รายงานวิจัย

การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดูจากโรงงานบูดูยีเซ็ง ตำบลปะเสยาวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี

Determination of phosphorous contents in Budu waste from Budu Yeseng Factory in the Paseyawo sub-district of Saiburee district in Pattani province

โดย
ฮาซัน ดอปอ
อัชมาน อาแด
รอมลี เจะดอเลาะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดูจากโรงงานบูดูยีเซ็ง ตำบลปะเสยาวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี
ชื่อผู้วิจัย ฮาซัน ดอปอ อัชมาน อาแด รอมลี เจะดอเลาะ
คณะ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู โดยนำมาผ่านกระบวนการล้างและทำการย่อยด้วยกรดผสมระหว่าง $HClO_4$ กับ HNO_3 และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง แล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธีวานาโดโมลิบเดท ด้วยเครื่อง UV- vis spectrophotometer กากบูดูจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส ซึ่งในกากบูดูจะมีธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ พบว่ากากบูดู 1 และ 2 สามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 413 นาโนเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4044±0.0230, 1.4348±0.0165 ตามลำดับ ซึ่งการคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสใช้สมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัสที่มีค่า R^2=0.9716 เป็นตัวเทียบเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัส จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู 1 และ กากบูดู 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู 1 และ กากบูดู 2 เท่ากับ 62 และ 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ : กากบูดู ฟอสฟอรัส วานาโดโมลิบเดต

Research Title	Determination of phosphorous contents in Budu waste from Budu Yeseng Factory in the Paseyawo sub-district of Saiburee district in Pattani province
Researcher	Hasan Daupor Ajaman Adair Romlee Chedoloh
Faculty	Science Technology and Agriculture
University	Yala Rajabhat University
Year	2018

ABSTRACT

This research aim was to analysis of the phosphorus content in Budu waste. It was washed and digested with mixed acid between $HClO_4$ and HNO_3 under heating and then analyzed by using vanado molybdate method. Budu residue will be analyzed for phosphorus content found that Budu 1 and 2 were 1.4044 ± 0.0230, 1.4348 ± 0.0165, respectively. The calculation of phosphorus using the linear equation of the phosphorus standard graph with R^2 = 0.9716 is compared to determine the amount of phosphorus. Based on the analysis of phosphorus content in Budu waste. It was found that phosphorus content in Budu 1 and Buudu 2 had phosphorus content 62 and 64 percent, respectively.

Keywords: Budu waste, Phosphorous, Vanadomolybdate method

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงงานบูดูยีเซ็ง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากบูดู

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนงบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ประจำปีงบประมาณ 2560

ขอขอบคุณวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer)

ขอขอบคุณ ดร.อิสมะแอ เจ๊ะหลง อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา ที่ช่วยนำตัวอย่างกากบูดู จากโรงงานบูดูยีเซ็ง มาให้วิเคราะห์

ขอขอบคุณพ่อแม่ ภรรยา (นางสาวมาเรียม หะยีดอปอ) และลูก (ดช.มุฮซิน ดอปอ) และเพื่อน ๆ นักวิจัยทุกคนที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอดจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ประวัติของน้ำบูดู	3
2.2 น้ำบูดู	3
2.3 กระบวนการผลิตบูดู	3
2.4 สารประกอบฟอสเฟต	5
2.5 ประโยชน์ของฟอสฟอรัส	6
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 วัสดุและวิธีการวิจัย	10
3.1 กลุ่มตัวอย่าง	10
3.2 เครื่องมือ	10
3.3 อุปกรณ์	10
3.4 สารเคมี	11
3.5 วิธีการเตรียมสารเคมี	11
3.6 การคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส	12

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	13
4.1 ลักษณะกากบูดูแห้ง	13
4.2 ลักษณะการย่อยตัวอย่างกากบูดู	13
4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต	14
4.4 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อการเกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อน	17
4.5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู	20
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	21
5.1 สรุปผลการวิจัย	21
5.2 ข้อเสนอแนะ	21
บรรณานุกรม	22
ภาคผนวก	24
ภาคผนวก ก การเกิดสีของสารละลายมาตรฐาน	24
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างกากบูดู	25
ประวัตินักวิจัย	26

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm ของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส	15
4.2	ค่าการดูดกลืนแสงของกากบูดู 1 ที่ความยาวคลื่น 413 nm	16
4.3	ค่าการดูดกลืนแสงของกากบูดู 2 ที่ความยาวคลื่น 413 nm	16
4.4	การดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร	17
4.5	การดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร	19
4.6	ปริมาณ และเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสในกากบูดู	20

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	ตัวอย่างกากบูดูสด (ก) และตัวอย่างกากบูดูแห้ง (ข)	13
4.2	ลักษณะของควันที่เกิดขึ้นขณะย่อยด้วยกรด (ก) และสารละลายสีเหลืองใส	14

	จากการย่อยเสร็จสิ้น	
4.3	กราฟของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส	14
4.4	สเปกตรัมของกากบูดู 1 ทีวัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร	16
4.5	สเปกตรัมของกากบูดู 2 ทีวัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร	17
4.6	สเปกตรัมของความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่วัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร	18
4.7	กราฟการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาต่าง ๆ	18
4.8	สเปกตรัมของความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่วัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร	19
4.9	กราฟการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาต่าง ๆ	20

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันจังหวัดปัตตานีเป็นแหล่งผลิตน้ำบูดูระดับอุตสาหกรรมส่งจำหน่ายทั่วภาคใต้ โดยจะมีกระบวนการผลิตนั้นเริ่มด้วยการนำปลาทะเลสด นิยมใช้ปลากะตัก เพราะจะได้บูดูที่มีกลิ่น และรสชาติดี หลังจากนั้นจึงนำปลากะตักมาล้างให้สะอาด ใส่กระบะไม้ขนาดประมาณ 0.5 x 2 เมตร แล้วเติมเกลือสมุทรประเภทหยาบลงไป โดยใช้อัตราส่วน ปลากะตักต่อเกลือ 3:1 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นจะทำการคลุกให้เข้ากันโดยใช้ไม้พาย เมื่อคลุกปลากะตักกับเกลือให้เข้ากันได้ที่ดีแล้ว ก็จะนำไปใส่ในโอ่งดินหรือบ่อซิเมนต์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร สูง 1 เมตร แล้วใช้กระสอบปุ๋ยหรือผ้าคลุมปิดไว้ เพื่อคอยให้ปลานั้นยุบตัวลงไปอีก สาเหตุที่ต้องคอยให้ปลายุบตัวลงไป เพราะว่าในการหมักจะต้องพยายามให้มีอากาศเข้าไปในบ่อบูดูน้อยที่สุด แล้วจึงเติมปลาและเกลือที่คลุกแล้วลงไปอีก จนเกือบเต็ม โดยจะเว้นปริมาตรบางส่วนของบ่อบูดูไว้เพื่อเผื่อก๊าซที่เกิดจากการหมักดันฝาปิดบ่อบูดู เมื่อปลาในบ่อบูดูอัดแน่นดีแล้วจึงทำการปิดบ่อบูดูให้มิดชิดด้วยกระสอบเกลือแล้วไม้ไผ่สานหรือกระเบื้องหลังคาปิดทับอาจใช้วัตถุหนักทับไว้ ระยะเวลาการหมักจะใช้เวลาประมาณ 8-12 เดือน เมื่อครบกำหนดเวลาผู้ผลิตจะเปิดบ่อบูดูซึ่งจะมีน้ำบูดูและเนื้อบูดูปะปนกันอยู่ในบ่อบูดู ในการหมักปลากะตัก 450 กิโลกรัมจะได้บูดูประมาณ 400 ลิตร นอกจากนี้เนื้อบูดูที่เหลือจะเอาไปผสมกับน้ำเกลือเพื่อทำบูดูที่มีคุณภาพรองลงมา (มูฮำหมัด กอเซ็ม, 2552)

กากบูดูเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำบูดูโดยจะมีสัดส่วนปริมาณถึงร้อยละ 10 ของปลาสดที่ถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิต ปัจจุบันในโรงงานผลิตบูดูมีการจัดการกับกากบูดูโดยนำไปทำเป็นปุ๋ยให้ต้นมะพร้าว และถ้าไม่มีการจัดการที่ดีอาจทำให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บ เกิดกลิ่นเหม็นกลายเป็นมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ในขณะที่องค์ประกอบส่วนใหญ่ในกากบูดูประกอบไปด้วยกระดูกปลา ซึ่งในกระดูกจะประกอบไปด้วย ธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้ 2.15, 0.13, 35.90, 26.45 และ 0.5 ตามลำดับ (วุติพร และอัจฉริยา, 2548) และมีความกรด-ด่าง ที่ 6.9 หรือมีค่าเกือบเป็นกลาง จะเห็นว่าในกระดูกป่นมีธาตุฟอสฟอรัสและแคลเซียมอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง (วุติพร และอัจฉริยา, 2551) ด้วยองค์ประกอบดังกล่าวสามารถเป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิจัยเกี่ยวกับกับการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดูโดยนำกากบูดูที่เหลือจากการแยกเอาน้ำบูดูออกแล้ว จากโรงงานบูดูยี่ห้อยีเซ็ง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี กลับมายังห้องปฏิบัติการ มาทำการย่อยตัวอย่างกากบูดูด้วยกรดเข้มข้นและมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanadomolybdate ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กากบูดูและเป็นประโยชน์ในปัจจุบันและอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการย่อยตัวอย่างกากบูดูสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสจากกากบูดู

1.3 ขอบเขตการวิจัย

นำตัวอย่างกากบูดู จากโรงงานบูดูยีเซ็ง อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี มาทำการย่อยด้วยกรดผสมระหว่างเปอร์คลอริกกับกรอไนตริก และวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี Vanadomolybdate โดยใช้เครื่อง UV-vis spectrophotometer

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง

1.4.2 ทราบถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติของน้ำบูดู

ประวัติการทำบูดูจากการศึกษาค้นคว้าถึงที่มาของการผลิตบูดูนั้น ไม่พบหลักฐานที่อ้างถึงการผลิตบูดูเป็นลายลักษณ์อักษร แต่จากการสอบถามผู้ผลิตบูดูทั้งที่ผลิตเพื่อจำหน่าย และผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือน มักจะตอบเป็นเสียงเดียวกันว่า ได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษ โดยในสมัยก่อนนั้นชาวอำเภอสายบุรี มีอาชีพประมงเป็นส่วนใหญ่ โดยผู้ชายมีหน้าที่ออกทะเลไปหาปลา ส่วนผู้หญิงเป็นแม่บ้าน เมื่อผู้ชายกลับมาจากทะเลก็ได้ปลาทะเลมาเป็นจำนวนมาก จนบางครั้งบริโภคไม่หมดจึงได้คิดวิธีการถนอมอาหารโดยการนำปลามาหมักกับเกลือ ซึ่งจะใช้ปลาทุกชนิดที่บริโภคไม่หมด ต่อมามีการค้นพบว่าการนำปลากะตักมาหมักกับเกลือนั้นจะทำให้ได้บูดูที่มีรสชาติดีกว่าปลาชนิดอื่น ส่วนคำถามที่ว่า "ทำไมถึงเรียกว่า บูดู" ก็ไม่พบหลักฐานอ้างอิงเช่นกัน แต่จากการสอบถามผู้ผลิตได้คำตอบที่หลากหลาย ดังนี้

1) อาจมาจากคำว่า "บูด" เพราะในการหมักบูดูปลาจะมีลักษณะเน่าเละ คล้ายของบูด ซึ่งต่อมาอาจจะออกเสียงเป็น บูดู
2) อาจมาจากคำว่า "บูบู๊" ซึ่งเป็นอุปกรณ์จับปลาตัวใหญ่ เรียกว่า ปลาฆอ
3) เป็นคำที่มาจากภาษามลายูหรือภาษายารายงานว่า คำว่า บูดูเป็นคำที่ยืมมาจากภาษามลายูหรือภาษายาวี ตามเกณฑ์ที่ 1 คือ เป็นคำที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ในภาษามลายูท้องถิ่นปัตตานี และเป็นคำที่มีใช้ในภาษาไทยทั่วไป หรือไม่ใช่ศัพท์เฉพาะถิ่นของภาษาไทยทั่วไป
4) เป็นคำที่มาจากภาษาอินโดนีเซีย แปลว่า ปลาหมักดอง

2.2 น้ำบูดู

เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่คิดค้นเพื่อเป็นวิธีการเก็บรักษาทรัพยากรในท้องถิ่นที่เหลือใช้ให้เก็บไว้บริโภคได้ยาวนาน เนื่องจากในอดีตยังไม่มีเทคโนโลยีที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารสดไว้ใช้เป็นระยะเวลานาน ๆ โดยเฉพาะอาหารทะเลประเภทปลาจึงนำมาผสมเกลือหมักไว้ใช้รับประทาน ซึ่งมีลักษณะการทำคล้ายน้ำปลา น้ำบูดูสายบุรีมีชื่อเสียงมายาวนานและเป็นที่รู้จักของคนทั่วไป เนื่องจากหมักด้วยปลาไส้ตัน ปลากะตัก และปลาเล็กผสมกับเกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสม และใช้ระยะเวลาการหมักที่พอเหมาะเพื่อให้ได้น้ำบูดูที่ใส รสชาติหอมอร่อย ใช้รับประทานกับผักต่าง ๆ ปัจจุบันได้ส่งจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ คือ มาเลเซียมีทั้งขายส่งและปลีก เป็นหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของหมู่ 2 ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี หมู่ 4 ตำบลไม้แก่น อำเภอไม้แก่น จังหวัดปัตตานี ภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวอำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี คือ การผลิตบูดู บูดูเป็นอาหารพื้นเมืองประเภทหมัก เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายมีการสืบทอดกันมาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษ ประกอบกับองค์ความรู้จากการศึกษาค้นคว้าของคนรุ่นหลังเพื่อที่จะพัฒนาให้อาหารประเภทนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและถูกต้องตามหลักโภชนาการ กลุ่มผู้พัฒนาผลงานจากโรงเรียนสายบุรี "แจ้งประชาคาร" เป็นส่วนหนึ่งของชุมชนมีความคิดที่จะรวบรวมความรู้เกี่ยวกับบูดูออกเผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจนำไปศึกษาค้นคว้าและ

พัฒนากระบวนการผลิตให้มีคุณภาพยิ่งขึ้นไปนอกจากนี้เป็นการประชาสัมพันธ์สินค้าในชุมชนให้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย (อับดุลรอนิง, 2559)

น้ำบูดู เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากปลาทะเลนับเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้เป็นวิธีการเก็บรักษาทรัพยากร ซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นให้สามารถเก็บไว้บริโภคได้ยาวนานชาวบ้านจึงนำปลามาคลุกเกลือหมักไว้รับประทาน น้ำบูดูที่มีชื่อเสียง คือ น้ำบูดูสายบุรีเป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอาชีพทำน้ำบูดูปะเสยะวอ อ. สายบุรี จ. ปัตตานี ที่นี่เป็นแหล่งกำเนิดบูดูที่สะอาด วัตถุดิบในการผลิตใช้ปลาไส้ตันผสมเกลือในอัตราส่วนที่เหมาะสม ใช้เวลาที่พอเหมาะจึงทำให้ได้น้ำบูดูที่มีรสชาติอร่อย “น้ำบูดู” เป็นอาหารพื้นเมืองของชาวทะเลปักษ์ใต้และเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีมาแต่ดั้งเดิมและใช้เป็นวิธีการแปรรูปอาหาร คือปลาทะเลที่เหลือจากการจำหน่ายหรือการบริโภคให้สามารถเก็บไว้บริโภคได้เป็นเวลานาน น้ำบูดูมีลักษณะคล้ายน้ำปลา แต่น้ำข้นกว่าน้ำปลาสมบัติที่แตกต่างจากน้ำปลา คือ น้ำบูดูบางชนิดจะมีเนื้อของปลาที่ยังย่อยสลายไม่หมดผสมอยู่ด้วยแต่น้ำบูดูบางชนิดก็จะนำไปผ่านความร้อนและกรองส่วนที่เป็นเนื้อปลาออก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นน้ำสีน้ำตาลเข้มและข้นเล็กน้อย นอกจากนี้ยังมีการปรุงรสโดยการเติมส่วนผสมอื่น เช่น น้ำตาล ทำให้น้ำบูดูมีรสหวาน กรรมวิธีการผลิตน้ำบูดูจะใช้ปลาทะเลขนาดเล็ก เช่น ปลาไส้ตัน ปลากะตัก นำมาหมักกับเกลือ ต่อมามีการค้นพบว่าการใช้ปลากะตักทำน้ำบูดูนั้นจะทำให้ได้น้ำบูดูที่มีรสชาติดีกว่าปลาชนิดอื่น ๆ น้ำบูดูมีคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และวิตามิน รวมทั้ง แร่ธาตุอื่น ๆ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และเหล็ก น้ำบูดู เป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักของคนใต้คล้ายกับ “ปลาร้า” ของคนอีสานซึ่งต่างกันตรงวัตถุดิบที่ใช้ แต่เหมือนกันที่คุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นจากอดีตถึงปัจจุบัน ส่วนที่เหลือจากน้ำบูดูนั้นจะเป็นในส่วนของกากซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ใช้ประโยชน์ในการรับประทาน จึงทำให้ผู้บริโภคทิ้งเศษกากบูดูมากมายลงสู่แหล่งต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดการเน่าเสียส่งกลิ่นเหม็นและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (มูฮำหมัดกอเซ็ม, 2552) ซึ่งในกากบูดูจะมีธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ เพราะฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาจะใช้เป็นโครงสร้างของร่างกาย ร่วมกับแคลเซียม ซึ่ง 85-90 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัส (วุฒิพร และคณะ, 2552) ทั้งหมดในร่างกายของปลาเป็นส่วนประกอบของกระดูกโดยทั่วไปปลามีความต้องการฟอสฟอรัสแตกต่างกันออกไป ฟอสฟอรัสที่ปลาได้รับส่วนใหญ่มาจากอาหารที่กินเข้าไป ได้แก่ ฟอสฟอรัสจากสัตว์และพืชอาหารสัตว์ ตลอดจนฟอสฟอรัสจากอนินทรีย์ฟอสเฟต ซึ่งปลาสามารถนำฟอสฟอรัสจากแต่ละแหล่งไปใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน ฟอสฟอรัสที่ปลาไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จะถูกขับออกมาเป็นของเสียสู่แหล่งน้ำและส่งผลกระทบอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรพิเคชั่นเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ทำให้พืชน้ำและแพลงค์ตอนเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (ไพรัตน์ กอสุธารักษ์, ม.ป.ป)

2.3 กระบวนการผลิตบูดู

กระบวนการผลิตบูดูนั้นเริ่มด้วยการนำปลาทะเลสด ซึ่งอาจจะใช้ปลาชนิดใดก็ได้ แต่ผู้ผลิตบูดูในอำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี จะนิยมใช้ปลากะตัก เพราะจะได้บูดูที่มีกลิ่น และรสชาติดี โดยผู้ผลิตจะซื้อปลากะตักจากชาวประมงที่กลับเข้าฝั่งในตอนเช้า หลังจากนั้นจึงนำปลากะตักมาล้างให้สะอาด (ผู้ผลิตบางรายจะไม่ทำการล้างปลา โดยให้เหตุผลว่า จะทำให้รสชาติและกลิ่นของบูดูเสียไป และ

กระบวนการหมักจะช่วยให้บูดูสะอาดเองตามธรรมชาติ นอกจากนี้ผู้บริโภคก็จะนำบูดูไปปรุงก่อนบริโภคอยู่แล้ว) ใส่กระบะไม้ขนาดประมาณ 0.5 x 2 เมตร แล้วเติมเกลือสมุทรประเภทหยาบลงไป โดยใช้อัตราส่วน ปลากะตักต่อเกลือ 3:1 โดยน้ำหนัก หลังจากนั้นจะทำการคลุกให้เข้ากันโดยใช้ไม้พาย เมื่อคลุกปลากะตักกับเกลือให้เข้ากันได้ที่ดีแล้ว ก็จะนำไปใส่ในโอ่งดินหรือบ่อซีเมนต์ ซึ่งชาวบ้านเรียกว่า "บ่อบูดู" มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร สูง 1 เมตร แล้วใช้กระสอบปุ๋ยหรือผ้าคลุมปิดไว้ เพื่อคอยให้ปลานั้นยุบตัวลงไปอีก สาเหตุที่ต้องคอยให้ปลายุบตัวลงไป เพราะว่าในการหมักจะต้องพยายามให้มีอากาศเข้าไปในบ่อบูดูน้อยที่สุด แล้วจึงเติมปลาและเกลือที่คลุกแล้วลงไปอีก จนเกือบเต็ม โดยจะเว้นปริมาตรบางส่วนของบ่อบูดูไว้เพื่อเผื่อก๊าซที่เกิดจากการหมัก ดันฝาปิดบ่อบูดู เมื่อปลาในบ่อบูดูอัดแน่นดีแล้วจึงทำการปิดบ่อบูดูให้มิดชิดด้วยกระสอบเกลือ แล้วไม้ไผ่สาน หรือกระเบื้องหลังคาปิดทับอาจใช้วัตถุหนักทับไว้ ระยะเวลาการหมักจะใช้เวลาประมาณ 8-12 เดือน โดยในช่วงระหว่างการหมักจะไม่มีการเปิดบ่อบูดูเลย และจะต้องพยายามไม่ให้น้ำเวลาฝนตกเข้าไปในบ่อบูดู จะทำให้บูดูมีสีดำและมีกลิ่นเหม็น เมื่อครบกำหนดเวลาผู้ผลิตจะเปิดบ่อบูดูซึ่งจะมีน้ำบูดูและเนื้อบูดูปะปนกันอยู่ในบ่อบูดู ในการนำบูดูออกจากบ่อบูดูจะทำโดยการเปิดฝาที่ครอบบ่อบูดู และเอาไม้ไผ่ที่สานออก ตักเกลือที่อยู่บนกระสอบเกลือออก แล้วนำกระสอบเกลือออก นำแกลอนพลาสติกที่เปิดหัวเปิดท้าย ใส่ลงไปในเนื้อ บูดูในบ่อบูดู ตักเนื้อบูดูที่อยู่ในแกลอนพลาสติกออกเพื่อให้เหลือแต่น้ำบูดู และน้ำบูดูจะไหลเข้ามาภายในแกลอนพลาสติก โดยมีเนื้อบูดูปะปนเข้ามาบ้างเล็กน้อย แล้วจึงใช้ภาชนะตักน้ำบูดูในแกลอนพลาสติกขึ้น เพื่อนำไปบรรจุในภาชนะ ส่งต่อให้ผู้จัดจำหน่ายต่อไป โดยบูดูที่มีน้ำบูดูเป็นส่วนใหญ่จะเรียกว่า "บูดูใส" ส่วนน้ำบูดูที่มีเนื้อบูดูที่เหลือปะปนในบ่อจะนำไปผลิตเป็น "บูดูข้น" ในการหมักปลากะตัก 450 กิโลกรัมจะได้บูดูประมาณ 400 ลิตร นอกจากนี้เนื้อบูดูที่เหลือจะเอาไปผสมกับน้ำเกลือเพื่อทำบูดูที่มีคุณภาพรองลงมา การบรรจุบูดูใส่ขวดนั้น จะใส่ขวดสองขนาดคือ ขวดกลมและขวดแบน โดยการนำบูดูใส่ขวดที่สะอาด ปิดฝาให้สนิท และนำไปล้างอีกครั้ง แล้วนำพลาสติกมาปิดปากขวดแล้วนำน้ำร้อนราดเพื่อให้พลาสติกปิดสนิท สุดท้ายนำไปปิดฉลาก และส่งจำหน่ายต่อไป จากการสังเกตพบว่า สถานที่ในการผลิตบูดูนั้น จะทำการผลิตในสวนมะพร้าว ซึ่งผู้ผลิตบอกว่าเนื้อบูดูที่เหลือ และน้ำคาวปลาที่หกระหว่างการผลิตบูดูนั้น จะช่วยทำให้มะพร้าวมีลูกดกและรสชาติดีขึ้น ในกระบวนการผลิตบูดู วัตถุดิบสำคัญที่ใช้คือปลา ซึ่งปลาที่ชาวอำเภอสายบุรีนิยมนำมาทำบูดูมากที่สุดคือ ปลากะตัก เนื่องจากเมื่อทำการหมักแล้วจะได้บูดูที่มีสี กลิ่น รส เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ปลากะตักเป็นปลาชนิดหนึ่งที่จัดเป็นพวกปลาผิวน้ำเนื่องจากชอบอาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำ มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามท้องถิ่น เช่น ปลาไส้ตัน , ปลาหัวอ่อน , ปลามะลิ ชาวจีนในประเทศไทยมักจะเรียก ยิ่วเกี๊ยะ หรือจิ้งจั้ง ส่วนชาวมุสลิมจะเรียกว่า "อีแกบิลิส" (ชุลกิปลี, 2555)

2.4 สารประกอบฟอสเฟต

เมื่อกล่าวถึงสารประกอบฟอสเฟต หลาย ๆ คนอาจคิดวาดูซับซ้อน และเป็นเรื่องไกลตัวเรา แต่ในความ เป็นจริงแล้ว พวกเราทุกคนตางคุ้นเคยกับสารประกอบฟอสเฟตเป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นสารประกอบที่สามารถ พบได!ทั่วไปในรางกายของคนเรา สารประกอบฟอสเฟตที่พบในสิ่งมีชีวิตอยู่ในรูปของสารอินทรีย์, ฟอสเฟต (organic phosphates) ซึ่งอยู่ในรูปของเอสเตอร์, (ester) ของกรดฟอสฟอริก สารอินทรีย์,ฟอสเฟตมีความ จำเป็นอย่างมากตอสิ่งมีชีวิตทุกชนิดเนื่องจากเป็นองค์,ประกอบ

ของ ATP (adenosine triphosphate) ซึ่งเป็น สารที่ให้พลังงานสูงในสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังเป็นองค์, ประกอบของสารพันธุกรรม DNA (deoxyribonucleic acid) และ RNA (ribonucleic acid) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมและการถ่ายทอดพันธุกรรม ของเซลล์, เรายังสามารถพบสารอินทรีย์,ฟอสเฟตในเยื่อหุ้มเซลล์, (cell membrane) ทั้งของเซลล์, พืชและเซลล์, สัตว์,ซึ่งจะอยู่ในรูปของฟอสโฟไลปิด (phospholipid) รวมทั้งในกระดูกและฟันของสัตว์, มีกระดูกสันหลังอีกด้วย นอกจากเราจะพบสารประกอบฟอสเฟตในรูปสารอินทรีย์,ฟอสเฟตในสิ่งมีชีวิตแล้ว เรายังสามารถพบสารประกอบฟอสเฟตในรูปของสารอนินทรีย์,ฟอสเฟต (inorganic phosphates) ได้ทั่วไปตามธรรมชาติเนื่องจากฟอสเฟตประกอบด้วยฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุที่มีการหมุนเวียนในระบบนิเวศ จากน้ำสู่ดินตามวัฏจักรฟอสฟอรัส (phosphorus cycle) ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต สารอนินทรีย์, ฟอสเฟต (inorganic phosphates) อยู่ในรูปเกลือของกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) และสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่สารประกอบออร์โธฟอสเฟต (orthophosphates) ซึ่งอยู่ในรูปของ PO_4^{3-} ถือเป็นฟอสเฟตที่มีโครงสร้างพื้นฐานที่สุด โดยประกอบด้วยเพียง 1 หมู่ฟอสเฟต โดยฟอสฟอรัส 1 อะตอมจะถูกล้อมรอบด้วยออกซิเจน 4 อะตอม และสารประกอบคอนเดนซ์ฟอสเฟต (condensed phosphate) เป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟตตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไปเชื่อมตอกันโดยใช้ออกซิเจนรวมกัน เกิดจากการให้ความร้อนแกออร์โธฟอสเฟตภายใต้ สภาวะควบคุม (Gonçalves et al., 2008) สารประกอบฟอสเฟตที่มีหมูฟอสเฟต 2 หมูเรียกวา ไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate) สารประกอบฟอสเฟตที่มีหมูฟอสเฟตตั้งแต่ 3 หมู่ขึ้นไปเรียงต่อกันเป็นโซยาวเรียกวา โพลิ ฟอสเฟต (polyphosphate) สำหรับสารประกอบฟอสเฟตที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน เรียกวา เมตาฟอสเฟต (metaphosphate)

2.5 ประโยชน์ของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส (อังกฤษ: phosphorus) เป็นธาตุอโลหะ เลขอะตอม 15 สัญลักษณ์ P ฟอสฟอรัสอยู่ในกลุ่มไนโตรเจน มีวาเลนซ์ได้มาก ปรากฏในหลายอัลโลโทรป พบทั้งในหินฟอสเฟต และเซลล์สิ่งมีชีวิตทุกเซลล์ (ในสารประกอบในดีเอ็นเอ) เนื่องจากสามารถทำปฏิกิริยาได้สูง จึงไม่ปรากฏในรูปอิสระในธรรมชาติ คำว่า ฟอสฟอรัส มาจากภาษากรีกแปลว่า 'ส่องแสง' และ 'นำพา' เพราะฟอสฟอรัสเรืองแสงอ่อน ๆ เมื่อมีออกซิเจน หรือมาจากภาษาละติน แปลว่า 'ดาวประกายพรึก' ค้นพบประมาณปี 1669 โดยนักเล่นแร่แปรธาตุชาวเยอรมัน เฮนนิก แบรนด์ ในขณะที่ภาษาไทยในสมัยก่อน เรียกฟอสฟอรัส ว่า 'ฝาสุภเรศ' ฟอสฟอรัสเป็นอโลหะอยู่ในหมู่ที่ VA หมู่เดียวกับธาตุไนโตรเจนในธรรมชาติไม่พบฟอสฟอรัสในรูปของธาตุอิสระ แต่จะพบในรูปของสารประกอบฟอสเฟตที่สำคัญได้แก่หินฟอสเฟต หรือแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_2(PO_4)_2$) ฟลูออไรอะปาไทต์ ($Ca_5F(PO_4)_3$) นอกจากนี้ยังพบฟอสฟอรัสในไข่แดง กระดูก ฟัน สมอง เส้นประสาทของคนและสัตว์ ฟอสฟอรัสสามารถเตรียมได้จากแคลเซียมฟอสเฟต โดยใช้แคลเซียมฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในรูปถ่านโค๊ก และซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) ในเตาไฟฟ้า ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยธาตุฟอสฟอรัสจะช่วยให้รากของพืชแข็งแรง และแผ่กระจายได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ลำต้นแข็งแรงตามไปด้วย ปกติแล้วธาตุฟอสฟอรัสจะมีอยู่ในดินมากพออยู่แล้ว เป็นธาตุที่ไม่ค่อยเคลื่อนที่ในดินหรือละลายน้ำได้ยากซึ่งจะทำให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ยากด้วย แม้แต่ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินโดยตรงก็ประมาณกันไว้ว่า 80-90 % ของ

ธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดนั้นจะถูกดินยึดไว้โดยการทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน ดังนั้น ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีกำเนิดมาจากการสลายตัวผุพังของแร่บางชนิดในดิน การสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินก็จะสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน ดังนั้น การใช้ปุ๋ยคอกนอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วก็ยังได้ฟอสฟอรัสอีกด้วย

ธาตุฟอสฟอรัสในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของ สารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^-) ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดิน สารประกอบของฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมากแต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก ดังนั้นจึงมักจะมีปัญหาเสมอว่าดินถึงแม้จะมีฟอสฟอรัสมากก็จริงแต่พืชก็ยังขาดฟอสฟอรัส เพราะส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำยากนั่นเอง นอกจากนั้นแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินชอบที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้เมื่อใส่ลงไปในดินประมาณ 80-90% จะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากไม่อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตจึงไม่ควรคลุกเคล้าให้เข้ากับดินเพราะยิ่งจะทำให้ปุ๋ยทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินได้เร็วยิ่งขึ้น แต่ควรจะใส่แบบเป็นจุดหรือโรยเป็นแถบให้ลึกลงไปในดินในบริเวณรากของพืชปุ๋ย ฟอสเฟตนี้ถึงแม้จะอยู่ใกล้ชิดกับรากก็จะไม่เป็นอันตรายแก่รากแต่อย่างใด ปุ๋ยคอกจะช่วยป้องกันไม่ให้ปุ๋ยฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินและสูญเสีย ความเป็นประโยชน์ต่อพืชเร็วจนเกินไป พืชเมื่อขาดฟอสฟอรัสจะมีต้นแคระแกร็นใบมีสีเขียวคล้ำ ใบล่าง ๆ จะมีสีม่วงตามบริเวณขอบใบ รากของพืชชะงักการเจริญเติบโต พืชไม่ออกดอกและผล พืชที่ได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอจะมีระบบรากที่แข็งแรงแพร่กระจายอยู่ในดิน อย่างกว้างขวาง สามารถดึงดูดน้ำและธาตุอาหารได้ดี การออกดอกออกผลจะเร็วขึ้น ฟอสฟอรัสช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสง สร้างแป้งและน้ำตาล เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ช่วยเสริมสร้างส่วนที่เป็นดอก การผสมเกสร ตลอดจนการติดเมล็ด สร้างระบบรากให้แข็งแรง ช่วยในการแตกกอ และช่วยให้ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ช่วยให้พืชดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโมลิบดีนัมได้ดีขึ้น ธาตุนี้มักพบในรูปที่พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ เนื่องจากจะถูกตรึงอยู่ในดิน ส่วนใหญ่พืชจะแสดงอาการขาดธาตุนี้บ่อยครั้ง แม้ว่าในดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่เป็นจำนวนมากก็ตามถ้าขาดธาตุฟอสฟอรัสราก พืชจะไม่เจริญ มีรากฝอยน้อย ต้นเตี้ย ใบและต้นมีสีเข้มและบางครั้งมีสีม่วงหรือแดงเกิดขึ้น พืชแก่ช้ากว่าปกติ เช่น การผลิดอก ออกผลช้า มีการแตกกอน้อย การติดเมล็ดน้อย หรือบางครั้งไม่ติดเมล็ด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันการหาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดูแทบไม่มี แต่มีนักวิจัยหลายกลุ่มทำการศึกษาถึงวิธีการหาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างอื่น ๆ อาทิเช่น

นันทิยา เสนา การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในมูลไส้เดือนเพื่อเปรียบเทียบกับดินใต้มูลไส้เดือน โดยเก็บตัวอย่าง โรงเรียนชำสูงพิทยาคม บ้านสว่าง บ้านกระนวน บ้านคู อำเภอชำสูง จังหวัดขอนแก่น ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธีเจลดาห์ล ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ โดยวิธีเบรย์ ทู ด้วยเครื่องอัลตราไวโอเลต – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยวิธีแลกเปลี่ยนแคตไอออนด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในมูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 0.0276 ถึง 0.0590 % บ้านคูมีปริมาณสูงสุด ส่วนบ้านกระนวนมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินใต้มูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 0.0165 ถึง 0.0212 % บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวนมีปริมาณ

ต่ำสุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ที่พบในมูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 10.42 ถึง 45.67 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวนมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินใต้มูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 2.53 ถึง 33.27 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณสูงสุด บ้านกระนวนมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่พบในมูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 56.26 ถึง 74.06 mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณมากที่สุด โรงเรียนซำสูงพิทยาคมมีปริมาณต่ำสุด ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินใต้มูลไส้เดือนมีค่าระหว่าง 6.42 ถึง 40.93mg/kg บ้านสว่างมีปริมาณมากที่สุด บ้านคูมีปริมาณต่ำสุด นอกจากนี้ความถูกต้องของการวิเคราะห์ซึ่งแสดงด้วยค่าร้อยละการได้กลับคืน พบว่ามีค่า 96.6, 86.05-106.48 และ 93.1-102.8 ของไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามลำดับ ส่วนขีดจำกัดต่ำสุด มีค่า 0.01 mg/L และ 0.09 mg/L จากผลการศึกษามูลไส้เดือนที่เกิดขึ้นจึงมีคุณค่าเหมาะสมในงานด้านเกษตรกรรม (นันทิยา เสนา, 2555)

ศิริพร กาทองและคณะ หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ จำนวน8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตโดยโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 4 ตัวอย่าง และปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ผลิตใช้เองโดยใช้พืชในท้องถิ่นของเกษตรกร จำนวน4 ตัวอย่าง โดยย่อยตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำด้วยกรดแล้วนำไปหาปริมาณไนโตรเจนด้วยเทคนิคเจลดาห์ หาปริมาณฟอสฟอรัส ตรวจวัดด้วยวิธีวานาโดโมลิบเดต โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และหาปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้เครื่องอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร จากผลการศึกษาปุ๋ยอินทรีย์น้ำทั้ง8 ตัวอย่าง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม มีปริมาณสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่เกษตรกรผลิตเอง พบว่า อยู่ในช่วง 692.30 – 6,320.30 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งปริมาณไนโตรเจนพบมากที่สุด (ศิริพร กาทองและคณะ, 2557)

ปรัชวนี พิบำรุง ทำการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสและการชะละลายฟอสฟอรัสในดินนาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยวิธี Bray-2และวิธี Olsen กับปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายดิน (CaCl2P) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนาที่สกัดโดย Bray-2 อยู่ในช่วง 7.06 - 734.08 มก./กก. เฉลี่ยเท่ากับ 215.86 มก./กก. ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Olsenอยู่ในช่วง 19.66 – 752.13 มก./กก. เฉลี่ยเท่ากับ 244.93 มก./กก. ในด้านสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Bray-2 มีสหสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดโดย Olsen อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (r = 0.9904**) สำหรับการประเมินความเสี่ยงการชะล้างฟอสฟอรัสในพื้นที่ศึกษา โดยวิธี Bray-2 มีค่าวิกฤติการชะละลายฟอสฟอรัส (Bray-2 P critical value) เท่ากับ 43.85 มก./กก. โดยวิธี Olsen มีค่าวิกฤติการชะละลายฟอสฟอรัส(Olsen P critical value) เท่ากับ 90.99 มก./กก (ปรัชวนี พิบำรุง, 2558)

ชนิสรา ปัญญายิ่ง งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดไฮโดรไดนามิกซีเควนเชียลอินเจคชัน (HSI) แบบประหยัดซึ่งสามารถพกพาได้ใช้งานง่ายขนาดกะทัดรัด และสามารถประยุกต์ได้กับหลากหลายปฏิกิริยาด้วยหลักการฉีดแบบไฮโดรไดนามิกสารละลายต่างๆ จะถูกนำเข้าสู่ท่อที่มีความยาวแน่นอนด้วยแรงดันแบบไฮโดรไดนามิกในขณะที่กระแสของตัวพาหยุดไหลท่อที่มีปริมาตรคงที่ สำหรับการฉีดแบบไฮโดรไดนามิกถูกทำขึ้นโดยการเจาะแผ่นอะคริลิกให้ได้ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องการ และวาล์วทั้งหมดถูกยึดติดกับแผ่นอะคริลิกเพื่อเป็นชุดที่สามารถพกพาได้สำหรับต่อเข้ากับโฟลทรูเซลล์ของเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปคโทรโฟโตมิเตอร์ ระบบไฮโดรไดนามิกซีเควนเชียลอินเจคชันที่นำเสนอนี้ถูกใช้ในการหา

ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชใช้ประโยชน์ได้ในดินโดยใช้ปฏิกิริยาโมลิบดีนัมบลู ซึ่งตรวจวัดทางสเปคโทรโฟโตเมทรีที่ 630 นาโนเมตร สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ได้ถูกศึกษาได้กราฟมาตรฐานที่เป็นเส้นตรงในช่วง 0.050-20 มก./ลิตร โดยมีขีดจำกัดของการตรวจวัดเท่ากับ 0.025 มก./ลิตร จากการฉีดสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 2.0 มก./ลิตร ซ้ำ 11 ครั้ง พบว่าได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 3.4 % จากการวิเคราะห์ดินโดยเปรียบเทียบผลกับวิธีมาตรฐาน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการใช้การทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรที่ไม่อิสระต่อกัน (paired t-test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ค่าร้อยละการกลับคืนถูกพบในช่วง 83.5-102.5 % (ชนิสรา ปัญญายิ่งและคณะ, 2560)

ในปี ค.ศ. 2014 อภินันท์ ได้ศึกษา กระดูกป่นและไดแคลเซียมฟอสเฟตเป็นแหล่งแร่ธาตุที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสาหรับเลี้ยงโคเนื้อเป็นแหล่งของ แคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งกระดูกป่นเป็นผลพลอยได้จากโรงฆ่าสัตว์ โดยการนากระดูกมาต้มหรือนึ่งเพื่อฆ่าเชื้อโรคจากนั้นจึงอบหรือผึ่งกระดูกให้แห้งแล้วนามาบดบด มีองค์ประกอบทางเคมี คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส เท่ากับ5.0, 13.0, 11.6, 1.0, 71.0, 27.0, 12.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลาดับ ส่วนไดแคลเซียมฟอสเฟต ผลิตจากการนำกรดฟอสฟอริกที่สกัดฟลูออรีนแล้วมาทาปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ จะได้ไดแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม 24 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 18 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการใช้กระดูกป่นเป็นสวนประกอบของอาหารข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ขุนโคเนื้อ จะส่งผลให้โคมี การเจริญเติบโต ต้นทุนค่าอาหารต่อน้าหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม และผลตอบแทนที่ได้รับดีกว่าไดแคลเซียมฟอสเฟต ($P<0.05$)

ในปี ค.ศ. 2003 Roy และ Lall ได้ศึกษาความต้องการฟอสฟอรัสในเชิงปริมาณของปลาเฮ็ด-ดอก โดยศึกษาการขับถ่าย การนำไปใช้ประโยชน์ และการขาดฟอสฟอรัสในปลาเฮ็ดดอก พบว่าการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ เถ้าในกระดูกสันหลังและกระดูกปิดเหงือก และการขับถ่ายฟอสฟอรัสในรูปปัสสาวะมีผลในเชิงบวกซึ่งสัมพันธ์กับระดับของฟอสฟอรัสในอาหารเถ้าจากกระดูกสันหลังเพิ่มจาก 44.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 56.5 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าในกระดูกปิดเหงือกเพิ่มจาก 31.4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 48.2 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดลองพบว่าระดับองฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ที่เหมาะสม คือ 0.72 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพลาสมาและการขับถ่ายฟอสฟอรัสในรูปปัสสาวะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับองฟอสฟอรัสในอาหารเพิ่มขึ้น สำหรับความสามารถในการใช้อนินทรีย์ฟอสเฟตอยู่ที่ 43.2 เปอร์เซ็นต์ การขาดฟอสฟอรัสส่งผลให้การเจริญเติบโตและแร่ธาตุในกระดูกลดลง กระดูกสันหลังผิดปกติ และไขมันในตัวเพิ่มขึ้น

ในปี ค.ศ. 2008 Phromkunthong และ Udom ได้ศึกษาความต้องการฟอสฟอรัสของปลานิลแดงแปลงเพศที่เสริมฟอสฟอรัสในรูปไดแคลเซียมฟอสเฟต มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตต่อตัว และประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงขึ้นตามรดับฟอสฟอรัสในอาหารที่เพิ่มขึ้น และเมื่อศึกษาปริมาณความต้องการฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้เหมาะสมของปลานิลแดงแปลงเพศ คือ 0.76 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการเสริมฟอสฟอรัสส่งผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในตัวปลา กระดูก และมูลมีค่าสูงขึ้น ส่วนไขมันในเนื้อปลามีค่าลดลงเมื่อระดับฟอสฟอรัสในอาหารเพิ่ม

บทที่ 3

วัสดุและวิธีการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

นำตัวอย่างกากบูดู จากโรงงานบูดูยีเซ็ง ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี ซึ่งจะมีอยู่ 2 ส่วน คือ กากบูดูที่ตกตะกอนก้นบ่อบูดู และกากบูดูที่แขวนลอยบนผิวของน้ำบูดู โดยจะเรียกเป็นกากบูดู 1 และกากบูดู 2 ตามลำดับ

3.2 เครื่องมือ

3.2.1 UV - vis spectrophotometer ยี่ห้อ JASCO รุ่น V-730

3.2.2 ตู้อบ (Oven), ED/FD, ผลิตโดยบริษัท Binder, Germany

3.2.3 เตาให้ความร้อน (Hotplet, SI Analytics)

3.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius), EJ-610, ผลิตโดยบริษัท AND, japan

3.2.5 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 บีกเกอร์ (Beaker)

3.3.2 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.3.3 กระบอกตวง (Cylinder)

3.3.4 ปิเปต (Pipette)

3.3.5 แท่งแก้วคน (Glass rod)

3.3.6 ช้อนตักสาร (Spatula)

3.3.7 หลอดทดลอง (Test tube)

3.3.8 ขวดพลาสติก (Plastic bottle)

3.3.9 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)

3.3.10 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.4 สารเคมี

3.4.1 แอมโมเนียมเมตาวานาเดท (NH_4VO_3, Analytical reagent, Australia)

3.4.2 กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$, Merck KGaA, Germany)

3.4.3 กรดไนตริก (HNO_3, Analytical reagent, Thailand)

3.4.4 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO4, Analytical reagent, Australia)

3.4.5 แอมโมเนียมโมลิบเดท ($(NH_4)_2MoO_4$ Analytical reagent, Australia)

3.4.6 น้ำที่ปราศจากไอออน (น้ำ DI)

3.5 วิธีการเตรียมสารเคมี

3.5.1 กรดสาหรับย่อยตัวอย่าง เตรียมโดยการชั่งแอมโมเนียมเมตาวานาเดท (ammonium metavanadate, NH_4VO_3) 0.012 g ละลายในน้ำที่ปราศจากไอออน (deionizied water) ซึ่งเดือดประมาณ 2 ml วางไว้ให้เย็นแล้วจึงเทลงในส่วนผสมของกรดสองชนิด คือ กรดเปอร์คลอริค (perchloric, $HClO_4$) เข้มข้น (70-72%) ปริมาตร 50 ml และกรดไนตริก (Nitric acid, HNO_3) เข้มข้น (65%) ปริมาตร 250 ml ผสมเข้าให้กัน

3.5.2 การเตรียมสารละลายวานาโดโมลิบเดท (Vanadomolybdate)

3.5.2.1 นำแอมโมเนียมโมลิบเดท (Ammonium molybdate) : 40 กรัม ละลายในน้ำเดือดที่ปราศจากไอออนซึ่งมีปริมาตร 400 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้เย็น

3.5.2.2 นำแอมโมเนียมเมตาวานาเดท : 2 g ละลายในน้ำเดือดที่ปราศจากไอออนซึ่งมีปริมาตร 300 ml วางทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดไนตริกเข้มข้น 160 ml

3.5.2.3 ผสมสารละลายทั้งสองข้อ 3.5.2.2 ลงในสารละลายในข้อ 3.5.2.1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนให้ได้ 1,000 ml เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 40 °C เมื่อนาไปใช้จะเจือจางสารละลายข้างต้นด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนในอัตราส่วนวานาโดโมลิบเดท : น้ำ (1:3)

3.5.3 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (standard phosphorus) เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate, KH_2PO_4) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปริมาณ 4.380 g ในน้ำที่ปราศจากไอออนปรับปริมาตรเป็น 500 ml เขย่าให้เข้ากัน

3.5.4 เวิร์คกิ้ง สแตนดาร์ด ฟอสฟอรัส (working standard phosphorus) เตรียมที่ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัม/ลิตรความเข้มข้น โดยปิเปตสารมาตรฐานฟอสฟอรัส 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร เติมกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 20% ปริมาตร 20 มิลลิลิตร (กรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 20% เตรียมโดยละลายกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 70-72% ปริมาตร 141 ml ในน้ำที่ปราศจากไอออนปรับปริมาตรเป็น 500 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนให้ครบ 100 ml จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

3.5.5 การเตรียมกากบูดู (ดัดแปลงจาก Mondal et al. 2012) นำกากบูดูมาล้างกับน้ำประปาพอสะอาด นำไปอบให้แห้ง ที่อุณหภูมิประมาณ 60 ºC ประมาณ 12 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้ง

3.5.6 ขั้นตอนการย่อยตัวอย่าง (ตามวิธีการของ AOAC, 1990) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 ºC เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ปริมาณ 3 g ใส่ในขวดรูปชมพู ขนาด 250 ml เติมกรดย่อย (จากหัวข้อสารเคมี) ปริมาตร 20 ml วางทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง นำไปย่อยให้ความร้อน ค่อย ๆ ปรับความร้อนให้ได้ 80 ºC เมื่อควันสีน้ำตาลหมดปรับอุณหภูมิเป็น 190 ºC (สิ้นสุดลงเมื่อสารละลายเป็นสีเหลืองใส) วางทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนให้ได้ ปริมาตร 50 ml เขย่าให้เข้ากัน เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติก ขนาด 100 ml นำไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัสต่อไป

3.5.7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส (ตามวิธีการของ AOAC, 1990) นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้ว และสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส ที่ความเข้มข้น 0 , 5 , 10 , 15 , 20 , 25 และ 30 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 1 ml ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายวานาโดโมลิบเดท (1:3) ปริมาตร 5 ml เขย่าให้เข้ากันวางทิ้งไว้ 20 นาที นำสารละลายในหลอดมาวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นช่วง 420 nmเปรียบเทียบความเข้นข้นของสารละลายตัวอย่างกับกราฟมาตรฐาน

3.6 การคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส

สามารถคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส ได้ดังนี้

$$\% \text{ ฟอสฟอรัส} = \frac{(X - B) \times V}{1000 \times W} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ X = ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
B = ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำที่ปราศจากไอออน (มิลลิกรัมต่อลิตร)
V = ปริมาตรของตัวอย่างที่ปรับปริมาตรหลังการย่อย (มิลลิลิตร)
W = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ลักษณะกากบูดูแห้ง

เมื่อนำกากบูดูสดจากโรงงานมาทั้งสองแบบ พบว่ามีน้ำบูดูเหลืออยู่ในเนื้อปลา ซึ่งเนื้อปลาปริมาณมาก จะเหลือจากการถูกย่อยเป็นน้ำบูดู ปะปนอยู่กับก้างปลาและหัวปลา ซึ่งเป็นส่วนที่เอนไซม์ไม่สามารถย่อยได้ มาทำการล้างด้วยนำประปา จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 60 ºC จะได้กากบูดูที่สามารถนำไปทดลองต่อไป ดังภาพที่ 4.1

(ก) (ข)

ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างกากบูดูสด (ก) และตัวอย่างกากบูดูแห้ง

4.2 ลักษณะการย่อยตัวอย่างกากบูด

ขณะทำการย่อยตัวอย่างกากบูดูด้วยกรดย่อยผสมระหว่างกรดไนตริกกับเปอร์คลอริก ในช่วงแรก ๆ ที่อุณหภูมิ 80 ºC จะมีควันสีน้ำตาลเกิดขึ้น เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริกกับสารอินทรีย์ เมื่อควันสีน้ำตาลได้หมดไป และได้เพิ่มอุณหูมิในการย่อยเป็น 190 ºC จะมีควันสีขาวเกิดขึ้น เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของกรดเปอร์คลอริก จึงทำการย่อยจนกระทั่งได้สารละลายใสและควันสีขาวหมดไป แต่เนื่องจากตัวอย่างกากบูดูแห้งที่นำมาย่อย เดิมมีลักษณะเป็นสีเหลืองอ่อน ๆ ทำให้หลังจากการย่อยที่สมบูรณ์จะได้สารละลายสีเหลืองใส ดังภาพที่ 4.1 ข

(ก) (ข)

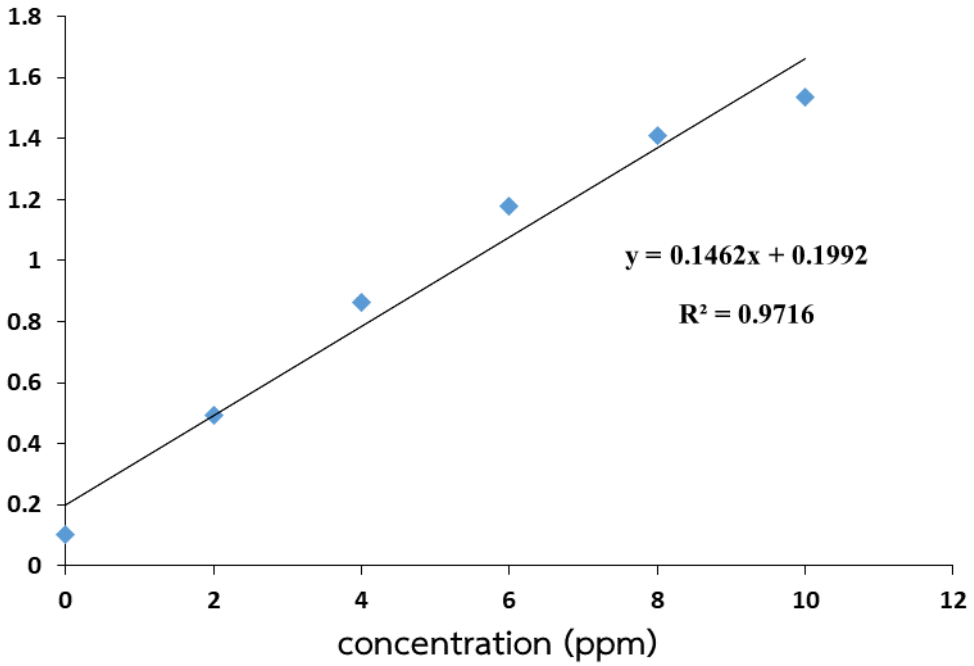
ภาพที่ 4.2 ลักษณะของควันที่เกิดขึ้นขณะย่อยด้วยกรด (ก) และสารละลายสีเหลืองใสจากการย่อยเสร็จสิ้น (ข)

4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธี วานาโดโมลิบเดท

จากการศึกษากากบูดูที่นำไปย่อยด้วยกรดผสมระหว่าง $HClO_4$ กับ HNO_3 พบว่ากากบูดู 1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm เท่ากับ 1.4044±0.0230 ส่วนกากบูดู 2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nmเท่ากับ 1.4348±0.0165 (ดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสสามารถวิเคราะห์ด้วยการนำมาวัดด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer ซึ่งการคำนวณใช้สมการของกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส ($y = 0.146x + 0.1992$ $R^2 = 0.9716$) (ดังภาพที่ 4.3) เป็นตัวเทียบเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างกากบูดู

ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm ของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0	0.1019	0.0991	0.1012	0.1008±0.0015
2	0.4910	0.5022	0.4905	0.4946±0.0066
4	0.8582	0.8614	0.8664	0.8620±0.0041
6	1.1678	1.882	1.1804	1.1788±0.0103
8	1.4051	1.4106	1.4102	1.4086±0.0031
10	1.5338	1.5349	1.5379	1.5355±0.0021

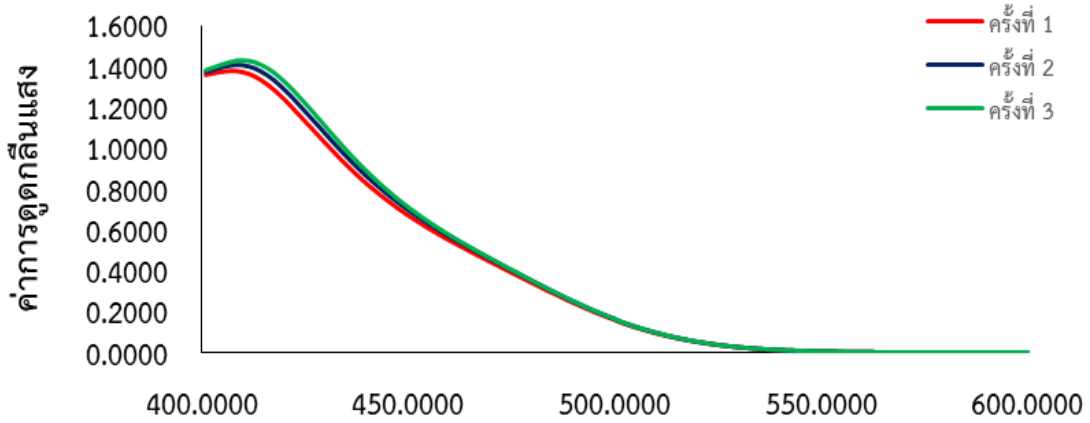


ภาพที่ 4.3 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm กับความเข้มข้นต่างๆของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงของกากบูดู 1 ที่ความยาวคลื่น 413 nm

สารละลายตัวอย่างกากบูดู 1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm			ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรวม
ครั้งที่ 1	1.3467	1.3883	1.3985	1.3778±0.0274	1.4044±0.0230
ครั้งที่ 2	1.3891	1.3895	1.4394	1.4060±0.0289	
ครั้งที่ 3	1.4325	1.4407	1.4154	1.4295±0.0129	

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ)

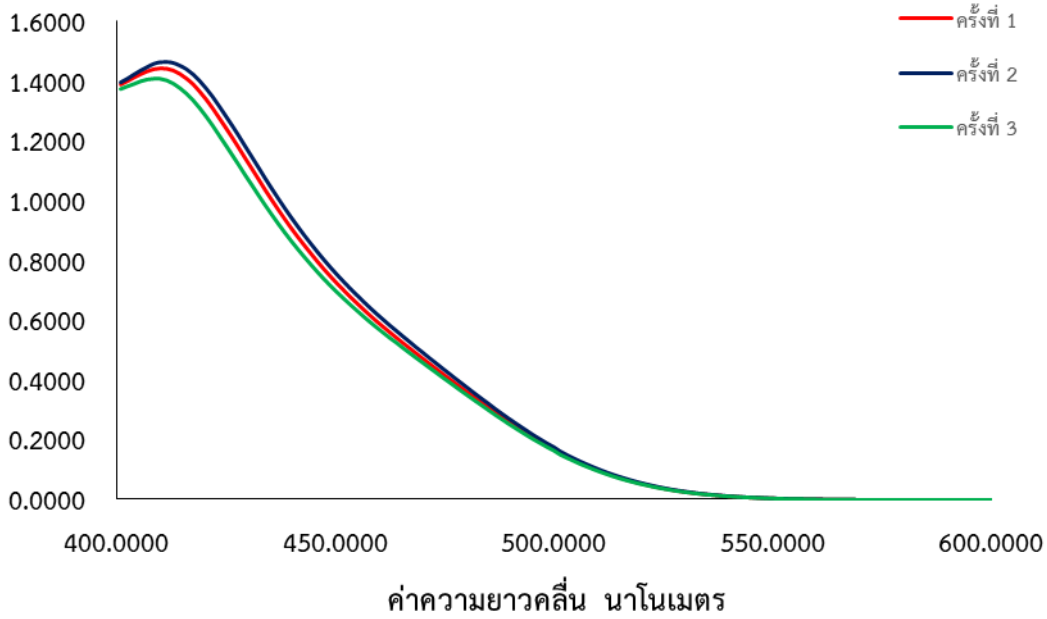


ภาพที่ 4.2 สเปกตรัมของกากบูดู 1 ทีวัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร

ตารางที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสงของกากบูดู 2 ที่ความยาวคลื่น 413 nm

สารละลายตัวอย่างกากบูดู 2	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 413 nm			ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยรวม
ครั้งที่ 1	1.4414	1.4417	1.4333	1.4388±0.0048	1.4348±0.0165
ครั้งที่ 2	1.4855	1.4390	1.4460	1.4569±0.0251	
ครั้งที่ 3	1.3866	1.4235	1.4163	1.4088±0.0196	

ตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (จากการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ)



ภาพที่ 4.3 สเปกตรัมของกากบูดู 2 ทีวัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร

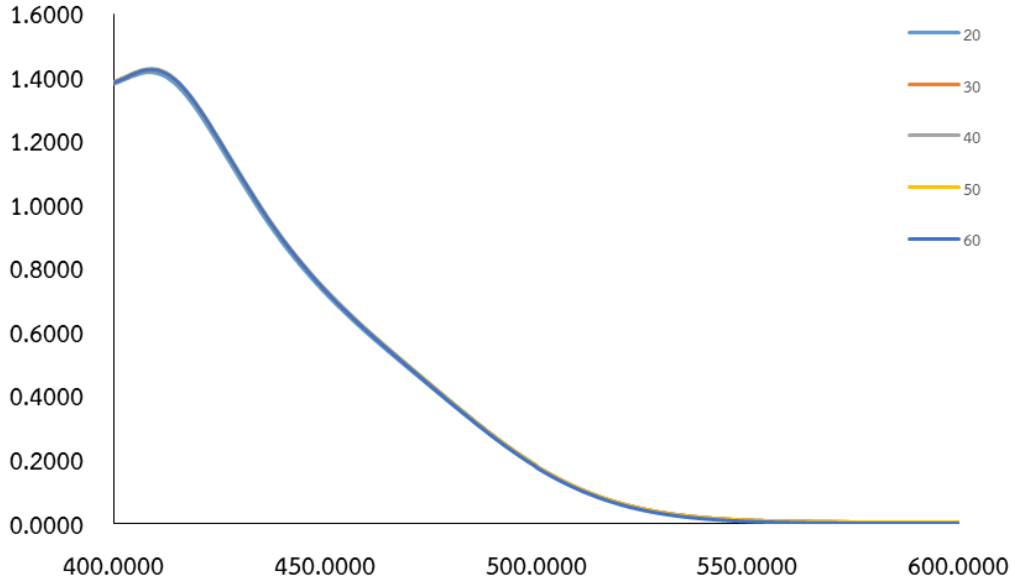
4.4 ผลของระยะเวลาที่มีผลต่อการเกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อน

4.4.1 ความเข้มข้น 8 mg/L

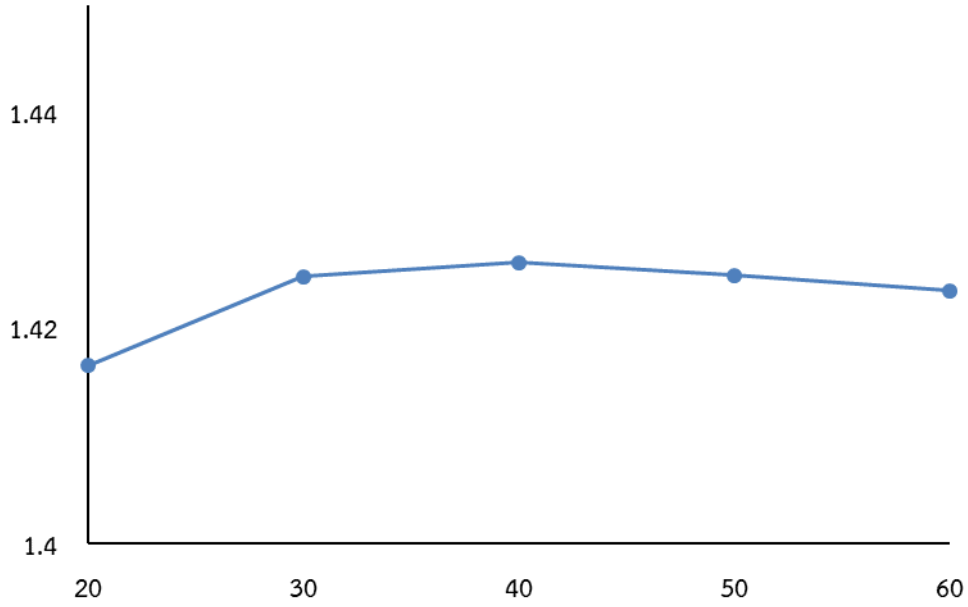
จากการศึกษาที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 20, 30, 40, 50 และ60 มีค่าการดูดกลืนแสง คือ1.4165, 1.4248, 1.4261, 1.4249 และ1.4235 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.4) จะเห็นได้ว่าที่ ความเข้มข้น 8 มิลลิลิตร จะมีความเสถียรของสารประกอบเชิงซ้อนของสีที่เกิดขึ้นอยู่ที่เวลา 30 นาที (ดังภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.4 การดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง
20	1.4165
30	1.4248
40	1.4261
50	1.4249
60	1.4235



ภาพที่ 4.4 สเปกตรัมของความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่วัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร



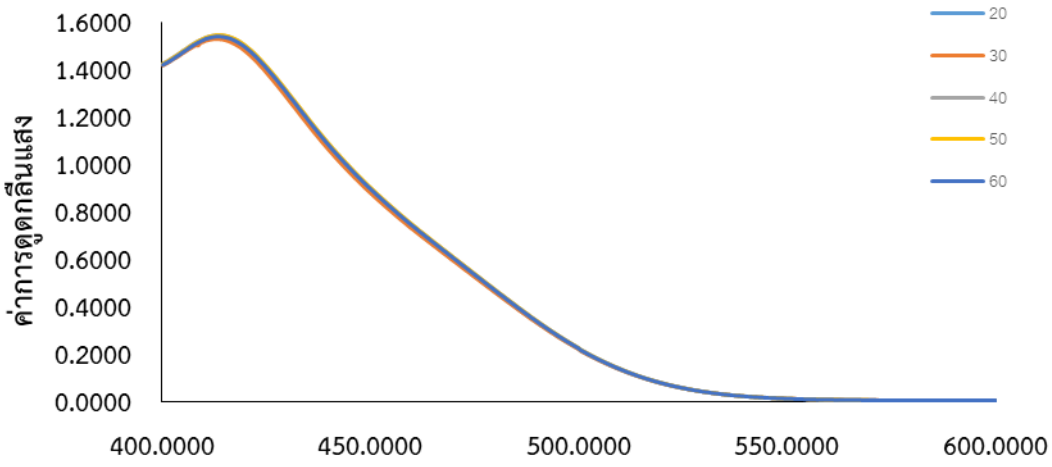
ภาพที่ 4.5 กราฟการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาต่าง ๆ

4.5 ความเข้มข้น 10 mg/L

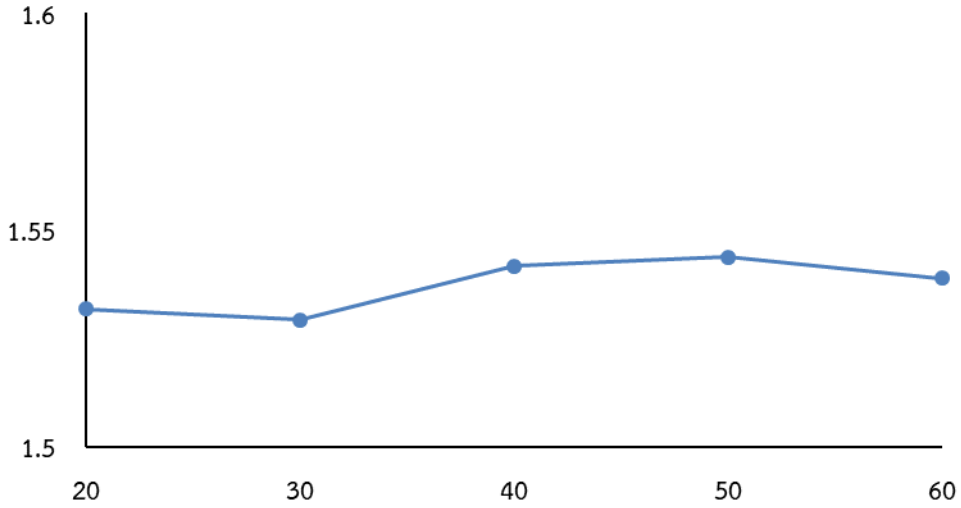
จากการศึกษาที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 20, 30, 40, 50 และ60 มีค่าการดูดกลืนแสง คือ 1.5318, 1.5292, 1.5416, 1.5437 และ1.5389 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าที่ ความเข้มข้น 10 มิลลิลิตร จะมีความเสถียรของสารประกอบเชิงซ้อนของสีที่เกิดขึ้นอยู่ที่เวลา 40 นาที (ดังภาพที่ 4.7)

ตารางที่ 4.5 การดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

เวลา (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง
20	1.5318
30	1.5292
40	1.5416
50	1.5437
60	1.5389



ภาพที่ 4.6 สเปกตรัมของความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่วัดในช่วง 400-600 นาโนเมตร



ภาพที่ 4.7 กราฟการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เวลาต่าง ๆ

4.6 ผลการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู

จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดูพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู 1 และ 2 มีค่า38.4249 mg/L, 39.2233 mg/L ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในกากบูดู 1 และ 2 มีค่า 62 และ 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4.6) จะเห็นได้ว่า ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสในกากบูดู 2 จะมีมากกว่า บูดู 1 เพราะกากบูดู 2 จะอยู่เหนือบ่อมีกากบูดูเยอะ ส่วนกากบูดู 1 จะอยู่ก้นบ่อมีไข่ปลามีเกลือต่างๆปะปนอยู่กากบูดู จึงทำให้กากบูดู 2 ปริมาณและเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสมากกว่ากากบูดู 1

ตารางที่ 4.6 ปริมาณ และเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสในกากบูดู

กากบูดู	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ปริมาณฟอสฟอรัส mg/L	%ฟอสฟอรัส
1	37.6963 ±0.0274	38.4678 ±0.0289	39.1108 ±0.0129	38.4249±0.0230	62
2	39.3652 ±0.0048	39.8604 ±0.0251	38.4444 ±0.0196	39.2233±0.0165	64

ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 ml เติมสารละลายวานาโดโมลิบเดท 5 ml วางทิ้งไว้ 20 นาที จะเกิดการฟอร์มสี และจะมีความเข้มข้นมากกว่าสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส จงต้องทำการเจือจางเป็น 4 เท่า โดยปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 ml และ น้ำปราศจากไอออน 3 ml

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำกากบูดูจาก ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี มาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดูโดยวิธีวานาโดโมลิบเดท ด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู โดยผ่านกระบวนการล้างและทำการย่อยด้วยกรดผสมระหว่าง $HClO_4$ กับ HNO_3 นำไปวิเคราะห์โดยวิธีวานาโดโมลิบเดท ด้วยการนำมาวัดด้วยเครื่อง UV-vis spectrophotometer พบว่ากากบูดู 1 และ2 สามารถดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่น 413 นาโนเมตร ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.4044±0.0230, 1.4348±0.0165 ตามลำดับ ซึ่งการคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสใช้สมการของกราฟมาตรฐานฟอสฟอรัส ($y=0.1462x + 0.1992$, $R^2=0.9716$) เป็นตัวเทียบเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัส จากการศึกษาที่ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่เวลา 20, 30, 40, 50 และ60 มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 1.4165-1.4261 นาโนเมตร และที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 1.5292-1.5437 นาโนเมตร จากการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในกากบูดู 1 และ กากบูดู 2 มีค่า38.4249, 39.2233 mg/L ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสในกากบูดู 1 และ กากบูดู 2 มีค่า 62, 64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาโดยวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอื่นนอกจากธาตุฟอสฟอรัส
2) ควรมีการศึกษาวิเคราะห์โดยวิธีอื่นเพื่อมาเปรียบเทียบ

บรรณานุกรม

ซุลกิปลี ยาบี. (2555). ภูมิปัญญาการทำและการอนุรักษ์ น้ำบูดู ของกลุ่มชาวบ้านหมู่ 1 ตำบลปะเสยะวอ อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี

นันทิยา เสนา. (2555). การหาปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในมูลไส้เดือนและดินใต้มูลไส้เดือน. การศึกษาอิสระ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสำหรับครู คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มูฮำหมัดกอเซ็ม. (2552). น้ำบูดู. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 2 มิถุนายน 2561.แหล่งที่มา http://www.oknation.net/blog/print.php?id=488917.

วุติพร พรหมขุนทอง และอัจฉริยา มูสโกภาศ. (2548). ผลของเอนไซม์ไฟเตสต่อการเพิ่มการใช้ฟอสฟอรัสจากวัตถุดิบพืชในปลานิลแดงแปลงเพศ. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 27: 151-170.

วุฒิพร พรหมขุนทอง และ วรากรณ์ สีจง. (2551). การใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสในปลานิลแดงแปลงเพศที่ได้รับอาหารที่มีระดับปลาป่นต่ำ. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. ปีที่ 11 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน.

ไพรัตน์ กอสุธารักษ์. (ม.ป.ป.). การประเมินคุณภาพของอาหารสำเร็จรูปสำหรับสัตว์น้ำตามพระราชบัญญัติควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์. ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2561.

ศิริพร กาทอง แลคณะ. (2557). การหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ. คณะวิทยาศาสตร์, 14(4), 57-58

ปรัชวนี พิบำรุง.(2558). ฟอสฟอรัสและการชะละลายฟอสฟอรัสในดินนาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, 41(1), 950-955

ชนิสรา ปัญญายิ่ง แลคณะ. (2560). การหาปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชใช้ประโยชน์ได้ในดินโดยใช้ระบบไฮโดรไดนามิกซีเควนเชียลอินเจคชันแบบประหยัด.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 22(1), 126-136.

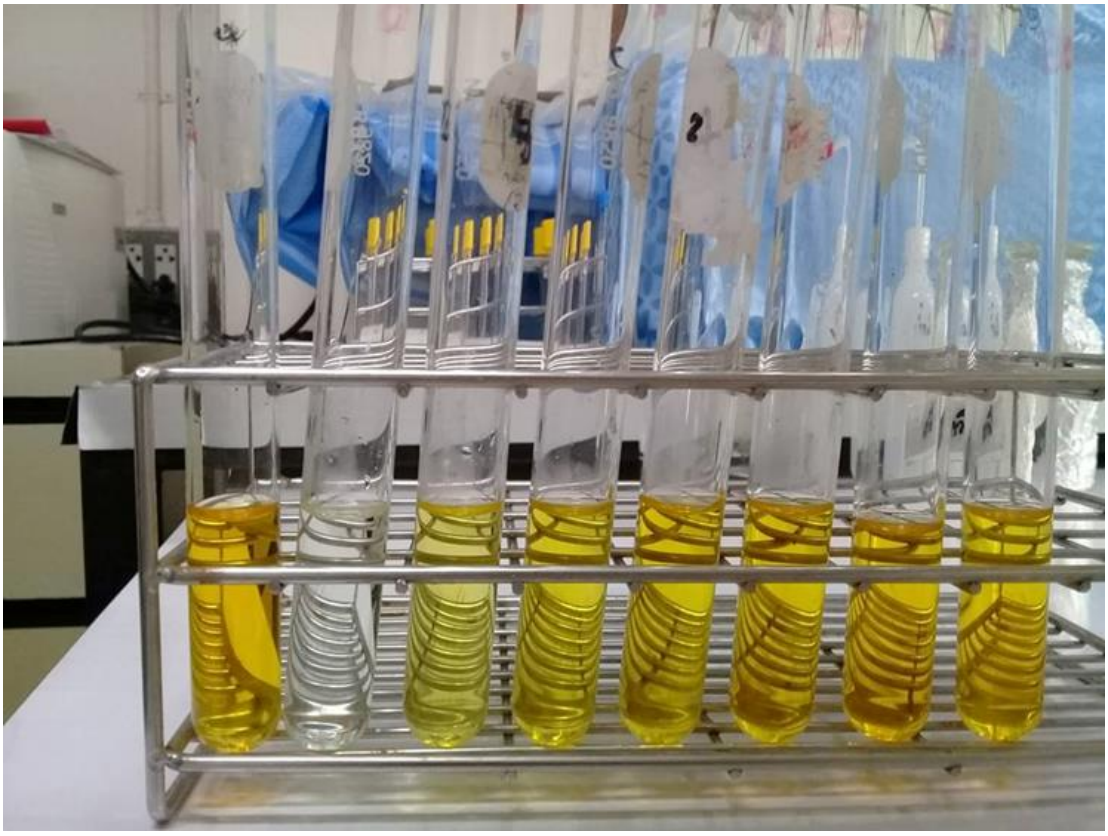
อับดุลรอนิง ลาเด๊ะ. (2559). น้ำบูดู. [ออนไลน์]. สืบค้น 4 มิถุนายน 2561. สายบุรี ‘ข้าวยำ’ วัฒนธรรมการกิน ณ ถิ่นใต้. แหล่งที่มา: https: //yala-patani narathiwat.blogspot.com/2016/06/blog-post_28.

Akram, M. & Ahmed, R., 2014. Extracting hydroxyapatite and its precursors from natural resources, 1461–1475.

Cui, H. et al., 2012. Hydrothermal synthesis and characterization of glutamine-modified rod-like hydroxyapatite nanoparticles, 7, 1292–1295.

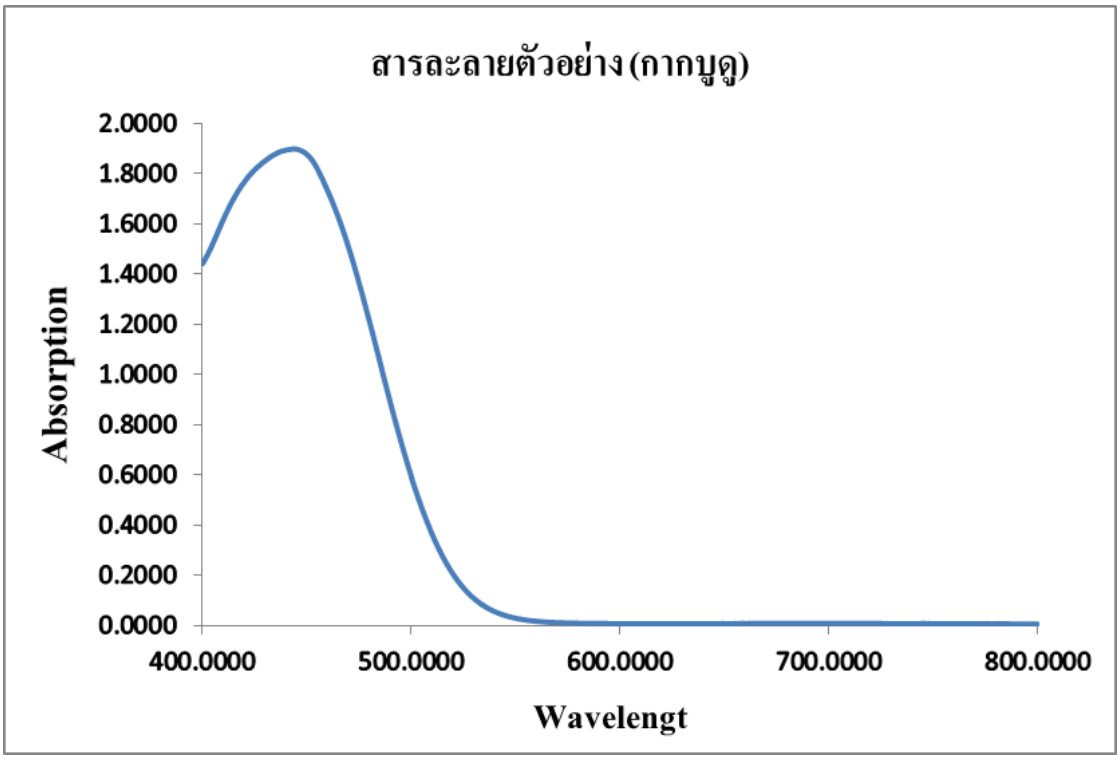
Ferraro, V. et al., 2013. Extraction of high added value biological compounds from sardine, sardine-type fish and mackerel canning residues — A review. Materials Science & Engineering C, 33(6), 3111–3120.

ภาคผนวก ก
การเกิดสีของสารลายมาตรฐาน



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการดูดกลืนแสงของตัวอย่างกากบูดู



ประวัตินักวิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นายฮาซัน ดอปอ
ตำแหน่ง	อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
หน่วยงานที่สังกัด	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ที่อยู่	มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
โทรศัพท์	089-9776494
อีเมล	E-mail: hasan.d@yru.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ปริญญาเอก	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต หลักสูตรโทควบเอก เคมี (เคมีอินทรีย์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ความเชี่ยวชาญ

การสังเคราะห์วัสดุอนินทรีย์

ผลงานวิจัย/ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

1) ตีพิมพ์ผลงานวิจัย เรื่อง Flower-like Ag/AgCl microcrystal: Synthesis and activity ในวารสาร Materials Chemistry and Physics ปี 2015

2) ตีพิมพ์ผลงานวิจัย เรื่อง Urchinlike Ag/AgCl photocatalyst: Synthesis and photocatalysts ในวารสาร Applied Catalysis A: General ปี 2014

ชื่อ-นามสกุล นายอิสมะแอ เจ๊ะหลง
ตำแหน่ง อาจารย์ (ชีววิทยา)
สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา
หน่วยงานที่สังกัด สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ที่อยู่ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
โทรศัพท์ 084-2663200
อีเมล ismaair.j@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาชีววิทยา)
ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาพืชศาสตร์)
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (สาขาวิชาพืชศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ความเชี่ยวชาญ

การศึกษาด้านเรณูวิทยา (Palynology) การศึกษาสรีรวิทยาของพืช (Plant Physiology) การศึกษาน้ำผึ้ง (Honey study) และการผลิตไม้ผลเมืองร้อน (Tropical fruit production) ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural product)

ผลงานวิจัย/ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

1) ผลของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อจำนวนปากใบ ลักษณะใบ พื้นที่ใบ ขนาดท่อไซเล็มและการคายน้ำของผักบุ้งจีน

2) ผลของความเข้มข้นน้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของกล้ายางพาราพันธุ์ RRIM 600 (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.)

ชื่อ-นามสกุล นาย อัชมาน อาแด
ตำแหน่ง อาจารย์สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา จังหวัดยะลา
หน่วยงานที่สังกัด สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
ที่อยู่ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
โทรศัพท์ 0818984695
อีเมล nadair@hotmail.com

ประวัติการศึกษา
ปริญญาตรี การศึกษาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาเคมี)
ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาเคมีอินทรีย์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ความเชี่ยวชาญ

เคมีพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติ เคมีผลิภัณฑ์ธรรมชาติ การแยกสารเคมี การศึกษาปริมาณคาร์บอนองค์ประกอบในสารเคมี การทำปฏิกิริยาทางเคมี

ผลงานวิจัย/ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

1) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในน้ำส้มควันไม้จากไม้มะยม

2) องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันดินส่วนละลายเมทิลีนคลอไรด์ในน้ำส้มควันไม้จากไม้ยางพารา