

ผลของการอบกากถั่วดาวอินคาด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตในปลานิล
(*Oreochromis niloticus*)

Effect of Air Dry with Different Heating Temperature in Sacha Inchi on Growth
Performance in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

สุจินันท์ หม้อยจันทา (Sutinun Muichanta)* ดร.อนูรักษ์ เขียวขจรเขต (Dr.Anurak Khieokhajonkhet)**

ดร.กุลยาภัสร์ วุฒิจารีย์ (Dr.Kunlayaphat Wuthijaree)***

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการอบกากถั่วดาวอินคาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ที่มีต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อวิทยาในปลานิลที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 12.53 ± 0.02 กรัมต่อตัว ตลอดระยะเวลาการทดลอง 8 สัปดาห์ ผลจากการทดลองพบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองมีน้ำหนักลดลงทุกชุดการทดลอง และไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกับน้ำหนักเพิ่มต่อวัน และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าลดลงในทุกชุดการทดลอง อัตราการรอดตาย ปัจจัยของน้ำหนักต่อความยาว ดัชนีน้ำหนักปลาต่อ น้ำหนักตับ ดัชนีน้ำหนักปลาต่อน้ำหนักอวัยวะภายใน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการกินอาหาร ประสิทธิภาพ การใช้อาหารของปลาที่ได้รับอาหารทดลองพบว่าไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกชุดการทดลอง ($P > 0.05$) การเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อลำไส้ส่วนต้น พบว่าไม่โครวิลไลหดสั้นลงเช่นเดียวกันในทุกชุดการทดลอง การศึกษา นี้แสดงให้เห็นว่าการใช้กากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบไม่สามารถสนับสนุนการเจริญเติบโต ดังนั้นวิธีการอบกากถั่วดาว อินคาด้วยลมร้อนจึงเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมในอาหารสำหรับปลานิลได้

ABSTRACT

Study on the effects of four different temperature of heat treatment in sacha inchi meal (SIM) on growth performance, feed utilization, and histological changes in Nile tilapia. An average initial fish was begun at 12.53 ± 0.02 g/fish. The feeding trial was lasted for 8 weeks. The results showed that fish fed all experimental diets were decreased, but not significant difference ($P > 0.05$). This tendency also observed in average daily gain (ADG) and specific growth rate (SGR). Furthermore, fish fed all test diets were decreased survival rate, condition factor, hepatosomatic index, viscerosomatic index, feed conversion ratio, rate of feed intake, and feed efficiency, but not significant difference ($P > 0.05$) in all test diets. In addition, sectioning of anterior intestine was also affected by SIM inclusion in all test diets. The results of the present study indicated that heat treatment of SIM was not supported growth performance. Therefore heat treatment is not appropriately used as the feed formulation in Nile tilapia.

คำสำคัญ: กากถั่วดาวอินคา อบลมร้อน การเจริญเติบโต

Keywords: Sacha inchi, Air dry, Growth performance

*นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

***อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการวัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีนในสัตว์น้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปลาป่นถือเป็นแหล่งโปรตีนที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีองค์ประกอบของโปรตีนสูง และกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ จึงทำให้ปลาป่นเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตามพบว่าปลาป่นมีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งสวนทางกับความต้องการของเกษตรกรที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (FAO, 2016) ดังข้อมูลความต้องการใช้ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2561 อยู่ที่ 0.57, 0.51, 0.53 และ 0.55 ล้านตัน/ปี ตามลำดับ แต่ปริมาณของผลผลิตมีเพียง 0.38, 0.31, 0.32 และ 0.35 ล้านตัน/ปี ตามลำดับ และราคาที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็น 8.97, 8.87, 8.65 และ 9.31 บาท/กก. (สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย, 2561) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องค้นคว้าแหล่งโปรตีนชนิดใหม่ๆ เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนจากปลาป่น ตัวอย่างเช่นการใช้กากเมล็ดเนื้อในปาล์ม น้ำมัน (นิรุทธ์, จริพร, 2550) การใช้กากถั่วเหลือง (นิสาริทธิ์, 2554) และ การใช้แหล่งโปรตีนจากสัตว์ ได้แก่ กุ้งป่น เนื้อ และกระดูกป่น เลือดป่น (El-sayed, 1998) นอกจากนี้เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนจากปลาป่นแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์น้ำได้อีกทางหนึ่ง

ถั่วดาวอินคา (*Sacha inchi, Plukenetia volubilis* L.) เป็นพืชในกลุ่มที่ให้ไขมัน พบครั้งแรกบริเวณลุ่มน้ำอะเมซอนแถบประเทศเปรู สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนที่มีอากาศอบอุ่น ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างกว้างตั้งแต่ 10-36 องศาเซลเซียส (Gillespie, 2007) ประเทศไทยมีการเพาะปลูกถั่วดาวอินคา 688 ไร่ ซึ่งในจังหวัดพิษณุโลกมีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) กากถั่วดาวอินคาเป็นเศษเหลือจากโรงงานสกัดน้ำมัน มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีโปรตีนอยู่ที่ 56.61 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4.13 เปอร์เซ็นต์ เกล้า 5.91 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 2.62 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรต 30.72 เปอร์เซ็นต์ (Saroat et al., 2016) ในขณะที่กากถั่วดาวอินคายังคงมีสารต้านโภชนาการ คือแทนนิน (Tannin) 1.94 ± 0.27 กรัม/100 กรัม ทริปซินอินฮิบิเตอร์ (Trypsin inhibitor) 0.16 ± 0.03 กรัม/100 กรัม และซาโปนิน (Saponin) 0.27 ± 0.01 กรัม/100 กรัม สารต้านโภชนาการเหล่านี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งทริปซินอินฮิบิเตอร์นั้น พบว่าส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงในปลา (Pond and Maner, 1984) ดังนั้นหากลดปริมาณของเอนไซม์ทริปซินอินฮิบิเตอร์ลงได้ ก็จะสามารถสนับสนุนการเจริญเติบโตในสัตว์น้ำได้ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น วิธีทางกล (Mechanical Modification) ชีวภาพ (Biological Modification) เคมี (Chemical Modification) ฟิสิกส์ (Physical Modification) หรือใช้หลายวิธีร่วมกัน ในปัจจุบันวิธีทางกายภาพได้รับความนิยมเนื่องจากสะดวก รวดเร็ว สามารถใช้กับวัตถุดิบอาหารได้ในปริมาณมาก และไม่ต้องกำจัดสารเคมีตกค้าง ตัวอย่างเช่นการให้ความร้อนในรูปแบบต่างๆ ประกอบด้วย การต้ม การนึ่งด้วยแรงดันไอน้ำ การใช้คลื่นความถี่สูง คลื่นไมโครเวฟ รังสีแกมมา และลำแสงอิเล็กตรอน เป็นต้น (การุณทอง และอุทัยวรรณ, 2555) โดยวิธีการต้มและนึ่งด้วยความดันไอน้ำสามารถลดปริมาณแทนนิน (Tannin) กรดไฟติก (Phytic Acid) ซาโปนิน (Saponin) และสารยับยั้งการทำงานของทริปซิน (Trypsin Inhibitor) ในกากถั่วเหลืองและพืชตระกูลถั่วอื่นได้ (Arndt et al., 1999; Rehman and Shah, 2005) ในขณะที่การใช้คลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของวัตถุดิบอาหาร ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนใน Canola Meal (Sadeghi and Shawrang, 2006), Moth Bean (Negi et al., 2001) และ Chick Pea (Alajaji and El-Adawy, 2006) ที่ดีขึ้น และมีส่วนเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารให้ดีขึ้นได้อีกด้วย การใช้ความร้อนด้วยวิธีนึ่งฆ่าเชื้อด้วยแรงดันไอน้ำ (autoclave) ในกากถั่วเหลือง ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส แรงดัน 22 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และใช้เวลาต่างกันคือ 0, 5, 10, 20 และ 40 นาที พบว่าปลาทองอเมริกัน (*Ictalurus punctatus*) ที่ได้รับอาหารที่ผสมกากถั่วเหลืองผ่านความร้อนแบบหม้อนึ่งด้วยความดันไอน้ำนาน 40 นาที ทำให้การเจริญเติบโตสูงที่สุด (Peres et al., 2003) และยังทำให้สัตว์น้ำสามารถใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) เป็นปลากินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivorous) นิยมเพาะเลี้ยงมากที่สุด ในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง เนื่องจากเจริญเติบโตดี เหมาะสมต่อสภาพภูมิอากาศ เป็นที่ต้องการของตลาดเพาะเลี้ยงได้ง่ายในแหล่งน้ำที่เกิดจากตามธรรมชาติ หรือบ่อเพาะเลี้ยงได้เป็นจำนวนมาก (เพ็ญพรรณ, 2543) จึงเป็นที่มาในการศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้กากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิต่างกัน 4 ระดับที่มีต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อวิทยา ข้อมูลที่จะได้รับจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์โดยตรงให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงปลานิล และช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรเหลือใช้จากโรงงานสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบลมร้อนอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ที่มีต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อวิทยาในปลานิล

วิธีการวิจัย

การเตรียมสัตว์ทดลอง

นำลูกปลานิลที่ได้มาจากฟาร์มเอกชนในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 1,000 ตัว มาทำการอนุบาลในถังไฟเบอร์กลาสที่มีความจุน้ำ 500 ลิตร ที่มีออกซิเจนตลอดเวลา อุณหภูมิ น้ำ และแสงตามธรรมชาติ ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปวันละ 2 ครั้ง เวลา 08.00 น. และ 16.00 น. และเปลี่ยนถ่ายน้ำในทุกๆวัน จากนั้นทำการสุ่มซึ่งวัดน้ำหนักตัวปลาที่อนุบาลไว้ เมื่อปลาที่อนุบาลไว้มีน้ำหนักเฉลี่ย 8-10 กรัมต่อตัว คัดเลือกปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกันลงในตู้ทดลองขนาด 95 × 40 × 46 เซนติเมตร ที่มีปริมาตรน้ำ 100 ลิตร จำนวนตู้ละ 15 ตัว ซึ่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ก่อนชั่งน้ำหนักงดให้อาหารเป็นระยะเวลา 1 วัน) บันทึกข้อมูลน้ำหนักปลาเริ่มต้นเพื่อนำไปคำนวณการเจริญเติบโต โดยสุ่มเก็บตัวอย่างปลาที่เริ่มต้นจำนวน 6 ตัว นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวปลา ตามวิธีการของ AOAC (1990)

การเตรียมวัตถุดิบอาหารทดลอง

นำกากถั่วดาวอินคาที่ผสมน้ำสะอาด 12 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปอบด้วยอุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำใส่ถุงพลาสติกแช่ในตู้ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอขึ้นตอนต่อไป วัตถุดิบอาหารของการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย ปลาป่น กากถั่วเหลือง กลูเตนข้าวโพด ปลายข้าว ข้าวโพดปนแป้งข้าวเจ้า วิตามิน แร่ธาตุ น้ำมันปลา กรดอะมิโนที่จำเป็น 2 ชนิดคือ เมธไทโอนีนและไลซีน นำวัตถุดิบมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 400 เมช เพื่อเป็นการคัดแยกกากหรือสิ่งปลอมปนในวัตถุดิบออก จากนั้นนำวัตถุดิบที่ร่อนเสร็จแล้วมาเก็บไว้ในตู้แช่ที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีของ AOAC (1990)

การเตรียมอาหารทดลอง

อาหารทดลองมีทั้งหมด 4 สูตร โดยใช้กากถั่วดาวอินคาอบที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ กำหนดให้มีโปรตีนและไขมัน (Isonitrogenous and Isolipidic diets) ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ทำการชั่งวัตถุดิบที่เป็นส่วนผสมของอาหารแต่ละสูตร (ตารางที่ 1) จากนั้นนำวัตถุดิบอาหารในแต่ละสูตรมาผสมด้วยเครื่องผสมอาหาร และเติมน้ำสะอาด 35 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เม็ดอาหารจับตัวกันดีขึ้น จึงนำเข้าเครื่องอัดเม็ดอาหารให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3 มิลลิเมตร นำไปอบด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าอาหารจะแห้ง จากนั้นนำไปบรรจุลงถุงพลาสติกแล้วนำเข้าตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีการนำมาใช้ในการทดลอง นำอาหารที่ได้ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตามวิธีของ AOAC (1990)

ตารางที่ 1 Feed formulation of experimental diets used in the present study (g/100 g)

Feed ingredients	T1 (80°C)	T2 (100°C)	T3 (120°C)	T4 (140°C)
Fishmeal	8	8	8	8
Soybean meal	12	12	12	12
Sacha inchi	37	37	37	37
Corn gluten	10	10	10	10
Broken rice	9.3	9.3	9.3	9.3
Corn meal	10	10	10	10
Rice flour	11.2	11.2	11.2	11.2
Vitamin mix ¹	0.5	0.5	0.5	0.5
Mineral mix ²	0.5	0.5	0.5	0.5
Lysine	0.5	0.5	0.5	0.5
Methionine	1	1	1	1
Total	100	100	100	100
Proximate composition (%)				
Crude protein	31.48 ±0.66	30.07 ±0.97	28.81 ±0.54	29.19 ±0.52
Crude fat	4.34 ±0.79	4.16 ±0.76	5.10 ±0.16	4.93 ±0.31
Moisture	1.68 ±0.05	1.45 ±0.11	1.91 ±0.01	1.95 ±0.12

¹ Vitamin mixture (mg or IU/kg diet): A, 5,000 IU; D3, 1,000 IU; E, 5,000 mg; K, 2,000; B1, 2,500 mg; B2, 1,000 mg; B6, 1,000 mg; B12, 10 mg; inositol, 1000 mg; pantothenic acid, 3,000 mg; niacin acid, 3,000 mg; C, 10,000 mg; folic acid, 300 mg; biotin, 10 mg

² Mineral mixture (g/kg feed); calcium phosphate, 80; calcium lactate, 100; ferrous sulphate, 1.24; potassium chloride, 0.23; potassium iodine, 0.23; copper sulphate, 1.2; manganese oxide, 1.2; cobalt carbonate, 0.2; zinc oxide, 1.6; Magnesium chloride, 2.16; sodium selenite, 0.10

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ตลอดระยะเวลาทำการทดลองทุก 2 สัปดาห์จะทำการวัดความยาวและชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกความยาวและน้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้นโดยการชั่งน้ำหนักรวมของปลาแต่ละซัปดาห์การทดลอง ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยก่อนการชั่งวัดจะงดให้อาหารเป็นระยะเวลา 1 มื้อ ทำการสลบปลาด้วยน้ำมันกานพลู ที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร ก่อนทำการชั่งวัด และนับจำนวนปลาที่เหลือ เมื่อสิ้นสุดการทดลองจะทำการเก็บตัวอย่างปลาไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวปลา และนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

การศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (Growth performance)

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Weight gain) (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{น้ำหนักปลาเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100$$

น้ำหนักเพิ่มต่อวัน (Average diary gain, ADG) (กรัม/วัน)

$$\text{น้ำหนักเพิ่มต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาทดลองเลี้ยง (วัน)}}$$

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ (Specific growth rate, SGR) (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ} = \ln \text{ น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น} / \text{ระยะเวลาทดลองเลี้ยง (วัน)} \times 100$$

อัตราการรอดตาย (Survival rate) (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{อัตราการรอดตาย} = \text{จำนวนปลาสุดท้าย (ตัว)} / \text{จำนวนปลาเริ่มต้น (ตัว)} \times 100$$

ค่าปัจจัยของน้ำหนักต่อความยาว (Condition factor, K) (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{Condition factor} = \text{น้ำหนักปลา (กรัม)} / \text{ความยาวปลา (เซนติเมตร)}^3 \times 100$$

ดัชนีน้ำหนักปลาต่อน้ำหนักตับ (Hepatosomatic index) (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{Hepatosomatic index} = \text{น้ำหนักตับ (กรัม)} / \text{น้ำหนักตัวปลา (กรัม)} \times 100$$

ดัชนีน้ำหนักปลาต่อน้ำหนักอวัยวะภายใน (Viscerosomatic index) (เปอร์เซ็นต์)

$$\text{Viscerosomatic index} = \text{น้ำหนักอวัยวะภายใน (กรัม)} / \text{น้ำหนักตัวปลา (กรัม)} \times 100$$

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Feed performance)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed conversion ratio, FCR)

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ} = \text{ปริมาณอาหารที่ปลากิน (กรัม)} / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น (กรัม)}$$

อัตราการกินอาหาร (Rate of feed intake)

$$\text{อัตราการกินอาหาร} = \text{น้ำหนักอาหารแห้งที่ปลากิน (กรัม)} \times 100 / \text{น้ำหนักปลาที่เพิ่มขึ้น} / 2 \\ \times \text{จำนวนวันที่เลี้ยง (วัน)}$$

ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Feed efficiency, FE, เปอร์เซ็นต์)

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหาร} = 1 / \text{อัตราการเปลี่ยนเป็นเนื้อ} \times 100$$

การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยา (Histological)

เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการเก็บตัวอย่างลำไส้ส่วนต้น (Duodenum) โดยสุ่มปลานิลจากตู้ทดลองละ 1 ตัวมาทำการสลบด้วยน้ำมันกานพลู (Clove oil) ร้อยส่วนในล้านส่วน จากนั้นใช้กรรไกรผ่าตัด (อุปกรณ์ผ่าตัด) เปิดช่องท้องของปลาออก ตัดลำไส้ออกแล้วดองในน้ำยาบูแอนท์ที่ จะทำการเก็บรักษาตัวอย่างในน้ำยาบูแอนท์เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วจึงเปลี่ยนน้ำยาดองเป็นเอทิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ ต่อมาทำการตกแต่งตัวอย่าง (Trim) ที่ผ่านการดองแล้วให้มีขนาดพอเหมาะเพื่อสะดวกต่อการฝัง (Embed) และนำไปตัดชิ้นส่วน (Section) จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อตามวิธีของ Humason (1979) เมื่อได้แผ่นเนื้อเยื่อสไลด์ถาวรแล้วนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ต่อไป

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's

Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละชุดการทดลอง

ผลการวิจัย

การศึกษาการใช้กากถั่วอินคาที่ผ่านการอบด้วยลมร้อนอุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ ประกอบด้วย 80, 100, 120 และ 140 องศาเซลเซียส ในอาหารปลาชนิดที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 12.53 ± 0.02 กรัมต่อตัว เมื่อเลี้ยงปลาด้วยอาหารทดลองเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์พบว่าน้ำหนักสุดท้ายมีค่าลดลงทุกชุดการทดลอง และมีผลทำให้น้ำหนักเพิ่มต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะมีค่าลดลงในทุกชุดการทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อัตราการรอดตาย ค่าปัจจัยของน้ำหนักต่อความยาว ดัชนีน้ำหนักปลาต่อน้ำหนักตับ ดัชนีน้ำหนักปลาต่อน้ำหนักอวัยวะภายใน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2) เช่นเดียวกับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้อาหารของปลาที่ได้รับอาหารทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P > 0.05$) (ตารางที่ 3) ผลของการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อวิทยาพบความผิดปกติของลำไส้ส่วนต้น ไมโครวิลโลมีการหดสั้น และแตกแขนง ซึ่งลักษณะคล้ายกันในทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 2 Growth parameters of Nile tilapia fed with different heat treatment in sachu inchi meal

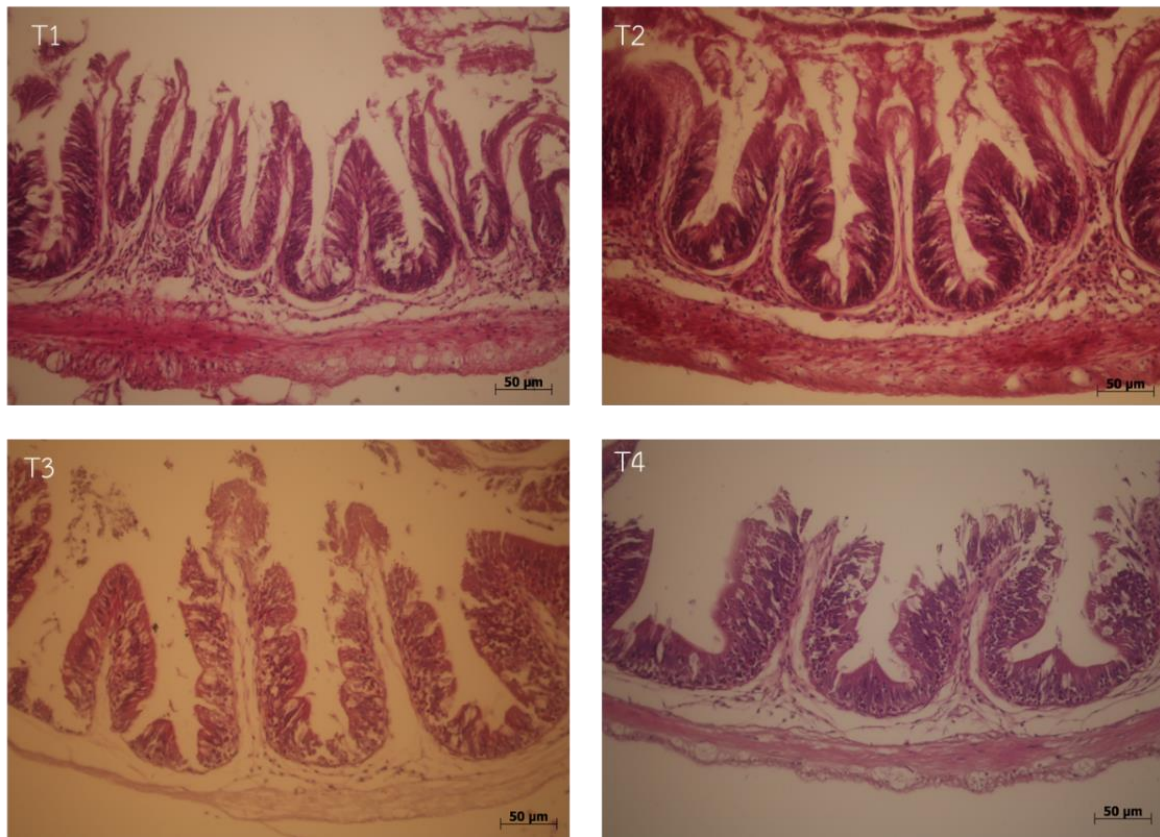
Parameter	T1 (80 °C)	T2 (100 °C)	T3 (120°C)	T4 (140°C)
Initial weight (g)	12.54±0.04	12.50±0.03	12.53±0.03	12.55±0.03
Final weight (g)	11.59±0.45	11.26±0.36	11.03±0.30	11.44±1.02
Weight gain (%)	-7.66±3.37	-9.92±2.85	-12.12±2.39	-8.85±8.29
Average daily gain (g)	-0.04±0.01	-0.05±0.01	-0.04±0.01	-0.05±0.01
Specific growth rate (%)	-0.14±0.07	-0.19±0.06	-0.23±0.049	-0.17±0.163
Survival rate (%)	87.5±6.45	88.75±6.29	91.67±4.08	87.5±2.89
Condition factor (%)	1.18±0.10	1.12±0.08	1.21±0.02	1.17±0.08
Hepatosomatic index (%)	1.06±0.04	0.79±0.17	0.87±0.31	1.07±0.42
Viscerosomatic index (%)	9.48±2.33	11.06±0.36	9.63±1.39	10.79±0.58

Note: Values are means ± S.D. of four replicates.

ตารางที่ 3 Feed utilization of Nile tilapia fed with different heat treatment in sachu inchi meal

Parameter	T1 (80 °C)	T1 (100 °C)	T1 (120 °C)	T1 (140 °C)
Total feed intake (g)	9.09±0.67	8.53±0.96	8.90±0.84	9.49±0.48
Feed conversion ratio	-8.53±2.84	-6.19±1.67	-6.21±0.80	-9.10±6.88
Rate of feed intake (%)	0.07±0.005	0.06±0.006	0.07±0.01	0.07±0.01
Feed efficiency (g)	-0.10±0.04	-0.15±0.06	-0.17±0.02	-0.11±0.11

Note: Values are means ± S.D. of four replicates.



ภาพที่ 1 Duodenum tissue of Nile tilapia fed with four experimental diets.

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษาการใช้กากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ตั้งแต่ 80 – 140 องศาเซลเซียสในอาหารปลาเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองมีน้ำหนักสุดท้ายที่น้อยกว่าน้ำหนักปลาเริ่มต้นในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้การเจริญเติบโตที่ลดลงเนื่องจากปลาต้องใช้โปรตีนจากอาหารเพื่อเป็นแหล่งของพลังงานสำหรับการดำรงชีวิต (protein sparing effects) แทนที่จะนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต (Halver, 1989; De silva and Anderson, 1995) และเนื่องด้วยสารอาหารจากกากถั่วดาวอินคาไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในปลาชนิดนี้ จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองที่มีโปรตีน 44 เปอร์เซ็นต์ สูงรองมาจากปลาป่นสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำได้ดี ทั้งนี้การใช้ปริมาณการใช้กากถั่วเหลืองจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์น้ำและระยะของสัตว์น้ำ (Lim and Akiyama, 1992) เป็นต้น และแม้ว่ากากถั่วเหลืองจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง Chuapoehuk et al., 1997 รายงานว่าการใช้กากถั่วเหลืองปริมาณที่สูงในอาหารสัตว์น้ำ ทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง เนื่องจากมีสารต้านโภชนาการ เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน ที่มีในกากถั่วเหลือง เช่นเดียวกับการผสมเมล็ดถั่วดาวอินคาในอาหารปลาคู้ตา (*Colossoma macropomum*) และปลาไบคอน (*Brycon amazonicus*) สามารถผสมได้เพียง 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโต (Araujo-Dairiki et al., 2018) จากรายงานการศึกษาในกากถั่วเหลืองพบว่าสามารถทดแทนปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำได้เพียงบางส่วนหรือเล็กน้อย โดยไม่มีผลข้างเคียง (Cho et al., 1974; Reinitz et al., 1978; Reinitz, 1980; Pfeffer and Beckmann- Toussaint, 1991) สอดคล้องกับรายงานของ Xie and Jokumsen, 1997 ศึกษาในระดับเพิ่มขึ้นของกากถั่วเหลืองในอาหารปลาเรนโบว์เทราท์ พบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตและการประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง และยัง

สอดคล้องกับรายงานของ Adebayor et al. (2004) พบว่าการทดแทนปลาปนด้วยกากถั่วเหลืองในระดับสูงๆ มีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในอาหารปลาชนิด เนื่องจากวัตถุประสงค์จากพืชมีผลต่อความอยากอาหาร (Palatability) การยอมรับอาหารน้อยลง (Acceptability) และองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่ไม่สมดุลย์กัน โดยเฉพาะปริมาณของกรดอะมิโนจำเป็น ซึ่งมีผลทำให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตต่ำ (Watanabe and Pongmaneerat, 1993)

นอกจากนี้องค์ประกอบของสารต้านโภชนาการในวัตถุดิบอาหารก็ถือเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ (Bioavailability) ในสัตว์น้ำได้โดยตรง เช่น สารยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ทริปซิน ทั้งนี้การกำจัดหรือลดปริมาณของสารต้านโภชนาการก่อนนำไปผสมอาหารปลาจึงจำเป็นต้องมีการศึกษา (Grant, 1989) เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้กากถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบลมร้อนที่อุณหภูมิแตกต่างกันนั้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารในปลานิลที่ลดลง ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของ Oliva-Teles et al. (1994) ทำการศึกษาการให้ความร้อนวิธีที่แตกต่างกันในกากถั่วเหลืองในอาหารปลาเรนโบว์เทราท์ โดยกากถั่วเหลืองผ่านการคั่ว สกัดไขมันและผ่านคลื่นรังสีอินฟราเรด พบว่ามีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตที่สูงกว่าสูตรควบคุม เช่นเดียวกับรายงานของ Peres et al., 2003 ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนด้วยวิธีการนึ่งภายใต้ความดัน (Autoclave) นาน 40 นาที ส่งผลให้ทริปซินอินฮิบิเตอร์ลดลงเหลือน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารที่สูงขึ้นอีกด้วย การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อวิทยาของลำไส้ส่วนต้นในปลานิลในครั้งนี้ พบว่าส่วนของไมโครวิลโลมีการหดสั้นลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Boonyaratpalin et al. (1998) ในปลากระพงขาวที่ได้รับอาหารผสมกากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการแช่น้ำ พบว่าไมโครวิลโลของเซลล์บุผิวผนังลำไส้หดสั้น และหายไป ซึ่งในกากถั่วเหลืองแช่น้ำพบว่ายังคงมีสารต้านโภชนาการสูง Tacón (1993) รายงานว่า กากถั่วเหลืองมีสารต้านโภชนาการหลักๆ เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน และไฟโตฮีมาเอกกกลูตินิน ที่สามารถลดปริมาณได้โดยการทำลายด้วยเมื่อผ่านการให้ความร้อน ซึ่งต่างจากการทดลองนี้ที่ใช้การอบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 80-140 องศาเซลเซียส แต่ยังไม่สามารถลดสารต้านโภชนาการชนิดที่ไม่สามารถทำลายได้ด้วยความร้อน ตัวอย่างเช่น กรดไฟติก (Phytic acid) ซึ่งเป็นสารต้านโภชนาการชนิดหนึ่ง โดยจะจับกับโปรตีนและแร่ธาตุหลายชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส ที่บริเวณลำไส้เล็กเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้สัตว์ไม่สามารถนำฟอสฟอรัสในรูปดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ได้ (Borges, 1997) โดยอาจจะยังคงมีปริมาณที่มากและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของปลานิลในครั้งนี้ ดังนั้นการศึกษาด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อลดระดับของต้านโภชนาการในกากถั่วดาวอินคา จึงเป็นอีกแนวทางที่จำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อให้สามารถนำประโยชน์จากแหล่งโปรตีนจากกากถั่วดาวอินคาที่อุดมไปด้วยสารอาหารสำคัญหลายชนิด และยังเป็นการใช้ประโยชน์จากเศษเหลือให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อนุรักษ์ เขียวขจรเขต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำและตรวจทานข้อบกพร่องในด้านของเนื้อหาและรูปแบบการจัดเนื้อหา ด้วยความเอาใจใส่ จนวิจัยเรื่องนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- การรณทอง ประจุแก้ว, อุทัยวรรณ โกวิทวที. การตัดแปรวัตถุดิบด้วยวิธีทางฟิสิกส์เพื่อการผลิตอาหารสัตว์. วารสารวิชาการ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2555; 22(2): 470-478.
- นิรุทธ์ สุขเกษม, จรีพร เรืองศรี. ผลของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบ เลือดในอาหารปลานิล และพยาธิสภาพเนื้อเยื่อตับของปลานิลแปลงเพศ. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550; 29(5): 1283-1299.
- นิฮาริห์ เจษฎาภา. การทดแทนโปรตีนจากปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร องค์ประกอบทางเคมี และเนื้อเยื่อของระบบทางเดินอาหารในปลาตุ๊กลำน้จืด (*Clarias nieuhofii*; Valenciennes, 1840). สงขลา: สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2554.
- เพ็ญพรรณ ศรีสกุลเดียว. สภาวะการเพาะเลี้ยงปลานิลในประเทศไทย. ว.แก่นเกษตร 2543; 28: 173-181.
- สมาคมผู้ผลิตปลาป่นไทย. ปลาป่น [ออนไลน์] มีนาคม 2561 [อ้างเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2562] จาก <https://agri.dit.go.th/file/micro/223-สถานการณ์ปลาป่น-เดือน-มี.ค.pdf>
- Adebayor OT, Fabenro OA, Jegede, T. Evaluation of cassia fistula meal as a replacement for soybean meal in practical diets of *Oreochromis niloticus* fingerling. Aquacult Nutr 2004; 10: 99-104.
- Alajaji SA, Tarek A. El-Adawy. Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. Journal of Food Composition and Analysis 2006; 19(80): 806-812.
- Association of Official Analytical Chemists; AOAC. Official Methods of Analysis. Washington, DC: AOAC; 1990.
- Araujo-Dairiki TB, Chaves FCM, Dairiki JK Seeds of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*, Euphorbiaceae) as a feed ingredient for juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, and matrinxã, *Brycon amazonicus* (Characidae). Acta Amazonica 2018; 48(1): 32-37.
- Arndt RE, et al. Effects of heat treatment and substitution level on palatability and nutritional value of soy defatted flour in feeds for Coho Salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Aquaculture. 1999; 180(1-2): 129-145.
- Boonyaratpalin M, Suraneiranat P, Tulpibal T. Replacement of fish meal with various types of soybean products in diets for the Asian seabass, *Lates calcarifer*. Aquaculture 1998; 161(1-4): 67-78.
- Borges FMO. Utilização de enzimas em dietas avícolas. Caderno Técnico da escola de Veterinária da. Universidade Federal de Minas Gerais 1997; 20: 5-307.
- Cho CY, Bayley HS, Slinger SJ. Partial replacement of herring meal with soybean meal and other changes in diet for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J Fish Res Board Can 1974; 3(1): 1523- 1528.

- Chuapoehuk W, Piadang S, Tinnungwattana W. Pond feeding of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.) with irradiated and dried activated sludge from the beer industry. Thai Journal of Agricultural Science (Thailand); 1997.
- De Silva SS, Anderson TA. Fish Nutrition in Aquaculture. London: Chapman and Hall; 1995.
- El-sayed, A.-FM. Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) feeds. Aquaculture research 1998; 29(4): 275-280.
- Food and Agriculture Organization; FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Rome: Food and Agriculture Organization. 2016; pp. 200.
- Gillespie, LJ. A revision of paleotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species from Madagascar. Systematic Botany 2007; 32(4): 780-802.
- Grant, G. Anti-nutritional effects of soyabean: a review. Progress in food & nutrition science 1989; 13(3-4): 317-348.
- Halver, JE. Fish Nutrition. 2d Ed. New York: Academic; 1989.
- Humason G. Animal Tissue Technique. 4th edition. San Francisco: W.H. Freeman and Company. 1979; pp. 661.
- Lim C, Akiyama DM. Full-fat soybean meal utilization by fish. Asian Fisheries Science 1992; 5: 181-197.
- Negi A, Boora P, Khetarpaul N. Effect of microwave cooking on the starch and protein digestibility of some newly released moth bean (*Phaseolus aconitifolius* Jacq.) cultivars. Journal of food composition and analysis 2001; 14(5): 541-546.
- Oliva-Teles A, Gouveia AJ, Gomes E, Rema P. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 1994; 124(1-4): 343-349.
- Peres H, Chhorn L, Phillip H, Klesius. Nutritional value of heat-treated soybean meal for channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture 2003; 225(1-4): 67-82.
- Pfeffer E, Beckmann-Toussaint J. Hydrothermally treated soy beans as source of dietary protein for rainbow trout (*Salmo gairdneri*, R.). Arch Anim Nutr (Berlin) 1991; 41: 223-228.
- Pond WG, Jerome HM. Swine production and nutrition. [n.p.]: AVI Publishing; 1984.
- Rehman ZU, Shah WH. Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. Food chemistry 2005; 91(2): 327-331.
- Reinitz GL, Orme LE, Lemm CA, Hitzel FN. Full-fat soybean meal in rainbow trout diets. Feedstuffs 1978; 50: 23-24.
- Reinitz G. Soybean meal as a substitute for herring meal in practical diets for rainbow trout. Prog. Fish Cult 1980; 42: 103-106.
- Sadeghi AA, Shawrang P. Effects of microwave irradiation on ruminal degradability and in vitro digestibility of canola meal. Animal Feed Science and Technology 2006; 127(1-2): 45-54.

- Saroat et al. Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sacha inchi seeds. *Food bioscience* 2016; 15: 64-71.
- Tacon, AGJ. Feed ingredients for warm water fish: Fish meal and other processed feedstuffs. *FAO Fisheries Circular No. 856*, FAO, Rome. [n.p.]. 1993: pp. 64.
- Watanabe T, Pongmaneerat J. Potential of soybean meal as a protein sources in extruded pellets for rainbow trout. *Nippon suisan Gakkaishi* 1993; 59: 1415-1423.
- Xie S, Jokumen A. Replacement of fish meal by potato protein concentrate in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): Growth, Feed utilization and body composition. *Aquacult Nutr* 1997; 3: 65-69.