



249159



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลา

เพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา น้อยทัพ และคณะ

เมษายน ๒๕๕๕



สัญญาเลขที่ R2553B060

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลา

เพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

PRODUCTION OF FISH WASTE HYDROLYSATES
AS MICROBIAL GROWTH MEDIA



คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา น้อยทัพ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไอรส รักชาติ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญทอง สิงห์จานุวงศ์

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อโครงการ การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลาเพื่อใช้เป็นอาหาร
เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีณา น้อยทัพ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไอรส รักชาติ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญทอง สิงห์จานุวงศ์

บทคัดย่อ

249159

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเศษเหลือจำพวกเครื่องในจากปลาหับทิม มาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเซต เพื่อใช้ทดแทนเปปโตินในอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเครื่องในปลาหับทิมโดยการย่อยด้วยเอนไซม์เปปซิน และปาเปน พบว่า การใช้ปาเปนที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.75 ระยะเวลา 60 นาที ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเท่ากับ 6.3 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ให้ค่าระดับการย่อยสลายดีที่สุด คือ ร้อยละ 80.71 เมื่อผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตผงมีองค์ประกอบคือ โปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 94.34, 1.88 และ 3.78 ตามลำดับ มีสีเหลือง-น้ำตาลเข้ม ส่วนการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้ พบว่า มีกรดอะมิโนครบทั้ง 18 ชนิด โดย lysine, leucine และ phenylalanine มีปริมาณมากที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถใช้โปรตีนไฮโดรไลเซตทดแทนเปปโตินทางการค้าได้ เนื่องจากผลการทดสอบประสิทธิภาพการเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli* ATCC25922, *Staphylococcus aureus* TISTR118 และ *Bacillus subtilis* TISTR008 เปรียบเทียบกับเปปโตินทางการค้า พบว่า น้ำหนักแห้งของ *S. aureus* และ *B. subtilis* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผลิตได้ มีน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักแห้งของแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เปปโตินทางการค้า ($p \leq 0.05$) ส่วนน้ำหนักแห้งของ *E. coli* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผลิตได้ และที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เปปโตินทางการค้ามีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: โปรตีนไฮโดรไลเซต ปาเปน ปลาหับทิม เศษเหลือปลา

Title PRODUCTION OF FISH WASTE HYDROLYSATES AS MICROBIAL GROWTH MEDIA

Author Assistant Professor Paweena Noitup, Ph.D.
Assistant Professor Orose Rugchat, Ph.D.
Assistant Professor Riantong Singanusong, Ph.D.

ABSTRACT

249159

The objective of this research was to study the utilization of fish waste such as viscera from red tilapia to produce protein hydrolysate for substitution of peptone in the culture medium. This was value added to fish waste for utilization. The appropriate conditions for protein hydrolysate extraction of red tilapia viscera by using pepsin and papain enzymes were studied. It was found that the use of papain at 0.75% concentration for 60 minutes with the initial pH of 6.3 at 25°C was the condition that provided the highest degree of hydrolysis (80.71%). After freeze-dry, the chemical composition of protein hydrolysate powder contained of 94.34% protein, 1.88 % lipid and 3.78 % ash. Its color was yellow-dark brown. The analysis of type and quantity of amino acids in the protein hydrolysate revealed that there were 18 amino acids, with lysine, leucine and phenylalanine being the predominant. Furthermore, it was also found that the protein hydrolysate could be use for substitution of commercial peptone because of the result from the effectiveness test in supporting growth of 3 bacterial types: *Escherichia coli* ATCC25922, *Staphylococcus aureus* TISTR118 and *Bacillus subtilis* TISTR008 compared to the commercial peptone. The dry weight of *S. aureus* and *B. subtilis* grown in the fish protein hydrolysate medium was greater than that grown in the commercial peptone ($p \leq 0.05$). However, the dry weight of *E. coli* grown in the fish protein hydrolysis medium was not significantly different from that grown in the commercial peptone ($p > 0.05$).

Keywords: protein hydrolysate, papain, red tilapia, fish waste

สารบัญ

หน้า

บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ปลาทับทิม	5
การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือจากปลา.....	7
เปปโติน.....	9
การย่อยสลายโปรตีน.....	10
ระดับของการย่อยสลายโปรตีน.....	11
เอนไซม์โปรติเอส.....	12
ขั้นตอนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตโดยวิธีทางเอนไซม์.....	18
วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
วัตถุดิบ.....	24
เอนไซม์.....	24
เชื้อจุลินทรีย์.....	24
สารเคมี.....	25
อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	25
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลและอภิปรายผลการวิจัย.....	31
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือจากปลา.....	31
การศึกษานิดเอนไซม์และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซต.....	32
การศึกษาองค์ประกอบของผลิตผลที่ได้จากการย่อย.....	40
การทดสอบประสิทธิภาพผลผลิตที่ได้ในการใช้เป็นอาหารสำหรับจุลินทรีย์.....	46
บทสรุป.....	49
สรุปผลการวิจัย.....	49
ข้อเสนอแนะ.....	50
บรรณานุกรม.....	51
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์.....	56
ภาคผนวก ข ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	62
ภาคผนวก ค การเผยแพร่ผลงานวิชาการ.....	65

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ปริมาณกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในเปปโตของบริษัทธิฟโก	9
2 ตัวอย่างเอนไซม์โปรติเอสที่นำมาใช้ในการย่อยโปรตีนในอาหาร.....	16
3 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือปลาทบิม (เครื่องใน).....	31
4 ระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซตด้วยเอนไซม์เปปซินแต่ละสภาวะ.....	33
5 ระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซตด้วยเอนไซม์ปาเปนแต่ละสภาวะ.....	36
6 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเปปโตจากการค้ากับเปปโตที่ผลิตได้.....	40
7 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเปปโตที่ผลิตได้กับงานวิจัยอื่น.....	41
8 ปริมาณกรดอะมิโนของเปปโตจากการค้ากับเปปโตที่ได้จากเศษเหลือปลา.....	44
9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการวัดคุณภาพสีของเปปโตจากการค้ากับเปปโตที่ผลิตได้.....	45
10 น้ำหนักแห้งของแบคทีเรียที่เลี้ยงใน peptone water ความเข้มข้นร้อยละ 1	47
11 ความสามารถของเอนไซม์เปปซินในการย่อยสลายเคซีน เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์.....	61
12 ความสามารถของเอนไซม์ปาเปนในการย่อยสลายเคซีน เพื่อวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์.....	61
13 การวิเคราะห์ทางสถิติของระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือส่วนเครื่องในปลาทบิม ที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์เปปซิน.....	63
14 การวิเคราะห์ทางสถิติของระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือส่วนเครื่องในปลาทบิมที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน.....	63
15 การวิเคราะห์ทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนไฮโดรไลเซตผงจากเศษเหลือส่วนเครื่องในปลาทบิมเทียบกับเปปโตจากการค้า.....	64
16 การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลเซตผงจากเศษเหลือส่วนเครื่องในปลาทบิมเทียบกับเปปโตจากการค้า.....	64
17 การวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักแห้งของจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่เลี้ยงในอาหารที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้เทียบกับเปปโตจากการค้า.....	64

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 ปริมาณสัตว์น้ำจืดจากการเพาะเลี้ยง จำแนกตามชนิดสัตว์น้ำ ปี 2551.....	1
2 ปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาทับทิม ปี 2546 – 2551.....	2
3 ปลาทับทิม หรือ ปลานิลแดง.....	5
4 กลไกการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์.....	11
5 ปฏิกิริยาการย่อยสลายโปรตีนด้วยโปรติเอส.....	12
6 กระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตโดยวิธีทางเอนไซม์.....	18
7 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	30
8 การตอบสนองแบบโครงสร้างพื้นผิวของอิทธิพลระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์ เปปซินและระยะเวลาในการย่อยต่อระดับการย่อยสลาย ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส.....	35
9 การตอบสนองแบบโครงสร้างพื้นผิวของอิทธิพลระหว่างความเข้มข้นของเอนไซม์ ปาเปนและระยะเวลาในการย่อยต่อระดับการย่อยสลาย ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	38
10 ผลของเวลาในการย่อยโปรตีนต่อระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซต จากการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน.....	39
11 เปปโตนิฟงทางการค้า (A) และเปปโตนิฟงที่ผลิตได้จากเศษเหลือปลาทับทิม (B)	46
12 สารละลายเปปโตนิฟงทางการค้า (A) และสารละลายเปปโตนิฟงที่ผลิตได้จากเศษ เหลือปลาทับทิม (B).....	46
13 กราฟมาตรฐานของไทโรซีน.....	61

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อโครงการ

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลาเพื่อใช้เป็นอาหาร
เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

Production of fish waste hydrolysates as microbial growth media

ระยะเวลาดำเนินการ 15 ธันวาคม 2553 – 30 เมษายน 2555

ความเป็นมาของปัญหา

จากการขยายตัวของอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ทำให้มีเศษเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปเกิดขึ้นมาก ซึ่งเศษเหลือเหล่านี้มีมูลค่าต่ำ และหากมีการจัดการที่ไม่ดีพอจะเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งเศษเหลือเหล่านี้ประกอบด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในปริมาณสูง ดังนั้น จึงมีการนำเศษเหลือดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือเพิ่มมูลค่าโดยนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะโปรตีนปลาไฮโดรไลเซต โดยอาศัยหลักการทำงานของเอนไซม์ในกลุ่มโปรติเอส (protease) เนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้นและค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่ใช้ผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต จึงสามารถเลือกใช้ชนิดของเอนไซม์และสภาวะการย่อยสลายได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีคุณภาพและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ตามต้องการ ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเซตหรือเปปโตน (peptone) ที่สกัดได้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ หรืออาหารมนุษย์ได้ดี ดังนั้น เพื่อเป็นการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เพิ่มมูลค่าให้เศษเหลือจากปลา และลดการนำเข้าวัสดุอาหารเลี้ยงเชื้อจากต่างประเทศ อีกทั้งการทดลองสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีอยู่ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับแหล่งวัตถุดิบจากทะเล ยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาในปลาน้ำจืดจำพวกปลาทับทิม ที่มีปริมาณการผลิตเพิ่มสูงมากขึ้นเรื่อยๆ จึงเป็นมูลเหตุให้สนใจศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือจากการแปรรูปปลาทับทิม โดยทำการศึกษาทั้งสภาวะการผลิต และทดสอบประสิทธิภาพของผลผลิตที่ได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนากระบวนการผลิตเปปโตนในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลาโดยใช้เอนไซม์
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้

3. เพื่อศึกษาความสามารถในการใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้

ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือปลาหีบต้ม (เครื่องใน) พบว่า มีความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเปียก ดังนี้ 76.73, 15.68, 1.95, และ 1.61 ตามลำดับ และค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 6.3

2. การศึกษาชนิดของเอนไซม์และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซต ด้วยเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์เปปซิน และเอนไซม์ปาเปน พบว่า การใช้เอนไซม์ปาเปนที่ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0.75 ระยะเวลา 60 นาที ค่าความเป็นกรดต่างเริ่มต้นเท่ากับ 6.3 อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ให้ค่าระดับการย่อยสลายที่ดีที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 80.71

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้จากการย่อยสลายเศษเหลือปลาหีบต้มในสภาวะที่ดีที่สุด พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือปลาหีบต้มมีองค์ประกอบคือ โปรตีน ไขมัน และเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง 94.34, 1.88 และ 3.78 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับเปปโตนทางการค้าที่มีองค์ประกอบคือ โปรตีน ไขมัน และเถ้า คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง 95.02, 1.14 และ 4.84 ตามลำดับ

ส่วนการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้ พบว่า มีกรดอะมิโนจำเป็นครบทั้ง 18 ชนิด เหมือนกับเปปโตนทางการค้า โดยมี lysine, leucine และ phenylalanine มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 14.37, 5.70 และ 5.42 ตามลำดับ การวิเคราะห์ค่าสีของโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ผลิตได้จากการย่อยสลายเศษเหลือปลาหีบต้มในสภาวะที่ดีที่สุด พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือปลาหีบต้ม มีค่า L^* ค่า a^* และค่า b^* คือ 63.42, 0.37 และ 24.37 ทำให้สีของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลาหีบต้ม มีสีเหลือง-น้ำตาลเข้มกว่าเปปโตนทางการค้าที่มีสีเหลืองอ่อน

4. การนำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือปลาหีบต้มที่ผลิตได้ไปใช้ทดแทนเปปโตนทางการค้า โดยทดสอบประสิทธิภาพในการใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Escherichia coli* ATCC25922, *Staphylococcus aureus* TISTR118 และ *Bacillus subtilis* TISTR008 เปรียบเทียบกับเปปโตนทางการค้า พบว่า น้ำหนักแห้งของ *S. aureus* และ *B. subtilis* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผลิตได้ มีน้ำหนักมากกว่าที่เลี้ยงในเปปโตนทางการค้า ส่วนน้ำหนักแห้งของ *E. coli* ที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผลิตได้ และที่เลี้ยงในเปปโตนทางการค้ามีค่าไม่แตกต่างกัน

ผลลัพธ์ของโครงการ

1. ได้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือจากการแปรรูปปลาที่เหมาะสมในการนำมาสกัดเปปโติน

2. ได้ข้อมูลสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเครื่องในปลาหับทิม

3. ได้ข้อมูลปริมาณร้อยละของผลผลิตแห้งเทียบกับวัตถุดิบที่ใช้

4. ได้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี กรดอะมิโน และคุณภาพของเปปโตินที่ผลิตได้

5. ได้ข้อมูลประสิทธิภาพในการเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ของเปปโตินที่ผลิตได้

6. ส่งเสริมการผลิตนิสิตปริญญาโท 1 คน คือ นางสาว พิริยา ไรเกษ

7. นำเสนอในการประชุมวิชาการ ภาคบรรยาย:

พิริยา ไรเกษ ปวีณา น้อยทัพ โอรส รักชาติ และเหรียญทอง สิงห์จามูนงค์. 2554.

โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือปลา: สภาวะการย่อยเครื่องในปลาหับทิม (*Tilapia niloticus*) โดยเอนไซม์ปาเปน. Proceeding การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 3 วันที่ 14 – 15 มีนาคม 2554 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. หน้า 162 – 166.

8. จัดแสดงนิทรรศการ “โปรตีนปลาไฮโดรไลเซต” ใน งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 9 วันที่ 27 – 30 กรกฎาคม 2554 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

9. นำเสนอในการประชุมวิชาการ ภาคบรรยาย:

พิริยา ไรเกษ โอรส รักชาติ เหรียญทอง สิงห์จามูนงค์ และปวีณา น้อยทัพ. 2554.

สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยเครื่องในปลาหับทิมด้วยเปปซินและปาเปนเพื่อผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซต. การประชุมวิชาการ นเรศวรวิจัย 7 วันที่ 29 – 30 มีนาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. หน้า 618 – 625.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง “การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลาเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์” ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2553 งานวิจัยประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ นางสาวพริษา ไวกะษ นิธิตปริญญาโท และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทดลองตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัย

เมษายน 2555