วยลดการหลุดร่วงของเส้นผม ผมที่ยังดกหนาอยู่จะช่วยทำให้ไม่ดูแก่กว่าวัย โดยทางการแพทย์จีนถือว่า การที่ผมหลุดร่วงเป็นสัญญาณการทำงานของไตที่บกพร่อง แต่ว่าแอปเปิ้ลเป็นหนึ่งในผักผลไม้หลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อไต อีกทั้งยังช่วยให้การหมุนเวียนเลือดไปที่รากผมดีขึ้นอีกประการหนึ่งด้วย (กระยาทิพย์, 2547)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การใช้สารสกัดจากแตงกวาเพื่อใช้ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ สามารถศึกษาได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ตัวอย่าง สมมติฐานการวิจัย และตัวแปร

ตัวอย่าง:

1. แตงกวาเป็นแตงกวาพันธุ์บงกชที่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรี

2. ผักและผลไม้ คือ ผักและผลไม้ที่เกิดสีน้ำ ตาลได้ง่าย และเป็นพันธ์ที่นิยมบริโภคหรือส่งออก ลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ เป็นต้น

สมมติฐานการวิจัย: สารสกัดจากแตงกวาสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่มีอยู่ในผักและผลไม้

ตัวแปร:

ตัวแปรต้น สารสกัดจากแตงกวา หรือ น้ำแตงกวา

ตัวแปรตาม ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในผักและผลไม้ เช่น ค่า *L a b* และ % Inhibition ของเอนไซม์เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในผักและผลไม้

ตัวแปรควบคุม พันธุ์ของในผักและผลไม้ พันธุ์ของแตงกวา อุณหภูมิ ระยะเวลาการปั่นเหวี่ยง ระยะเวลาการวัดสี ความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวา สารเคมี เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2 เครื่องมือ (แสดงดังตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 เครื่องมือ

ชื่อเครื่องมือ	บริษัท	รุ่น
1. Heating Water Bath	Hettich	WB 22
2. pH meter	Chemical Panacea Co., Ltd	S/N
3. Centrifuge : small	Hettich	Universal 32
4. Spectrophotometer, UV-VIS	Shimadzu	UV MINI 1240 V

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ชื่อเครื่องมือ	บริษัท	รุ่น
5. Transferpette	Nichryo Co., Ldt	Posttach
6. Magnatic stirrer	Jenway	1103
7. เครื่องปั่นผลไม้	philips	HZ-2001
8. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	CJP Scientific Co., Ldt	S/N
9. เครื่องวัดสี	Minolta Co., Ldt	CR-10
10. กล้องถ่ายรูปดิจิตอล	Cannon Co., Ldt	Power Shot S3 IS

3.3 อุปกรณ์

- บีกเกอร์ (Beaker)
- ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
- กระบอกตวง (Cylinder)
- หลอดหยด (Dropper)
- ปิเปต (Pipet)
- มีดและเขียง (Knife and Chopping block)
- แท่งแก้ว (Stiring rod)
- ขวดแก้วสีชา (Light brown glass bottle)
- นาฬิกาจับเวลา (Stopwatch)
- กล่องโฟม (Styrofoam box)
- หลอดทดลอง (Test tube)
- ผ้าขาวบาง (Staining cloth)

- ถุงพลาสติก (Polyethylene bag)

3.4 สารเคมี (แสดงดังตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 สารเคมี

ชื่อสารเคมี	ความบริสุทธิ์	บริษัทผู้ผลิต
1. L-ascorbic acid	A.R. grade	Ajax Finechem Pty Ltd
2. Citric acid	A.R. grade	Ajax Finechem Pty Ltd
3. Disodium hydrogen orthophosphate	A.R. grade	Ajax Finechem Pty Ltd
4. Sodium dihydrogen orthophosphate	A.R. grade	Ajax Finechem Pty Ltd;
5. 1% Polyvinylpyrrolidone	Chemistry grade	Sigma-Aldrich
6. 1,2-Dihydroxybenzol (Pyrocatechol)	A.R. grade	Sigma-Aldrich
7. Sodium metabisulphite	A.R. grade	Ajax Finechem Pty Ltd
8. Folin ciocalteu's phenol reagent	A.R. grade	Sigma-Aldrich
9. Triton x-100	A.R. grade	Sigma-Aldrich
10. Gallic acid	A.R. grade	Sigma-Aldrich

3.5 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ

โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design หรือ CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วัดความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 วิธีดำเนินการทดลอง

3.6.1 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้

ทำการศึกษาเปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาพันธุ์บงกชในผักและผลไม้ โดยทำการเปรียบเทียบสีที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเครื่องวัดสี บันทึกค่า *L a* และ *b* ที่เวลาเริ่มต้นจนถึง 6 ชั่วโมง และคำนวณหาค่า ΔE และค่า *Browning* และเปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผักและผลไม้ของสารสกัดแตงกวาพันธุ์บงกชโดยทำการเปรียบเทียบ %inhibition PPO ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.6.1.1 เตรียมสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% 75% 50% และ 25%

(1) ทำการเก็บตัวอย่างแตงกวาพันธุ์บงกชในจัดหวัดเพชรบุรี และจัดเก็บใส่ถุงพลาสติก แล้วนำมาใส่ไว้ในกล่องโฟมเพื่อกันกระแทกและการช้ำของตัวอย่าง

(2) นำแตงกวามาล้างทำความสะอาดและหั่นให้ละเอียด นำมาชั่งน้ำหนักประมาณ 1000 กรัม

(3) นำตัวอย่างแตงกวามาทำการเตรียมสารสกัด โดยทำการเติมน้ำกลั่นจำนวน 1000 มิลลิลิตร และทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 20 วินาที

(4) นำสารสกัดที่เตรียมได้มาทำการกรองผ่านผ้าขาวบางจะได้สารสกัดแตงกวา 100% w/v (หรือ 0.64 กรัมเนื้อแตงกวา/มิลลิลิตรของน้ำแตงกวา)

(5) จากนั้นทำการเตรียมสารสกัดจากแตงกวา 75% w/v (0.48 กรัมเนื้อแตงกวา/มิลลิลิตรของน้ำแตงกวา) โดยการนำสารสกัดแตงกวา 100% w/v มา 3 ส่วนทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 ส่วน จากนั้นเก็บสารสกัดแตงกวาที่ได้ใส่ขวดสีชา และนำไปแช่เย็นเก็บไว้ทันทีเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

(6) ทำการเตรียมสารสกัดจากแตงกวา 50% w/v (0.32 กรัมเนื้อแตงกวา/มิลลิลิตรของน้ำแตงกวา) โดยการนำสารสกัดแตงกวา 100% w/v มา 1 ส่วนทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 ส่วน จากนั้นเก็บสารสกัดแตงกวาที่ได้ใส่ขวดสีชา และนำไปแช่เย็นเก็บไว้ทันทีเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

(7) ทำการเตรียมสารสกัดจากแตงกวา 25% w/v % (0.16 กรัมเนื้อแตงกวา/มิลลิลิตรของน้ำแตงกวา) โดยการนำสารสกัดแตงกวา 100% มา 1 ส่วนทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 3 ส่วน จากนั้นเก็บสารสกัดแตงกวาที่ได้ใส่ขวดสีชาและนำไปแช่เย็นเก็บไว้ทันทีเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป

3.6.1.2 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในผักและผลไม้ด้วยเครื่องวัดสี (ต้องทำทุกขั้นตอนอย่างรวดเร็วเพราะผักและผลไม้มักเกิดสีน้ำตาลทันที)

(1) นำผักและผลไม้ ตัวอย่างเช่น ลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และ แอปเปิ้ลพันธุ์ ฟูจิ ทำการทดลองทีล่ะพืชแยกครั้งกัน โดยนำนำ ผักและผลไม้ที่ต้องการทดลองมาล้างทำความสะอาด

(2) หั่นผักและผลไม้ที่ต้องการทดลองเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งน้ำหนักประมาณ 100 กรัม นำลูกตาลอ่อนที่ได้ไปใส่ในเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

(3) เติมสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v จากข้อ 3.6.1.1 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ทำการปั่นเป็นเวลา 5 วินาที

(4) จากนั้นนำสารที่ได้นำไปเทใส่จานเพาะเชื้อ 3 จานอย่างรวดเร็ว เริ่มจับเวลาและวัดสีด้วยเครื่องวัดสีเป็นเวลาตั้งแต่เริ่มต้น ถึง 6 ชั่วโมงโดยประมาณ บันทึกเวลาและค่าการวัดสี *L a* และ *b* คำนวณหาค่า ΔE และ ค่า *Browning* และบันทึกภาพนิ่งที่ช่วงเวลาต่างๆ โดยแต่ละค่าแสดงถึงค่าของสีต่างๆ ดังนี้

L หมายถึง ค่าความสว่างมีค่า 0 – 100 โดย 0 หมายถึง สีที่มืดที่สุด และ 100 หมายถึง สีที่สว่างที่สุด

a หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือสีเขียว โดย *+a* หมายถึง แสดงความเป็นสีแดง และ *-a* หมายถึง แสดงความเป็นสีเขียว

b หมายถึง ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน โดย *+b* หมายถึง แสดงความเป็นสีเหลือง และ *-b* หมายถึง แสดงความเป็นสีน้ำเงิน

คำนวณหาค่า ΔE และ ค่า *Browning* ดังสมการด้านล่าง (Lyidogan, 2004)

ค่า $\Delta E = \sqrt{(L-L_0)^2+(a-a_0)^2+(b-b_0)^2}$

ค่า *Browning* = $\frac{\Delta L}{L_0} \times 100$

เมื่อ L_0 และ *L* คือ ค่า *L* ที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลาใดๆ
a_0 และ *a* คือ ค่า *a* ที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลาใดๆ
b_0 และ *b* คือ ค่า *b* ที่เวลาเริ่มต้นและที่เวลาใดๆ
ΔL คือ ค่า $L - L_0$

(5) ทำซ้ำข้อ 3-4 อีก 3 ครั้ง โดยเปลี่ยนสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100 %w/v มาเป็น 75% w/v 50%w/v และ 25% w/v จากข้อ (3) ตามลำดับ

(6) กรณีชุดควบคุมทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (4)-(5) แต่ไม่ต้องเติมสารสกัดจากแตงกวาใส่เพียงน้ำกลั่นอย่างเดียว 100 มิลลิลิตรเท่านั้น และเทลงในจานเพาะเชื้อ 1 จาน

3.6.1.3 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในผักและผลไม้

3.6.1.3.1 การเตรียมบัฟเฟอร์ pH 6.8 ของ Na_2HPO_4 และ NaH_2PO_4

(1) ชั่ง Na_2HPO_4 1.77 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร

(2) ชั่ง NaH_2PO_4 1.95 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร

(3) ผสมสารละลาย NaH_2PO_4 (จากข้อ 2) และสารละลาย Na_2HPO_4 (จากข้อ 1) ในอัตราส่วน 200:153 กวนสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่อง Magnetic stirrer ขณะที่ทำการผสมให้วัด pH ด้วย pH meter ตลอดเวลาจน pH เท่ากับ 6.8 (ในกรณีที่ค่า pH สูงเกิน 6.8 ให้เติมสารละลาย NaH_2PO_4 กรณี pH น้อยกว่า 6.8 ให้เติมสารละลาย Na_2HPO_4)

(4) ตวงบัฟเฟอร์ (จากข้อ 3) 50 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเติมสารละลาย 1%polyvinylpyrrolidone จำนวน 0.50 กรัม แล้วเติม Triton x-100 จำนวน 3 หยด กวนสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่อง Magnetic stirrer

(5) เก็บสารละลายใส่ขวดสีชานำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.6.1.3.2 การเตรียมสารสกัดเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจากผักและผลไม้

(1) นำผักและผลไม้ ตัวอ ย่างเช่น ลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วง พันธ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ ทำการทดลองทีล่ะพืชแยกครั้งกัน โดยนำนำผักและผลไม้ที่ต้องการทดลองมาล้างให้สะอาด ปอกเปลือกให้เรียบร้อย หั่นให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักประมาณ 50 กรัม ผสมกับบัฟเฟอร์ 6.8 จากข้อ 3.5.3.1 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

(2) ปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 15 วินาที กรองสารละลายด้วยผ้าขาวบางอย่างรวดเร็ว

(3) นำสารละลายใส่หลอด Centrifuge ปั่นเหวี่ยง 2500 rpm เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง

(4) เก็บใส่ขวดสีชานำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.6.1.3.3 การเตรียมสารละลาย Pyrocatechol

(1) ชั่งสาร Pyrocatechol จำนาน 0.550 กรัม ละลายในบัฟเฟอร์พีเอช 6.8 จากข้อ 3.5.3.1 จำนวน 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

(2) นำสารละลาย Pyrocatechol ที่ได้ใส่ลงในขวดสีชาแล้วนำไปแช่เย็นทันที

3.6.1.3.4 การวัดประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในผักและผลไม้ (ด้วยเครื่อง spectrometer UV-VIS)

(1) ปิเปตสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100 % w/v จากข้อ 3.6.1.1 จำนวน 500 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก

(2) ปิเปตสารละลาย Pyrocatechol จากข้อ 3.6.1.3.3 จำนวน 2500 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กในข้อ (1)

(3) เติมสารสกัดเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจากผักและผลไม้ที่ทดลองจำนวน 50 ไมโครลิตร จากข้อ 3.6.1.3.2 ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กในข้อ (1) ผสมสารละลายให้เข้ากัน และเริ่มจับเวลาทันทีที่ใส่เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจากผักและผลไม้

(4) เทสารละลายใส่ลงในคิวเวตและนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง (ABS) ด้วยเครื่อง spectrometer UV-VIS ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ทันทีที่เติมสารละลาย จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 15 วินาที จนครบ 75 วินาที บันทึกผลการทดลอง (ทำการทดลองเพิ่มอีก 2 ซ้ำ)

(5) กรณีชุดควบคุม หรือ blank ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1)-(4) โดยเปลี่ยนสารสกัดแตงกวาเป็นน้ำกลั่น เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสจากสูตรต่อไปนี้

$$\%\text{inhibition} = \frac{(\text{Slope blank} - \text{Slope สารสกัด})}{\text{Slope blank}} \times 100$$

(6) ทำการทดลองแต่ละความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาคือ 75%w/v 50% w/v และ 25% w/v จากข้อ 3.6.1.1 ตามลำดับโดยมี blank เป็นตัวเปรียบเทียบ (ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (1)-(5)

3.6.2 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ

3.6.2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid

(1) เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 1000 ppm โดยชั่งสาร galic acid 0.05 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร

(2) เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 800 ppm โดยปิเปตสารละลาย galic acid ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(3) เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 600 ppm โดยปิเปตสารละลาย galic acid ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 6 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(4) เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 400 ppm โดยปิเปตสารละลาย galic acid ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(5) เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 200 ppm โดยปิเปตสารละลาย galic acid ความเข้มข้น 1000 ppm ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(6) เตรียมสารละลายมาตรฐาน gallic acid ความเข้มข้น 100 ppm โดยปิเปตสารละลาย galic acid ความเข้มข้น 1000 ppm เป็นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร

(7) นำสารละลายมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก

(8) เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย Folin ciocalteu's phenol reagent ปริมาณ 250 ไมโครลิตร จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที

(9) เติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 20 % w/v ปริมาณ 750 ไมโครลิตร

(10) ผสมให้เข้ากัน นำไปจุ่มใน water bath ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

(11) เมื่อครบเวลาให้รีบนำมาแช่เย็นทันที ประมาณ 10 นาที แล้วนำไปแช่น้ำที่อุณหภูมิห้องประมาณ 10 นาที

(12) เทใส่คิวเวตต์ แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrometer UV-VIS ที่ความยาวคลื่น 765 nm บันทึกผลการทดลอง

(13) ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน gallic acid ที่ความเข้มข้น 200 400 600 800 และ 1000 ppm เช่นเดียวกับข้อ (7)-(12) บันทึกผลการทดลองและนำไปพล๊อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน gallic acid (ในการสร้างกราฟมาตรฐานจะต้องได้ค่า r^2 ตั้งแต่ 0.99 ขึ้นไปจึงจะสามารถนำมาคำนวณปริมาณสารฟีนอลิกที่มีอยู่ในสารสกัดแตงกวาได้)

3.6.2.2 การทดสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดแตงกวา

(1) นำสารสกัดจากแตงกวาที่มีความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v จากข้อ 3.6.1.1

(2) นำมาทดสอบค่าการดูดกลืนแสงของและทำการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดแตงกวาโดยใช้วิธีการทดลองตามข้อ (7)-(12) ในหัวข้อ 3.6.2.1 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน และนำไปคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้นต่างๆ

3.6.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า

(1) เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.07 % w/v (องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าความปลอดภัยในการใช้สารการค้า คือ ปริมาณที่ได้รับไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัม/คน/วัน) โดยชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.07 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทเก็บไว้ในขวดสีชา

(2) เตรียมสารละลายกรดซิตริก 0.07 % w/v โดยชั่งกรดซิตริก 0.07 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทเก็บไว้ในขวดสีชา

(3) เตรียมสารละลาย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 % w/v โดยชั่งสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นเทเก็บไว้ในขวดสีชา

(4) ปิเปตสารละลายกรดซิตริก 0.07 % w/v จำนวน 500 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก

(5) ปิเปตสารละลาย Pyrocatechol จากข้อ 3.6.1.3.3 จำนวน 2500 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก ข้อ (4)

(6) เติมสารสกัดเอนไซม์ พอลิฟีนอลออกซิเดสจากผักและผลไม้ ที่มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด (จากข้อ 3.6.1.3.2) จำนวน 50 ไมโครลิตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็กในข้อ (1) ผสมสารละลายให้เข้ากัน และเริ่มจับเวลาทันทีที่ใส่เอนไซม์

(7) เทสารละลายใส่ลงในคิวเวตต์และนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrometer UV-VIS ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ทันที จากนั้นอ่านค่าการดูดกลืนแสง ทุกๆ 15 วินาที จนครบ 75 วินาที บันทึกผลการทดลอง (ทำการทดลองเพิ่มอีก 2 ซ้ำ)

(8) ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ (4)-(7) โดยเปลี่ยนจากสารละลายกรดซิตริก 0.07 % w/v เป็นกรดแอสคอร์บิก 0.07 % w/v และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 % w/v ตามลำดับ (กรณีที่เป็น blank ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (4)-(7) โดยใช้น้ำกลั่นแทน)

(9.) จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้ของสารละลายแต่ละชนิด ไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และนำไปเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100 % w/v

3.6.4 การคำนวณทางสถิติ

นำค่าการวัดสี *L a b browning* ΔE %inhibition PPO และ Total phenolic ไปคำนวณสถิติด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16.0 วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี one-way analysis เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Least Significant Differences (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธีของ Duncan's multiple range tests

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้

การศึกษาเปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาพันธุ์บงกชในผักและผลไม้ แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองคือ เปรียบเทียบสีที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเครื่องวัดสี บันทึกค่า *L a* และ *b* ที่เวลาเริ่มต้นจนถึง 6 ชั่วโมง แสดงผลการทดลองดังหัวข้อ 4.1.1 และเปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผักและผลไม้ของสารสกัดแตงกวาพันธุ์บงกชโดยทำการเปรียบ เทียบ %inhibition PPO แสดงผลการทดลองดังหัวข้อ 4.1.2

4.1.1 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในผักและผลไม้ด้วยเครื่องวัดสี

4.1.1.1 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในลูกตาลอ่อน

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลาเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลาเริ่มต้น

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	51.57±2.86a	-3.67±0.60a	5.23±0.81b	-	-
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	49.43±0.40a	-3.07±0.38a	5.93±0.40ab	-	-
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	49.80±0.56a	-3.37±1.27a	6.87±1.50ab	-	-
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	49.17±0.46a	-2.40±0.26a	7.40±1.47ab	-	-
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	46.47±0.78b	-2.37±0.86a	7.97±2.05a	-	-

a และ b คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า L น้อยกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่มีค่า *a* ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25% w/v และ blank และพบว่าที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *b* สูงที่สุด

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 1-6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.2-4.7

ตารางที่ 4.2 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 1 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	46.00±0.72a	-4.03±0.57a	5.90±0.70bc	7.79±6.30a	7.79±5.08a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	44.50±0.20a	-3.73±0.06a	5.73±0.15c	5.00±1.04a	5.00±0.53a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	46.73±2.39a	-4.07±0.21a	6.80±0.20ab	3.69±4.62a	3.69±2.07a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	46.33±0.99a	-3.73±0.35a	7.53±0.55a	3.38±2.76a	3.38±1.15a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	45.10±0.26a	-4.13±0.12a	6.97±0.74a	2.79±1.40a	2.79±0.79a

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาทั้ง 4 ความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 2 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	44.37±0.45a	-2.60±1.44a	7.10±0.95a	10.60±5.64a	10.60±5.92a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	43.03±0.25b	-2.80±0.20a	6.20±0.17a	6.43±1.14ab	6.43±0.61ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	43.37±0.06b	-2.60±0.87a	7.30±0.96a	6.75±1.08ab	6.75±0.36ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	44.17±0.25a	-3.63±0.76a	6.20±0.46a	5.47±1.32ab	5.47±1.26ab
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	44.17±0.38a	-3.13±0.86a	6.63±0.95a	3.22±1.47b	3.22±0.80b

a และ b คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำกว่า blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 ค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 3 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	43.50±0.46ab	-3.23±0.90c	6.70±0.79a	11.13±5.49a	11.13±6.99a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	42.77±0.38bc	-1.67±0.15a	6.03±0.31a	6.84±1.43ab	6.84±0.76ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.70±0.52c	-2.23±0.31ab	6.33±0.42a	7.37±1.89ab	7.37±0.69ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.73±0.46a	-2.10±0.36ab	6.90±2.27a	5.56±1.77ab	5.56±0.85ab
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	43.50±0.46ab	-3.23±0.90c	6.70±0.79a	11.13±5.49a	11.13±6.99a

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าที่เวลา 3 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น และ blank มีค่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.5 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 4 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	42.83±0.32ab	-3.47±0.21b	7.47±0.64a	12.08±5.39a	12.08±6.69a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	42.27±0.06b	-1.87±1.21a	6.30±0.35b	7.38±0.73ab	7.38±0.61ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.30±0.62b	-1.63±0.29a	6.63±0.32b	7.91±1.91ab	7.91±0.57ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.27±0.49a	-2.63±0.86ab	6.67±0.12b	6.12±1.82ab	6.12±1.17ab
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	43.07±0.32ab	-2.57±0.31ab	6.13±0.25b	4.15±1.78b	4.15±1.43b

a และ b คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าที่เวลา 4 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำกว่า blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.6 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 5 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	42.07±0.51b	-2.80±0.26c	6.73±0.21a	12.87±5.52a	12.89±6.89a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	41.93±0.15b	-0.83±0.47a	5.43±0.29b	7.87±0.81ab	7.87±0.47ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	41.87±0.47b	-1.77±0.96ab	7.20±0.82a	8.45±1.71ab	8.45±0.35ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.03±0.40a	-1.20±0.44a	5.60±0.95b	6.51±1.61b	6.51±0.95b
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	42.23±0.35b	-2.60±0.00bc	6.93±0.06a	4.69±1.46b	4.69±0.97b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.6 พบว่าที่เวลา 5 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v และ 75% w/v มีค่าต่ำกว่า blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.7 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความ เข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนที่เวลา 6 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	40.90±1.14a	-0.87±0.55a	5.60±0.50c	14.61±6.81a	14.61±8.50a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	40.57±1.21a	-2.93±0.55b	6.97±0.40b	8.93±2.79ab	8.93±1.44ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	40.80±0.70a	-2.80±0.36b	7.93±0.38a	9.24±1.68ab	9.24±0.96ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	41.77±0.84a	-2.73±1.00b	6.47±0.68b	7.55±2.47ab	7.55±1.43ab
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	40.57±0.82a	-2.93±0.47b	6.30±0.10c	6.05±0.30b	6.05±0.45b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.7 พบว่าที่เวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง สารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *Browning* และค่า ΔE น้อยกว่า Blank อย่างมีนัยสำคัญ แต่จะมีค่าไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v

4.1.1.2 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในกล้วยหอมทอง

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ในกล้วยหอมทองที่เวลาเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลาเริ่มต้น

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	54.10±1.42a	-2.90±0.79a	8.50±1.05a	-	-
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	57.73±3.00a	-2.83±1.00a	8.53±0.64a	-	-
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	54.87±2.10a	-4.10±0.10ab	8.47±1.14a	-	-
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	56.47±2.20a	-5.03±1.19b	8.53±0.64a	-	-
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	50.13±0.59b	-2.90±0.79a	8.27±0.15a	-	-

a และ b คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *L* น้อยกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่มีค่า *a* ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 50% w/v 25% w/v และ blank และพบว่าที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *b* ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้นอื่น และ blank

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 1-6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.9-4.14

ตารางที่ 4.9 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 1 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	45.20±0.10c	-1.83±0.12c	7.77±1.25b	16.40±2.40a	10.64±1.29a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	46.70±0.49a	-1.40±0.17ab	9.33±0.31a	13.80±3.41a	8.10±2.70a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	48.90±2.79bc	-1.27±0.38a	7.83±0.46b	15.00±5.78a	8.77±3.03a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	48.27±0.10ac	-1.90±0.26bc	9.33±0.31a	13.33±3.21a	8.42±1.43a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	49.87±0.38ab	-1.83±0.12bc	8.47±0.25ab	3.70±0.36b	2.27±0.43b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ สารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25% w/v และ blank

ตารางที่ 4.10 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 2 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	43.57±0.71c	-1.53±0.61a	7.00±0.00ab	19.43±2.87a	10.42±2.52a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	48.03±0.84a	-1.17±0.21a	8.83±0.81a	16.43±2.83a	9.59±2.40a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	44.43±0.31c	-3.03±2.40a	5.97±1.79b	19.17±2.27a	11.16±1.74a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	47.67±0.12a	-2.17±0.32a	8.83±0.81a	15.50±3.12a	9.39±1.59a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	46.40±0.10b	-1.53±0.61a	7.93±0.46a	7.43±0.93b	4.03±0.53b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.10 พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ สารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25% w/v และ blank

ตารางที่ 4.11 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 3 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	42.90±0.56c	-1.67±0.38a	7.13±0.51a	20.60±3.08a	11.09±2.61a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	46.53±0.74a	-1.20±0.30a	8.17±0.31a	19.77±2.64a	10.25±3.94a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	43.40±0.17c	-1.60±0.30a	8.87±2.11a	21.07±2.40a	12.00±2.21a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	46.10±0.10a	-1.27±0.21a	8.17±0.31a	18.27±3.10a	11.26±1.71a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	45.23±0.06b	-1.67±0.38a	7.67±0.91a	9.77±0.91b	5.17±0.64b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.11 พบว่าที่เวลา 3 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.12 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 4 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	42.23±0.45d	-1.70±0.20a	6.77±0.64a	21.90±2.77a	11.85±2.51a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	45.03±0.06a	-1.60±0.66a	9.03±2.06a	22.37±3.31a	12.92±2.87a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	43.93±0.06c	-1.57±0.25a	7.47±0.46a	21.93±2.56a	12.32±1.99a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	45.43±0.06a	-1.47±0.15a	9.03±2.06a	19.47±3.11a	11.83±1.62a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	44.50±0.46b	-1.70±0.20a	7.57±0.42a	11.23±0.55b	5.85±0.36b

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าที่เวลา 4 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ สารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25% w/v และ blank

ตารางที่ 4.13 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 5 ชั่วโมง

Sample	L	a	b	Browning	ΔE
Blank	41.83±0.45c	-1.20±0.40a	7.57±1.25a	22.60±2.88ab	12.18±2.47a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	43.33±0.55b	-1.43±0.57a	7.13±0.25a	25.40±2.25a	14.55±2.47a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	41.80±0.36c	-0.00±2.00a	7.20±0.80a	24.03±1.90ab	13.48±1.76a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	44.60±0.26a	-1.37±0.35a	7.13±0.25a	20.93±2.60a	12.63±1.48a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	43.50±0.00b	-1.20±0.40a	7.33±0.21a	13.23±1.02c	6.96±0.82b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าที่เวลา 5 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.14 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองที่เวลา 6 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	40.53±0.31c	-1.20±0.20a	6.60±0.78a	25.03±2.50b	15.36±1.05a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	40.97±0.23c	-1.30±0.35a	6.53±0.32a	29.63±2.57a	17.00±2.72a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	41.00±0.35c	-1.33±0.23a	6.10±1.23a	25.50±2.55b	14.47±1.94a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.43±0.21a	-1.30±0.36a	6.53±0.32a	23.03±2.14b	13.84±1.17a
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	42.10±0.36b	-1.20±0.20a	8.33±2.40a	16.00±0.86c	8.50±0.41b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าที่เวลา 6 ชั่วโมง ค่า *Browning* และค่า ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าต่ำที่สุด

4.1.1.3 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในมะม่วงน้ำดอกไม้

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลาเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลาเริ่มต้น

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	42.53±0.11d	-5.06±0.15b	5.93±0.25d	-	-
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	42.93±0.25c	-5.00±0.20ab	6.70±0.20d	-	-
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	43.60±0.15c	-4.90±0.20ab	7.23±0.25c	-	-
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	44.66±0.20b	-4.70±0.20a	7.66±0.25b	-	-
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	46.60±0.26a	-4.66±0.15a	8.40±0.20a	-	-

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.15 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *L* และค่า *b* สูงที่สุดเมื่อเทียบกับ สารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่า *a* ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 1-6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.16-4.21

ตารางที่ 4.16 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 1 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	41.93±0.15e	-4.50±0.10a	5.33±0.15d	1.22±0.13c	1.00±0.03ab
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	42.56±0.20d	-4.40±0.20a	6.13±0.25d	1.49±0.13a	1.06±0.06a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.96±0.15c	-4.36±0.15a	6.70±0.20c	1.30±0.13bc	0.94±0.02bc
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.86±0.20b	-4.16±0.20a	7.16±0.20b	1.16±0.01c	0.89±0.03c
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	45.06±0.25a	-4.16±0.20a	7.80±0.20a	1.41±0.00ab	0.98±0.05ab

a b c d และ e คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดี ยวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.16 พบว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ blank หรือสารสกัดแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ แต่มีค่า *Browning* และค่า ΔE ไม่แตกต่างจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 25% w/v 50% w/v เป็นต้น

ตารางที่ 4.17 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 2 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	41.30±0.25e	-3.90±0.00a	4.80±0.20d	2.37±0.22b	1.96±0.11a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	42.03±0.20d	-3.83±0.20a	5.43±0.25d	2.83±0.14a	2.14±0.02a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.50±0.20c	-3.70±0.52a	6.13±0.20c	2.52±0.13c	1.96±0.19a
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.36±0.25b	-3.63±0.23a	6.73±0.25b	2.32±0.15b	1.73±0.06b
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	44.56±0.25a	-3.63±0.15a	7.33±0.25a	2.90±0.14a	1.92±0.06ab

a b c d และ e คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคั ญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.17 พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ blank หรือสารสกัดแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ และพบว่า

สารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *Browning* สูงกวาสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.18 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 3 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	40.90±0.35d	-3.40±0.00a	4.26±0.20c	3.80±0.34b	2.94±0.15ab
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	41.26±0.25d	-3.30±0.20a	4.83±0.25d	4.25±0.02a	3.16±0.03a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.03±0.15c	-3.20±0.64a	5.50±0.20c	3.59±0.11b	2.94±0.24ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	42.76±0.20b	-3.16±0.26a	6.33±0.25b	3.56±0.15b	2.52±0.09c
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	44.03±0.26a	-3.13±0.20a	6.86±0.20a	3.84±0.28b	2.69±0.14bc

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.18 พบว่าที่เวลา 3 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่า blank และสารสกัดแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ เล็กน้อย และพบว่าค่า *Browning* ไม่แตกต่างจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.19 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 4 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	40.30±0.35d	-2.93±0.05a	3.83±0.15c	5.09±0.35bc	3.81±0.15b
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	40.66±0.23d	-2.80±0.17a	4.26±0.20d	5.59±0.21a	4.12±0.08a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	41.46±0.25c	-2.73±0.60a	4.90±0.20c	4.74±0.14c	3.88±0.26ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	42.23±0.20b	-2.70±0.23a	5.86±0.15b	4.95±0.16bc	3.41±0.06c
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	43.53±0.26a	-2.60±0.26a	6.26±0.15a	5.25±0.14ab	3.66±0.06bc

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.19 พบว่าที่เวลา 4 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่า blank และสารสกัดแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ เล็กน้อย และพบว่าค่า *Browning* ไม่แตกต่างจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v 25% w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.20 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 5 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	39.90±0.41d	-2.46±0.11a	3.40±0.20c	6.38±0.53b	4.69±0.16b
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	40.20±0.25d	-2.36±0.11a	3.76±0.15d	6.94±0.04a	5.08±0.09a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	41.00±0.26c	-2.23±0.58a	4.30±0.20c	6.19±0.23b	4.84±0.21ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	41.63±0.15b	-2.23±0.23a	5.30±0.00b	6.03±0.03b	4.30±0.08c
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	42.96±0.10a	-2.16±0.30a	5.70±0.17a	6.19±0.11b	4.42±0.07c

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.20 พบว่าที่เวลา 5 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่า blank และสารสกัดแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ เล็กน้อย และพบว่าค่า *Browning* ไม่แตกต่างจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.21 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 6 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	39.30±0.15e	-2.03±0.15a	2.96±0.15c	8.53±0.56a	5.81±0.24b
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	39.66±0.30d	-1.86±0.20a	3.16±0.20d	7.98±0.16b	6.06±0.05a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	40.53±0.20c	-1.80±0.52a	3.76±0.25c	7.65±0.13bc	5.76±0.16b
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	41.03±0.11b	-1.70±0.26a	4.53±0.20b	7.58±0.09bc	5.37±0.05c
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	42.33±0.10a	-1.60±0.20a	5.13±0.15a	7.36±0.11c	5.32±0.06c

a b c d และ e คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.21 พบว่าที่เวลา 6 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่า blank และสารสกัดแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ เล็กน้อย และพบว่าค่า *Browning* ไม่แตกต่างจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v และ50% w/v อย่างมีนัยสำคัญ

4.1.1.4 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ

ผลการทดลองจา กการวัดสีค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลาเริ่มต้น แสดงดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ค่า *L a* และ *b* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลาเริ่มต้น

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	41.3±0.07d	-3.5 ±0.21a	7.4±0.210a	-	-
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	41.9±0.06c	-3.7±0.20ab	6.9±0.25b	-	-
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.9±0.07b	-3.7±0.12ab	6.8±0.32b	-	-
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	43.1±0.21ab	-3.8±0.17ab	6.7±0.15b	-	-
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	43.5±0.24a	-4.0±0.58b	6.6±0.12b	-	-

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.22 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า *L* สูงกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่า *a* และ *b* ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า *L a b Browning* และ ΔE ของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 1-6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.23-4.28

ตารางที่ 4.23 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 1 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	40.2±0.09c	-2.2±0.31a	7.7±0.23a	2.6±0.10a	1.8±0.17a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	40.9±0.28c	-2.6±0.21a	7.6±0.40a	2.2±0.57ab	1.6±0.23ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	42.0±0.23b	-3.1±0.21b	7.5±0.15a	1.9±0.44ab	1.4±0.09ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	42.3±0.23ab	-3.4±0.23b	7.3±0.31a	1.7±0.10ab	1.1±0.18b
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	42.9±0.23a	-3.4±0.23b	7.0±0.53a	1.2±0.09b	1.0±0.18b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.23 พบว่าที่เวลา 1 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่า *Browing* และ ค่า ΔE ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v

ตารางที่ 4.24 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 2 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	39.3 ±0.27d	-2.1 ±0.20a	7.5 ±0.49a	4.8 ±0.74a	2.5 ±0.31a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	40.2±0.28c	-2.5 ±0.12b	7.6 ±0.21a	3.9 ±0.57ab	2.1 ±0.20ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	41.4 ±0.24b	-3.2 ±0.15c	7.4 ±0.25a	3.3 ±0.47bc	1.7 ±0.14bc
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	41.9 ±0.24ab	-3.4 ±0.12cd	7.4 ±0.29a	2.7 ±0.10bc	1.4 ±0.13bc
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	42.5 ±0.27a	-3.5±0.12d	7.3 ±0.75a	2.2 ± 0.07c	1.4± 0.20b

a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.24 พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่า *Browing* และ ค่า ΔE ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v และ 50% w/v

ตารางที่ 4.25 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 3 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	38.7±0.14c	-2.1 ±0.21a	8.3±0.38a	6.2±0.49a	3.1±0.29a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	39.4±0.22c	-2.1±0.10a	8.1±0.40a	5.9±0.40ab	3.1±0.18a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	40.6±0.06b	-2.9±0.58b	7.6±0.32bc	5.3±0.27abc	2.7±0.20ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	41.0± 0.26ab	-3.0±0.12b	7.4 ±0.15c	4.8±0.15bc	2.3±0.07ab
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	41.6 ±0.34a	-3.2±0.25b	7.2 ± 0.21c	4.1±0.38c	2.1±0.23b

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.25 พบว่าที่เวลา 3 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 50% w/v 25%w/v และ blank อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่า *Browing* และ ค่า ΔE ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวา 75% และ 50% w/v

ตารางที่ 4.26 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 4 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	37.8±0.13c	-1.8±0.58a	8.2±0.52a	8.4±0.42a	4.0±0.15a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	38.4 ±0.07c	-2.0±0.58a	8.1±0.10a	8.3±0.09a	4.0±0.12a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	39.7±0.07b	-2.8±0.15b	7.9 ±0.25a	7.3±0.15b	3.6±0.20ab
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	40.1±0.22b	-3.0±0.58c	7.8 ±0.71a	6.8±0.09b	3.2±0.07b
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	41.1±0.32a	-3.0±0.00c	7.5±0.15a	5.4±0.42c	2.7±0.20c

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

จากตารางที่ 4.26 พบว่าที่เวลา 4 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงที่สุด มีค่า *Browing* และ ค่า ΔE ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่น

ตารางที่ 4.27 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 5 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	36.9±0.07c	-1.7±0.15a	8.5±0.25a	10.6±0.26a	5.2±0.24a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	37.4±0.23c	-1.8±0.12a	8.4±0.26a	10.4±0.53a	5.0±0.06ab
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	39.1±0.14b	-2.7±0.17b	8.3±0.47a	8.6±0.36b	4.3±0.34bc
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	39.4±0.15b	-3.0±0.31bc	8.1±0.21a	8.6±0.09b	4.1±0.13c
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	40.4±0.32a	-3.1±0.15c	8.0±0.40a	7.0±0.42c	3.5±0.31c

a b และ c คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.27 พบว่าที่เวลา 5 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงที่สุด และมีค่า *Browing* ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆ และ blank

ตารางที่ 4.28 ค่า *L a b Browning และ* ΔE ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 6 ชั่วโมง

Sample	*L*	*a*	*b*	*Browning*	ΔE
Blank	36.0±0.09d	-1.5±0.58a	8.9±0.25a	12.8±0.36a	5.9±0.17a
สารสกัดแตงกวา 25% w/v	36.7±0.18c	-1.6±0.10a	8.8±0.12a	12.2±0.37a	5.8±0.07a
สารสกัดแตงกวา 50% w/v	38.4±0.14b	-2.5±0.12b	8.4±0.10b	10.2±0.23b	5.0±0.23b
สารสกัดแตงกวา 75% w/v	38.8±0.12b	-2.6±0.21bc	8.2±0.06bc	10.0±0.17b	4.7±0.12bc
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	39.6±0.15a	-2.8±0.58c	8.1±0.10c	8.9±0.25c	4.3±0.10c

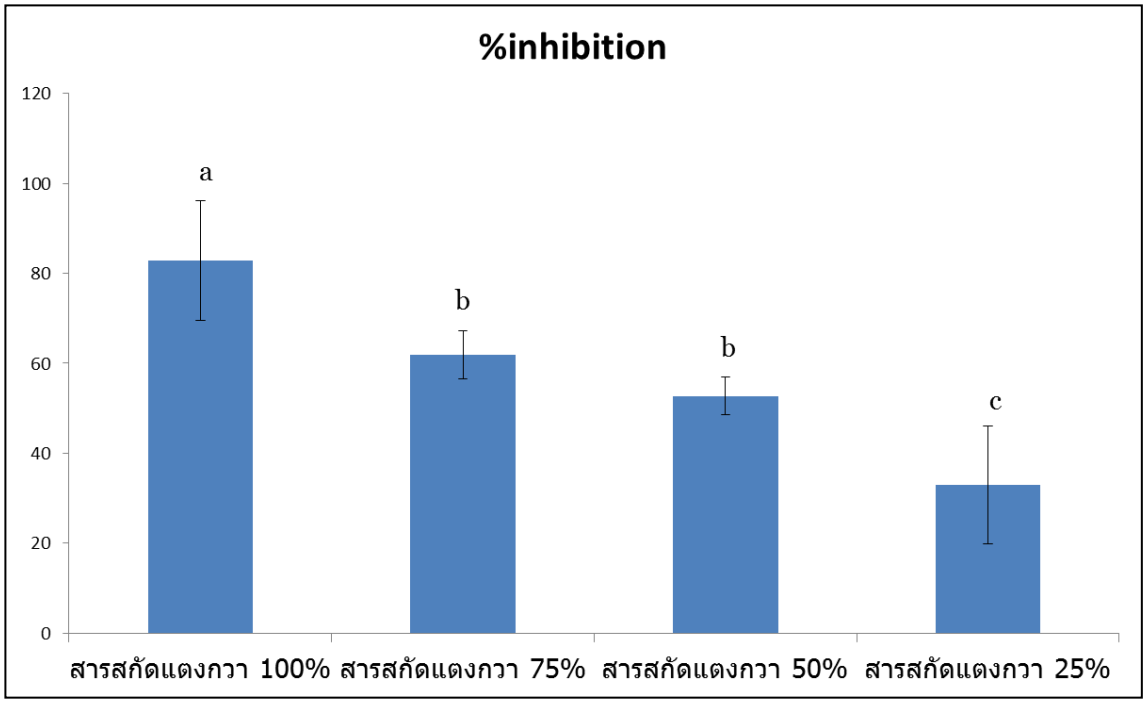
a b c และ d คือตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.28 พบว่าที่เวลา 6 ชั่วโมง ค่า *L* ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่าสูงที่สุด และมีค่า *Browing* ต่ำที่สุดเทียบกับความเข้มข้นอื่นๆ และ blank

4.1.2 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในผักและผลไม้

4.1.2.1 ผลของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในลูกตาลอ่อน

ผลของสารสกัดจากแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของลูกตาลอ่อนที่เวลา 75 วินาที แสดงดังภาพที่ 4.1



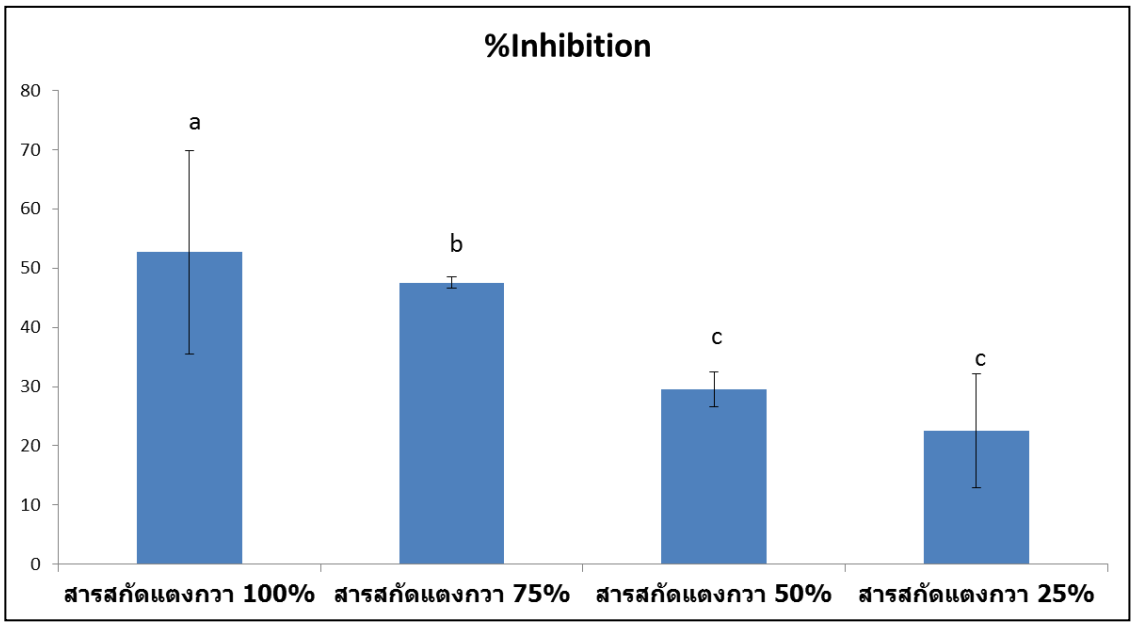
a b และ c คือกราฟแท่งที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 4.1 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้ง การเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของลูกตาลอ่อน

ภาพที่ 4.1 พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มี %Inhibition ที่มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

4.1.2.2 ผลของสารสกัดแตงกวาต่อ ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในกล้วยหอมทอง

ผลของสารสกัดจากแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของกล้วยหอมทองที่เวลา 75 วินาที แสดงดังภาพที่ 4.2



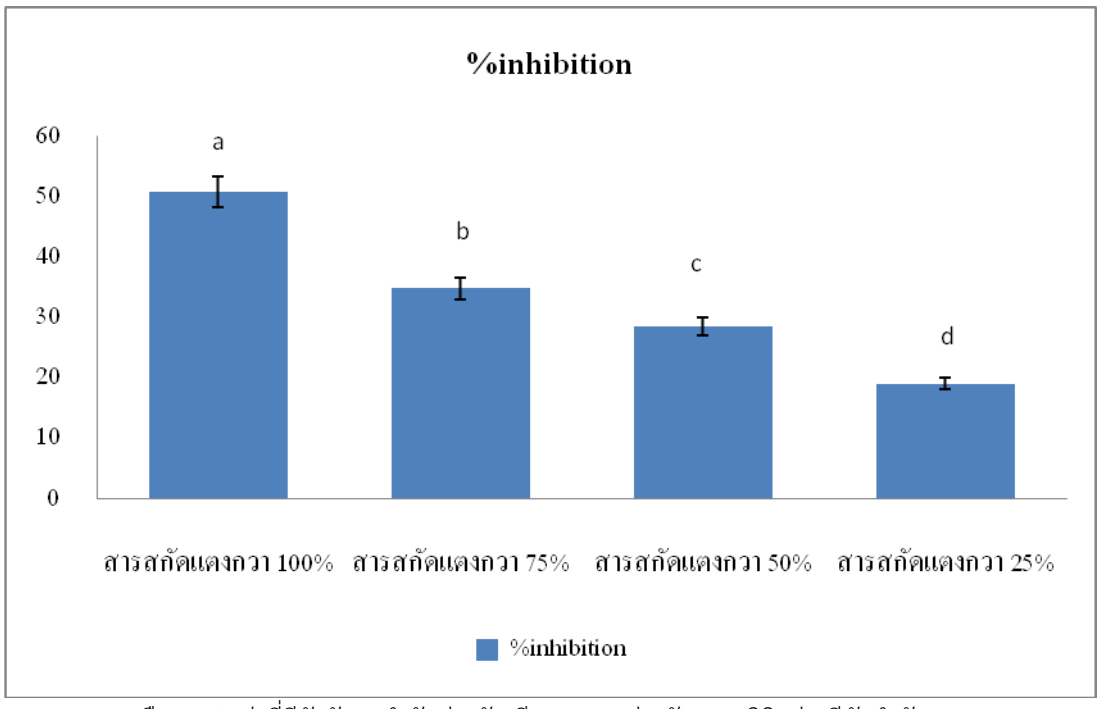
a b และ c คือกราฟแท่งที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของกล้วยหอมทอง

ภาพที่ 4.2 พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มี %Inhibition ที่มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 75% 50% และ 25% อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

4.1.2.3 ผลของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในมะม่วงน้ำดอกไม้

ผลของสารสกัดจากแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของมะม่วงน้ำดอกไม้ที่เวลา 75 วินาที แสดงดังภาพที่ 4.3



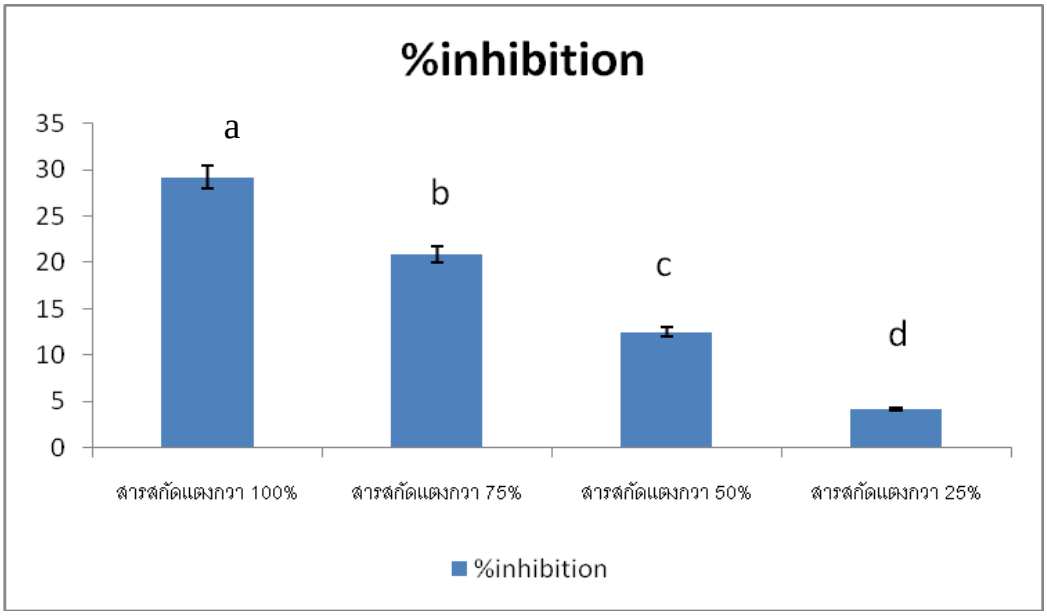
a b c และ d คือกราฟแท่งที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 4.3 ผลของความเข้มข้ นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของมะม่วงน้ำดอกไม้

ภาพที่ 4.3 พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มี %Inhibition ที่มีค่ามากกว่าความเข้มข้น 75% 50% และ 25% อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

4.1.2.4 ผลของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ

ผลของสารสกัดจากแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิที่เวลา 75 วินาที แสดงดังภาพที่ 4.4



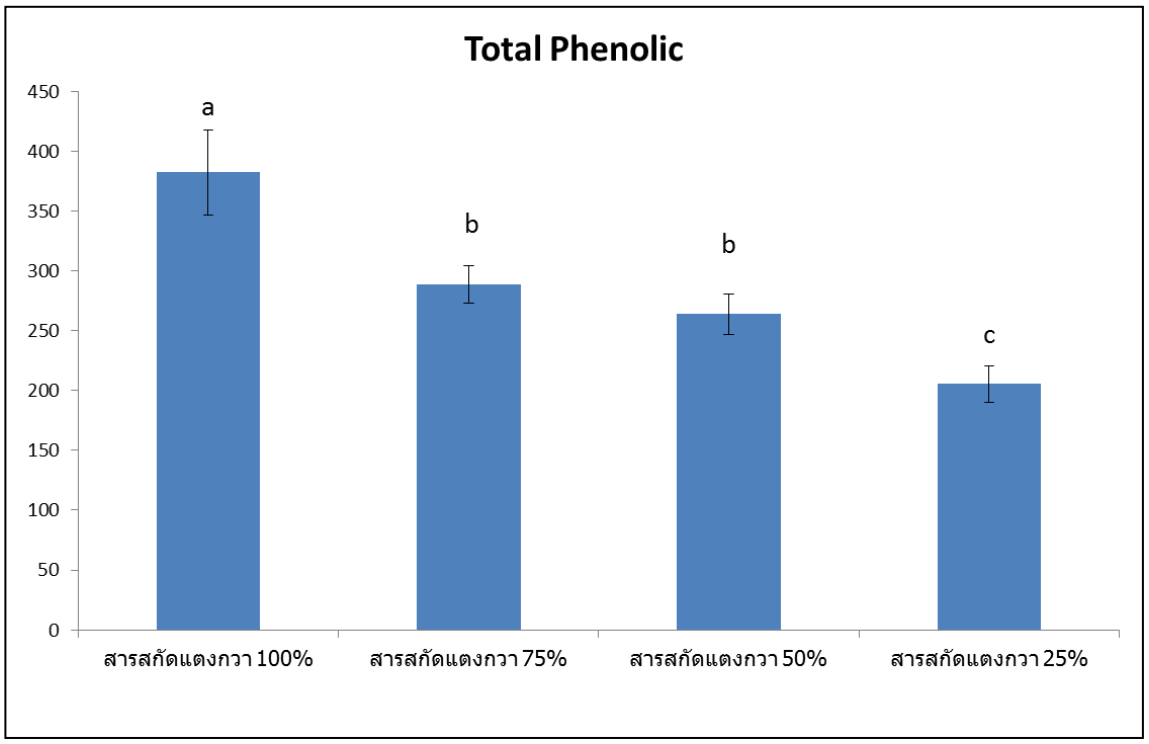
a b c และ d คือกราฟแท่งที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 4.4 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ของแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ

จากภาพที่ 4.4 พบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวา 50% w/v 75% w/v และ 100% w/v มีค่า% Inhibition ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) ที่ความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวา 25% มี% การยับยั้งเอนไซม์ PPO น้อยที่สุด

4.2 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ในหน่วย gallic acid equivalent (GAE)/mL sample หรือ µg/mL ที่มีอยู่ในสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 25%w/v 50%w/v 75% w/v และ 100% w/v แสดงดังภาพที่ 4.5



a b และ c คือกราฟแท่งที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 4.5 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดจากแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v

จากภาพที่ 4.5 พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีปริมาณฟีนอลิกรวมที่มีค่ามากกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

4.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า

จากหัวข้อ 4.1.2 พบว่าสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของลูกตาลอ่อนสูงที่สุด จึงนำมาทำการศึกษ าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า 3 ชนิดได้แก่ สารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.07 % w/v สารละลายกรดซิตริก 0.07 % w/v และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 % w/v ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 %Inhibition PPO ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กรดซิตริก 0.07%w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธ์ฟูจิ

Sample	%Inhibition PPO			
	ลูกตาลอ่อน	**กล้วยหอมทอง**	**มะม่วงน้ำดอกไม้**	**แอปเปิ้ลฟูจิ**
สารสกัดแตงกวา 100% w/v	82.74±13.31a	52.68±0.85d	50.97±1.37c	29.20±1.21c
กรดซิตริก 0.07%w/v	44.10±15.84b	55.67±3.41c	14.31±0.68d	12.51±0.52d
กรดแอสคอร์บิก 0.07%w/v	95.44±3.19a	63.66±1.69b	55.56±1.38b	48.61±1.27b
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07%w/v	97.53±1.49a	74.78±4.43a	71.38±1.36a	61.12±1.21a

a b c และ d คือตัวเลขที่มี ตัวอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.29 พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า %Inhibition PPO มากกว่า กรดซิตริก 0.07%w/v อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่จะมีค่าไม่แตกต่างกับกรดแอสคอร์บิก 0.07%w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ($p>0.05$)

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาการใช้สารสกัดจากแตงกวาที่เพาะปลูกในจังหวัดเพชรบุรีในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ เช่น ลูกตาลสดและกล้วยหอมทอง ซึ่งเป็น ผลไม้ที่เป็นผลไม้ที่ปลูกมากในจังหวัดเพชรบุรี นอกจากนี้ก็มีมะม่วงน้ำดอกไม้และแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิซึ่งเป็นผลไม้ที่นิยมบริโภคในจังหวัดเพชรบุรี โดยจากการวิจัยพบว่าสารสกัดแตงกวามีประสิทธิภาพในการยังยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ชนิดต่างๆ ได้ และพบว่าที่ความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพการยังยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากปริมาณสารประกอบของฟีนอลิกที่พบแตกต่างกันที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ

การศึกษาเปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาพันธุ์บงกชในลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธ์น้ำดอกไม้ และแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบสีที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยเครื่องวัดสี บันทึกค่า *L a* และ *b* จากนั้นคำนวนหาค่า *Browning* และ ΔE ที่เวลาเริ่มต้นจนถึง 6 ชั่วโมง และเปรียบเทียบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดสในผักและผลไม้ของสารสกัดแตงกวาพันธุ์บงกชโดยทำการเปรียบเทียบ %inhibition PPO พบว่าในลูกตาลอ่อนสารสกัดแตงกวาแสดงค่า *Browning* ต่ำกว่า blank อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อผสมสารสกัดแตงกวาในลูกตาลอ่อนจนถึง 6 ชั่วโมง และเมื่อเปรียบเทียบ %inhibition PPO ในลูกตาลอ่อนพบว่าสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลสูงที่สุด

ในกรณีของกล้วยหอมทองพบว่าสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยแสดงค่า *Browning* ต่ำกว่า blank อย่างมีนัยสำคัญมาก ตั้งแต่เวลา 1 ชั่วโมง จนถึง 6 ชั่วโมง และสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในกล้วยหอมทองได้ 52.68±17.23a% ซึ่งพบว่าเมื่อลดความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาลง จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองลดลง โดยสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในกล้วยหอมทองได้ 47.56±0.98b% สารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 50% w/v จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในกล้วยหอม 29.55±2.93c% และสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 25% w/v จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในกล้วยหอมลดลงเป็น 22.55±9.61c% ตามลำดับ

ในกรณีของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ สารสกัดแตงกวาสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ตั้งแต่เวลาเริ่มต้น ซึ่งพิจารณาได้จาค่า *L* ที่สูงกว่า blank และค่า %inhibition PPO ซึ่งพบว่าสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้สูงที่สุดโดยสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ 50.79±1.51a% ซึ่งพบว่าเมื่อลดความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาลงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ลง โดยสาร สกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ 34.89±1.37b% สารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 50% w/v จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ 28.61±1.36c%

และสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 25% w/v จะสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ในกล้วยหอมลดลงเป็น 19.07±0.91d% ตามลำดับ

ในกรณีของแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ สารสกัดแตงกวาแสดงประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้สารสกัดแตงกวาในผลไม้ชนิดอื่นๆ ดังแสดงได้จากค่า %inhibition PPO ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีค่า %inhibition PPO เพียง 29.20±1.21a% ซึ่งต่ำกว่าที่พบในผลไม้ชนิดอื่นๆ เกือบเท่าตัว แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาทั้ง 4 ความเข้มข้น พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่พบในผลไม้ชนิดอื่นๆ คือ เมื่อความเข้มข้นของของสารสกัดแตงกวาเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เช่น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นจาก 25% w/v เป็น 50% w/v % inhibition PPO เพิ่มขึ้นจาก 4.17±0.15d% เป็น 12.51±0.52c% และเพิ่มขึ้นเป็น 20.85±0.87b% เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 50% w/v

5.2 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของสารสกัดแตงกวาในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้หลายชนิด ส่วนหนึ่งเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกที่พบในสารสกัดแตงกวา โดยมีงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิกจำพวก กลุ่ม tropolone กลุ่ม kojic acid กลุ่ม 4-substituted resorcinols และ กลุ่ม 4-substituted benzaldehydes เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ (GANDÍA-HERRERO, *et al.*, 2003) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงที่สุดเท่ากับ 382.27±35.48a µg/mL และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นลดลง แต่ที่ความเข้มข้น 75% w/ และ50% w/v พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมไม่แตกต่างกันมีค่าเป็น 288.69±16.96b µg/mL และ 263.86±15.75b µg/mL ท้ายสุดสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 25% w/v มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม เพียง 205.39±15.26d µg/mL

5.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารเคมีทางการค้า 3 ชนิดคือ สารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.07 % w/v สารละลายกรดซิตริก 0.07 % w/v และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 % w/v พบว่าสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และ แอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ สูงกวาสารละลายกรดซิตริก 0.07 % w/v โดยมีประสิทธิภาพ หรือ % inhibition PPO อยู่ในช่วง 29.20-82.74 % แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารละลายกรดแอสคอร์บิก 0.07 % w/v และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 % w/v อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวาเพิ่มเติม เมื่อมีการปรับปรุงร่วมกับสารทางการค้าอื่นๆ โดยมุ่งเน้นที่การลดการใช้สารเคมีทางการค้าลง เพื่อให้ปลอดภัยกับผู้บริโภคมากที่สุด

ดังนั้นโดยสรุปงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากแตงกวาซึ่งเป็นสารธรรมชาติในการเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลสด กล้วยหอมทอง มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ และ แอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิ แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของสารสกัดแตงกวายังคงมีข้อจำกัด โดยสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้เพียงไม่กี่ชั่วโมง และพบว่ายังยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ไม่เต็ม 100% ซึ่งในแง่ของทางการค้า

เพื่อคุณภาพและราคาของผลิตภัณฑ์ ควรได้ผลไม้ที่ไม่มีการเกิดสีน้ำตาลในช่วงที่มี การลำเลียงส่งสินค้า การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในช่วงที่รอจัดจำหน่าย และช่วงการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

กล้วยหอมทอง. ออนไลน์จาก http://blog.janthai.com ค้นหาเมื่อ 4 กรกฎาคม 2556

กระยาทิพย์ เรือนใจ. 2547. **ผลไม้ คุณค่านานา เพื่อสุขภาพ**. กรุงเทพฯ: 181-183

จินตนาภรณ์ วัฒนธร โครงการ “การสำรวจศักยภาพของมะม่วงในการปกป้องและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานสมอง” ออนไลน์จาก http://www.trf.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=57:rdg5220005&catid=118&Itemid=154. ค้นหาเมื่อ 13 ธันวาคม 2557

ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. 2538. การเกิดสีน้ำตาลของอาหารและการควบคุมป้องกัน. **วารสารอาหาร.** 25(3). 160-169.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2547. **เอนไซม์ทางอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ

ลูกตาลลอยแก้ว. ออนไลน์จาก http://www.bloggang.com/. ค้นหาเมื่อ 5 พฤศจิกายน 57

นิตยสารชีวจิต. 2549. **เกร็ดสุขภาพ.** พิมพ์ครั้งที่ 182. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พริ้นติ้ง. 49-52

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพ

สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี. พื้นที่ทำการเกษตร ปี 2556. ออนไลน์จาก http://www.phetchaburi.doae.go.th/pb2013/Data_For_Web/data.html. ค้นหาเมื่อ 11 ธันวาคม 2557

สหกรณ์การเกษตรท่ายาง. กล้วย. ออนไลน์จาก http://www.thaibanana.com ค้นหาเมื่อ 5 พฤศจิกายน 57

Altunkaya A. 2011. Effect of whey protein concentrate on phenolic profile and browning of fresh-cut lettuce *(Lactuca Sativa)*. **Food Chemistry.** 128: 754-760.

Amauri C., P. L. Autunes, C. V. Rombaldi and G. M. Arocha. 2008. Controle do escurecimento enzimático e da firmeza de polpa em pêssegos minimamente processados. **Ciência Rural.** 41: 94-101.

Apai W., V. Sardsud, P. Boonprasom and U. Sardsud. 2009. Effects of chitosan and citric acid on pericarp browning and polyphenol oxidase activity of longan fruit. **Songklanakarin J. Sci. Technol**. 31: 621-628.

Ates S., S. Pekyardimci and C. Cokmus. 2001. Partial characterization of a peptide from honey that inhibits muchroom polyphenol oxidase. **J. Food Biochem**. 25: 127-13.

Chen L., A. Mehta, M. Berenbaum, A. R. Zangerl and N. J. Engeseth. 2000. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. **J. Agric. Food Chem**. 48: 4997-5000.

Chiabrando V. and G. Giacalone. 2012. Effect of antibrowning agents on color and related enzymes in fresh cut apples during cold storage. **J. Food Process. Pres.** 36: 1745-4549

Dicko M. H., H. Gruppen, A. S. Traoré, A. G. J. Voragen, and W. J. H. V. Berkel. 2006. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. **Biotechnology and Molecular Biology Review**. 1: 21-38.

Elliott, C. The Fuji Apple. ออนไลน์จาก http://dreamlandapparel.com/the-fuji-apple ค้นหาเมื่อ 5 ตุลาคม 2014

Friedman M. 1996. Food browning and its prevention : an overview. **J. Agric. Food Chem**. 44: 631-653.

Gandía-Herrero F., M. Jiménez, J. Cabnes, F. García-Carmona and J. Escribana. 2003. Tyrosinase Inhibitory Activity of Cucumber Compounds: Enzymes Responsible for Browning in Cucumber. **J. Agric. Food Chem.** 51: 7764-7769.

Gao M., L. Feng and T. Jiang. 2014. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (Agaricus bisporus) by essential oils fumigation treatment. **Food Chem.** 149:107-13.

Golan-Goldhirsh A., D. T. Osuga, A. O. Chen, and J. R. Whitaker. 1992. Effect of ascorbic acid and copper on proteins. In V.T.O' Souza and J. Feder, eds., The Bioorganic chemistry of enzymatic catalysis: an homage to Myron L. Bender, **CRC Press**, Boca Raton, 61-76.

Guohua C., S. Emin, and R. L. Prior. 1996. Antioxidant Capacity of Tea and Common Vegetables**. J. Agric. Food Chem.** 44: 3426-3431.

Hogade M. G, B. S. Patil and D. Prashant. 2010. Comperitive sun protection factor determination of fresh fruit extract of Cuccumber vs marketed cosmetic formulation. **Res Pharm Biol Chem Sci**. 1: 55-9.

Jang M. S., A. Sanada, H. Ushio, M. Tanaka and T. Ohshima. 2002. Inhibitory effect of 'Enokitake' mushroom extaacts on polyphenol oxidase and prevention of apple browning. **Lebensm.-Wiss.U-Technol**. 35: 697-702.

Jeong H. L., W. J. Jin, D. M. Kwang, and J. P. Kee. 2008. Effects of Anti-Browning Agents on Polyphenoloxidase Activity and Total Phenolics as Related to Browning of Fresh-Cut 'Fuji' Apple. **ASEAN Food Journal**. 15: 79-87

Kahn V. 1985. Effects of proteins, protein hydrolyzates, and amino acids on *o*-dihydroxyphenolase activity of polyphenol oxidase of mushroom, avocado and banana. **J. Food Sci.** 50: 111-115.

Kai H., M. Baba and T. Okuyama 2008. Inhibitory effect of Cucumis sativus on melanin production in melanoma B16 cells by downregulation of tyrosinase expression. **Planta Med**. 74: 1785-8.

Kato N., S. Sato, A. Yamanaka, H. Yamada, N. Fuwa and M. Nomura. 1998. Silk Protein, Sericin, Inhibits Lipid Peroxidation and Tyrosinase Activity. **Biosci. Biotechnol. Biochem**. 62: 145-147.

Kim M. J., C. Y. Kim and Park I. 2005. Prevention of enzymatic browing of pear by onion extract. **Food Chemistry** 89: 181-184.

Kobo, I. and I. Kinst-Hori. 1998. Tyrosinase inhibitors from anise oil. **J. Agric. Food Chem.** 46: 1268-1271.

Li B., Y. Huang and S.M. Paskewitz. 2006. Hen egg white lysozyme as an inhibitor of mushroom tyrosinase **FEBS Letters.** 580: 1877-1882.

Lozano-de-Gonzalez P. G., D. M. Barrett, R. E. Wrolstad and R.W. Durst. 1993. Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapples juice**. J. Food Sci**. 58(2): 399-404.

Lattanzio V., V. Linsalata**,** S. Palmieri and C. F. V. Sumere**.** 1989. The beneficial effect of citric and ascorbic acid on the phenolic browning reaction in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads**. Food Chemistry.** 33*:* 93-106.

Lyidogen N. F. and A. Bayindirli. 2004. Effect of L-cysteine, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya appie juice. **J. Food Engineering**. 62:299-304.

Marshall R. M., J. Kim and C. I. Wei. 2000. Enzymatic Browning in Fruits, Vegetables and Seafoods. **Food and Agriculture Organization**, United States.

Martinez M. V. and J. R. Whitaker. 1995. The biochemistry and control of enzymatic browning. **Trends Food Sci&Tech**. 61: 195-200.

Martyniuk S. 1994. Some inhibitors of polyphenol oxidase in honey. **Pszczelnicze Zeszyty Naukowe**. 38: 67-73.

Mayer A. M. and E. Havel. 1991. Phenoloxidases and their significance in fruit and vegetables, pp. 373-398. In P. F. Fox. Ed. Food Enzyme I. Elsevier Applied Science, London.

McEvily A. J., R. Iyengar and W. S. Otwell. 1992. Inhibition of enzymatic browning in foods and beverages. **Crit. Rev. Food. Sci. Nutri.** 32: 253-273.

Mukherjee P. K., N. K. Nema, N. Maity and B. K. Sarkar. 2013. Phytochemical and therapeutic potential of cucumber. **Fitoterapia.** 84: 227-236.

Nema N. K., N. Maity, B. Sarkar and P. K. Mukherjee. 2011. Cucumis sativus fruitpotential antioxidant, anti-hyaluronidase, and anti-elastase agent. **Arch Dermatol Res**. 303: 247-52.

Oszmianski J. and C. Y. Lee. 1990. Inhibition of polyphenol oxidase activity and browning by honey. **J. Agric. Food Chem**. 38: 1892-1895.

Özoğlu H. and A. Bayındırli. 2002. Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. **Food Control**. 13: 213-221.

Pankaj K., S. K. Pandey and K. A. Roy. 2014. Ascorbic and Citric acids in combination resolve the problems encountered in micro-propagation of litchi from shoot tips. **Journal of Cell and Tissue Research** 14: 4159-4164.

Park W., D. Lee and S. Cho. 1999. Effect of grapefruit seed extract and antibrowning agents on the keeping quality of minimally processed vegetables. **Acta Hort. (ISHS).** 483: 325-330.

Rocha A. M. C. N. and A. M. M. B. De Morais. 2005. Polyphenoloxidase activity of minimally processed 'Jonagored' apples (*Malus Domestica).* **Journal of Food Processing and Preservation**. 29: 8-19.

Sapers G. M. 1993. Browning of food:control by sulfites, antioxidants, and other means. **Food technol**. 47: 75-84.

Sardsud V., U. Sardsud, P. Chantrasri and S. Pasatketkorn. 2003. Alternative postharvest treatments on longan fruits for replacement of sulfur dioxide fumigation. **Agricultural Science Journal**. 33: 243-246.

Sariri R. and H. Ghafoori. 2009 Antioxidant and anti-tyrosinase activity of lime extracts. **Biosciences Biotechnology Research Asia.** 6: 545-550.

Sayavedra-Sato L. A. and M. W. Montgomery. 1986. Inhibition of Polyphenoloxidase by Sulfite. **Journal of Food Science**. 51: 1531–1536.

Severini C., A. Baiano, T. De Pilli, R. Romaniello and A. Derossi. 2003. Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutions. **Lebensm. Wisse. U. Technol**. 36: 657-665.

Son S. M., K. D. Moon and C. Y. Lee. 2000. Rhubarb juice as a natural antibrowning agent. **J. Food Sci.** 65: 1288-1289.

Son S. M., K. D. Moon and C. Y. Lee. 2001. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices Original Research Article. **Food Chemistry**. 73: 23-30.

Soysal C. 2009. Effect of green tea extract on “Golden Delicious” apple polyphenoloxidase and its browing. **Journal of Food Biochemistry**. 33: 134-148.

Terdbaramee U., K. Ratanakhanokchai and S. Kanlayanarat, 2003. Effect of citric acid on the control of postharvest browning of lychee fruit under cold storage. **Acta Horticulturae**. 598: 255-267.

Tortoe C., J. Orchard and A. Beezer. 2007. Prevention of enzymatic browning of apple cylinders using different solutions. **Int. J. Food Sci. Technol.** 42: 1475-1481.

Wedzicha, B. L. Chemistry of sulphur dioxide in vegetable dehydration. **Int. J. Food Sci. Technol.** 22: 433–450.

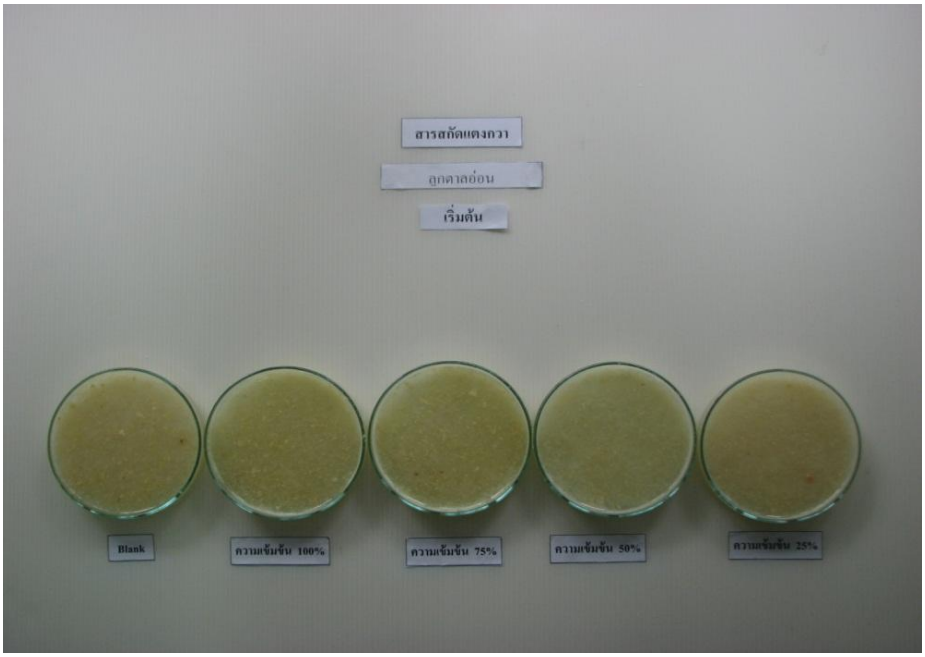
Whangchai K., K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2006. Effects of ozone in combination with some organic acids onthe control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruits. **Crop Protection**. 25: 821-825.

Zhu L. Q., Z. JIE, Z. Shu-Hua and G. Lai-Hui. 2009. Inhibition of browning on the surface of peach slices by short-term exposure to nitric oxide and ascorbic acid. **Food Chemistry**. 114: 174-179.

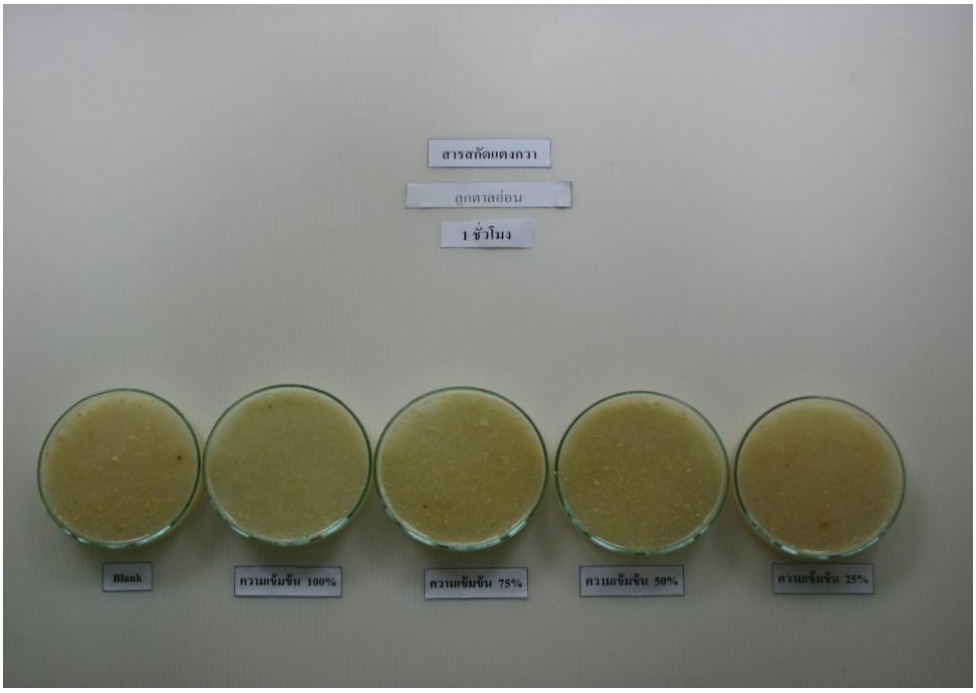
Zocca F., G. Lomolino and A. Lante. 2011. Dog rose and pomegranate extracts as agents to control enzymatic browning. **Food Res. Int.** 44: 957–963.

ภาคผนวก ก

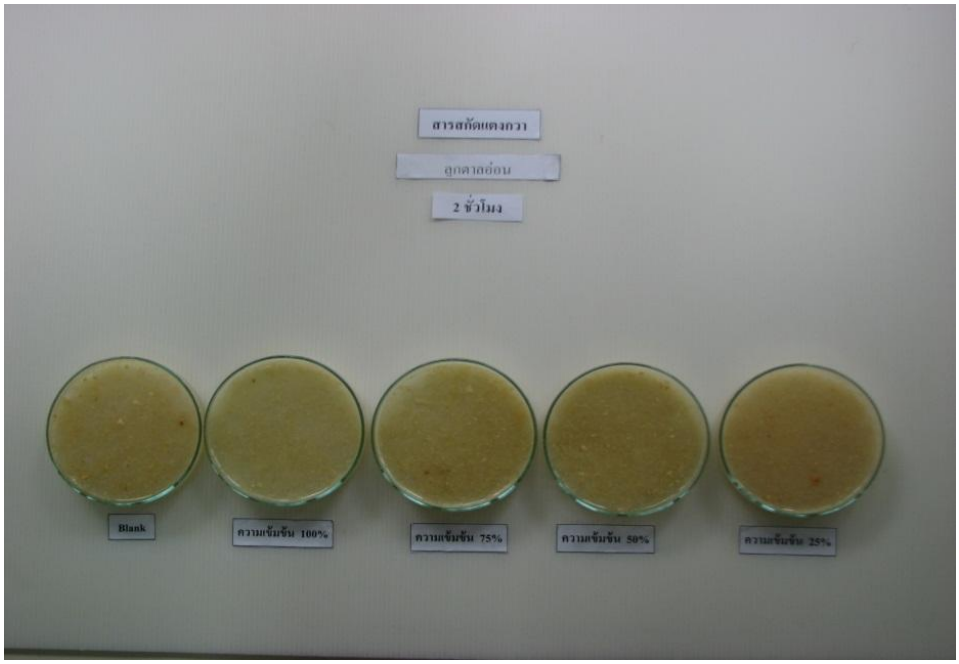
ภาพภาคผนวก ก.1 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาเริ่มต้น



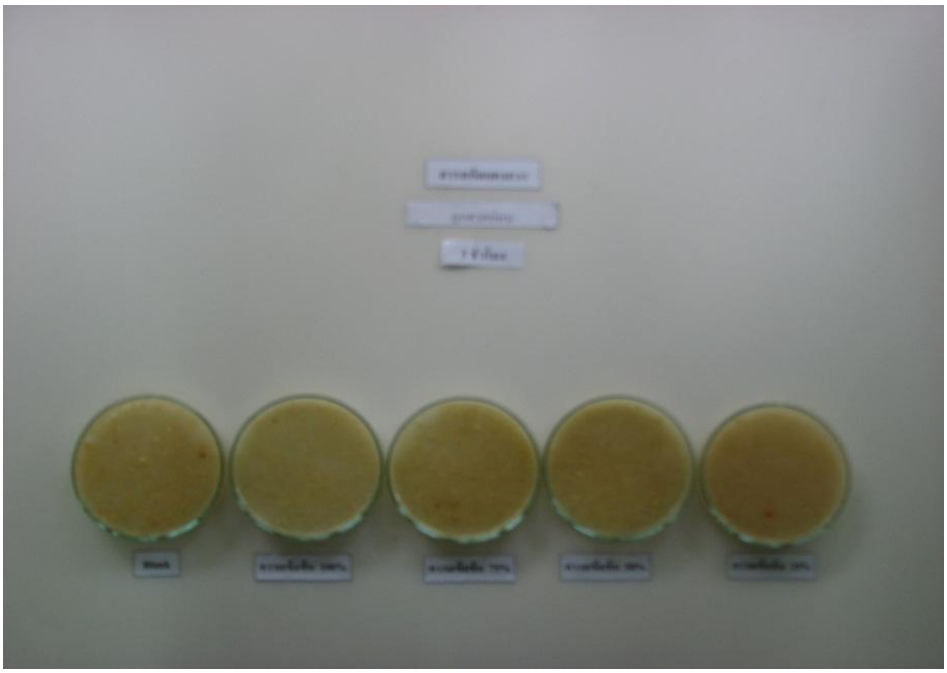
ภาพภาคผนวก ก.2 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 1 ชั่วโมง



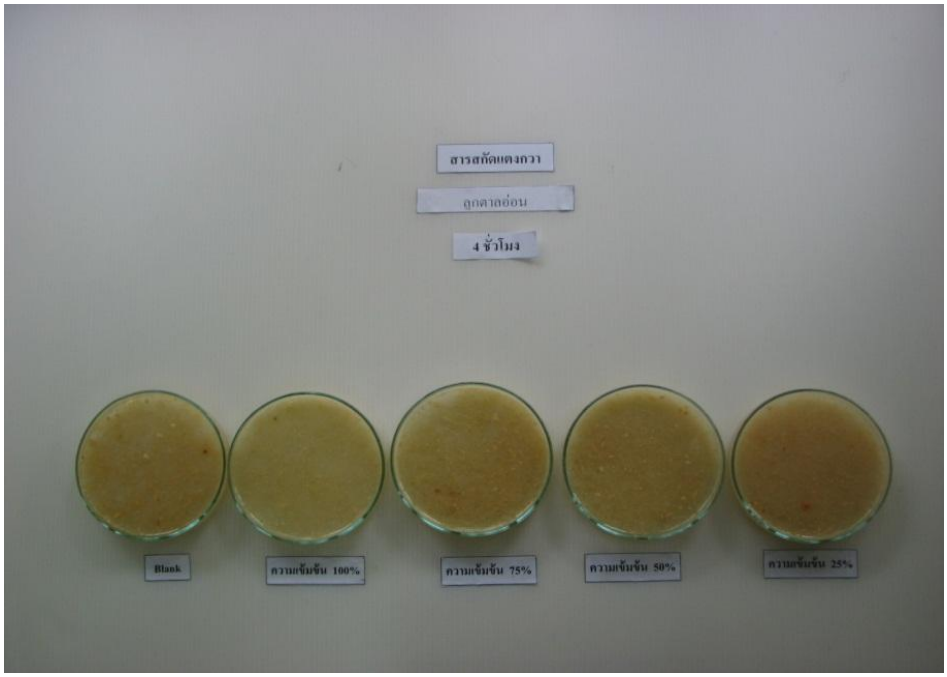
ภาพภาคผนวก ก.3 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 2 ชั่วโมง



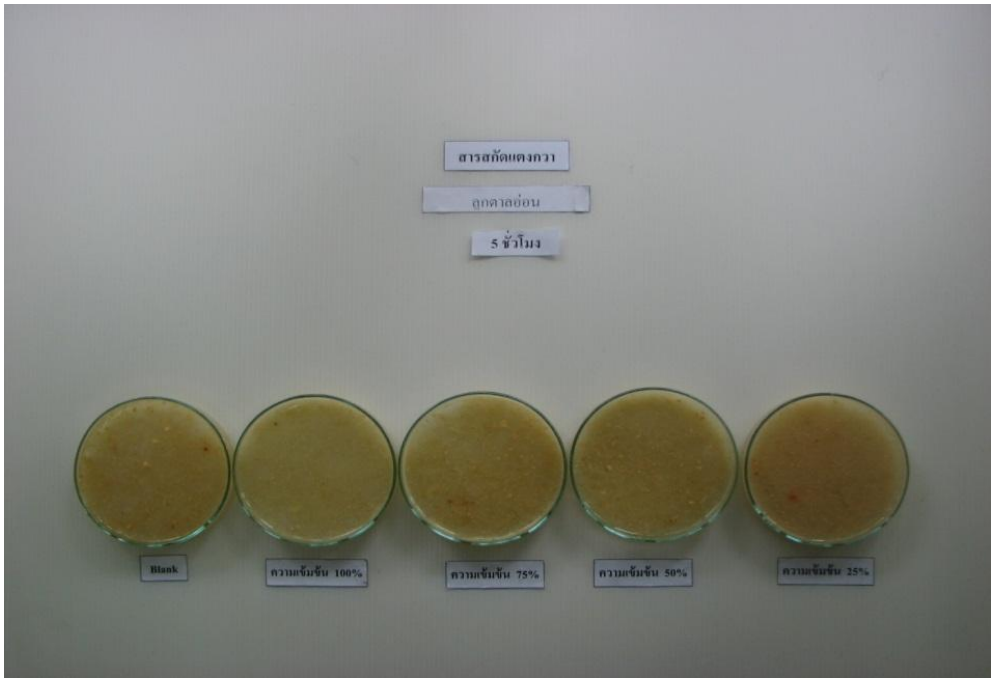
ภาพภาคผนวก ก.4 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง



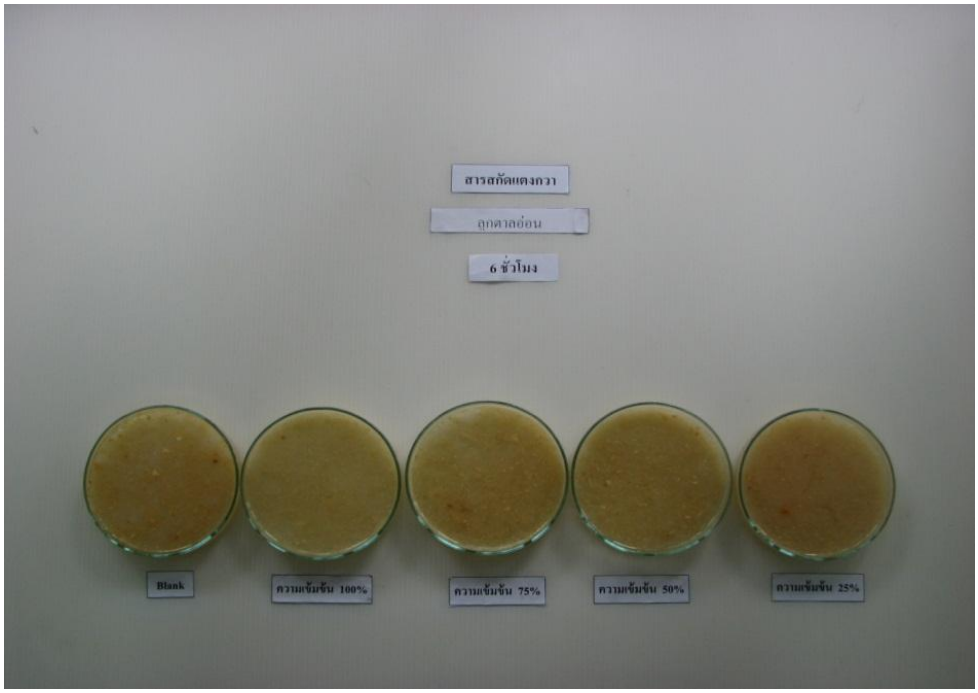
ภาพภาคผนวก ก.5 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 4 ชั่วโมง



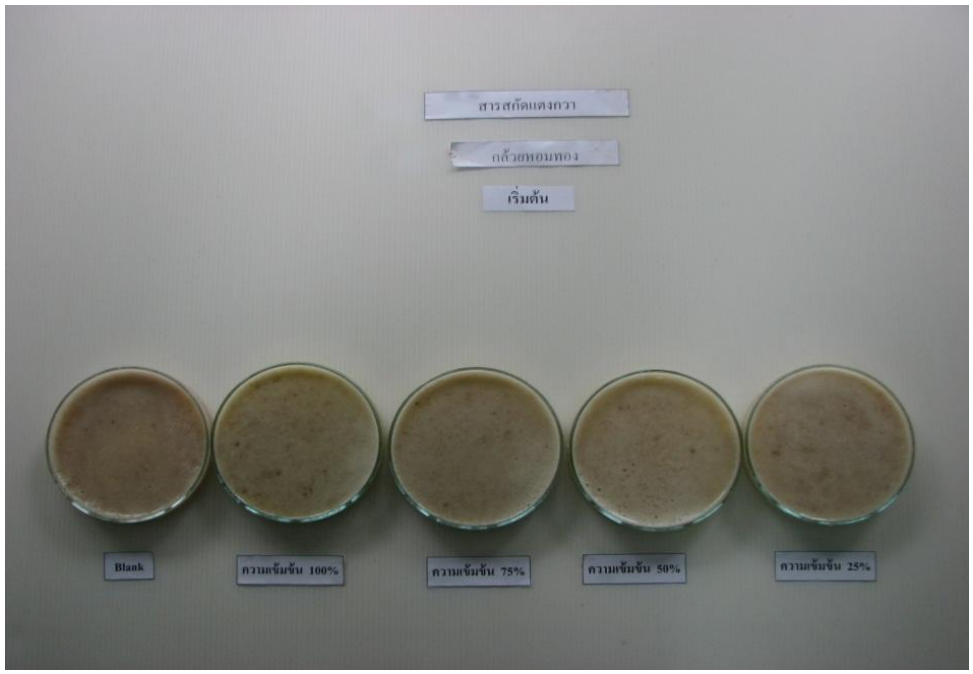
ภาพภาคผนวก ก.6 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 5 ชั่วโมง



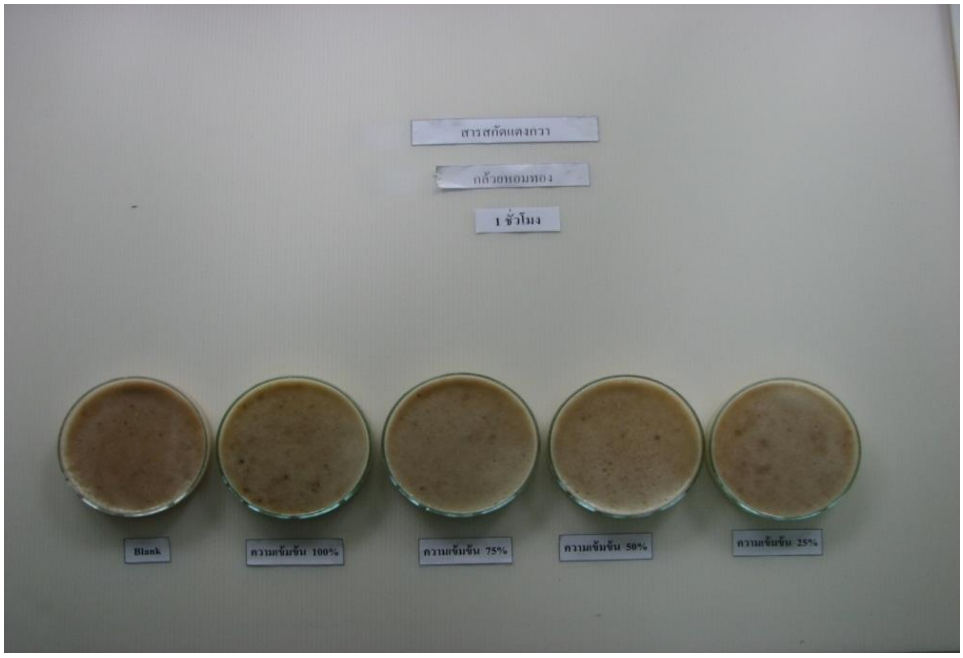
ภาพภาคผนวก ก.7 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง



ภาพภาคผนวก ก.8 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาเริ่มต้น

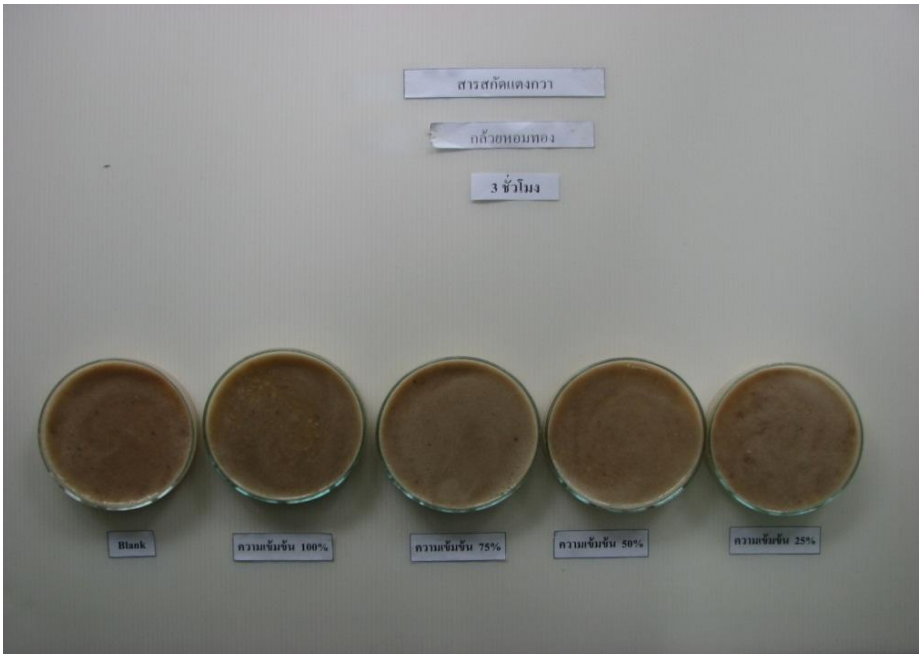


ภาพภาคผนวก ก.9 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 1 ชั่วโมง

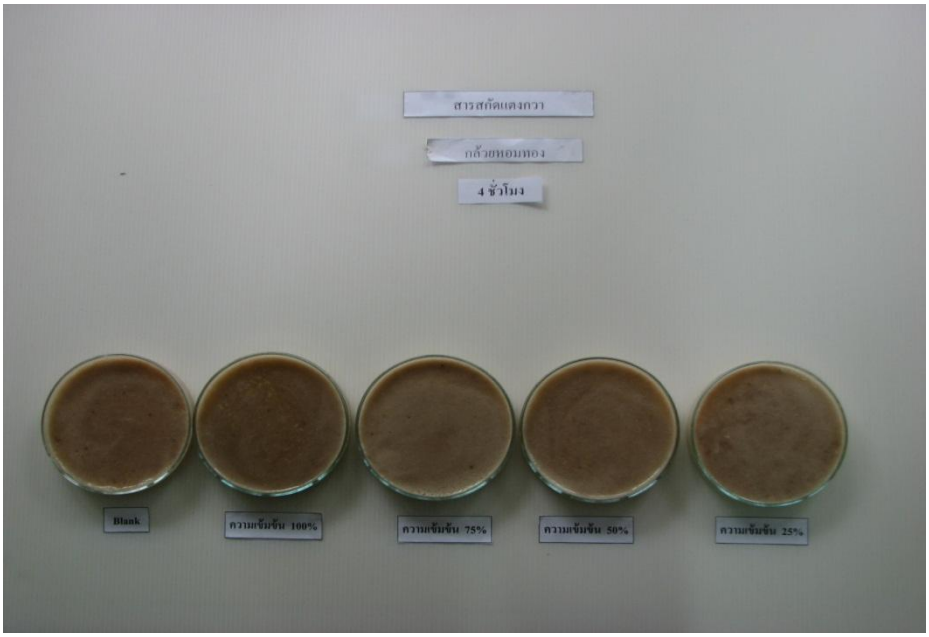


ภาพภาคผนวก ก.10 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 2 ชั่วโมง

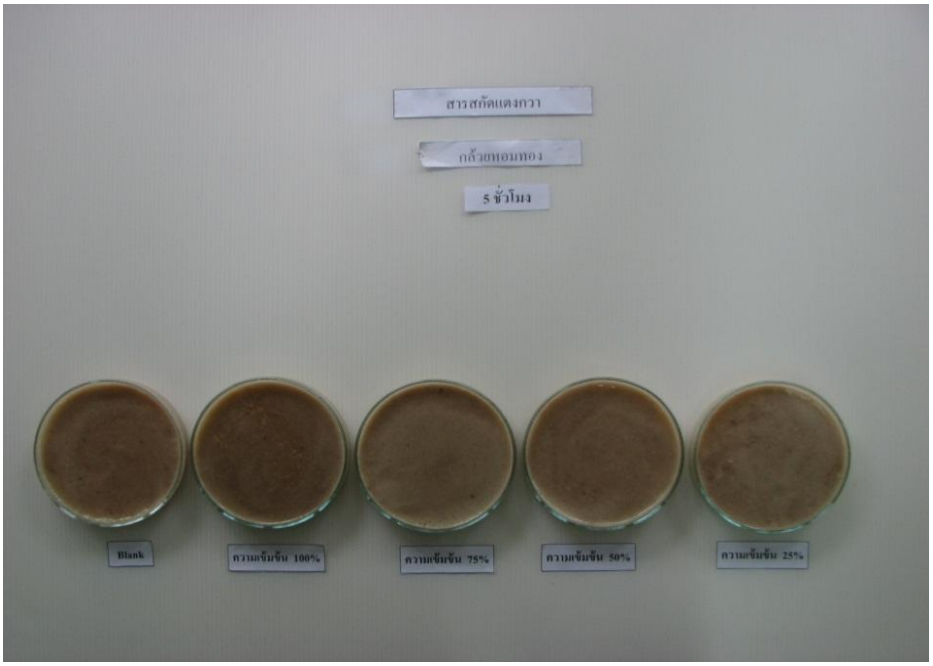
ภาพภาคผนวก ก.11 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง



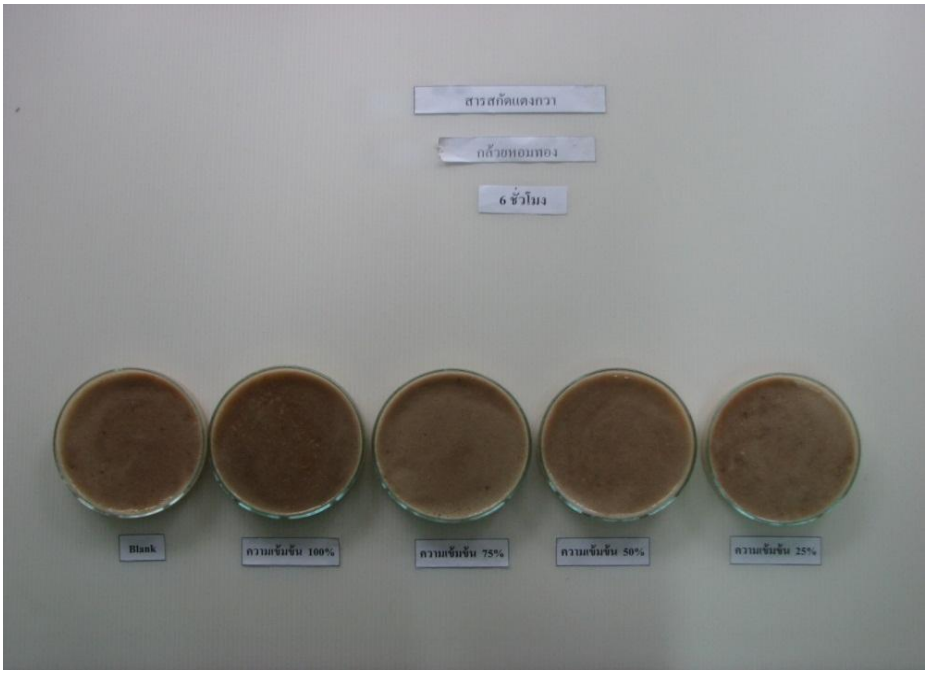
ภาพภาคผนวก ก.12 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 4 ชั่วโมง



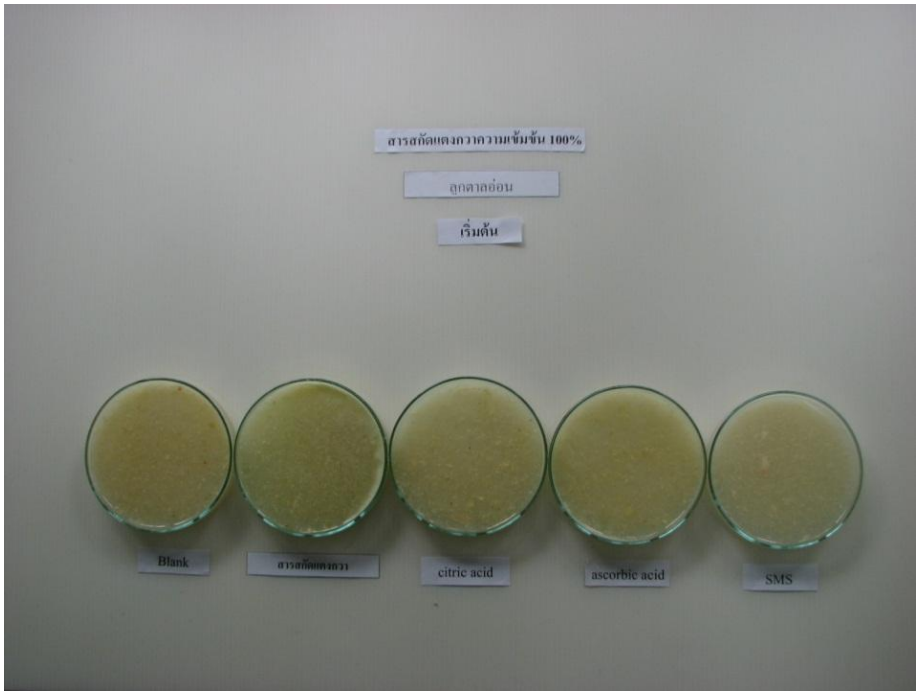
ภาพภาคผนวก ก.13 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 5 ชั่วโมง



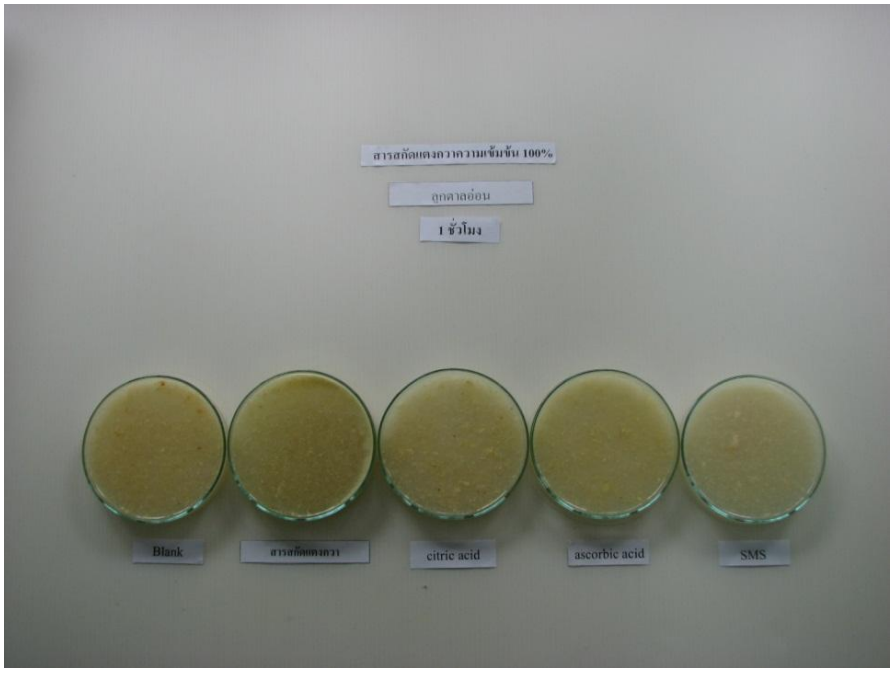
ภาพภาคผนวก ก.14 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง



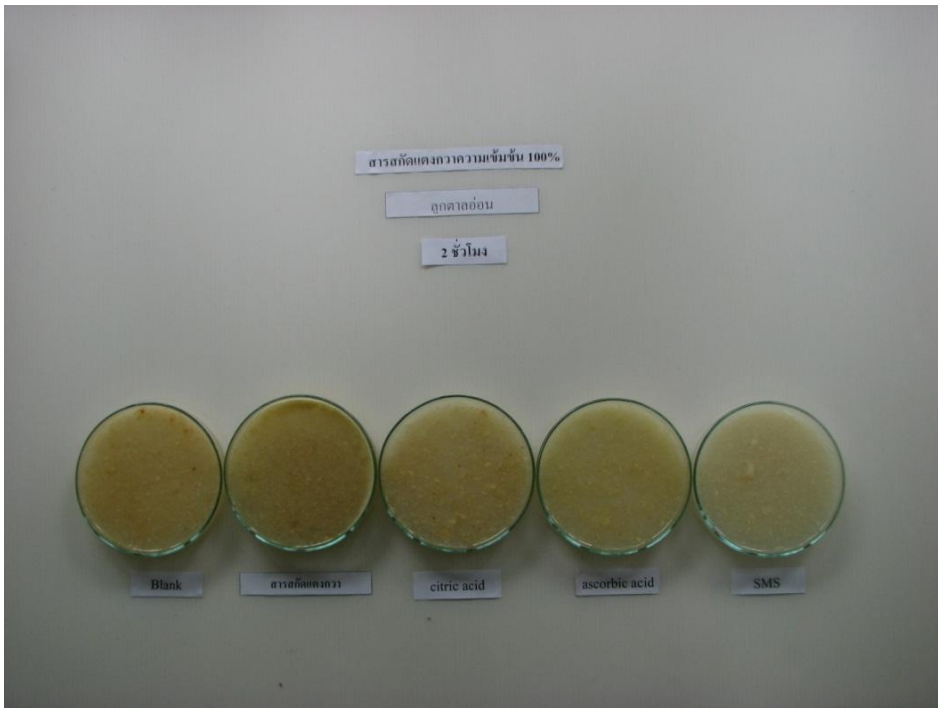
ภาพภาคผนวก ก.15 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลาเริ่มต้น



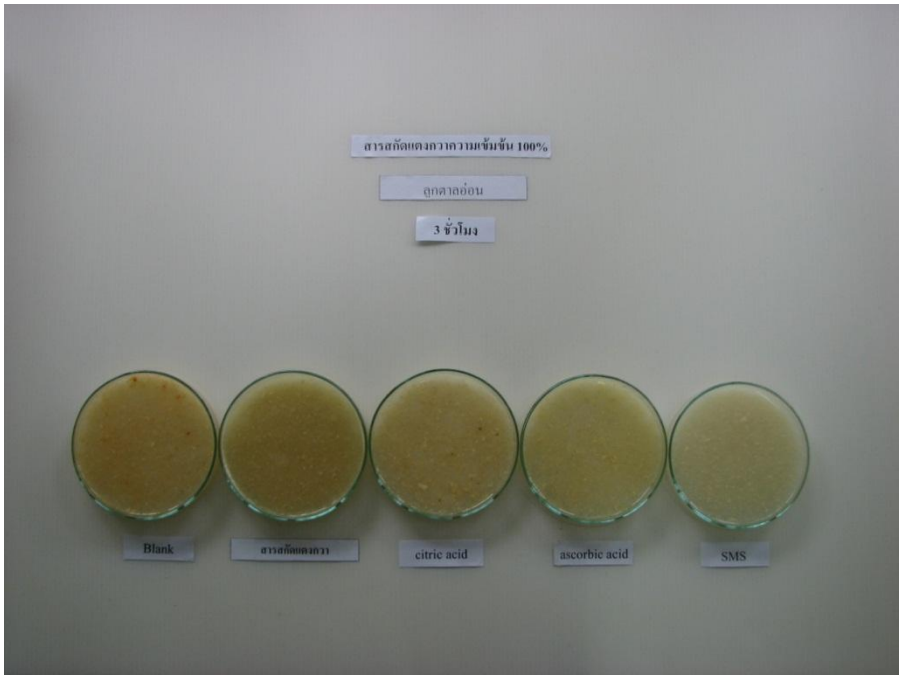
ภาพภาคผนวก ก.16 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 1 ชั่วโมง



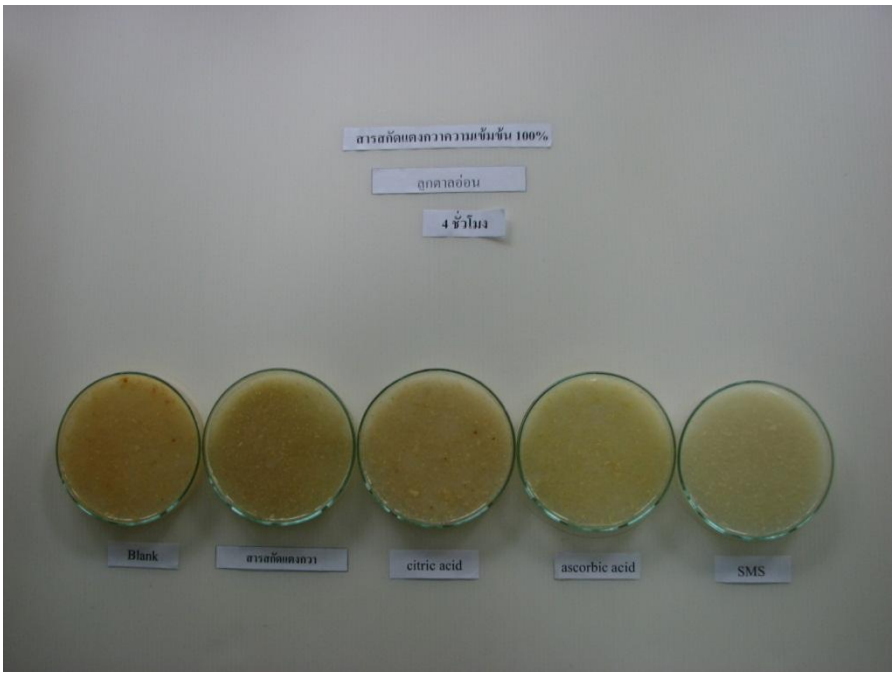
ภาพภาคผนวก ก.17 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 2 ชั่วโมง



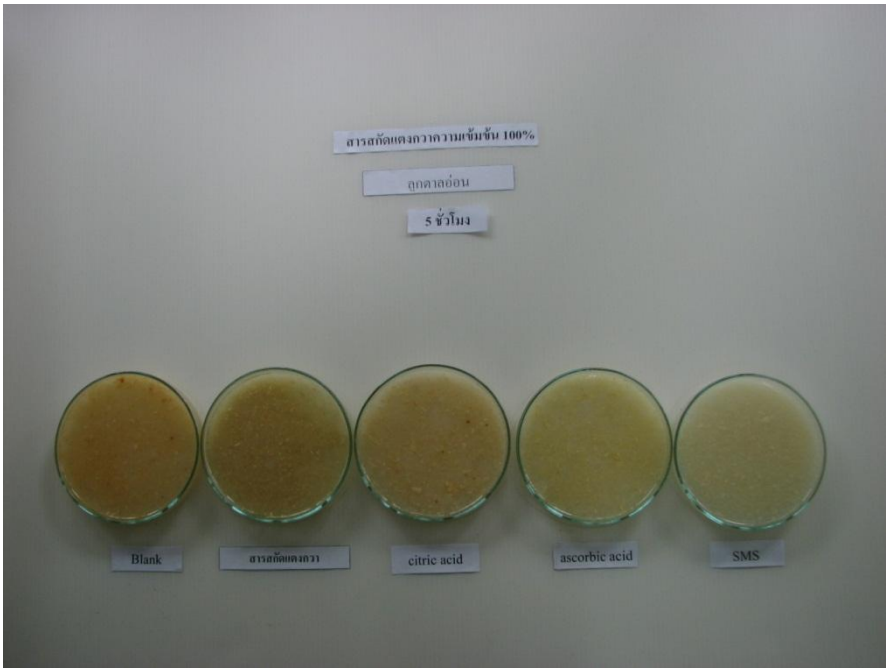
ภาพภาคผนวก ก.18 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง



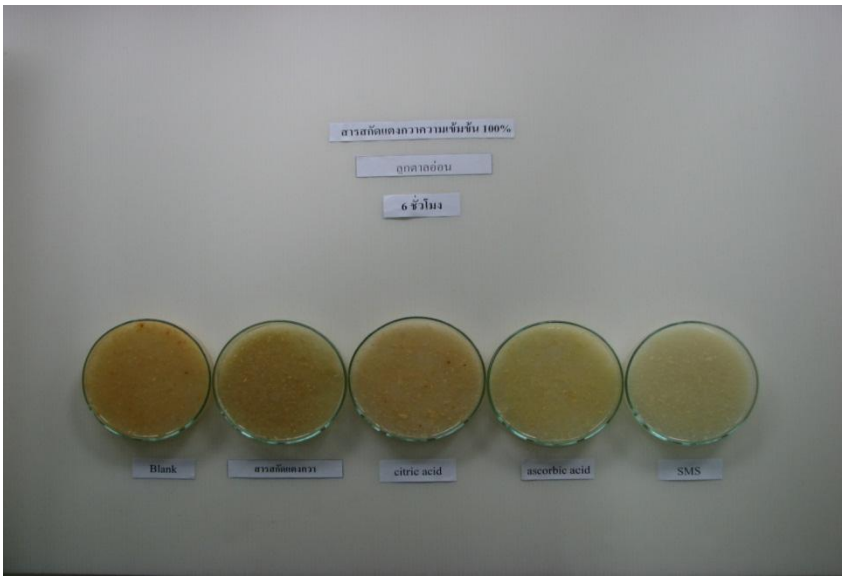
ภาพภาคผนวก ก.19 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 4 ชั่วโมง



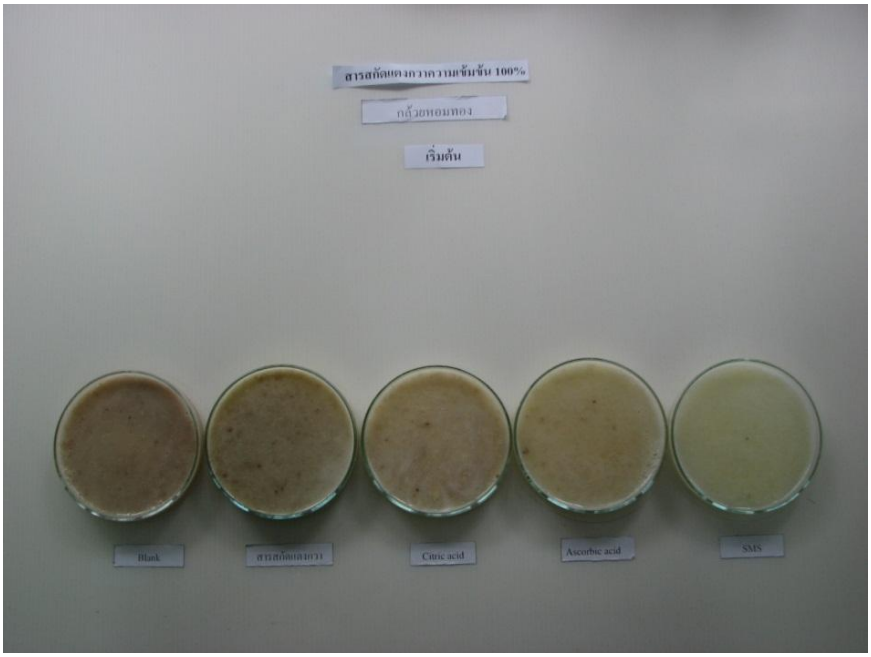
ภาพภาคผนวก ก.20 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 5 ชั่วโมง



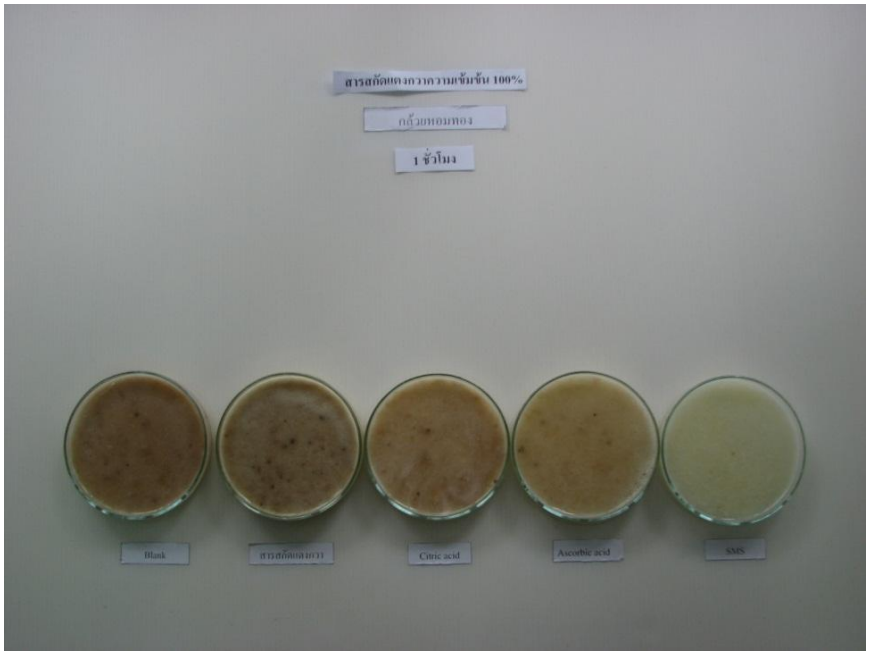
ภาพภาคผนวก ก.21 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง



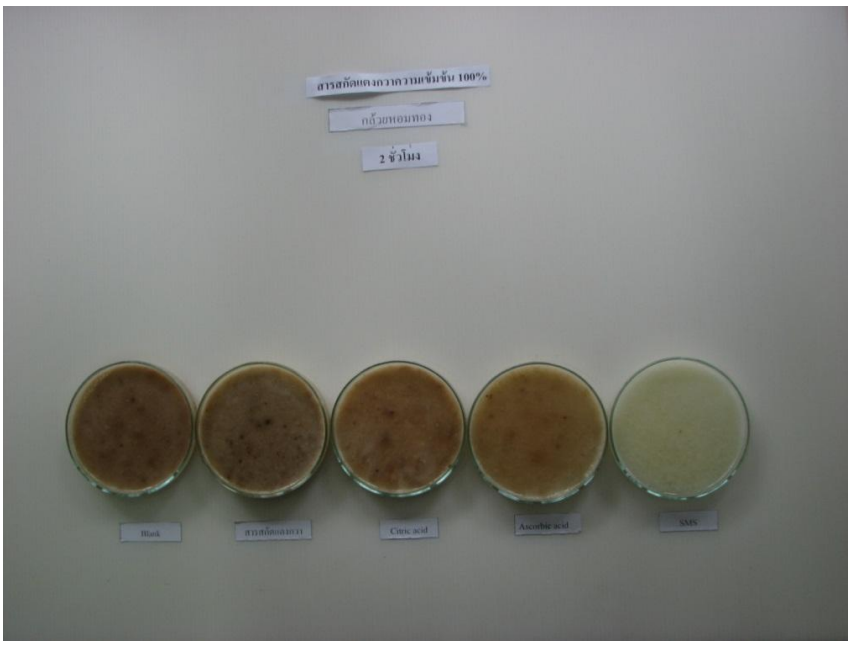
ภาพภาคผนวก ก.22 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลาเริ่มต้น



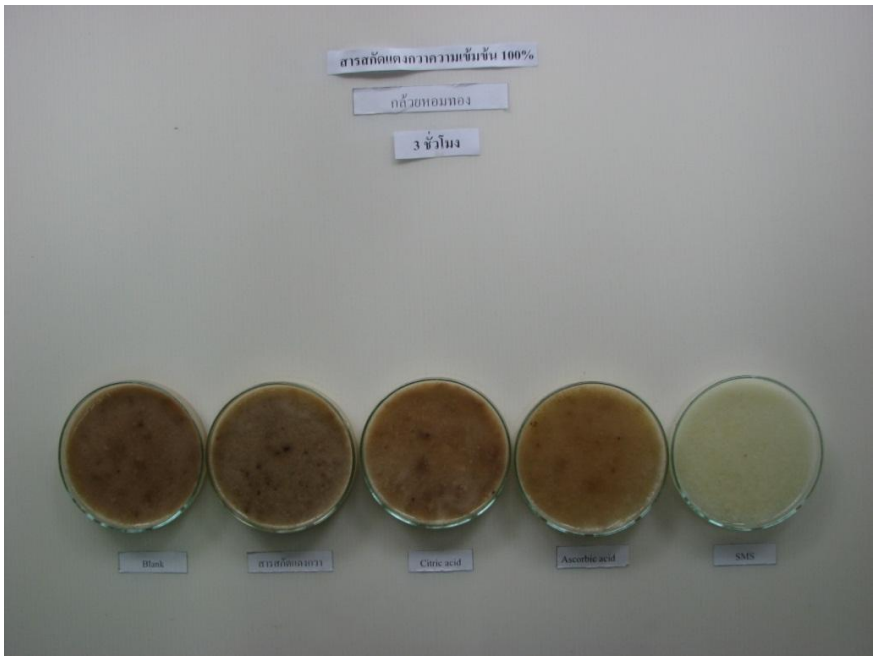
ภาพภาคผนวก ก.23 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 1 ชั่วโมง



ภาพภาคผนวก ก.24 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 2 ชั่วโมง

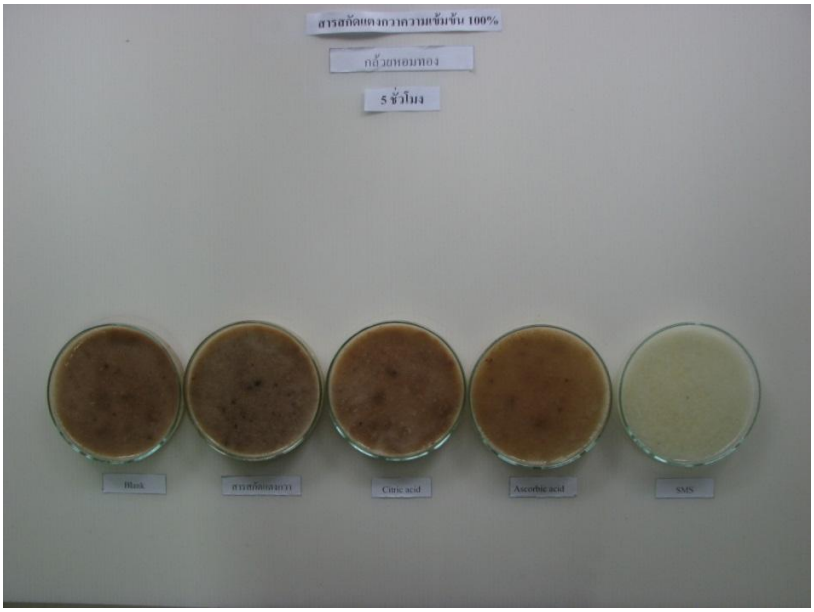


ภาพภาคผนวก ก.25 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง

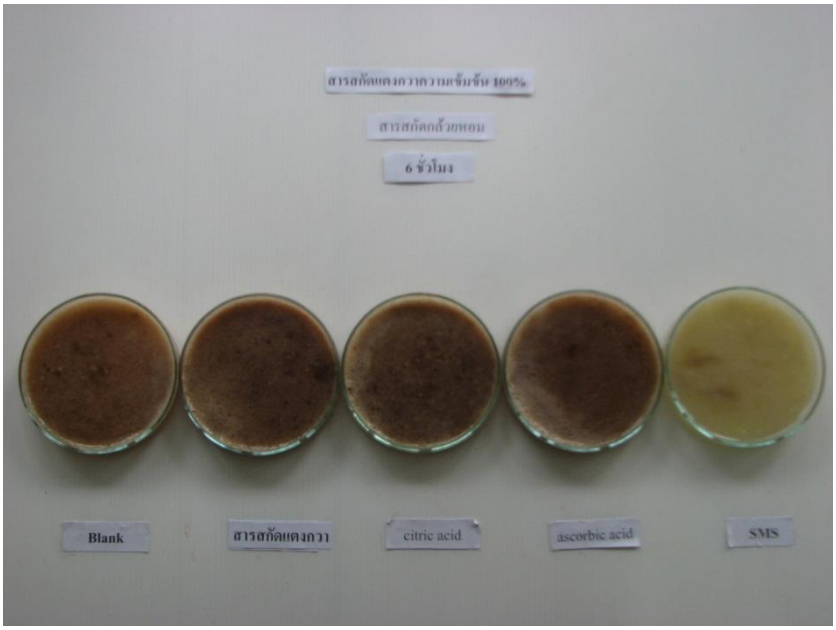


ภาพภาคผนวก ก.26 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 4 ชั่วโมง

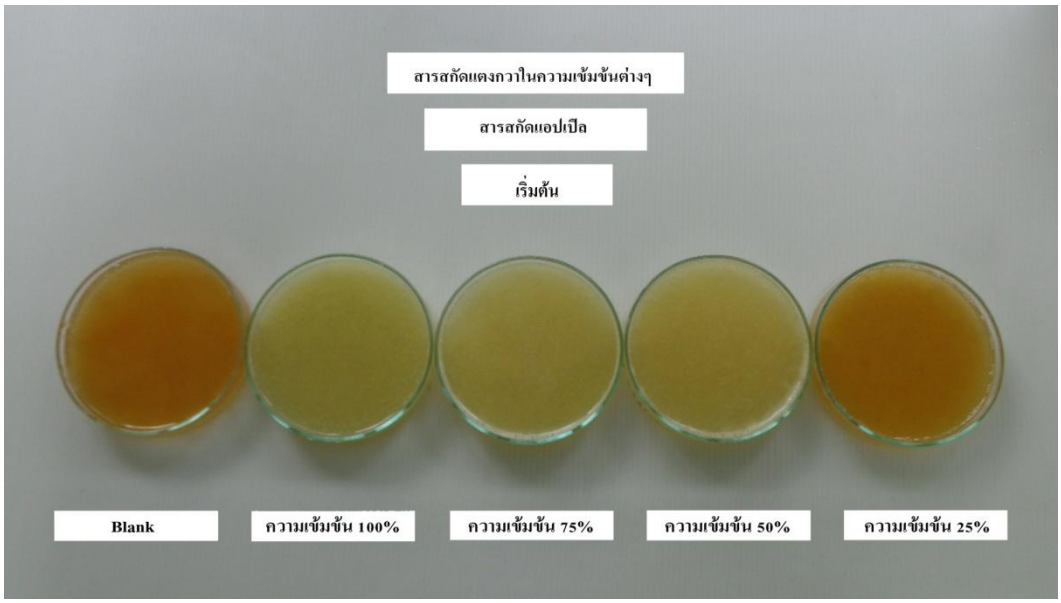
ภาพภาคผนวก ก.27 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 5 ชั่วโมง



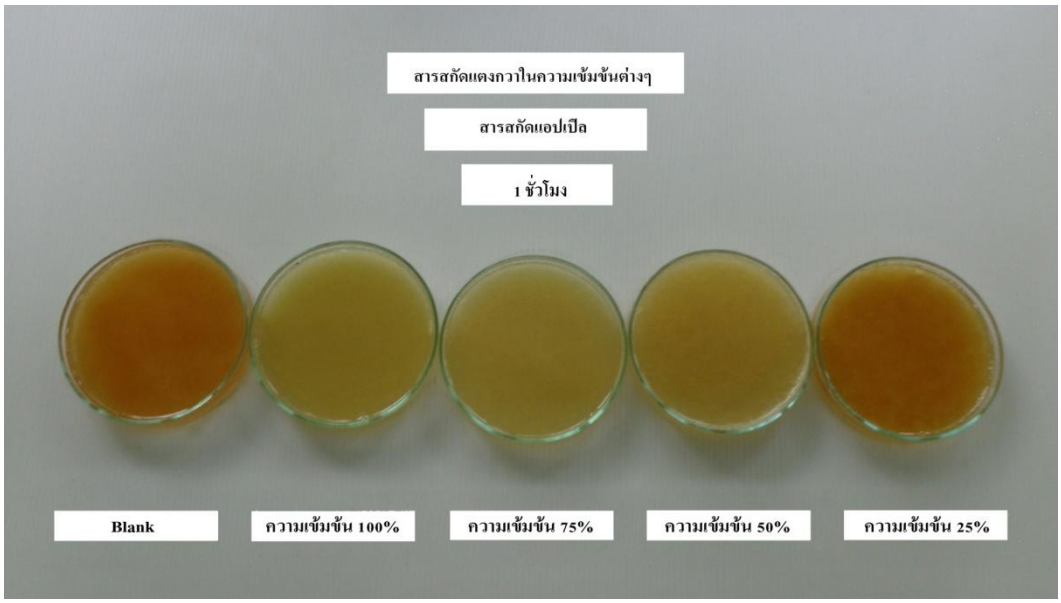
ภาพภาคผนวก ก.28 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง



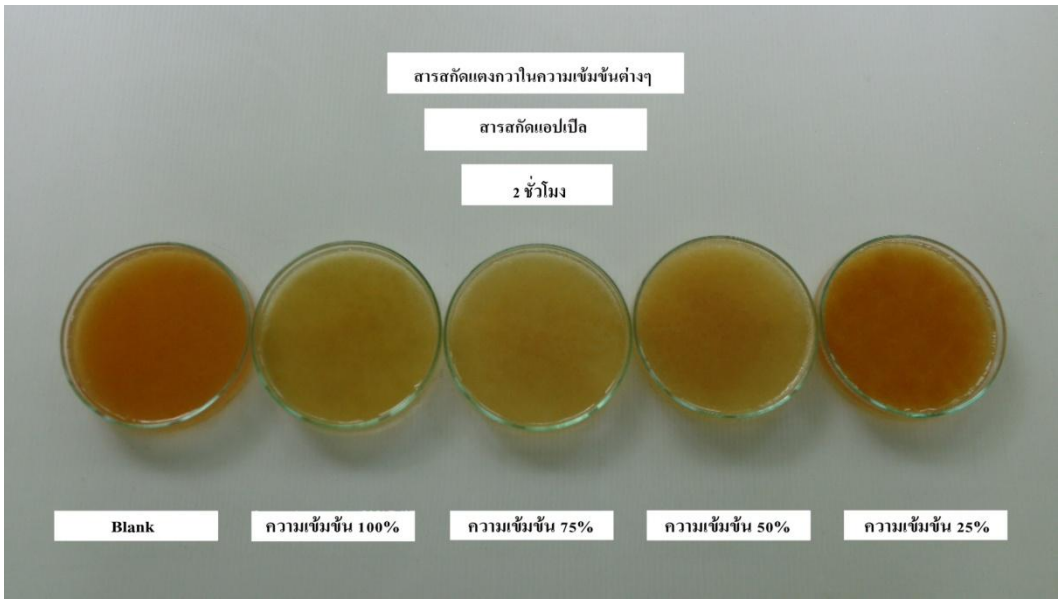
ภาพภาคผนวก ก.29 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาเริ่มต้น



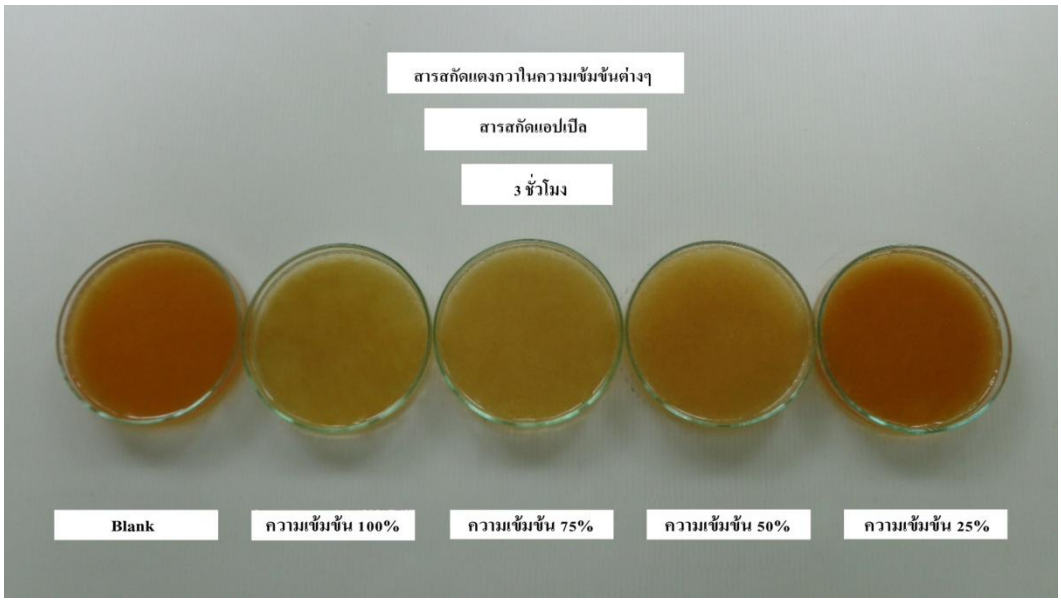
ภาพภาคผนวก ก.30 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 1 ชั่วโมง



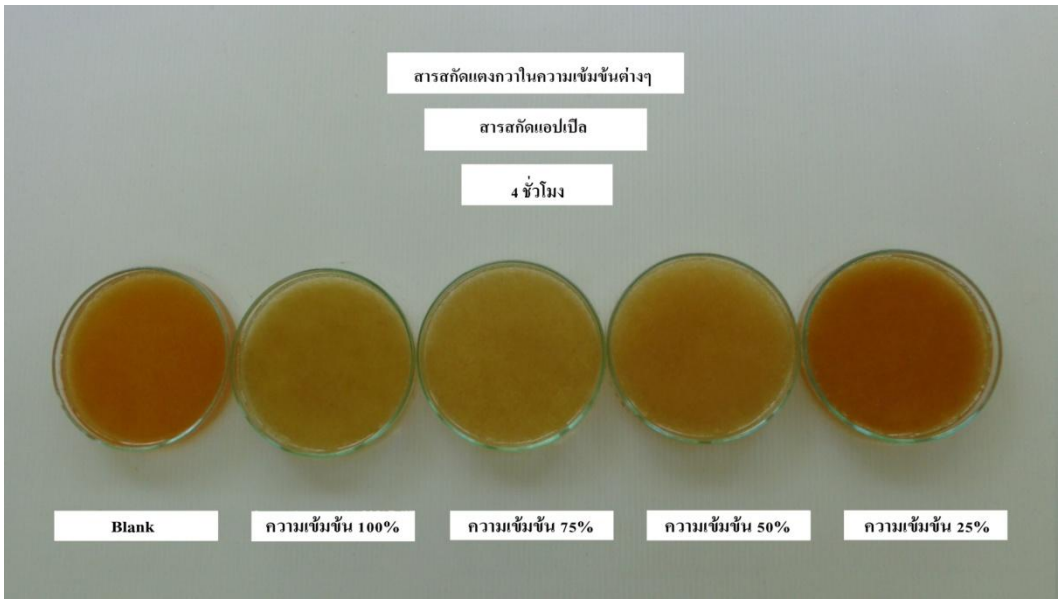
ภาพภาคผนวก ก.31 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 2 ชั่วโมง



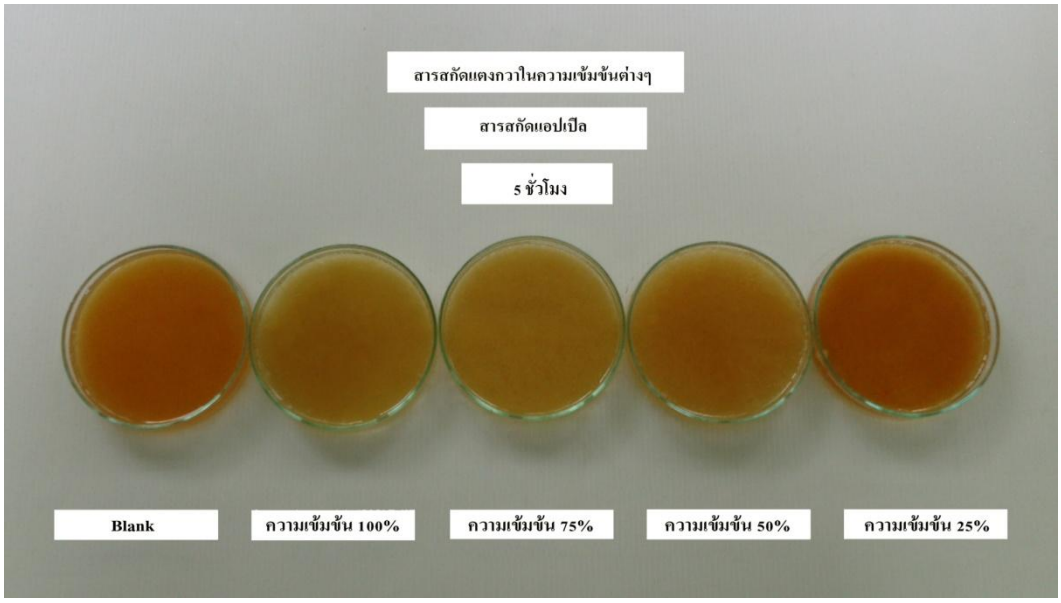
ภาพภาคผนวก ก.32 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง



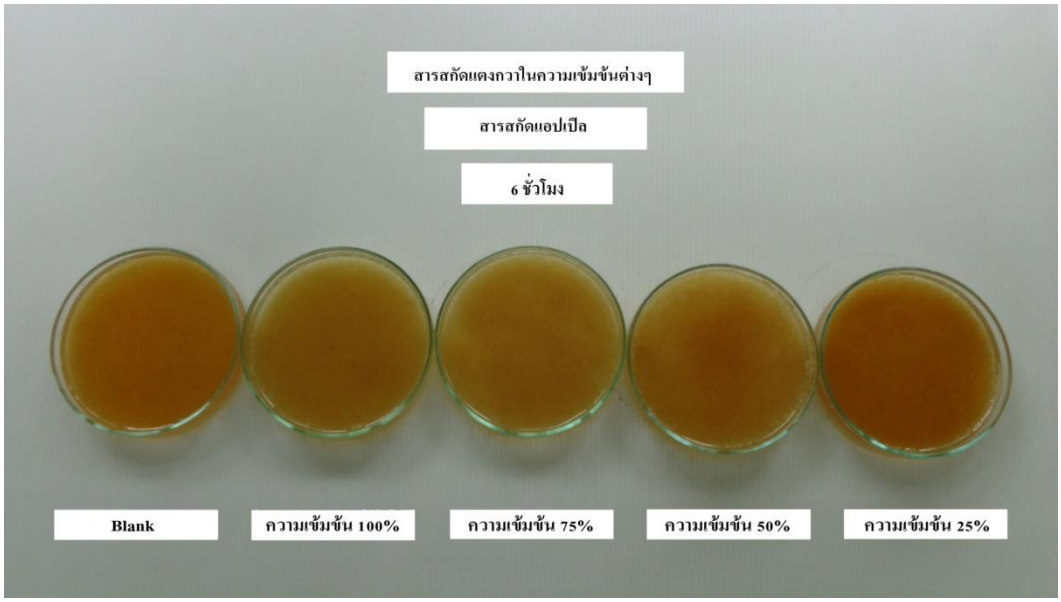
ภาพภาคผนวก ก.33 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 4 ชั่วโมง



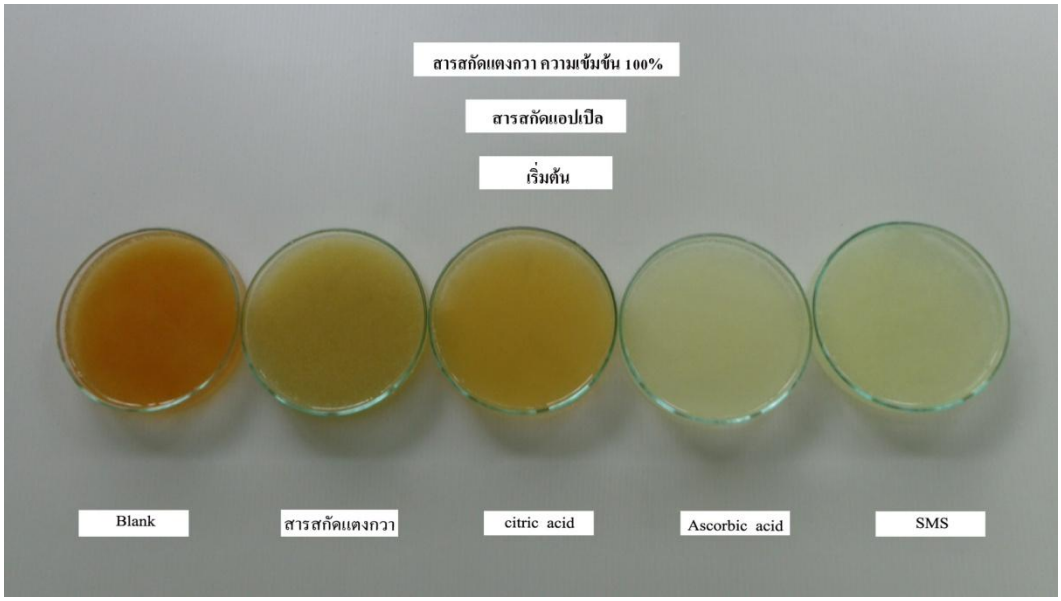
ภาพภาคผนวก ก.34 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 5 ชั่วโมง



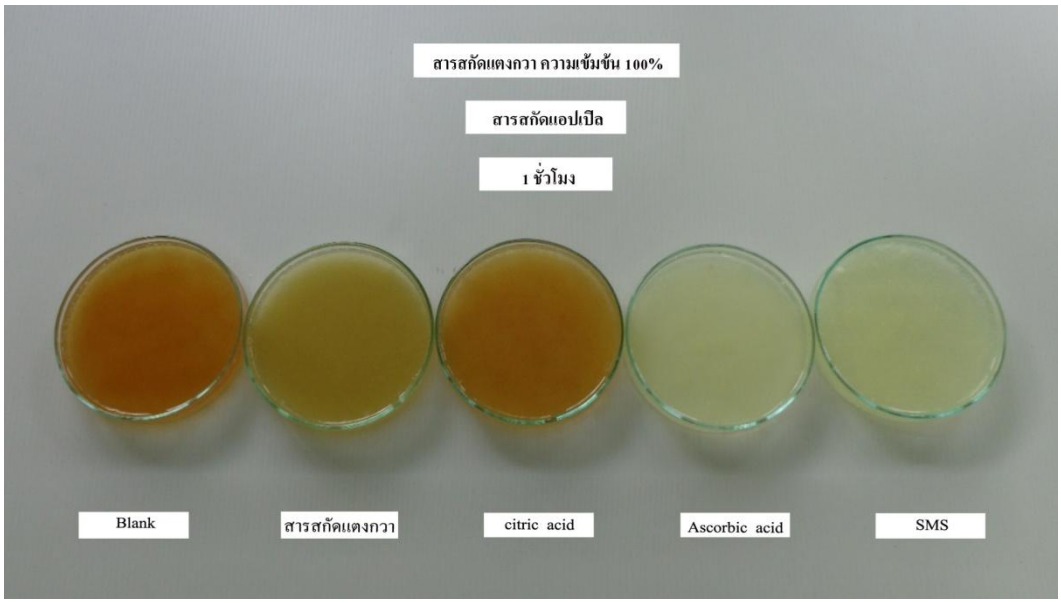
ภาพภาคผนวก ก.35 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง



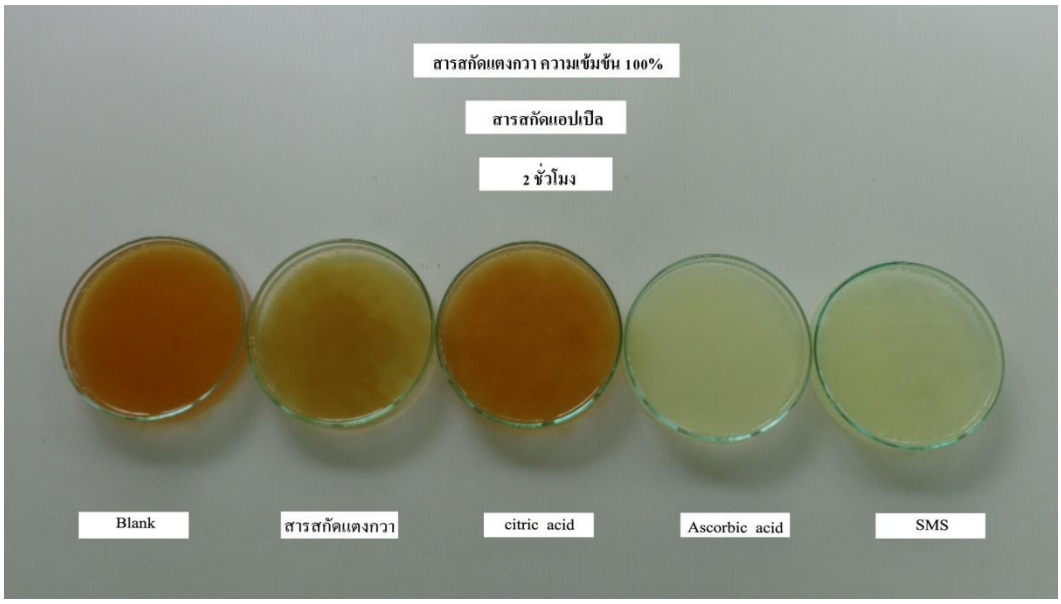
ภาพภาคผนวก ก.36 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลาเริ่มต้น



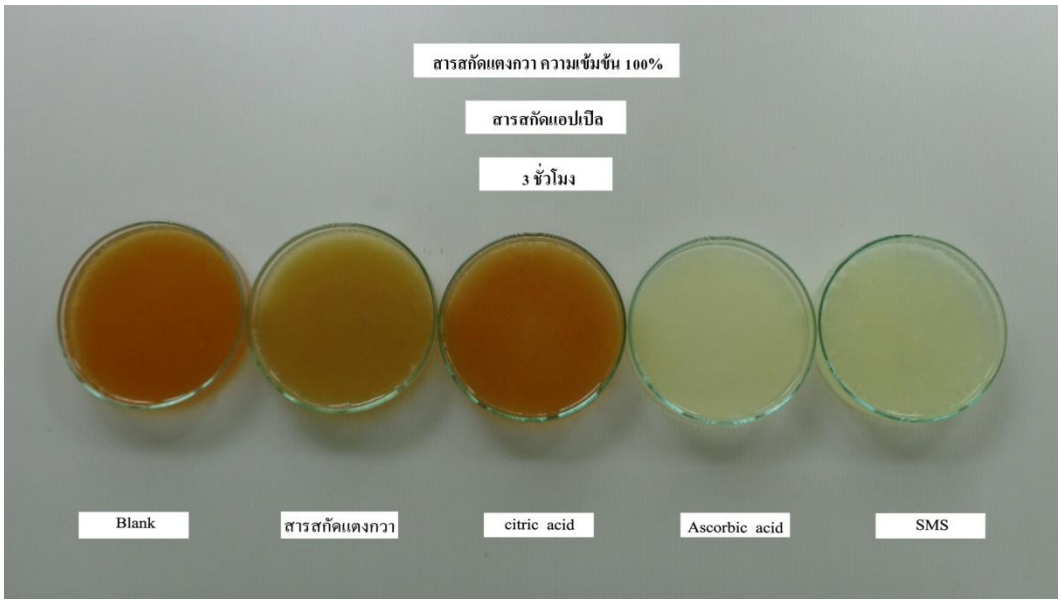
ภาพภาคผนวก ก.37 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 1 ชั่วโมง



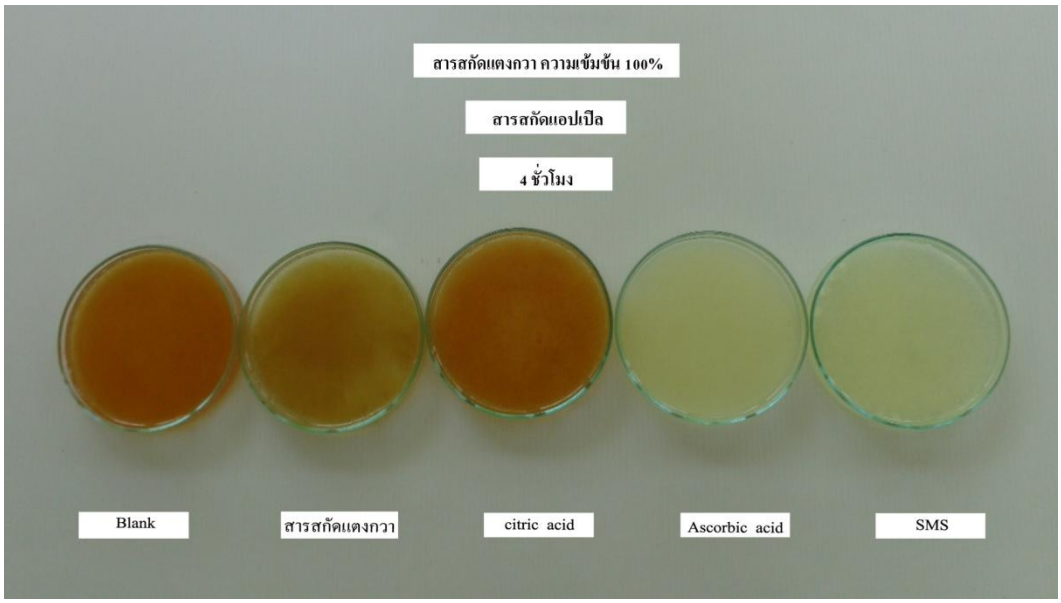
ภาพภาคผนวก ก.38 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 2 ชั่วโมง



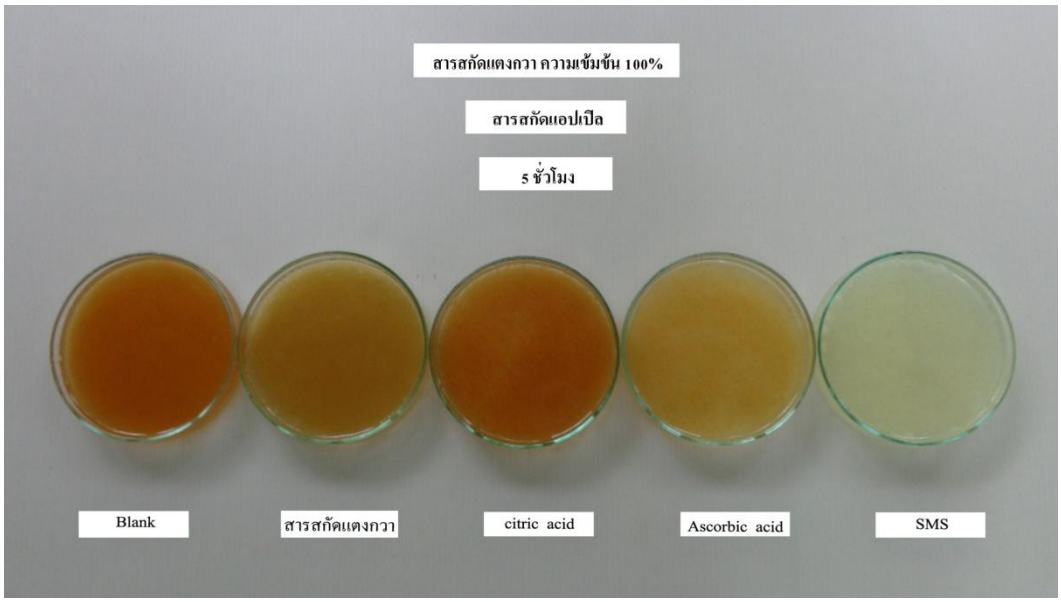
ภาพภาคผนวก ก.39 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 3 ชั่วโมง



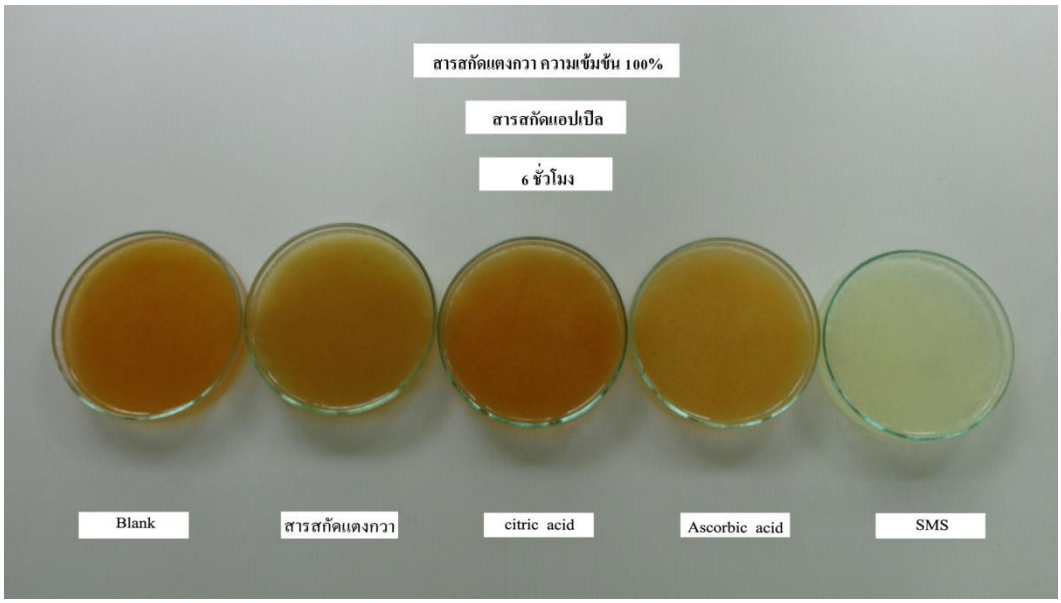
ภาพภาคผนวก ก.40 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 4 ชั่วโมง



ภาพภาคผนวก ก.41 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 5 ชั่วโมง



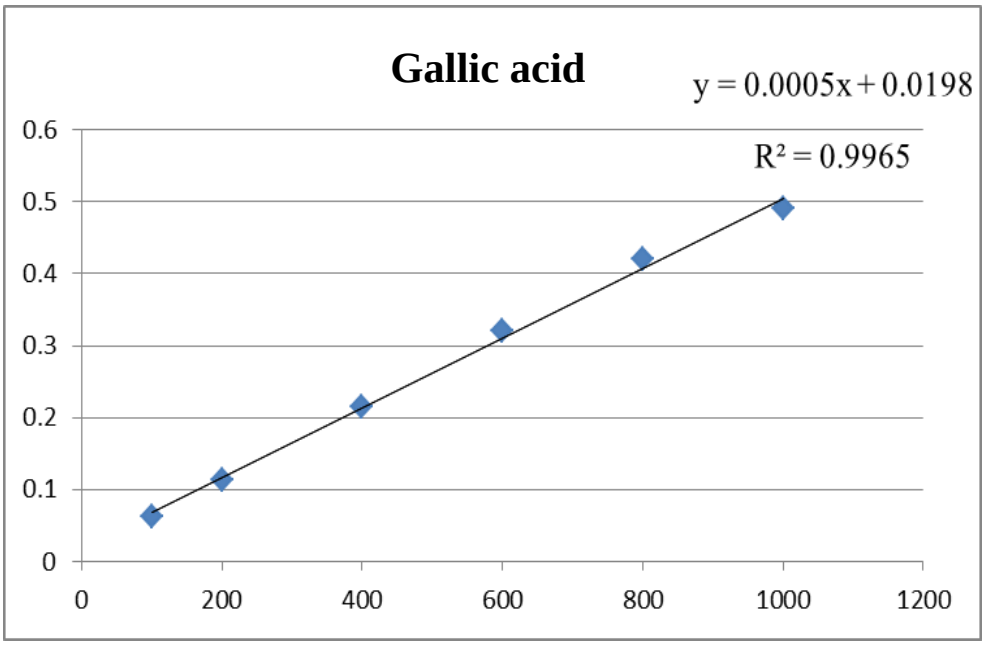
ภาพภาคผนวก ก.42 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยหอมทองจากสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v กับสารการค้า ได้แก่กรดซิตริก 0.07% w/v กรดแอสคอร์บิก 0.07% w/v และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07% w/v ที่เวลา 6 ชั่วโมง



ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย Gallic acid ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ครั้งที่	ความเข้มข้นของ gallic acid	ค่าการดูดกลืนแสง
1	100	0.063
2	200	0.114
3	400	0.215
4	600	0.321
5	800	0.42
6	1000	0.49



ภาพภาคผนวก ข.1 กราฟมาตรฐานความเข้มข้น gallic acid

หลักฐานการเผยแพร่ผลงานวิจัย

สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้
Institute for Innovative Learning

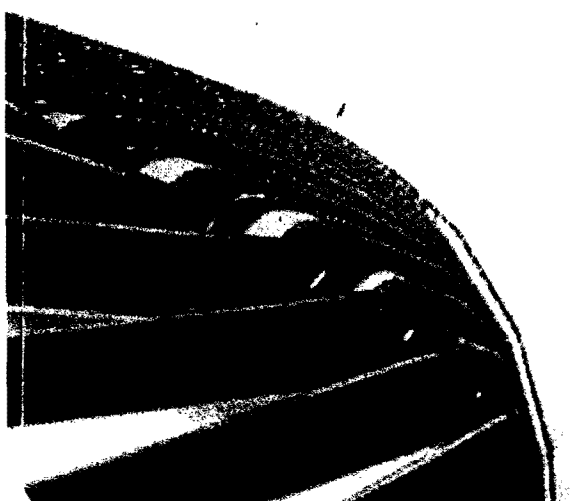
NCSEII 2014

การประชุมวิชาการระดับชาติ

วิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อสร้างแรงบันดาลใจสู่นวัตกรรม ครั้งที่ 1

1st National Conference on Science Education to Inspire Innovation 2014

5-6 กันยายน 2557 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี



การประชุมวิชาการระดับชาติ "วิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อสร้างแรงบันดาลใจสู่นวัตกรรม ครั้งที่ 1
(1st National Conference on Science Education to Inspire Innovation 2014)

5 - 6 กันยายน 2557
ณ ห้องประชุมใหญ่ อาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

จัดโดย
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ร่วมกับ
สถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล

หน่วยงานสนับสนุน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
บริษัทซีพอยท์ (ไทยแลนด์)
บริษัทฮอลลี่กรุ๊ป อิเลคทริค (ไทยแลนด์) จำกัด
บริษัท บางกอกซายด์ แอนเซอร์วิส จำกัด
บริษัทเบตเตอร์ ซินดิเคต
มหาวิทยาลัยมหิดล
บริษัทสามารถเทลคอม จำกัด
บริษัทเอ เอ็ม อาร์ เอเชีย จำกัด
บริษัทชะอำพีรพัฒน์ เคมีคอล จำกัด
บริษัทยู เอฟ โอ

การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์ศึกษาเพื่อสร้างแรงบันดาลใจสู่นวัตกรรม ครั้งที่ 1

บรรณาธิการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์
อาจารย์ ดร.พูนศิริ ทิพย์เนตร

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์
อาจารย์ ดร.พิชิต สุดตา

ผู้ช่วยบรรณาธิการ อาจารย์ กนกรัตน์ จิรสัจจานุกูล

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.วีรศักดิ์ อัศววงศ์อารยะ
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณพงษ์ เตรียมโพธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ภูวไพรศิริศาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิติ จันทรวรโชติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิธินันท์ ธรรมากรนนท์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนียา ร.นพรัตน์แจ่มจำรัส
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ปัญจบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ ณัฐวุฒิ
อาจารย์ ดร.ชนิสรา ศรีวัฒนวรัญญู
อาจารย์ ดร.ธรณิศ นาวารัตน์
อาจารย์ ดร.ปวีณา ไตรเพิ่ม
อาจารย์ ดร.วรรณชัย ชานท่น
อาจารย์ ดร.อรทัย เนียมสุวรรณ
อาจารย์ ดร.ภิรมย์ เชนประโคน
อาจารย์ ดร.ปิยฉัตร จิตต์ธรรม
อาจารย์ ดร.สุพรรณ ยอดยิ่งยง
อาจารย์ ดร.วรารัตน์ วงศ์เกี่ย
รองศาสตราจารย์สุเทพ ลิ่มอรุณ
รองศาสตราจารย์วัชรี กาญจน์กีรติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีรพิทย์ โต้ตอบ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญญัติ ศิริธนาวงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศรี เปลี่ยนขำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์วดี ไทรทอง
อาจารย์ ดร.พูนศิริ ทิพย์เนตร
อาจารย์ ดร.สุกัญญรัตน์ คงงาม
อาจารย์ ดร.สุมาลี พงษ์ติยะไพบูลย์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิตย์ สุขสำราญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวีสิน นาวารัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริธร สโมสร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศลักษณ์ ทองขาว
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์
Dr.Stefan Schreier
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชัย นพรัตน์แจ่มจำรัส
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดาราภรณ์ เตรียมโพธิ์
อาจารย์ ดร.ธีรนุช สืบเจริญ
อาจารย์ภก.ดร.วีระพงษ์ ประสงค์จีน
อาจารย์ ดร.พรพรรณ แสนภูมิ
อาจารย์ ดร.สหณัฐ เพชรศรี
อาจารย์ ดร.น้ำค้าง ศรีวัฒนาโรทัย
อาจารย์ ดร.ปรเมศวร์ เหล่าสินชัย
อาจารย์ ดร.มนต์อมร ปรีชารัตน์
อาจารย์ ดร.วัชรี เกษพิชัยณรงค์
อาจารย์ ดร.อาทร นกแก้ว
รองศาสตราจารย์พินันทร์ คงคาเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณ จันทร์แจ่มใส
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินตนา วิบูลย์ศิริกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัญญา ทองนิล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤดี ธีระเดชพงศ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชราภรณ์ ประภาสโนบล
อาจารย์ ดร.มนัญญา ปริยวิชญภักดี
อาจารย์ ดร.ปิยะนาถ บุญมีพิพิธ
อาจารย์ ดร.ทัดทอง พราหมณี

อาจารย์ ดร.นิรุธ ล้ำเลิศ
อาจารย์ ดร.ปัทมาพร ยอดสันติ
อาจารย์ ดร.ปานจิตร์ หลงประดิษฐ์
อาจารย์ ดร.นพพล มิ่งเมือง
อาจารย์ ดร.ญาณพัฒน์ พรมประสิทธิ์
อาจารย์ ดร.ชนิตร์นาถ วิเชียรประดิษฐ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น.สพ.มหิศร ประภาสะโนบล
อาจารย์ ดร.บุษราคัม สิงห์ชัย
อาจารย์ ดร.ปาณิศา แก้วสวัสดิ์
อาจารย์ ดร.ศิริวรรณ แดงฉ่ำ
อาจารย์ ดร.พิชิต สุดตา
อาจารย์ ดร.บุญสนอง ช่วยแก้ว
อาจารย์ ดร.สุดารัตน์ ไชยเฉลิม
อาจารย์ ดร.สุคนธา สุคนธ์ธารา

จัดพิมพ์โดย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
38 หมู่ 8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000
โทรศัพท์/โทรสาร 032-493-266
http://sci.pbru.ac.th

พิมพ์ครั้งแรก กันยายน 2557

จำนวนพิมพ์ 250 เล่ม

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์เพชรบุรีออฟเซ็ต
39 ตำบลท่าราบ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
โทรศัพท์ 032-413-192, 089-1129685
www.phetchaburioffset.com

ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา
Effect of Cucumber Extraction on Browning Prevention of Palmyra Fruit

พูนศิริ ทิพย์เนตร[1,2] จิตสุโข รวยรุ่ง[2] จุฑารัตน์ เต็มเปี่ยม[2]
POONSIRI THIPNATE[1,2], JITSUKHO RUAYRUNG[2], JUTARAT TEMPIEM[2]
[1] หน่วยวิจัยเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[2] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[1] Natural Product Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University
[2] Division of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากแตงกวาที่มีต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน เปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ด้วยเครื่องวัดสีพบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การยับยั้งเอนไซม์พีพีโอในลูกตาลอ่อนของสารสกัดจากแตงกวาด้วยเครื่องเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 nm. พบว่าสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 25% w/v 50% w/v 75% w/v และ 100% w/v มีค่าเปอร์เซนต์การยับยั้งเอนไซม์พีพีโอเท่ากับ 32.89±13.15c 52.75±4.20b 61.87±5.32b และ 82.74±13.31a ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าสารสกัดแตงกวา 25% w/v มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 205.39±15.26c ($p<0.05$). ส่วนปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวา 50% w/v 75% w/v และ 100% w/v มีค่าเท่ากับ 263.86±15.75b 288.69±16.96b และ 382.27±35.48a ตามลำดับ สารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v แสดงผลการยับยั้งเอนไซม์พีพีโอในลูกตาลอ่อนสูงกว่ากรดซิตริกความเข้มข้น 0.07 %w/v จากผลการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่าสารสกัดแตงกวามีประสิทธิภาพเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนได้

คำสำคัญ: ลูกตาล, แตงกวา, สีน้ำตาล, ผลไม้, ผัก

Abstract

This research aims to study the effect of the ratio of cucumber extract concentration inhibited palmyra fruit browning, to compare the total phenolic compound of the ratio of cucumber extract concentration, and to compare the efficiency of cucumber extract inhibited palmyra fruit browning with commercial chemical. When comparing the effect of cucumber extract concentration, 100% w/v, 75% w/v , 50% w/v, and 25% w/v by using colorimeter, it was found that 100% w/v cucumber extract was higher inhibited palmyra fruit browning than treated with 75% w/v, 50% w/v and 25% w/v cucumber extract. The % inhibitions of PPO were measured by using UV spectrometer at a wavelength 420 nm in palmyra fruit. The % inhibitions of palmyra fruit PPO of 25% w/v, 50% w/v, 75% w/v, and 100% w/v cucumber extract were 32.89±13.15c, 52.75±4.20b, 61.87±5.32b, and 82.74±13.31a, respectively. Moreover, 25% w/v cucumber extract showed the lowest of total phenolic compound with value of 205.39±15.26c ($p<0.05$). The total phenolic compound of 50%w/v, 75%w/v, and 100%w/v cucumber extract were 263.86±15.75b, 288.69±16.96b, and 382.27±35.48a, respectively. 100% w/v cucumber extract exhibited a higher inhibitory effect in palmyra fruit PPO than 0.07 %w/v citric. In conclusion, cucumber extract possessed effective inhibitors against enzymatic browning in palmyra fruit.

Keyword: palmyra fruit, cucumber, browning, fruit, vegetable

1. บทนำ

ลูกตาลอ่อนเป็นผลไม้ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดเพชรบุรี มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากแวะเวียนมาซื้อลูกตาลอ่อนจำนวนมาก แต่ในระหว่างการเก็บมาจำหน่ายนั้นอาจมีการถูกกระแทก ทำให้มีรอยช้ำเกิดเป็นสีน้ำตาลหรือสีแดงขึ้น ทำให้ดูไม่น่ารับประทานโดยปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ เนื่องมาจากเอนไซม์ในสภาพที่มีออกซิเจน โดยเฉพาะเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) มีการค้นพบว่าสารประกอบจำพวกซัลไฟต์ (sulfites) สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ และถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบจำพวกซัลไฟต์นี้ทำให้เกิดการแพ้อย่างรุนแรงในคนที่เป็นโรคหอบหืด ด้วยเหตุนี้สำนักงานอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration; FDA) จึงได้จำกัดการใช้ซัลไฟต์ รวมทั้งสารเคมีประเภทกรดอ่อนจำพวกกรดวิตามินซี (ascorbic acid) และกรดมะนาว (citric acid) เป็นสารอีกกลุ่มหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ แต่พบว่ามีปัญหาในเรื่องรสชาติและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (ประสานสวัสดิ์ชัง, 2538; Sapers G.M., 1993) ดังนั้นปัจจุบันจึงมีงานวิจัยเพื่อหาสารสกัดจากธรรมชาติที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ในผักและผลไม้เพื่อทดแทนการใช้สารประกอบซัลไฟต์ ตัวอย่างเช่น สารสกัดจากน้ำผึ้ง (Chen L., *et al.*, 2000) สารสกัดจากเห็ด (Jang Soon Mi, 2002) สารสกัดจากชาเขียว (Soysal C., 2009) สารสกัดจาก Whey protein (Altunkaya A., 2011) เป็นต้น ซึ่งพบว่าสารสกัดดังกล่าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งจะสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย

ที่พบว่าสารสกัดจากแตงกวา มีฤทธิ์ต้านปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้โดยการยับยั้งเอนไซม์ไธโรซิเนส (triosinase) ในเห็ดได้ (Gandia-Herrero, *et al.*, 2003) แต่ยังไม่มีการนำสารสกัดจากแตงกวามาทดลองใช้ในการยับยั้งเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการผลิตสารสกัดจากแตงกวา เพื่อใช้ในการยับยั้งสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ (PPO) ในลูกตาลอ่อน เพื่อทดแทนหรือลดปริมาณการใช้สารเคมีในภาคอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร

2. ระเบียบวิธีวิจัย

แตงกวาเป็นพันธุ์บงกชที่นิยมปลูกใน จ. เพชรบุรี และลูกตาลสดนำมาจาก อ.บ้านลาด จ. เพชรบุรี สารเคมีที่ใช้ ได้แก่ pyrocatechol และ galic acid เป็นต้น นำมาจากบริษัท Sigma-Aldrich สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลทางการค้าทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ L-ascorbic acid citric acid และ sodium metabisulphite นำมาจากบริษัท Ajax Finechem Pty Ltd

2.1 เตรียมสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น100% 75% 50% และ 25% w/v

นำแตงกวามาล้างทำความสะอาดและหั่นให้ละเอียดนำมาชั่งน้ำหนักประมาณ 1000 กรัม จากนั้นมาทำการเตรียมสารสกัด โดยทำการเติมน้ำกลั่นจำนวน 1000 มิลลิลิตร และทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นเป็นเวลา 20 วินาที นำสารสกัดที่เตรียมได้มาทำการกรองผ่านผ้าขาวบางจะได้สารสกัดแตงกวา 100% w/v (หรือ 0.64 กรัมเนื้อแตงกวา/มิลลิลิตรของน้ำแตงกวา) เตรียมสารสกัดจากแตงกวา 75% w/v (0.48 กรัมเนื้อแตงกวา/มิลลิลิตรของน้ำแตงกวา) โดยการนำสารสกัดแตงกวา 100% w/v มา 3 ส่วนทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่น 1 ส่วน จากนั้นเก็บสารสกัดแตงกวาที่ได้ใส่ขวดสีชา และนำไปแช่เย็นเก็บไว้ทันทีเพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป เตรียมสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 50% และ 25% w/v โดยปรับความเข้มข้นจากความเข้มข้นเริ่มต้นของสารสกัดแตงกวา 100% w/v เช่นเดียวกับสารสกัดจากแตงกวา 75% w/v

2.2 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในลูกตาลอ่อนด้วยเครื่องวัดสี

หั่นลูกตาลอ่อนเป็นชิ้นเล็กๆ และทำการชั่งน้ำหนักประมาณ 100 กรัม ไปใส่ในเครื่องปั่น เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เติมสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% w/v ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ทำการปั่นเป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นนำสารที่ได้ไปเทใส่จานเพาะเชื้อ 3 จานอย่างรวดเร็ว เริ่มจับเวลาและวัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta Co., Ldt รุ่น CR-10 เป็นเวลาตั้งแต่เริ่มต้นถึง 6 ชั่วโมงโดยประมาณ บันทึกเวลาและค่าการวัดสี L a และ b คำนวณหาค่า ΔE และ ค่า Browning (ตามวิธีของ Lyidogan N.F., 2004) กรณีสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้นอื่นๆ ทำการทดลองเช่นเดียวกัน

2.3 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในลูกตาลอ่อน

เตรียมบัฟเฟอร์ pH 6.8 ของ Na_2HPO_4 และ NaH_2PO_4 เตรียมสารละลาย pyrocatechol และเตรียมสารสกัดเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) จากลูกตาลอ่อน จากนั้นปิเปตสารละลาย pyrocatechol ที่เตรียมได้จำนวน 2500 µL และ สารสกัดเอนไซม์ PPO 50 µL ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก หาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm ด้วยเครื่อง Spectrometer UV–visible วัดค่าการดูดกลืนแสงทุกๆ 15 วินาที จนครบ 75 วินาที กรณีชุดควบคุม ทำการทดลองเช่นเดียวกัน โดยเปลี่ยนสารสกัดแตงกวาเป็นน้ำกลั่น เพื่อนำไปคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์ PPO ต่อไป

2.4 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้นต่างๆ

เตรียมสารละลายมาตรฐาน galic acid ความเข้มข้น 100-1000 ppm ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrometer UV-VIS ที่ความยาวคลื่น 765 nm นำไปสร้างกราฟมาตรฐาน จากนั้นนำสารสกัดจากแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v มาทดสอบค่าการดูดกลืนแสง และทำการทดสอบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดแตงกวาโดยนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานและนำไป คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้นต่างๆ

2.5 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดจากแตงกวากับสารเคมีทางการค้า

เตรียมสารละลายกรดแอสคอร์บิก สารละลายกรดซิตริก และสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.07 % w/v จากนั้นปิเปตสารละลายแต่ละชนิดจำนวน 500 µL ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก ปิเปตสารละลาย Pyrocatechol จำนวน 2500 µL และเติมสารสกัดเอนไซม์ PPO จากลูกตาลอ่อนจำนวน 50 µL ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก ผสมสารละลายให้เข้ากัน และเริ่มจับเวลาทันทีที่ใส่เอนไซม์ ทำการหาประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ PPO ในลูกตาลอ่อน เช่นเดียวกับหัวข้อ 2.3 นำค่าที่ได้ของสารทางการค้าทั้งสามไปเปรียบเทียบกับค่าเปอร์ เซ็นต์การยับยั้งเอนไซม์ PPO ของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100 % w/v

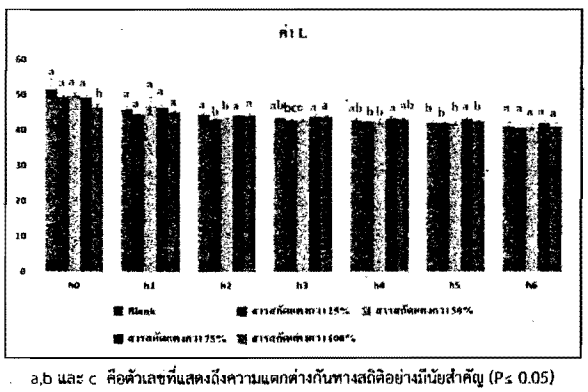
2.6 การคำนวณทางสถิติ

หัวข้อ 2.2-2.5 ทำการวิเคราะห์สถิติด้วยวิธี one-way analysis เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยวิธีของ Duncan's multiple range tests

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในลูกตาลอ่อน

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า L ในการเปรียบเทียบสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน แสดงดังภาพที่ 3.1

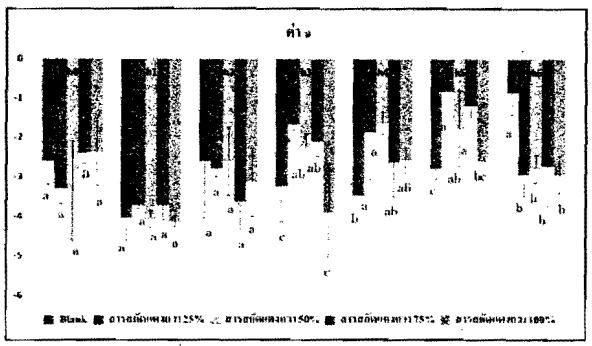


a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ภาพที่ 3.1 ค่า L การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาเริ่มต้น (h0) ถึง 6 ชั่วโมง (h6)

จากภาพที่ 3.1 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า L น้อยกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่เมื่อเวลาผ่าน

ไป 6 ชั่วโมง จึงพบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า L ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v (P>0.05) ส่วนผลการทดลองจากการวัดสีค่า a ในการเปรียบเทียบสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน แสดงดังภาพที่ 3.2

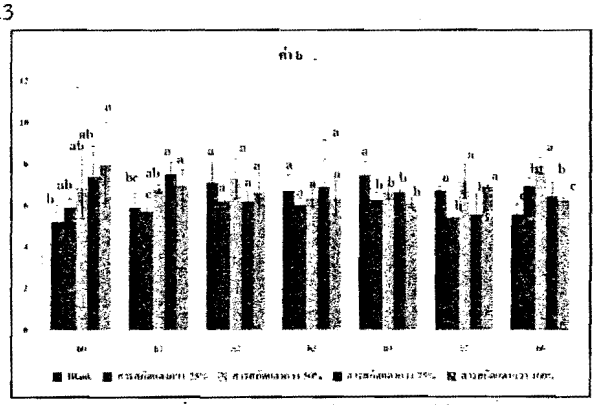


a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.2 ค่า L การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาเริ่มต้น (h0) ถึง 6 ชั่วโมง (h6)

จากภาพที่ 3.2 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า a ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v (P>0.05) และเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า a ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v (P>0.05) แต่จะมีค่าแตกต่างกับ Blank อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า b ในการเปรียบเทียบสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน แสดงดังภาพที่ 3.3

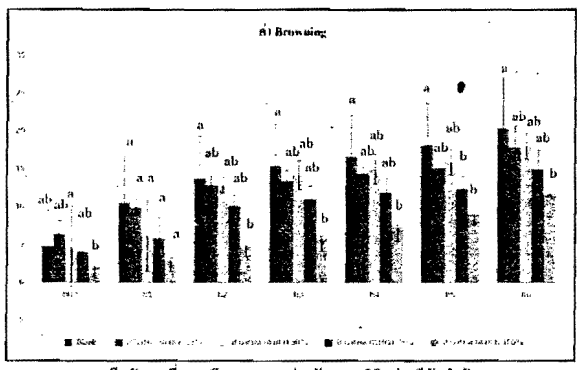


a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.3 ค่า b การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาเริ่มต้น (h0) ถึง 6 ชั่วโมง (h6)

จากภาพที่ 3.3 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า b มากกว่า Blank อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) แต่จะมีค่า b ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v (P>0.05) เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง จึงพบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า b ไม่แตกต่างกับ Blank (P>0.05) แต่จะมีค่า b แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า Browning ในการเปรียบเทียบสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อน แสดงภาพที่ 3.4



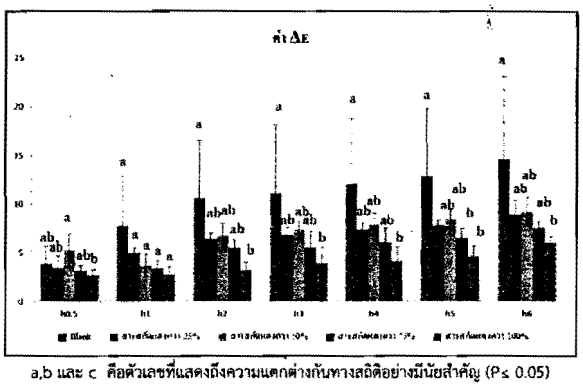
a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.4 ค่า Browning การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาครึ่งชั่วโมง (h0.5) ถึง 6 ชั่วโมง (h6)

จากภาพที่ 3.4 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า Browning น้อยกว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) แต่เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง จึงพบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า Browning น้อยกว่า Blank อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) แต่จะมีค่าไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v (P>0.05)

ผลการทดลองจากการวัดสีค่า ΔE ในการเปรียบเทียบสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้นได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนแสดงภาพที่ 3.5

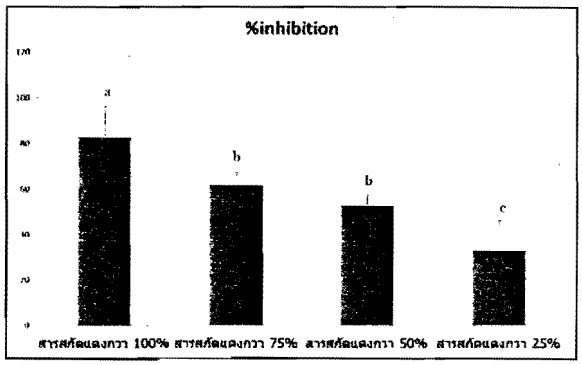
จากภาพที่ 3.5 พบว่าที่เวลาเริ่มต้นสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า ΔE ไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v (P>0.05) แต่เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง จึงพบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า ΔE น้อยกว่า Blank อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) แต่จะมีค่าไม่แตกต่างกับสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v 50% w/v และ 25%w/v (P>0.05)



a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.5 ค่า ΔE การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 100% w/v 75% w/v 50% w/v และ 25% w/v ที่เวลาครึ่งชั่วโมง (h0.5) ถึง 6 ชั่วโมง (h6)

ผลของความเข้มข้นของสารสกัดจากแตงกวา 4 ความเข้มข้นต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO ของลูกตาลอ่อน ที่เวลา 75 วินาทีแสดงดังภาพที่ 3.6

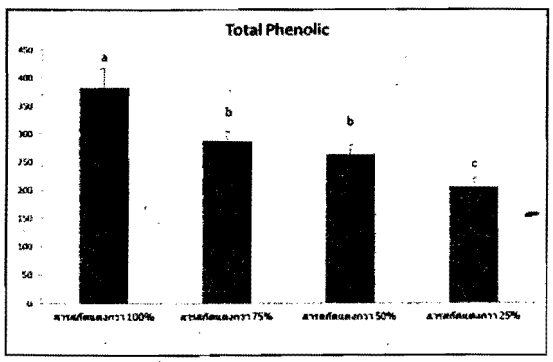


a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.6 ค่า %Inhibition การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น

จากภาพที่ 3.6 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาเพิ่มขึ้น %Inhibition การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวาจะเพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 100% w/v มีประสิทธิภาพสูงที่สุด และที่ความเข้มข้น 25% w/v มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนต่ำที่สุด ส่วนสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v และ 50% w/v มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดลองในการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่มีอยู่ในสารสกัดจากแตงกวา4 ความเข้มข้น แสดงดังภาพที่ 3.7

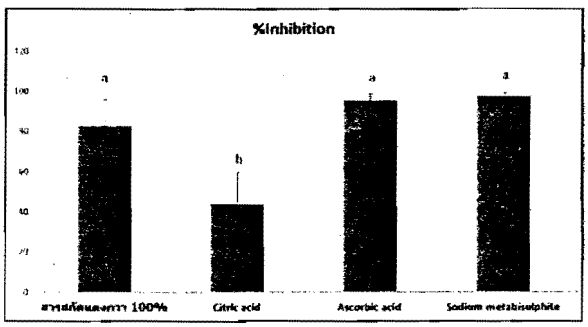


a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.7 ปริมาณฟีนอลลิกรวมของสารสกัดแตงกวา 4 ความเข้มข้น

จากภาพที่ 3.7 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวาเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกรวมของสารสกัดแตงกวาจะเพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 100% w/v มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกรวมสูงที่สุด และที่ความเข้มข้น 25% w/v มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกรวมต่ำที่สุด ส่วนสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 75% w/v และ 50% w/v มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดลองความเข้มข้นของสารสกัดจากแตงกวาความเข้มข้น 100% ต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของลูกตาลอ่อนเทียบกับสารการค้า 3 ชนิดได้แก่ citric acid ascorbic acid และsodium metabisulphite ที่เวลา 75 วินาที แสดงดังภาพที่ 3.8



a,b และ c คือตัวเลขที่แสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05)

ภาพที่ 3.8 ค่า % Inhibition การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO ในลูกตาลอ่อนของสารสกัดแตงกวาความเข้มข้น 100% citric acid ascorbic acid และ sodium metabisulphite

จากภาพที่ 3.8 พบว่าสารสกัดแตงกวาที่ความเข้มข้น 100% w/v มีค่า %Inhibition มากกว่า citric acid 0.07%w/v อย่างมีนัยสำคัญ (P≤ 0.05) แต่มีค่า %Inhibition ไม่แตกต่างกับ ascorbic acid 0.07%w/v และ sodium metabisulphite 0.07% w/v (P>0.05)

4. อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองด้วยเครื่องวัดสีและด้วยเครื่อง Spectrometer UV-visible สามารถแสดงประสิทธิภาพของสารสกัดแตงกวาในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดแตงกวาในลูกตาลอ่อน โดยเมื่อพิจารณาค่า Browning ที่เวลาเริ่มต้นถึง 6 ชั่วโมงเทียบกันระหว่าง Blank กับสารสกัดแตงกวาพบว่า สารสกัดแตงกวา 100% w/v มีค่า Browning ต่ำกว่า Blank

อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ความเข้มข้นของสารสกัดแตงกวามีผลต่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO ของลูกตาลอ่อน(%inhibition) โดยสารสกัดแตงกวา 100% w/v มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกรวมซึ่งพบว่ามีปริมาณสูงที่สุดที่ความเข้มข้นนี้ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดแตงกวา 100% w/v กับสารการค้าพบว่าสารสกัดแตงกวามีประสิทธิภาพในการการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ PPO ของลูกตาลอ่อนได้ไม่แตกต่างกับสารการค้า สองชนิด ascorbic acid 0.07 %w/v และ sodium metabisulphite 0.07 % w/v และมีประสิทธิภาพสูงกว่า citric acid 0.07 % w/v แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ทำการทดสอบเบื้องต้นที่เวลา 75 วินาที จึงอาจจะต้องทำการศึกษาโดยละเอียดเพิ่มเติมต่อไป

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

กล่าวโดยสรุปงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดแตงกวามีประสิทธิภาพสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนได้ 6 ชั่วโมง ซึ่งอาจจะมีประสิทธิภาพของสารสกัดลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ซึ่งควรทำการทดสอบต่อไปในอนาคตเพื่อศึกษประสิทธิภาพของสารสกัดแตงกวาให้ละเอียดยิ่งขึ้น และเนื่องจากการวิจัยนี้ทำการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลลิกรวมเท่านั้นมิได้ทำการศึกษาหาสารสำคัญที่มีอยู่ในแตงกวาที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของเอนไซม์ PPO ของลูกตาลอ่อน จึงควรทำการศึกษาต่อไปในอนาคต เช่น ศึกษาหา Enzyme assays หรือ PPO activity ของสารสำคัญที่พบว่าในแตงกวาซึ่งอาจมีผลต่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในลูกตาลอ่อนได้ เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในปีงบประมาณ 2556 และได้รับการสนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนบุคลากรฝ่ายต่างๆ จากศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

ประสาน สวัสดิ์ชิดัง. 2538. อาหาร. ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน

Altunkaya A. 2011. Effect of whey protein concentrate on phenolic profile and browning of fresh-cut lettuce *(Lactuca Sativa)*. Food Chemistry. 128: 754-760.

Chen, L., A. Mehta, M. Berenbaum, A. R. Zangerl and N. J. Engeseth. 2000. Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. J. Agric. Food Chem. 48: 4997-5000.

Jang, M.S., A. Sanada, H. Ushio, M. Tanaka and T. Ohshima. 2002. Inhibitory effect of 'Enokitake' mushroom extaacts on polyphenol oxidase and prevention of apple browning. Lebensm.-Wiss.U-Technol. 35:697-702.

Lyidogen, N.F. and A. Bayindirli. 2004. Effect of L-cysteine, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya appie juice. J. Food Engineering. 62:299-304.

Gandía-Herrero, F., M. Jiménez, J. Cabnes, F. García-Carmona and J. Escribana. 2003. Tyrosinase Inhibitory Activity of Cucumber Compounds: Enzymes Responsible for Browning in Cucumber. J. Agric. Food Chem. 51: 7764-7769.

Sapers, G.M. 1993. Browning of food:control by sulfites, antioxidants, and other means. Food technol. 47: 75-84.

Soysal, C. 2009. Effect of green tea extract on "Golden Delicious" apple polyphenoloxidase and its brewing. Journal of Food Biochemistry. 33: 134-148.