



# สรุปผลปฏิบัติงานวิจัย

โครงการพัฒนาอาหารสำเร็จเพื่อการผลิตหอยเป่าฮือ  
เชิงพาณิชย์

สำนักวิชาการ

สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง

กรมประมง

## สารบัญ

	หน้า
บทนำ	
ความสำคัญและที่มา	3 - 4
วัตถุประสงค์	4
ระยะเวลาโครงการ	5
งบประมาณ	5
กิจกรรมการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในหอยเป่าฮื้อ	
การดำเนินการวิจัย	6
ระเบียบวิธีวิจัย	7 - 12
ลำดับบทสรุปงานวิจัย	
คุณค่าทางโภชนาการของวัสดุอาหาร สหรัยและเนื้อหอยเป่าฮื้อ	13
ศึกษาความต้องการ โภชนาการของหอยเป่าฮื้อ	13 - 19
ศึกษาชนิดของสารเหนียวในอาหาร	20
อาหารพ่อแม่พันธุ์	21 - 23
สูตรอาหารแนะนำ	24
เอกสารอ้างอิง	25

## ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

หอยเป๋าฮื้อ หรือหอยโข่งทะเล จัดเป็นอาหารในกลุ่ม luxury food หรือเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งมีราคาแพง ที่วางจำหน่ายในปัจจุบันจะเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง หรือจำหน่ายในภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีราคาสูง ทั้งนี้เนื่องจากหอยเป๋าฮื้อมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในสัดส่วนที่สูงและมีคุณค่าทางอาหารต่างจากสัตว์น้ำชนิดอื่น ซึ่งชาวจีนมีความเชื่อว่าเป็นอาหารบำรุงกำลังเป็นเวลานานกว่า 1500 ปี มาแล้ว ในขณะที่เริ่มมีความสำคัญทางเศรษฐกิจในระดับโลกเมื่อประมาณ 30 กว่าปีที่ผ่านมา

ก่อนปี 2524 เป๋าฮื้อที่ขายในตลาดโลก เป็นพันธุ์จากประเทศเม็กซิโก, สหรัฐอเมริกา, ออสเตรเลีย โดยสายพันธุ์ที่จับมาขายนี้คือ Red abalone (*Haliotis rufescens*), Green abalone (*H. fulgens*), black lip abalone (*H. rubra*) และอื่น ๆ ต่อมาผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากธรรมชาติมีปริมาณลดลงจาก 28,000 ตันในปี 1968 เหลือ 11,500 ตัน ในปี 1997 ทั้งนี้เนื่องจากราคาที่สูงของหอยเป๋าฮื้อ ได้จูงใจให้มีการจับหอยเป๋าฮื้อมาจำหน่ายมากขึ้น ดังนั้นนักอนุรักษ์ได้เสนอความคิดที่จะไม่อนุญาตให้จับหอยเป๋าฮื้อขนาดต่ำกว่า 5 นิ้วจากทะเลมาขายหรือบริโภค จึงมีการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงและหาสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงมากขึ้น โดยเฉพาะทางแถบประเทศในเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น, จีน ซึ่งเลี้ยง *H. discus hannai* และ *H. discus* ซึ่งจัดเป็นสายพันธุ์ในเขตหนาว ส่วน *H. diversicolor supertexta* เป็นหอยเขตอบอุ่น ซึ่งเลี้ยงในไต้หวัน สำหรับในประเทศไทย เวียดนาม อินโดนีเซีย ไทยและฟิลิปปินส์นั้น จับหอยเป๋าฮื้อชนิด *H. asinina* และ *H. ovina* ซึ่งมีขนาดโตเต็มที่ยาว 10 และ 8 เซนติเมตร ตามลำดับ มาขายในเชิงพาณิชย์ จึงทำให้เกิดตลาดใหม่ที่เรียกว่า Cocktail abalone ซึ่งมีขนาด 20-50 กรัมต่อตัว หรือ 20-50 ตัวต่อกิโลกรัม ใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 1 ปี เหมาะสำหรับทำอาหารหลากหลายชนิดทั้งอาหารยุโรป อาหารจีนหรืออาหารญี่ปุ่น

จากข้อมูลผลผลิตของหอยเป๋าฮื้อที่ได้จากการเพาะเลี้ยง โดย FAO, 1998 พบว่าเฉพาะประเทศจีน-ไต้หวัน ประเทศเดียวที่มีการเพาะเลี้ยงและมีผลผลิตเพิ่มขึ้นเกือบทุกปี และในปี 1996 มีผลผลิตหอยเป๋าฮื้อจากการเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้นอีก 4 ประเทศคือ ประเทศชิลี เกาหลี เม็กซิโกและสหรัฐอเมริกา ในปัจจุบันผู้ผลิตหอยเป๋าฮื้อรายใหญ่ของโลกคือ ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น จีน-ไต้หวัน เม็กซิโกและนิวซีแลนด์ และผลผลิตโดยรวมของหอยเป๋าฮื้อทั่วโลกมีประมาณ 12,968 ตันต่อปี ถึงแม้ว่าผลผลิตจากการเพาะเลี้ยงจะเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตโดยรวมยังคงลดลง ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตจากการจับจากแหล่งธรรมชาติได้ลดลง ประกอบกับความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้น ทำให้ราคาของหอยเป๋าฮื้อไม่ได้ลดลงตามไปด้วย สำหรับข้อมูลด้านการบริโภคนั้น การบริโภคหอยเป๋าฮื้อคิดเป็นมูลค่า 750 ล้านบาทต่อปี ในขณะที่มีการบริโภคในเอเชียเป็นมูลค่าสูงถึง 7,500-10,000 ล้านบาทต่อปี โดยมีตลาดใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น ฮองกง จีน ไต้หวัน (FAO 1998)

เนื่องจากหอยเป่าอ้อมีราคาดี ตลาดอยู่ในเอเชีย และประเทศไทยสามารถเพาะพันธุ์และเลี้ยงได้ ดังนั้นหอยเป่าอ้อมี จึงเป็นสัตว์น้ำชนิดใหม่ที่มีอนาคตดีและเหมาะแก่การเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ ซึ่งหอยเป่าอ้อมีที่พบในประเทศไทยนั้นมี 3 สายพันธุ์ คือ *H. asinina*, *H. ovina* และ *H. varia* มีขนาดความยาวเปลือก 10,8 และ 6 เซนติเมตรตามลำดับ และมีอัตราส่วนเนื้อ 85, 40 และ 30% ตามลำดับ สำหรับชนิด *H. asinina* นั้นมีการเจริญเติบโตดีกว่าอีก 2 ชนิด และกรมประมงสามารถเพาะพันธุ์ได้สำเร็จตั้งแต่ปี 2532 (ชานินทร์, 2532)

การส่งเสริมการเลี้ยงหอยเป่าอ้อมีระดับเชิงพาณิชย์เพื่อการส่งออกนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยในสาขาอาหารเพื่อสนับสนุนการเลี้ยงและการผลิตหอยเป่าอ้อมีภายในประเทศ เพราะข้อมูลความรู้เรื่องอาหารสำเร็จมีจำกัดทำให้ต้องพึ่งพาอาหารธรรมชาติจำพวกสาหร่าย ซึ่งมีความเสี่ยงค่อนข้างสูง เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปริมาณและคุณภาพได้ ทำให้ผลผลิตหรือคุณภาพหอยเป่าอ้อมีมีความไม่แน่นอน การผลิตอาหารสำเร็จเพื่อส่งเสริมการเลี้ยงหอยเป่าอ้อมีเชิงพาณิชย์จึงเป็นสิ่งจำเป็นทั้งเพื่อทดแทนสาหร่าย และเพื่อให้หอยเป่าอ้อมีได้อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนและมีระดับสารอาหารต่าง ๆ ในภาวะที่สมดุลและเพียงพอต่อความต้องการ นอกจากนี้ต้นทุนผันแปรหลักในการผลิตหอยเป่าอ้อมีมีค่าสูงถึง 50-60% ของต้นทุนผันแปรทั้งหมด ดังนั้นการวิเคราะห์ห่วงโซ่ประกอบทางเคมีทั้งในตัวหอยและในอาหารธรรมชาติของหอยเป่าอ้อมี เพื่อนำมาประเมินชนิดของสารอาหารที่จำเป็นมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอ้อมี การศึกษาถึงชนิดและระดับสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาคุณภาพพ่อแม่พันธุ์ของหอยเป่าอ้อมี รวมทั้งการศึกษาวัตถุคิบบนอาหารที่จะช่วยพัฒนาความคงตัวของอาหาร จึงเป็นปัจจัยสำคัญทั้งในด้านการพัฒนาคุณภาพอาหารและลดต้นทุนการผลิตหอยเป่าอ้อมี

## วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ของโครงการพัฒนาอาหารสำเร็จเพื่อการผลิตหอยเป่าอ้อมีเชิงพาณิชย์ สามารถแยกย่อยออกได้ตามจุดมุ่งหมายหลักของโครงการย่อยที่ประกอบเป็นโครงการใหญ่ ได้ดังต่อไปนี้

1. เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของหอยเป่าอ้อมีชนิดนี้ และสูตรอาหารที่มีราคาต่ำและเหมาะสมต่อการที่จะใช้เพื่อส่งเสริมการเลี้ยงหอยเป่าอ้อมีเชิงพาณิชย์ (Least cost feed formulation)
2. เพื่อศึกษาอาหารของพ่อแม่พันธุ์หอยเป่าอ้อมีที่มีประสิทธิภาพต่อการเพิ่มปริมาณไข่ คุณภาพของไข่และลูกหอย ตลอดจนอัตราการลงเกาะและอัตราการรอดของลูกหอย
3. เพื่อถ่ายทอดผลงานวิจัยให้เกษตรกรนำไปผลิตอาหารสำเร็จใช้เอง

## ระยะเวลาโครงการและหน่วยงานดำเนินการ

ระยะเวลาโครงการ	:	2 ปี 11 เดือน (ปีงบประมาณ 2542-2545)
ตั้งแต่	:	เดือนพฤศจิกายน 2542-กันยายน 2545
คณะทำงานวิจัย	:	นางมะลิ บุญยรัตผลิน นายทวี โรจนสารัมภกิจ นายชูชาติ ชัยรัตน์ น.ส. สุพิศ ทองรอด นายสกันธ์ แสงประดับ นายธเนศ พุ่มทอง น.ส. มณฑกานติ ท้ำมตัน นายอัครา ไชยมงคล นายชูศักดิ์ บริสุทธิ์
หน่วยงานดำเนินการ	:	สำนักวิชาการ ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสงขลา กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ

## งบประมาณ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
เป็นเงิน 2,854,400 บาท

## 2 กิจกรรมการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาอาหารสำเร็จรูปในหอยเป่าฮื้อ

ในส่วนของการศึกษาวิจัยได้แบ่งขอบเขตการวิจัยออกเป็น 4 กิจกรรมหลักและมีหัวข้อเรื่องที่ทำการศึกษาดังในตารางที่ 2 เพื่อให้ได้ความรู้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ที่ได้วางไว้ อันจะนำไปสู่การพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมเพื่อการเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ กล่าวคือ ทำให้อัตราการรอดตายของหอยเป่าฮื้อสูง มีการเจริญเติบโตดี และมีต้นทุนการผลิตต่ำ เพื่อใช้ในการส่งเสริมการเลี้ยงหอยเป่าฮื้อเชิงพาณิชย์ของประเทศไทยต่อไป

### การดำเนินการวิจัย

แบ่งออกได้เป็น 4 กิจกรรมหลัก ดังนี้

- กิจกรรมที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กรดไขมันและกรดอะมิโนของวัสดุอาหารที่ใช้ผลิตอาหารทดลอง อาหารธรรมชาติ (สาหร่ายชนิดต่าง ๆ) และในหอยเป่าฮื้อ
- กิจกรรมที่ 2 การศึกษาวิจัยความต้องการทางโภชนาการของหอยเป่าฮื้อ
- กิจกรรมที่ 3 การศึกษาชนิดของสารเหนียว (Binder) ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารหอยเป่าฮื้อ
- กิจกรรมที่ 4 การศึกษาอาหารพ่อแม่พันธุ์หอยเป่าฮื้อ

### 1 ระบบบ่อดองและการจัดการ

งานวิจัยด้านการศึกษาความต้องการทางโภชนาการของหอยเป่าฮื้อ ซึ่งดำเนินการที่ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์, สถาบันวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง และสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ



ชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี จะเลี้ยงหอยที่อัตราความหนาแน่นเดียวกัน คือ 50 ตัวต่อกระชัง โดยภาชนะสำหรับเลี้ยงหอยเป่าฮื้อจะเป็นกระชังรูปทรงคล้ายชะลอม (รูปภาพที่ 1) ทำด้วยตาข่ายพลาสติกสีดำขนาดตา 1 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ซึ่งเชื่อมต่อโดยรอบกับมุ้งอวนสีฟ้าสูง 40 เซนติเมตร และร้อยด้วยเชือกไนลอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เพื่อให้ผู้กรวบปากกระชังกันหอยหลบหนี และแขวนไว้ในบ่อเลี้ยง ภายในกระชังมีแผ่น PVC ขนาด 28.5 X 38 เซนติเมตร ที่ตรงกลางแผ่นเป็นมุม 90 องศา ในลักษณะคล้ายรูปหน้าจั่ว เพื่อให้เป็นที่หลบของหอย แต่มีความแตกต่างกันในด้านระบบเลี้ยงและระบบน้ำซึ่งจะขึ้นกับความเหมาะสมของแต่ละสถานที่ที่ดำเนินการทดลอง

รูปภาพที่ 1 ภาชนะเลี้ยงหอยเป่าฮื้อ

โดยระบบที่สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรีจะใช้ระบบเลี้ยงแบบกึ่งปิด โดยมีสาหร่ายหลายชนิดช่วยในการบำบัดน้ำ เช่น สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera*) สาหร่ายหนาม (*Acanthophora spicifera*) และสาหร่ายกลวง (*Solieria robusta*) โดยบ่อดองจะเป็นบ่อดองกริด ขนาด 25 ตัน มีปริมาตรน้ำ 20 ตัน ในบ่อมีท่อลมที่พื้นบ่อ และมีการหมุนเวียนน้ำระหว่างบ่อเลี้ยงหอยและบ่อสาหร่าย มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหรือเติมน้ำเดือนละ 1-2 ครั้ง และในบางการศึกษาซึ่งเป็นช่วงที่สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ก็จะเสริมด้วยระบบการบำบัดน้ำด้วยโอโซนตามแบบของอนันต์ (2541) โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยสาหร่ายจะวนไปลดปริมาณเชื้อสะสมในบ่อโอโซน ซึ่งอากาศที่อัดลงสู่บ่อนี้จะผ่านเครื่องกำเนิดโอโซน จากนั้นจะวนน้ำจากบ่อโอโซนซึ่งผ่านบ่อพักแล้วไปเลี้ยงหอย

สำหรับระบบการเลี้ยงที่ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ จะเลี้ยงหอยในบ่อดองกริด มีความจุน้ำ 7 ตัน มีอัตราการไหลของน้ำ 1 ลิตรต่อนาทีและบ่อซึ่งมีความจุน้ำ 13 ตัน มีอัตราการไหลของน้ำ 4 ลิตรต่อนาที โดยวางท่อให้อากาศที่พื้นบ่อ 2 แนวขนานกันตามความยาวบ่อ

ที่สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา ทำการเลี้ยงหอยในบ่อดองกริดขนาดประมาณ 15 ตัน มีปริมาตรน้ำ 10.5 ตัน ใช้ระบบน้ำแบบไหลผ่านตลอด ในอัตรา 2.7 ลิตรต่อนาทีหรือคิดเป็นอัตราการแทนที่ด้วยน้ำใหม่ 23 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน มีการดูดตะกอนที่ก้นบ่อทุกวัน และเปลี่ยนถ่ายน้ำ 25-30% สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกแห่งทดลองจะให้อาหารวันละ 1 ครั้งในตอนเย็น ปริมาณ 1-2% ของน้ำหนักหอย

ระหว่างการศึกษา จะมีการตรวจวัดคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ความเค็ม อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง ความเป็นด่าง แอมโมเนียรวม และไนไตรท์ สัปดาห์ละครั้ง และบันทึกอาหารที่หอยกินจริงและจำนวนหอยที่ตายในแต่ละวัน และชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมดของหอย และนับจำนวนหอยเดือนละครั้ง มีระยะเวลาการเลี้ยงระหว่าง 6-10 เดือน

## 2อาหารทดลอง

ดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่จะนำมาเป็นส่วนผสมของอาหารและนำผลที่ได้มาสร้างสูตรอาหารโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ให้ได้สูตรตามหัวข้อวิจัยที่ได้วางแผนไว้ โดยสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา เป็นผู้ดำเนินการผลิตอาหารทุกสูตรที่ใช้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

### วัตถุดิบ

ตารางที่ 1 แสดงวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตอาหาร จำแนกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ

1. กลุ่มวัตถุดิบที่เป็นสารอาหารหลัก ใช้เป็นส่วนผสมอาหารทดลองมี 7 ชนิด ดังนี้	1.1 กากถั่วเหลือง (Soybean meal) 1.2 รำถั่วเขียว 1.3 ถั่วเหลืองไม่สกัดน้ำมัน 1.4 คอนกลูเท็น (corn gluten) 1.5 สไปรูลิน่า ( <i>Spirulina</i> ) 1.6 หวีดกลูเท็น 1.7 โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein concentrate) 1.8 สาหร่ายพมมานาง ( <i>Gracilaria fisheri</i> )
2. กลุ่มวัตถุดิบที่เป็นชนิดของน้ำมัน มี 6 ชนิด ดังนี้	2.1 น้ำมันปลาทูน่า 2.2 น้ำมันรำ 2.3 น้ำมันงา 2.4 น้ำมันถั่วเหลือง 2.5 น้ำมันปาล์ม 2.6 น้ำมันหมู
3. กลุ่มวัตถุดิบจำพวกคาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ	3.1 แป้งข้าวโพด 3.2 แป้งข้าวเจ้า 3.3 แป้งมันสำปะหลัง 3.4 modified starch 3.5 วิตามินชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ผสมเป็นวิตามินรวมสำหรับอาหารทดลองของโครงการ 3.6 แร่ธาตุชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ผสมเป็นแร่ธาตุรวมสำหรับอาหารทดลองในโครงการ

### ขั้นตอนการผลิตอาหาร

การผลิตอาหารทดลองเป็นการผลิตระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้เครื่องมือขนาดเล็กและผลิตเพียง 5 กิโลกรัม โดยประมาณต่อครั้ง มีขั้นตอนดังในรูปภาพประกอบ



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำอาหารทดลอง



ภาพที่ 2 วัสดุอาหารที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 3 และ 4 ชั่งวัสดุอาหาร (แห้ง) ที่ใช้ในการทดลอง แล้วใส่รวมกันในถุงพลาสติก เขย่ารวมกันภายในถุงให้เข้ากันดี และผสมโดยใช้เครื่องผสมนาน 5 นาที



ภาพที่ 5 และ 6 นำสารละลายมาบดละเอียด และต้มสุกก่อนนำมาผสมกับวัสดุอาหารแห้ง



ภาพที่ 7 เดิมสารอาหารที่เป็นของเหลว เช่น น้ำมัน เล ซิทิน



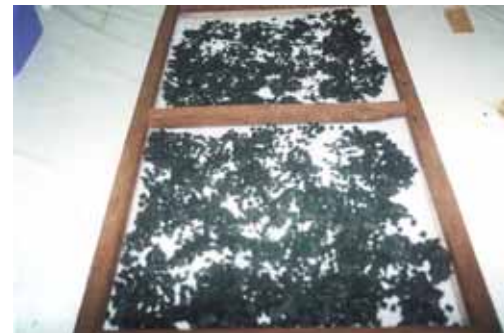
ภาพที่ 8 เดิมสารอาหารผงบางที่บดและคั้นแล้วตาม ปริมาณที่ต้องการใช้ ผสมลงในโถผสมอาหาร



ภาพที่ 9 และ 10 ผสมสารอาหารให้เข้ากันดี แล้วบดอาหาร โดยใช้เครื่องบดเป็นเส้น เพื่อให้อาหารละเอียดและ ผสมเข้ากันดีอีกครั้ง



ภาพที่ 11 และ 12 นำส่วนผสมบดเป็นแผ่นโดยใช้ท่อพีวีซี และตัดอาหารเป็นแผ่นรูปสี่เหลี่ยม ให้มีขนาดตาม ต้องการ



ภาพที่ 13 และ 14 อาหารที่ตัดแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งมี ความชื้นไม่เกิน 10 %

### 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในวัสดุอาหาร และเนื้อหอยเป่าอื้อ

ตัวอย่างสดทั้งสาหร่ายและเนื้อหอยเป่าอื้อ จะนำมาบดและทำให้แห้งด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิเยือกแข็ง (Freeze-dried) ก่อนทำการวิเคราะห์ วัตถุประสงค์ทั้งหมด (ยกเว้นน้ำมัน) จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ไฟเบอร์และความชื้น และวิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโนและองค์ประกอบกรดไขมัน ส่วนวัตถุประสงค์ที่เป็นน้ำมันจะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน

การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารอย่างหยาบหรือเบื้องต้นใช้วิธี AOAC (AOAC, 1980) และวิเคราะห์ปริมาณไขมันด้วยวิธีของ Folch *et al.* (1957) และองค์ประกอบกรดไขมันโดยขบวนการ Transesterification (Christie, 1987) และวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันด้วยเครื่อง Gas Liquid Chromatography (GLC) ยี่ห้อ Shimadzu model GA 14 ใช้ Capillary Column ทำการวิเคราะห์ที่สถาบันวิจัยอาหารสัตว์น้ำจืด กรมประมง

การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดอะมิโน ที่บริษัท Ajinomoto Co., (Thailand) Ltd. PPD Factory ตามวิธีของ Spindler *et al.* (1984) โดยใช้เครื่อง Amino acid analyzer ยี่ห้อ Hitashi 835-30 เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณ นอกจากนั้นทำการวิเคราะห์ Tryptophan ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ฝ่ายบริการ ตามวิธีของ Matheson (1974) และใช้ Spectrophotometer วิเคราะห์ปริมาณโดยเปรียบเทียบจากค่า Standard curve

ตารางที่ 2 แสดงผลการดำเนินงานวิจัย

ลำดับที่	ชื่อเรื่อง	หน่วยปฏิบัติ*
1	<b>คุณค่าทางโภชนาการของวัสดุอาหาร สาหร่ายและเนื้อหอยเป่าอื้อ</b> 1.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กรดไขมันและกรดอะมิโนในพันธุ์หอยจากธรรมชาติ และในวัสดุอาหารที่ใช้เป็นแหล่งกรดไขมัน และโปรตีน	กอส.
2	<b>ศึกษาความต้องการโภชนาการอาหาร</b>	
2.1	<b>โปรตีน</b> 2.1.1 ระดับของโปรตีนที่เหมาะสมในอาหารหอยเป่าอื้อ 2.1.2 การแทนที่สาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยคอนกลูแทนในอาหารหอยเป่าอื้อ 2.1.3 การแทนที่สาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยโปรตีนถั่วเหลืองในอาหารหอยเป่าอื้อ 2.1.4 การแทนที่หิดกลูแทนด้วยรำถั่วเขียวในอาหารหอยเป่าอื้อ 2.1.5 ผลของสาหร่ายผสมนางต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหารและอัตราการรอดของหอยเป่าอื้อ	พจ.พบ. ศพช.ปช. ศพช.ปช. สวพ. ศพช.ปช.
2.2	<b>ไขมัน</b> 2.2.1 ชนิดของไขมันต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ 2.2.2 อัตราส่วนไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ 2.2.3 อัตราส่วนกรดไขมันโอเมก้า 3 (n-3) และ โอเมก้า 6 (n-6) ที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ	สพจ.พบ. สพจ.พบ. ศพช.ปช.
2.3	<b>คาร์โบไฮเดรต</b> 2.3.1 ผลของแหล่งคาร์โบไฮเดรตต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหาร และอัตราการรอดของหอยเป่าอื้อ	สวพ.
2.4	<b>วิตามินและสารอาหารอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ</b> 2.4.1 ผลของวิตามินรวม โคลสเตอรอล เลซิธิน บีเอชที (BHT) ซีโอไลท์และสาหร่ายผสมนางต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหารและอัตราการรอดของหอยเป่าอื้อ 2.4.2 ระดับของวิตามินรวมที่เหมาะสมในอาหารหอยเป่าอื้อ 2.4.3 ความต้องการโคลินคลอไรด์ อีโนซิทอล และวิตามินซีในอาหารหอยเป่าอื้อ	ศพช.ปช. สวพ. ศพช.ปช.
2.5	<b>พลังงาน</b> 2.5.1 ศึกษาระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารหอยเป่าอื้อ	ศพช.ปช.
3	<b>ศึกษาชนิดของสารเหนียว</b> 3.1 ชนิดของสารเหนียวต่อคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารหอยเป่าอื้อ 3.2 ศึกษาผลของชนิดของสารเหนียวในอาหารต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ	สวพ. สวพ.
4	<b>อาหารพ่อแม่พันธุ์</b> 4.1 ผลของอาหารสำเร็จและสาหร่ายผสมนางต่อคุณภาพไข่และตัวอ่อนของหอยเป่าอื้อ 4.2 ผลของแหล่งโปรตีนต่อคุณภาพเซลล์สืบพันธุ์และอัตราการรอดของหอยเป่าอื้อ 4.3 ผลของ n-3 HUFA ต่อการวางไข่ ปริมาณและคุณภาพไข่ 4.4 ผลของวิตามินอี ต่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ปริมาณและคุณภาพไข่ของหอยเป่าอื้อ 4.5 ผลของเลซิทินต่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ปริมาณและคุณภาพไข่ของหอยเป่าอื้อ	ศพช.ปช. ศพช.ปช. ศพช.ปช. ศพช.ปช. ศพช.ปช.
5	<b>อาหารสูตรแนะนำ</b> เปรียบเทียบอาหาร 2 สูตร ระหว่างราคาแพงและราคาถูก เพื่อหาอาหารสูตรแนะนำ	สวพ.

หมายเหตุ \* กอส. หมายถึง กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ, ศพช. ปช. หมายถึง ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ประจวบคีรีขันธ์, สพจ.พบ. หมายถึง สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี และ สวพ. หมายถึง สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

### 3 ลำดับบทสรุปงานวิจัย

#### 1. คุณค่าทางโภชนาการของวัสดุอาหาร, สาหร่ายและเนื้อหอยเป่าอื้อ

เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กรดไขมันและกรดอะมิโน ในวัตถุดิบอาหาร,สาหร่าย และเนื้อหอยเป่าอื้อเพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการทดลองเรื่องความต้องการทางโภชนาการ เช่น ระดับโปรตีน กรดอะมิโน กรดไขมันของหอยเป่าอื้อและการนำผลวิเคราะห์มาใช้ในการสร้างสูตรอาหารทดลอง นอกจากนี้ข้อมูลทางโภชนาการของวัตถุดิบอาหารสามารถนำมาอธิบายผลการทดลองที่ได้จากการเลี้ยงโดยใช้วัตถุดิบอาหารชนิดต่าง ๆ กัน อีกทั้งยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาหาวิธีปรับปรุงคุณภาพวัตถุดิบอีกด้วย

##### (1) วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารอย่างหยาบของวัสดุอาหาร

###### มะลิ บุญยรัตผลินและสุพิศ ทองรอด

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของวัตถุดิบที่เป็นสารอาหารหลัก ซึ่งได้แก่ แป้ง, แหล่งโปรตีนจากพืชจำนวน 7 ชนิด คือ กากถั่วเหลือง, รำถั่วเขียว, ถั่วเหลืองไม่สกัดน้ำมัน, คอนกลูเท็น, สไปรูลิน่า, หวีดกลูเท็น, โปรตีนถั่วเหลือง, ไขมันจากแหล่งต่าง ๆ 6 แหล่ง คือ น้ำมันปลา, น้ำมันรำ, น้ำมันงา, น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันปาล์ม และน้ำมันหมู กลุ่มวัตถุดิบที่จัดเป็นอาหารธรรมชาติของหอยเป่าอื้อ ซึ่งได้แก่ สาหร่าย 3 ชนิด ซึ่งรวบรวมจากบ่อน้ำบาดน้ำทางชีวภาพของสถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี คือ สาหร่ายผมนาง (*Gracillaria fisheri*), สาหร่ายหนาม (*Acanthophora spicifera*) และสาหร่ายฮิบเนีย (*Hypnea sp.*) และวิเคราะห์เนื้อหอยเป่าอื้อ (*H. asinina* Linne) จากแหล่งธรรมชาติ บริเวณเกาะลิบง จังหวัดตรัง

ซึ่งสรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่าในอาหารธรรมชาติ สไปรูลิน่ามีองค์ประกอบกรดอะมิโนใกล้เคียงกันกับในหอยเป่าอื้อมากที่สุด รองลงมาได้แก่สาหร่ายหนาม สาหร่ายผมนาง และฮิบเนีย ตามลำดับ โดยมีองค์ประกอบกรดอะมิโนที่มีปริมาณน้อยกว่าในหอยเป่าอื้อ 2,3,12 และ 15 ชนิด ตามลำดับ ในส่วนขององค์ประกอบกรดไขมันที่พบในวัสดุอาหารมีกรดไขมันทั้งกลุ่ม n-3 และ n-6 และมีอัตราส่วน n-3/n-6 เท่ากับ 0-0.34 แต่องค์ประกอบกรดไขมันของสาหร่ายซึ่งเป็นอาหารธรรมชาติของหอยเป่าอื้อ พบเฉพาะในสาหร่ายหนามที่มีกรดไขมันทั้งกลุ่ม n-6, และ n-3 และโดยเฉพาะมีกรดไขมัน n-3 HUFA ชนิด 20:5n-3 อยู่ในปริมาณ 2.44% และอัตราส่วน n-3/n-6 มีค่าเท่ากับ 0.83 ซึ่งใกล้เคียงกับที่พบในเนื้อหอยเป่าอื้อ (0.74) และเป็นค่าที่สูงกว่าวัสดุอาหารและสาหร่ายชนิดอื่น

#### 2. ศึกษาความต้องการโภชนาการของหอยเป่าอื้อ

ดำเนินการศึกษาความต้องการทางโภชนาการในอาหารของหอยเป่าอื้อ เช่น ชนิดและปริมาณของโปรตีนที่เหมาะสม ชนิดของไขมันและปริมาณกรดไขมันในอาหาร ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตในอาหาร และพลังงานในอาหารที่เหมาะสมต่อการ

เจริญเติบโตและอัตราการรอดของหอยเป่าฮื้อ ซึ่งผลการศึกษาจะนำมาประมวลสร้างสูตรอาหารของหอยเป่าฮื้อ และนำไปสู่การส่งเสริมการผลิตเพื่อใช้เลี้ยงเชิงพาณิชย์ต่อไป

## 2.1 โพรตีน

โปรตีนเป็นสารอาหารหลักในสัตว์น้ำและจัดเป็นต้นทุกหลักในการผลิตอาหารด้วย เพราะมีราคาสูงและใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารในปริมาณมาก ซึ่งระดับของโปรตีนในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต อัตราแลกเปลี่ยนและอัตราการรอดของสัตว์น้ำโดยทั่วไป หากระดับของโปรตีนในอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการจะทำให้สัตว์น้ำโตช้า อัตราการแลกเปลี่ยนสูงและอัตราการรอดต่ำ แต่ถ้ามีระดับที่สูงกว่าความต้องการสัตว์น้ำก็จะนำไปใช้เป็นพลังงานหรือขับถ่ายออกมาในรูปของแอมโมเนีย ซึ่งต้องใช้พลังงานในขบวนการดังกล่าว ซึ่งจัดว่าเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจและมีผลต่อสภาพแวดล้อม

### หัวข้อวิจัย

#### (1) ผลของสารรัยผสมนางต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหารและอัตราการรอดของหอยเป่าฮื้อ

##### สภนธ์ แสงประดับ ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

เนื่องจากสารรัยผสมนางเป็นอาหารธรรมชาติ ดังนั้นปริมาณจึงขึ้นกับฤดูกาลและสภาพแวดล้อม จึงอาจเป็นอุปสรรคต่อการผลิตอาหารเพื่อการเลี้ยงหอยเป่าฮื้อในเชิงพาณิชย์ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้สารรัยผสมนางในอาหาร อาหารทดลองมี 6 สูตร โดยมีระดับของสารรัยผสมนางเป็นองค์ประกอบในอาหารต่าง ๆ กัน 6 ระดับ คือ 0,2.5,5,10,15 และ 20% ตามลำดับ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าระดับของสารรัยผสมนางในอาหารระดับต่ำสุด ที่ให้ผลดีและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อเท่ากับ 2.5%

#### (2) ระดับของโปรตีนที่เหมาะสม

##### มนทกานติ ท้ำมดิน ชูชาติ ชัยรัตน์ สุพิศ ทองรอดและมะลิ บุญยรัตผลิน

จากผลการวิจัยเบื้องต้นของวิสาขา (2539) ซึ่งรายงานว่ปลาป่นไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารของหอยเป่าฮื้อ ในขณะที่รายงานฉบับเดียวกันนี้แนะนำว่กากถั่วเหลืองและสารรัยสไปรูลิน่าผสมกัน ในอัตราส่วน 4.4:1 เป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต แต่ไม่มีการศึกษาถึงระดับของโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮื้อ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงศึกษาระดับโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮื้อโดยใช้กากถั่วเหลืองและสารรัยสไปรูลิน่าผสมกัน ในอัตราส่วน 4.4:1 เป็นแหล่งโปรตีนและรักษาสัดส่วนของโปรตีนและระดับพลังงานให้คงที่ในทุกสูตรอาหารโดยแปรผันที่ปริมาณแป้งสุกหอยเป่าฮื้อได้รับอาหารสำเร็จรูป 5 สูตร ตามระดับโปรตีนที่แตกต่างกัน คือ 31,35,40,45 และ 47%

เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าระดับโปรตีนที่ให้การเจริญเติบโตสูงสุดอยู่ในช่วง 34.7-38.25% อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮื้อเมื่อได้รับอาหารที่มีโปรตีนในระดับ 35% เป็นระดับที่ยอมรับได้ทางสถิติ ดังนั้นสรุปได้ว่าระดับโปรตีนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับหอยเป่าฮื้อมีค่าเท่ากับ 35%

### (3) การแทนที่สาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยคอนกลูเท็น

รศ.นศ. พุ่มทอง สกนธ์ แสงประดับ ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

เนื่องจากสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดีแต่ราคาค่อนข้างแพงและเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตอาหารมีค่าสูง การศึกษาเพื่อหาวัตถุดิบที่มีราคาถูก เช่น คอนกลูเท็น ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับสไปรูลิน่า มาแทนที่สาหร่ายชนิดนี้ในสูตรอาหารเบื้องต้น จะเป็นการลดต้นทุนการผลิตอาหารและเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้วัตถุดิบชนิดอื่นทดแทน ซึ่งสาหร่ายสไปรูลิน่ามีโปรตีน 66% และ คอนกลูเท็นมีโปรตีน 61.12% ในขณะที่สาหร่ายสไปรูลิน่ามีองค์ประกอบของกรดอะมิโนจำเป็นชนิด arginine ต่ำกว่าในหอยเป่าฮื้อ แต่ในคอนกลูเท็นมี กรดอะมิโนที่ต่ำกว่าในหอยเป่าฮื้อ 2 ชนิด คือ Lysine และ arginine อาหารทดลองมี 5 สูตร ซึ่งมีระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากัน แต่ต่างกันที่ปริมาณ (%) ของสไปรูลิน่าและคอนกลูเท็น โดยมีสัดส่วน สไปรูลิน่า (%) ต่อคอนกลูเท็น (%) ดังนี้ 10:0, 7.5:2.6, 5.0:5.2 และ 2.5:10.9

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าอัตราส่วนของสไปรูลิน่า 7.5% ต่อคอนกลูเท็น 2.6% เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมทำให้หอยเป่าฮื้อมีการเจริญเติบโตดีที่สุดและมีอัตราแลกเนื้อต่ำสุด การเพิ่มคอนกลูเท็นในอาหารสูงกว่า 2.6% หรือมีปริมาณของสไปรูลิน่าในอาหารลดลงจาก 7.5 % ทำให้หอยเป่าฮื้อมีการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายสไปรูลิน่ามีคุณค่าทางอาหารต่อหอยเป่าฮื้อสูง

### (4) การแทนที่สไปรูลิน่าด้วยโปรตีนถั่วเหลือง

รศ.นศ. พุ่มทอง สกนธ์ แสงประดับ ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

โปรตีนถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหาร เช่น ระดับโปรตีน (61.28%) ใกล้เคียงกับคอนกลูเท็น (61.12%) แต่โปรตีนถั่วเหลืองมีองค์ประกอบกรดอะมิโน 4 ชนิด ที่มีค่าต่ำกว่าในเนื้อหอยเป่าฮื้อ คือ Glycine, Alanine, Cystine และ Isoleucine การศึกษานี้ใช้โปรตีนถั่วเหลืองแทนที่สาหร่ายสไปรูลิน่าในสัดส่วนที่ให้โปรตีนเท่ากัน และมีพลังงานเท่ากันในทุกสูตรอาหาร โดยใช้อาหารทดลอง 5 สูตร ซึ่งมีโปรตีน 35% และ ไขมัน 8% แต่ต่างกันที่ปริมาณ (%) ของสาหร่ายสไปรูลิน่าและโปรตีนถั่วเหลืองดังนี้ 10:0, 7.5:2.56, 5.0:5.11, 2.5:7.67 และ 0:10.23 ซึ่งสาหร่ายสไปรูลิน่ามีโปรตีน 66% และ โปรตีนถั่วเหลืองมีโปรตีน 61.28% เมื่อพิจารณาจากการเจริญเติบโต, ค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพโปรตีน พบว่าสามารถใช้โปรตีนถั่วเหลืองแทนที่สาหร่ายสไปรูลิน่าได้ในสัดส่วน 25%

## 2.2 ไขมัน

องค์ประกอบของอาหาร นอกจากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตแล้ว ไขมันเป็นสารอาหารอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญ นอกจากจะเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานแล้ว ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นที่สัตว์น้ำโดยทั่วไปต้องนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อและช่วยรักษาระดับความยืดหยุ่นของของเหลวในร่างกายด้วย โดยสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความต้องการกรดไขมันแตกต่างกัน ขึ้นกับแหล่งที่อยู่อาศัยและความสามารถในการสังเคราะห์กรดไขมันจากอาหารที่ได้รับ

## (1) ชนิดของไขมันต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮือ

สุพิศ ทองรอด ชูชาติ ชัยรัตน์ มณฑกานติ ท้ามดินและมะลิ บุญยรัตผลิน

ไขมันแต่ละชนิดมีองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันจำเป็นแตกต่างกัน การศึกษาถึงชนิดของไขมันที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮือจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ไขมันชนิดที่มีองค์ประกอบกรดไขมันที่จำเป็นต่อหอยเป่าฮือเป็นส่วนผสมในอาหารสำเร็จได้อย่างถูกต้อง โดยใช้อาหารทดลอง 5 สูตร ซึ่งมีชนิดไขมันต่าง ๆ กัน คือน้ำมันจากสัตว์ทะเล ได้แก่ น้ำมันปลา ซึ่งเป็นแหล่งของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 และโดยเฉพาะเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (n-3 HUFA) น้ำมันพืช 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันปาล์ม และน้ำมันรำข้าว ซึ่งมีกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 6 เป็นหลัก และน้ำมันจากสัตว์บก ได้แก่ น้ำมันหมู ซึ่งเป็นแหล่งของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า-6 และ โอเมก้า-9 เป็นหลัก ผลการทดลองพบว่าหอยเป่าฮือซึ่งได้รับสูตรอาหารที่มีน้ำมันปลาเป็นแหล่งไขมันให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดและมีอัตราแลกเนื้อต่ำสุด นอกจากนี้ยังพบว่าองค์ประกอบกรดไขมันในเนื้อหอยเป่าฮือที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมน้ำมันปลาประกอบด้วยกรดไขมันกลุ่ม n-3 โดยเฉพาะ n-3 HUFA ถึง 17.21% และมีอัตราส่วนกรดไขมัน n-3/n-6 ในเนื้อเท่ากับ 0.87 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับที่พบในหอยเป่าฮือจากธรรมชาติ (0.74) ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ให้อาหารทดลองโดยใช้น้ำมันพืชหรือน้ำมันหมูผสมนั้น พบว่ามีอัตราส่วน n-3/n-6 อยู่ระหว่าง 0.17-0.24 ซึ่งต่ำกว่าในหอยเป่าฮือธรรมชาติ

## (2) อัตราส่วนไขมันและคาร์โบไฮเดรตที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮือ

สุพิศ ทองรอด ชูชาติ ชัยรัตน์ มณฑกานติ ท้ามดินและมะลิ บุญยรัตผลิน

แหล่งของพลังงานในอาหารนั้นได้รับจากทั้งไขมัน, คาร์โบไฮเดรต และ โปรตีน แต่เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่มีราคาแพง ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตมีราคาถูกที่สุด การเพิ่มหรือลดปริมาณพลังงานในอาหารโดยแปรผันสัดส่วนของไขมันและคาร์โบไฮเดรต จะเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปมีประสิทธิภาพในการย่อยไขมันหรือคาร์โบไฮเดรตเพื่อสร้างพลังงานแตกต่างกัน และระดับพลังงานต่อหน่วยน้ำหนักของสารอาหารดังกล่าวก็แตกต่างกันด้วย การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างคาร์โบไฮเดรตและไขมันที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮือ โดยให้ระดับโปรตีนในอาหารคงที่ อาหารมี 5 สูตร ตามระดับของไขมันและคาร์โบไฮเดรตในอาหาร คือ 1.3:47.81, 5.83:43.37, 10.22:39.47, 14.77:36.11 และ 19.0:31.36 โดยแหล่งของไขมันในอาหารคือน้ำมันปลา และมีพลังงานในอาหารตั้งแต่ 3,832 ถึง 4,795 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ผลสรุปว่าระดับไขมันในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต โดยหอยเป่าฮือเจริญเติบโตได้ดีในอาหารที่มีระดับไขมันต่ำและมีคาร์โบไฮเดรตสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหอยเป่าฮือสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานหรือเพื่อการเจริญเติบโตได้ดี และสอดคล้องกับพฤติกรรมการกินอาหารในธรรมชาติของหอยเป่าฮือ ซึ่งมีรายงานว่าเป่าฮือเป็นอาหารจำพวกสาหร่ายซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากพืช จากผลการทดลองครั้งนี้พบว่า การเพิ่มระดับไขมันในอาหารสูงกว่า 5% ทำให้หอยเป่าฮือมีการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเนื่องมาจากพลังงานที่มากเกินไปหรือไม่ แต่จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าระดับไขมันที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 1.3-5.8%

(3) อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ที่เหมาะสมในอาหารต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ

มนทกานติ ท้ามติน, สุพิศ ทองรอด, ชูชาติ ชัยรัตน์ และมะลิ บุญยรัตผลิน

โดยทั่วไปกรดไขมันที่มีความสำคัญและจำเป็นต้องมีในอาหารนั้นอยู่ในกลุ่มโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ซึ่งจะถูกใช้ไปเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อและถูกนำไปใช้ในขบวนการสังเคราะห์สารต่าง ๆ โดยความต้องการกรดไขมันดังกล่าวแตกต่างกันในสัตว์น้ำแต่ละชนิด ซึ่งการให้อาหารที่มีกรดไขมันทั้ง 2 กลุ่มนี้เป็นองค์ประกอบให้ผลดีต่อการเจริญเติบโต และสำหรับสัตว์ทะเลพบว่ากรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 มีแนวโน้มสำคัญกว่ากลุ่มโอเมก้า 6 สำหรับกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 9 นั้น สัตว์น้ำสามารถสังเคราะห์ได้ภายในร่างกายและส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปเป็นพลังงาน การศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงชนิดของกรดไขมันที่จำเป็นและอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อ โดยให้หอยกินอาหาร 5 สูตร ซึ่งมีความแตกต่างกันตามสัดส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 3 และโอเมก้า 6 ดังนี้ 0.13, 0.19, 0.22, 0.35 และ 0.45 โดยใช้น้ำมันปลาและน้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งของไขมันเพื่อแปรผันสัดส่วนของกรดไขมันทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าว โดยมีน้ำมันปลา 0, 0.25, 0.57, 0.75 และ 1.0% และผสมน้ำมันถั่วเหลือง 0, 0.5, 0.15, 0 และ 0% ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าต้องเลี้ยงหอยเป่าอื้อเป็นระยะเวลาจนถึง 36 สัปดาห์จึงจะแสดงความแตกต่างของการเจริญเติบโตระหว่างชุดทดลอง และการเพิ่มอัตราส่วนของกรดไขมันโอเมก้า 3 ต่อโอเมก้า 6 ตั้งแต่ 0.13 ถึง 0.35 ทำให้หอยเป่าอื้อมีการเจริญเติบโตดีขึ้นตามลำดับ แต่ระดับที่มากกว่า 0.35 จะทำให้การเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อลดลง จึงสรุปได้ว่าสัดส่วนระหว่างกรดไขมัน 2 ชนิดที่ระดับ 0.35 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อที่สุด เนื่องจากให้ผลน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวและน้ำหนักเพิ่มสูงสุด

## 2.3 คาร์โบไฮเดรต

ตามที่ได้มีการรายงานว่าอาหารธรรมชาติของหอยเป่าอื้อคือสาหร่ายทะเล ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดและแตกต่างกันตามแหล่งที่อยู่อาศัยของหอยเป่าอื้อแต่ละสายพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าหอยเป่าอื้อมีแนวโน้มหรือเป็นสัตว์กินพืช ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพืชมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบในสัดส่วนที่สูง นอกจากนี้ วิสาขาและมะลิ (2539) ได้รายงานว่าสาหร่ายสไปรูลินาเป็นแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อมากกว่าโปรตีนจากปลาป่น จากข้อสรุปดังกล่าวสันนิษฐานได้ว่าหอยเป่าอื้ออาจใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้ดี

(1) ผลของแหล่งคาร์โบไฮเดรตต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของหอยเป่าอื้อ

สกนธ์ แสงประดับ ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

เป็นการศึกษาเพื่อหาแหล่งของคาร์โบไฮเดรต (แป้ง) ที่เหมาะสมในการผลิตอาหารหอยเป่าอื้อ โดยใช้แป้งจำนวน 3 ชนิด ผลิตเป็นอาหาร 6 สูตร คือปลายข้าว, ข้าวโพด และมันเส้น ผสมในอาหารเป็นสัดส่วนเท่ากับ 19.32% และเปรียบเทียบระหว่างแป้งดิบและสุก โดยทุกสูตรมีระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากัน จากผลการทดลองพบว่าหอยเป่าอื้อสามารถใช้แป้งทั้ง 3 ชนิดได้ดี ทั้งแบบแป้งดิบและแป้งสุก โดยให้ผลการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อและอัตราการตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหอยเป่าอื้อสามารถย่อยคาร์โบไฮเดรตได้ดี สามารถใช้แป้งชนิดใดและรูปแบบใดเป็นส่วนผสมของอาหารก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับราคา

## 2.4 วิตามินและสารอาหารอื่น ๆ

วิตามินเป็นสารอาหารที่สิ่งมีชีวิตต้องการในปริมาณน้อย แต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ละลายน้ำและที่ละลายในไขมัน ซึ่งบทบาทของวิตามินในสิ่งมีชีวิตนั้นมักเกี่ยวข้องกับการทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ในขบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหารต่าง ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต หรือมีหน้าที่ในการสร้างกระดูก (D) สร้างเลือด (folic acid และ B<sub>12</sub>) การทำงานของตาและเลนส์ (A และ B<sub>2</sub>) เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ได้อาหารสำเร็จที่ดีที่สุด ซึ่งอาหารต้องมีโภชนาการครบถ้วนและมีระดับสารอาหารต่าง ๆ สมดุลตามความต้องการของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาถึงความต้องการวิตามินรวมและสารอาหารอื่น ๆ ที่จะใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหอยเป่าอีกด้วย

### (1) ผลของวิตามินรวม โคลเลสเตอรอล เลซิธิน บีเอชที (BHT) ซีโอไลท์และสาหร่ายผสมนางต่อการเจริญเติบโตและอัตราการรอดของหอยเป่า

#### สภณธ์ แสงประดับ, ทวี โรจนสารัมภกิจ และมะลิ บุญยรัตผลิน

สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองมี 7 สูตร โดยสูตรที่ 1 เป็นสูตรควบคุม มีวิตามินรวมสูงที่สุด 6.0% และมีโคลเลสเตอรอล เลซิธิน บีเอชที ซีโอไลท์และสาหร่ายผสมนางเป็นส่วนผสมในอาหาร, สูตรที่ 2 มีส่วนผสมเช่นเดียวกับสูตรที่ 1 แต่ลดระดับวิตามินรวมลงเป็น 0.38%, สูตรที่ 3 เหมือนสูตรที่ 2 แต่ไม่ใส่โคลเลสเตอรอล, สูตรที่ 4 เหมือนสูตร 3 แต่ไม่ใส่เลซิธิน, สูตรที่ 5 เหมือนสูตร 4 แต่ไม่ใส่บีเอชที, สูตรที่ 6 เหมือนสูตร 5 แต่ไม่ใส่ซีโอไลท์ และสูตรที่ 7 เหมือนสูตร 6 แต่ไม่ใส่สาหร่ายผสมนาง

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าระดับวิตามินรวมที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่า 0.38% นอกจากนี้โคลเลสเตอรอล, เลซิธิน, บีเอชที และซีโอไลท์เป็นวัตถุดิบที่ไม่จำเป็นต้องใส่ในอาหารหอยเป่า เนื่องจากหอยเป่าที่ได้รับอาหารที่ปราศจากวัตถุดิบดังกล่าวให้ผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างจากสูตรที่ใส่สารอาหารดังกล่าวครบถ้วน และพบว่าสาหร่ายผสมนางเป็นวัสดุอาหารที่จำเป็นสำหรับหอยเป่า ซึ่งปริมาณที่เหมาะสมควรจะมีการศึกษาต่อไป ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ทำให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ระดับหนึ่ง โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและอัตราแลกเปลี่ยนของหอยเป่า

### (2) ระดับของวิตามินรวมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่า

#### มะลิ บุญยรัตผลิน, อัครา ไชยมงคล, ชุศักดิ์ บริสุทธิ์ และสุจินต์ บุญช่วย

จากผลการทดลองเบื้องต้น ได้ข้อมูลที่สามารถลดระดับวิตามินรวมในอาหารหอยเป่าลงจาก 0.6% เป็น 0.38% ได้ ดังนั้นการทดลองนี้ จึงเป็นการทดลองเพื่อพิสูจน์ให้ทราบถึงระดับของวิตามินรวมที่เหมาะสมในอาหารและผลของระดับวิตามินรวมต่อการเจริญเติบโตของหอยเป่า โดยใช้อาหารทดลอง 6 สูตร มีส่วนประกอบต่าง ๆ เหมือนกันและมีระดับโปรตีนและพลังงานเท่ากัน แต่ต่างกันที่ระดับวิตามินรวม ซึ่งจะใช้วิตามินรวมกึ่ง (เป็นสูตรที่กรมประมงผสมขึ้นใช้เองและมีความเข้มข้นสูง) โดยสูตรที่ 1 ถึง 6 มีระดับวิตามินรวมในอาหารตามลำดับดังนี้ 0.0, 0.07, 0.15, 0.22, 0.30 และ 0.38%

ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของหอยเป่าอื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารใส่วิตามินรวมตั้งแต่ 0.07-0.38% ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นระดับวิตามินรวมต่ำสุดที่ทำให้ผลการเจริญเติบโตดี และอัตราการแลกเนื้อต่ำ คือเท่ากับ 0.07% แต่ระดับวิตามินรวมต่ำสุดที่ทำให้อัตราการตายดี คือ 0.22%

### (3) ผลของโคลีนคลอไรด์ อีโนซิทอลและวิตามินซีในอาหาร

#### สภณห์ แสงประดับ ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

เนื่องจากวิตามินรวมนั้นแบ่งออกได้เป็นวิตามินที่ละลายน้ำ และวิตามินที่ละลายในไขมัน โดยในกลุ่มของวิตามินที่ละลายน้ำได้นั้น แบ่งออกได้เป็นวิตามินที่สัตว์น้ำมีความต้องการน้อย ได้แก่กลุ่มวิตามินบี ชนิดต่าง ๆ และวิตามินที่ต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ วิตามินซี โคลีนคลอไรด์ และอีโนซิทอล ซึ่งยังไม่มีรายงานที่กล่าวถึงความต้องการหรือความสามารถในการสังเคราะห์วิตามินซี โคลีนคลอไรด์ และอีโนซิทอล ในหอยเป่าอื้อชนิด *H. asinina* การศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาความต้องการวิตามินดังกล่าวในหอยชนิดนี้ โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตร ที่มีส่วนผสมเหมือนกันทุกอย่าง แต่แตกต่างกันที่วิตามินรวมที่เติมในอาหาร ซึ่งจะไม่เติมวิตามินซี โคลีนคลอไรด์ และอีโนซิทอล ในอาหารสูตรที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่อาหารสูตรที่ 4 จะมีวิตามินครบทุกชนิด

จากผลการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าทุกสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกันในทุกด้าน ดังนั้นสรุปได้ว่าวิตามินซี อีโนซิทอลและโคลีน คลอไรด์ เป็นวิตามินที่ไม่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการกินอาหาร และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของหอยเป่าอื้อชนิด *H. asinina* เนื่องจากไม่พบอาการขาดวิตามินดังกล่าว ซึ่งแตกต่างจากสัตว์น้ำจำพวกปลาและกุ้ง อย่างไรก็ตามพบว่ามีการลดลงของปริมาณโปรตีนสะสมและปริมาณไขมันสะสมอย่างมีนัยสำคัญในหอยเป่าอื้อที่ได้รับอาหารซึ่งขาดโคลีนและอีโนซิทอล

## 2.5 พลังงาน

ปริมาณการกินอาหารของสัตว์น้ำนั้น ขึ้นกับปริมาณพลังงานที่ได้รับ สัตว์น้ำจะกินอาหารในปริมาณที่มีพลังงานเพียงพอต่อความต้องการ หากได้รับอาหารที่มีพลังงานมากก็จะกินอาหารได้น้อยลง ส่งผลให้ได้รับสารอาหารไม่พอต่อการเจริญเติบโต แต่ถ้าปริมาณพลังงานในอาหารมีน้อย ปริมาณการกินอาหารจะเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อสูง ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่ำลง

### (4) ระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารหอยเป่าอื้อ

#### สภณห์ แสงประดับ ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

การศึกษาระดับพลังงานที่เหมาะสมในอาหารหอยเป่าอื้อ โดยใช้อาหารทดลองซึ่งมีระดับของพลังงานที่แตกต่างกัน 6 สูตร คือ 378, 357, 335, 314, 292 และ 271 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แปรผันระดับของพลังงานโดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแทนที่แป้งข้าวเจ้าด้วยเปลือกหอยเพื่อรักษาให้มีระดับพลังงานตามที่ต้องการ โดยทุกสูตรมีโปรตีนในอาหารเป็นสัดส่วนที่เท่ากัน พบว่าหอยเป่าอื้อที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีระดับพลังงานอยู่ระหว่าง 330-366 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราแลกเนื้อดีที่สุด

### 3 ศึกษาชนิดของสารเหนียวในอาหาร

พฤติกรรมกรกินอาหารของหอยเป่าอื้อนั้น เป็นสัตว์ที่ใช้เวลาในการกินอาหาร เนื่องจากกินแบบขูดแทะ ดังนั้นอาหารที่เหมาะสมจะต้องเป็นแผ่นราบ และมีความคงทนในน้ำได้ดี เพื่อให้อาหารคงรูปและดูดซับสารอาหารไว้ได้นานเพียงพอที่หอยเป่าอื้อจะกินอิ่ม วัสดุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยในการคงรูปของอาหาร และป้องกันการละลายของสารอาหารออกสู่แหล่งน้ำ คือสารเหนียว โดยคุณสมบัติของสารเหนียวที่นำมาใช้นั้น ควรจะเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก มีคุณค่าทางอาหารและช่วยในการคงรูปของอาหาร ซึ่งสารเหนียวที่มีประสิทธิภาพสูงจะทำให้หอยเป่าอื้อมีการเจริญเติบโตดี และยังเป็น การช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านอาหาร การจัดการอีกด้ว

#### (1) ชนิดของสารเหนียวต่อคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารหอยเป่าอื้อ

##### ชูศักดิ์ บริสุทธิ์ อัครา ไชยมงคลและมะลิ บุญยรัตผลิน

เพื่อศึกษาชนิดและระดับของสารเหนียวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่จะให้เป็นสารเหนียวในอาหารหอยเป่าอื้อ สารเหนียวที่นำมาจาก 4 แหล่ง นำไปทำเป็นอาหาร 7 สูตรตามชนิดและระดับของสารเหนียวที่ใช้ผสมอาหาร คือ หวีดกลูเท็น 10%, รำถั่วเขียว 15%, รำถั่วเขียว 25%, สาหร่ายพมวง 5%, สาหร่ายพมวง 7.5%, Aqua-tec 0.5% และ Aqua-tec 0.75% ดำเนินการทดลองโดยอบอาหารที่ 150 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำไปแช่น้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน คือ 30, 60 นาที และ 2, 4 และ 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำอาหารที่เหลือมาอบแห้งที่อุณหภูมิเดิม คือ 150 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักอาหารที่เหลือเพื่อคำนวณอาหารที่สูญเสียไป จากผลการทดลองสรุปได้ว่าหวีดกลูเท็น 10% มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่สุดที่จะใช้เป็นสารเหนียวในอาหารหอยเป่าอื้อ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือการใช้รำถั่วเขียวที่ระดับ 25%, Aqua-tec 0.75% และพบว่าการใช้สาหร่ายพมวงที่ระดับ 7.5% ทำให้อาหารมีการเปลี่ยนแปลงสภาพและมีการสูญเสียมากที่สุด

#### (2) ผลของชนิดสารเหนียวในอาหารต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพอาหาร

##### และอัตรารอดของหอยเป่าอื้อ

##### อัครา ไชยมงคล, มะลิ บุญยรัตผลินและชูศักดิ์ บริสุทธิ์

จากพฤติกรรมการกินอาหารของหอยเป่าอื้อ ทำให้การพัฒนาอาหารสำเร็จรูปสำหรับหอยเป่าอื้อนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงความคงทนของอาหาร โดยความคงทนของอาหารนั้นสัมพันธ์กับชนิดของสารเหนียวที่ใช้ในอาหาร จากผลการศึกษาเบื้องต้นทำให้ทราบถึงชนิดและระดับของสารเหนียวที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพในอาหาร ดังนั้นในการศึกษานี้จึงศึกษาผลของสารเหนียวในอาหารที่มีต่อหอยเป่าอื้อ แหล่งของสารเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีหวีดกลูเท็น รำถั่วเขียวและสารเหนียวสังเคราะห์ (Aqua-tec) โดยใส่ในปริมาณที่แตกต่างกัน มีอาหารทดลองจำนวน 5 สูตร และใช้แป้ง Modified starch เป็นสารปรับปริมาณและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเพื่อให้ทุกสูตรอาหารมีโปรตีนและพลังงานในระดับเท่ากัน จากผลการทดลองพบว่าอาหารสูตรที่ 3 ซึ่งมีหวีดกลูเท็น รำถั่วเขียว และ Aqua-tec ที่ระดับ 10,10 และ 0.5% มีผลทำให้หอยเป่าอื้อมีการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและประสิทธิภาพการใช้โปรตีนดีที่สุดใน

### (3) การแทนที่หิวคอกทูแทนด้วยรำถั่วเขียว

อัครา ไชยมงคล ชูศักดิ์ บริสุทธิ์ และมะลิ บุญยรัตผลิน

หิวคอกทูแทนและรำถั่วเขียวเป็นวัสดุอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีนและใช้เป็นสารเหนียวได้ด้วย การศึกษาการแทนที่หิวคอกทูแทนด้วยรำถั่วเขียวในอาหารหอยเป่าอื้อ โดยการเพิ่มรำถั่วเขียวในสัดส่วนที่มีระดับโปรตีนเท่ากันกับสัดส่วนโปรตีนของหิวคอกทูแทนที่ถูกแทนที่ โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตร ตามปริมาณ (%) ของหิวคอกทูแทนและรำถั่วเขียว ซึ่งแตกต่างกัน ดังนี้ หิวคอกทูแทนต่อรำถั่วเขียว 10:0, 8:8.09, 6:16.32 และ 4:24.34 โดยหิวคอกทูแทนมีโปรตีน 75.65% และรำถั่วเขียว 18.35% เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การใช้หิวคอกทูแทนเป็นแหล่งของโปรตีนเพียงอย่างเดียวให้ผลการเจริญเติบโต, อัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ และประสิทธิภาพโปรตีนดีที่สุด การใช้รำถั่วเขียวแทนที่หิวคอกทูแทนในระดับใดก็ตามมีผลทำให้การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของหอยเป่าอื้อ และโปรตีนที่สะสมในเนื้อหอยลดลง ทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนและอัตราการกินอาหารสูงขึ้นด้วย จึงสรุปได้ว่า การใช้รำถั่วเขียวเพื่อลดปริมาณหิวคอกทูแทนในอาหารหอยเป่าอื้อต่ำกว่า 10% มีผลทำให้การเจริญเติบโตของหอยลดลง

## 4 อาหารพ่อแม่พันธุ์

ปัจจุบันนี้กรมประมง โดยศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ สามารถพัฒนาการเพาะพันธุ์และผลิตลูกหอยปริมาณมากได้ตลอดปี ทำให้มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาการเลี้ยงหอยชนิดนี้ในเชิงธุรกิจ อย่างไรก็ตามคุณภาพพ่อแม่พันธุ์หอยที่นำมาเลี้ยงไว้ในโรงเพาะพันธุ์เป็นระยะเวลาหนึ่งมักจะลดลง เมื่อเทียบกับคุณภาพของพ่อแม่พันธุ์ที่นำมาจากธรรมชาติ ซึ่งมีสมมุติฐานว่าการให้สาหร่ายเพียงอย่างเดียวเป็นอาหารอาจจะทำให้พ่อแม่พันธุ์หอยได้รับสารอาหารไม่ครบถ้วน ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของไข่และตัวอ่อนหอย ดังนั้นการพัฒนาสุทธาหารที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเซลล์พันธุของพ่อแม่พันธุ์หอย จึงเป็นสิ่งที่ควรศึกษาเพื่อให้สามารถเลี้ยงเป่าอื้อได้แบบครบวงจร และจะเป็นการพัฒนาคุณภาพพ่อแม่พันธุ์ที่ได้จากการเพาะพันธุ์ ทำให้ลดปริมาณการจับพ่อแม่พันธุ์จากธรรมชาติได้

### (1) ผลของอาหารผสมสำเร็จและสาหร่ายผสมนางต่อคุณภาพไข่และตัวอ่อนของหอยเป่าอื้อ

ธเนศ พุ่มทอง สกนธ์ แสงประดับและทวิ โรจนสารัมภกิจ

สาหร่ายเป็นอาหารอย่างหนึ่งของหอยเป่าอื้อในธรรมชาติ และมีรายงานถึงชนิดของสาหร่ายที่หอยเป่าอื้อชอบกินและมีคุณค่าแตกต่างกัน (อย่างไรก็ตามปริมาณและคุณภาพที่ผันแปรของอาหารธรรมชาติ อาจมีผลต่อเนื่องถึงคุณภาพพ่อแม่พันธุ์ ตลอดจนลูกหอยอีกด้วย ในขณะที่สามารถกำหนดคุณภาพและปริมาณของอาหารสำเร็จรูปได้ตามต้องการ ดังนั้นการศึกษาสุทธาหารสำเร็จที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาคุณภาพพ่อแม่พันธุ์และลูกหอยจึงมีความสำคัญ

การทดลอง แบ่งพ่อแม่พันธุ์หอยออกเป็น 2 ชุด โดยหอยชุดที่ 1 นำไปเพาะพันธุ์ในวันที่ 1-7 ของแต่ละเดือน แล้วนำกลับมาเลี้ยงในถังเดิมและให้อาหารทดลองในช่วงวันที่ 8-30 ของเดือน ส่วนหอยชุดที่ 2 จะนำไปเพาะพันธุ์

ในวันที่ 15-21 ของแต่ละเดือน แล้วนำกลับไปเลี้ยงที่เดิม จนกว่าจะถึงรอบของการเพาะพันธุ์ครั้งต่อไป ซึ่งรวมเวลาการเพาะขยายพันธุ์สูตรละ 14 วันต่อเดือน จากผลการทดลองสรุปได้ว่าหอยที่ให้อาหารสำเร็จรูปจะให้ปริมาณไข่ที่มากกว่าหอยที่เลี้ยงด้วยสาหร่ายผสมนางเฉลี่ยประมาณ 700,000 ฟองต่อเดือนและไข่ที่วางมีเปอร์เซ็นต์ฟักและเปอร์เซ็นต์ลงเกาะเท่ากับ 11.4 และ 4.4% ตามลำดับ นอกจากนี้หอยที่ให้อาหารสำเร็จรูปจะมีการวางไข่และปล่อยน้ำเชื้อมากกว่า 58.2% และให้จำนวนไข่เสียและตัวอ่อนที่ฟักการน้อยกว่า

## (2) ผลของแหล่งโปรตีนในอาหารผสมสำเร็จต่อคุณภาพไข่และการรอดตายของลูกหอยเป่าอื้อ

รณรงค์ พุ่มทอง, มะลิ บุญยรัตผลิน, ทวี โรจนสารัมภกิจและยุทธนา อีร์สถาน

สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารที่มีราคาแพง อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการวิเคราะห์หิวสดอาหารเบื้องต้น พบว่ามีแหล่งโปรตีนอีกหลายชนิดที่มีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกัน และอาจใช้ทดแทนสไปรูลิน่าได้ การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาแหล่งและระดับโปรตีนที่เหมาะสมในอาหาร ต่อการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์ของหอยเป่าอื้อ อาหารที่ใช้ในการทดลองมี 3 สูตร มีแหล่งโปรตีนจาก 4 แหล่งคือ กากถั่วเหลือง, หวีดกนูเท่น, สไปรูลิน่า และโปรตีนถั่วเหลือง โดยทุกสูตรมีกากถั่วเหลือง และหวีดกนูเท่นผสมกันในสัดส่วน 4.4:1 แต่แตกต่างกันที่สัดส่วนของสาหร่ายสไปรูลิน่าและโปรตีนถั่วเหลือง สูตรที่ 1 จะเป็นสูตรที่มีส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหารสำเร็จที่ใช้ในโครงการย่อยที่ 1 ซึ่งไม่มีโปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนผสม ส่วนสูตรที่ 2 และ 3 จะแทนที่สาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยโปรตีนถั่วเหลือง 50 และ 100% ตามลำดับ การทดลองดำเนินการโดยเลี้ยงหอยพ่อแม่พันธุ์แยกเพศกัน โดยให้อาหารตามสูตรที่วางแผนไว้ เมื่อหอยมีความสมบูรณ์เพศจึงย้ายเข้าห้องเพาะพันธุ์ หลังจากนั้นตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ไข่ดี, เปอร์เซ็นต์ฟัก และเปอร์เซ็นต์ลงเกาะ

จากผลการทดลองพบว่าอาหารผสมสำเร็จที่มีอัตราส่วนของโปรตีนจากสไปรูลิน่าและโปรตีนถั่วเหลืองในอัตรา 100:0 กรัม ให้ผลต่อคุณภาพไข่และอัตราการรอดตายถึงระยะลงเกาะดีที่สุด แต่ผลของอาหารสำเร็จทุกสูตรที่มีต่อรอบในการพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์พบว่าไม่แตกต่างกัน รอบของการสืบพันธุ์ทั้งเพศผู้และเพศเมียอยู่ระหว่าง 13-28 วัน ปริมาณไข่ที่ได้ในรอบที่สองพบว่ามีปริมาณน้อยกว่าในรอบแรก ซึ่งสรุปผลการทดลองได้ว่าสาหร่ายสไปรูลิน่ามีผลดีต่อเปอร์เซ็นต์ฟักและลงเกาะ โดยไม่ควรใช้โปรตีนถั่วเหลืองแทนสาหร่ายสไปรูลิน่า

## (3) ผลของระดับ n-3HUFA ต่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์, ปริมาณและคุณภาพไข่ในหอยเป่าอื้อ

รณรงค์ พุ่มทอง, ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน

อาหารทดลองที่ใช้ในการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์มี 3 สูตร ซึ่งแปรผันที่สัดส่วนของน้ำมันปลาและน้ำมันถั่วเหลืองดังนี้ สูตรที่ 1 ใช้น้ำมันปลาอย่างเดียว, สูตรที่ 2 ใช้น้ำมันปลาผสมกับน้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วน 1:1 และสูตรที่ 3 ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว โดยมีกรดไขมันชนิด n-3 HUFA ในอาหารสูตรที่ 1 ถึง 3 ดังนี้ 27.32, 13.68 และ 0% ในกรดไขมัน และมีอัตราส่วนกรดไขมัน n-3/n-6 ในอาหาร เท่ากับ 3.52, 0.58 และ 0.10 ตามลำดับ หลังจากนั้นตรวจสอบการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์โดยกำหนดระยะเป็น 4 ระยะ คือระยะ 0, 1, 2 และ 3 ตามความเข้มของสีของอวัยวะสืบพันธุ์ และพื้นที่ครอบคลุมส่วน hepatopancrease ของอวัยวะสืบพันธุ์ จากนั้นนำหอยที่มีระยะที่ 2 และ 3 ไปเพาะพันธุ์ ตรวจสอบไข่ดี เปอร์เซ็นต์การฟักและการลงเกาะ โดยทำการเพาะพันธุ์เป็นระยะเวลาประมาณ 2-3 วัน ทุกเดือน ๆ ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งสรุปผลการทดลองได้ว่า กรดไขมันกลุ่ม n-3 HUFA มีผลต่อการพัฒนาของระบบเซลล์สืบพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์หอยเป่าอื้อ ปริมาณและคุณภาพ

ของตัวอ่อน พบว่าอาหารที่มีระดับ n-3 HUFA สูง 27.37% ของกรดไขมัน ซึ่งเป็นค่าที่สูงสุดในการศึกษานี้ให้ผลดีที่สุด

**(4) ผลของระดับวิตามินอี ต่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์, ปริมาณและคุณภาพไข่ในหอยเป่าอื้อ**

**ชเนศ พุ่มทอง ทวี โรจนสารัมภกิจและมะลิ บุญยรัตผลิน**

วิตามินอีเป็นองค์ประกอบสำคัญของฮอร์โมนเพศที่ไปกระตุ้นการพัฒนาของระบบเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์น้ำหลายชนิด โดยวิตามินอีจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนและแสง อาหารที่ใช้ในการทดลอง มี 3 สูตร มีสัดส่วนของวิตามินอีที่ผสมในอาหารในสูตรที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับดังนี้ 0.0, 0.24 และ 0.48% ของน้ำหนักแห้งอาหาร โดยมีวิธีการทดลองเช่นเดียวกับโครงการย่อยที่ 3 เป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งได้ผลว่าแม่พันธุ์หอยมีความสมบูรณ์เพศมากตามปริมาณวิตามินอีที่เพิ่มขึ้นในอาหาร แต่ไม่ให้เห็นผลความแตกต่างในหอยเพศผู้ อาหารสูตรที่ 2 ซึ่งมีวิตามินอี 0.24% ให้ไข่ที่มีอัตราการฟักเป็นตัวและเปอร์เซ็นต์การลงเกาะดีที่สุด และดีกว่าในสูตรที่ 3 ดังนั้นระดับวิตามินอีที่มากเกินไปอาจมีผลต่อคุณภาพของเซลล์สืบพันธุ์ได้

**(5) ผลของระดับเลซิทิน ต่อการพัฒนาอวัยวะสร้างเซลล์สืบพันธุ์,**

**คุณภาพไข่และตัวอ่อนในหอยเป่าอื้อ**

**ชเนศ พุ่มทองและทวี โรจนสารัมภกิจ**

เลซิทินเป็นองค์ประกอบสำคัญของรงควัตถุ และกรดไขมัน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในระบบประสาทและเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์น้ำหลายชนิด การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของเลซิทินในอาหารจะได้อาหารสำเร็จที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในพ่อแม่พันธุ์หอยเป่าอื้อ โดยอาหารที่ใช้ทดลองมี 3 สูตร ตามระดับของเลซิทินที่ผสมในอาหาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0, 1.5 และ 3% ตามลำดับ ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น แต่ใช้ระยะเวลา 5 เดือน พบว่าเลซิทินไม่มีผลต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในหอยเพศผู้ แต่ในหอยเพศเมียนั้นยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจน ทั้งนี้การไม่พัฒนาของเซลล์สืบพันธุ์อาจมีผลจากระยะเวลาที่ให้อาหารทดลองในแต่ละช่วงสั้นเกินไป คือแค่ 20 วัน จึงทำให้ผลไม่ปรากฏชัด

## 5 สูตรอาหารแนะนำ

จากผลการทดลองของโครงการ ได้ทำการประมวลสูตรอาหารและปรับลดปริมาณสารอาหารได้จำนวน 2 สูตร (สูตรอาหารแนะนำ) ซึ่งเป็นสูตรอาหารราคาแพง (สูตรที่ 1) และสูตรอาหารราคาถูก (สูตรที่ 2) และทดลองใช้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของหอยเป่าฮื้อ พบว่าอาหารทั้ง 2 สูตร ให้ผลการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกัน สำหรับสูตร 3 เป็นสูตรซึ่งให้ผลการเจริญเติบโตดีที่สุดจากการทดลองเรื่องอัตราส่วน n-3/n-6 ที่เหมาะสมในหอยเป่าฮื้อ ซึ่งเลี้ยงหอยที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 0.3 กรัม เป็นเวลา 36 สัปดาห์ ได้หอยที่มีน้ำหนักสุดท้ายประมาณ 26 กรัมต่อตัว หรือขนาด 38 ตัวต่อกิโลกรัม และมีอัตราการแลกเนื้อหรือ FCR เท่ากับ 0.79

### ตารางที่ 3 สูตรอาหารแนะนำ

ส่วนผสม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
กากถั่วเหลือง	483	590	441
หวิดกลูเท่น	85	100	100
สาหร่ายสไปรูลิน่า	63.3	-	75
สาหร่ายผสมนางสด (นน.แห้ง)	25	50	25
คอนกลูเท่น	22.4	-	26
ปลายข้าว	251.3	190	278.9
น้ำมันปลา	20	20	7.5
วิตามินรวม <sup>1</sup>	10	10	2.2
แร่ธาตุรวม <sup>2</sup>	40	40	40
เซลลูโลส	-	-	4.4
รวม	1000	1000	1000
คุณค่าทางอาหารจากการวิเคราะห์(% น้ำหนักแห้ง)			
โปรตีน	37.46	36.48	41.60
ไขมัน	2.27	2.54	1.06
เถ้า	8.96	8.17	7.90
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	56.73	21.54	62.35

<sup>1</sup> วิตามินผสม ประกอบด้วยวิตามินต่อไปนี้ในปริมาณ กรัม/กิโลกรัมวิตามินรวม Vitamin A 0.600 MIU, Vitamin D3 0.120 MIU, Vitamin E 40.000, Vitamin B1 12.420, Vitamin B2 10.800, Vitamin B6 29.200, Vitamin B12 0.00324, Pantothenic Acid 12.960, Niacin 19.820, Folic Acid 0.900, Biotin 0.280, Vitamin C 25.200, Inositol 53.000, Ethoxyquin 0.500, สารกันจับตัว 10.00

<sup>2</sup> แร่ธาตุผสมประกอบด้วยแร่ธาตุดังต่อไปนี้ ในปริมาณ กรัม/กิโลกรัมอาหาร Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O 10, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>2H<sub>2</sub>O 15, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 10, KCl 5

<sup>3</sup> ราคาวัตถุดิบเป็นดังนี้ (บาท/กก), กากถั่วเหลือง 11, หวิดกลูเท่น 70, สไปรูลิน่า 600, สาหร่ายผสมนางแห้ง 50, คอนกลูเท่น 17, ปลายข้าว 5, น้ำมันปลา 50, วิตามินรวม 200, แร่ธาตุรวม 40

## 4 เอกสารอ้างอิง

- วิชา ปุณยกนก. 2539. การศึกษาแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมในสูตรอาหารสำเร็จรูปสำหรับใช้เลี้ยงหอยเป่าชื่อ *Haliotis asinina* (Linne). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 149 หน้า.
- ชานินทร์ สิงหะไกรวรรณ. 2532. การทดลองเพาะและอนุบาลหอยเป่าชื่อ (*Haliotis asinina* Linne). เอกสารวิชาการฉบับที่ 21. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก กองประมงทะเล, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.
- อนันต์ ต้นสุตะพานิช. 2541. การฟื้นฟูการเลี้ยงกุ้งกุลาดำและสิ่งแวดล้อม "ระบบรีไซเคิล" ให้เกื้อหนุนต่อการฟุ้งตนเอง. สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดเพชรบุรี, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง. 37 หน้า.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. 1018 pp.
- Christie, W.W. 1987. Lipid Analysis (2<sup>nd</sup> Edition). Pergamon Press. Oxford. 207 pp.
- FAO. 1998. Aquaculture Production Statistics, 1987-1996, Fishery Information, Data and Statistic Unit, FAO Fisheries Department, FAO, Rome, 197 p.
- Folch, J. Lees, M. and G.H.S. Stanley. 1957. A simple Method for the Isolation and purification of total lipids in animal tissues, J. Biol. Chem. 226-506.
- Matheson, N.A. 1974. The determination of tryptophan in purified proteins and in feeding stuffs. Br. J. Nutrition. 31:393-400.
- Spindler, M., Stadler, R. and H. Tanner. 1984. Amino acid analysis of feedstuffs: Determination of methionine and cystine after oxidation with performic acid and hydrolysis, J. Agric. Food Chem., 32:1366-1371.