

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปร โครงสร้างของกากมะพร้าวโดยวิธีทางฟิสิกส์เพื่อใช้เป็น วัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์น้ำ
ชื่อและนามสกุล	นางสาวสุนตรา ชุมแวงวาปี
วิชาเอก	การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีศักดิ์ สุนทรไชย 2. อาจารย์ ดร. การณ ทองประจักษ์แก้ว

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม 2556

คณะกรรมาการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สรศักดิ์ สุนทรไชย)

.....
 (อาจารย์ ดร. การณ ทองประจักษ์แก้ว)
 กรรมการ

.....ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ ศรีพหล)

B. 2

ชื่อวิทยานิพนธ์ การดัดแปร โครงสร้างของกากมะพร้าวโดยวิธีทางฟิสิกส์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหาร
สำหรับสัตว์น้ำ

ผู้วิจัย นางสาวสุนตรา ชุมแวงวาปี รหัสนักศึกษา 2535000273

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริศักดิ์ สุนทรไชย

(2) อาจารย์ ดร. การุณ ทองประจักษ์แก้ว ปีการศึกษา 2555

บทคัดย่อ

กากมะพร้าวเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมที่ใช้มะพร้าวเป็นวัตถุดิบหลายชนิด การจัดการที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้กากมะพร้าวกลายเป็นของเสียอุตสาหกรรม และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อดัดแปรโครงสร้างของกากมะพร้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรให้มีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบอาหารของสัตว์น้ำด้วยวิธีการทางฟิสิกส์

การศึกษานี้มีวิธีดำเนินการโดยนำกากมะพร้าวที่ได้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำกะทิ 3 แห่ง ในอำเภอลำลูกกา จังหวัดสิงห์บุรี มาดัดแปรด้วยวิธีทางฟิสิกส์ ได้แก่ การแช่น้ำ การใช้คลื่นไมโครเวฟ การฉายรังสีแกมมา และฉายลำแสงอิเล็กตรอน หลังจากนั้นจึงตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีกายภาพที่มีผลต่ออัตราการไฮโดรไลส และประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากปลาเศรษฐกิจ 3 ชนิด คือ ปลาตะเพียน ปลานิล และ ปลาช่อน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ผลการศึกษาพบว่า การดัดแปรมีผลทำให้ปริมาณเชื้อไฮโดรไลสลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) วัตถุดิบที่ผ่านการดัดแปรโดยวิธีการแช่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพคือ มีค่าพีเอช ค่าการละลายน้ำ โครงสร้างระดับจุลภาค ค่าความเป็นผลึก และสมบัติทางความร้อนที่เหมาะสมต่อการไฮโดรไลสของเอนไซม์ย่อยอาหาร เมื่อศึกษาประสิทธิภาพการย่อยในหลอดทดลองพบว่า การแช่น้ำทำให้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในปลาตะเพียนและปลานิลเพิ่มขึ้น ขณะที่การฉายรังสีแกมมาทำให้ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตของปลาช่อนเพิ่มขึ้น ดังนั้น การดัดแปรโดยการแช่น้ำและการฉายรังสีแกมมาเป็นวิธีที่ทำให้กากมะพร้าวมีสมบัติที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในปลากินพืช หรือปลากินพืชและเนื้อ และปลากินเนื้อตามลำดับ

คำสำคัญ กากมะพร้าว การดัดแปร ประสิทธิภาพการย่อย สมบัติทางเคมีกายภาพ สัตว์น้ำ

Thesis title: Structural Modification of Coconut Meal by Using Physical Methods for Using as Aqua Feedstuff

Researcher: Miss Sunetra Chumwaengwapee **ID:** 2535000273

Degree: Master of Science (Industrial Environmental Management)

Thesis advisors: (1) Dr. Sarisak Soontornchai; Associate Professor;
(2) Dr. Karun Thongprajukaew; **Academic year:** 2012

Abstract

Coconut meal is an industrial by-product from coconut raw material processing. It may become an industrial waste which causes environmental impact. The objective of this study was to physically modify the structure of coconut meal, which is an agricultural by-product, for providing appropriate properties when used as aqua feedstuff.

This study was conducted by sampling coconut meal from three coconut milk industries in Hat-Yai, Songkhla Province. The coconut meals were physically modified by water soaking, microwave irradiation, gamma irradiation, and electron beam. Subsequently, changes in chemical compositions, physicochemical properties affecting hydrolytic rate, and *in vitro* digestibilities of protein and carbohydrate using digestive enzymes from three economic fish species, including silver barb (*Puntius gonionotus*), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and common snakehead (*Channa striatus*), were investigated. Data were analyzed using mean, standard error, and analysis of variance.

The findings demonstrated that modified methods had significant effects by decreasing crude fiber whereas available carbohydrates increased with statistical significance ($p < 0.05$). Water soaked coconut meals had appropriate physicochemical properties in aspects to enhance enzymatic hydrolysis, including changing pH, water solubility, microstructure, crystallinity, and thermal properties. Study on *in vitro* digestibility indicated that soaking increased digestion efficiency of protein and carbohydrate in silver barb and Nile tilapia whereas gamma irradiation increased carbohydrate digestion in common snakehead. Therefore, modification by water soaking and gamma irradiation is a proper method for using coconut meal as aqua feedstuff in herbivorous or omnivorous, and carnivorous fishes, respectively.

Keywords: Coconut meal, Modification, Digestibility, Physicochemical property, Aquatic animal

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้เป็นอย่างยิ่งจาก สำนักบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ศรีศักดิ์ สุนทรไชย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร. การุณ ทองประจุแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำการทดลอง และขอขอบคุณศูนย์วิจัยรังสีอณูมณี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการฉายรังสีแกมมาและลำแสงอิเล็กตรอน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

สุนตรา ชุมแวงวาปี

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
สมมุติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	5
กากมะพร้าว.....	5
การตัดแปรรูปโครงสร้างวัตถุดิบอาหารด้วยวิธีทางฟิสิกส์.....	8
การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพของอาหาร.....	11
การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยอาหารของสัตว์น้ำในหลอดทดลอง.....	14
ชีววิทยาของปลาที่ใช้ในการศึกษา.....	17
เอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
รูปแบบการวิจัย	27
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	27
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	27
วิธีดำเนินการทดลอง	28
การวิเคราะห์ข้อมูล	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าว.....	34
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของกากมะพร้าว.....	36
ตอนที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพการย่อยในหลอดทดลอง.....	43
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	49
สรุปการวิจัย.....	49
อภิปรายผล.....	52
สรุปผลการทดลอง.....	57
ข้อเสนอแนะ.....	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก.....	69
ก การเตรียมกราฟมาตรฐาน.....	70
ข ภาพกิจกรรมการทดลอง.....	76
ค ผลงานวิจัยที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ.....	90
ง ต้นฉบับผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ.....	100
ประวัติผู้วิจัย.....	118

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากมะพร้าวชูดควบคุมและกากมะพร้าวที่ผ่าน การตัดแปรรูปโครงสร้าง.....	36
ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของกากมะพร้าวชูดควบคุมและกาก มะพร้าวที่ผ่านการตัดแปรรูปโครงสร้าง.....	37
ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อนของกากมะพร้าวชูดควบคุม และกาก มะพร้าวที่ตัดแปรรูปโครงสร้าง โดยการแช่น้ำ การใช้คลื่นไมโครเวฟ การฉาย รังสีแกมมา และฉายลำแสงอิเล็กตรอน.....	41
ตารางที่ 4.4 สรุปประสิทธิภาพการย่อยโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในหลอดทดลองของ ปลาตะเพียน ปลานิล และปลาช่อน.....	48



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 กากมะพร้าวที่ผ่านการอัดน้ำมัน.....	6
ภาพที่ 2.2 ปลาตะเพียน.....	18
ภาพที่ 2.3 ปลานิล.....	19
ภาพที่ 2.4 ปลาช่อน.....	20
ภาพที่ 4.1 โครงสร้างระดับจุลภาคของพื้นผิวกากมะพร้าวที่ไม่ผ่านการตัดแปร (ก-ค) กากมะพร้าวที่ตัดแปรโดยการแช่น้ำ (ง-จ) การใช้คลื่นไมโครเวฟ (ข-ฅ) การ ฉายรังสีแกมมา (ญ-ฎ) และลำแสงอิเล็กตรอน (ฐ-ฒ) กำลังขยายของภาพที่ 50 (ซ้าย) 250 (กลาง) และ 1,500 (ขวา) เท่า ตามลำดับ.....	38
ภาพที่ 4.2 ดิฟแฟรกโทแกรมแสดงการกระจายรังสีเอกซ์ของกากมะพร้าวที่ไม่ได้ผ่าน การตัดแปรและกากมะพร้าวที่ผ่านการตัดแปรด้วยวิธีการแช่น้ำ การใช้คลื่น ไมโครเวฟ การฉายรังสีแกมมา และการฉายลำแสงอิเล็กตรอน.....	39
ภาพที่ 4.3 เทอร์โมแกรมแสดงสมบัติทางความร้อนของกากมะพร้าวชุดควบคุมและกาก มะพร้าวที่ผ่านการตัดแปร โครงสร้างในช่วงอุณหภูมิ 40–140 องศาเซลเซียส (ก) และ 150–400 องศาเซลเซียส (ข).....	42
ภาพที่ 4.4 ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์ทริปซิน 1,000 ยูนิตที่สกัดจากปลาตะเพียน (ก) ปลานิล (ข) และปลาช่อน (ค) ความแตก- ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงด้วยตัวอักษรต่างกัน.....	45
ภาพที่ 4.5 ประสิทธิภาพการย่อยคาร์โบไฮเดรตในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์ อะไมเลส 1,000 ยูนิตที่สกัดจากปลาตะเพียน (ก) ปลานิล (ข) และปลา ช่อน (ค) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงด้วย ตัวอักษรต่างกัน.....	47