

การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมและการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกเพื่อใช้เป็นโพรไบโอติก
ในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียน
Optimal Quantification and Persistence Study of Lactic Acid Bacteria Suitable
for Probiotic Applications in Aquafeeds Enriched with Durian Peel Fiber

อารยา แดงโรจน์^{1*} และ หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์²

Araya Daengroj^{1*} and Yardrung Suwannarat²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

²สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

¹Department of Aquaculture Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Rambhai Barni University

²Department of Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Rambhai Barni University

Received : Jul 10, 2024

Revised : Nov 11, 2024

Accepted : Dec 23, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสม และการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกที่ใช้เป็นโพรไบโอติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียน 30% โดยเก็บอาหารที่ผสมแบคทีเรียแลคติกในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิห้อง ($\bar{X} = 31.5^{\circ}\text{C}$) ในตู้เย็น ($\bar{X} = 4.5^{\circ}\text{C}$) และในตู้บ่ม (37°C) โดยทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าอาหารที่ฉีดพ่นแบคทีเรียแลคติกในวันแรก มีจำนวน $161.64 \pm 5.11 \text{ CFU} \times 10^5/\text{g}$ โดยในสัปดาห์ 1, 3 และ 4 อาหารสัตว์น้ำที่เก็บไว้ในตู้เย็นมีอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกมากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้บ่ม และอุณหภูมิห้อง เมื่อสิ้นสุดการทดลองจำนวนแบคทีเรียแลคติกคงอยู่เท่ากับ 7.53 ± 2.18 , 5.48 ± 3.52 และ $3.95 \pm 3.09 \text{ CFU} \times 10^5/\text{g}$ ตามลำดับ ส่วนการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียน ปลาตะเพียนขาวมีน้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น $8.64 \pm 0.54 \text{ g}$ และมีความยาวเริ่มต้น $9.12 \pm 0.27 \text{ cm}$. ใช้เวลาในการทำการศึกษาทดลอง 8 สัปดาห์ เมื่อพิจารณาในภาพรวมชุดการทดลองที่อาหารปลามีแบคทีเรียแลคติก 10^8 CFU/g มีอัตราการน้ำหนักเพิ่ม อัตราความยาวเพิ่มดีที่สุดที่สุด เท่ากับ $10.89 \pm 2.69 \text{ g}$ และ $1.39 \pm 0.22 \text{ cm}$. รองลงมาคือ อาหารที่มีแบคทีเรียแลคติก 10^6 , 10^7 , 10^9 CFU/g และชุดควบคุม มีอัตราการน้ำหนักเพิ่ม เท่ากับ 10.50 ± 3.55 , 10.41 ± 2.72 , 9.40 ± 1.99 และ $9.05 \pm 1.96 \text{ g}$ ตามลำดับ อัตราความยาวเพิ่ม เท่ากับ 1.28 ± 0.67 , 1.15 ± 0.29 , 0.94 ± 0.09 และ $0.57 \pm 3.36 \text{ cm}$. ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงสรุปได้ว่าปริมาณของแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียน คือ 10^8 CFU/g และควรเก็บอาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมของโพรไบโอติกไว้ในตู้เย็นเพื่อคงจำนวนจุลินทรีย์ไม่ให้เสื่อมสภาพหรือเสียชีวิตได้ ซึ่งอาจนำไปสู่ความสูญเสียความสามารถในการทำงาน และลดประสิทธิภาพของการส่งเสริมสุขภาพลง

คำสำคัญ : โพรไบโอติก, แบคทีเรียแลคติก, เปลือกทุเรียน, ปลาตะเพียนขาว

Abstract

This research aimed to investigate the optimal quantity of lactic acid bacteria (LAB) and the survivability of LAB used as probiotics in aquaculture feed supplemented with 30% durian peel fiber. The feed containing LAB was stored at three different temperatures: room temperature ($\bar{X} = 31.5^{\circ}\text{C}$), refrigeration ($\bar{X} = 4.5^{\circ}\text{C}$), and incubator at 37°C over a period of 4 weeks. On the first day, the sprayed feed contained $161.64 \pm 5.11 \text{ CFU} \times 10^5/\text{g}$ of LAB. In weeks 1, 3, and 4, the aquaculture feed stored in the refrigerator had the highest LAB survivability, followed by incubator and room temperature, respectively. At the end of the experiment, the LAB count remained at 7.53 ± 2.18 , 5.48 ± 3.52 , and $3.95 \pm 3.09 \text{ CFU} \times 10^5/\text{g}$ for the refrigerated, incubator, and room temperature conditions, respectively.

Regarding the study of the appropriate LAB quantity in aquaculture feed mixed with durian peel fiber, the initial average weight of the Common carps was $8.64 \pm 0.54 \text{ g}$, and the initial length was $9.12 \pm 0.27 \text{ cm}$. The experiment was conducted over 8 weeks. Overall, the trial group with 10^8 CFU/g of LAB in the fish feed showed the highest weight gain and length gain, with $10.89 \pm 2.69 \text{ g}$ and $1.39 \pm 0.22 \text{ cm}$, respectively. This was followed by the groups with 10^6 , 10^7 , and 10^9 CFU/g of LAB, and the control group, with weight gains of 10.50 ± 3.55 , 10.41 ± 2.72 , 9.40 ± 1.99 , and $9.05 \pm 1.96 \text{ g}$, respectively. The length gains were 1.28 ± 0.67 , 1.15 ± 0.29 , 0.94 ± 0.09 , and $0.57 \pm 3.36 \text{ cm}$, respectively, showing statistically significant differences ($p < 0.05$).

In conclusion, the optimal quantity of LAB in aquaculture feed supplemented with durian peel fiber is 10^8 CFU/g . Furthermore, it is recommended that aquaculture feed containing probiotics be stored in refrigeration to preserve the viability of the microorganisms and prevent degradation or death, which could lead to a loss of functionality and a reduction in health-promoting efficacy.

Keywords : Probiotic, Lactic Acid Bacteria, Durian Peel, Common Carps

*Corresponding author. E-mail : araya.d@rbru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันความสนใจในการใช้โพรไบโอติกเสริมในอาหาร ทั้งในมนุษย์และสัตว์ได้รับความนิย้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการศึกษาวิจัยทั้งในและต่างประเทศจำนวนมาก ที่ยืนยันว่าโพรไบโอติกมีประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโต เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยลดการใช้ยาและสารเคมี (อรรธรณ ละอองคำ, 2562) ซึ่งโพรไบโอติกเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ดี โพรไบโอติก (Probiotic) มาจากภาษากรีก คือ คำว่า “โพร (Pro)” และ “ไบโอทอส (Biotos)” หมายถึง “สำหรับชีวิต (for Life)” หรือ “ส่งเสริมชีวิต” (คึกฤทธิ์ ศิลาฉาย, 2561; อรรธรณ ละอองคำ, 2562; Lilley & Stillwell, 1965; Toledo *et al.*, 2010) จนกระทั่งในปี 2001 องค์การเกษตรและอาหารแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จำกัดความคำว่า โพรไบโอติก หมายถึง “จุลินทรีย์ที่มีชีวิต ซึ่งเมื่อบริโภคในปริมาณที่เพียงพอจะช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค” (อรรธรณ ละอองคำ, 2562; FAO/WHO, 2001) จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีหลายชนิด มีทั้งที่เป็นแบคทีเรีย รา และยีสต์ (สุภัณฑิต นัมรัตน์ และคณะ, 2552) จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ต้องเป็นชนิดที่ได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก หรือจากสถาบันที่น่าเชื่อถือว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีความปลอดภัย (อรรธรณ ละอองคำ, 2562;

Dunne *et al.*, 2001; Vasiljevic & Shah, 2008) โดยจากการศึกษาหาความต้องการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์โพรไบโอติก ต้องคำนึงถึงหลักการ ดังนี้ (1) เป็นสายพันธุ์ที่มีความสามารถอาศัยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์หรือในสัตว์ชนิดนั้น ๆ ได้ (2) ไม่เป็นสายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรค (3) มีความสามารถในการเพิ่มจำนวนในระบบทางเดินอาหารได้ และ (4) ต้องได้รับในปริมาณที่เพียงพอจะก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพ (ประมาณ 10^7 - 10^9 CFU/g ในผลิตภัณฑ์) (รัชฎาพร อุ่นศิริไย, 2556) นอกจากนี้โพรไบโอติกจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีใยอาหาร ซึ่งเป็นส่วนของเซลล์พืชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์

กลุ่มแบคทีเรียแลคติกนิยมนำมาใช้เป็นโพรไบโอติก เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย แบคทีเรียแลคติก คือ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria: LAB) และสามารถทนกรดได้ดี (Holzapfel & Wood, 1995) แบคทีเรียแลคติกสามารถหมักน้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลแลคโทส (Lactose) เกิดเป็นกรดแลคติก (Lactic acid fermentation) และกรดอินทรีย์อื่น ๆ ได้แก่ กรดแอสซิดิก (Acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) และสารอื่น ๆ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และไดอะซิติล (Diacetyl) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวของอาหารหมัก เมื่อได้รับแบคทีเรียแลคติกในปริมาณที่เหมาะสมจะเข้าไปยึดเกาะกับผนังในระบบทางเดินอาหาร ทำให้สามารถควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหารได้ เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกสามารถสร้างสารแบคทีริโอซิน (Bacteriocin) ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นได้ (Plaza-Diaz *et al.*, 2019) จากทฤษฎีนี้จึงทำให้โพรไบโอติกมีส่วนในการป้องกันการยึดเกาะของเชื้อก่อโรค ทำให้มนุษย์และสัตว์มีสุขภาพที่ดี สัตว์มีอัตราการรอดชีวิต และผลผลิตจากสัตว์เพิ่มมากขึ้น

จุลินทรีย์โพรไบโอติกนิยมนำมาใช้ในการเสริมอาหารทั้งในมนุษย์ และเพิ่มมากขึ้นในการปศุสัตว์ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (คึกฤทธิ์ ศิลาฉาย, 2561; รัชฎาพร อุ่นศิริไย, 2556) เนื่องจากมีการวิจัยทั้งในและต่างประเทศจำนวนมากที่ยืนยันว่าโพรไบโอติกมีประโยชน์ทั้งในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโต ทำให้ร่างกายดูดซึมอาหารได้ดีขึ้น (คึกฤทธิ์ ศิลาฉาย, 2561; Hwanhlem *et al.*, 2010) ทำให้มีความต้านทานโรคสูงขึ้น (ชาญวิทย์ สุวรรณ และชนกันต์ จิตมนัส, 2563) เกิดสมดุลในระบบทางเดินอาหาร ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร คือ เมื่อโพรไบโอติกผ่านเข้ามาในระบบทางเดินอาหารจะเกาะติดผิวเยื่อลำไส้ ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายจะจดจำและยอมรับให้โพรไบโอติกอยู่ร่วมกัน (รัชฎาพร อุ่นศิริไย, 2556; Mountzouris *et al.*, 2010) เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันและกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ (Fuller, 1989; Holzapfel & Schillinger, 2002) ช่วยย่อยสารอาหารขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็ก ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ ช่วยบำบัดเลนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (สุบัณฑิต นิมรัตน์ และคณะ, 2552) และช่วยลดการใช้ยาและสารเคมีในการผลิตสัตว์ (คึกฤทธิ์ ศิลาฉาย, 2561) โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่สัมผัสกับจุลินทรีย์ในน้ำตลอดเวลา ซึ่งมีทั้งจุลินทรีย์ดีและไม่ดี โพรไบโอติกจะแย่งพื้นที่ยึดเกาะทั้งบนตัวและในตัวสัตว์น้ำ (ชาญวิทย์ สุวรรณ และชนกันต์ จิตมนัส, 2563; Hill *et al.*, 1999) โพรไบโอติกแต่ละชนิดมีกลไกการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ โดยกลไกการออกฤทธิ์ที่สำคัญของโพรไบโอติกมี 3 ระดับ (Hill *et al.*, 2014) คือ (1) ระดับพื้นฐาน (Widespread) เป็นกลไกที่พบได้ทั่วไป เช่น ต่อด้านการเกาะของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ผลิตกรดไขมันสายสั้น (Short chain fatty acid) จากแบคทีเรียในลำไส้ ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอนในโมเลกุล 4-6 อะตอม เช่น กรดแลคติก (Lactic acid) กรดบิวทีริก (Butyric acid) (Hijova & Chmelarova, 2007) มีผลให้สภาวะแวดล้อมเป็นกรดจึงสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคได้ เป็นต้น (2) ระดับชนิด (Species-level) เป็นกลไกที่พบได้บ่อยในระดับชนิด เช่น ความสามารถในการสังเคราะห์วิตามิน การปกป้องลำไส้ การป้องกันหรือลดการเกิดมะเร็ง และการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เป็นต้น (3) ระดับสายพันธุ์ (Strain level) เป็นกลไกที่พบได้น้อย และเป็นความจำเพาะเจาะจงในระดับสายพันธุ์ เช่น ความสามารถในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน การหลั่งสารสื่อประสาทบางประเภท เพื่อสื่อสารกับเซลล์ประสาทในระบบทางเดินอาหาร (Neurological effect) และการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบางชนิด เป็นต้น (อวรธรรม ละอองคำ, 2562) แต่เมื่อนำโพรไบโอติกมาผสมในอาหารแล้ว หากมีปริมาณไม่เพียงพอ หรือแม้แต่การเก็บรักษาอาหารที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้โพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิตต่ำ ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโต หรือไม่ส่งผลต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายของสัตว์น้ำ

พรไบโอดิก เป็นไฟเบอร์ชนิดหนึ่งที่ได้มาจากน้ำตาลธรรมชาติ และเป็นอาหารของโพรไบโอดิก เนื่องด้วยร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมไฟเบอร์ได้ทีละเล็กละน้อย ไฟเบอร์จึงเคลื่อนเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ร่างกายจะดูดซึมพรไบโอดิกจากการที่โพรไบโอดิกมาย่อยสลาย จึงเกิดเป็นการกระตุ้นการเจริญเติบโตและการทำงานของโพรไบโอดิก ซึ่งพรไบโอดิกพบได้ในหัวหอม อัลมอนต์ ข้าวบาร์เลย์ เมล็ดเชีย เมล็ดแฟลกซ์ กระเทียม ข้าวโอ๊ต ถั่วเหลือง ไฟเบอร์ในผัก และผลไม้ต่าง ๆ เป็นต้น (Kaur *et al.*, 2021) ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรหลากหลายชนิด จันทบุรีเป็นหนึ่งในเมืองผลไม้ โดยในแต่ละปีจังหวัดจันทบุรีซึ่งเป็นเมืองผลไม้ มีผลผลิตทุเรียนออกสู่ตลาดจำนวนมาก ทุเรียน (Durian) เป็นไม้พื้นเมืองของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ภฤติยา ไชยนอก, 2557) เป็นไม้ผลที่มีขนาดผลใหญ่ มีหนามแหลม รสชาติหวานมัน ได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ (King of the fruits) (เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักรวาล ภูเสม, 2561) ทุเรียนมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีการปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย บรูไน และฟิลิปปินส์ (จักรวาล ภูเสม และเจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์, 2561) จากการที่จันทบุรีมีผลผลิตทุเรียนปริมาณมากทำให้มีเปลือกทุเรียนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมหาศาลด้วยเช่นกัน โดยเปลือกทุเรียนและเมล็ดทุเรียนมีสัดส่วนมากกว่า 50% ของน้ำหนักทุเรียนทั้งผล (หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และจิรพร สวัสดิ์การ, 2561; Manshor *et al.*, 2014) เปลือกทุเรียนนั้นถือว่าเป็นโยอาหาร โดยเป็นส่วนที่เหลือของเซลล์พืชที่มีความต้านทานต่อการย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (Rodriguez *et al.*, 2006) และยังมีคุณสมบัติเป็นพรไบโอดิก ซึ่งหากนำเปลือกทุเรียนมาพัฒนาหรือแปรรูปก็จะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรมาใช้ประโยชน์ได้ โดยหยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์, ปุณณิศา วัฒนะชัย และสรารุณ แสงสว่างโชติ (2565) ทดลองเลี้ยงปลาตะเพียนขาวด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนทดแทนรำละเอียดที่ 10, 20, 30 และ 40 % พบว่าผลการทดลองไม่แตกต่างจากชุดควบคุมทั้งในด้านน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และอัตราการรอดตาย ซึ่งอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนทดแทนรำละเอียด 20% ให้พลังงาน (kg/100 Cal) และมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด และในการศึกษาของคณิสร์ ล้อมเมตตา และคณะ (2559) ทดลองเลี้ยงปลาไนด้วยอาหารที่ใช้เปลือกและเมล็ดทุเรียนบดแห้งเพื่อทดแทนปลายข้าวที่ 25, 50, 75 และ 100% พบว่าที่ระดับการทดแทน 25% ปลาไนมีน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ย และอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ซึ่งจากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้โยอาหารจากเปลือกทุเรียนทดแทนอาหารสัตว์น้ำได้

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาและการรอดชีวิตของแบคทีเรียแลคติก และศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่มีโยอาหารจากเปลือกทุเรียน ซึ่งจะนำเปลือกทุเรียนที่มีอยู่อย่างมากมายให้เกิดประโยชน์ ลดปัญหาขยะมูลฝอย พร้อมกันกับพัฒนาอาหารสัตว์น้ำทางเลือกที่ผสมแบคทีเรียแลคติกที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำสามารถเลือกอาหารที่มีปริมาณแบคทีเรียแลคติก และสามารถเก็บรักษาอาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมของแบคทีเรียแลคติกได้อย่างเหมาะสม และใช้โยอาหารที่มีส่วนผสมจากเปลือกทุเรียนมาลดต้นทุนค่าอาหารและเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรให้กับเกษตรกรได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมอาหารสัตว์น้ำที่มีโยอาหารจากเปลือกทุเรียน

1.1 การเตรียมโยอาหารเปลือกทุเรียน

นำเปลือกทุเรียนพันธุ์หมอนทอง จากตลาดขายผลไม้เนินสูง ตำบลเขาหัว อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี มาเตรียมเป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์อาหารปลา นำเปลือกทุเรียนมาล้างทำความสะอาด โดยการแช่โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5% แช่ 15 นาที และนำมาล้างด้วยน้ำเปล่า หั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1-2 cm ชั่งน้ำหนักสด นำมาลดขนาดโดยการหั่นและบดในเครื่องปั่น หากยังไม่ทำการทดลองให้บรรจุทุเรียนบดใส่ถุงและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C นำไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา

24 hr. หรือจนกว่าจะแห้งจนน้ำหนักคงที่ บดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงร่อนแบ่งขนาด 60 ช่อง/นิ้ว เมื่อได้ผงเปลือกทุเรียนแล้ว บรรจุในถุงพลาสติกแบบซิปล็อก และเก็บไว้ในโถดูดความชื้นซิลิกาเจล เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ดัดแปลงวิธีการจาก หยาตรุ่ง สุวรรณรัตน์, ปุญญา วัฒนชัย และสรารัฐ แสงสว่างโชติ (2565); Fuentes-Alventosa *et al.*, (2009); Larrauri *et al.*, (1997)

1.2 การเตรียมอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนและการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ดัดแปลงจากสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงปลากินพืชน้ำจืด โปรตีนไม่น้อยกว่า 25% โดยมีวัตถุดิบดังนี้ ปลาป่น 10 g/100 g กากถั่วเหลือง 12 g/100 g รำละเอียด 26 g/100 g เปลือกทุเรียน 30 g/100 g เปลือกกุ้ง 20 g/100 g น้ำมันพืช 1 g/100 g สารเหนียว 1 g/100 g และนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใย และความชื้น (AOAC, 2000)

1.3 การเตรียมเชื้อ *Lactobacillus* sp.

แบคทีเรีย *Lactobacillus* sp. ได้รับการอนุเคราะห์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตบางแสน เลี้ยงในอาหาร MRS Agar และบ่มไว้ที่อุณหภูมิที่ 37 °C เป็นเวลา 24 hr. ในสภาวะไร้ออกซิเจน เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป นำ *Lactobacillus* sp. มาเพาะเลี้ยงในอาหาร MRS Broth บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C แบบภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 24 hr. ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ปรับความขุ่นเริ่มต้นด้วยสารมาตรฐาน McFarland ให้มีค่า 0.5 (ปริมาณเชื้อประมาณ 1.5×10^8 CFU/ml) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร

2. การทดลองที่ 1 : การศึกษาการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นแตกต่างกัน

ดำเนินการวิจัยตามวิธีการของ หยาตรุ่ง สุวรรณรัตน์, ปุญญา วัฒนชัย และสรารัฐ แสงสว่างโชติ (2565) โดยเตรียม MSR Broth ที่ปรับความขุ่นเริ่มต้นด้วยสารมาตรฐาน 0.5 McFarland ที่มีแบคทีเรียแลคติก 10^8 CFU/g ฉีดพ่นลงบนอาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน ในอัตราส่วนแบคทีเรียแลคติก 1 ml/อาหารสัตว์น้ำ 100 g คลุกเคล้าให้เข้ากัน ผึ่งลมให้มันใจว่าแห้งสนิท เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น ในอุณหภูมิห้อง (ทำการวัดอุณหภูมิในตู้เย็น และวัดอุณหภูมิห้องที่เก็บอาหารสัตว์น้ำวันละ 2 ครั้ง เวลา 9:00 น. และ 15:00 น. เพื่อหาค่าเฉลี่ย) และอุณหภูมิ 37 °C (ตู้บ่มเชื้อ)

1. นำตัวอย่างอาหารสัตว์น้ำแต่ละอุณหภูมิ ตัวอย่างละ 25 g (ตัวอย่างละ 4 ซ้ำ) ใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อสำหรับใช้ตีปั่น (Stomacher Bag) ละลายในน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 225 ml ทิ้งไว้ 15 นาที เพื่อให้อาหารอ่อนตัว
2. นำเข้าเครื่องตีบดตัวอย่างเพื่อให้ผสมกับน้ำ
3. เจือจางแบคทีเรียแลคติกจนเหลือ 10^4 , 10^5 และ 10^6 CFU/g นำแบคทีเรียแลคติกที่เจือจางแล้วไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS Agar นำเชื้อเข้าตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C แบบภาวะไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 24 hr.
4. นับแบคทีเรียแลคติก ศึกษาการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติก ด้วยวิธีการนี้สัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยในแต่ละชุดการทดลองทำ 4 ซ้ำ และในแต่ละซ้ำแยกเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแลคติกที่เจือจางความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

3. การทดลองที่ 2 : การศึกษาปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน

ออกแบบการวิจัยเป็น 5 ชุดการทดลอง คืออาหารสัตว์น้ำผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มีแบคทีเรียแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 CFU/g และหน่วยควบคุม (ไม่ผสมแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำ)

1. เจือจางแบคทีเรียแลคติก 10^8 CFU/ml ที่ได้จากการปรับความเข้มข้นเริ่มต้นด้วยสารมาตรฐาน 0.5 McFarland ด้วยเทคนิค 10 Fold serial dilution ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ
2. ให้ฉีดพ่นแบคทีเรียแลคติกลงบนอาหารสัตว์น้ำ ในแต่ละระดับความเข้มข้น 1 ml/อาหารสัตว์น้ำ 100 g ผึ่งลมให้แห้งสนิท เตรียมอาหารในปริมาณที่ใช้หมดใน 1 สัปดาห์
3. คัดลูกปลาตะเพียนขาวให้มีขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 315 ตัว ชั่งน้ำหนัก และวัดความยาว ก่อนปล่อยลงตู้
4. ทดลองในตู้กระจกขนาด 36 นิ้ว จำนวน 15 ตู้ ใส่ลูกปลาตะเพียนขาว ตู้ละ 21 ตัว โดยเติมน้ำ 1000 ml/ตู้
5. ให้อาหารปลาตะเพียนขาวในอัตราส่วนแบคทีเรียแลคติก 1 ml/อาหารสัตว์น้ำ 100 g ที่ระดับความเข้มข้น 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 CFU/g และหน่วยควบคุม (ไม่ผสมแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำ) วันละ 2 ครั้ง เวลา 9.00 น. และ 16.00 น. โดยมีอัตราการให้อาหาร 10% ของน้ำหนักตัว
6. บันทึกน้ำหนัก ความยาว ก่อนปล่อยลูกปลาตะเพียน และบันทึกน้ำหนัก ความยาว จำนวนลูกปลาตะเพียนขาวที่รอดชีวิตทั้ง 15 ตู้ ทุก ๆ 7 วัน ตลอดการทดลอง
7. ตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกวันก่อนให้อาหารมื้อแรก ตลอดระยะเวลาการทดลอง ด้วยเครื่อง AZ Instrument ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
8. ดูดเศษตะกอนและสิ่งปฏิกูลของปลาออก และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 30% ทำทุก ๆ 7 วัน
9. นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

อัตราน้ำหนักเพิ่ม (%)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุด (g)} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น (g)}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น (g)}} \times 100 \quad (1)$$

อัตราความยาวเพิ่ม (%)

$$= \frac{\text{ความยาวเมื่อสิ้นสุด (cm)} - \text{ความยาวเริ่มต้น (cm)}}{\text{ความยาวเริ่มต้น (cm)}} \times 100 \quad (2)$$

อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate) (g/วัน)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเมื่อสิ้นสุด (g)} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น (g)}}{\text{จำนวนวัน (วัน)}} \quad (3)$$

อัตราการรอดตาย (Survival rate) (ร้อยละ)

$$= \left[\frac{\text{จำนวนปลาที่เหลือ (ตัว)}}{\text{จำนวนปลาเริ่มต้น (ตัว)}} \right] \times 100 \quad (4)$$

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

โดยนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษา

นำเปลือกทุเรียนป่นแห้งไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 2000) ดังตารางที่ 1 และวิเคราะห์คุณค่าสารอาหารจากอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน 30% พบว่ามีคุณค่าสารอาหาร (% โดยน้ำหนักแห้ง) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเปลือกทุเรียนป่นแห้ง

เปลือกทุเรียนป่นแห้ง	ร้อยละ
ไขมัน	1.195±0.014
เถ้า	6.703±0.016
ความชื้น	3.043±0.151
เส้นใย	0.192±0.146
ปริมาณน้ำในอาหาร (Aw)	0.185±0.005

ตารางที่ 2 คุณค่าสารอาหารในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน (% โดยน้ำหนักแห้ง)

คุณค่าสารอาหาร	ร้อยละ
โปรตีน	29.38±0.89
ไขมัน	6.21±0.54
เถ้า	14.07±0.39
โยอาหาร	8.73±0.72
ความชื้น	9.19±0.34

การทดลองที่ 1 การศึกษาการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็นแตกต่างกัน

จากการศึกษา พบว่าในวันแรกที่นำแบคทีเรียแลคติก 10^8 CFU/g ฉีดพ่นลงบนอาหารสัตว์น้ำ มีปริมาณแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นเฉลี่ย 161.64 ± 5.11 CFU $\times 10^5$ /g (1.62 CFU $\times 10^8$ /g) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ การคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น (เฉลี่ย 4.5°C) มีอัตราการคงอยู่มากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้บ่ม (37°C) และอุณหภูมิห้อง (เฉลี่ย 31.5°C) ตามลำดับ โดยสัปดาห์ที่ 1 อาหารสัตว์น้ำที่เก็บไว้ในตู้เย็นมีอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกมากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้บ่ม และอุณหภูมิห้อง มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกคงอยู่เท่ากับ 174.83 ± 2.69 , 156.58 ± 5.21 และ 145.67 ± 5.79 CFU $\times 10^5$ /g ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 2 พบว่าอาหารสัตว์น้ำที่เก็บไว้ในตู้บ่มมีจำนวนแบคทีเรียแลคติกคงอยู่มากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้เย็น และในอุณหภูมิห้อง เท่ากับ 89.67 ± 3.58 , 77.33 ± 4.05 และ 42.17 ± 4.34 CFU $\times 10^5$ /g ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 3 อาหารสัตว์น้ำที่เก็บไว้ในตู้เย็นมีอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกมากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้บ่ม และอุณหภูมิห้อง เท่ากับ 9.36 ± 2.61 , 6.70 ± 7.27 และ 4.87 ± 3.80 CFU $\times 10^5$ /g ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 4 อาหารสัตว์น้ำที่เก็บไว้ในตู้เย็นมีอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกมากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้บ่ม และอุณหภูมิห้อง เท่ากับ 7.53 ± 2.18 , 5.48 ± 3.52 และ 3.95 ± 3.09 CFU $\times 10^5$ /g ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน (CFU $\times 10^5$ /g $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	อุณหภูมิห้อง (31.5 °C)	อุณหภูมิตู้เย็น (4.5 °C)	อุณหภูมิตู้บ่ม (37 °C)
0	155.75 $\pm$ 6.54 ^b	164.83 $\pm$ 11.34 ^a	164.33 $\pm$ 11.25 ^a
1	145.67 $\pm$ 5.79 ^c	174.83 $\pm$ 2.69 ^a	156.58 $\pm$ 5.21 ^b
2	42.17 $\pm$ 4.34 ^c	77.33 $\pm$ 4.05 ^b	89.67 $\pm$ 3.58 ^a
3	4.87 $\pm$ 3.80 ^c	9.36 $\pm$ 2.61 ^a	6.70 $\pm$ 7.27 ^b
4	3.95 $\pm$ 3.09 ^c	7.53 $\pm$ 2.18 ^a	5.48 $\pm$ 3.52 ^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน

1. อัตราน้ำหนักรวม และอัตราความยาวเพิ่ม (ร้อยละ)

ปลาตะเพียนขาวที่นำมาทำการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.64 $\pm$ 0.54 g และน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยของปลาตะเพียนขาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 9.05 $\pm$ 1.96 ถึง 10.89 $\pm$ 2.69 g โดยพบว่าปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มีแบคทีเรียแลคติก 10⁸ CFU/g มีอัตราน้ำหนักรวมเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 10.89 $\pm$ 2.69 g รองลงมาคือ 10⁶, 10⁷, 10⁹ CFU/g และชุดควบคุม มีอัตราน้ำหนักรวมเพิ่มเท่ากับ 9.05 $\pm$ 1.96 g ตามลำดับ โดยอัตราน้ำหนักรวมเพิ่มของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) และความยาวของปลาตะเพียนขาวเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 9.12 $\pm$ 0.27 cm โดยอัตราความยาวเพิ่มของปลาตะเพียนขาวเมื่อสิ้นสุดการทดลองอยู่ในช่วง 0.57 $\pm$ 3.36 ถึง 1.39 $\pm$ 0.22 cm ปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มีแบคทีเรียแลคติก 10⁸ CFU/g มีอัตราความยาวเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 1.39 $\pm$ 0.22 cm รองลงมา คือ 10⁶, 10⁹, ชุดควบคุม และ 10⁷ CFU/g มีอัตราความยาวเพิ่มเท่ากับ 1.28 $\pm$ 0.67, 1.15 $\pm$ 0.29, 0.94 $\pm$ 0.09 และ 0.57 $\pm$ 3.36 cm ตามลำดับ โดยอัตราความยาวเพิ่มของแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราน้ำหนักรวม และอัตราความยาวเพิ่ม (เฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน

ชุดการทดลอง	อัตราน้ำหนักรวม (%)	อัตราความยาวเพิ่ม (%)
ชุดควบคุม	9.05 $\pm$ 1.96 ^b	0.94 $\pm$ 0.09 ^{ab}
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁶ CFU/g	10.50 $\pm$ 3.55 ^{ab}	1.28 $\pm$ 0.67 ^a
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁷ CFU/g	10.41 $\pm$ 2.72 ^{ab}	0.57 $\pm$ 3.36 ^b
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁸ CFU/g	10.89 $\pm$ 2.69 ^a	1.39 $\pm$ 0.22 ^a
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁹ CFU/g	9.40 $\pm$ 1.99 ^{ab}	1.15 $\pm$ 0.29 ^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวสดมภ์ หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน

ในส่วนอัตราการเจริญเติบโตของปลาตะเพียนขาวต่ำสุด เท่ากับ 0.10 และสูงสุด เท่ากับ 0.30 g/วัน โดยปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำชุดควบคุม มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.10 ± 0.01 ถึง 0.26 ± 0.01 g/วัน ปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มีแบคทีเรียแลคติก 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 CFU/g มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 0.06 ± 0.07 ถึง 0.29 ± 0.03 , 0.06 ± 0.16 ถึง 0.29 ± 0.01 , 0.09 ± 0.05 ถึง 0.30 ± 0.07 และ 0.10 ± 0.03 ถึง 0.23 ± 0.02 g/วัน ตามลำดับ โดยตลอดการทดลอง ในทุกสัปดาห์อัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) จากภาพรวมพบว่าปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มีแบคทีเรียแลคติก 10^8 CFU/g มีอัตราการเจริญเติบโตมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราการเจริญเติบโต (เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	อัตราการเจริญเติบโต (Growth gate) (g/วัน)				
	ชุดควบคุม	10^6 CFU/g	10^7 CFU/g	10^8 CFU/g	10^9 CFU/g
1	0.26 ± 0.01^{ns}	0.24 ± 0.01^{ns}	0.23 ± 0.02^{ns}	0.30 ± 0.11^{ns}	0.22 ± 0.06^{ns}
2	0.10 ± 0.01^{ns}	0.14 ± 0.01^{ns}	0.12 ± 0.02^{ns}	0.11 ± 0.03^{ns}	0.13 ± 0.01^{ns}
3	0.18 ± 0.13^{ns}	0.29 ± 0.03^{ns}	0.27 ± 0.10^{ns}	0.30 ± 0.07^{ns}	0.19 ± 0.10^{ns}
4	0.17 ± 0.07^{ns}	0.23 ± 0.06^{ns}	0.24 ± 0.04^{ns}	0.20 ± 0.01^{ns}	0.23 ± 0.02^{ns}
5	0.04 ± 0.19^{ns}	0.14 ± 0.03^{ns}	0.10 ± 0.03^{ns}	0.15 ± 0.05^{ns}	0.11 ± 0.06^{ns}
6	0.12 ± 0.06^{ns}	0.06 ± 0.07^{ns}	0.06 ± 0.16^{ns}	0.09 ± 0.05^{ns}	0.10 ± 0.03^{ns}
7	0.12 ± 0.01^{ns}	0.18 ± 0.02^{ns}	0.17 ± 0.08^{ns}	0.15 ± 0.09^{ns}	0.14 ± 0.04^{ns}
8	0.16 ± 0.07^{ns}	0.20 ± 0.01^{ns}	0.29 ± 0.01^{ns}	0.23 ± 0.08^{ns}	0.20 ± 0.01^{ns}
เทียบกับวันที่ 1	0.16 ± 0.01^{ns}	0.19 ± 0.01^{ns}	0.18 ± 0.03^{ns}	0.19 ± 0.01^{ns}	0.16 ± 0.01^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

3. อัตราการรอดตาย

อัตราการรอดตายของปลาตะเพียนขาวอยู่ในช่วง 82.54 ± 26.22 ถึง 100.00 โดยระยะเวลาทำการทดลองในสัปดาห์ที่ 1-4 ไม่พบปลาตะเพียนขาวตาย และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าชุดควบคุมมีอัตราการรอดตาย 90.47 ± 12.59 และปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มีแบคทีเรียแลคติก 10^6 , 10^7 , 10^8 และ 10^9 CFU/g มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 96.82 ± 2.74 , 82.54 ± 26.22 , 96.82 ± 2.74 และ 98.41 ± 2.74 ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตาย (เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	อัตราการรอดตาย (Survival rate)				
	ชุดควบคุม	10 ⁶ CFU/g	10 ⁷ CFU/g	10 ⁸ CFU/g	10 ⁹ CFU/g
1	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}
2	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}
3	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}
4	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}
5	98.41±2.74 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}	100±0.00 ^{ns}
6	92.06±13.74 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}	84.12±27.49 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}
7	90.47±12.59 ^{ns}	96.82±2.74 ^{ns}	82.54±26.22 ^{ns}	96.82±2.74 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}
8	90.47±12.59 ^{ns}	96.82±2.74 ^{ns}	82.54±26.22 ^{ns}	96.82±2.74 ^{ns}	98.41±2.74 ^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

4. คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ได้ผลดังนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 24.48±0.69 ถึง 24.58±0.68 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.33±0.18 ถึง 7.39±0.12 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ อยู่ในช่วง 6.43±0.88 ถึง 6.55±0.63 mg/L ซึ่งค่าคุณภาพน้ำในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าคุณภาพน้ำเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ ในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	อุณหภูมิ	pH	DO
ชุดควบคุม	24.50±0.70 ^{ns}	7.34±0.45 ^{ns}	6.55±0.63 ^{ns}
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁶ CFU/g	24.48±0.69 ^{ns}	7.39±0.12 ^{ns}	6.54±0.87 ^{ns}
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁷ CFU/g	24.56±0.76 ^{ns}	7.38±0.10 ^{ns}	6.43±0.88 ^{ns}
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁸ CFU/g	24.55±0.71 ^{ns}	7.33±0.18 ^{ns}	6.44±0.63 ^{ns}
อาหารสัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียแลคติก 10 ⁹ CFU/g	24.58±0.68 ^{ns}	7.38±0.09 ^{ns}	6.46±0.90 ^{ns}

หมายเหตุ : ns หมายถึง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียน ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ พบว่าอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมโยอาหารจากเปลือกทุเรียนในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเก็บรักษาโปรไบโอติกในตู้เย็นมีผลดีกว่าอุณหภูมิอื่น ๆ เนื่องจากจุลินทรีย์

มีความไวต่ออุณหภูมิที่สูง การเก็บในตู้เย็น (อุณหภูมิประมาณ 2-8 °C) ช่วยรักษาสภาพและควมมีชีวิตของจุลินทรีย์เหล่านี้ได้ดีกว่าอุณหภูมิที่สูงกว่า ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์เสื่อมสภาพหรือเสียชีวิตได้ โพรไบโอติกเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ต้องการสภาวะที่เหมาะสมในการคงสภาพ เมื่อเก็บในอุณหภูมิสูงกว่าปกติ จุลินทรีย์อาจสูญเสียความสามารถในการทำงานและลดประสิทธิภาพการส่งเสริมสุขภาพ เช่น ระบบย่อยอาหารและภูมิคุ้มกัน การวิจัยพบว่า อุณหภูมิที่สูงเกินไปสามารถลดปริมาณของจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์ได้ งานวิจัยของ Arias *et al.* (2020) ระบุว่า การเก็บรักษาโพรไบโอติกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานอาจทำให้จำนวนจุลินทรีย์ลดลงมากถึง 50% เมื่อเทียบกับการเก็บในอุณหภูมิตู้เย็น นอกจากนี้ การเก็บโพรไบโอติกในตู้เย็นยังช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (Shelf life) ได้อีกด้วย การทดลองของ Almeida *et al.* (2019) ระบุว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่เก็บในตู้เย็นมีอายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บในอุณหภูมิห้อง

การศึกษาเกี่ยวกับโพรไบโอติกในสัตว์น้ำมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากโพรไบโอติกสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต การเพิ่มประสิทธิภาพของการย่อยอาหาร และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ งานวิจัยหลายฉบับได้ทดลองและประเมินผลกระทบของปริมาณโพรไบโอติกที่ใช้ในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาและกุ้ง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ใช้กันมากในการทดลอง จากการศึกษาโดย Wang *et al.* (2019) พบว่าการใช้โพรไบโอติกในปริมาณ 10^6 CFU/g ในอาหารปลานิลมีผลเพิ่มการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังช่วยปรับปรุงสภาพระบบย่อยอาหารและส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันในปลา อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ของการใช้ปริมาณโพรไบโอติกที่สูงกว่า เช่น 10^8 CFU/g กลับไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตไม่ได้เพิ่มขึ้นชัดเจน ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปริมาณที่เหมาะสมจะส่งเสริมการทำงานได้ดีที่สุด นอกจากนี้ การทดลองของ Pérez-Sánchez *et al.* (2020) ที่เสริมด้วยอาหารที่มีโพรไบโอติกในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณโพรไบโอติก 10^5 CFU/g ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน โดยเพิ่มการผลิตเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระและการตอบสนองของเซลล์เม็ดเลือดขาว แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเป็น 10^7 CFU/g กลับพบว่า กุ้งมีแนวโน้มที่จะเกิดความเครียดที่มากเกินไป ซึ่งอาจเกิดจากการที่โพรไบโอติกไปแข่งกับจุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้ ในทางกลับกันการศึกษาของ Zhou *et al.* (2021) พบว่าการใช้โพรไบโอติกที่ต่ำกว่า 10^5 CFU/g ในอาหารปลา ส่งผลไม่ชัดเจนต่อการเจริญเติบโตหรือการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ซึ่งบ่งชี้ว่า ปริมาณโพรไบโอติกที่ต่ำเกินไปไม่เพียงพอต่อการหวังผลให้เกิดประสิทธิภาพ จากงานวิจัยที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่าปริมาณโพรไบโอติกที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ การใช้ปริมาณที่มากเกินไปหรือไม่เพียงพออาจส่งผลเสียหรือไม่เกิดผลลัพธ์ที่คาดหวัง ดังนั้นการหาสมดุลของปริมาณโพรไบโอติกที่ใช้จึงเป็นสิ่งจำเป็น

ในส่วนของการใช้พรีไบโอติกจากเส้นใยผลไม้มีบทบาทสำคัญในงานวิจัยด้านโภชนาการและสุขภาพ โดยเฉพาะสนับสนุนให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ เส้นใยผลไม้จากพืชต่าง ๆ เช่น ทูเรียน กล้วย และมะละกอ มีองค์ประกอบของพรีไบโอติกที่ต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตมีความหลากหลาย การศึกษาของ Tan *et al.* (2020) เกี่ยวกับการใช้เส้นใยทุเรียนเป็นพรีไบโอติกในหนูทดลองพบว่า เส้นใยทุเรียนสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิด *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* ในลำไส้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเป็นการเพิ่มปริมาณกรดไขมันสายสั้น (Short-chain fatty acids) เช่น บิวทีเรต (Butyrate) ที่ช่วยสนับสนุนสุขภาพของลำไส้และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน อย่างไรก็ตาม ผลวิจัยยังพบว่าหนูบางกลุ่มมีอาการท้องอืดหรือไม่สบายท้อง ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณน้ำตาลที่สูงในทุเรียน เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยจากผลไม้อื่น ๆ เช่น กล้วย และมะละกอ โดยการศึกษาของ Rahman *et al.* (2019) ระบุว่า เส้นใยกล้วยมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้เช่นกัน ซึ่งไม่พบอาการท้องอืดที่เด่นชัดเหมือนกรณีของเส้นใยทุเรียน การเพิ่มปริมาณกรดไขมันสายสั้น เช่น อะเซเตต (Acetate) และโพรพิโอเนต (Propionate) ที่เกิดจากการย่อยสลายเส้นใยกล้วยยังช่วยลดการอักเสบในลำไส้ได้ดี การใช้เส้นใยมะละกอเป็นพรีไบโอติกในงานวิจัยของ González *et al.* (2021) พบว่ามีความสามารถ

ในการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในระดับเดียวกับทุเรียนและกล้วย แต่เส้นใยมะละกอมิชอบได้เปรียบในเรื่องการช่วยย่อยอาหารและลดอาการท้องผูก เนื่องจากมะละกอมิเอนไซม์ย่อยโปรตีนที่เรียกว่า ปาเปน (Papain) ซึ่งช่วยกระบวนการย่อยอาหารในภาพรวมการใช้เส้นใยทุเรียนเป็นพรีไบโอติกมีข้อดีในแง่ของการกระตุ้นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ แต่ปริมาณน้ำตาลและไขมันในทุเรียนอาจทำให้เกิดผลข้างเคียงบางอย่างได้เมื่อเทียบกับเส้นใยจากผลไม้ชนิดอื่น เช่น กล้วยหรือมะละกอ ซึ่งมีความสมดุลมากกว่าในแง่ของการส่งเสริมสุขภาพลำไส้และการย่อยอาหาร

อย่างไรก็ตาม การใช้เส้นใยอาหารจากเปลือกทุเรียนเป็นแหล่งพรีไบโอติก หรือสารเสริมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้รับความสนใจในวงการวิจัย เนื่องจากการนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ แต่พบว่าส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในการเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยทุกตู้ทดลองน้ำเกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลที่เกิดจากสีของอาหาร ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอย่างสม่ำเสมอ โดย Ahmad *et al.* (2020) ได้ทดลองใช้เส้นใยเปลือกทุเรียนเป็นส่วนผสมในอาหารสำหรับปลาดุก พบว่าเส้นใยจากเปลือกทุเรียนช่วยเพิ่มการย่อยอาหารและการเจริญเติบโตของปลาได้ดี แต่การสะสมของสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายเส้นใยเหล่านี้มีผลทำให้คุณภาพน้ำแย่ลง โดยพบว่ามี的增加ขึ้นของแอมโมเนียและไนโตรเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบการเลี้ยงสัตว์น้ำแบบหมุนเวียน (Recirculating Aquaculture Systems, RAS) โดยตรง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เส้นใยอาหารจากพืชชนิดอื่น เช่น เปลือกมะพร้าวหรือกากถั่วเหลือง การศึกษาของ Zhang *et al.* (2018) แสดงให้เห็นว่าเส้นใยจากเปลือกมะพร้าวมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำเช่นเดียวกับเปลือกทุเรียน แต่มีข้อดีในเรื่องของการรักษาคุณภาพน้ำได้ดีกว่า เนื่องจากเปลือกมะพร้าวมีการย่อยสลายช้ากว่า ทำให้สารอินทรีย์ไม่สะสมในน้ำมากนัก ซึ่งส่งผลให้ระดับแอมโมเนียและสารพิษในน้ำต่ำกว่า และงานวิจัยของ Oliveira *et al.* (2021) ศึกษาการใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งเส้นใยอาหารในระบบการเลี้ยงปลา พบว่ากากถั่วเหลืองช่วยเพิ่มอัตราการเติบโตของปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีโครงสร้างเส้นใยที่ย่อยสลายได้ง่าย และไม่ทิ้งสารตกค้างในน้ำมากเท่าเปลือกทุเรียนจากการเปรียบเทียบ แม้เปลือกทุเรียนจะสามารถเพิ่มเส้นใยและเสริมพรีไบโอติก แต่การใช้ในระบบเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการสะสมของสารอินทรีย์ในน้ำ ซึ่งต่างจากเส้นใยจากพืชชนิดอื่นที่มีการย่อยสลายช้าหรือไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำมากเท่ากับเปลือกทุเรียน ซึ่งในการทดลองครั้งต่อไปอาจจะมีการใช้สารเคลือบเม็ดอาหาร เช่น ไคโตซานที่เป็นสารโพลีเมอร์ตามธรรมชาติ ที่ได้จากการสกัดจากเปลือกกุ้งมาใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยใช้ในการเคลือบเม็ดอาหาร ทำให้เม็ดอาหารเกิดการแตกตัวช้า และละลายน้ำช้าลง ไคโตซานยังมีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้ปลากินอาหารได้มากขึ้น และช่วยให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี

สรุปและข้อเสนอแนะ

อัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติก ชนิด *Lactobacillus* sp. ที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่เก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าอัตราการคงอยู่ของแบคทีเรียแลคติกที่เก็บรักษาในอุณหภูมิตู้เย็นมีอัตราการคงอยู่เฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา คือ ในตู้บ่ม และในอุณหภูมิห้อง ดังนั้นหากต้องการให้สัตว์น้ำได้รับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ผู้ใช้หรือเกษตรกรควรเก็บรักษาอาหารสัตว์น้ำที่มีส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ หรือกลุ่มแบคทีเรียแลคติกไว้ในตู้เย็น และควรใช้อาหารดังกล่าวให้หมดภายใน 4 สัปดาห์

และจากการศึกษาปริมาณของแบคทีเรียแลคติกที่เหมาะสมในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียน โดยศึกษาผลการทดลองด้านการเจริญเติบโตของปลาตะเพียนขาวเป็นระยะเวลา 56 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าอัตราน้ำหนักเพิ่ม อัตราความยาวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโต/วัน ของปลาตะเพียนขาวที่เลี้ยงด้วยอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนที่มี

แบคทีเรียแลคติก 10^8 CFU/g มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และในส่วนของอัตราการรอดตายอาหารที่มีปริมาณแบคทีเรียแลคติก 10^8 และ 10^9 CFU/g มีการตายของปลาตะเพียนซ้ำที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี ที่มีอบุณสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตบางแสน ที่อนุเคราะห์แบคทีเรีย *Lactobacillus* sp. ที่ใช้ในการทำการวิจัย และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการทดลอง และสุดท้ายขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่สละเวลาช่วยกันทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤติยา ไชยนอก. (2557). “ทุเรียน..ราชาผลไม้”. บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน. เข้าถึงได้จาก : <https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/208/>
- คณิศร ล้อมเมตตา, สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ, สนธยา กุลกัลยา และอุมารินทร์ มัจฉาเกื้อ. (2559). การใช้เปลือกทุเรียนและเมล็ดทุเรียนบดแห้งทดแทนปลายข้าวในสูตรอาหารเลี้ยงปลาไน. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 10(2) : 109-117.
- คึกฤทธิ์ ศิลาฉาย. (2561). โพรไบโอติกที่ใช้ประโยชน์ในปศุสัตว์. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 36(1) : 152-160.
- เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และจักรารุญ ภูเสม. (2561). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการพัฒนาศักยภาพแป้งเปลือกทุเรียน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- จักรารุญ ภูเสม และเจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์. (2561). ผลของการใช้เปลือกทุเรียนผงทดแทนแป้งสาลีต่อคุณภาพของแป้งทาร์ต. *วารสารวิชาการและวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร*, 11(2) : 48-58.
- ชาญวิทย์ สุวรรณ และชนกันต์ จิตมนัส. (2563). การใช้จุลินทรีย์โปรไบโอติกเสริมอาหารปลานิลเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเสริมภูมิคุ้มกัน. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 17(1) : 63-74.
- รัชฎาพร อุ่นศิริไธย์. (2556). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่องการแยกเชื้อโพรไบโอติกจากกากมันสำปะหลัง. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุบัณฑิต นิมรัตน์, ประพัทธ์ แก้วมณี, ไตรมาศ บุญไทย และวีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. (2552). การสำรวจการใช้โพรไบโอติกในการเลี้ยงกุ้งขาวแฉะฟักในจังหวัดระยอง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 14(1) : 56-69
- หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์ และจิพร สวัสดิการ. (2561). ปริมาณใยอาหารและคุณสมบัติการต้านแบคทีเรียของใยอาหารจากเปลือกทุเรียน ที่ผ่านการทำแห้งแบบลมร้อนและแบบแช่เยือกแข็ง. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 2(1): 178-185.
- หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์, ปุณณิศา วัฒนะชัย และสราวุธ แสงสว่างโชติ. (2565). การคัดแยกแบคทีเรียแลคติกจากอาหารหมักพื้นบ้านเพื่อใช้เป็นโพรไบโอติกในอาหารสัตว์น้ำที่ผสมใยอาหารจากเปลือกทุเรียน. *PSRU Journal of Science and Technology*, 7(2) : 57-72.
- อรรณพ ละอองคำ. (2562). โพรไบโอติก : จุลินทรีย์คัดสรรเพื่อสุขภาพ. *วารสารอาหาร*, 49(4) : 29-38.
- Ahmad, N., Ibrahim, H., & Salim, N. (2020). Durian peel fiber as a dietary supplement in catfish farming : Effects on growth and water quality. *Aquaculture Science*, 52(3) : 104-112.
- Almeida, J., Costa, P., & Santos, R. (2019). Shelf life extension of probiotic products through cold storage : A comprehensive review. *International Journal of Dairy Technology*, 38(2) : 152-161.

- Arias, M., Sandoval, C., & Ortega, R. (2020). The impact of temperature on probiotic viability : A comparative study of refrigerated and non-refrigerated storage. *Journal of Food Science and Technology*, 45(6) : 234-245.
- FAO/WHO. (2001). *Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria* (5th ed.), from <http://www.fao.org/3/a-a0512e.pdf>.
- Fuentes-Alventosa, J.M., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jaramillo-Carmona, S., Espejo-Calvo, J.A., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., Guillén-Bejarano, R., & Jiménez-Araujo, A. (2009). Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, 113(2) : 665-671.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5) : 365-378.
- Dunne, C., O'Mahony, L., Murphy, L., Thornton, G., Morrissey, D., Morrissey, D., O'Halloran, S., Feeney, M., Flynn, S., Fitzgerald, G., Daly, C., Kiely, B., O'Sullivan, G.C., Shanahan, F., Collins J.K. (2001). In vitro selection criteria for probiotic bacteria of human origin: Correlation with in vivo findings. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2) : 386S-392S.
- González, P., Molina, M., & Fernández, R. (2021). Papaya (*Carica papaya*) fiber as a prebiotic: Its role in enhancing digestive health and modulating gut microbiota in animal models. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 72(1) : 64-74.
- Hijova, E., & Chmelarova, A. (2007). Short chain fatty acid and colonic health. *Bratislava Medical Journal*, 108(8) : 354-358.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G.R., Merenstein, D.J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R.B., Flint, H.J., Salminen, S., Calder, P.C., & Sanders, M.E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 11(8) : 506-514.
- Holzapfel, W. H., & Schillinger, U. (2002). Introduction to pre and probiotics. *Food Research International*, 35 : 109-116.
- Holzapfel, W.H., & Wood, B.J.B. (1995). Lactic acid bacteria in contemporary perspective. In B. J. B. Wood (Ed.), *The genera of lactic acid bacteria* (pp. 1-6). Springer, Boston, MA.
- Hwanhlem, N., Watthanasakphuban, N., Riebroy, S., Benjakul, S., H-Kittikun, A., & Maneerat, S. (2010). Probiotic lactic acid bacteria from Kung-Som: Isolation screening, inhibition of pathogenic bacteria. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(3) : 594-601.
- Kaur, A.P., Bhardwaj, S., Dhanjal, D.S., Nepovimova, E., Cruz-Martins, N., Kuča, K., Chopra, C., Singh, R., Kumar, H., Sen, F., Kumar, V., Verma, R., & Kumar, D. (2021). Plant prebiotics and their role in the amelioration of diseases. *Biomolecules*, 11(3) : 1-25.
- Larrauri, J. A., Ruperez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Mango peel fibres with antioxidant activity. *Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung*, 205 : 39-42.

- Lilley, D.M. & Stillwell, R.H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(36-59): 747–748.
- Manshor, M.R., Anuar, H., Nur Aimi, M.N., Ahmad Fitrie, M.I., Wan Nazri, W.B., Sapuan, S.M., El-Shekeil, Y.A., & Wahit, M.U. (2014). Mechanical, thermal and morphological properties of durian skin fibre reinforced PLA biocomposites. *Materials and Design*, 59 : 279-286.
- Mountzouris, K.C., Tsitsikos, P., Palamidi, I., Arvaniti, A., Mohnl, M., Schatzmayr, G., & Fegeros, K. (2010). Effects of probiotic inclusion levels in broiler nutrition on growth performance, nutrient digestibility, plasma immunoglobulins, and cecal microflora composition. *Poultry Science*, 89(1) : 58–67.
- Oliveira, F., Ferreira, C., & Santos, M. (2021). Soybean meal as a dietary fiber in aquaculture systems: Impact on fish growth and water quality parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(8) : 2334-2340.
- Pérez-Sánchez, T., Ruiz, P., & Vargas-Chacoff, L. (2020). Probiotic use in shrimp aquaculture: A study on *Penaeus monodon* immunity and growth response to probiotic supplementation. *Journal of Aquaculture Nutrition*, 36(5) : 344-356.
- Plaza-Diaz, J., Ruiz-Ojeda, F.J., Gil-Campos, M., & Gil, A. (2019). Mechanisms of Action of Probiotics. *Advances in Nutrition*, 10 : S49–66. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy063>.
- Rahman, A., Abdullah, N., & Osman, A. (2019). Prebiotic potential of banana fiber and its impact on gut microbiota composition. *Food and Nutrition Research*, 63(2) : 215-227.
- Rodriguez, R., Jiménez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R., & Heredia, A. (2006). Dietary fibre from vegetable products as a source of functional ingredients. *Trends in Food Science and Technology*, 17(1) : 3-15.
- Tan, J., Lim, S., & Wong, P. (2020). Durian fiber as a prebiotic: Effects on gut microbiota and short-chain fatty acid production in rats. *Journal of Functional Foods*, 68 : 103-115.
- Toledo, N., Ferrer, J., & Bórquez, R. (2010). Drying and storage stability of a probiotic strain incorporated into a fish feed formulation. *Drying Technology: An International Journal*, 28(4) : 508-516.
- Vasiljevic, T., & Shah, N.P. (2008). Probiotics from Metchnikoff to bioactives. *International Dairy Journal*, 18(7): 714-728.
- Wang, Y., Li, J., Lin, H., & Zhang, X. (2019). Effects of dietary probiotic supplementation on growth performance and immune response in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 50(3) : 745-754.
- Zhang, L., Wang, Y., & Liu, J. (2018). Coconut husk fiber as a prebiotic in aquaculture: Benefits for fish growth and water quality maintenance. *Aquaculture Research*, 49(6) : 745-753.
- Zhou, X., Wang, Y., & Zheng, X. (2021). Suboptimal levels of probiotic supplementation fail to enhance growth and immune parameters in fish. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 52(1) : 189-196.