



จุดเด่นโครงการ : เพื่อยกระดับคุณภาพและเพิ่มมูลค่าของผลผลิตปลาทับทิมในระบบไบโอฟลอคในแง่การพัฒนาสมมูลโซ่อาหาร โดยการสร้างอาหารปลาโดยใช้ฟลอคจากเนเปียร์ป่นหมัก (napier silage) และฟลอคจากแป้งมัน รวมทั้งเพื่อศึกษา microenvironment และปัจจัยทางคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยง

ที่มาและความน่าสนใจของการวิจัย : โดยทั่วไปคุณภาพน้ำในบ่อที่มีการเลี้ยงปลาแบบพัฒนาจะมีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูงจนทำให้ปลาที่เลี้ยงไว้หยุดชะงักการเจริญเติบโตและอาจตายได้ในที่สุด โดยแอมโมเนียและไนไตรท์มีความเป็นพิษต่อปลาสูง ซึ่งวิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำก็เป็นวิธีการที่จัดการปัญหาดังกล่าวได้ดี แต่จะสร้างมลภาวะในแหล่งน้ำตามธรรมชาติอย่างแน่นอน ดังนั้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ นั่นก็คือ ควรมีการศึกษาการนำเทคโนโลยีไบโอฟลอคมาใช้ ซึ่งไบโอฟลอคเหล่านี้ก็คือสารประกอบโปรตีน เมื่อสัตว์น้ำกินฟลอคเข้าไปก็เท่ากับว่าสัตว์น้ำได้กินอาหารที่มีโปรตีนนั่นเอง และจุลินทรีย์ในไบโอฟลอคก็จะเป็นตัวที่คอยควบคุมคุณภาพน้ำภายในบ่อโดยอัตโนมัติ ซึ่งเหมาะสมในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในสภาวะที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของเซลลูโลสแบบ *in vitro* และกิจกรรมของโปรตีเอสอินฮิบิเตอร์ รวมถึงการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอส เพื่อศึกษารูปแบบของหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้สำหรับการผลิตอาหารปลานิลแดง และศึกษาการทำงานของโปรตีเอสอินฮิบิเตอร์ในหญ้าเนเปียร์ที่มี การปรับสภาพที่ต่างกัน
- เพื่อศึกษา microenvironment และปัจจัยทางคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม ในบ่อเลี้ยงปลานิลในระบบไบโอฟลอค บ่อที่ใช้แป้งมัน และหญ้าเนเปียร์

มิติการนำไปใช้ประโยชน์

- เชิงวิชาการ
- เชิงพาณิชย์
- เชิงนโยบาย
- เชิงสาธารณะ
- เชิงชุมชนและพื้นที่

กระบวนการศึกษาวิจัย

การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของเซลลูโลสแบบ *in vitro* และกิจกรรมของโปรตีเอสอินฮิบิเตอร์ รวมถึงการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอส เพื่อศึกษารูปแบบของหญ้าเนเปียร์ที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้สำหรับการผลิตอาหารปลานิลแดง

การทดลองที่ 2 ศึกษา microenvironment และปัจจัยทางคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยง ปลานิลในระบบไบโอฟลอคอย่างเดีย บ่อที่ใช้ไบโอฟลอคร่วมกับแป้งมัน และบ่อที่ใช้ไบโอฟลอคร่วมกับหญ้าเนเปียร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

- สกัดเอนไซม์ protease และ cellulase จาก ลำไส้ของปลานิลแดง
- ทำการวัดคุณภาพน้ำ และสุ่มวัดน้ำหนัปลา ทุกๆ 15 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way analysis of variance) ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's Multiple Comparison test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยโปรแกรม SPSS รุ่น Ver. 15

ผลการศึกษารายวิจัย

การทดลองที่ 1 จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของเซลลูโลสในหญ้าเนเปียร์รูปแบบที่แตกต่างกันด้วยเอนไซม์ที่สกัดได้จากลำไส้ของปลานิลแดง ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยได้ของเซลลูโลสในหญ้าเนเปียร์ที่ผึ่งแดดมีค่าดีที่สุด (P<0.05) ทั้งที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส รองลงมาคือหญ้าเนเปียร์แบบต้ม สด และหมัก ตามลำดับ

สำหรับผลการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ protease inhibitor และประสิทธิภาพการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสที่ได้จากหญ้าเนเปียร์ในรูปแบบต่าง ๆ จากการทดลองพบว่า ค่าทั้งสองมีค่าผันแปรตามกัน คือ เมื่อกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสมีค่าสูง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสมีค่าสูงไปด้วย ซึ่งหญ้าเนเปียร์ในรูปแบบสดมีค่า กิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น (P<0.05) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสมีค่าสูงที่สุดด้วย (P<0.05)

การทดลองที่ 2 ศึกษา microenvironment และปัจจัยทางคุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อมในบ่อเลี้ยงปลานิลในระบบไบโอฟลอคอย่างเดีย บ่อที่ใช้ไบโอฟลอคร่วมกับแป้งมัน และบ่อที่ใช้ไบโอฟลอคร่วมกับหญ้าเนเปียร์

การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำ

จากการทดลองค่าคุณภาพน้ำบางประการ ของบ่อเลี้ยงปลานิลในระบบไบโอฟลอค พบว่า ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ของบ่อไบโอฟลอค บ่อไบโอฟลอคร่วมกับแป้งมัน และบ่อไบโอฟลอคร่วมกับหญ้าเนเปียร์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.15 mg/L (P>0.05)ตามลำดับ ค่าไนโตร-ไนโตรเจนของทุกการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.12 mg/L ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05) ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.43-1.55 mg/L ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05) ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.70-7.78 mg/L ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05) และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.07-8.15 ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P>0.05)

การศึกษาความหลากหลายของ microenvironment ระบบไบโอฟลอคบ่อเลี้ยงปลานิล

จากการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในไบโอฟลอค จากบ่อเลี้ยงปลานิล พบแพลงก์ตอนพืช 10 ชนิด 4 Division และแพลงก์ตอนสัตว์ 6 ชนิด 3 Phylum ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบ คือ *Rhizosolenia sp.*, *Microspora*, *Scenedesmus quadricauda*, *Staurastrum sp.*, *Chlorella sp.*, *Closterium sp.*, *Microcystis*, *Phacus* และ *Euglena* และชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบ คือ *Ttichocerca sp.*, *Bachionus sp.*, *Stentor*, *Paramecium sp.*, *Euplotes sp.* และ *Chydorus sp.*

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงในบ่อไบโอฟลอค ,ไบโอฟลอคร่วมกับไข่เนเปียร์ ,ไบโอฟลอคร่วมกับแป้งมัน

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของปลาในบ่อหญ้าเนเปียร์และบ่อแป้งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยมากกว่าในบ่อฟลอค (P<0.05) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของบ่อหญ้าเนเปียร์และบ่อแป้งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยมากกว่าในบ่อฟลอค (P<0.05) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ
อัตราการแลกเนื้อ (FCR) พบว่า อัตราการแลกเนื้อของบ่อหญ้าเนเปียร์ มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าบ่อแป้ง และบ่อฟลอค (P>0.05) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
อัตราการรอด พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ของอัตราการรอดของปลาในบ่อฟลอค บ่อแป้ง และบ่อหญ้าเนเปียร์ ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยได้ของเซลลูโลสในหญ้าเนเปียร์รูปแบบที่แตกต่างกันด้วยเอนไซม์ที่สกัดได้จากลำไส้ของปลานิลแดง ที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ประสิทธิภาพการย่อยได้ของเซลลูโลสในหญ้าเนเปียร์ที่ผึ่งแดดมีค่าดีที่สุด (P<0.05) ทั้งที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ หญ้าเนเปียร์แบบต้ม สด และหมัก ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ส่วนใหญ่ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน โดยเซลลูโลสจะอยู่ส่วนในสุดของผนังเซลล์พืช ส่วนเฮมิเซลลูโลสจะทำหน้าที่ในการเชื่อมระหว่างโครงสร้างของเส้นใยเซลลูโลส และลิกนิน ส่วนลิกนิน จะอยู่ส่วนนอกสุดของผนังเซลล์ซึ่งอยู่ติดกับเฮมิเซลลูโลส (สุวิวัลย์, 2560) ซึ่งการถูกทำลายของลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ด้วยแสง UV จากการผึ่งแดด จะทำให้โครงสร้างเหล่านี้ถูกทำลายและเอนไซม์สามารถทำงานได้ง่ายขึ้น (Lu et al., 2017; Cogulet et al., 2016; Caroline, 2010; Flynn et al., 1958) ทำให้เอนไซม์เซลลูเลสทำงานได้ดีขึ้น

สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ protease inhibitor และค่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอส พบมีค่าแปรผันตามกัน โดยมีค่าสูงในกลุ่มของหญ้าเนเปียร์สด และมีค่าต่ำในกลุ่มหญ้าเนเปียร์ที่ผ่านขบวนการให้ความร้อน และการหมัก การพบค่า protease inhibitor และค่าการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสสูง จะส่งผลให้การทำงานของเอนไซม์โปรตีเอสมีค่าลดลง ซึ่งผลดังกล่าวจะทำให้ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนของปลาตกลงมีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์โปรตีน และการสร้างเซลล์ต่างๆในร่างกาย รวมถึงเซลล์ภูมิคุ้มกันของปลาให้มีค่าลดลงด้วย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของปลาที่ลดลง และสุขภาพของปลาที่ไม่แข็งแรงด้วย protease inhibitors จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ trypsin and chymotrypsin (Richardson M., 1991; Tami et al., 1996)

จากการศึกษาปัจจัยด้านคุณภาพน้ำ ของการเลี้ยงปลานิลในระบบไบโอฟลอค พบว่า ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.15 mg/L มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ จงกล (2558) ที่ได้ทำการศึกษาระบบไบโอฟลอคกับการผลิตปลานิลอินทรีย์ รายงานว่า มีค่าแอมโมเนีย อยู่ระหว่าง 0-0.004 mg/L มีค่าไม่เกิน 1 mg/L มีความปลอดภัยต่อการเลี้ยงปลาค่อนข้างสูง ค่าไนโตร-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.12 mg/L ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.43-1.55 mg/L เป็นไปตามรายงานของ Boyd and Tucker (1998) และ El-Sayed (2004) ที่ได้กล่าวถึงค่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิล ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทที่เหมาะสมในการเลี้ยงปลานิลต้องมีค่าน้อยกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.70-7.78 mg/L และค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.15-8.07 ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ จงกล (2558) ที่ได้ทำการศึกษาระบบไบโอฟลอคกับการผลิตปลานิลอินทรีย์ ว่ามีค่าออกซิเจนละลายในน้ำอยู่ในช่วง 2-6.5 mg/L ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 5-9 mg/L

จากการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ในไบโอฟลอค จากบ่อเลี้ยงปลานิล พบแพลงก์ตอนพืช 10 ชนิด 4 Division และแพลงก์ตอนสัตว์ 6 ชนิด 3 Phylum ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบ คือ *Rhizosolenia sp.*, *Microspora*, *Scenedesmus quadricauda*, *Staurastrum sp.*, *Chlorella sp.*, *Closterium sp.*, *Microcystis*, *Phacus* และ *Euglena* และชนิดของแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบ คือ *Ttichocerca sp.*, *Bachionus sp.*, *Stentor*, *Paramecium sp.*, *Euplotes sp.* และ *Chydorus sp.* ตามรายงานของ Widanarni et al. (2012) ได้ทำการศึกษา การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไบโอฟลอค ด้านคุณภาพน้ำ และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของปลานิล ในระดับความหนาแน่นที่แตกต่างกันเมื่อทำการหาปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ในบ่อเลี้ยง พบว่า แพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงมีประโยชน์ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตให้สูงขึ้นและลดต้นทุนอาหารโดยใช้แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นอาหารทดแทน

จากการศึกษาด้านการเจริญเติบโต พบว่า น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของบ่อที่เลี้ยงปลานิลด้วยหญ้าเนเปียร์ มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด เนื่องจากเนเปียร์บดอยู่ในสภาพสารแขวนลอยมากกว่าแป้งมัน ทำให้มีสัตว์ขนาดเล็ก(microanimals)มาอาศัยได้มากกว่า และเนเปียร์มีโปรตีนค่อนข้างสูง จึงสามารถช่วยด้านการเจริญเติบโตให้ปลานิลได้ดีกว่าแป้งมัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Pandit et al., (2004) ศึกษาการเลี้ยงปลากินพืชร่วมกับปลานิลที่ระยะการเจริญเติบโตต่างกัน ซึ่งพบว่า การเลี้ยงปลากินพืชร่วมกับปลานิลเต็มวัยที่ให้อาหารเป็นหญ้าเนเปียร์แห้งให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยการสนับสนุนของหลายหน่วยงานและบุคลากรหลายท่าน อาทิ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทรัพยากรต่างๆ ในการทำวิจัยทั้งบุคลากร เครื่องมือและอุปกรณ์ งบประมาณ และระยะเวลา สำานักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ที่ช่วยประสานงานและดูแลโครงการทำให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและราบรื่น

ผลผลิตของโครงการวิจัย

- ได้ต้นแบบการเลี้ยงปลาทับทิมในระบบไบโอฟลอค ซึ่งนำไปสู่การจดอนุสิทธิบัตร
- ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มผลผลิตปลาทับทิม ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีการเกษตรแม่นยำ(precision farming) มาเป็นเครื่องมือในการดำเนินการทดลองด้วยเพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความโดดเด่นด้านคุณภาพและความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

ผลลัพธ์

- ระบบการเลี้ยงปลาแบบไบโอฟลอคที่ทำให้เนื้อปลาทับทิมมีคุณภาพที่ดี และเกษตรกรนำไปปรับใช้ได้
- ผู้ประกอบการ หรือหน่วยงานอื่นๆเทคโนโลยีนี้ไปใช้ได้เชิงพาณิชย์ เป็นทางเลือกใหม่สำหรับนักเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ลดมลภาวะและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green technology)

ผลกระทบ (การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากผลลัพธ์)

- นำไปต่อยอดกลับการเลี้ยงสัตว์น้ำอื่นๆ