

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มุ่งที่จะพัฒนาการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนจากผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง ด้วยวิธีการใช้เอนไซม์ โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสที่สกัดจากรากของต้นอ่อนของเมล็ดถั่วเหลืองงอก ร่วมกับเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสที่สกัดจากสาหร่ายทะเลสีแดงสายพันธุ์ *Gracilaria changii* ปริมาณของสารประกอบเอมีนสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณสีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาโบรมิเนชันของฟีนอลเรด ซึ่งเป็นซับสเตรตของโบรโมเปอร์ออกซิเดส จากการศึกษาปฏิกิริยา enzyme coupling assay เอนไซม์สามารถจับจำเพาะกับสารประกอบเอมีนชนิด putrescine cadaverine histamine tryptamine tyramine และ β -phenylethylamine ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คำนวณปริมาณสารประกอบเอมีนในอาหารหมักดองจากกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีนชนิด putrescine โดยสารละลายสกัดที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบเอมีนจากแหนม และ ไส้กรอกเปรี้ยว คือ กรดเปอร์คลอริก ความเข้มข้น 3 โมลาร์ ข้าวหมาก คือ กรดเปอร์คลอริก ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ปลาร้า และหอยดอง คือ กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 โมลาร์ โดยอัตราส่วนในการสกัดระหว่างน้ำหนักของอาหารหมักดองต่อปริมาตรของสารละลายสกัด คือ อัตราส่วน 1 : 2 และสกัดทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การสกัด putrescine cadaverine และ histamine จากสกัด 3 ซ้ำ จากอาหารหมักดองชนิดต่างๆเท่ากับ 74.80 64.65 และ 50.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งตัวอย่างแหนมหมู ไส้กรอกเปรี้ยว ข้าวหมาก ปลาร้า และหอยดอง ที่นำมาตรวจวิเคราะห์มีปริมาณสารประกอบเอมีน เท่ากับ 340.70, 267.21, 183.33, 432.06 และ 381.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบเอมีนในตัวอย่างอาหารหมักดองประเภทต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า อาหารหมักดองประเภทเนื้อสัตว์ มีปริมาณสารประกอบเอมีนมากที่สุด รองลงมา คือ อาหารหมักดองประเภทผัก เครื่องดื่ม และประเภทนมและผลิตภัณฑ์นม ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้โดยการเติมกลีเซอรอล หรือโพลีเอทิลีนไกลคอลเป็นสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) และการทำแห้งน้ำยาตรวจวิเคราะห์ และควรเก็บรักษาน้ำยาตรวจวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากสามารถเก็บรักษาเสถียรภาพของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 10 และ 25 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : สารประกอบเอมีน / เอมีนออกซิเดส / โบรโมเปอร์ออกซิเดส / อาหารหมักดอง /
น้ำยาตรวจวิเคราะห์สำเร็จรูป

Abstract

In this research, biogenic amines (BAs) assay in fermented foods by enzymatic method using coupling enzymes between amine oxidase (AO) from the roots of soybean seedlings and bromoperoxidase (BPO) from marine red algae (*Gracilaria changii*) was developed. Amounts of biogenic amines were detected from levels of products established from a bromination reaction between phenol red, a substrate of BPO. Enzyme coupling assay was specific for putrescine, cadaverine, histamine, tryptamine, tyramine and β -phenylethylamine. The contents of biogenic amine in fermented foods were determined from the standard curve of putrescine. From the results, the suitable acid for extraction BAs from fermented meat and Thai fermented sausage, was 3 M perchloric acid (PCA) and 1.5 M PCA was suitable for fermented rice while 4 M hydrochloric acid (HCl) was suitable acid for extraction of biogenic amines from fermented fish and fermented shell. The ratio of sample and acid for was 1:2 (w/v) for three times extraction. Average of % recovery of putrescine, cadaverine and histamine in fermented foods was 74.80, 64.65 and 50.60%, respectively. BAs contents of nham, Thai fermented sausage, fermented rice, fermented fish and fermented shell were 340.70, 267.21, 183.33, 432.06 and 381.06 mg/kg, respectively. According to the results, fermented meat had the highest BAs content, followed by fermented vegetable, fermented beverage and fermented milk and milk product, respectively. The shelf life of reaction mixture for determination of biogenic amines could be prolong in the liquid form by adding with glycerol or polyethylene glycol as stabilizer or in the lyophilized form. The shelf life of BAs test kits could be prolong by storage at least 4°C to stabilize enzyme activity that were more stable than storage at 10°C and 25 °C.

Keywords: Biogenic amines / Amine oxidase / Bromoperoxidase / Fermented food / Test kit

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ในการดำเนินการวิจัย ทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
รายการตาราง	ฅ
รายการรูปประกอบ	ผ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ษ
 บทที่ 1 บทนำ	 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
1.3 แนวทางการดำเนินงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
 บทที่ 2 ทฤษฎี	 6
2.1 อาหารหมักดอง	6
2.1.1 ประเภทของอาหารหมักดอง	6
2.1.1.1 อาหารหมักดองประเภทเนื้อสัตว์	6
2.1.1.2 อาหารหมักดองประเภทผักและผลไม้ดอง	7
2.1.1.3 อาหารหมักประเภทเครื่องดื่ม	8
2.1.1.4 อาหารหมักประเภทผลิตภัณฑ์นม	8
2.1.2 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก	9
2.1.2.1 แบคทีเรีย	9
2.1.2.2 ยีสต์	11
2.1.2.3 รา	11
2.2 สารประกอบเอมีน (Biogenic amines)	12
2.2.1 ชนิดของสารประกอบเอมีน	12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2	กลไกการเกิดสารประกอบเอมีน	13
2.2.3	การผลิตสารประกอบเอมีนในอาหาร	15
2.2.4	ระดับที่เป็นพิษของสารประกอบเอมีน	15
2.2.5	ระดับของสารประกอบเอมีนที่สามารถยอมรับได้	16
2.3	เอมีนออกซิเดส (Amine oxidase)	17
2.3.1	ชนิดของเอมีนออกซิเดส	17
2.3.2	แหล่งของเอมีนออกซิเดส	17
2.3.3	การทำงานของเอมีนออกซิเดส	18
2.4	โบรโมเปอร์ออกซิเดส (Bromoperoxidase)	19
2.5	Enzyme coupling assay	20
2.6	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สารประกอบเอมีน	23
2.6.1	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	23
2.6.2	Thin Layer Chromatography (TLC)	26
2.6.3	Enzyme-Linked ImmunoSorbant Assay (ELISA)	27
2.6.4	งานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สารประกอบเอมีน	29
บทที่ 3	อุปกรณ์และระเบียบวิธีวิจัย	33
3.1	อุปกรณ์ สารเคมี และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.1	วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.2	เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.3	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	33
3.1.4	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	34
3.2	ระเบียบวิธีวิจัย	35
3.2.1	การสกัดเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส	35
3.2.2.1	สกัดเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายเขากวาง	35
3.2.2.2	การทดสอบหากิจกรรมของโบรโมเปอร์ออกซิเดส	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	36
3.2.2.1 การศึกษาความเข้มข้นของฟีนอลเรดที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	36
3.2.2.2 การศึกษาความเข้มข้นของโปตัสเซียมโบรไมด์ที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	36
3.2.2.3 การศึกษาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	37
3.2.3 การศึกษาจลนศาสตร์ของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	37
3.2.4 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	38
3.2.4.1 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ไคเอมีนออกซิเดสทางการค้าที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	38
3.2.4.2 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเลที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	39
3.2.5 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	39

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	
3.2.6 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีนชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์สารประกอบเอมีนในอาหารหมักดอง ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	40
3.2.7 การพัฒนาการสกัดสารประกอบเอมีนจากผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง	40
3.2.7.1 การศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง	41
3.2.7.2 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและกรดที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง	41
3.2.7.3 การศึกษาจำนวนครั้งในการสกัดที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง	42
3.2.7.4 การสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดองด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	43
3.2.7.5 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดสารประกอบเอมีน (% recovery)	44
3.2.8 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในอาหารหมักดอง	44
3.2.9 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในอาหารหมักดอง	45

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.10	การศึกษาการทำปฏิกิริยา โดยการใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาของ เอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	46
3.2.10.1	การศึกษาการทำปฏิกิริยาโบรมิเนชัน โดยการใช้ สารยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิ- เดสจากสาหร่ายทะเล	46
3.2.10.2	การศึกษาการทำปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโม- เปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยการใช้สาร ยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส	47
3.2.11	การตรวจสอบคุณภาพของการวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออก- ซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	48
3.2.12	การสกัดเอนไซม์เอมีนออกซิเดส	48
3.2.12.1	การสกัดเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง	48
3.2.12.2	การทดสอบหากิจกรรมของเอนไซม์เอมีนออกซิเดส	49
3.2.13	การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจ วิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และ โบรโมเปอร์- ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	50
3.2.13.1	การศึกษาปริมาณของเอนไซม์เอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับการตรวจ วิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	50
3.2.13.2	การศึกษาปริมาณของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส จากสาหร่ายทะเลที่เหมาะสมสำหรับการตรวจ วิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.14	การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	51
3.2.15	การสร้างกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีนชนิดต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์สารประกอบเอมีนในอาหารหมักดอง ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	51
3.2.16	การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง	52
3.2.17	การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีนจากแหนมหมู ไส้กรอกเปรี้ยว ข้าวหมาก ปลาร้า และหอยดอง ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	53
3.2.18	การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง ประเภทต่างๆ	53
3.2.18.1	การสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง ประเภทเนื้อสัตว์	54
3.2.18.2	การสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง ประเภทนม และผลิตภัณฑ์นม	54
3.2.18.3	การสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง ประเภทผัก	55
3.2.18.4	การสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง ประเภทเครื่องดื่ม	55
3.2.18.5	การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างโคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจาก	55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สำหรับทะเล	
3.2.18.6 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีน ด้วย ปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิ- เดสจากถั่วเหลือง และ โบร โมเปอร์ออกซิเดสจาก สำหรับทะเล	56
3.2.19 การศึกษาเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน สำเร็จรูป	57
3.2.19.1 การศึกษาความเข้มข้นของ stabilizer ที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในการรักษาเสถียรภาพของน้ำยา ตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	57
3.2.19.2 การศึกษาผลของการใช้ stabilizer ต่อเสถียรภาพของ น้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	57
3.2.19.3 การศึกษาผลของการทำแห้ง ต่อเสถียรภาพของน้ำยา ตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	59
3.2.19.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา ต่อ เสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบ เอมีนสำเร็จรูป	60
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	62
4.1 การสกัดเอนไซม์โบร โมเปอร์ออกซิเดส	62
4.2 การศึกษาความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของ เอนไซม์โบร โมเปอร์ออกซิเดสจากสำหรับทะเล	64
4.2.1 การศึกษาความเข้มข้นของฟีนอลเรดต่อการทำปฏิกิริยา ของเอนไซม์โบร โมเปอร์ออกซิเดสจากสำหรับทะเล	64
4.2.2 การศึกษาความเข้มข้นของโปตัสเซียมโบรไมด์ต่อการทำปฏิกิริยา ของเอนไซม์โบร โมเปอร์ออกซิเดสจากสำหรับทะเล	65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 การศึกษาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	66
4.3 การศึกษาจลนศาสตร์ของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	67
4.4 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	69
4.4.1 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	69
4.4.2 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเลที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	70
4.5 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	71
4.6 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีนชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์สารประกอบเอมีนในอาหารหมักดอง ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	72
4.7 การพัฒนาการสกัดสารประกอบเอมีนจากผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง	78
4.7.1 การศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง	78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7.2 การศึกษาอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและกรดที่เหมาะสม สำหรับการใช้ในการสกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง	83
4.7.3 การศึกษาจำนวนครั้งในการสกัดที่เหมาะสมสำหรับการ สกัดสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง	85
4.7.4 การสกัดและการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีนจาก อาหารหมักดอง	87
4.7.5 การหาค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดสารประกอบเอมีน (% recovery)	89
4.8 การศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบ เอมีนที่เกิดขึ้นในอาหารหมักดอง	93
4.9 การศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบ เอมีนที่เกิดขึ้นในอาหารหมักดอง	94
4.10 การศึกษาการทำปฏิกิริยา โดยการใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	96
4.10.1 การศึกษาการทำปฏิกิริยาโบรมิเนชัน โดยการใช้สารยับยั้ง ปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	96
4.10.2 การศึกษาการทำปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจาก สาหร่ายทะเล โดยการใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โบร- โมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	98
4.11 การตรวจสอบคุณภาพของการวิเคราะห์สารประกอบเอมีนด้วย ปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทาง การค้าและ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	100
4.12 การสกัดเอนไซม์เอมีนออกซิเดส	102
4.13 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์ สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีน- ออกซิเดสจากถั่วเหลือง และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	104

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.13.1 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	104
4.13.2 การศึกษาปริมาณของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจาก สาหร่ายทะเลที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์ สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay	105
4.14 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวิเคราะห์สารประกอบ- เอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลือง และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	106
4.15 การสร้างกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีนชนิดต่างๆ สำหรับ การวิเคราะห์สารประกอบเอมีนในอาหารหมักดอง ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	107
4.16 การศึกษาจลนศาสตร์ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง	113
4.17 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีนจากแหนมหมู ไส้กรอก- เปรี้ยว ข้าวหมาก ปลาร้า และหอยดอง ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่าง เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และ โบรโมเปอร์ออกซิ- เดสจากสาหร่ายทะเล	119
4.18 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบเอมีนจากอาหารหมักดอง ประเภทต่างๆ	121
4.19 การศึกษาเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน สำเร็จรูป	130
4.19.1 การศึกษาความเข้มข้นของ stabilizer ที่เหมาะสมสำหรับ นำไปใช้ในการรักษาเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์ สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	130
4.19.2 การศึกษาผลของการใช้ stabilizer ต่อเสถียรภาพของน้ำยา ตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	132

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.19.3	การศึกษาผลของการทำแห้ง ต่อเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	136
4.19.4	การศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป	138
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	143
5.1	สรุปผลการทดลอง	143
5.2	ข้อเสนอแนะ	147
	เอกสารอ้างอิง	148
	ภาคผนวก	
	ก	158
	ข	200

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ปริมาณระดับของสารประกอบเอมีนในอาหารที่สามารถยอมรับได้	16
2.2	ชนิดของฮาโลเปอร้ออกซิเดส	20
4.1	ปริมาณโปรตีนและกิจกรรมของโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสารละลายสกัดจากสาหร่ายทะเล	63
4.2	สมการเส้นตรง และค่า R^2 ของกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีน 6 ชนิด ได้แก่ putrescine cadaverine histamine tryptamine tyramine และ β -phenylethylamine โดยทำการตรวจวิเคราะห์ ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	77
4.3	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในอาหารหมักดอง ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	80
4.4	สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบเอมีนจากตัวอย่างอาหารหมักดองแต่ละชนิด	88
4.5	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองชนิดต่าง ๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	88
4.6	ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดสารประกอบเอมีนชนิดต่าง ๆ (% recovery) ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	90
4.7	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองชนิดต่างๆ โดยคิดจากค่าเปอร์เซ็นต์การสกัด ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	92

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4.8	ปริมาณโปรตีน และกิจกรรมของเอมีนออกซิเดสจากสารละลายสกัดจากส่วนต่าง ๆ ของต้นอ่อนของเมล็ดถั่วเหลือง	103
4.9	สมการเส้นตรง และค่า K^2 ของกราฟมาตรฐานของสารประกอบเอมีน 6 ชนิด ได้แก่ putrescine cadaverine histamine tryptamine tyramine และ β -phenylethylamine โดยทำการตรวจวิเคราะห์ ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	112
4.10	ค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลืองที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐาน ได้แก่ putrescine cadaverine histamine tryptamine tyramine และ β - phenylethylamine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	117
4.11	การเปรียบเทียบค่า K_m ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสที่สกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลือง ถั่วแดง และถั่วลิ้นเตา เมื่อใช้สารประกอบเอมีนชนิดต่างๆ เป็นซับสเตรต	119
4.12	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองชนิดต่าง ๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	120
4.13	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองประเภทต่าง ๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 590 นาโนเมตร	122
4.14	ปริมาณสารประกอบเอมีนเฉลี่ยที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองประเภทต่าง ๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดส จากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 590 นาโนเมตร และคำนวณโดยคิดจากค่าเปอร์เซ็นต์การสกัด	124
4.15	การเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบเอมีนในตัวอย่างอาหารหมักดองประเภทต่างๆ ด้วยวิธี High Performance Liquid	128

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
Chromatography (HPLC) กับวิธี enzyme coupling assay	
4.16 ปริมาณสารประกอบเอมีนในตัวอย่างอาหารหมักดองประเภทต่างๆ ซึ่งทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	130
ก.1 ผลของการตรวจวัดปริมาณโปรตีนของเอนไซม์โบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	160
ก.2 ผลการทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์โบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	160
ก.3 ผลของความเข้มข้นของฟีนอลเรดต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้ฟีนอลเรดความเข้มข้น 0 – 16.67 ไมโครโมลาร์ โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	161
ก.4 ผลของความเข้มข้นของโปตัสเซียมโบรไมด์ต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้โปตัสเซียมโบรไมด์เข้มข้น 0 – 2.22 มิลลิโมลาร์ โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	162
ก.5 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร้ออกไซด์ต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร้ออกไซด์เข้มข้น 0–0.49 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	163
ก.6 ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร้ออกไซด์ ต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร้ออกไซด์เข้มข้น 0 – 0.490 มิลลิโมลาร์ และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	164
ก.7 ผลของปริมาณไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับโบรโมเปอร้ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ในช่วงความเข้มข้น 0 – 0.41 ยูนิตต่อมิลลิลิตร	165
ก.8 ผลของปริมาณโบรโมเปอร้ออกซิเดสที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับโบรโมเปอร้ออกซิเดสจาก	166

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
สาหร่ายทะเล ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ในช่วงความเข้มข้น 0 – 9.18 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตร	
ก.9 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ในช่วงระยะเวลา 0 – 10 ชั่วโมง	167
ก.10 ผลของการตรวจวัดสารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	168
ก.11 ผลของการตรวจวัดสารประกอบเอมีนมาตรฐาน cadaverine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	169
ก.12 ผลของการตรวจวัดสารประกอบเอมีนมาตรฐาน histamine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	169
ก.13 ผลของการตรวจวัดสารประกอบเอมีนมาตรฐาน tryptamine ในช่วงความเข้มข้น 0–14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	170
ก.14 ผลของการตรวจวัดสารประกอบเอมีนมาตรฐาน tyramine ในช่วงความเข้มข้น 0–14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	170
ก.15 ผลของการตรวจวัดสารประกอบเอมีนมาตรฐาน β - phenylethylamine ในช่วงความเข้มข้น 0–2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	171
ก.16 ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างเหวมหมู	171

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ก.17	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างไส้กรอกเปรี้ยว	172
ก.18	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างข้าวหมาก	172
ก.19	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างปลาร้า	172
ก.20	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างหอยดอง	173
ก.21	ผลของอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างแหนมหมู และไส้กรอกเปรี้ยว	173
ก.22	ผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่สกัดได้จากตัวอย่างแหนมหมู และไส้กรอกเปรี้ยว	174
ก.23	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองชนิดต่าง ๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	174
ก.24	ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดสารประกอบเอมีนชนิดต่าง ๆ (% recovery)	175
ก. 25	ผลของระยะเวลาในการหมักต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในแหนม และไส้กรอกเปรี้ยว	176
ก.26	ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในแหนมและไส้กรอกเปรี้ยว	176
ก.27	การทำปฏิกิริยาโบรมีนเนชันของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่าย โดยการใส่โพแทสเซียมไฮยาไนด์ และโซเดียมเอไซด์ เข้มข้น 0.2 - 2.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารละลายปฏิกิริยา เป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส	177
ก.28	การทำปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยการเติมสารยับยั้งของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส แล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	177

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก.29 การทำปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยการเติมสารยับยั้งของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส แล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	178
ก.30 การตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	178
ก.31 ผลของการตรวจวัดปริมาณโปรตีนของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากส่วนต่างๆ ของต้นอ่อนของเมล็ดถั่วเหลืองงอก	180
ก.32 ผลการทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากส่วนต่างๆ ของต้นอ่อนของเมล็ดถั่วเหลืองงอก	180
ก.33 ผลของปริมาณเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลืองที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ในช่วงความเข้มข้น 0 – 18.50 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตร	181
ก.34 ผลของปริมาณโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเลที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ในช่วงความเข้มข้น 0 – 18.36 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตร	182
ก.35 ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ในช่วงระยะเวลา 0 – 10 ชั่วโมง	183
ก.36 กราฟมาตรฐาน putrescine ในช่วงความเข้มข้น 0–5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	184
ก.37 กราฟมาตรฐาน cadaverine ในช่วงความเข้มข้น 0–5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	185

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ก.38	กราฟมาตรฐาน histamine ในช่วงความเข้มข้น 0–5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	185
ก.39	กราฟมาตรฐาน tryptamine ในช่วงความเข้มข้น 0–14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	186
ก.40	กราฟมาตรฐาน tyramine ในช่วงความเข้มข้น 0–2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	186
ก.41	กราฟมาตรฐาน β -phenylethylamine ในช่วงความเข้มข้น 0–2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	187
ก.42	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด putrescine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	187
ก.43	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด cadaverine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	188
ก.44	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด histamine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	188
ก.45	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด tryptamine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	189
ก.46	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด tyramine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	189

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ก.47	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มีสารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด β -phenylethylamine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	190
ก.48	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองชนิดต่างๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	190
ก.49	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองประเภทต่างๆ ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	191
ก.50	ผลของความเข้มข้นของกลีเซอรอลต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา enzyme coupling assay ของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ใช้ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และชนิดที่ใช้เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้ putrescine เป็นสารตั้งต้น	192
ก.51	ผลของความเข้มข้นของโพแทสเซียมไกลูโคลตต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา enzyme coupling assay ของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ใช้ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และชนิดที่ใช้เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้ putrescine เป็นสารตั้งต้น	193
ก.52	ผลของการใช้ stabilizer ต่อเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้ putrescine เป็นสารตั้งต้น	194
ก.53	ผลของการใช้ stabilizer ต่อเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อ	195

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
	ใช้ putrescine เป็นสารตั้งต้น	
ก.54	ผลของการทำแห้งต่อเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอนไซม์ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	196
ก.55	ผลของการทำแห้งต่อเสถียรภาพของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	197
ก.56	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดสารละลายที่ไม่มีการเติม stabilizer เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	197
ก.57	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดสารละลายที่ไม่มีการเติม stabilizer เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	198
ก.58	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดสารละลายที่มีการเติมกลีเซอรอล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	198
ก.59	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดสารละลายที่มีการเติมกลีเซอรอล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	199
ก.60	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ	199

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
	เอนไซม์โบรโมเพอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดสารละลายที่มีการเติม โพลีเอทิลีนไกลคอล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	
ก.61	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์ สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และ เอนไซม์โบรโมเพอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดสารละลายที่มีการเติม โพลีเอทิลีนไกลคอล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสาร ตั้งต้น	200
ก.62	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์ สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ เอนไซม์โบรโมเพอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดผงแห้ง เมื่อใช้ สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	200
ก.63	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์ สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปที่ใช้เอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และ เอนไซม์โบรโมเพอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ชนิดผงแห้ง เมื่อใช้ สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น	201

รายการรูป

รูป		หน้า
2.1	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบเอมีนชนิดที่มีโครงสร้างเป็นแบบ Aliphatic	12
2.2	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบเอมีนชนิดที่มีโครงสร้างเป็นแบบ Aromatic	13
2.3	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบเอมีนชนิดที่มีโครงสร้างเป็นแบบ Heterocyclic	13
2.4	กลไกการเกิดสารประกอบเอมีนโดยเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ ดีคาร์บอกซิเลส	14
2.5	โครงสร้างสามมิติของเอนไซม์เอมีนออกซิเดส (copper-containing amine oxidase) จากเมล็ดถั่วลิสงที่กำจัดงอก (PSAO) (a) โครงสร้างไดเมอร์ (dimer) ของเอนไซม์ PSAO ที่มองในแนวตั้งฉากกับแกนของโมเลกุล จากรูปประกอบด้วย หน่วยย่อยสองหน่วย ซึ่งแสดงด้วย สีส้ม และสีขาว ตามลำดับ และ (b) โครงสร้างของเอนไซม์ PSAO ที่มองในแนวเดียวกับแกนของโมเลกุล (EC 1.4.3.21)	19
2.6	โครงสร้างสามมิติของเอนไซม์โบรมเปอร์ออกซิเดส (recombinant vanadium-dependent bromoperoxidase) จากสาหร่ายสีแดงสายพันธุ์ <i>Coralline pilulifera</i> ซึ่งมี Fe^{3+} เป็น prosthetic group มีมวลโมเลกุล ประมาณ 790,000 ดาลตัน และประกอบด้วยหน่วยย่อยขนาด 64,000 ดาลตัน ทั้งหมด 12 หน่วย (EC 1.11.1.10)	22
2.7	ปฏิกิริยาการวิเคราะห์หาปริมาณ glucose ในซีรัม โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของ glucose oxidase และ peroxidase	23
2.8	ปฏิกิริยาการวิเคราะห์หาปริมาณของ cholesterol ในซีรัม ด้วยวิธี Enzyme coupling assay โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ 3 ชนิด ได้แก่ cholesterol esterase, cholesterol oxidase และ peroxidase	23
2.9	ปฏิกิริยาการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบเอมีน ด้วยวิธี Enzyme coupling assay โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ diamine oxidase และ peroxidase	24
2.10	ปฏิกิริยาการวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบเอมีน ด้วยวิธี enzyme coupling assay โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ diamine oxidase และ bromoperoxidase	25

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.1	ผลของความเข้มข้นของฟีนอลเรดต่อปริมาณโบรโมฟีนอลบลูที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้ฟีนอลเรดเข้มข้น 0 – 16.67 ไมโครโมลาร์ และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	65
4.2	ผลของความเข้มข้นของโปตัสเซียมโบรไมด์ต่อปริมาณโบรโมฟีนอลบลูที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้โปตัสเซียมโบรไมด์เข้มข้น 0 – 2.22 มิลลิโมลาร์ และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	66
4.3	ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อปริมาณโบรโมฟีนอลบลูที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 0 – 0.98 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	67
4.4	ผลของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่ออัตราการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 0 – 0.49 มิลลิโมลาร์ต่อมิลลิลิตร และตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	68
4.5	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเลที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	69
4.6	ผลของปริมาณไคเอมีนออกซิเดสทางการค้าต่อปริมาณโบรโมฟีนอลบลูที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ในช่วงความเข้มข้น 0 – 0.41 ยูนิตต่อมิลลิลิตร โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	70
4.7	ผลของปริมาณโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเลต่อปริมาณโบรโมฟีนอลบลูที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า ในช่วงความเข้มข้น 0 – 27.54 มิลลียูนิตต่อมิลลิลิตร โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	71
4.8	ผลของระยะเวลาที่ใช้ในบ่มสารละลายปฏิกิริยาต่อปริมาณโบรโมฟีนอลบลูที่	72

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ในช่วงระยะเวลา 0 – 10 ชั่วโมง โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.9	กราฟมาตรฐาน putrescine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	74
4.10	กราฟมาตรฐาน cadaverine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	74
4.11	กราฟมาตรฐาน histamine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	75
4.12	กราฟมาตรฐาน tryptamine ในช่วงความเข้มข้น 0–14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	75
4.13	กราฟมาตรฐาน tyramine ในช่วงความเข้มข้น 0–30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	76
4.14	กราฟมาตรฐาน β - phenylethylamine ในช่วงความเข้มข้น 0–8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	76

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
4.15	กราฟมาตรฐานสารประกอบเอมีน 6 ชนิด ได้แก่ putrescine cadaverine histamine tryptamine tyramine และ β - phenylethylamine ในช่วงความเข้มข้น 0–30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดย ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	77
4.16	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นใน ตัวอย่างเห็ดหมก ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดย ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	80
4.17	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นใน ตัวอย่างไส้กรอกเปรี้ยว ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	81
4.18	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นใน ตัวอย่างข้าวหมาก ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดย ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	81
4.19	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นใน ตัวอย่างปลาร้า ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดย ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	82
4.20	ผลของชนิดของกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นใน ตัวอย่างหอยดอง ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่าง ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดย ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	82
4.21	ผลของอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณ สารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในตัวอย่างเห็ดหมก ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี	84

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.22	ผลของอัตราส่วนระหว่างตัวอย่างและกรดที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในตัวอย่างไส้กรอกเปรี้ยว ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	84
4.23	ผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในตัวอย่างแฮมหมู ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	86
4.24	ผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในตัวอย่างไส้กรอกเปรี้ยว ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	86
4.25	ปริมาณสารประกอบเอมีนที่ตรวจพบในตัวอย่างอาหารหมักดองชนิดต่างๆ โดยคิดจากค่าเปอร์เซ็นต์การสกัด ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	93
4.26	ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในแฮม และไส้กรอกเปรี้ยว ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	94
4.27	ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาต่อปริมาณสารประกอบเอมีนที่เกิดขึ้นในแฮม และไส้กรอกเปรี้ยว ซึ่งตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าและโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่าย	96

รายการรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
ทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.28 ผลของการใช้โพแทสเซียมไซยาไนด์ (KCN) และโซเดียมเอไซด์ (NaN ₃) เข้มข้น 0.2 - 2.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของสารละลายปฏิกิริยา ต่อปริมาณ โบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาโบรมิเนชันของเอนไซม์ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	97
4.29 ผลของการเติมสารยับยั้งเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส ได้แก่ โพแทสเซียม ไซยาไนด์ และโซเดียมเอไซด์เข้มข้น 0.8 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของ สารละลายปฏิกิริยา ตามลำดับ ต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นจากการทำ ปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	99
4.30 ผลของการเติมสารยับยั้งเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดส ได้แก่ โพแทสเซียม ไซยาไนด์ และโซเดียมเอไซด์เข้มข้น 0.8 และ 0.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของ สารละลายปฏิกิริยา ตามลำดับ ต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นจากการทำ ปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	100
4.31 การตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์สารประกอบเอมีน ด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไดเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	101
4.32 ผลของปริมาณเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลืองต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่ เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจาก สาหร่ายทะเล ในช่วงความเข้มข้น 0 – 18.50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยตรวจวัด ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	105
4.33 ผลของปริมาณโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเลต่อปริมาณ โบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา enzyme coupling assay ร่วมกับ	106

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	เอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลือง ในช่วงความเข้มข้น 0 – 18.36 มิลลิยูนิตต่อมิลลิลิตร โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.34	ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มสารละลายปฏิกิริยาต่อปริมาณโบรโมเฟีนอลบลูที่เกิดขึ้น จากปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล ในช่วงระยะเวลา 0 – 10 ชั่วโมง โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	107
4.35	กราฟมาตรฐาน putrescine ในช่วงความเข้มข้น 0–5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดส จากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	109
4.36	กราฟมาตรฐาน cadaverine ในช่วงความเข้มข้น 0–5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	109
4.37	กราฟมาตรฐาน histamine ในช่วงความเข้มข้น 0–5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดส จากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	110
4.38	กราฟมาตรฐาน tryptamine ในช่วงความเข้มข้น 0–14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	110
4.39	กราฟมาตรฐาน tyramine ในช่วงความเข้มข้น 0–2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	111
4.40	กราฟมาตรฐาน β - phenylethylamine ในช่วงความเข้มข้น 0 – 2 มิลลิกรัมต่อ	111

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	มิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจาก ถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดยตรวจวัดค่าการ ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.41	กราฟมาตรฐานสารประกอบเอมีน 6 ชนิด ได้แก่ putrescine cadaverine histamine tryptamine tyramine และ β - phenylethylamine ในช่วงความเข้มข้น 0–14 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่าง เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล โดย ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	112
4.42	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มี สารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด putrescine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	114
4.43	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มี สารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด cadaverine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	114
4.44	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มี สารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด histamine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	115
4.45	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มี สารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด tryptamine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	115
4.46	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มี สารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด tyramine เป็นซับสเตรต โดยคำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	116
4.47	การหาค่า K_m และ V_{max} ของเอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ที่มี สารประกอบเอมีนมาตรฐานชนิด β - phenylethylamine เป็นซับสเตรต โดย คำนวณจาก Lineweaver-Burk plot	116
4.48	ผลของความเข้มข้นของกลีเซอรอลต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นใน	132

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	ปฏิกิริยาenzyme coupling assay ของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ใช้เอนไซม์ไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และชนิดที่ใช้เอนไซม์เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง ร่วมกับเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.49	ผลของความเข้มข้นของโพลีเอทิลีนไกลคอลต่อปริมาณโบรโมฟินอลบลูที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา enzyme coupling assay ของน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูป ชนิดที่ใช้เอนไซม์ไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และชนิดที่ใช้เอนไซม์เอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลือง ร่วมกับเอนไซม์โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	133
4.50	ผลของการใช้ stabilizer ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบ เอมีนสำเร็จรูปชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	134
4.51	ผลของการใช้ stabilizer ต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบ เอมีนสำเร็จรูปชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	136
4.52	ผลของการทำแห้งต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างไคเอมีนออกซิเดสทางการค้า และ โบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	138
4.53	ผลของการทำแห้งต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบ	138

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	เอมีนสำเร็จรูปชนิดที่ประกอบด้วยปฏิกิริยา enzyme coupling assay ระหว่างเอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลือง และโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	
4.54	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปชนิดสารละลายที่ไม่มีการเติม stabilizer เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น ซึ่งตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร โดยรูป a หมายถึง น้ำยาตรวจวิเคราะห์ ชนิดที่ใช้เอนไซม์ออกซิเดสทางการค้าร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล และรูป b หมายถึงน้ำยาตรวจวิเคราะห์ชนิดที่ใช้เอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลืองร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	140
4.55	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปชนิดสารละลายที่มีการเติมกลีเซอรอล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น ซึ่งตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร โดยรูป a หมายถึง น้ำยาตรวจวิเคราะห์ ชนิดที่ใช้เอนไซม์ออกซิเดสทางการค้าร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล และรูป b หมายถึงน้ำยาตรวจวิเคราะห์ชนิดที่ใช้เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลืองร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	141
4.56	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปชนิดสารละลายที่มีการเติมโพลิเอทิลีนไกลคอล เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน putrescine เป็นสารตั้งต้น ซึ่งตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร โดยรูป a หมายถึง น้ำยาตรวจวิเคราะห์ ชนิดที่ใช้ เอนไซม์ออกซิเดสทางการค้าร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล และรูป b หมายถึงน้ำยาตรวจวิเคราะห์ชนิดที่ใช้เอมีนออกซิเดส จากถั่วเหลืองร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	142
4.57	ผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในน้ำยาตรวจวิเคราะห์สารประกอบเอมีนสำเร็จรูปชนิดผงแห้ง เมื่อใช้สารประกอบเอมีนมาตรฐาน	143

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
	putrescine เป็นสารตั้งต้น โดยรูป a หมายถึง น้ำยาตรวจวิเคราะห์ ชนิดที่ใช้ไดเอมีนออกซิเดสทางการค้าร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล และรูป b หมายถึงน้ำยาตรวจวิเคราะห์ชนิดที่ใช้เอมีนออกซิเดสจากถั่วเหลืองร่วมกับโบรโมเปอร์ออกซิเดสจากสาหร่ายทะเล	
ข.1	กราฟมาตรฐานของโปรตีนโดยใช้สารละลายซีรัมอัลบูมินความเข้มข้น 0 – 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตรวจวัดโดยวิธี Lowery (1951)	203
ข.2	กราฟมาตรฐานของโบรโมฟินอลบลู โดยใช้สารละลายโบรโมฟินอลบลูความเข้มข้น 0–10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร	204

ประมวลศัพท์และคำย่อ

AO	=	Amine oxidase
BA	=	Biogenic amines
BPO	=	Bromoperoxidase
BSA	=	Bovine serum albumin
°C	=	Degree Celsius
CAD	=	Cadaverine
CE	=	Capillary Electrophoretic
Cu	=	Copper
DAO	=	Diamine oxidase
ELISA	=	Enzyme-linked immunosorbent assay system
FAD	=	Flavin adenine dinucleotide
g	=	Gram (s)
GC	=	Gas chromatography
HIS	=	Histamine
HPLC	=	High performance liquid chromatography
Kg	=	Kilogram (s)
LC	=	Liquid chromatography
MAO	=	Monoamine oxidase
mg	=	Miligram (s)
ml	=	Mililitre (s)
mM	=	Milimolar (s)
mU	=	Miliunit (s)
N	=	Normal (s)
ND	=	Not detectable
OD	=	Optical density
PHE	=	β-Phenylethylamine
ppm	=	Part per million
PUT	=	Putresine
SD	=	Standard deviation
sp.	=	Single species

ประมวลศัพท์และคำย่อ (ต่อ)

ssp.	=	Several species
TLC	=	Thin layer chromatography
TRYP	=	Tryptamine
TYR	=	Tyramine
U	=	Unit (s)
α	=	Alpha
β	=	Beta
Δ	=	Delta