



วิทยานิพนธ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม
(*Litopenaeus vannamei*) ที่ใช้ปลาป่นหรือ
กากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก

COMPARATIVE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PACIFIC
WHITE SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) FEED USING
FISHMEAL OR SOYMEAL AS THE MAIN INGREDIENT

นางสาววรรณนิภา สุขสถิตย์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่ใช้ปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก

Comparative Life Cycle Assessment of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

Feed Using Fishmeal or Soymeal as the Main Ingredient

นามผู้วิจัย นางสาววรรณนิภา สุขสถิตย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์เชาเบียร์ กิ่วลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อรพินท์ จินตสถาพร, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม
(*Litopenaeus vannamei*) ที่ใช้ปลาป่นหรือ
กากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก

Comparative Life Cycle Assessment of Pacific White Shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) Feed Using Fishmeal or
Soymeal as the Main Ingredient

โดย

นางสาววรรณนิภา สุขสถิตย์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2551

วรรณนิภา สุขสถิตย์ 2551: การประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่ใช้ปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, Ph.D. 110 หน้า

การประเมินวัฏจักรชีวิตถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เพื่อประเมินเชิงระบบของผลต่อสิ่งแวดล้อมในการใช้กากถั่วเหลืองเพื่อพยายาลดการใช้ปลาป่นในอาหารกุ้ง การวิเคราะห์ครอบคลุมการผลิตวัตถุดิบ กระบวนการผลิตอาหาร การใช้อาหารที่ฟาร์มกุ้ง และการขนส่งในทุกขั้นตอน ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมถูกรวบรวมจากโรงงานผลิตอาหารกุ้งแห่งหนึ่งและฟาร์มกุ้งหลายแห่ง ระหว่างเดือนมีนาคม 2549 ถึงเดือนกรกฎาคม 2550 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้และข้อมูลที่มีการตีพิมพ์ ปริมาณอาหารที่ต้องการในการผลิตกุ้ง 1 ตัน ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการเปรียบเทียบอาหารกุ้ง 2 ชนิดที่แตกต่างกัน โดยมีปลาป่นหรือกากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก (อาหารกุ้งชนิดที่ 1; ปลาป่น : กากถั่วเหลือง = 34 : 17 และ อาหารกุ้งชนิดที่ 2; ปลาป่น : กากถั่วเหลือง = 25 : 22) วิธีการประเมินผลกระทบที่ใช้คือ วิธี CML 2 Baseline 2000 (version 2.03) และ Energy Cumulative Demand (version 1.03) ผลกระทบที่เป็นไปได้ของอาหารที่ทำมาจากปลาป่นเป็นส่วนผสมหลัก ต่อภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ การลดลงของผลผลิตชั้นปฐมภูมิ การใช้ที่ดิน และการใช้พลังงาน มีค่า 3,580 kg CO₂ eq., 31.5 kg SO₂ eq., 55.9 kg PO₄⁻³ eq., 53,900 kg C, 1,349 m².year และ 53,900 MJ-eq. ตามลำดับ ในขณะที่การศึกษาผลกระทบของอาหารที่มีกากถั่วเหลืองเป็นหลักมีค่า 2,840 kg CO₂ eq., 29.4 kg SO₂ eq., 75 kg PO₄⁻³ eq., 33,000 kg C, 1,226 m².year และ 54,600 MJ-eq. ตามลำดับ ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตบ่งชี้ว่าอาหารที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นหลัก มีศักยภาพในการก่อให้เกิดด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ และการใช้พลังงานสูงกว่า แต่ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด การใช้ที่ดิน และการลดลงของผลผลิตชั้นปฐมภูมิต่ำกว่า ผลกระทบด้านการใช้พลังงานที่สูงกว่ามีผลมาจากการขนส่งกากถั่วเหลืองและข้าวสาลีที่นำเข้า การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำเกี่ยวข้องกับความสามารถในการย่อยได้ของกากถั่วเหลืองและข้าวสาลีที่ต่ำ จึงนำไปสู่การเพิ่มธาตุอาหารในน้ำที่ระบายทิ้ง ในทางตรงกันข้ามผลของการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการขนส่งกากถั่วเหลืองในอาหารที่มีปลาป่นเป็นหลักมากกว่า จึงส่งผลกระทบภาวะโลกร้อนและภาวะความเป็นกรดสูงกว่า ผลกระทบด้านการใช้ที่ดินที่สูงกว่ามาจากความต้องการพื้นที่ดินสำหรับการผลิตถั่วเหลืองและข้าวสาลี ผลกระทบด้านการลดลงของผลผลิตชั้นปฐมภูมิสูงกว่า เป็นผลมาจากที่ใช้ออกซิเจนของคาร์บอนของปลาเปิดที่ใช้ผลิตปลาป่นสูง สำหรับการปรับปรุงเชิงสิ่งแวดล้อม ควรใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นและควรพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอาหาร ทั้งนี้ขนาดของผลกระทบขึ้นอยู่กับระดับสารขาเข้าและวิธีปฏิบัติในฟาร์ม เช่น ความหนาแน่นในการปล่อย อัตราโรค การเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยง และการจัดการด้านการให้อาหาร

Wannipa Suksathit 2008: Comparative Life Cycle Assessment of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Feed Using Fishmeal or Soymeal as the Main Ingredient. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Ms.Rattanawan Mungkung, Ph.D. 110 pages.

Life Cycle Assessment (LCA) was applied as the analytical tool to systematically evaluate the environmental consequences of using soymeal as an attempt to reduce the use of fishmeal in shrimp feed. The analysis included production of feed materials, feed production processing, feed used at shrimp farms, and transport in all stages. The inventory data were collected from a feed mill and several shrimp farms during March 2006 to July 2007, supplemented by available databases and published data. The amount of feed required for producing one ton of shrimp was used as a basis for comparison two different feeds using fishmeal or soymeal as the main ingredient (shrimp feed 1; fishmeal : soymeal = 34 : 17 and shrimp feed 2; fishmeal : soymeal = 25 : 22). The impact assessment methods used were the CML2 baseline 2000 (version 2.03) and Cumulative Energy Demand (version 1.03). The potential impacts of fishmeal-based feed on global warming, acidification, eutrophication, net primary production use, land use and energy use were 3,580 kg CO₂ eq., 31.5 kg SO₂ eq., 55.9 kg PO₄⁻³ eq., 53,900 kg C, 1,349 m².year and 53,900 MJ-eq. respectively whereas those for soymeal-based feed were 2,840 kg CO₂ eq., 29.4 kg SO₂ eq., 75 kg PO₄⁻³ eq., 33,000 kg C, 1,226 m².year and 54,600 MJ-eq. respectively. The LCA results indicated that the soymeal-based feed potentially generated higher impacts on energy use and eutrophication but lower impacts on global warming, acidification, land use and net primary production use. The higher impact energy use was mainly due to transport of imported soymeal and wheat; the higher eutrophication was associated with lower digestibility of soymeal and wheat leading to higher nutrient loading in the discharge water. The contrary, the higher impacts of fishmeal-based feed on global warming and acidification were the consequences of N₂O, CO₂ and SO₂ emissions from transport of soymeal. It also caused higher impact on land use because of the higher land area required for soybean and wheat production. The higher impact on net primary production use was due to the high carbon content of trash fish used for fishmeal production. For environmental improvement, local feed materials should be used as well as the energy efficiency of feed processing would be considered. It should be noted that the magnitude of impacts are very much dependent on the level of inputs and farming practice such as stocking density, survival rate, water exchange during culturing period and feeding management.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับความช่วยเหลือและคำปรึกษาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะ อ.ดร.รัตนาวรรณ มั่งคั่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.แซบเบียร์ กิ่วลา และ รศ.ดร.อรพินท์ จินตสถาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.ตุลวิทย์ สถาปนจารุ ประธานการสอบ และ รศ.ดร.ประเสริฐ ภวสันต์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะข้อบกพร่อง และให้ข้อแนะนำต่างๆที่เกิดขึ้น ตลอดจนจนถึงการแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณบุคลากรในโรงงานผลิตอาหารกึ่ง และฟาร์มเลี้ยงกึ่งของเกษตรกรในอำเภอท่าใหม่และอำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่อำนวยความสะดวกด้านการให้ข้อมูลและข้อแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้ รวมถึงบิดามารดา และเพื่อนๆ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่คอยเป็นที่ปรึกษาและกำลังใจ

วรรณนิภา สุขสถิตย์

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	83
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	86
ภาคผนวก ก.	94
ภาคผนวก ข.	103
ประวัติการศึกษา	110

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 จำนวนฟาร์ม พื้นที่เลี้ยง และปริมาณผลผลิตกึ่งจากการเพาะเลี้ยง ปี 2538-2549	7
2 คุณค่าทางโภชนาการ (%) ของวัตถุดิบอาหารที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ	10
3 ผลผลิตปลาปนที่ผลิตได้กับปริมาณความต้องการใช้ในประเศระหว่างปี พ.ศ. 2546-2550	12
4 เปรียบเทียบความต้องการโปรตีนในกึ่งแต่ละชนิด	13
5 ปริมาณการใช้ปลาปนในอาหารสัตว์น้ำ ปี 2000	14
6 สัดส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เข้าสู่ระบบการเลี้ยงกึ่ง	19
7 สัดส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ออกจากระบบการเลี้ยงกึ่ง	20
8 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	26
9 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ Global Warming Potential	28
10 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ Acidification Potential	29
11 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ Eutrophication Potential	30
12 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ Net Primary Production	31
13 วิธีการคำนวณการป็นส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงเศรษฐศาสตร์	32
14 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกึ่งชนิดที่ 1 เลี้ยงกึ่งที่บ่อเลี้ยง	54
15 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมบางรายการของการเลี้ยงกึ่งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต 1 ตัน โดยใช้อาหารกึ่งชนิดที่ 1	55
16 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกึ่งชนิดที่ 2 เลี้ยงกึ่งที่บ่อเลี้ยง	56
17 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมบางรายการของการเลี้ยงกึ่งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต 1 ตัน โดยใช้อาหารกึ่งชนิดที่ 2	57
18 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตลูกกึ่งที่โรงเพาะฟัก	58

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
19 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้ง	61
20 บัญชีรายการสารถเข้าขาออกในกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง	62
21 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้ง	63
22 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนจากอาหารกุ้ง	64
23 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตกุ้ง 1 ตัน	66
24 ขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน	68
25 ขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง	77
26 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารอาหารกุ้ง อาหารปลาเทราท์ และ อาหารปลาแซลมอน จำนวน 1,000 กิโลกรัม	81
27 ผลเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาหารกุ้งกับอาหารปลาเทราท์ และอาหารปลาแซลมอน	82
ตารางผนวกที่	
ก1 ข้อมูลโดยภาพรวมของโรงงานผลิตอาหารกุ้ง	95
ก2 แสดงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน (แหล่งที่มาของวัตถุดิบ)	96
ก3 แสดงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน (กระบวนการผลิต)	97
ก4 แสดงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน (ของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต)	98
ก5 ปริมาณการใช้น้ำมันเตา น้ำมันโซล่า ไฟฟ้า และน้ำทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละเดือน	99
ก6 ปริมาณการใช้น้ำในโรงงาน	100
ก7 ยอดรวมการผลิตอาหารกุ้งทั้งหมดแยกตามแบรนด์และเบอร์	101
ก8 ข้อมูลการขนส่งอาหารกุ้งไปยังฟาร์มเลี้ยง	102

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 สารอินทรีย์ที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม	19
2 กรอบการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต	25
3 ตัวอย่างผังแสดงสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการ	26
4 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์	27
5 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ	29
6 เครื่องอัดเม็ดแบบจม	41
7 ลูกกลิ้งและหน้าแวนของเครื่องอัดอาหารเม็ดแบบจม	42
8 เครื่องตักน้ำที่ใช้ในฟาร์มที่ทำการศึกษ	43
9 ขอบเขตของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอาหารกุ้ง	46
10 ตำแหน่งที่ตั้งของฟาร์มกุ้งที่ทำการศึกษ	49
11 ภาพบ่อเลี้ยงกุ้งที่ทำการศึกษ	49
12 สารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง	52
13 สารขาเข้าและสารขาออกในการเลี้ยงกุ้งที่ฟาร์ม	54
14 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการใช้อาหารกุ้งทั้งสองชนิดผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน	74
15 เปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1	77
16 เปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2	79
17 สัดส่วนค่าคะแนนเชิงการผลิตกุ้งจำนวน 1 ตัน โดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ด้วยวิธี Energy Cumulative Demand	82

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

การประเมินวัฏจักรชีวิตเชิงเปรียบเทียบของอาหารกุ้งขาวแวนนาไม
(*Litopenaeus vannamei*) ที่ใช้ปลาป่นหรือ
กากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลัก

Comparative Life Cycle Assessment of Pacific White Shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) Feed Using Fishmeal or
Soymeal as the Main Ingredient

คำนำ

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นการเพิ่มกำลังผลิตของสัตว์น้ำเพื่อตอบสนองความต้องการอาหารแก่ประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และทดแทนการจับจากธรรมชาติเนื่องจากทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติตกอยู่ในสภาพเสื่อมโทรมมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ โดยกุ้งนับเป็นสินค้าจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีมูลค่าเพิ่มสูงที่สุด และยังเป็นสินค้าที่มีการซื้อขายอย่างกว้างขวางในระดับโลก สร้างรายได้จากการส่งออกเป็นจำนวนมากให้กับประเทศผู้ผลิต รวมทั้งประเทศไทยซึ่งเป็นผู้นำของโลกในการส่งออกสินค้ากุ้ง โดยในปี พ.ศ. 2549 ผลิตภัณฑ์กุ้งของไทยส่งออกไปขายในตลาดโลก รวมทั้งสิ้น 346,416 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 86,573 ล้านบาท (กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ, 2550) อีกทั้งกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้แก่ บริษัทผลิตอาหารกุ้งจำนวน 22 บริษัท โรงงานผลิตปลาป่นจำนวน 99 โรงงาน ฟาร์มเลี้ยงกุ้งจำนวน 33,411 ฟาร์ม โรงผลิตน้ำแข็งจำนวน 197 โรงงาน โรงงานแปรรูปกุ้งจำนวน 68 โรงงาน (ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง, 2551) นับเป็นการสร้างรายได้และการจ้างงานให้เกิดขึ้นโดยตลอดห่วงโซ่อุปทานกุ้งในหลายพื้นที่โดยเฉพาะตลอดแนวชายฝั่งของประเทศไทย

การเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทยอาศัยระบบการเลี้ยงแบบหนาแน่น (Intensive system) และใช้อาหารกุ้งสำเร็จรูปเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยมีแหล่งโปรตีนที่สำคัญ คือ ปลาป่น ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 25-35 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบทั้งหมด (ประจวบ, 2527) เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่จำเป็นครบถ้วน ปลาป่นที่ได้นั้นผลิตมาจากลูกปลาทะเลทั้งที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าที่จับจากทะเลโดยวิธีการลากอวน จากปริมาณความต้องการผลผลิตกุ้งที่เพิ่มมากขึ้นทำให้มีการขยายพื้นที่ในการเพาะเลี้ยงกุ้งอย่างรวดเร็ว ซึ่งนำมาสู่ความต้องการปลาป่นในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีการใช้

ปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้ง จำนวน 59,850 ตัน เพิ่มขึ้นเป็น 90,945 ตัน ในปี พ.ศ 2551 (สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2551) การใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้งถูกมองว่าไม่ได้เป็นการส่งเสริมให้การเพาะเลี้ยงเป็นระบบการผลิตทดแทนผลผลิตจากการจับจากธรรมชาติที่มีปริมาณลดลง แต่กลับเป็นการเร่งให้มีการนำทรัพยากรปลาทะเลมาใช้มากขึ้น (Deutsch *et al.*, 2007) อีกทั้งการลากอวนเพื่อให้ได้ทรัพยากรปลาทะเลยังเป็นการทำลายพื้นที่ท้องทะเลและแนวปะการังซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลและสัตว์หน้าดิน ด้วยความตระหนักถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้ง จึงได้มีการศึกษาวิจัยหาแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อที่จะนำมาใช้ทดแทนปลาป่น โดยกากถั่วเหลืองนับเป็นโปรตีนจากพืชที่มีโปรตีนสูงใกล้เคียงกับปลาป่น จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้ทดแทนปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้งได้ (Lim and Dominy, 1990) รายงานว่าในการผลิตอาหารกุ้งเพื่อใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สามารถใช้กากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนจากสัตว์ได้มากถึง 56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Davis and Arnold, 2000) ที่ได้กล่าวไว้ว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน (co-extrude soybean) ที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มาทดแทนปลาป่นได้ นอกจากนี้การแทนที่ปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาณเคซ (Krill meal) 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงไว้มีการเจริญเติบโตดีขึ้นมากกว่าการแทนที่ด้วยกากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียว (Samocha *et al.*, 2004) นอกจากนี้ (Amaya *et al.*, 2007) กล่าวว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองผสมกับผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากสัตว์ปีก 16 เปอร์เซ็นต์ เพื่อแทนที่ปลาป่นบางส่วนในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะวัยอ่อน (juvenile) และยังสามารถใช้กากถั่วเหลืองที่ระดับ 39.6 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับ corn gluten meal จำนวน 4.8 เปอร์เซ็นต์ ได้ (Amaya *et al.*, 2007) จากการศึกษาดังกล่าว จึงนำไปสู่การพัฒนาสูตรอาหารกุ้งที่มีการใช้กากถั่วเหลืองในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเพื่อช่วยลดปริมาณการใช้ปลาป่นในอาหารลง

นอกจากปัญหาจากการใช้ปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้งแล้ว เมื่อนำอาหารไปใช้เลี้ยงกุ้งที่ฟาร์มเลี้ยงยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านการปล่อยน้ำเสียที่มีปริมาณธาตุอาหารสูงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (สิริ และ จำลอง, 2536; Funge-Smith and Briggs, 1998; Boyd, 2003) โดย (Satapornvanit, 1993) อ้างโดย (Tookwinas, 1996) กล่าวว่าน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง 1 ตัน จะมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ 1,250 กิโลกรัม สารประกอบไนโตรเจน 87 กิโลกรัม และฟอสฟอรัส 28 กิโลกรัม จากประเด็นทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวที่ถูกวิพากษ์วิจารณ์ถึงการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลของประเทศไทยว่าเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อม โดยปัญหาดังกล่าวข้างต้นมีต้นเหตุสำคัญมาจากขั้นตอนการผลิตกุ้งที่ฟาร์ม ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และการใช้อาหารกุ้งสำเร็จรูปในการเพาะเลี้ยงกุ้งที่ฟาร์มเลี้ยง (Mungkung, 2005; Mungkung *et al.*, 2006; รัตนวรรณ และคณะ, 2550) จึงเป็นที่มาของการศึกษาถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากอาหารกุ้ง

การใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนโปรตีนจากปลาป่น นับเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาปริมาณปลาป่นที่ลดลง โดยในปัจจุบันอาหารกุ้งที่เกษตรกรนิยมใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมมีสองชนิด คือ อาหารกุ้งชนิดที่ 1 ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่นร้อยละ 34 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 17 ในสูตรอาหาร และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่นร้อยละ 25 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 22 ในสูตรอาหาร ในขณะที่ส่วนผสมชนิดอื่นๆในสูตรอาหารทั้งสองชนิดนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาเชิงระบบเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาสูตรอาหารดังกล่าว จากการตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งต่อประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงนำไปสู่โจทย์การวิจัย “อาหารกุ้งที่มีการนำกากถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนปลาป่น ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมอย่างไร”

วัตถุประสงค์

จากโจทย์การวิจัยดังกล่าว โครงการวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์เชิงระบบ เพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณของอาหารทั้งกุ้งสองชนิดไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งที่มีการนำกากถั่วเหลืองมาใช้ทดแทนปลาป่นโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เชิงสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษา ดังนี้

1. เพื่อจำแนกและประเมินปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย (inventory data) ที่เกี่ยวข้องกับอาหารกุ้ง โดยใช้มุมมองวัฏจักรชีวิต
2. เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกุ้ง 2 ชนิด ในการเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไม จำนวน 1 ตัน คือ อาหารกุ้งชนิดที่ 1 และ อาหารกุ้งชนิดที่ 2 โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (โดยที่อาหารกุ้งชนิดที่ 1 ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่นร้อยละ 34 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 17 ในสูตรอาหาร และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่นร้อยละ 25 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 22 ในสูตรอาหาร ในขณะที่ส่วนผสมชนิดอื่นๆในสูตรอาหารทั้งสองชนิดนั้น มีปริมาณใกล้เคียงกัน)
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กรอบการวิเคราะห์เชิงระบบของการประเมินวัฏจักรชีวิตดังกล่าว จะทำให้เห็นภาพรวมของประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากอาหารกุ้ง พร้อมทั้งระบุขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด รวมทั้งปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและแหล่งที่มาของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลบ่งชี้แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้ง นอกจากนี้ข้อมูลสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณจากการประเมินวัฏจักรชีวิต จะทำให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งสองชนิดได้ อีกทั้งยังคาดหวังว่าผลการศึกษานี้จะนำไปสู่กรอบแนวคิดในการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตอาหารกุ้งที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ หรือผลิตอาหารกุ้งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การตรวจเอกสาร

1. สถานการณ์โดยรวมของการเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย

การเพาะเลี้ยงกุ้งเริ่มดำเนินการเป็นครั้งแรกในประเทศไทยในปี พ. ศ. 2490 ชนิดพันธุ์กุ้งที่เลี้ยงในขณะนั้น คือ กุ้งแชบ๊วย ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรยังไม่มีความรู้ด้านการเลี้ยงกุ้งมาก่อน จึงเลี้ยงเลียนแบบธรรมชาติหรือที่เรียกว่าเลี้ยงแบบธรรมชาติ (Extensive system) ใช้ลูกพันธุ์ตามธรรมชาติที่เข้ามากับน้ำทะเลในขณะสูบน้ำเข้าบ่อ และเปลี่ยนถ่ายน้ำโดยอาศัยน้ำขึ้น-น้ำลง ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงมาก มีขนาดของบ่อประมาณ 50-200 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ประมาณ 60-100 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ใช้ระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 1.5-2 เดือน ต่อมาการเลี้ยงได้แพร่หลายออกไป และเมื่อระยะเวลาผ่านไปผู้เลี้ยงมีประสบการณ์ในการเลี้ยงเพิ่มขึ้น จึงมีการปรับปรุงและพัฒนาขึ้นเป็นการเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา (Semi-intensive system) ซึ่งปรับเปลี่ยนนาุ้งแบบดั้งเดิมให้มีขนาดเล็กลง และมีการตัดแปลงพื้นที่นาแบบดั้งเดิมบางส่วนเป็นบ่ออนุบาลลูกกุ้ง ในขณะเดียวกันเริ่มมีโรงเพาะฟักเกิดขึ้น โดยเกษตรกรได้นำพ่อแม่พันธุ์มากักขังเพื่อทดลองเลี้ยงและเพาะพันธุ์ จึงมีการนำลูกกุ้งจากโรงเพาะฟักไปปล่อยเสริมและให้อาหารเสริม หรืออาจเรียกการเลี้ยงกุ้งแบบนี้ว่าการปล่อยเสริม (Additional system) สามารถผลิตกุ้งได้ประมาณ 500-600 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ใช้ระยะเวลาเลี้ยงครั้งหนึ่งๆ ประมาณ 3-4 เดือนจึงจะจับขาย ต่อมาใน ปีพ.ศ. 2525 กรมประมงเริ่มเพาะฟักกุ้งกุลาดำเป็นผลสำเร็จ เนื่องจากกุ้งกุลาดำเป็นกุ้งพื้นเมืองของประเทศและรสชาติดี จึงได้เผยแพร่ ส่งเสริม และให้ความรู้แก่เกษตรกรทั่วไปสามารถเพาะและเลี้ยงได้เป็นอาชีพ จึงเกิดการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา (Intensive system) ขึ้น และการเลี้ยงเริ่มเป็นแบบอุตสาหกรรมที่ดำเนินโดยบริษัทหรือฟาร์มขนาดใหญ่ ที่มีการสร้างบ่อเลี้ยงตามป่าชายเลนเนื่องจากพื้นที่ตามแนวชายฝั่งประเทศไทยมีความเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้ง และไม่ได้รับผลกระทบจากพายุฝน อีกทั้งอุณหภูมิของน้ำไม่แปรปรวนไปตาฤดูกาล จากข้อมูลทางสถิติของกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รายงานว่า ประมาณร้อยละ 50 (1,273,534 ไร่) ของป่าชายเลนทั้งหมดถูกทำลายในช่วงปี พ.ศ. 2504-2536 (อ้างอิงจาก เปี่ยมศักดิ์, 2540) โดยเปลี่ยนพื้นที่ป่าชายเลนดังกล่าวเป็นบ่อเลี้ยง ซึ่งขนาดของบ่อแต่ละบ่อมีขนาดประมาณ 3-6 ไร่ (พรเลิศ และ คณะ, 2537) และผลผลิตของการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาอยู่ที่ประมาณ 0.8-2 ตันต่อไร่ ในระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 3-5 เดือน

การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาเริ่มขึ้นเมื่อปี 2528-2529 บริเวณ 3 สมุทรของประเทศไทย ได้แก่ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และสมุทรปราการ เนื่องจากพื้นที่มีอาณาเขตติดต่อกับชายทะเล ซึ่งเดิมบริเวณนี้เคยเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งตามธรรมชาติและทำนาเกลืออยู่ก่อน การปรับเปลี่ยนจากพื้นที่

นาเกลือมาเป็นพื้นที่นาุ้งด้วยวิธีการสร้างบ่อ ประศุน้ำเข้าออกและใช้วิธีการเลี้ยงแบบ ใต้หวน ซึ่งได้ผลผลิตสูงและราคาดี จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรนิยมหันมาเลี้ยงกุ้งกันอย่างรวดเร็ว และไม่มีมีการวางแผนล่วงหน้า มีการใช้ยาปฏิชีวนะตามการเลี้ยงสัตว์บกทั่วไป โดยไม่มีการศึกษา การใช้กับสัตว์น้ำมาก่อน นอกจากนั้นยังมีการใช้สารเคมีทุกประเภทเพื่อบำบัดน้ำโดยขาดความ เข้าใจ (ประจวบ, 2543) ภายหลังการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาได้เพียง 3 ปี ในปี พ.ศ. 2532 ได้ประสบ ปัญหาในเรื่องของเชื้อแบคทีเรียทำให้กุ้งที่เลี้ยงบริเวณ 3 สมุทร การเลี้ยงกุ้งจึงย้ายไปเลี้ยงทางภาค ตะวันออกของประเทศ ในจังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด มีการวางแผนและใช้วิชาการ ในการเลี้ยงแบบพัฒนามากกว่าเดิม ทำให้สามารถเลี้ยงได้ผลผลิตสูงและต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน ในเวลาใกล้เคียงกันกับภาคตะวันออกการเลี้ยงกุ้งก็ได้ขยายมาทางพื้นที่ภาคใต้ของประเทศ ซึ่งมี พื้นที่ติดกับชายทะเลเป็นระยะทางยาว ทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก และให้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจมาตลอด จนกระทั่งปี 2543 ได้เกิดปัญหาเรื่องโรคระบาดทำให้การเลี้ยงกุ้งได้ผลผลิตที่ไม่แน่นอน ปี พ.ศ. 2544 ผลิตกุ้งได้เพียง 274,330 ตัน ซึ่งลดลงจากปี 2543 ประมาณ 25,000 ตัน เนื่องจากกุ้งโตช้าและ ภายในบ่อเดียวกันกุ้งมีขนาดแตกต่างกันมาก ประกอบกับประสบปัญหาเรื่องคุณภาพน้ำ ความ เสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งเลี้ยงและชายฝั่งทะเล (ลิลา, 2545) และยังเกิดปัญหา จากการใช้ยาและสารเคมีทั้งในโรงเพาะฟักและฟาร์มเลี้ยงกุ้ง จนทำให้เกิดปัญหายาปฏิชีวนะ ตกค้างในเนื้อกุ้งที่ส่งออก ซึ่งทำให้ประเทศคู่ค้าอย่างสหภาพยุโรประงับการนำเข้ากุ้งทะเลจาก ประเทศไทย (ลิลา, 2545) ในขณะที่ช่วงที่กุ้งกุลาดำกำลังประสบปัญหา เกษตรกรจึงเริ่มหัน มาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) โดยเกษตรกรได้นำกุ้งขาวเข้ามาทดลองเลี้ยงครั้งแรก ตั้งแต่ปี พ.ศ.2541 แต่ไม่ประสบความสำเร็จ จนกระทั่งเดือนมีนาคม พ.ศ.2545 กรมประมง ได้อนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free, SPF) จากต่างประเทศเข้ามา ทดลองเลี้ยง จึงทำให้เกษตรกรบางส่วนหันมาทดลองเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และส่วนใหญ่ให้ผล ก่อนข้างดี ผลตอบแทนจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่ได้ผลดีกว่ากุ้งกุลาดำ ทำให้เกษตรกร จำนวนมากหันมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมกันมากจึงทำให้ผลผลิตของกุ้งกุลาดำเริ่มลดจำนวนลง โดยปี 2546 ประเทศไทยสามารถเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมได้ทั้งสิ้น 132,364 ตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 507,184 ตัน ในปี 2549 ในขณะที่ผลผลิตกุ้งกุลาดำเริ่มลดลงจากเดิมปี 2546 ที่เลี้ยงได้ 194,909 ตัน เหลือเพียง 3,977 ในปี 2549 (ดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวนฟาร์ม พื้นที่เลี้ยงและปริมาณผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยง ปี 2538-2549

ปี พ.ศ.	จำนวนฟาร์ม (ราย)	พื้นที่เลี้ยง (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)			
			กุ้งกุลาดำ	กุ้งแวนนาไม	กุ้งอื่นๆ	รวมกุ้งทุกชนิด
2538	26,145	468,386	255,890	-	-	259,540
2539	23,413	454,148	235,035	-	-	239,500
2540	23,723	457,000	223,551	-	-	227,560
2541	25,977	475,117	247,458	-	-	252,731
2542	28,012	484,650	271,019	-	-	275,544
2543	34,979	507,002	304,988	-	-	309,862
2544	31,839	480,881	274,330	-	-	280,007
2545	31,179	464,881	260,574	-	-	264,924
2546	34,977	512,620	194,909	132,364	3,452	330,725
2547	33,411	445,001	106,884	251,698	1,707	360,289
2548	na	na	14,550	408,235	-	422,785
2549	na	na	3,977	503,207	-	507,184

na = ข้อมูลอยู่ในระหว่างการรวบรวม

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง (2550)

2. การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ประเทศไทยส่วนใหญ่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในระบบพัฒนา โดยได้รับความรู้และประสบการณ์มาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ที่ปล่อยกุ้งลงเลี้ยงอย่างหนาแน่น แต่วิธีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะแตกต่างจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในเรื่องความหนาแน่นในการปล่อย โดยกุ้งขาวแวนนาไมจะปล่อยลงเลี้ยงหนาแน่นกว่ากุ้งกุลาดำ ซึ่งการปล่อยกุ้งลงเลี้ยงในบ่ออย่างหนาแน่นทำให้ปริมาณออกซิเจนมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของกุ้ง จึงมีการติดตั้งเครื่องตีน้ำภายในบ่อเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน

วิธีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย สามารถแยกตามความเค็มของน้ำได้เป็น 2 แบบ (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) คือ

2.1 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยความเค็มต่ำ

การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยความเค็มต่ำ จะเลี้ยงในพื้นที่น้ำจืดในภาคกลาง และใช้ความเค็มต่ำจนเกือบเป็นศูนย์ฟิสิทีหรือเกือบจะเป็นน้ำจืด โดยเกษตรกรจะช้อนน้ำเค็มความเข้มข้นสูงประมาณ 1,000-2,000 ฟิสิที จากนาเกลือ มาเติมลงในบ่อน้ำจืดให้เหลือมีความเค็มประมาณ 3-4 ฟิสิที แล้วกั้นคอกสำหรับปล่อยกุ้ง หลังจากนั้นจึงปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมระยะ ฟิ 10-12 ลงเลี้ยงในคอก อนุบาลต่อ 3-4 วัน จึงปล่อยออกมานอกคอก มีการให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต เมื่อเลี้ยงจนได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการจึงจับขาย

2.2 การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ ซึ่งส่วนใหญ่จะเลี้ยงบริเวณพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยเลี้ยงด้วยความเค็มประมาณ 10 ฟิสิที ขึ้นไป และปล่อยกุ้งอย่างหนาแน่นในอัตราที่มากกว่า 120,000 ตัวต่อไร่ ได้ผลผลิตประมาณ 2 ตันต่อไร่ อัตรารอดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

3. อาหารกุ้งที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้ง

3.1 ชนิดอาหารกุ้ง

อาหารกุ้งที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งแบ่งออกเป็นอาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง และอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในบ่อดินที่ฟาร์มเลี้ยง ลูกกุ้งที่แรกฟักออกจากไข่จะมีถุงอาหารติดมากับตัว เมื่อลูกกุ้งเข้าสู่ระยะซุเอีย (zoae) ถุงอาหารก็จะยุบไป และเนื่องจากลูกกุ้งระยะนี้ดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอน จึงมีพฤติกรรมการกินอาหารแบบกรองกิน ดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งในระยะนี้จึงเป็นอาหารจำพวกแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ เช่น คีโตเซออส (*Chaetoceros sp.*) ซึ่งหลังจากลูกกุ้งเข้าสู่ระยะโพสลาวาหรือกุ้งฟิ จะมีพฤติกรรมและรูปร่างเหมือนกับกุ้งใหญ่ทุกประการแต่มีขนาดเล็กกว่า และจะเปลี่ยนรูปแบบการดำรงชีวิตแบบแพลงก์ตอนเป็นลงเกาะที่วัสดุหรือผิวดิน ขาเดินและก้ามพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการล่าเหยื่อ ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการกินอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป จากที่กินพืชและสัตว์มากินสัตว์อย่างเดียว ซึ่งอาหารที่ใช้เลี้ยง คือ อาร์ทีเมีย (*artemia*) และเริ่มให้อาหารสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นผงเลี้ยง

อาหารกุ้งที่ใช้เลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยงที่ฟาร์มเลี้ยงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ อาหารธรรมชาติเป็นอาหารที่มีอยู่ในน้ำทะเลเป็นพวกแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตเล็กๆที่กุ้งสามารถจับกินได้ โดยอาหารธรรมชาติในบ่อจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำ ส่วนอาหารสมทบเป็นอาหารที่ให้แก่จากอาหารธรรมชาติส่วนมากจะเป็นอาหารสด เช่น ปลาเบ็ดหรือเนื้อหอยสับให้สดๆเหมาะสำหรับเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งพัฒนา ซึ่งปล่อยกุ้งไม่หนาแน่นและผลผลิตไม่สูงมาก แต่ในปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งเป็นแบบพัฒนาจึงมีการให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากง่ายต่อการจัดการและไม่เน่าเสีย อาหารกุ้งสำเร็จรูปจะต้องประกอบด้วยสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต คือ เป็นอาหารที่มีส่วนผสมจากวัตถุดิบหลายชนิดที่ได้สัดส่วนของสารอาหารในปริมาณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง

3.2 วัตถุดิบอาหารกุ้ง

วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ พวกที่ผลิตมาจากพืชและพวกที่ผลิตมาจากสัตว์ วัตถุดิบอาหารที่จะนำมาผลิตให้สัตว์เลี้ยงนั้นต้องประกอบไปด้วยคุณค่าทางอาหารที่ครบถ้วนมากที่สุดเพื่อให้การเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์จะมีผลต่อการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตอาหารกุ้ง และมีผลต่อคุณภาพของอาหารกุ้งที่ผลิตได้ ดังนั้นผู้เลี้ยงควรเลือกใช้อาหารที่มีคุณภาพดีและมีสารอาหารครบถ้วน สำหรับขั้นตอนการเลือกซื้ออาหารกุ้ง จะต้องเลือกอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนและมีความจำเป็นสำหรับกุ้งที่จะใช้ในการเร่งการเจริญเติบโต ต้องผลิตมาจากวัตถุดิบที่มีคุณภาพ ไม่ปนเปื้อนเชื้อโรค ไม่มีเชื้อรา และวัตถุดิบไม่เสื่อมคุณภาพ มีสารดึงดูดความสนใจของกุ้งและกุ้งสามารถกินอาหารได้ดี คงสภาพอยู่ในน้ำได้นานอย่างน้อย 1-2 ชั่วโมง

จากความต้องการผลผลิตต่อรอบสูงจึงปล่อยกุ้งในอัตราที่หนาแน่น ทำให้อาหารกุ้งมีความจำเป็นมากในการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา เนื่องจากอาหารกุ้งจะมีโปรตีนในระดับสูงเพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยโปรตีนทำหน้าที่ซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ช่วยเสริมสร้างเนื้อเยื่อและช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต อีกทั้งยังเป็นแหล่งของพลังงาน ความต้องการโปรตีนของกุ้งจะแตกต่างกันไปตามอายุ ขนาดและปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณพลังงานที่ร่างกายได้รับจากสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตและไขมัน รวมทั้งคุณภาพของโปรตีน สำหรับอาหารกุ้งเป็นอาหารเม็ดที่ผสมขึ้นจากอาหารแห้งหลายๆ ชนิด ให้มีระดับโปรตีนต่างๆ กัน วัตถุดิบที่สามารถนำมาผลิตอาหารเม็ดได้เช่น ปลาป่น หัวกุ้งป่น เศษปลาหมึก รำละเอียด ถั่วเหลืองป่น แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี น้ำมันปลา วิตามินและเกลือแร่ (ประจวบ, 2527) นอกจากนี้ยังมี lecithin, cholesterol,

dicalcium phosphate และตัวประสาน (binders) โดยกุ้งจะต้องการสารอาหารทั้งหมดที่จำเป็นในปริมาณที่พอเพียงต่อการเจริญเติบโต สำหรับการพัฒนาสูตรอาหารกุ้งมักใช้ปลาป่นและกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนในสูตรอาหาร และมีการทดลองหาแหล่งโปรตีนอื่นทดแทนโปรตีนจากปลาป่น ซึ่งวัตถุดิบเหล่านั้นจะต้องมีปริมาณมากและสามารถใช้ได้ตลอดไป สำหรับการผลิตอาหารควรผลิตให้ได้ตามความต้องการธาตุอาหารของกุ้งที่เลี้ยง

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการ (%) ของวัตถุดิบอาหารที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์น้ำ

ชนิดวัตถุดิบ	โปรตีน	ไขมัน	กาก	ความชื้น	เถ้า	เกลือ
	ไม่น้อยกว่าร้อยละ	ไม่มากกว่าร้อยละ	ไม่มากกว่าร้อยละ	ไม่มากกว่าร้อยละ	ไม่มากกว่าร้อยละ	ไม่มากกว่าร้อยละ
ปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 1	60	-	2	10	26	3
ปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 2	55	-	2	10	28	3
ปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 3	50	-	2	10	30	3
กากถั่วเหลือง	42	7	8	13	8	-
กากถั่วลิสง	42	10	8	12	13	-
รำละเอียด	12	15	8	11	10	-
รำหยาบ	5	1	28	11	18	-
เนื้อป่น	54	15	4	10	29	-
เนื้อป่นสกัดไขมัน	60	5	4	10	29	-
เนื้อและกระดูกป่น 50 %	50	15	4	10	32	-
เนื้อและกระดูกป่น 45 %	45	15	4	10	35	-
ปลาป่น (Herring meal)	70	7.5	1	-	-	-
ปลาป่น (Menhaden meal)	60	7.5	-	-	-	-
ปลาป่น (Anchovy meal)	64	6	1	-	-	-

ที่มา: อมรรัตน์ (2548) และ FAO (1980)

3.3 เทคโนโลยีการผลิตอาหารกุ้ง

การผลิตอาหารกุ้งส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตอาหารเม็ดแบบจมน้ำ และใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบเครื่องอัดเม็ดแบบจมมากกว่าเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ที่ผลิตอาหารปลาลอยน้ำ เนื่องจากอาหารที่ผลิตได้จะมีความแข็งแรงและทนอยู่ในน้ำได้นาน (ภรต, 2532) กล่าวว่าในกระบวนการ

ผลิตอาหารกุ้งควรมีความชื้นไม่ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิของอาหารในห้องอัดขณะอัดมีค่า 90-100 องศาเซลเซียส และความคงทนของอาหารเม็ดมีค่า 97-99 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถคงทนอยู่ในน้ำได้นาน 1-2 ชั่วโมง ขั้นตอนในการดำเนินงานผลิตอาหารกุ้งเริ่มจากการชั่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ แล้วบดให้ละเอียดก่อนที่จะผสมอาหารให้เป็นเนื้อเดียวกัน และวัตถุดิบเหล่านั้นจะถูกลำเลียงผ่านห้องผสมน้ำหรือไอน้ำ (Steam condition chamber) เพิ่มความชื้นขึ้นที่ประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์ และปรับอุณหภูมิประมาณ 85-90 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นจึงผสมด้วยไอน้ำเพื่อให้อาหารเปียกนุ่มและจับตัวกันดีขึ้น จากนั้นอาหารจะเคลื่อนที่มายังห้องอัดเม็ด (Pelletier) และเคลื่อนที่มาอยู่ระหว่างลูกกลิ้งและหน้าแวน ซึ่งหมุนในทิศทางเดียวกัน อาหารจะถูกลูกกลิ้งอัดผ่านรูหน้าแวนออกมาเป็นแท่งตามขนาดของรูที่หน้าแวน อาหารจะถูกตัดให้มีขนาดสั้นหรือยาวขึ้นกับระยะห่างระหว่างใบมีดและหน้าแวน ขนาดของเม็ดอาหารขึ้นกับความต้องการและระยะการเจริญเติบโตของกุ้ง ในขั้นตอนการอัดเม็ดนี้ควรระวังการสูญเสียวิตามินบางชนิด เช่น วิตามินซี เอ อี และเค อาหารที่ได้จากการอัดเม็ดจะเรียกว่าอาหารเม็ด (pellet) หลังอัดเป็นเม็ดอาหารแล้วจะมีความชื้นสูงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องทำให้แห้งโดยอาศัยความเย็นจนอาหารมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องจึงบรรจุลงหีบห่อ การผลิตอาหารอัดเม็ดแบบจุ่มควรมีไขมันให้เหมาะสม ถ้ามีน้อยกว่า 2-3 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัดอาหารเป็นเม็ดได้ยาก (วีรพงศ์, 2536)

4. ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับอาหารกุ้ง

4.1 การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตปลาป่น

กระบวนการผลิตอาหารกุ้งมีการใช้ปลาป่นเป็นส่วนผสมประมาณ 25-35 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด (ประจวบ, 2527) สำหรับปลาป่นที่ผลิตในประเทศไทยมาจากปลาเป็ด และเศษปลาที่เหลือจากการแปรรูปจากโรงงาน ซึ่งปริมาณปลาเป็ดที่ประเทศไทยจับได้ในแต่ละปีมีประมาณ 1.86 ล้านตัน สามารถนำมาผลิตปลาป่นได้เฉลี่ยประมาณปีละ 400,000 – 500,000 ตัน (ดังตารางที่ 4) ปลาป่นที่ผลิตได้จะรวมถึงปลาป่นที่มีโปรตีนสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปปลาป่นที่ผลิตได้จะใช้ในประเทศประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ และส่งออกประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ (เกวลิน, 2551) สำหรับปลาป่นที่มีระดับโปรตีนตั้งแต่ 60% ขึ้นไป ส่วนใหญ่นิยมใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารกุ้ง จึงทำให้มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นจึงนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น พม่า เกาหลี และเปรู สำหรับการส่งออกปลาป่นจะส่งไปขายยังประเทศจีนและเวียดนาม

ตารางที่ 3 ผลผลิตปลาป่นที่ผลิตได้กับปริมาณความต้องการใช้ในประเทศไทยระหว่าง
ปี พ.ศ. 2546-2550 (หน่วย: ตัน)

ปี พ.ศ.	2546	2547	2548	2549	2550
ผลผลิตในประเทศ	598,000	541,000	473,000	461,000	470,000
ความต้องการใช้	592,000	532,000	451,000	440,000	450,000

ที่มา: สำนักส่งเสริมสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2551)

กุ้งทะเลเป็นสัตว์ที่ต้องการโปรตีนค่อนข้างสูงในการเจริญเติบโต เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของกุ้งให้ได้ขนาดตามต้องการจึงให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปที่มีปริมาณโปรตีนสูง โดยทั่วไปในอาหารกุ้งจะมีปลาป่นเป็นองค์ประกอบหลัก 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงและมีกรดอะมิโนที่จำเป็นในระดับที่สมดุล โดยเฉพาะไลซีนและเมทไธโอนีน อีกทั้งยังมีสารดึงดูดความสนใจ ดังนั้นเมื่อความต้องการผลผลิตกุ้งเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้ปลาป่นเป็นที่ต้องการเพิ่มขึ้น โดยในปี 2548 ประเทศไทยใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสัตว์น้ำ 270,959 ตัน คิดเป็นร้อยละ 46 ของปลาป่นทั้งหมดที่ใช้ในประเทศ โดยเฉพาะอาหารกุ้งใช้มากถึงร้อยละ 32 ของอาหารสัตว์น้ำทั้งหมด (Khemakorn *et al.*, 2005) และจากการใช้ปลาป่นสำหรับผลิตอาหารสำเร็จรูปในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทั่วโลกในปี 2000 รวมทั้งสิ้น 12.5 ล้านตัน พบว่าประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1.6 ล้านตัน ของอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเป็นอาหารกุ้ง และยังมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นเรื่อยมา (Tacon *et al.*, 2006) และใช้วัตถุดิบปลาป่นในการผลิตอาหารกุ้งมากถึงร้อยละ 22 ของปลาป่นทั้งหมดที่ใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความต้องการโปรตีนในกุ้งแต่ละชนิด

Penaeus spp.	ความต้องการโปรตีน (%)	อ้างอิง
<i>Penaeus monodon</i>	45-50	Lee, 1971
	40	Alava and Lim, 1983
	40-50	Bautistaq, 1986
	40-44	Shiau <i>et al.</i> , 1991a
	36-40	Shiau and Chou, 1991
<i>Litopenaeus vannamei</i>	30	Colvin and Brand, 1977
	> 36	Smith <i>et al.</i> , 1985
<i>Penaeus indicus</i>	43	Colvin, 1976
<i>Penaeus japonicus</i>	50	Deshimaru and Kuroki, 1975a
	52-57	Deshimaru and Yone, 1978a
	45-55	Teshima and Kanazawa, 1984
<i>Penaeus merguensis</i>	34-42	Sedgwick, 1979
<i>Penaeus aztecus</i>	40	Venkataramiah <i>et al.</i> , 1975
	51	Zein-Eldin and Corliss, 1976
<i>Penaeus setiferus</i>	28-32	Andrews <i>et al.</i> , 1972
	30	Lee and Lawrence, 1985

ที่มา: Shiau (1998)

ปลาป่นผลิตจากลูกปลาทะเลทั้งที่มีคุณค่าและไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ ในอัตราส่วน 4:1 หมายความว่าต้องใช้ลูกสัตว์น้ำเต็ม 4 กิโลกรัมเพื่อให้ได้ปลาป่น 1 กิโลกรัม (USDA, 2004; Mungkung, 2005) จึงเป็นต้นเหตุของข้อวิจารณ์ตามมาว่า การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำไม่ได้เป็นระบบการผลิตที่ทดแทนการจับจากธรรมชาติที่มีปริมาณลดลง แต่กลับเร่งให้มีการนำทรัพยากรปลาทะเลมาใช้มากขึ้น (Deutsch *et al.*, 2007) เมื่อมีการพัฒนาด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นความต้องการปลาป่นจึงเพิ่มจำนวนขึ้น เนื่องจากวัตถุดิบปลาป่นใช้เป็นแหล่งของโปรตีนในอาหารสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารกุ้ง โดยแหล่งผลิตปลาป่นที่สำคัญอยู่ในเขตอเมริกาใต้เนื่องจากมีชายฝั่งทะเลเป็นแนวยาว ในปี 2003 ประเทศเปรูผลิตปลาป่นได้ร้อยละ 22.2 (1,224,000 ตัน) รองลงมา

คือ ประเทศจีนร้อยละ 15.6 (860,000 ตัน) ประเทศชิลีร้อยละ 12.8 (706,000 ตัน) และประเทศไทย ร้อยละ 7.3 (403,000 ตัน) (Tacon *et al.*, 2006)

ตารางที่ 5 ปริมาณการใช้ปลาป่นในอาหารสัตว์น้ำ ปี 2000

	ผลผลิตสัตว์น้ำ ทั้งหมด (1,000 ตัน)	ปริมาณอาหาร ทั้งหมด (1,000 ตัน)	FCR	ปริมาณปลาป่นที่ใช้ (1,000 ตัน)
Marine shrimp	1,143	1,670	1.7-2.1	372
Fresh water crustaceans	413	388	1-1.3	-
Marine fish	603	902	2.9-3.7	415
Salmon	1,009	1,636	2.6-3.3	454
Trout	603	551	1.5	176
Milkfish	462	313	0.33-0.42	-
Carp, using feed	15,525	6,991	0.15-0.19	350
Tilapia	1,257	776	0.24-0.29	-
Catfish	415	505	0.28-0.35	15
Eels	233	348	3.4-4.2	173

ที่มา: Deutsch *et al* (2007)

จากข้อมูลการทำประมงของประเทศไทย เพื่อให้ได้ทรัพยากรปลาทะเลมาผลิตเป็นปลาป่น ชาวประมงจะแยกปลาตามชนิด ขนาด และคุณภาพ ของปลาตามเส้นทางการตลาดหลัก โดยปลา ทะเลที่นำมาใช้ผลิตปลาป่น ได้แก่ ปลาเป็ด (trash fish) และปลาที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ (low value food fish) จากการศึกษาของกรมประมงพบว่าปลาเป็ดที่ชาวประมงจับได้ทั้งหมด และร้อยละ 65.9 ของปลาที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำจะนำไปผลิตปลาป่น โดยใช้เครื่องมือทำการประมงแบบอวนลาก ซึ่งเรืออวนลากมีทั้งอวนลากแบบอวนลากเดี่ยว อวนลากคู่ โดยเรืออวนลากเดี่ยวขนาดความยาว เรือ 19-25 เมตร สามารถจับปลาเป็ดได้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 36.31 รองลงมาคืออวนลากเดี่ยว ขนาดความยาวเรือ 14-18 เมตร ร้อยละ 24.50 และอวนลากคู่ ร้อยละ 24.03 (Khemakorn *et al.*, 2005) ซึ่งปลาเป็ด ร้อยละ 97.78 จะถูกนำมาผลิตเป็นปลาป่น ที่เหลือจะใช้เป็นปุ๋ยและอาหารเลี้ยง เป็ด ส่วนปลาที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำเพียงร้อยละ 22.84 เท่านั้นที่นำมาผลิตปลาป่น ส่วนที่เหลืออีก ร้อยละ 77.16 ใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์บริโภคและอาหารสดสำหรับเลี้ยงปลาทะเล

การพัฒนาด้านการประมงได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี ค.ศ.1960 โดยเฉพาะการใช้เครื่องมือแบบเรือวนลาก ซึ่งเป็าหมายการจับปลาหลักๆ ของเรือชนิดนี้จะเป็นพวกปลาเปิดและปลาที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ และนำไปสู่การลดลงอย่างรวดเร็วของทรัพยากรการประมงตลอด 30 ปีที่ผ่านมา จากการสำรวจของ (Khemakorn *et al.*, 2005) เมื่อทำการลากอวนเปรียบเทียบกับอัตราการจับสัตว์น้ำโดยค่าปริมาณการจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (Catch Per Unit Effort, CPUE) พบว่าจำนวนปลาที่จับได้ลดลงจาก 133.77 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในปี 1966 เหลือ 22.90 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในปี 1996 ผลจากความต้องการผลผลิตสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้นและจากการพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นำไปสู่ปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำที่เพิ่มมากขึ้น ประเด็นนี้จึงเป็นสาเหตุหลักของความต้องการใช้ปลาเปิดเพื่อผลิตเป็นปลาป่นที่ใช้เป็นส่วนผสมสำหรับผลิตอาหารเม็ดสำเร็จรูปที่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ จากความต้องการปลาป่นดังกล่าวเป็นแรงขับเคลื่อนให้มีการทำประมงกันเพิ่มมากขึ้น (Nilsson and Ziegler, 2006) ส่งผลให้ปริมาณปลาทะเลลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วและไม่สามารถเกิดขึ้นมาทดแทนปลาทะเลที่ถูกจับได้ทัน อีกทั้งเครื่องมือการทำประมงด้วยเรือวนลากเป็นเครื่องมือที่จับสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ ทำให้มีโอกาสที่พื้นท้องทะเลจะถูกทำลายจากการลากอวนมีแนวโน้มมากขึ้น เนื่องจากการที่เรือวนลากทำการลากอวน 1 ชั่วโมงจะกินเนื้อที่ประมาณ 0.39 ตารางกิโลเมตร (Nilsson and Ziegler, 2006) นอกจากนั้นยังทำลายแนวปะการังที่เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลและสัตว์หน้าดินต่างๆ

4.2 น้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง

การเลี้ยงกุ้งแบบหนาแน่นที่มีการให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปโปรตีนสูงปริมาณมาก ทำให้มีของเสียเกิดขึ้น ทั้งจากอาหารเหลือที่กุ้งกินไม่หมด ของเสียจากการขับถ่ายของกุ้ง จากการย่อยสลายของเศษอาหารและสารอินทรีย์ในบ่อ ทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะกลายเป็นของเสียสะสมอยู่ในน้ำและตะกอนเลนบริเวณพื้นก้นบ่อเมื่อเลี้ยงไปได้ระยะหนึ่งจะมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเพื่อปรับคุณภาพน้ำภายในบ่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง น้ำที่เปลี่ยนถ่ายจะถูกสูบลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และเมื่อเลี้ยงกุ้งจนได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการจะมีการจับกุ้งเพื่อจำหน่าย ขั้นตอนนี้น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งจะค่อยๆถูกระบายทิ้งลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติจนหมดบ่อ รวมถึงตะกอนเลนที่สะสมอยู่บริเวณพื้นก้นบ่อด้วย ถ้าเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งบางรายรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก็จะทำความสะอาดพื้นบ่อโดยการฉีดเลนทิ้งลงสู่แหล่งน้ำหรือคลองสาธารณะ ทำให้ธาตุอาหารที่สะสมอยู่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งปล่อยออกมาสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งบางส่วนอาจจะได้รับการบำบัดโดยธรรมชาติและบางส่วนสะสมตัวอยู่ในแหล่งน้ำ เนื่องจากจำนวนบ่อเลี้ยงกุ้งที่มีจำนวนมากตามบริเวณแนวชายฝั่งทะเลทำให้ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณสูงธรรมชาติจึงไม่สามารถบำบัดได้ทั้งหมด

ปริมาณมลสารที่ปลดปล่อยออกมาจากบ่อเลี้ยงกุ้งขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่ให้อุ้งกิน ปริมาณน้ำที่ถ่ายหรือปล่อยออกจากบ่อและอัตราการตายของกุ้ง (คุสิต และคณะ, 2536) โดย (ลิตา และ สมถวิล, 2549) ได้รายงานว่าในการปล่อยกุ้งลงเลี้ยงอย่างหนาแน่นมากขึ้นจะทำให้ ค่าบีโอดี แอมโมเนียและไนเตรทสูงขึ้น โดยได้ทดลองปล่อยกุ้งกุลาดำลงเลี้ยงที่ความหนาแน่น 40,000, 50,000 และ 80,000 ตัวต่อไร่ และกุ้งขาวแวนนาไมในอัตรา 100,000 และ 150,000 ตัวต่อไร่ และยังพบอีกว่าระยะเวลาการใช้งานของบ่อยังมีผลกระทบในเชิงลบต่อตัวแปรคุณภาพน้ำด้วย

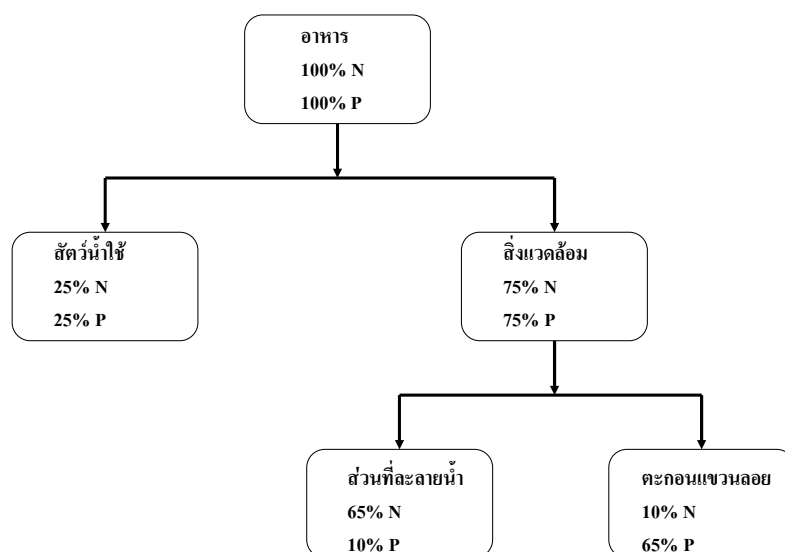
การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีการให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปทำให้มีของเสียเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเศษอาหารเหลือตกค้างในบ่อหรือสิ่งขับถ่ายจากตัวกุ้ง ซึ่งจะสะสมอยู่ในบ่อมากขึ้นตาม ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงกุ้ง ของเสียเหล่านี้จะละลายอยู่ในน้ำและตกเป็นตะกอนของแข็งอยู่บริเวณพื้น ก้นบ่อ เมื่อเลี้ยงในระยะเวลาที่นานขึ้นและคุณภาพน้ำภายในบ่อไม่ดีพอ ก็จะทำให้การถ่ายน้ำและสูบน้ำเข้าทะเลจากภายนอกเข้ามาเจือจางของเสียในบ่อให้น้อยลง สำหรับน้ำที่ถ่ายออกจากบ่อจะถูก ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ เมื่อเลี้ยงกุ้งจนได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการจึงจับเพื่อจำหน่าย ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำการสูบน้ำและดินตะกอนเลนภายในบ่อทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

น้ำทั้งจากการเลี้ยงกุ้งหรือน้ำที่ใช้ในกิจกรรมต่างๆจากบ่อเลี้ยงกุ้ง ได้แก่ น้ำจากการ เปลี่ยนถ่ายและน้ำจากการเลี้ยงกุ้งตลอดรอบการเลี้ยง จะถูกถ่ายลงสู่คลองระบายน้ำสาธารณะหรือ แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งคุณสมบัติของน้ำบางประการ เช่น สี ความขุ่น ปริมาณธาตุอาหาร และ ปริมาณอินทรีย์สารเปลี่ยนแปลงไป ส่วนมากมักมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน แหล่งน้ำธรรมชาติที่ ได้รับน้ำจากการระบายออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งอาจทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมลง น้ำทั้งจากการเลี้ยง กุ้งแบบพัฒนาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ น้ำทั้งระหว่างการเลี้ยง และน้ำทั้งเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง ปริมาณน้ำทั้งที่ถูกปล่อยออกมาจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับท้องถิ่นและวิธีการเลี้ยง โดยการเลี้ยง บางแห่งจะเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยในระยะแรกและเพิ่มปริมาณขึ้นในระยะต่อไป บางแห่งจะเปลี่ยนถ่าย น้ำมากเฉพาะเดือนสุดท้ายของการเลี้ยง หรือบางแห่งไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำเลยซึ่งการเลี้ยงระบบนี้ ทำให้คุณภาพน้ำเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงต่ำกว่าระบบอื่นๆ

4.3 ตะกอนเลนหรือดินเลน

ส่วนที่เป็นตะกอนเลนหรือที่เรียกว่าดินเลนพื้นก้นบ่อ เกิดขึ้นจากการสะสมของเศษ อาหารเหลือที่กุ้งกินไม่หมด ของเสียจากการขับถ่ายของกุ้งและการพังทลายของขอบบ่อ รวมทั้ง ของเสียจากพืชและสัตว์น้ำที่ตายทับถมกันอยู่บริเวณพื้นบ่อ จากศึกษาคุณภาพดินจากบ่อเลี้ยงกุ้งใน

จังหวัดปัตตานีเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง พบว่ามีการสะสมสารประกอบไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, และไนเตรท-ไนโตรเจนในตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.35-50.10, 0.12-0.21 และ 0.44-0.77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (คูสิต และคณะ, 2537) ในขณะที่แหล่งเลี้ยงกุ้งทะเลบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งโครงการจัดระบบชลประทานน้ำเค็ม เพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่ป่าคอนนา จังหวัดปัตตานี มีแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, ไนไตรท์-ไนโตรเจน, ไนเตรท-ไนโตรเจน และไนโตรเจนทั้งหมดในตะกอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.1-24.2, 0.7-1.0, 0.13-0.21 และ 837-1,615 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (คูสิต และคณะ, 2536) บริเวณคลองส่งน้ำและคลองน้ำทิ้งจะได้รับผลกระทบของตะกอนเลนจากการเลี้ยงกุ้งสูงที่สุด และระดับของผลกระทบจะลดลงในบริเวณแนวชายฝั่ง ระยะห่างจากฝั่งที่ 500 และ 1,000 เมตร จะได้รับผลกระทบต่ำที่สุด ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เฉลี่ยเท่ากับ 6.97, 2.04, 0.77 และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ชนินทร์ และบริสุทธิ์, 2541)



ภาพที่ 1 สารอินทรีย์ที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม (คณิต และ ขงยุทธ, 2537)

4.4 น้ำทิ้งจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำและน้ำทิ้งจากการจับกุ้ง

ในน้ำทิ้งและตะกอนเลนจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ปริมาณสูง อันเนื่องจากการให้อาหาร การขับถ่ายของเสียจากกุ้งและสัตว์หน้าดิน นอกจากนี้ยังมีสารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสและยังประกอบไปด้วยแพลงก์ตอนและอื่นๆอีก โดยพบว่าแหล่งน้ำธรรมชาติที่คลองพระราม จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยสูงถึง 0.424 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่คลองท่าชัก จังหวัดนครศรีธรรมราช มีปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยสูงถึง 0.380 มิลลิกรัมต่อลิตร

(ขงยุทธ และ คณิต, 2537) และจากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณอำเภอกิ่งกระเบน พบว่าบ่อเลี้ยงกุ้งกลุ่มที่ปล่อยในอัตราที่หนาแน่นมากกว่า 60 ตัวต่อตารางเมตรมีปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.306 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรที่ 0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร และกลุ่มที่ปล่อยในอัตราความหนาแน่นน้อยกว่า 60 ตัวต่อตารางเมตร มีปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ย 0.200 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนโตรที่ 0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร (สิริ และ จำลอง, 2536)

จากการศึกษาพบว่ามวลสารทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกมาในขณะจับกุ้งฟาร์มกุ้ง ณ จังหวัดฉะเชิงเทรา ที่บ่อขนาด 6.25 ไร่ จะมีปริมาณไนโตรเจน 43 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5 กิโลกรัม อินทรีย์สาร 9 ตัน ของแข็งทั้งหมด 40 ตัน และสารแขวนลอยทั้งหมด 3.6 ตัน ที่ละลายปนออกมากับน้ำที่สูบทิ้งสู่แหล่งน้ำภายนอก ส่วนในดินตะกอนของบ่อจะประกอบไปด้วย 74 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนรวม และ 78 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสรวม (Yi *et al.*, 2004) ในขณะที่ (Satapornvanit, 1993) อ้างโดย (Tookwinas, 1996) พบว่าปริมาณน้ำทิ้งจากการผลิตกุ้ง 1 ตัน จะมีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ 1,250 กิโลกรัม สารประกอบไนโตรเจน 87 กิโลกรัม และฟอสฟอรัส 28 กิโลกรัม และผลจากการศึกษาของ (คุสิต และคณะ, 2536) พบว่าปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา กุ้งในกลุ่มที่ให้ผลผลิตต่ำ (590 กิโลกรัมต่อบ่อ) มีปริมาณไนโตรเจนรวม, ฟอสฟอรัสรวม และค่าบีโอดี มีค่าเท่ากับ 10.8, 0.6 และ 30.55 กิโลกรัมตามลำดับ และกลุ่มที่มีผลผลิตสูง (1,667 กิโลกรัมต่อบ่อ) มวลสารดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 50.23, 1.27 และ 86.87 กิโลกรัม ตามลำดับ

แหล่งของธาตุอาหารในบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นได้จากอาหารเป็นหลัก ซึ่งอาหารส่วนใหญ่จะใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป (Formulated pellet) ที่มีคุณค่าทางอาหาร ได้แก่ โปรตีนไม่ต่ำกว่า 36 เปอร์เซ็นต์ และมีส่วนประกอบของอาหาร ได้แก่ ปลาป่น กุ้งป่น ปลาหมึกป่น ถั่วเหลือง เป็นต้น (บุญชัย และ ชาตรี, 2536) ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้จัดว่ามีปริมาณโปรตีนสูง เมื่อย่อยสลายจะทำให้สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกมา จากการศึกษาของ (Funge-Smith and Briggs, 1998) พบว่าแหล่งของธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เข้าสู่บ่อกุ้งมาจากอาหารกุ้งเป็นหลักถึงร้อยละ 78 และ 51 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ (Taparhudee, 2003) ที่กล่าวว่า 84 เปอร์เซ็นต์ ของไนโตรเจน และ 51.2 เปอร์เซ็นต์ ของฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เข้าสู่บ่อมาจากอาหารกุ้ง และยังให้ผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกับ (Muthuwan and Lin, 1996) ที่รายงานว่าร้อยละ 82.4 ของไนโตรเจนและ ร้อยละ 86.5 ของฟอสฟอรัสที่เข้าสู่ระบบการเลี้ยงกุ้งมาจากอาหารกุ้ง ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงไนโตรเจนเหล่านี้จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของเนื้อกุ้งประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ในตะกอนเลน

14 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในน้ำทิ้งที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมมากถึง 57 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง 3 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่ระเหยสู่อากาศ (Jackson *et al.*, 2003)

ตารางที่ 6 สัดส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เข้าสู่ระบบการเลี้ยงกุ้ง

แหล่งที่มา	ร้อยละของไนโตรเจน ที่เข้าสู่บ่อเลี้ยง (% N input)	ร้อยละของฟอสฟอรัส ที่เข้าสู่บ่อเลี้ยง (% P input)	เอกสารอ้างอิง
อาหารกุ้ง	82.4	86.5	(Muthuwan and Lin, 1996)
	78.0	51.0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	84.0	51.2	(Taparhudee, 2003)
น้ำ	14.0	4.2	(Muthuwan and Lin, 1996)
	4.0	2.0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	16.0	1.8	(Taparhudee, 2003)
ลูกพันธุ์กุ้ง	0	0	(Muthuwan and Lin, 1996)
	0.02	0.01	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	0.0	0.0	(Taparhudee, 2003)
ปุ๋ย	3.2	9.2	(Muthuwan and Lin, 1996)
	1.8	21.0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	0.0	47.0	(Taparhudee, 2003)

ไนโตรเจนจัดเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของโปรตีน อีกทั้งในอาหารกุ้งก็มีโปรตีนอยู่สูง ดังนั้นในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาจึงประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ไนโตรเจนและยังประกอบด้วยฟอสฟอรัส เมื่อแหล่งน้ำธรรมชาติได้รับน้ำที่ระบายทิ้งจากฟาร์มกุ้งซึ่งมีธาตุอาหารเหล่านี้ในปริมาณสูงเกินไปจะก่อให้เกิดปัญหาการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช จนอาจเป็นสาเหตุของการเกิดยูโทรฟิเคชัน นอกจากจะทำให้เกิดการสะสมของตะกอนสารอินทรีย์ในธรรมชาติ สารประกอบไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในน้ำยังเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชเป็นอย่างมาก โดยอัตราส่วนระหว่างค่า N/P ที่เหมาะสมอยู่ที่ 10:1 - 4:1 (Golterman, 1966)

ตารางที่ 7 สัดส่วนของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ออกจากระบบการเลี้ยงกุ้ง

แหล่งที่มา	ร้อยละของไนโตรเจน ที่ออกจากบ่อกุ้ง (%N input)	ร้อยละของฟอสฟอรัส ที่ออกจากบ่อกุ้ง (%P input)	เอกสารอ้างอิง
กุ้งที่จับ	24.8	9.1	(Muthuwan and Lin, 1996)
	18.0	6.0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	25.3	8.1	(Taparhudee, 2003)
น้ำ	45.0	26.2	(Muthuwan and Lin, 1996)
	27.0	10.0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	17.1	4.0	(Taparhudee, 2003)
ตะกอนเลน	0.1	0.1	(Muthuwan and Lin, 1996)
	24.0	84.0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
	30.5	88.1	(Taparhudee, 2003)
ส่วนที่ไม่มี	30.4	64.7	(Muthuwan and Lin, 1996)
ข้อมูลหรือ	31.0	0	(Funge-Smith and Briggs, 1998)
อื่นๆ	27.1	0	(Taparhudee, 2003)

การใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูปที่มีโปรตีนสูงในปริมาณมากเลี้ยงกุ้ง จะทำให้มีของเสียและเศษอาหารสะสมอยู่ในบ่อเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง โดยปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นภายในบ่อสามารถประเมินได้จากการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ หรือที่เรียกว่า FCR (Food Conversion Ratio) อัตราแลกเปลี่ยนซึ่งคิดจากน้ำหนักอาหารที่ให้ต่อน้ำหนักกุ้งที่ได้ ซึ่งปกติค่าอัตราการแลกเปลี่ยนของกุ้งที่เลี้ยงกันอยู่ในปัจจุบันมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-2.0 หมายความว่าจากน้ำหนักอาหารที่ให้กุ้งกิน 1.5-2.0 กิโลกรัม มีอาหารส่วนเกินที่ไม่ได้ถูกเปลี่ยนเป็นเนื้อกุ้งจะตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม 0.5-1.0 กิโลกรัม ทั้งในรูปของเศษอาหารที่เหลือและในรูปของสิ่งขับถ่ายจากกุ้ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบ่อโดยที่จะทำให้ปริมาณสารอินทรีย์และธาตุอาหารไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น

5. แหล่งโปรตีนทางเลือก

จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีระดับโปรตีนสูงสามารถนำมาใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นได้ (มะลิ และคณะ, 2531; Lim and Dominy, 1990;

Davis and Arnold, 2000; Boonyaratpalin, 2001; Samocha *et al.*, 2004; Amaya *et al.*, 2007) โดย (มะลิ และคณะ, 2531) กล่าวว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองแทนที่ปลาป่นในอาหารกุ้งแช่บ๊วยขนาด เล็กได้ในปริมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้กากถั่วเหลืองยังสามารถใช้ทดแทนปลาป่นในสูตร อาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ (Boonyaratpalin, 2001) และเมื่อศึกษาถึง ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนในกุ้งกุลาดำและกุ้งแช่บ๊วย พบว่ากุ้งทั้งสองชนิดสามารถย่อย โปรตีนจากกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันได้รองลงมาจากปลาป่น โดยกุ้งกุลาดำสามารถย่อยโปรตีนใน ปลาป่นและกากถั่วเหลืองได้ 89.08 และ 88.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการย่อย โปรตีนในกุ้งแช่บ๊วยเท่ากับ 91.54 และ 89.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (จู่อะดี และคณะ, 2546)

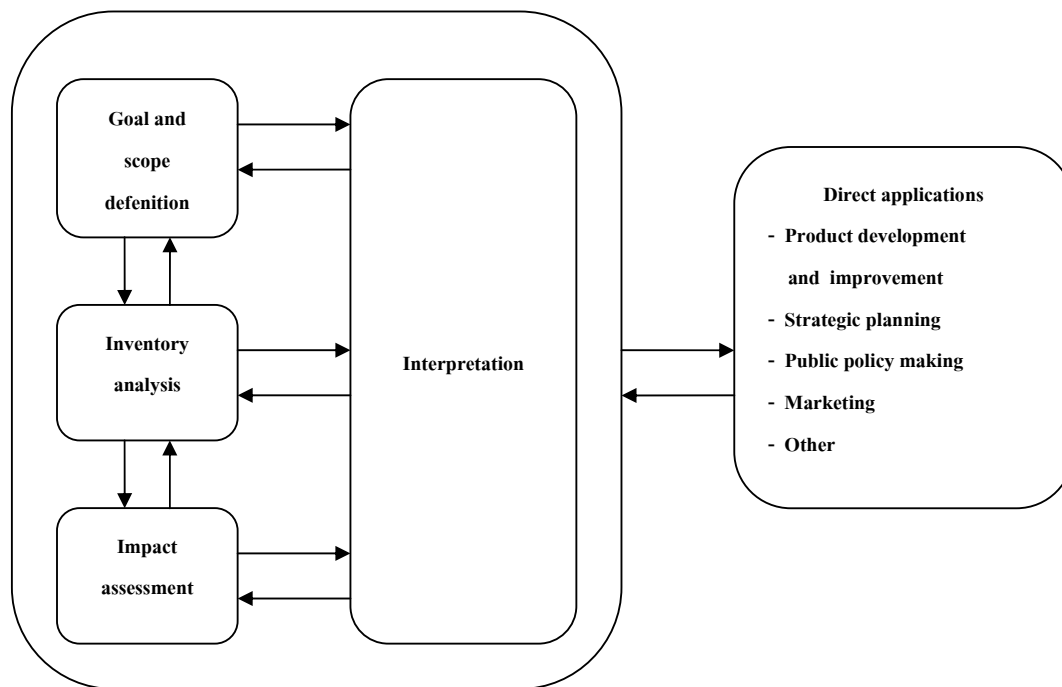
(Lim and Dominy, 1990) รายงานว่าสามารถใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลืองทดแทนโปรตีน จากสัตว์ในอาหารกุ้ง *Penaeus vanamei* ได้ตั้งแต่ 0-56 เปอร์เซ็นต์ โดยกำหนดให้อาหารที่มีระดับ โปรตีนและระดับพลังงานเท่ากันในอาหาร 6 สูตร ที่มีระดับกากถั่วเหลือง 0, 14, 28, 42, 56 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาของ (Davis and Arnold, 2000) ที่กล่าวว่าสามารถนำ กากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมัน (co-extrude soybean) ที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มาทดแทนปลาป่นได้ โดยทำให้กุ้งขาวแวนนาไมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุดและยังสามารถใช้ผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจาก ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ปีกชนิดแห้ง (Flash-dried poultry by-product meal) แทนที่ปลาป่นที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม นอกจากนี้การแทนที่ ปลาป่นด้วยกากถั่วเหลืองที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่ม 1 เปอร์เซ็นต์ ของเคย (Krill meal) จะทำ ให้กุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงมีการเจริญเติบโตดีขึ้นมากกว่าการแทนที่ด้วยกากถั่วเหลืองเพียงอย่าง เดียว (Samocha *et al.*, 2004)

นอกจากนี้ยังมีผู้ศึกษาการนำกากถั่วเหลืองไปใช้ทดแทนโปรตีนจากปลาป่นในอาหารกุ้ง สำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะวัยอ่อน (juvenile) โดย (Amaya *et al.*, 2007) รายงาน ว่าสามารถใช้กากถั่วเหลืองผสมกับผลิตภัณฑ์ข้างเคียงจากสัตว์ปีก 16 เปอร์เซ็นต์ เพื่อแทนที่ปลาป่น เป็นบางส่วนในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมระยะวัยอ่อน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของลูกกุ้ง ในปีเดียวกันยังพบว่าสามารถแทนที่ปลาป่นเป็นบางส่วนด้วยกากถั่วเหลือง ผสมกับ corn gluten meal ในอาหารกุ้งสำหรับเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมวัยอ่อน ที่ถูกแทนที่ด้วยการ ผสมกับการเพิ่มขึ้นของกากถั่วเหลืองที่ระดับ 32.5, 34.9, 37.2 และ 39.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ corn gluten meal ที่ระดับ 0.0, 1.7, 3.2 และ 4.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าไม่มีผลต่อการ เจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของลูกกุ้ง (Amaya *et al.*, 2007)

6. การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment)

6.1 หลักการและวิธีการการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment) หรือที่เรียกสั้นๆ ว่า LCA เป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์และบริการ โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต เริ่มตั้งแต่การสกัดได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิตวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ การขนส่ง การใช้งาน การบำรุงรักษา การใช้ซ้ำ (reuse) รวมถึงการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ (recycle) และการกำจัดเมื่อสิ้นสุดใช้งาน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการพิจารณาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยศึกษาถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และเพื่อหาวิธีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด สำหรับกรอบการดำเนินการวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น (ภาพที่ 2) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก (ISO 14040, 2006) ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนที่ 3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนที่ 4 การตีความและแปลผลการศึกษา



ภาพที่ 2 กรอบการดำเนินงานของ LCA (ISO 14040, 2006)

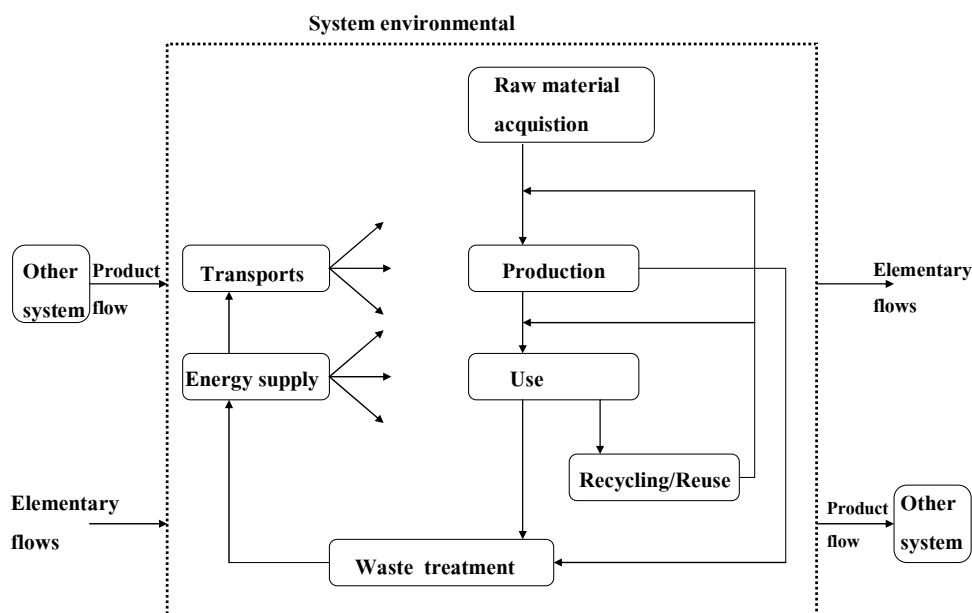
รายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

6.1.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition)

การศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายในการศึกษา พร้อมทั้งบอกวัตถุประสงค์ในการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้หรือเผยแพร่ นอกจากนี้ยังมีการขอบเขตของการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษา โดยมากมักครอบคลุมทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ได้แก่ การสกัดได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูปวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน การกำจัดเมื่อสิ้นอายุ รวมถึงการขนส่งวัตถุดิบในทุกขั้นตอน และยังมีกำหนดหน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional Unit) ของผลิตภัณฑ์ โดยดูจากหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์ที่ใช้งาน เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการแสดงผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งจำแนกข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนการรวบรวมและการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนถัดไป ตลอดจนการกำหนดดัชนีชี้วัดผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สนใจศึกษา

6.1.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Inventory analysis)

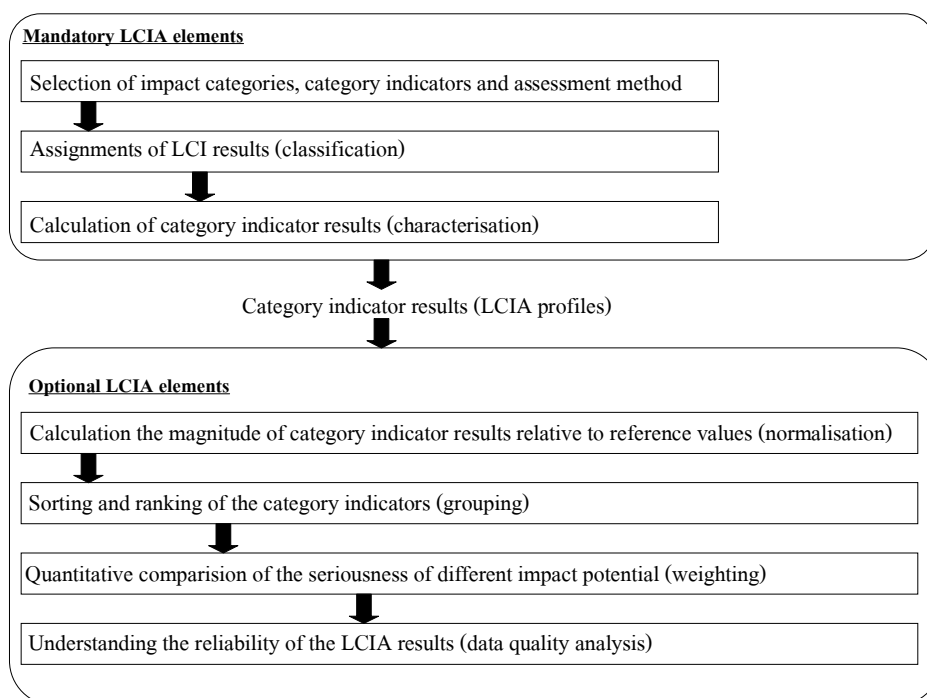
ขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องตามขอบเขตของการศึกษาตามที่กำหนด ซึ่งสามารถทำได้โดยการสร้างผังการไหลของสารของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา เพื่อจำแนกสารขาเข้า ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงานและวัตถุดิบอื่นๆ จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบ และปริมาณสารขาออก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาและผลิตภัณฑ์ร่วม (ในกรณีที่มี) รวมทั้งของเสียที่เกิดขึ้นและมลพิษที่ปล่อยออกจากระบบสู่สิ่งแวดล้อม (น้ำ, อากาศ, ดิน และขยะ) ดังตัวอย่างผังแสดงสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการในภาพที่ 3 วิธีการรวบรวมบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา จะต้องสอดคล้องกับหน่วยหน้าที่การทำงานที่กำหนดไว้ก่อนหน้า หลังจากรวบรวมบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมแล้ว ต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการ เพื่อให้ทราบปริมาณสารขาเข้าและปริมาณสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาตามหน่วยหน้าที่การทำงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนถัดไป



ภาพที่ 3 ตัวอย่างผังแสดงสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการ (ISO 14040, 2006)

6.1.3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Impact assessment)

ขั้นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากขั้นการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ไปจัดให้อยู่ในรูปของดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เริ่มจากการจำแนกข้อมูลต่างๆ ให้เข้าอยู่ในกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ศึกษา(Classification) จากนั้นทำการแปลงค่าข้อมูลดังกล่าวให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(Characterization) ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมานี้ในการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตจะต้องทำการประเมินทั้งสองขั้นตอน และขั้นตอนที่ต่อไปนี้จะดำเนินการหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ที่จะนำผลการศึกษาไปใช้ ได้แก่ การเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมว่าอยู่ในระดับประเทศ ระดับภูมิภาค หรือระดับโลก (normalisation) และการจัดกลุ่มผลกระทบ (grouping) การให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น (weighting) และการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลหลังการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4 ขั้นตอนประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (ISO 14040, 2006)

ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ลดลง (Abiotic Depletion Potential) หมายถึง การได้มาซึ่งวัตถุดิบประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ ภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) คือ การดูดซับรังสีอินฟราเรดในบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มอื่นๆ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

กลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	คำอธิบาย
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ลดลง (Abiotic Depletion Potential)	การได้มาซึ่งวัตถุดิบประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรพลังงานลดลง (Energy Use)	การได้มาซึ่งแหล่งพลังงาน
ภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)	การดูดซับรังสีอินฟราเรดในบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน
ภาวะการทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง (Ozone Depletion Potential)	การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ troposphere ที่ทำให้อินฟราเรดส่องผ่านมายังโลกมากขึ้น
การก่อให้เกิดความเป็นพิษทางบกและทางน้ำ (Aquatic / Terrestrial Ecotoxicity)	การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และดิน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืช สัตว์บกและในน้ำ
ภาวะความเป็นกรด (Acidification Potential)	การเกิดฝนที่มีสภาพเป็นกรด
ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication)	การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำทำให้เกิดปรากฏการณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงตอนพืชนำไปสู่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ

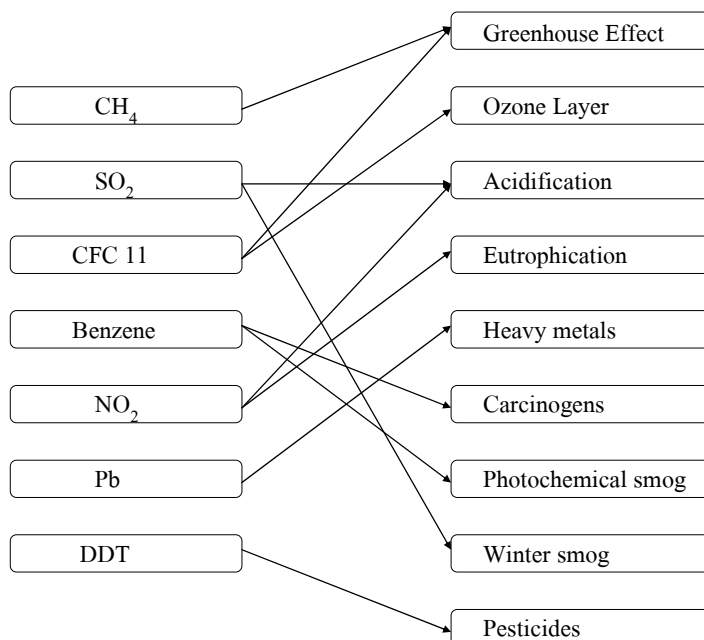
ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติและสำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาศักยภาพและสังคมแห่งชาติ (2549)

รายละเอียดโดยย่อของขั้นตอนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นดังนี้

1. การจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (classification)

การจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ทำได้โดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากขั้นวิเคราะห์บัญชีรายการ ได้แก่ สารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา มาจำแนกให้อยู่ในกลุ่มผลกระทบที่คัดเลือกไว้ โดยที่สารบางตัวอาจเป็นสาเหตุของกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

มากกว่า 1 ประเภท เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) สามารถก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและภาวะความเป็นกรด



ภาพที่ 5 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ (Goedkoop *et al.*, 1996)

2. การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (characterization)

ขั้นตอนนี้จะทำการแปลงข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเดียวกันให้อยู่ในรูปของค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยบอกในรูปของตัวชี้วัดและเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Equivalent or Characterization factors) ที่ได้จากคำนวณจากโมเดลที่อธิบายกลไกทางฟิสิกส์-เคมี และวิถีทางของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งวิธีการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสามารถทำได้ดังสมการที่ (1)

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij}) \quad (1)$$

EP_j (environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Q_i (quantity of substance) คือ ปริมาณสารมลพิษ j ที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (kg substance j)

EF_{ij} (equivalent factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent / kg substance j)

ตัวอย่างสมการที่ใช้คำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการพิจารณาครั้งนี้

ภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาจากปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนตรัสออกไซด์ โดยมีคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารอ้างอิง วิธีการคำนวณแสดงดังสมการที่ (2)

$$\text{Climate Change} = \sum_i \text{GWP}_i \times m_i \quad (2)$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโลกรัม)

GWP_i คือ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสาร i (กิโลกรัม, เทียบเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ

Global Warming Potential

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ (B_j)	Characterization factors (e_{kj}) (GWP_{100})	Global Warming Potential (E_k) (g CO_2 – eq.)	
CO_2 0.15 กรัม	1	0.15×1	= 0.15
CH_4 0.005 กรัม	21	0.005×21	= 0.105
N_2O 0.14 กรัม	310	0.14×310	= 43.4
ผลรวมการมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของผลิตภัณฑ์			= 43.655

จากสมการในการคิดคำนวณหาดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะวิธีการคำนวณการเกิดภาวะโลกร้อน ดังตารางที่ 9 สมมุติว่าในกระบวนการผลิตเกิดสาร CO_2 , CH_4 , N_2O ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากสารแต่ละตัวมีศักยภาพ

ในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องนำมาเทียบอ้างอิงกับสารพื้นฐาน ซึ่งในกลุ่มการเกิดภาวะโลกร้อนสารที่นำมาใช้อ้างอิง คือ CO_2 (kg CO_2 equivalent) จากตารางจะเห็นว่าค่า Characterization factors ของ CH_4 เป็น 21 หมายความว่า สาร CH_4 มีประสิทธิภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่า CO_2 ถึง 21 เท่า ในปริมาณสารที่เท่ากัน ส่วนสาร N_2O มีค่า Characterization factors เป็น 310 หมายความว่า สาร N_2O มีประสิทธิภาพที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้มากกว่า CO_2 ถึง 310 เท่า

ภาวะความเป็นกรด (Acidification) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การเกิดฝนที่มีสภาวะเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรไดออกไซด์ และแอมโมเนีย ภาวะความเป็นกรด (Acidification Potential) ประเมินจากความเป็นกรดของสาร โดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นสารอ้างอิง ซึ่งระดับความรุนแรงของความเป็นกรดขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ ภาวะความเป็นกรดมีวิธีการคำนวณแสดงดังสมการที่ (3)

$$\text{Acidification} = \sum_i \text{AP}_i \times m_i \quad (3)$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโลกรัม)
 AP_i คือ ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นกรดของสาร i (กิโลกรัม, เทียบเท่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์)

ตารางที่ 10 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ

Acidification Potential

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ (B_j)	Characterization factors ($e_{k,j}$)	Acidification Potential (E_k) (g SO_2 – eq.)	
SO_2 15 กรัม	1	15×1	= 15
NH_3 35 กรัม	1.6	35×1.6	= 56
NO_2 2 กรัม	0.5	2×0.5	= 1
ผลรวมการมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของผลิตภัณฑ์			= 72

ภาวะธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล (Eutrophication) เกิดขึ้นจากการที่ในแหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ภาวะดังกล่าวนี้ทำให้จำนวนสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนลดระดับลงอย่างรวดเร็ว ภาวะธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล ใช้ฟอสเฟต (Phosphate; PO_4^{3-}) เป็นสารอ้างอิง โดยแสดงวิธีการคำนวณดังสมการที่ (4)

$$\text{Eutrophication} = \sum_i \text{EP}_i \times m_i \quad (4)$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโลกรัม)
 EP_i คือ ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล ของสาร i (กิโลกรัม, เทียบเท่าฟอสเฟต)

ตารางที่ 11 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ

Eutrophication Potential

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์ปัญชีรายการ (B_j)	Characterization factors (e_{kj})	Eutrophication Potential (E_k) (g PO_4 -eq.)	
P 9 กรัม	1	9×1	= 9
N 35 กรัม	0.42	35×0.42	= 14.7
BOD 55 กรัม	0.00185	55×0.00185	= 0.1
ผลรวมการมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของผลิตภัณฑ์			= 23.8

ภาวะการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (ทั้งพืชและสัตว์) (Net Primary Production; NPP) โดยพิจารณาจากการใช้คาร์บอน (C) จากบรรยากาศ ในการสร้างการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (ทั้งพืชและสัตว์)

การคำนวณการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในสัตว์ดังสมการที่ (5)

$$P = \frac{M}{9} \times 10^{(T-1)} \quad (5)$$

เมื่อ	P	คือ การลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในสัตว์
	M	คือ น้ำหนักเปียกของสิ่งมีชีวิต
	T	คือ ลำดับขั้นของการกินอาหารของสัตว์

การคำนวณการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในพืชดังสมการที่ (6)

$$g \text{ C kg}^{-1} \text{ crop, dry matter basis} \quad (6)$$

เช่น	กากถั่วเหลือง	= 528 g
	แป้งสาลี	= 460 g

ตารางที่ 12 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบ

Net Primary Production

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ (B_j)	Characterization factors (e_{kj})	Net Primary Production (E_k) (kg C)
ปลาเป็ด 4,000 กิโลกรัม	$\frac{4,000}{9} \times 10^{(3.3-1)}$	88,678
กากถั่วเหลือง 350 กิโลกรัม	$\frac{528 \times 350}{1,000}$	184.8
แป้งสาลี 450 กิโลกรัม	$\frac{460 \times 450}{1,000}$	207
ผลรวมการมีส่วนทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของผลิตภัณฑ์		= 89,069.8

การปันส่วน (Allocation) จะทำเมื่อในกระบวนการผลิตใดๆ มีผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไป จะต้องทำการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นการกระจายผลกระทบเนื่องจากผลกระทบดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะไม่เท่ากัน โดยวิธีการปันส่วนที่นิยม คือ การปันส่วนตามราคา เนื่องจากราคาของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดความต้องการในการผลิตสินค้าของโรงงาน ดังนั้นจึงควรให้สัดส่วนน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง ในการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีราคาต่ำกว่า

ตารางที่ 13 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงเศรษฐศาสตร์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	ราคา	% การปันส่วน
X	Δ	A	$\frac{\Delta A}{\Delta A + OB}$
Y	O	B	$\frac{OB}{\Delta A + OB}$

6.1.4 การแปลผลและตีความหมาย (Interpretation)

นำข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (LCIA) มาวิเคราะห์และแปลผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่า ในช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยสามารถบ่งชี้ความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและที่มาของประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งการวิเคราะห์ประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบจะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากที่สุด และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมดีขึ้น พร้อมทั้งจัดทำรายงานสรุปผลและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

6.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตอาหารสัตว์น้ำ

6.2.1 การศึกษาของต่างประเทศ

การประยุกต์ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมในอาหารสัตว์ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากเหมือนกับการประยุกต์ใช้ในสินค้าอุตสาหกรรม ซึ่งในต่างประเทศได้มีผู้ริเริ่มนำ LCA ไปใช้ศึกษาผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมในอาหารปลาบางชนิด ได้แก่

ในประเทศฝรั่งเศส มีการศึกษา LCA ของอาหารปลา เรนโบว์ เทราท์ โดย (Papatriphon *et al.*, 2002) ได้ใช้ LCA เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาหารปลาเทราท์ และพบว่าการใช้ปลาป่นและน้ำมันปลาจะส่งผลกระทบมากในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) และการก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและน้ำ (Acidification)

เนื่องมาจากการขนส่งวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร การใช้อาหารเลี้ยงปลาที่ฟาร์มจะก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Eutrophication) โดยสูตรอาหารที่ประกอบด้วยปลาป่นและน้ำมันปลาในอัตราที่ต่ำ จะส่งผลกระทบน้อยที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้พลังงาน ในทางตรงกันข้ามจะส่งผลกระทบในด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เนื่องมาจากมีการใช้วัตถุดิบจากพืช ซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียจากการใช้งาน ซึ่งให้ผลการศึกษาใกล้เคียงกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาหารปลาสกุลซัลโมนิเด (ปลาเรนโบว์ เทราท์) ในอีก 2 ปีต่อมา (Papatrifon *et al.*, 2004) โดยหน่วยหน้าที่การใช้งานในครั้งนี้ คือ ปริมาณอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงปลาเรนโบว์ เทราท์ ให้ได้ผลผลิต 1 ตัน พบว่าจะเกิดปัญหาเรื่องการใช้ทรัพยากรสิ่งมีชีวิต และการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำเป็นปัญหาใหญ่ที่สุด แต่การศึกษานี้ไม่ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนการจัดการของเสียภายในฟาร์ม

ในประเทศแคนาดา มีการศึกษาอาหารปลาแซลมอน (Salmon) โดย (Pelletier, 2006) ศึกษาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาหารปลาแซลมอน โดยใช้ LCA พบว่า ในกระบวนการผลิตปลาแซลมอน จำนวน 1 ตัน โดยใช้อาหาร ORF (organic crop ingredients/no poultry by-product meal/ 25% of fishmeal substituted with organic soymeal / 100% of fish oil substituted with organic canola oil) จะใช้พลังงานมากที่สุดถึง 35,100 MJ แต่ถ้าใช้อาหาร OBP (Organic crop ingredient/fisheries by-product meals and oils) จะใช้พลังงานน้อยที่สุดเพียง 12,900 MJ แต่ถ้าใช้อาหาร ORF จะเกิดผลกระทบในด้าน GWP น้อยที่สุด 1,200 kg CO₂ eq. ส่วนผลกระทบสูงที่สุด 2,700 kg CO₂ eq. มาจากการใช้อาหาร OBP เนื่องจากการขั้นตอนการเพาะปลูกพืชวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการศึกษาในอาหารปลาเทราท์ ปลาแซลมอน ปลาดุก ปลานิล และกุ้งทะเล โดย (Boyd *et al.*, 2008) ทำการประเมินประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของการเพาะเลี้ยงปลาชนิดดังกล่าวและกุ้งทะเล โดยบ่งชี้ว่า อาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อันเนื่องจากการใช้ทรัพยากรปลาทะเล เช่น ปลาป่น และโปรตีนจากพืช เช่น กากถั่วเหลือง เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตอาหาร และเมื่อมีความต้องการสัตว์น้ำชนิดต่างในปริมาณเพิ่มขึ้นจะต้องใช้อาหารในจำนวนที่เพิ่มมากขึ้น และอาหารเหล่านี้เมื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์น้ำดังกล่าว จะเป็นแหล่งของสารอินทรีย์ แอมโมเนีย และฟอสฟอรัสที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

6.2.2 การศึกษาในประเทศไทย

การศึกษาด้านการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาหารสัตว์น้ำ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตก่อนหน้านี้ศึกษา โดย (Sritubla, 2001) ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตของกุ้ง โดยกำหนดหน่วยหน้าที่ คือ ผลผลิตกุ้ง 1 ตัน และได้รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำมีสาเหตุมาจากน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งปล่อยออกมา การทำลายชั้นโอโซนมีสาเหตุมาจากการใช้พลังงาน (ระบบการให้อากาศ) และการผลิตอาหารกุ้งและพลังงานที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญ แต่งานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยไม่ได้ทำการศึกษาในส่วนของฟาร์มเพาะและอนุบาลลูกกุ้ง ขบวนการแปรรูป การขาย การบริโภค และการกำจัดของเสีย และการศึกษาที่ใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ผลกระทบต่อวัฏจักรชีวิตจาก 1 ฟาร์มเท่านั้น ซึ่งให้ผลการศึกษาสอดคล้องกับ (Mungkung, 2005) ที่รายงานศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกุ้งแช่แข็งในประเทศไทย ที่ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ การจับพ่อแม่พันธุ์มาจากทะเล การเพาะฟัก-อนุบาล การเพาะเลี้ยงในระดับฟาร์ม การแปรรูปโดยโรงงานแปรรูป การแจกจ่ายไปยังผู้บริโภค ของเสียที่เกิดจากการบริโภค การจัดการของเสียรวมทั้งการขนส่งในทุกขั้นตอนและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มสินค้าในระหว่างการขนส่ง กำหนดหน่วยหน้าที่คือน้ำหนักกุ้งกุลาดำจำนวน 1.8 กิโลกรัม บรรจุหีบห่อน้ำหนักขนาด 3 กิโลกรัม พบว่าช่วงชีวิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ การเพาะเลี้ยงกุ้งที่ฟาร์ม และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้นมาจากการใช้พลังงานในการเปิดเครื่องตีน้ำและจากอาหารสำเร็จรูปที่ใช้เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งให้ผลตรงกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์กุ้งขาวแวนนาไมแช่แข็งแบบเป็นตัว (รัตนวรรณ และคณะ, 2550) ที่บ่งชี้ว่าขั้นตอนการเพาะเลี้ยงกุ้งที่ฟาร์มก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงที่สุดในห่วงโซ่การผลิตกุ้ง IQF 1 กุ้งหนัก 453 กรัม ซึ่งจะใช้กุ้งดิบ (จากฟาร์ม) จำนวน 1.7 กิโลกรัม น้ำ (ในการผลิตลูกกุ้ง เลี้ยงกุ้ง และแปรรูปกุ้ง) จำนวน 5,964 ลูกบาศก์เมตร ใช้อาหารเม็ด จำนวน 3.3 กิโลกรัม (ที่มีองค์ประกอบหลัก เป็นปลาป่น จำนวน 1.1 กิโลกรัม ซึ่งทำมาจากปลาเบ็ด จำนวน 4.4 กิโลกรัม) ใช้พลังงานในการผลิต (โรงเพาะฟัก ฟาร์ม โรงงานแปรรูปกุ้ง และการผลิตบรรจุภัณฑ์) 39 เมกกะจูล โดยผลจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตกุ้งทั้งสองชนิด ชี้ให้เห็นว่าประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญมาจากขั้นตอนการผลิตที่ฟาร์ม ได้แก่ การใช้พลังงาน (โดยเฉพาะในเครื่องตีน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนในบ่อในระหว่างการเลี้ยงกุ้งในบ่อดิน) ปริมาณสารอินทรีย์ที่ปลดปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (Mungkung *et al.*, 2006) ซึ่งข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตดังกล่าวที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตกุ้ง สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการพัฒนาเกณฑ์สิ่งแวดล้อมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาตลาดสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์กุ้งได้

จากการทบทวนเอกสารพบว่าการศึกษาวิจัยด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทยยังขาดการศึกษาเชิงระบบเพื่อวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอาหารกึ่ง ปัญหาที่กำลังถูกวิพากษ์วิจารณ์ถึงการทำลายสิ่งแวดล้อม ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งของประเทศไทย จึงนำไปสู่โจทย์การวิจัยเรื่อง “อาหารกึ่งที่มีการนำกากตัวเหลืองมาใช้ทดแทนปลาป่น มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมอย่างไร”

6.3 การประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทย

ความรู้เกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตในประเทศไทย เริ่มขึ้นเมื่อปี 2540 โดย สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (Thailand Environment Institute; TEI) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TISI) และกรมโรงงานอุตสาหกรรม ร่วมกันเผยแพร่ความรู้ LCA เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547) โดยกระจายออกไปในวงจำกัดเฉพาะกลุ่มได้แก่ องค์กรเอกชนและกลุ่มนักวิจัย เช่น สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) และในกลุ่มสถาบันการศึกษาต่างๆ โดยในปัจจุบันมีการเรียนการสอนวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตที่ KU, JGSEE, AIT, CMU จากความตระหนักถึงความสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อรองรับมาตรการและมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ทำให้ประเทศไทยดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมขึ้น โดยความร่วมมือของหน่วยงานรัฐ

การศึกษาด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตอาหารกึ่งสามารถนำไปใช้พัฒนาฐานข้อมูลพื้นฐานด้านอาหารสัตว์ของประเทศไทย เนื่องจากยังไม่มีการศึกษาการวิเคราะห์เชิงระบบโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตในอาหารสัตว์ของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการวิทยานิพนธ์นี้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างภาคสนาม

- 1.1 แผ่นตารางเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม
- 1.2 กระบอกเก็บตัวอย่างน้ำ
- 1.3 ถังเก็บเลน

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์อาหารกุ้ง

- 2.1 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน
- 2.2 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
- 2.3 เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย
- 2.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 2.5 เครื่องอบ
- 2.6 เตาเผา
- 2.7 ตู้ควัน
- 2.8 โถดูดความชื้น
- 2.9 ถ้วยกระเบื้อง
- 2.10 สารเคมี

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต

- 3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์
- 3.2 โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยคำนวณผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (SimaPro version 7.0.1)

วิธีการ

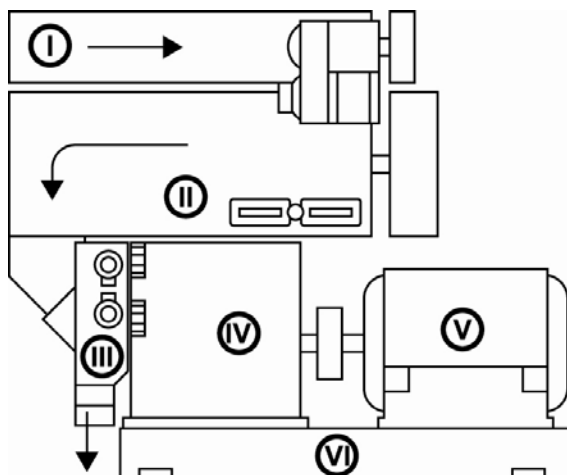
ระบบการผลิตการประเมินวัฏจักรชีวิตอาหารกึ่ง ครอบคลุมกิจกรรมการผลิตหลัก คือ การผลิตอาหารกึ่ง และการเลี้ยงกึ่งที่ฟาร์ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ระบบการผลิตในการประเมินวัฏจักรชีวิต

1.1 การผลิตอาหารกึ่ง

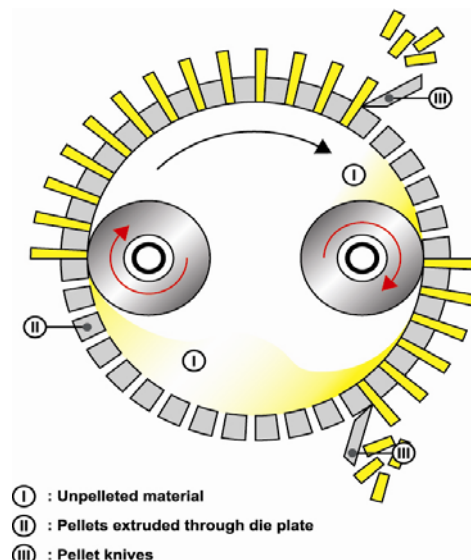
เทคโนโลยีที่ใช้ผลิตอาหารกึ่งของโรงงานที่ทำการศึกษ ใช้เครื่องอัดเม็ดแบบจม เพื่อให้ได้อาหารกึ่งที่มีความแข็งแรงและจมน้ำ ที่เหมาะกับพฤติกรรมกรกินอาหารของกึ่ง ซึ่งกินที่ก้นบ่ออย่างช้าๆ อาหารกึ่งที่ให้อาจต้องอัดเม็ดให้แน่นเนื่องจากต้องการให้อย่อยสลายช้าและเพื่อกงทนอยู่ในน้ำได้นาน โดยกระบวนการผลิตอาหารกึ่งเริ่มจาก ชั่งวัตถุดิบอาหารสัตว์และบดให้ละเอียด จากนั้นลำเลียงวัตถุดิบผ่านห้องผสมน้ำหรือไอน้ำ (Steam condition chamber) ในขั้นตอนนี้จะมีการฉีดไอน้ำร้อนออกมาผสมกับอาหาร และยังให้ความร้อนที่ผนังของเครื่องอีกด้วย เพิ่มความชื้นขึ้นที่ประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์ และปรับอุณหภูมิประมาณ 85-90 องศาเซลเซียส และมีหัวตีอาหารอยู่ภายในเพื่อช่วยตีอาหารให้ผสมเข้ากับไอน้ำร้อนได้ดีขึ้น ความร้อนจากไอน้ำทำให้แป้งกลายเป็นเจลช่วยให้อาหารจับตัวกันดีขึ้น อาหารผสมจะผสมอยู่ในห้องไอน้ำประมาณ 5-25 วินาที และจะเคลื่อนที่ไปยังขั้นตอนถัดไป (ดังภาพที่ 6)

อาหารจะเคลื่อนที่มายังห้องอัดเม็ด (Pelleter) จากนั้นจะเคลื่อนที่มาอยู่ระหว่างลูกกลิ้งและหน้าแวน ซึ่งหมุนในทิศทางเดียวกัน อาหารจะถูกลูกกลิ้งอัดผ่านรูหน้าแวนออกมาเป็นแท่งตามขนาดของรูที่หน้าแวน อาหารจะถูกตัดให้มีขนาดสั้นหรือยาวขึ้นกับระยะห่างระหว่างใบมีดและหน้าแวน ลักษณะการทำงานของหน้าแวนและใบมีด (ดังภาพที่ 7) ขนาดของเม็ดอาหารส่วนใหญ่จะมีขนาดประมาณ 2.5-6 มิลลิเมตร ขึ้นกับความต้องการและระยะการเจริญเติบโตของกึ่ง ในขั้นตอนการอัดเม็ดนี้ควรระวังการสูญเสียวิตามินบางชนิด เช่น วิตามินซี เอ อี เค เนื่องจากวิตามินดังกล่าวถูกทำลายด้วยความร้อนได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพที่ใช้ความชื้นและความร้อนสูง หากไม่มีการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันจะทำให้วิตามินซีสูญเสียได้ง่าย ในขณะเดียวกันความร้อนและความชื้นจากการอัดเม็ดอาหารสามารถเปลี่ยนวิตามินบางชนิดซึ่งอยู่ในรูปที่สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ให้อยู่ในรูปที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในขั้นตอนนี้อาหารที่ได้จากการอัดเม็ดจะเรียกว่าอาหารเม็ด (pellet) ซึ่งมีขนาดใหญ่



ภาพที่ 6 เครื่องอัดเม็ดแบบจม โดยลูกศรแสดงการเคลื่อนที่ของอาหาร และ I = Feeder, II = Conditioner, III = Pelletter, IV = Speed reducer, V = Motor, VI = Base

หลังจากอัดเป็นเม็ดอาหารแล้วจะมีความชื้นสูงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องทำให้แห้งโดยอาศัยความเย็น จนอาหารมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องจึงบรรจุลงหีบห่อ การผลิตอาหารอัดเม็ดแบบจม ควรมีไขมันให้เหมาะสมถ้ามีน้อยเกินไปประมาณ 2-3 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัดอาหารยาก ถ้ามีปริมาณมากเกินไป 10 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อาหารไม่คงรูป ในสูตรอาหารที่มีปริมาณไขมันมากนิยมสเปรย์ไขมันเคลือบผิวอาหารหลังจากอัดเม็ดอาหารแล้ว และหลังจากที่ผลิตอาหารออกมาอยู่ในรูปอาหารเม็ด อาหารกึ่งที่ทางโรงงานผลิตได้จะมีขนาดใหญ่เหมาะสำหรับสัตว์น้ำตั้งแต่ระยะวัยรุ่นขึ้นไปโดยกำหนดให้เป็นอาหารเบอร์ 3 ถึง เบอร์ 5 ถ้าต้องการให้มีขนาดเล็กลงเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนต้องนำอาหารที่ผลิตได้มาทำให้เล็กลงโดยนำไปการบดเม็ด ให้อาหารมีขนาดเล็กลงจนเป็นผง (meal) หรือเป็นเกล็ด (crumble) กำหนดให้เป็นอาหารเบอร์ 1 และ เบอร์ 2 โดยขนาดของเม็ดอาหารที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่กับการปรับระยะห่างของหน้าแวนกับใบมีดในระหว่างกระบวนการผลิต



ภาพที่ 7 ลูกกลิ้งและหน้าแวนของเครื่องอัดอาหารเม็ดแบบจม

1.2 การเลี้ยงกุ้งในฟาร์ม

ระบบการผลิตและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในฟาร์มที่ทำการศึกษามีสามารถอธิบายตามขั้นตอนการเลี้ยงกุ้งได้ ดังนี้

1.2.1 การเตรียมบ่อ

กิจกรรมการเลี้ยงกุ้งในฟาร์มเริ่มจากการเตรียมบ่อ โดยการตากบ่อเพื่อให้แสงแดดและความร้อนตามธรรมชาติฆ่าเชื้อโรคและแบคทีเรียจากการเลี้ยงกุ้งรุ่นก่อนที่หลงเหลืออยู่ หลังจากนั้นทำการปรับสภาพดินพื้นก้นบ่อโดยการใส่วัสดุปูน (ปูนขาว; CaOH , แมกนีเซียมออกไซด์ MgO หรือ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต; CaCO_3 , ปูนโดโลไมท์; MgCO_3) หว่านกระจายให้ทั่วบริเวณพื้นบ่อและตากบ่อทิ้งไว้ประมาณ 10-14 วัน ถ้าเลี้ยงกุ้งไปได้ 3-4 รอบการเลี้ยงจะมีการใช้รถบดดินลงบดและอัดดินพื้นก้นบ่อและขอบบ่อให้แน่น หลังจากที่ได้ตากบ่อแล้วจึงทำการวางเครื่องตีน้ำ (aerator) ในตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการไหลเวียนของน้ำเพื่อช่วยรวมตะกอนที่ก้นบ่อรวม ควรมีจำนวนเครื่องตีน้ำให้เพียงพอสำหรับการเพิ่มออกซิเจนให้กับกุ้งในบ่อ ส่วนใหญ่เครื่องตีน้ำที่นิยมใช้เป็นแบบใบพัดมีแขนยาว (paddle-wheel aerator type) และแบบสไปรอล (spiral) (ภาพที่ 8) เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ ในขณะที่เดียวกันจะเตรียมน้ำภายในบ่อพักน้ำควบคู่กันไปเพื่อกำจัดและฆ่าศัตรูที่เป็นภัยต่อลูกกุ้ง เช่น ลูกปลาหรือปู และเมื่อตากบ่อจนเสร็จแล้วจึงนำน้ำ

จากบ่อกักเข้าสู่บ่อเลี้ยง และต้องปรับคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงได้เหมาะแก่การเจริญเติบโตของลูกกุ้ง โดยอาศัยปูนขาวและจุลินทรีย์ พร้อมทั้งเปิดเครื่องตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในบ่อ



ภาพที่ 8 เครื่องตีน้ำที่ใช้ในฟาร์มที่ทำการศึกษา

1.2.2 การเลี้ยง

วิธีการผลิตกุ้งของฟาร์มเลี้ยงกุ้งที่ศึกษา พบว่าฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่จังหวัดจันทบุรี ทั้งในเขตอำเภอเมืองและอำเภอท่าใหม่ โดยเป็นบ่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาด 1.5-3 ไร่ และปล่อยกุ้งลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นระหว่าง 70-180 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้แหล่งพลังงานจากไฟฟ้าหรือพลังงานจากน้ำมันในกรณีที่บ่อดังอยู่ในที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง ซึ่งหลังจากสูบน้ำจากบ่อกักเข้าสู่บ่อเลี้ยง จะมีการเพิ่มอาหารธรรมชาติในบ่อโดยใช้ปุ๋ย เพื่อเป็นอาหารแก่ลูกกุ้งวัยอ่อน และใช้วัสดุปูนเพื่อปรับสภาพความกระด้างให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของลูกกุ้งและสีน้ำภายในบ่อ พร้อมทั้งเปิดเครื่องตีน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจน หลังจากนั้นเช็คคุณภาพน้ำให้ได้ตามมาตรฐานก่อนปล่อยกุ้งลงเลี้ยง สำหรับการปล่อยลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงในบ่อดิน โดยส่วนมากเกษตรกรคัดเลือกลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมจากโรงเพาะฟักที่เชื่อถือได้ ที่มีอายุระหว่าง พี 10 – พี 12 และผ่านการตรวจด้วยวิธีพีซีอาร์ (Polymerase Chain Reaction หรือ PCR) แล้ว ว่าไม่มีเชื้อไวรัสทอรา (Taura syndrome virus; TSV), ไวรัสดวงขาว (White spot syndrome virus; WSSV), โรคไวรัสหัวเหลือง (Yellow head virus; YHV) และโรคตัวพิการ (Infectious hypodermal and haematopoietic necrosis virus; IHNV) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

1.2.3 การจัดการระหว่างการเลี้ยง

การให้อาหารกุ้ง ในช่วงแรกจะให้อาหารกุ้งสำเร็จรูปปริมาณน้อยเนื่องจากอาหารธรรมชาติในบ่อยังมีอยู่เพียงพอ และปรับเปลี่ยนเรื่อยๆ ซึ่งอาหารที่ให้ในระยะแรกควรเป็นอาหารที่มีขนาดเล็กหรือมีลักษณะเป็นเกล็ด วันละ 2-3 มื้อ โดยทำการหว่านให้ทั่วบ่อ แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกว่าจะปรับอาหารตามขอได้ เมื่อกุ้งโตขึ้นจะปรับการให้อาหารเป็น 4-5 มื้อต่อวัน ขึ้นอยู่กับการจัดการ โดยอัตราการให้อาหารกุ้งจะแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน (Body Weight/day) ของกุ้งที่ขนาดต่างๆ โดยทั่วไป กุ้งขนาดเล็กก็จะให้อาหารที่มีเปอร์เซ็นต์ Body Weight /day สูงกว่ากุ้งขนาดใหญ่ เพราะกุ้งขนาดเล็กจะมีอัตรา metabolic สูง และเมื่อกุ้งอายุได้ประมาณหนึ่งเดือนจะใช้ขอเพื่อตรวจสอบสุขภาพความแข็งแรงของกุ้ง ดูการเข้าขอของกุ้ง และตรวจสอบการกินอาหารของกุ้ง ซึ่งการจัดวางขอในบ่อหนึ่งๆจะมีจำนวนขอ 1 ขอต่อไร่ หลังจากนั้นเมื่อกุ้งมีขนาดใหญ่ขึ้นจะปรับอาหารเพิ่มขึ้นตามการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยดูจากขอหรือปริมาณอาหารที่ให้กุ้งกิน ถ้ากุ้งกินหมดแสดงว่าอาหารที่ให้ไม่สัมพันธ์ต่อปริมาณกุ้งในบ่อ ควรปรับอาหารขึ้น ขณะเดียวกันมีการชั่งน้ำหนักกุ้งเป็นระยะเพื่อประเมินอัตราการเจริญเติบโต นอกจากนี้ในระหว่างการเลี้ยงต้องมีการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง โดยทำการควบคุมคุณภาพน้ำ ได้แก่ พีเอชให้อยู่ในระดับ 7.5-8.5 โดยการเติมวัสดุปูน (ได้แก่ โคโลไมท์) ในกรณีที่พีเอชต่ำ เช่น หลังฝนตก และบางฟาร์มมีการเติมแร่ธาตุโดยเฉพาะวัสดุปูนที่มีธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบเพื่อรักษาระดับไอออนต่างๆ ในน้ำให้เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่กุ้งลอกคราบ จะให้โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงเพื่อใช้ในการสร้างเปลือก

1.2.4 การจับเพื่อจำหน่าย

ในระหว่างการเลี้ยงจะมีการสุ่มตรวจเช็คสุขภาพกุ้งอย่างสม่ำเสมอ และทำการถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยงเพื่อรักษาคุณภาพน้ำให้เหมาะสมเพื่อที่จะให้กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ถึงขนาดตลาด รวมระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 90-120 วัน เมื่อเลี้ยงไปได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการ จะทำการจับกุ้งโดยติดต่อกับห้องเย็นเพื่อตกลงราคา ถ้าราคาเป็นที่พึงพอใจจึงจะจับกุ้ง โดยเริ่มสูบน้ำออกจากบ่อให้เหลือประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จึงจับกุ้งโดยใช้วอวนลากลงในบ่อ และกุ้งที่จับขึ้นมาได้จะทำการน็อกด้วยน้ำแข็ง แล้วจึงแยกขนาดและคุณภาพของกุ้งก่อนที่จะชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปใส่ในถังน้ำแข็งบนรถห้องเย็น และรอจนกว่าจะจับกุ้งหมดทั้งบ่อ

2. วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต

วิธีการมาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบตลอดวัฏจักรชีวิต ในมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม อนุกรม 14040 มีวิธีการดำเนินการเชิงปฏิบัติการแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Goal and Scope Definition)

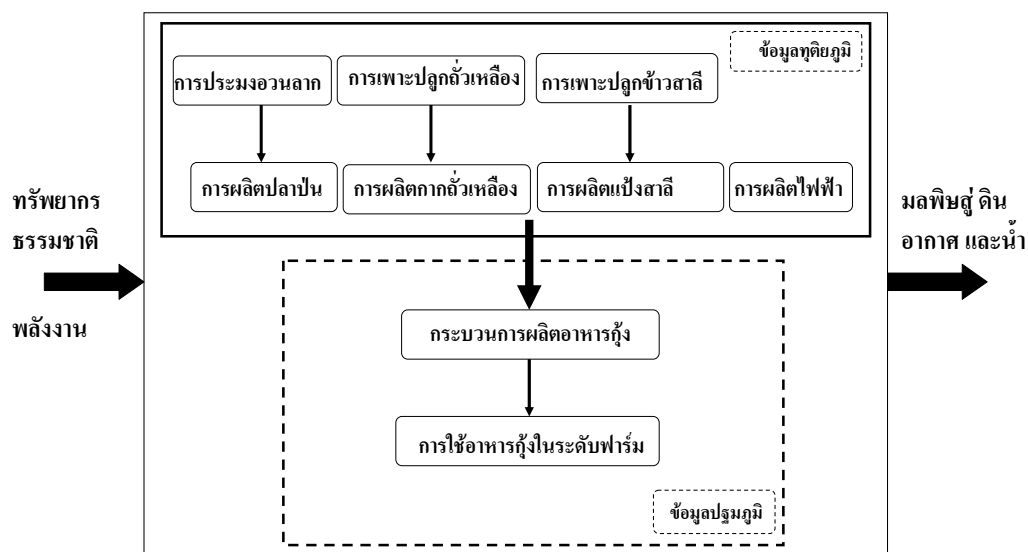
2.1.1 เป้าหมายและวัตถุประสงค์

โครงการวิทยานิพนธ์นี้ กำหนดเป้าหมายเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณของอาหารกึ่งที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยอาศัยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต และคาดหวังว่าข้อมูลสิ่งแวดล้อมที่ได้จากการศึกษาจะสามารถบ่งชี้แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกึ่ง โดยสามารถจำแนกวัตถุประสงค์การศึกษาได้ ดังนี้

1. เพื่อจำแนกและประเมินปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย (inventory data) ที่เกี่ยวข้องกับการใช้อาหารกึ่ง โดยใช้มุมมองวัฏจักรชีวิต
2. เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกึ่ง 2 ชนิด ในการเลี้ยงกุ้ง ขาวแวนนาไม จำนวน 1 ตัน คือ อาหารกึ่งชนิดที่ 1 และ อาหารกึ่งชนิดที่ 2 โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (โดยที่อาหารกึ่งชนิดที่ 1 ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่นร้อยละ 34 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 17 ในสูตรอาหาร และอาหารกึ่งชนิดที่ 2 ที่มีวัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่นร้อยละ 25 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 22 ในสูตรอาหาร ในขณะที่ส่วนผสมชนิดอื่นๆในสูตรอาหารทั้งสองชนิดนั้น มีปริมาณใกล้เคียงกัน)
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกึ่งที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ตลอดจนจำแนกแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกึ่ง

2.1.2 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต ครอบคลุมตั้งแต่การสกัดได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารกึ่ง การแปรรูปวัตถุดิบทั้งที่มาจากเกษตรกรรมและการประมง การขนส่งวัตถุดิบทั้งภายในและนอกประเทศ การขนส่งอาหารกึ่งไปยังฟาร์มเลี้ยง กระบวนการผลิตและบรรจุอาหารกึ่ง ตลอดจนการนำอาหารไปใช้เลี้ยงกุ้งในระดับฟาร์ม (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ขอบเขตของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอาหารกึ่ง

2.1.3 หน่วยหน้าที่การใช้งาน

หน่วยหน้าที่การใช้งาน (functional unit) ในการศึกษา นี้ กำหนดเป็น ปริมาณอาหารกึ่งที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต จำนวน 1 ตัน

2.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ

จากการกำหนดขอบเขตการศึกษาดังกล่าว สามารถจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการได้เป็น

- ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย จากการผลิตวัตถุดิบใช้ในการผลิตอาหารกุ้ง ทั้งที่มาจากกระบวนการกรรมและประมง
- ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้ง
- ปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสียจากกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง
- ปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสีย จากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้ง ณ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

2.3 วิธีการประเมินและดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การศึกษานี้กำหนดวิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (Mid-point impacts) โดยอาศัยวิธีการ CML 2 Baseline 2000 เป็นการประเมินปัญหาที่คำนึงถึงปัญหาดังสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการศึกษาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยสารมลพิษออกจากแหล่งผลิตสู่สิ่งแวดล้อม โดยกำหนดดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ใช้พิจารณาในการศึกษานี้ ได้แก่

- ภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนตรัสออกไซด์
- ภาวะความเป็นกรด (Acidification Potential, AP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การเกิดฝนที่มีสภาพเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ และแอมโมเนีย
- ภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication Potential, EP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำที่ทำให้ปรากฏการณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชนำไปสู่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในน้ำ ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์
- ศักยภาพที่ทำให้เกิดการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (ทั้งพืชและสัตว์) (Net Primary Production; NPP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ โดยพิจารณาจากการใช้คาร์บอน (C) จากบรรยากาศ ในการสร้างการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์

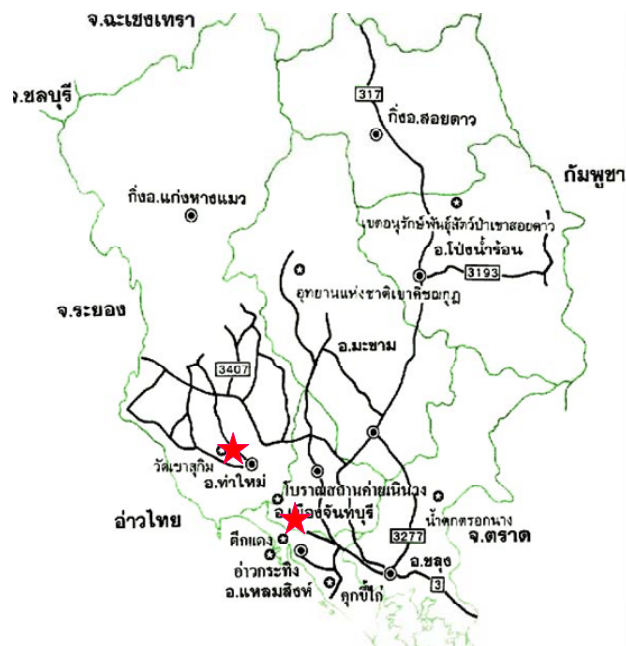
- การใช้ที่ดิน (Land Use) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ปริมาณการใช้พื้นที่ดิน โดยพิจารณาจากการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชวัตถุดิบ
- วิเคราะห์ผลกระทบด้านพลังงานโดยวิธี Energy Cumulative Demand โดยพิจารณาจากการคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการสกัดทรัพยากรพลังงานปฐภูมิ

2.4 การตีความและแปลผลการวิเคราะห์

การแปลผลการวิเคราะห์ทำให้ทราบถึงประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ว่าช่วงชีวิตใดของผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ขนาดของความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และประเด็นปัญหาสังแวดล้อมที่มีนัยสำคัญสูงสุด รวมถึงแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการเปรียบเทียบการประเมินสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้ง เพื่อหาแนวทางในการผลิตอาหารกุ้งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory Analysis)

หลังจากกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาแล้ว ในขั้นตอนนี้จึงเริ่มจัดหาข้อมูล โดยข้อมูลวัตถุดิบได้มาจากวารสารงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ ได้แก่ การทำประมงวนลาก กระบวนการผลิตปลาแปรรูป การเพาะปลูกถั่วเหลืองและข้าวสาลี พลังงานไฟฟ้าจากประเทศไทย รวมถึงการขนส่งด้วยยานพาหนะต่างๆ พร้อมทั้งจัดทำตารางรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานผลิตอาหารกุ้ง (รายละเอียดระบบการผลิต ตามที่ได้อธิบายมาแล้วในหัวข้อ 1) ที่ทำการศึกษารายงาน 1 แห่ง ที่อำเภอระโนด จังหวัดสงขลา และจัดทำตารางรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของฟาร์มเลี้ยงกุ้งทั้ง 8 บ่อ ในจังหวัดจันทบุรี (รายละเอียดระบบการผลิต ตามที่ได้อธิบายมาแล้วในหัวข้อ 1) ดังภาพที่ 10 ซึ่งเป็นฟาร์มขนาดเล็กระดับครอบครัว โดยแบ่งพื้นที่เลี้ยงได้เป็นอำเภอท่าใหม่ จำนวน 1 แห่ง และอำเภอเมืองจำนวน 3 แห่ง (ดังภาพที่ 11) สำหรับการคัดเลือกฟาร์มที่ศึกษานั้น คัดเลือกจากฟาร์มที่ใช้อาหารกุ้งชนิดที่ทำการศึกษาล้างกุ้งตลอดระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปล่อยลูกกุ้งจนกระทั่งเลี้ยงได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการแล้วจับจำหน่าย และเลือกพื้นที่ในจังหวัดจันทบุรีเนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีผลผลิตกุ้งต่อปีสูง (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2548)



ภาพที่ 10 ตำแหน่งที่ตั้งของฟาร์มกุ้งที่ทำการศึกษ

ที่มา: <http://janthaburi.excise.go.th/picture/0202/map1.jpg>



(ก)



(ข)

ภาพที่ 11 บ่อเลี้ยงกุ้งที่ทำการศึกษ (ก) ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งโดยให้อาหารชนิดที่ 1

(ข) ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งโดยให้อาหารชนิดที่ 2

หลังจากกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาแล้ว ในขั้นตอนนี้จึงเริ่มจัดทำตารางรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (รายละเอียดใบเก็บข้อมูลดังภาคผนวก ก.) ตามขอบเขตการศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นครบถ้วน พร้อมทั้งส่งแผนการดำเนินงานและตารางบัญชีเก็บรวบรวมข้อมูลให้โรงงานผลิตอาหารกุ้งตรวจเช็ค เพื่อความถูกต้องและสอดคล้องกับกระบวนการผลิตของโรงงาน รวมทั้งรับฟังคำแนะนำในการเก็บข้อมูลเชิงปฏิบัติ

สำหรับข้อมูลด้านบัญชีรายการด้านการใช้อาหารในระดับฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ได้จากการจดบันทึกข้อมูลการจัดการการเลี้ยงและฟาร์มในสมาคมผู้มือฟาร์ม (ทุกฟาร์มมีสมุดบันทึกข้อมูล) ข้อมูลด้านพลังงานที่ใช้ภายในฟาร์มได้จากการคิดคำนวณจากบิลใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า กรณีของฟาร์มที่ใช้พลังงานจากน้ำมัน ได้จัดทำตารางเพื่อส่งให้เกษตรกรเป็นผู้บันทึกให้ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่ ได้จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการฝ่ายผลิต พนักงานผู้รับผิดชอบ เจ้าของฟาร์มเลี้ยงกุ้ง สำหรับข้อมูลทุติยภูมิได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากวารสารวิชาการ รายงานวิชาการ บทความวิชาการ รวมทั้งฐานข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

รายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่

3.1 การรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้ง ทั้งที่มาจากกระบวนการเกษตรกรรมและประมง

การปลูกพืชวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้ง เนื่องจากข้อมูลที่จำเพาะต่อประเทศไทย ไม่สามารถจัดหาได้ จึงใช้ข้อมูลทดแทนจากฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์จากการเกษตรกรรมที่รวบรวมไว้ในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (SimaPro version 7.0.1) เช่น การผลิตแป้งสาลีใช้จาก (LCA food DK) สำหรับการผลิตกากถั่วเหลืองใช้จาก (Cederberg and Flysjö, 2004) เนื่องจากข้อมูลการปลูกถั่วเหลืองจาก LCA food DK เป็นการปลูกถั่วเหลืองของประเทศอาร์เจนตินา ที่ปลูกถั่วเหลืองโดยไม่มีการใส่ปุ๋ย แต่การปลูกถั่วเหลืองของ (Cederberg and Flysjö, 2004) ใช้ข้อมูลการปลูกถั่วเหลืองของประเทศบราซิล ที่มีการใส่ปุ๋ยจึงทำให้ผลกระทบด้าน Eutrophication ของการปลูกถั่วเหลืองในประเทศบราซิลสูงกว่า ในขณะที่ผลกระทบด้านอื่นเท่ากัน และเนื่องจากประเทศไทยนำเข้าถั่วเหลืองจากบราซิลจึงใช้ฐานข้อมูลของ (Cederberg and Flysjö, 2004)

การทำประมงเพื่อให้ได้ปลาเปิดสำหรับผลิตปลาป่น ได้จากข้อมูลทุติยภูมิจากองค์การสะพานปลา โดยใช้ข้อมูลเฉลี่ยในปี 2550 สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวมได้แก่ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพื่อการประมง ปริมาณการใช้น้ำแข็ง และจำนวนปลาที่จับได้ (แบ่งเป็นปลาที่มนุษย์ใช้ในการบริโภค และปลาที่มนุษย์ไม่ใช้ในการบริโภค เรียกว่า ปลาเปิด)

การผลิตปลาป่น ได้จากข้อมูลทุติยภูมิรายงานไว้ใน (Mungkung, 2005) เป็นข้อมูลที่รวบรวมโดยตรง ณ โรงงานผลิตปลาป่น จังหวัดปัตตานี ในปี 2546 สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บ

รวบรวม ได้แก่ ปริมาณปลาเปิดที่ใช้ ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า ปริมาณการเกิดมลพิษทางน้ำ อากาศ และขยะในกระบวนการผลิต

การสกัดวัตถุดิบน้ำมันและการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้จากข้อมูลทุติยภูมิที่รายงานไว้โดย (Liamsanguan and Gheewala, 2006) ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีในปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ณ โรงไฟฟ้า ในปี 2546 สำหรับข้อมูลที่ทำให้การเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการสกัดวัตถุดิบพลังงาน รวมทั้งน้ำมันและปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่างๆ ในระหว่างการสกัดวัตถุดิบ และการผลิตพลังงานไฟฟ้า

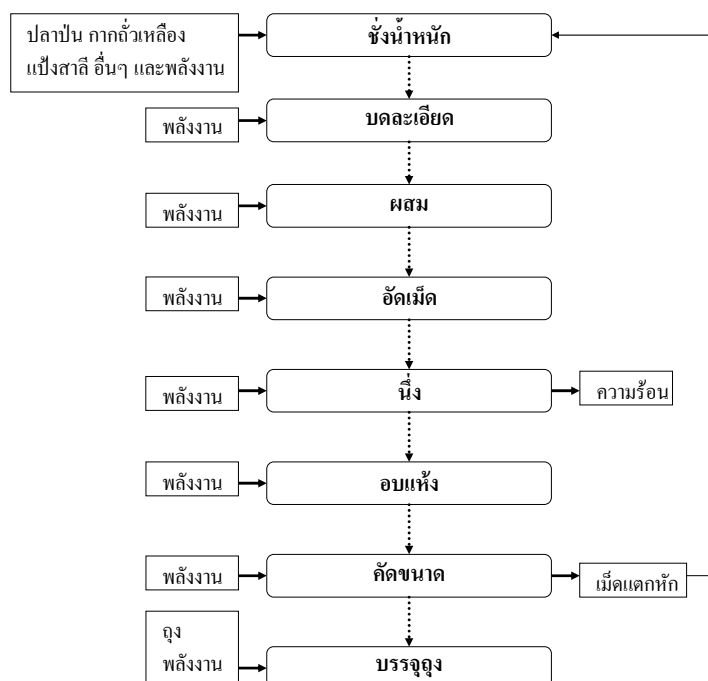
3.2 การรวบรวมปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้ง

การขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงาน ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ตรวจรับวัตถุดิบของโรงงานผลิตอาหารกุ้ง จังหวัดสงขลา สำหรับข้อมูลที่ทำให้การเก็บรวบรวม ได้แก่ แหล่งที่มาของวัตถุดิบแต่ละชนิด ชนิดยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง ระยะทางการขนส่ง ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ มลพิษอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง ซึ่งระยะทางในการขนส่งระหว่างประเทศเป็นค่าที่คำนวณระยะทางได้จาก (www.distances.com) ส่วนระยะทางการขนส่งในประเทศไทยคำนวณระยะทางโดยอาศัยข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งนั้น อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 ในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (SimaPro version 7.0.1)

3.3 การรวบรวมปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสียจากกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง

กิจกรรมการผลิตอาหารกุ้ง ได้จากการเก็บข้อมูลโดยตรงจากระบบการจัดเก็บข้อมูลของฝ่ายผลิตที่ทำการบันทึกอยู่แล้ว ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง จังหวัดสงขลา และสอบถามข้อมูลที่ต้องการแต่ไม่ได้มีการจดบันทึกกับผู้จัดการฝ่ายผลิตและพนักงานผู้รับผิดชอบ ข้อมูลที่ทำให้การเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ปริมาณการใช้พลังงาน และปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์ที่บรรจุ รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษทางน้ำ อากาศ ขยะ และการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตทั้งหมด ตั้งแต่การบดวัตถุดิบแต่ละชนิด การซั่ง การผสมวัตถุดิบ การอัดเป็นเม็ดตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการนึ่งด้วยไอน้ำให้สุก แล้วจึง

นำเข้าหม้ออบแห้ง และนำมาระบายความร้อนเพื่อให้ความร้อนลดลง แล้วจึงนำไปบดเพื่อบรรจุใส่กระสอบต่อไป

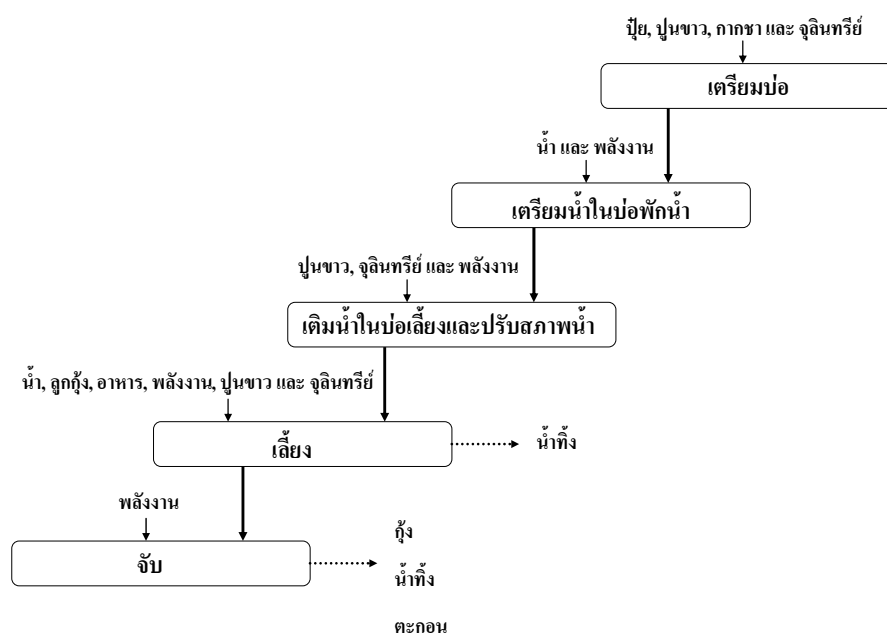


ภาพที่ 12 สารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง

3.4 การรวบรวมปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสีย จากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้ง ณ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

ขอบเขตของการศึกษา ณ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ครอบคลุมกิจกรรม 1 รอบ ของการเลี้ยงกุ้ง ในเดือนกันยายนถึงธันวาคม และเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ตั้งแต่การเตรียมบ่อจนกระทั่งเลี้ยงได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการ ประมาณ 50-100 ตัวต่อกิโลกรัม โดยใช้เวลาเลี้ยงประมาณ 3-4 เดือน การเตรียมบ่อ (เช่น การตากบ่อ) การเตรียมน้ำในบ่อพักน้ำ (เช่น การปรับสภาพน้ำให้ได้มาตรฐาน การเลี้ยงโดยการเติมวัสดุปูน หรือกำจัดพาหะและศัตรูของลูกกุ้งโดยใช้กากชา) จากนั้นถ่ายน้ำจากบ่อพักน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยง และปรับสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลูกกุ้ง เมื่อโรงเพาะฟักจัดส่งลูกกุ้งมายังฟาร์มก็สามารถปล่อยลูกกุ้งลงบ่อเลี้ยงได้เลย ในระหว่างการเลี้ยงจะให้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 ตลอดระยะเวลาเลี้ยง โดยเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของลูกกุ้ง รวมทั้งการใช้เครื่องตีน้ำเพื่อช่วยรักษาระดับออกซิเจนในน้ำเพียงพอ กับความต้องการของลูกกุ้ง และมีการถ่ายเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงเป็นระยะเพื่อรักษาคุณภาพน้ำในบ่อให้อยู่ในสถานะที่เหมาะสมต่อลูกกุ้ง เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงก็นำน้ำทิ้งและเลนกันบ่อไปตรวจวัดคุณภาพ

ตามพารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD), ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended solid), ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) และ ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus) โดยวิเคราะห์ที่ศูนย์ศึกษาการ พัฒนาอ่าวกึ่งกระเบน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี



ภาพที่ 13 สารขาเข้าและสารขาออกในการเลี้ยงกุ้งที่ฟาร์ม

ในขั้นตอนนี้จะต้องเก็บรวบรวมตัวอย่างอาหารกุ้งเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดอะมิโนเพื่อให้ทราบปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในอาหารกุ้ง โดยเก็บรวบรวมอาหารกุ้ง จากฟาร์มที่ใช้อาหารทั้งสองสูตร ใช้ตัวแทนสูตรละ 1 บ่อ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เกล็ดและความชื้น ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณของเสียที่เหลือตกค้างสู่ สิ่งแวดล้อม และนำตัวอย่างที่เก็บมาจากแหล่งเดียวกันไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโน โดยใช้ เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

รายละเอียดของการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการเลี้ยงกุ้งที่ฟาร์ม มีดังนี้

การเตรียมน้ำ ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรและจากการจดบันทึกข้อมูลคู่มือฟาร์ม สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ วิธีการเตรียมน้ำ ปริมาณการใช้น้ำและสารเคมีในการเตรียมน้ำ

การเตรียมน้ำในบ่อพักน้ำ ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรและจากการจดบันทึกข้อมูลคู่มือฟาร์ม สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำและสารเคมีในการเตรียมน้ำในบ่อพักน้ำ

การเตรียมน้ำในบ่อเลี้ยงและปรับสภาพน้ำ ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรและจากการจดบันทึกข้อมูลคู่มือฟาร์ม สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำพลังงานและสารเคมีในการเตรียมน้ำ

การปล่อยลูกกุ้งลงบ่อ ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรและจากการจดบันทึกข้อมูลคู่มือฟาร์ม สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ จำนวนลูกกุ้งที่ใช้

การเลี้ยง ได้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกร จากการจดบันทึกข้อมูลคู่มือฟาร์ม และจากแผ่นตารางข้อมูลการใช้พลังงาน (ที่เกษตรกรช่วยบันทึก) สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณการใช้อาหาร ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณน้ำที่เปลี่ยนถ่ายระหว่างการเลี้ยงและปริมาณการใช้เคมีภัณฑ์

การจับกุ้งที่ได้ขนาดตามที่ตลาดต้องการ สำหรับข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณน้ำเสียและตะกอนเลนที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ รวมถึงคุณสมบัติของน้ำเสียที่ได้จากการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ระบายออกจากบ่อในขณะที่จับกุ้ง ซึ่งทำการเก็บแบบผสม โดยเก็บตัวอย่างน้ำเมื่อสูบน้ำออกจากบ่อที่ปลายท่อ เก็บทุกชั่วโมงและนำมาผสมกันก่อน เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพเชิงสิ่งแวดล้อม และคุณสมบัติของตะกอนเลนหลังการจับกุ้ง ซึ่งทำการเก็บแบบผสม โดยตัวอย่างตะกอนเลนลึกลงไป 20-30 เซนติเมตร 3 จุด ตรงกึ่งกลางของวงตะกอนเลนและอีก 2 จุด ในระนาบเดียวกันที่ทำจากขอบเลนประมาณ 1-2 เมตร แล้วนำมาผสมกันก่อนเพื่อเป็นตัวแทนของน้ำที่ปล่อยทิ้งออกจากบ่อ จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพเชิงสิ่งแวดล้อม สำหรับพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา (ตามตัวชี้วัดผลกระทบกระทบบสิ่งแวดล้อมที่ต้องการศึกษา) ได้แก่ ปริมาณความสกปรก

ในรูปสารอินทรีย์หรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD), ตะกอนแขวนลอย (Suspended solid) , ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) และฟอสฟอรัสรวม (Total phosphorus)

การสกัดวัตถุดิบน้ำมันและการผลิตพลังงานไฟฟ้า ได้จากข้อมูลทุติยภูมิที่รายงานไว้โดย (Liamsanguan and Gheewala, 2006) ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีในปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า ณ โรงไฟฟ้า ในปี 2546 ซึ่งข้อมูลที่ใช้การเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการสกัดวัตถุดิบพลังงาน รวมทั้งน้ำมันและปริมาณการปลดปล่อยมลพิษต่างๆ ในระหว่างการสกัดวัตถุดิบ และการผลิตพลังงานไฟฟ้า

หลังจากรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากโรงงานผลิตอาหารกึ่ง และฟาร์มเลี้ยงกุ้งที่ทำการศึกษากันทั้ง 8 บ่อแล้ว ในขั้นตอนถัดไปจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่รวบรวมได้ และนำผลเหล่านั้นไปประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกึ่งทั้งสองชนิดที่ศึกษา

ผลและวิจารณ์

ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอาหารกุ้งในการศึกษานี้ ครอบคลุมตั้งแต่ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากการผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้งทั้งที่มาจากกระบวนการและการประมง ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้ง ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้ง ณ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง โดยจักได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และ ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งทั้งสองชนิด ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

1.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการเลี้ยงกุ้ง ณ ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง

ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม จำนวน 1 ตัน ของฟาร์มเลี้ยงกุ้งที่ทำการศึกษารวมทั้งสิ้น 8 บ่อ แบ่งเป็นบ่อที่เลี้ยงโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 จำนวน 4 บ่อ โดยตั้งอยู่ในเขตอำเภอท่าใหม่ 2 บ่อ และอำเภอเมืองจำนวน 2 บ่อ และบ่อที่เลี้ยงโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 จำนวนอีก 4 บ่อ ได้ผลการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารชนิดที่ 1 ดังตารางที่ 14 โดยที่ความแตกต่างของการเลี้ยงกุ้งในแต่ละบ่อมาจากการใช้พลังงานในการเปิดเครื่องตีน้ำ ซึ่งมีจำนวน 2 บ่อที่ใช้ไฟฟ้า และอีก 2 บ่อที่ใช้น้ำมัน โดยสองบ่อที่ใช้ไฟฟ้าตั้งอยู่ในเขตอำเภอท่าใหม่ และปล่อยกุ้งลงเลี้ยงอย่างหนาแน่น ประมาณ 180 ตัวต่อตารางเมตร เลี้ยงด้วยความเต็มประมาณ 20 ฟิตฟิต มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมาก ในขณะที่ และเลี้ยงกุ้งได้ผลผลิตต่อบ่ออยู่ในอัตราที่สูงกว่าบ่อที่ใช้ น้ำมันถึงสองเท่า ส่วนบ่อที่เลี้ยงโดยใช้น้ำมันเปิดเครื่องตีน้ำ ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง ปล่อยกุ้งลงเลี้ยงประมาณ 90 ตัวต่อตารางเมตร และเลี้ยงด้วยความเต็มเพียง 10 ฟิตฟิต

ตารางที่ 14 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 เลี้ยงกุ้งที่บ่อเลี้ยง

พารามิเตอร์	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 4
ขนาดบ่อ (ตารางเมตร)	2,800	2,800	3,200	3,200
จำนวนกุ้งที่ปล่อย (ตัว)	500,000	500,000	220,000	330,000
ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	180	180	80	103
ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	147	146	93	90
ผลผลิต (กิโลกรัม)	6,400	6,000	2,600	4,263
ขนาดกุ้งที่จับ (ตัว/กิโลกรัม)	47	50	73	75
อัตราการรอด (%)	60	60	86	97
ปริมาณอาหาร (กิโลกรัม)	12,359	12,350	3,875	6,620
อัตราแลกเนื้อ (FCR)	1.93	2.06	1.49	1.55
ไฟฟ้า (kWh)	4,300	4,300	-	-
น้ำมัน (ลิตร)	-	-	1,154	1,585
การใช้เคมีภัณฑ์				
- ไอโอดีน	2	2	5	4
- กากชา	50	50	125	125
- จุลินทรีย์	17	17	5	-
- โคโลไมท์	-	-	700	1,250
- ปูนขาว	800	800	-	380
- ปูนร้อน	-	-	800	350
- ปูนแร้ธาตุ	-	-	80	50
- ซีโอไลท์	-	-	-	425
ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตร)	15,400	15,400	6,400	5,440
ปริมาณเลน (ตัน)	30	30	59	102

และเมื่อพิจารณาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารชนิดที่ 1 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 บ่อ การเลี้ยงกุ้งให้ได้ผลผลิตจำนวน 1 ตัน ต้องใช้ปริมาณปัจจัยการผลิตดังนี้ คือ ปริมาณการใช้อาหารกุ้งมีค่าระหว่าง 1,490-2,058 กิโลกรัม ปริมาณการใช้ลูกพันธุ์มีค่าระหว่าง 70,373-84,615 ตัว ปริมาณการใช้น้ำมีค่าระหว่าง 1,276-2,567 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการเปิดเครื่องดีน้ำมีค่าระหว่าง 672-717 กิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับฟาร์มที่ไม่มีไฟฟ้าจะใช้น้ำมันดีเซลในการเปิด

เครื่องดีน้ำ มีค่าระหว่าง 372-444 ลิตร ส่วนน้ำทิ้งหลังจากการจับกุ้ง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 61-96 กิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 2.3-5.8 กิโลกรัม ปริมาณสารอินทรีย์มีค่าระหว่าง 66-226 กิโลกรัม และปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าระหว่าง 77-278 กิโลกรัม

ตารางที่ 15 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมบางรายการของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต 1 ตัน โดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	บ่อที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
สารขาเข้า:					
น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)	2,406	2,567	2,462	1,276	2,178
ลูกกุ้ง (ตัว)	78,125	83,333	84,615	70,373	79,112
อาหาร (กิโลกรัม)	1,930	2,058	1,490	1,553	1,758
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	672	717	-	-	347
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	-	-	444	372	204
โพวิโดนไอโอดีน (ลิตร)	0.3	0.3	2	1	0.9
กากชา (กิโลกรัม)	8	8	48	29	23
วัสดุปูน (กิโลกรัม)	125	133	608	576	360
จุลินทรีย์ (ลิตร)	2.7	2.8	1.9	-	2
สารขาออก:					
ปริมาณไนโตรเจน (กิโลกรัม)	61	68	96	95	80
ปริมาณฟอสฟอรัส (กิโลกรัม)	2.3	2.4	5.8	3.6	3.5
ปริมาณสารอินทรีย์ (กิโลกรัม)	64	80	226	164	133
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (กิโลกรัม)	77	153	278	248	189

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของฟาร์มที่เลี้ยงโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 จำนวนอีก 4 บ่อ ที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 16 ซึ่งการเลี้ยงกุ้งโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 นั้น ทำการศึกษาในบ่อที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน ทำให้ระบบการเลี้ยงและวิธีการจัดการด้านการเลี้ยงกุ้งไม่แตกต่างกัน แต่ต่างกันตรงผลผลิตในแต่ละบ่อที่เลี้ยงได้ จึงทำให้ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน

ตารางที่ 16 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เลี้ยงกุ้งที่บ่อเลี้ยง

พารามิเตอร์	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 3	บ่อที่ 4
ขนาดบ่อ (ตารางเมตร)	4,800	2,800	2,400	2,400
จำนวนกุ้งที่ปล่อย (ตัว)	400,000	250,000	275,000	275,000
ความหนาแน่น (ตัว/ตารางเมตร)	80	90	115	100
ระยะเวลาเลี้ยง (วัน)	90	120	100	103
ผลผลิต (กิโลกรัม)	2,800	2,815	2,959	3,940
ขนาดกุ้งที่จับ (ตัว/กิโลกรัม)	94	85	87	67
อัตราการรอด (%)	66	96	94	96
ปริมาณอาหาร (กิโลกรัม)	3,830	4,028	4,186	5,882
อัตราแลกเนื้อ (FCR)	1.37	1.43	1.41	1.49
ไฟฟ้า (kWh)	-	-	-	-
น้ำมัน (ลิตร)	1,731	1,346	1,540	1,730
การใช้เคมีภัณฑ์ (กิโลกรัม)				
- ไอโอดีน	3	-		6
- กากชา	-	-	-	100
- จุลินทรีย์	100	150	1	15
- โคโลไมท์	200	-	100	300
- ปูนขาว	1,500	500	500	310
- ปูนร้อน	-	-	-	125
- ปูนแรธาตุ	-	-	10	875
- ซีโอไลท์	-	-	-	150
ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตร)	8,640	5,320	5,520	5,040
ปริมาณเลน (ตัน)	113	155	78	113

เมื่อพิจารณาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารชนิดที่ 2 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของทั้ง 4 บ่อ พบว่ามีปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตต่อการเลี้ยงกุ้งจำนวน 1 ตัน (ดังตารางที่ 17) ปริมาณการใช้ อาหารกุ้งมีค่าระหว่าง 1,368-1,493 กิโลกรัม ปริมาณการใช้ลูกพันธุ์มีค่าระหว่าง 63,452-142,857 ตัว ปริมาณการใช้น้ำมีค่าระหว่าง 1,279-3,086 ลูกบาศก์เมตร ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในการ เปิดเครื่องสูบน้ำมีค่าระหว่าง 368-618 ลิตร และปริมาณสารขาออก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนมีค่า

ระหว่าง 86-147 กิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าระหว่าง 4-8 กิโลกรัม ปริมาณสารอินทรีย์มีค่าระหว่าง 182-369 กิโลกรัม และปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าระหว่าง 125-337 กิโลกรัม

ตารางที่ 17 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมบางรายการของการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต 1 ตัน โดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม	บ่อที่				
	1	2	3	4	เฉลี่ย
<u>สารขาเข้า:</u>					
น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)	3,086	1,890	1,866	1,279	2,030
ลูกกุ้ง (ตัว)	142,857	71,048	84,488	63,452	90,461
อาหาร (กิโลกรัม)	1,368	1,431	1,415	1,493	1,427
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	-	-	-	-	-
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	618	478	368	439	476
โพรพิลีนไกลอล (ลิตร)	1.1	-	-	1.5	0.7
กากชา (กิโลกรัม)	-	-	-	2.54	0.6
วัสดุปูน (กิโลกรัม)	607	178	206	447	359
จุลินทรีย์ (ลิตร)	36	53	-	4	23
<u>สารขาออก:</u>					
ปริมาณไนโตรเจน (กิโลกรัม)	147	96	86	114	111
ปริมาณฟอสฟอรัส (กิโลกรัม)	8	7	5	4	6
ปริมาณสารอินทรีย์ (กิโลกรัม)	369	279	182	212	260
ปริมาณตะกอนแขวนลอย (กิโลกรัม)	337	191	195	125	212

นอกจากปัจจัยด้านคุณภาพของอาหารกุ้ง การเตรียมบ่อก่อนปล่อยกุ้งและการจัดการคุณภาพน้ำในขณะเลี้ยงยังมีผลต่อคุณภาพน้ำที่ระบายออกจากบ่อเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง ซึ่งบ่อที่ใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำมากกว่าในระหว่างการเลี้ยง เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงคุณภาพน้ำที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ปริมาณสารอินทรีย์ต่ำกว่าบ่อที่เลี้ยงที่มีการให้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เนื่องจากมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำน้อยกว่า ปริมาณสารอินทรีย์จึงสะสมอยู่ในบ่อในปริมาณสูงกว่า ซึ่งการศึกษานี้ยังทำการตรวจวัดเฉพาะคุณภาพน้ำที่ปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงเมื่อสิ้นสุดการ

เลี้ยงเท่านั้น นอกจากนี้การจัดการบ่อนการเลี้ยงกุ้งก็มีผลต่อคุณภาพน้ำและดินเลนที่เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดการเลี้ยง โดยบ่อที่ใช้รถบดดินลงบดและอัดดินพื้นก้นบ่อและขอบบ่อให้แน่นก่อนปล่อยกุ้งลงเลี้ยง จะมีปริมาณดินที่สะสมอยู่น้อย แต่ถ้าบ่อที่มีการผิวดินทั้งเพียงอย่างเดียว หรือบ่อที่มีการตากดินให้แห้งโอกาสที่ดินจะถูกน้ำกัดเซาะออกมาระหว่างการเลี้ยงมีโอกาสนั้นไปได้สูง ปริมาณเลนพื้นก้นบ่อที่เกิดขึ้นในระหว่างการเลี้ยงกุ้งนอกจากจะมาจากปริมาณอาหารที่ให้กุ้งกินแล้ว ยังมาจากเลนที่สะสมในการเลี้ยงกุ้งรอบก่อนและมาจากการพังทลายของขอบบ่อเองอีกด้วย สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ยังมีสาเหตุมาจากอัตราความหนาแน่นในการปล่อยกุ้งลงเลี้ยง อัตราโรคตาย และการจัดการการให้อาหาร

ปัจจัยที่ใช้ในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจากการเลี้ยงโดยให้อาหารกุ้งที่แตกต่างกัน พบว่าการให้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 จะใช้อาหารในปริมาณที่สูงกว่า โดยเฉลี่ยประมาณ 1,758 กิโลกรัมต่อกุ้ง 1 ตัน และขนาดของกุ้งที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่า คือ ประมาณ 47-75 ตัวต่อกิโลกรัม แต่ถ้าให้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 จะใช้อาหารกุ้งประมาณ 1,427 กิโลกรัมต่อกุ้ง 1 ตัน ส่วนขนาดของกุ้งที่เลี้ยงได้ก็จะเล็กกว่าเช่นกัน คือ ประมาณ 70-100 ตัวต่อกิโลกรัม ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยอาหารของกุ้งยังมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่เหลือตกค้างภายในบ่อเลี้ยง โดยอาหารที่กุ้งกินแล้วสามารถย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้สูงกว่า จะเกิดเศษอาหารที่เหลือตกค้างภายในบ่อน้อยกว่าอาหารที่กุ้งกินแล้วย่อยได้น้อย นอกจากนี้ได้รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากการผลิตลูกกุ้งที่โรงเพาะฟัก ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของระบบการผลิตลูกกุ้ง ดังตารางที่ 18 พบว่าโดยส่วนมากการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 จะใช้ปัจจัยการผลิตอื่นๆ มากกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 อันเนื่องมาจาก มีการใช้ลูกพันธุ์กุ้งในปริมาณที่สูงกว่าการเลี้ยงโดยให้อาหารกุ้งชนิดที่ 1

ตารางที่ 18 บัญชีรายการสิ่งแวดล้อมการผลิตลูกกุ้งที่โรงเพาะฟัก

ข้อมูลบัญชีรายการ สิ่งแวดล้อม	หน่วย	ปริมาณที่ใช้ในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน	
		ให้อาหารกุ้งชนิดที่ 1	ให้อาหารกุ้งชนิดที่ 2
1. พ่อแม่พันธุ์	ตัว	1.7	1.9
2. ลูกพันธุ์กุ้ง	ตัว	79,112	90,461
3. อาร์ทีเมีย	กิโลกรัม	0.47	0.54
4. คลอรีน	กิโลกรัม	0.1	0.1
5. น้ำทะเล	ลูกบาศก์เมตร	11	13
6. พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	83	95

1.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการผลิตอาหารกุ้ง

วัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานผลิตอาหารกุ้ง ประกอบด้วย วัตถุดิบที่ผลิตภายในประเทศ ได้แก่ ปลาป่น แป้งสาทิ เนื้อและขนไก่ป่น เปลือกกุ้งป่น ปลาหมึกป่น หอยบด ปลาข้าวราสกัก และวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ กากถั่วเหลืองและแป้งสาทิเป็นบางส่วน ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวได้ผ่านการแปรรูปมาแล้วและสามารถนำมาใช้งานได้ทันที เมื่อทำการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้งจะมีการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบให้ได้ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ก่อนที่จะทำการตกลงรับซื้อ เช่น วัตถุดิบอาหารสัตว์ต้องไม่มีการปลอมปน ไม่ผิดมาตรฐาน ไม่เสื่อมคุณภาพ และต้องมีการขึ้นทะเบียน หลังจากที่ได้ตกลงรับซื้อแล้วจะจัดเก็บวัตถุดิบเข้าสู่โรงเก็บที่ทางโรงงานแบ่งพื้นที่ไว้เฉพาะสำหรับเก็บวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนที่จะนำไปใช้งาน

เมื่อคำนวณปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการผลิตอาหารกุ้งจำนวน 1 ตัน ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้งที่ทำการศึกษา พบว่าในกระบวนการผลิตอาหารกุ้งมีการใช้วัตถุดิบมากถึง 23 รายการ แบ่งเป็นวัตถุดิบจากการเกษตรกรรมจำนวน 12 รายการ วัตถุดิบจากการประมง 10 รายการ โดยจัดให้วัตถุดิบชนิดเดียวกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน สามารถจัดได้เป็นวัตถุดิบจากการเกษตรกรรมจำนวน 5 รายการ และวัตถุดิบจากการประมง 4 รายการ นอกจากนี้ยังมีการนำอาหารที่ไม่ได้ขนาด คือ เล็กหรือใหญ่เกินไป รวมทั้งเศษอาหารและวัตถุดิบที่หล่นตามพื้นกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตซ้ำ ในการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีการใช้วัตถุดิบหลัก คือ ปลาป่น แป้งสาทิ และกากถั่วเหลือง ตามลำดับ ส่วนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 วัตถุดิบหลักที่ใช้ คือ แป้งสาทิ ปลาป่น และกากถั่วเหลือง ตามลำดับ โดยอาหารกุ้งชนิดที่ 1 ใช้ปลาป่น 341 กิโลกรัม และใช้กากถั่วเหลือง 170 กิโลกรัม ในขณะที่อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ใช้ปลาป่น 257 กิโลกรัม แต่ใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นเป็น 219 กิโลกรัม สำหรับสัดส่วนของการใช้วัตถุดิบอื่นๆ ในการบวนการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ใช้แป้งสาทิ 280 และ 290 กิโลกรัม ใช้ปลาหมึก 48 และ 40 กิโลกรัม ใช้เนื้อและขนไก่ป่น 28 และ 30 กิโลกรัม ในอาหารกุ้งชนิดที่ 1 และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ตามลำดับ สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิดจำนวน 1 ตัน มีการใช้ไฟฟ้า 148.54 กิโลวัตต์ชั่วโมง โดยขั้นตอนการบดวัตถุดิบมีการใช้ไฟฟ้าสูงที่สุดคิดเป็น 67.14 กิโลวัตต์ชั่วโมง รองลงมาคือขั้นตอนการอัดเม็ด ใช้ไฟฟ้า 64.01 กิโลวัตต์ชั่วโมง ส่วนขั้นตอนที่ใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ ชั่งวัตถุดิบใช้ไฟฟ้าเพียง 0.05 กิโลวัตต์ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีการใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการบำบัดมลพิษทางอากาศและน้ำเสียที่เกิดขึ้น 6.78 กิโลวัตต์ชั่วโมง รวมใช้ไฟฟ้าทั้งสิ้น 155.32 กิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิดจำนวน 1 ตัน และใช้น้ำมันเตาจำนวน 19 ลิตร

ในการต้ม น้ำ 0.87 ตัน เพื่อผลิตเป็นไอน้ำ ใช้ น้ำมันดีเซล 0.5 ลิตร ในการเคลื่อนย้ายอาหารภายใน โรงงาน สำหรับภาชนะหรือกระสอบที่ใช้บรรจุอาหารกึ่งผลิตมาจากพลาสติกและกระดาษอัด รวมกัน อาหารกึ่งจะบรรจุลงกระสอบหนัก 25 กิโลกรัมต่อกระสอบ โดยที่น้ำหนักของภาชนะ บรรจุหนักกระสอบละประมาณ 0.15 กิโลกรัม ถ้าผลิตอาหารกึ่ง 1,000 กิโลกรัม จะต้องใช้ กระสอบทั้งหมดหนัก 6 กิโลกรัม

1.3 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิต มายังโรงงานผลิตอาหารกึ่ง

การขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตอาหารกึ่งมีความสำคัญ เนื่องจากการผลิตอาหารกึ่งประกอบไปด้วยวัตถุดิบหลายชนิด ที่มีแหล่งการผลิตที่แตกต่างกัน การขนส่งจึงมีหลายวิธีทั้ง ทางบก ทางเรือ และทางอากาศ ทำให้ปริมาณมลพิษที่ปล่อยอยู่ สิ่งแวดล้อมมีปริมาณไม่เท่ากัน โดยวัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศจะขนส่งด้วยเรือขนส่งขนาดใหญ่ (container ship) ส่วนวัตถุดิบภายในประเทศจะขนส่งโดยใช้รถบรรทุกหรือรถกระบะเป็น พาหนะ แหล่งของวัตถุดิบภายในประเทศส่วนใหญ่มาจากภาคกลาง สำหรับวัตถุดิบที่สั่งซื้อมาจาก ต่างประเทศจะถูกส่งมาขึ้นฝั่งที่ท่าเรือกรุงเทพมหานคร

การขนส่งอาหารกึ่งจากโรงงานผลิตไปยังร้านค้าปลีก ใช้รถบรรทุกเป็นพาหนะ (แต่ ละรอบของการขนส่งสามารถบรรทุกอาหารกึ่งได้ไม่ต่ำกว่า 10 ตัน) สำหรับการขนส่งอาหารกึ่งจาก ร้านค้าปลีกไปยังฟาร์มเลี้ยงกึ่งจะไม่นำมาคำนวณเนื่องจากขนส่งในระยะทางใกล้ๆ เช่น อยู่ใน หมู่บ้านเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ทำให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย อย่างไรก็ตาม การขนส่งจะต้องรวมถึงการขนส่งวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับเลี้ยงกึ่งด้วย ซึ่ง ได้แก่ ขนส่งลูกพันธุ์กึ่งจากโรงเพาะฟักและการขนส่งวัสดุปนจากโรงงานผลิตมายังฟาร์มกึ่ง เนื่องจากการขนส่งดังกล่าวใช้รถยนต์เป็นพาหนะซึ่งจะปล่อยมลพิษทางอากาศเช่นกัน

ตารางที่ 19 ข้อมูลการขนส่งวัตถุดิบมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้ง

ชนิดวัตถุดิบ	ระหว่างประเทศ		ในประเทศ	
	ระยะทาง (km)	พาหนะ	ระยะทาง (km)	พาหนะ
1. Feed additives	4,170	เรือเดินสมุทร	900	รถบรรทุก
2. ปลาป่น	-	-	900	รถบรรทุก
3. เปลือกกุ้งป่น	-	-	900	รถบรรทุก
4. ปลาหมึกป่น	-	-	900	รถบรรทุก
5. ถั่วเหลือง	17,862	เรือเดินสมุทร	900	รถบรรทุก
6. แป้งสาลี	4,170	เรือเดินสมุทร	900	รถบรรทุก
7. หอยอบ	-	-	900	รถบรรทุก
8. น้ำมันปลา	4,170	เรือเดินสมุทร	900	รถบรรทุก
9. ปลาขี้ขาว	-	-	900	รถบรรทุก
10. รำสั้ด	-	-	900	รถบรรทุก
11. ภาชนะบรรจุ	-	-	900	รถบรรทุก

1.4 ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง

ในกระบวนการผลิตอาหารกุ้งทุกขั้นตอนจะใช้เครื่องจักรควบคุมการผลิต พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่จึงได้จากไฟฟ้าเป็นหลัก ตามด้วยการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำสำหรับใช้ในขั้นตอนการผสมอาหารกับไอน้ำ ซึ่งขั้นตอนนี้จะมีเขม่าเกิดขึ้นประมาณ 90 กิโลกรัมต่อวัน ส่วนปัญหาด้านมลพิษทางน้ำพบว่าปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีเพียง 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เนื่องจากน้ำที่จะใช้เป็นน้ำที่ต้มเพื่อใช้ไอน้ำเป็นหลัก สำหรับการใช้น้ำมันเตาในการต้มน้ำจะเกิดปัญหาเรื่องมีเขม่ามันเตาเกิดขึ้นซึ่งเป็นขยะอันตราย

ตารางที่ 20 บัญชีรายการสาขาเข้าขาออกในกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง

ข้อมูลบัญชีรายการด้าน สิ่งแวดล้อม	หน่วย	ปริมาณที่ใช้ในการ ผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 จำนวน 1,758 กิโลกรัม	ปริมาณที่ใช้ในการ ผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 จำนวน 1,427 กิโลกรัม
<u>สาขาเข้า</u>			
ปลาป่น	กิโลกรัม	601	367
กากถั่วเหลือง	กิโลกรัม	301	313
แป้งสาลี	กิโลกรัม	506	403
เนื้อและขนไก่ป่น	กิโลกรัม	49	44
เปลือกกุ้งป่น	กิโลกรัม	37	27
ปลาหมึกป่น	กิโลกรัม	84	57
หอยอบ	กิโลกรัม	6	3
ปลายข้าว	กิโลกรัม	6	52
รำสกัด	กิโลกรัม	13	16
สาหร่าย (Keap meal)	กิโลกรัม	13	6
หีบท กลูเทน (Wheat gluten)	กิโลกรัม	0.2	0.3
เศษอาหาร (ผง, ฟุ่น)	กิโลกรัม	144	137
น้ำมันเตา	กิโลกรัม	28	23
ดีเซล	กิโลกรัม	0.9	0.7
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	261	212
น้ำ	กิโลกรัม	1.5	1.3
<u>สาขาออก</u>			
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง	11.9	9.7
ฟุ่นละออง	กิโลกรัม	7.9	6.4
เศษขยะ	กิโลกรัม	0.9	0.7

มลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ทางโรงงานได้ดำเนินการกำจัดและบำบัดมลพิษให้ได้ตามมาตรฐานและถูกต้องตามกฎหมายก่อนที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาเรื่องน้ำเสียเนื่องจากปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีน้อยดังนั้นการบำบัดจึงไม่ต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนมาก ทางโรงงานจึงสร้างบ่อบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลักการตกตะกอนควบคู่กับการเพิ่มอากาศโดยใช้

เครื่องต้มน้ำ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดเพียง 0.48 กิโลวัตต์ชั่วโมง ต่อการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน จากนั้นพักน้ำเป็นระยะเวลาหนึ่ง และตรวจสอบคุณภาพน้ำให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้งตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดก่อนปล่อยออกนอกโรงงาน สำหรับปัญหาด้านฝุ่นละอองและกลิ่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต กรณีของฝุ่นละอองก็คือเศษวัตถุดิบหรือเศษอาหารกุ้งทางโรงงานจะนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตอีกครั้ง สำหรับการกำจัดกลิ่นและฝุ่นละอองจะใช้ไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักรประมาณ 6.3 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน ปัญหาเรื่องเขม่าจากหม้อไอน้ำจะนำไปกำจัดโดยการฝังกลบ ปัญหาเรื่องเขม่ามันเตาซึ่งเป็นกากมลพิษอุตสาหกรรมที่ต้องกำจัดให้ถูกต้องตามกฎหมาย ทางโรงงานมีการกำจัดโดยการขายให้กับโรงงานรับกำจัดกากมลพิษอุตสาหกรรม เพื่อนำไปกำจัดต่อไป สำหรับปัญหาเรื่องขยะภาชนะบรรจุ จะขายให้รถรับซื้อของเก่าเพื่อนำไปใช้ซ้ำหรือหมุนเวียนในกิจกรรมอื่นๆ ต่อไป

ในขณะที่เดียวกันได้นำตัวอย่างอาหารกุ้งไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) พบว่าในอาหารชนิดที่ 1 ประกอบไปด้วยโปรตีนประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 2.5 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นและเถ้าประมาณ 11-12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอาหารชนิดที่ 2 มีโปรตีนประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 3 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 13 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้ง

องค์ประกอบทางเคมี (น้ำหนักแห้ง)	อาหารกุ้งชนิดที่ 1	อาหารกุ้งชนิดที่ 2
โปรตีน (ไม่ต่ำกว่า)	35 %	33 %
ไขมัน (ไม่ต่ำกว่า)	6 %	7 %
ความชื้น (ไม่เกินกว่า)	11 %	11 %
เถ้า (ไม่เกินกว่า)	12 %	13 %
เยื่อใย (ไม่เกินกว่า)	2.5 %	3 %

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารกุ้งทั้งสองชนิดที่ทำการศึกษา พบว่าในอาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีปริมาณโปรตีนสูงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ และในอาหารกุ้งชนิดที่ 2 มีระดับโปรตีนเพียง 33 เปอร์เซ็นต์ จึงคาดว่าในอาหารกุ้งชนิดที่ 1 อาจจะมีส่วนผสมของโปรตีนจากปลาปนมากกว่าอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ซึ่งผลจากการวิเคราะห์อาหารกุ้งทั้งสองชนิด สามารถกล่าวได้ว่า

ระดับโปรตีนในอาหารกุ้งสองชนิดไม่แตกต่างกันมาก แต่จะแตกต่างตรงที่สัดส่วนของการใช้ปลาปนต่อกากถั่วเหลืองในการผลิตอาหาร

ตารางที่ 22 ชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนจากอาหารกุ้ง

ชนิดกรดอะมิโน	อาหารกุ้งชนิดที่ 1	อาหารกุ้งชนิดที่ 2
Aspartic acid	3.16-3.34	3.33-3.36
Serine	1.64-1.65	1.64-1.65
Glutamic acid	6.46-6.81	6.79-6.82
Glycine	2.38-2.41	2.20-2.27
Histidine	0.81-0.82	0.81-0.82
Arginine	3.09-3.10	3.02-3.07
Threonine	1.62-1.64	1.59-1.60
Alanine	2.24-2.28	2.22-2.23
Proline	2.34-2.39	2.27-2.32
Tyrosine	1.00-1.02	1.01
Valine	1.67-1.71	1.63-1.65
Lysine	2.29-2.38	2.28-2.29
Isoleucine	1.41-1.44	1.37-1.39
Leucine	2.68-2.71	2.63-2.66
Phenylalanine	1.64-1.66	1.62-1.63

จากการเก็บตัวอย่างอาหารทั้งสองสูตรเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโน (amino acid profile) ในอาหารกุ้ง พบว่าในอาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ lysine, Glycine, Histidine และ Arginine เป็นจำนวน 2.29-2.38, 2.38-2.41, 0.81-0.82 และ 3.09-3.10 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ ส่วนอาหารกุ้งชนิดที่ 2 มีปริมาณกรดอะมิโนเป็น 2.28-2.29, 2.20-2.27, 0.81-0.82 และ 3.02-3.07 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ดังตารางที่ 22) ผลจากการตรวจสอบพบว่าในอาหารกุ้งทั้งสองชนิด มีปริมาณของกรดอะมิโนทุกชนิดใกล้เคียงกัน แสดงว่าโรงงานผลิตอาหารกุ้งได้มีการปรับความสมดุลของกรดอะมิโน (balance amino acid) ในอาหารกุ้ง

2. ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสกัดวัตถุดิบ ได้แก่ ปลาปน กากถั่วเหลือง และแป้งสาลี พบว่าการผลิตอาหารกึ่งชนิดที่ 1 จำนวน 1,758 กิโลกรัม (ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารกึ่งที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต จำนวน 1 ตัน ของบ่อกุ้ง จำนวน 4 บ่อ) ในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1,000 กิโลกรัม พบว่ามีการใช้วัตถุดิบหลัก คือ ปลาปน กากถั่วเหลือง และแป้งสาลี ปริมาณ 601, 301 และ 506 กิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อพิจารณากระบวนการผลิตวัตถุดิบเหล่านี้เพื่อใช้ในการผลิตอาหารกึ่ง พบว่า ต้องใช้พลังงานจาก ถ่านหิน 18 กิโลกรัม ใช้ก๊าซธรรมชาติ 170 ลูกบาศก์เมตร ใช้น้ำมัน 726 กิโลกรัม ซึ่งจะปล่อยสารมลพิษสู่อากาศ ได้แก่ มีเทน 2.7 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ 2,280 กิโลกรัม และปล่อยสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจน 80 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 3.5 กิโลกรัม และสารอินทรีย์ 133 กิโลกรัม

สำหรับผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการสกัดวัตถุดิบ พบว่าการผลิตอาหารกึ่งชนิดที่ 2 จำนวน 1,427 กิโลกรัม (ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยจากปริมาณอาหารกึ่งที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต จำนวน 1 ตัน ของบ่อกุ้งจำนวน 4 บ่อ) ในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1,000 กิโลกรัม พบว่ามีการใช้วัตถุดิบหลัก คือ ปลาปน กากถั่วเหลือง และแป้งสาลี ปริมาณ 367, 313 และ 403 กิโลกรัม แต่เมื่อพิจารณาในกระบวนการผลิตวัตถุดิบเหล่านี้เพื่อใช้ในการผลิตอาหารกึ่ง พบว่าต้องใช้พลังงานจากถ่านหิน 14 กิโลกรัม ใช้ก๊าซธรรมชาติ 128 ลูกบาศก์เมตร ใช้น้ำมัน 554 กิโลกรัม และปล่อยสารมลพิษสู่อากาศ ได้แก่ มีเทน 1.9 กิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์ 1,840 กิโลกรัม และปล่อยสารมลพิษลงสู่แหล่งน้ำ ได้แก่ ไนโตรเจน 111 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5.9 กิโลกรัม และสารอินทรีย์ 260 กิโลกรัม

ตารางที่ 23 ผลการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมในการผลิตกุ้ง 1 ตัน

พลังงานปฏิกิริยาที่ใช้ในการ ผลิตอาหารกุ้ง	หน่วย	ปริมาณการใช้ต่อการผลิตกุ้ง1 ตัน	
		การใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1	การใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2
		(ค่าเฉลี่ยจากการเลี้ยงกุ้ง จำนวน 4 บ่อ)	(ค่าเฉลี่ยจากการเลี้ยงกุ้ง จำนวน 4 บ่อ)
<u>1. ทรัพยากรธรรมชาติ</u>			
1.1 ถ่านหิน (18 MJ per kg)	kg	18	14
1.2 ก๊าซธรรมชาติ (30.3 MJ per kg)	m ³	170	128
1.3 น้ำมันดิบ (42.6 MJ per kg)	kg	726	554
<u>2. มลพิษทางอากาศ</u>			
2.1 มีเทน	kg	2.7	1.9
2.2 คาร์บอนไดออกไซด์	kg	2,280	1,840
<u>3. มลพิษทางน้ำ</u>			
3.1 ไนโตรเจน	kg	80	111
3.2 ฟอสฟอรัส	kg	3.5	5.9
3.3 ปริมาณสารอินทรีย์	kg	133	260

3. ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

หลังจากที่วิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมมาแล้ว ในขั้นตอนนี้จะจำแนกข้อมูลและแปลงค่าข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมดังกล่าวให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือที่เรียกว่า ขั้นตอนการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Impact Assessment; LCIA) โดยอาศัยวิธีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแบบ CML 2 Baseline 2000 ซึ่งเป็นวิธีการประเมินการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชั้นกลาง ตามกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ใช้พิจารณา ดังนี้ ภาวะโลกร้อน (Global warming potential; GWP) ภาวะความเป็นกรด (Acidification potential; AP) ภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication potential; EP) และการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary production; NPP) โดยจักนำเสนอผลการประเมิน ดังต่อไปนี้

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมของการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน โดยให้อาหารกุ้งทั้งสองชนิด ด้วยวิธี CML 2 Baseline 2000 ตั้งแต่การสกัดได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารกุ้ง การแปรรูปวัตถุดิบทั้งที่มาจากกระบวนการเกษตรกรรมและการประมง การขนส่งวัตถุดิบทั้งภายในและนอกประเทศ การขนส่งอาหารกุ้งไปยังฟาร์มเลี้ยง กระบวนการผลิตและบรรจุอาหารกุ้ง ตลอดจนการนำอาหารไปใช้เลี้ยงกุ้งในระดับฟาร์ม มีรายละเอียดผลการศึกษาโดยภาพรวมดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน

ผลกระทบ สิ่งแวดล้อม	หน่วย	การผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 1 ตัน							
		อาหารกุ้งชนิดที่ 1				อาหารกุ้งชนิดที่ 2			
		บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4	บ่อ 1	บ่อ 2	บ่อ 3	บ่อ 4
GWP	kg CO ₂ eq.	4,080	4,360	2,930	2,990	2,840	2,810	2,810	2,910
AP	kg SO ₂ eq.	34.1	36.4	27.3	28	29	29.2	29.1	30.4
EP	kg PO ₄ ⁻³ eq.	45	49.5	67.9	61.2	95.8	72.1	62.7	69.6
NPP	kg C	59,000	63,100	45,700	47,600	31,600	33,100	32,700	34,500

ค่าสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (% contribution) (ดังตารางที่ 24) จากการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน โดยใช้อาหารกุ้งทั้งสองชนิดเป็นอาหาร สามารถอธิบายสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

กลุ่มผลกระทบด้าน GWP การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 จะส่งผลกระทบมากกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 คิดเป็น 1.3 เท่า มีสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอาหาร รองลงมาได้แก่การใช้พลังงานในการเปิดเครื่องตีน้ำ และการขนส่งอาหารกุ้งไปยังฟาร์มเลี้ยง โดยมีเปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิดผลกระทบจากการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 เป็น 83, 11 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เลี้ยงกุ้งจะส่งผลกระทบ เป็น 85, 8 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตอาหารกุ้งจะมีการขนส่งวัตถุดิบทั้งทางบกและทางน้ำ ทั้งจากภายในและภายนอกประเทศ อีกทั้งยังมีระยะทางไกล และขนส่งในปริมาณมาก จึงทำให้การขนส่งปล่อยมลพิษที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งด้วยเครื่องบินที่ขนส่งปริมาณมากและมีระยะทางไกลจากประเทศบราซิล โดยจะปล่อยก๊าซ N_2O ออกมาสูง ซึ่งก๊าซ N_2O จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า CO_2 ถึง 310 เท่า ในน้ำหนักสารมลพิษที่เท่ากัน เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิต 1 ตัน โดยให้อาหารชนิดที่ 1 จะต้องให้อาหารกุ้งถึง 1,758 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าการเลี้ยงโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ถึง 331 กิโลกรัม รวมถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเปิดเครื่องตีน้ำในระหว่างการเลี้ยงกุ้งในระดับฟาร์ม โดยที่การใช้พลังงานจากไฟฟ้าจะส่งผลกระทบมากกว่าการใช้พลังงานจากน้ำมัน จึงทำให้ฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าฟาร์มที่เลี้ยงกุ้งโดยใช้อาหารชนิดที่ 2

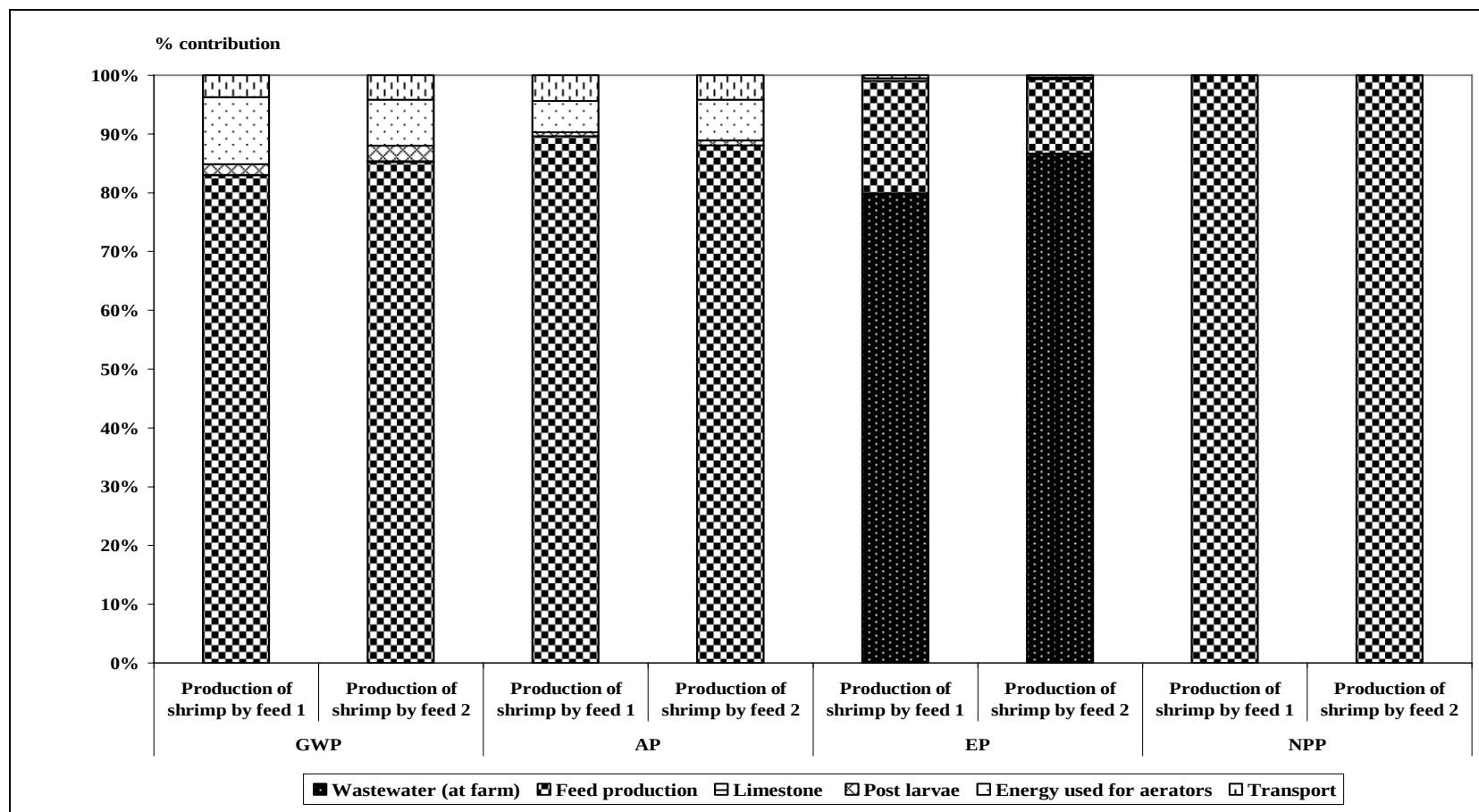
กลุ่มผลกระทบด้าน AP การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 ส่งผลกระทบมากกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 คิดเป็น 1.1 เท่า มีสาเหตุหลักมาจากการขนส่งวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตอาหารกุ้งที่โรงงานผลิตอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งด้วยเครื่องบินจากประเทศบราซิล และมีสาเหตุรองมาจากการใช้พลังงานในการเปิดเครื่องตีน้ำ โดยมีเปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิดผลกระทบจากการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 เป็น 90 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เลี้ยงกุ้งจะส่งผลกระทบ เป็น 81 และ 7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กลุ่มผลกระทบด้าน EP การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ส่งผลกระทบมากกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 คิดเป็น 1.3 เท่า มีสาเหตุหลักมาจากการระบายน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงกุ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และมาจากการบวนการผลิตอาหารกุ้ง โดยมีเปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิด

ผลกระทบจากการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 เป็น 80 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เลี้ยงกุ้งจะส่งผลกระทบ คิดเป็น 87 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขั้นตอนการเลี้ยงกุ้งในระดับฟาร์ม ในน้ำที่จากการเลี้ยงกุ้งจะมีธาตุอาหารอยู่สูง โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และยังมีปริมาณสารอินทรีย์สูงอีกด้วย เนื่องจากอาหารที่กุ้งกินไม่หมด สารอาหารที่ละลายออกมาก่อนที่กุ้งจะกิน หรือของเสียที่เกิดจากการขับถ่ายของตัวกุ้ง ธาตุอาหารเหล่านี้จะสะสมอยู่ในน้ำและตะกอนดิน เมื่อระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะก็จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารในแหล่งน้ำธรรมชาติด้วย ซึ่งฟาร์มที่เลี้ยงโดยให้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เมื่อสิ้นสุดการเลี้ยงจะปลดปล่อยมลพิษเหล่านี้นอกจากบ่อมากกว่า เนื่องจากในสูตรอาหารกุ้งชนิดที่ 2 มีสัดส่วนของกากถั่วเหลืองสูงกว่าอาหารกุ้งชนิดที่ 1 จึงส่งผลกระทบในด้านนี้มากกว่า ถึง 46 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบด้านการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 จะส่งผลกระทบมากกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 คิดเป็น 1.6 เท่า โดยมีสาเหตุหลักมาจากขั้นตอนเดียวกัน คือ ขั้นตอนการผลิตอาหารกุ้ง เกือบทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือน้อยมากมาจากลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมโดยการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 ส่งผลกระทบมากกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 เนื่องจากใช้ปลาป่นเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารมากกว่าอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ถึง 32 เปอร์เซ็นต์ และปลาป่นที่นำมาผลิตปลาป่นของประเทศไทย โดยส่วนมากเป็นปลาในครอบครัว Leiognathidae และ Nemipteridae ที่มี trophic level = 3.3

นอกจากอาหารกุ้งจะเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการแล้ว ยังมีปัจจัยสำคัญอื่นอีก เช่น การขนส่งพ่อ-แม่พันธุ์กุ้ง (brood stock) จากต่างประเทศ และการเพาะฟักและอนุบาลลูกกุ้งขาวแวนนาไม (post larvae) ที่โรงเพาะฟัก ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นด้วย เพื่อเปรียบเทียบค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม และพบว่าการผลิตลูกพันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมและการขนส่งพ่อแม่พันธุ์กุ้งขาวแวนนาไมส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาก เมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตอาหารกุ้งและน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้งานอาหารกุ้งที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง



ภาพที่ 14 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้อาหารกุ้งสองชนิดในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากระบบการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิด

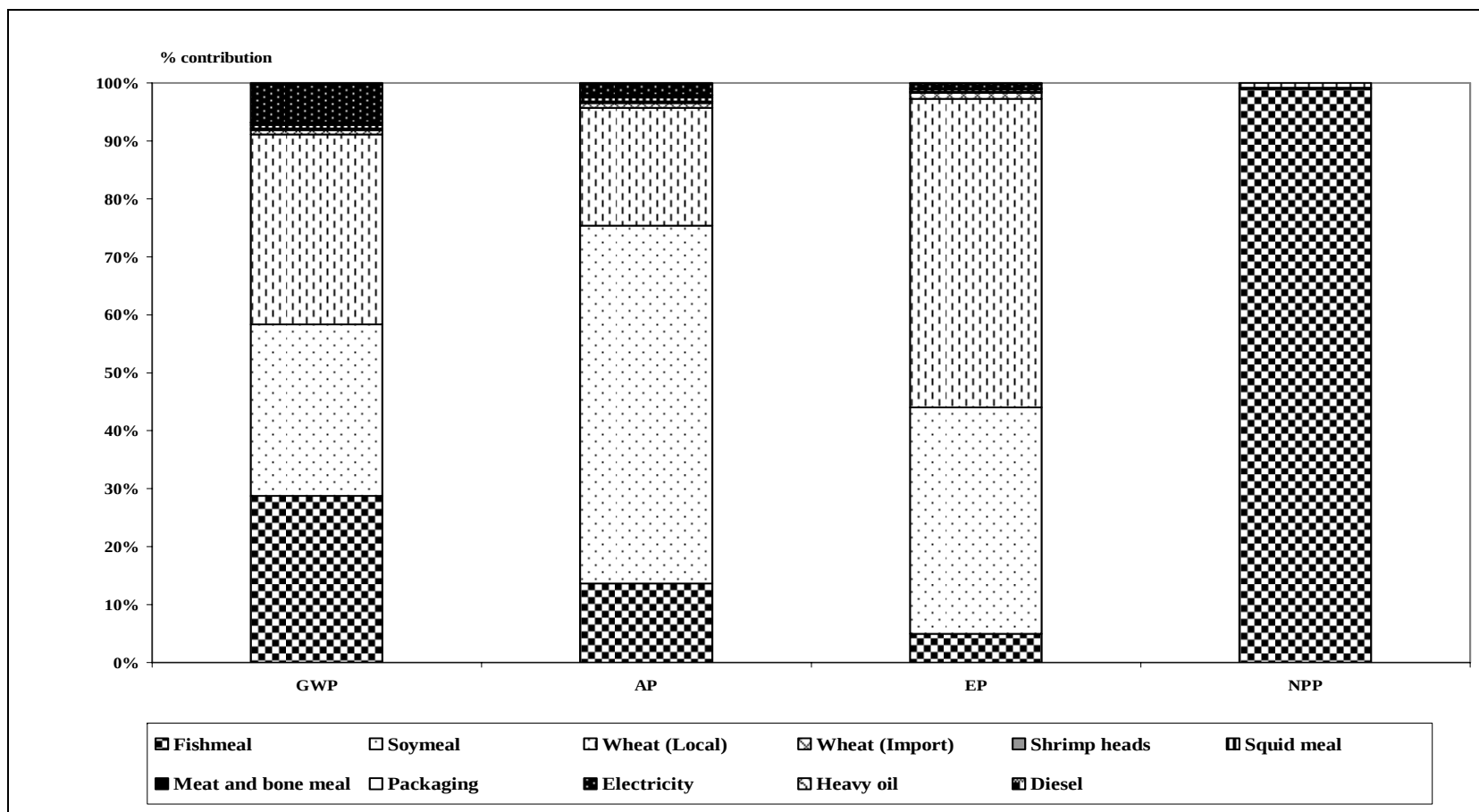
จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับฟาร์ม แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตอาหารกุ้งเป็นสาเหตุที่สำคัญในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงทำการตรวจสอบย้อนกลับไปยังกระบวนการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิด ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยอย่างไร โดยครอบคลุมตั้งแต่แหล่งที่มาของวัตถุดิบแต่ละประเภท กระบวนการผลิตวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารกุ้ง กระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ตลอดจนถึงการขนส่งวัตถุดิบอาหารกุ้งจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตอาหารกุ้ง โดยจะกล่าวถึงสาเหตุของการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 เป็นลำดับแรก

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง พบค่าสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (% contribution) (ดังภาพที่ 15) ในกลุ่มผลกระทบด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มีสาเหตุหลักมาจากการใช้แป้งสาลิเป็นวัตถุดิบ คิดเป็น 33 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวสาลิมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณ 28 กิโลกรัม ต่อการผลิตข้าวสาลิ 1 ตัน ในกระบวนการผลิตปุ๋ยมีการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และน้ำมันเตา ซึ่งการเผาไหม้วัตถุดิบเหล่านี้ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนออกมา และมีสาเหตุรองมาจากกากถั่วเหลือง คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในระหว่างเพาะปลูกถั่วเหลืองมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 10.24 กิโลกรัม ต่อ การผลิตถั่วเหลือง 1 ตัน โดยมาจากเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัสเช่นกัน และมาจากปลาป่น คิดเป็น 28.8 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการใช้น้ำมันในกระบวนการตากอวนจับปลา นอกจากนี้การขนส่งวัตถุดิบแต่ละชนิดดังกล่าวมาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งกากถั่วเหลืองจากประเทศบราซิลทางเรือ ในขณะที่การขนส่งปลาป่นและแป้งสาลิที่ผลิตได้ภายในประเทศผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากการแปรรูปวัตถุดิบมากกว่าการขนส่ง สำหรับการไฟฟ้าในกระบวนการผลิตอาหารกุ้งจะส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อย ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (AP) มีสาเหตุหลักมาจากกากถั่วเหลืองคิดเป็น 62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากการขนส่งกากถั่วเหลืองทางเรือมาจากประเทศบราซิล รองลงมา คือ ผลกระทบจากแป้งสาลิ คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการขนส่งแป้งสาลิประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณทั้งหมดที่ใช้ในสูตรอาหาร ทางเรือมาจากประเทศจีน และผลกระทบจากปลาป่น คิดเป็น 14 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบด้านภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (EP) มีสาเหตุหลักมาจากแป้งสาธิต คิดเป็น 53 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเกิดการชะล้างของไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการผลิตข้าวสาธิต 1 ตัน จะปล่อยไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมากถึง 50 กิโลกรัม และมีสาเหตุรองจากกากถั่วเหลือง คิดเป็น 39 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการผลิตถั่วเหลือง 1 ตัน จะปล่อยไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติถึง 54.2 กิโลกรัม

กลุ่มผลกระทบด้านการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (NPP) มีสาเหตุมาจากวัตถุดิบปลาป่นมากที่สุดถึง 99 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในกระบวนการผลิตปลาป่น 1 ตัน ต้องใช้ปลาเปิดเป็นจำนวนสูงถึง 4 ตัน ทำให้ส่งผลกระทบจากการนำทรัพยากรธรรมชาติปฐมภูมิมาใช้ ในขณะที่มีสาเหตุมาจากแป้งสาธิตและกากถั่วเหลืองเพียง 1 เปอร์เซ็นต์



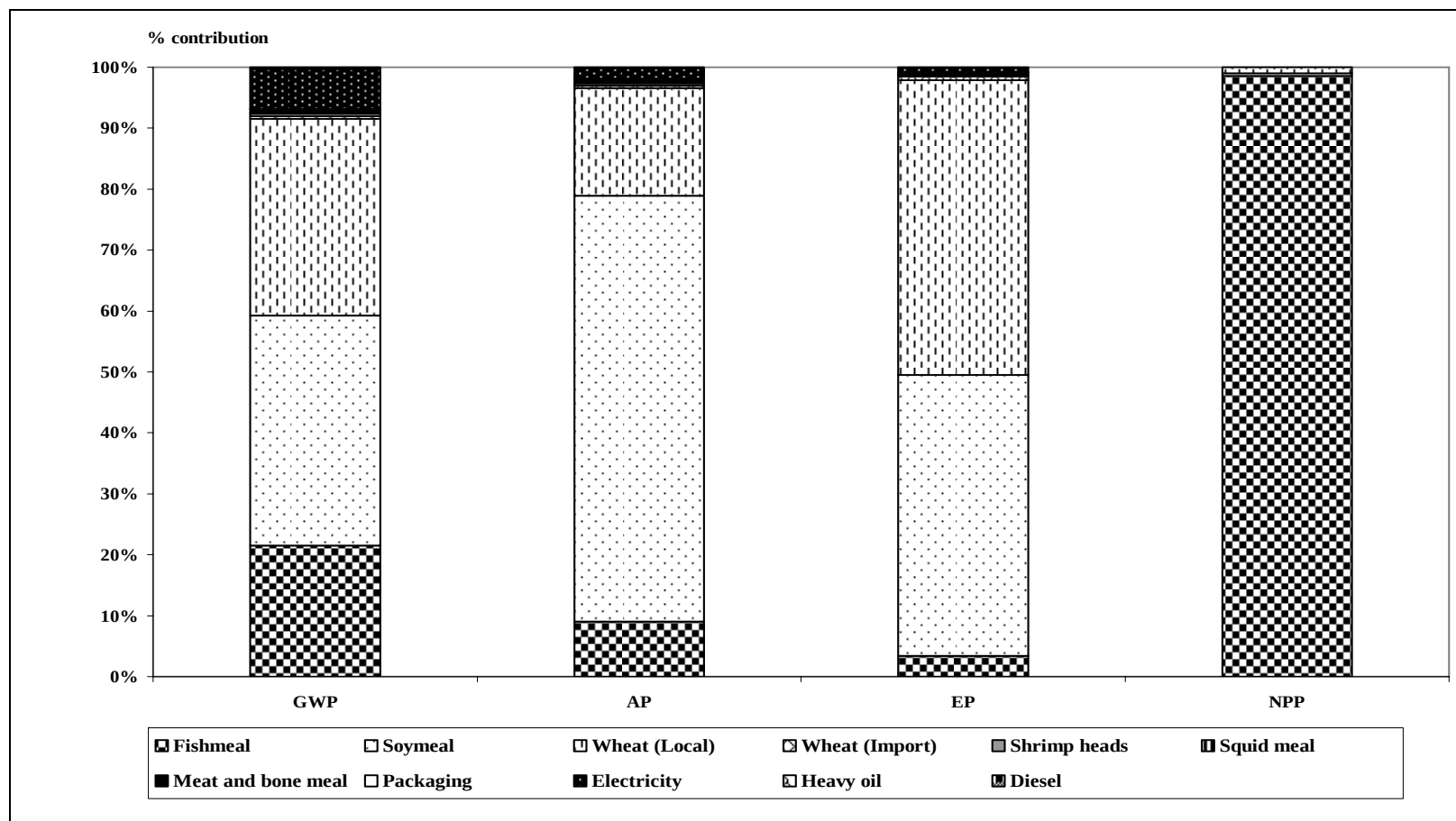
ภาพที่ 15 เปอร์เซนต์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1

ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ณ โรงงานผลิตอาหารกุ้ง พบค่าสัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (% contribution) (ดังภาพที่ 16) ในกลุ่มผลกระทบด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มีสาเหตุหลักมาจากกากถั่วเหลืองคิดเป็น 38 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการเพาะปลูกมีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปริมาณ 10.24 กิโลกรัม ต่อการผลิตถั่วเหลือง 1 ตัน รองลงมา ได้แก่ แป้งสาลี คิดเป็น 32 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเพาะปลูกมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณ 28.40 กิโลกรัม ที่เป็นสาเหตุของผลกระทบ ซึ่งมีสาเหตุมาขั้นตอนการผลิตปุ๋ยที่มีการใช้พลังงานจากน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน และปลาป่น คิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีการใช้น้ำมันในการจับปลา นอกจากนี้การขนส่งวัตถุดิบแต่ละชนิดดังกล่าวมาที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งกากถั่วเหลืองจากประเทศบราซิลทางเรือ สำหรับการไฟฟ้าในกระบวนการผลิตอาหารกุ้งจะส่งผลกระทบต่อเพียงเล็กน้อย ประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรด (AP) มีสาเหตุหลักมาจากวัตถุดิบกากถั่วเหลืองคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นมาจากการขนส่งถั่วเหลืองทางเรือมาจากประเทศบราซิล รองลงมา คือ แป้งสาลี คิดเป็น 18 เปอร์เซ็นต์ มีสาเหตุจากการขนส่งแป้งสาลีโดยรถบรรทุกเพราะใช้จำนวนมากในสูตรอาหาร และวัตถุดิบปลาป่น คิดเป็น 9 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบด้านภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (EP) มีสาเหตุหลักมาจากแป้งสาลี คิดเป็น 48 เปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวสาลี จะมีการชะล้างของไนเตรทลงแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งการผลิตข้าวสาลี 1 ตัน จะมีไนเตรทลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติถึง 50 กิโลกรัม รองลงมา คือ กากถั่วเหลือง คิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ การผลิตถั่วเหลือง 1 ตัน จะปล่อยไนเตรทสู่แหล่งน้ำธรรมชาติถึง 54.2 กิโลกรัม และจากปลาป่น คิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบด้านของการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary production; NPP) มีสาเหตุมาจากวัตถุดิบปลาป่นมากที่สุดถึง 98 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการผลิตปลาป่น 1 ตัน ต้องใช้ปลาเป็นจำนวนสูงถึง 4 ตัน ในขณะที่ผลกระทบมาจากแป้งสาลีและกากถั่วเหลืองเพียง 2 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2

เมื่อทำการเปรียบเทียบสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิด จำนวน 1 ตัน (ดังตารางที่ 25) พบว่ากระบวนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 ส่งผลกระทบในด้านของการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิในสัตว์มากกว่าการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 โดยมีสาเหตุมาจากการใช้วัตถุดิบปลาป่นเป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารกุ้งในปริมาณที่มากกว่า จึงมีการใช้ปลาป่นในปริมาณที่มากกว่าเพื่อผลิตเป็นปลาป่น สำหรับผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านการภาวะความเป็นกรดและผลกระทบในด้านภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ มาจากกระบวนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 เนื่องจากในกระบวนการปลูกถั่วเหลืองและข้าวสาลีมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จึงถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ รวมถึงมีการนำเข้าวัตถุดิบดังกล่าวมาจากต่างประเทศ เช่น ประเทศบราซิลและจีน จึงก่อให้เกิดผลกระทบในด้านภาวะการก่อให้เกิดความเป็นกรดสูงกว่า ในขณะที่ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ในกระบวนการผลิตอาหารกุ้งทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากัน

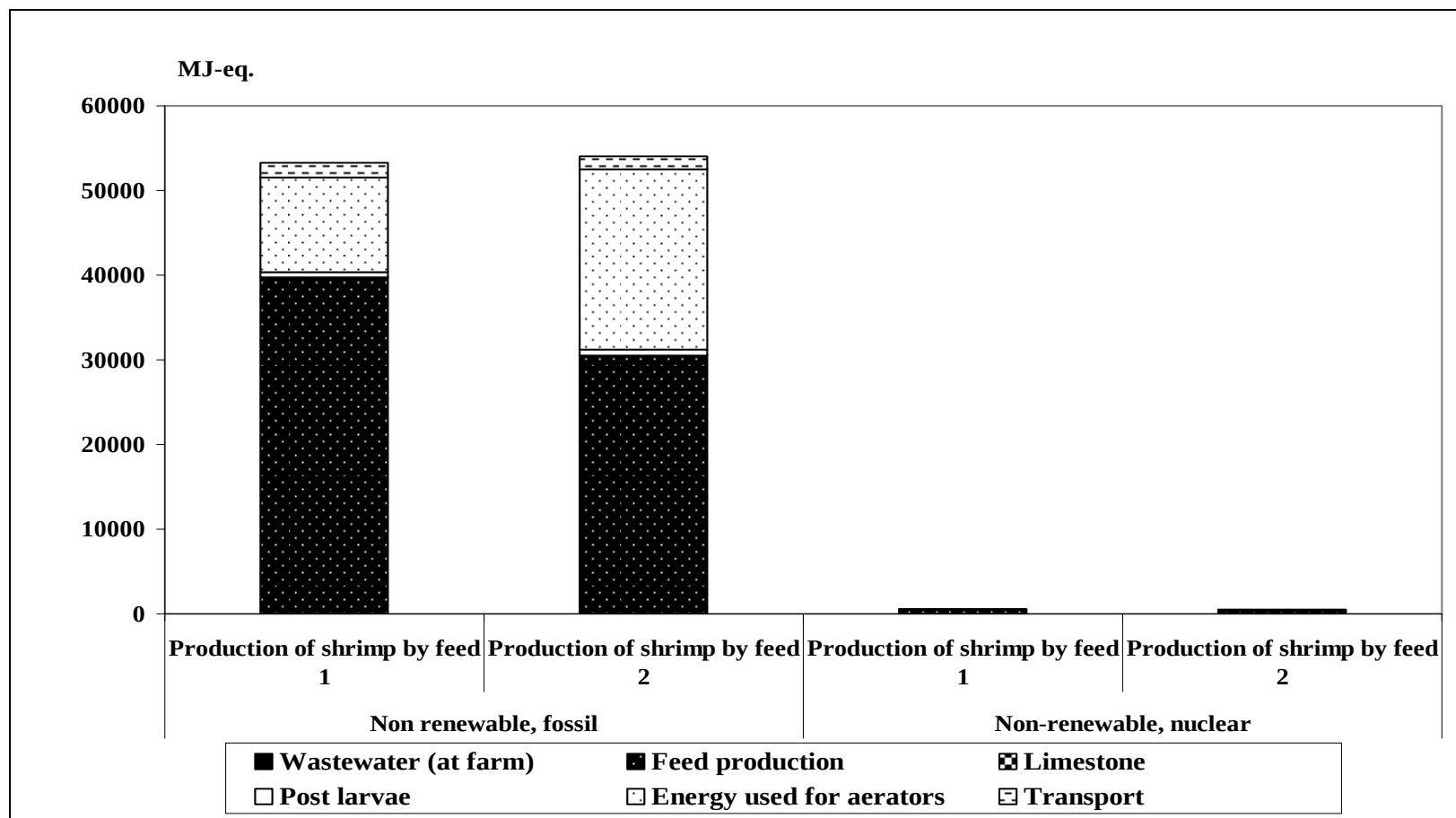
ตารางที่ 25 ขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	หน่วย	อาหารกุ้ง	
		อาหารกุ้งชนิดที่ 1	อาหารกุ้งชนิดที่ 2
Global Warming (GWP)	kg CO ₂ eq.	1,700	1,700
Acidification (AP)	kg SO ₂ eq.	16	18
Eutrophication (EP)	kg PO ₄ ⁻³ eq.	6.11	6.64
Net Primary Production (NPP)	kg C	30,600	23,100

4. การประเมินผลกระทบด้านพลังงานด้วยวิธี Cumulative Energy Demand

ในการศึกษานี้ทำการประเมินผลกระทบด้านการใช้พลังงานด้วยวิธี Cumulative Energy Demand ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบด้านพลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตและทำการประเมินผลกระทบการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ ในปัจจุบันและอนาคตข้างหน้าปัญหาด้านการใช้พลังงานนับเป็นปัญหาที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากพลังงานเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่ต้องใช้ระยะเวลานานในการสร้างทดแทนขึ้นใหม่ เช่น ถ่านหิน น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ มาเป็นเชื้อเพลิง และการเผาไหม้ทรัพยากรเชื้อเพลิงเหล่านี้จะเกิดการปลดปล่อยก๊าซมลพิษที่สำคัญ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบด้านอื่นๆ ตามมา

จากผลการประเมินผลกระทบด้านพลังงานของอาหารกุ้งชนิดที่ 1 และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ดังภาพที่ 17 แสดงให้เห็นว่า อาหารกุ้งชนิดที่ 1 และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 นั้นมีค่าการใช้พลังงาน โดยรวมเป็น 53,900 MJ-eq และ 54,600 MJ-eq ตามลำดับ โดยมีค่าผลกระทบในกลุ่มเชื้อเพลิงฟอสซิลสูงสุด ซึ่งอาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีค่าการก่อให้เกิดผลกระทบเป็น 39,700 MJ-eq ในขณะที่อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ก่อให้เกิดผลกระทบด้านพลังงาน 30,500 MJ-eq ซึ่งพบว่าอาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีผลกระทบด้านการใช้พลังงานมากกว่าอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ถึง 1.3 เท่า โดยที่ผลกระทบจากอาหารกุ้งทั้งสองชนิดมีผลกระทบสูงสุดมาจากขั้นตอนเดียวกัน คือ ขั้นตอนการผลิตอาหารกุ้ง ซึ่งเป็นการใช้พลังงานน้ำมันในการจับปลาเปิดจากทะเลด้วยเรืออวนลาก และการขนส่งฉั้วเหลืองทางเรือมาจากประเทศบราซิล และการขนส่งแป้งสาทิภายในประเทศด้วยรถบรรทุก นอกจากนี้การใช้พลังงานรองลงมา ได้แก่ การใช้พลังงานในการเปิดเครื่องตีน้ำ ที่ใช้ทั้งพลังงานจากไฟฟ้าจากการผลิตของประเทศไทยที่มีการใช้ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติในการผลิต และยังใช้พลังงานจากน้ำมันในการเปิดเครื่องตีน้ำ ทำให้ส่งผลกระทบในด้านการใช้ทรัพยากรพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลตามมา นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นพบว่าขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบยังมีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น พลังงานไฟฟ้าจากน้ำ และนิวเคลียร์ แต่มีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการใช้พลังงานจากฟอสซิล โดยการใช้พลังงานจากนิวเคลียร์นั้นเป็นการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตปุ๋ยในต่างประเทศ



ภาพที่ 17 สัดส่วนค่าการใช้พลังงานในการผลิตกุ้งจำนวน 1 ตัน โดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 และอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ด้วยวิธี Cumulative Energy Demand

5. การประเมินผลกระทบด้านการใช้ที่ดิน

นอกจากนี้ยังได้เปรียบเทียบการใช้ที่ดินในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน เนื่องจากการใช้ที่ดินในการปลูกวัตถุดิบประเภทพืช เช่น ถั่วเหลือง และ ข้าวสาลี โดยการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 จำนวน 1 ตัน จะใช้พื้นที่สำหรับปลูกถั่วเหลืองและข้าวสาลีรวมทั้งสิ้น 767 ตารางเมตร แบ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวสาลี 417 ตารางเมตร และพื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลือง 350 ตารางเมตร แต่ถ้าผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 จำนวน 1 ตัน จะใช้พื้นที่มากกว่า คือ 859 ตารางเมตร แบ่งเป็นพื้นที่สำหรับเพาะปลูกข้าวสาลี 409 ตารางเมตร และพื้นที่สำหรับเพาะปลูกถั่วเหลือง 450 ตารางเมตร

เมื่อพิจารณาถึงการใช้พื้นที่ดินทั้งหมดในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม จำนวน 1 ตัน พบว่าการเลี้ยงกุ้งโดยให้อาหารชนิดที่ 1 จะใช้พื้นที่มากกว่าการเลี้ยงกุ้งโดยให้อาหารชนิดที่ 2 โดยใช้พื้นที่รวมทั้งสิ้น 1,349 ตารางเมตร (แบ่งได้เป็นการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกถั่วเหลืองเป็น 616 ตารางเมตร และข้าวสาลี เป็น 733 ตารางเมตร) ส่วนการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ที่ใช้พื้นที่ลดลงเหลือเพียง 1,226 ตารางเมตร (แบ่งได้เป็นการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกถั่วเหลืองเป็น 642 ตารางเมตร และข้าวสาลี เป็น 584 ตารางเมตร) ถึงแม้ว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ที่มีสัดส่วนของการใช้กากถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ส่งผลกระทบด้านการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกถั่วเหลืองมากกว่า แต่กลับมีการใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกข้าวสาลิลดลง อีกทั้งการผลิตกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 1 ตัน โดยให้อาหารชนิดที่ 1 จะใช้อาหารกุ้งจำนวน 1,758 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าการเลี้ยงด้วยอาหารกุ้งชนิดที่ 2 ที่ใช้อาหารกุ้งเพียง 1,427 กิโลกรัม จึงทำให้ผลกระทบด้านการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกถั่วเหลืองและข้าวสาลีของการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 มากกว่า

6. เปรียบเทียบผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งกับการศึกษาในอาหารสัตว์น้ำชนิดอื่น

หลังจากที่ศึกษาการประเมินและวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากอาหารกุ้งทั้งสองชนิดแล้ว ขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบผลของงานวิจัยที่ศึกษาได้กับงานศึกษาอื่นที่ใกล้เคียงกัน จึงนำผลดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอาหารสัตว์น้ำชนิดอื่น คือ อาหารปลาเรนโบว์ เทราท์ (Papatriphon *et al.*, 2004) และอาหารปลาแซลมอน (Pelletier, 2006) (ดังตารางที่ 27) โดยมีหน่วยหน้าที่ (functional unit) เดียวกัน คือ ปริมาณอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์น้ำแต่ละชนิดให้ได้ผลผลิตจำนวน 1 ตัน และมีปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารอาหารกุ้ง อาหารปลาเทราท์และอาหารปลาแซลมอน (ดังตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารอาหารกุ้ง อาหารปลาเทราท์และ ปลาแซลมอน จำนวน 1,000 กิโลกรัม

วัตถุดิบ	หน่วย	อาหารกุ้ง	อาหารปลาเทราท์	อาหารปลาแซลมอน
ปลาป่น	กิโลกรัม	300	242	204
ผลิตภัณฑ์รวมจากปลาป่น	กิโลกรัม	-	-	111
กากถั่วเหลือง	กิโลกรัม	195	116	70
แป้งสาลี	กิโลกรัม	285	117	160
เรปซีด	กิโลกรัม	-	50	-
ข้าวโพดป่น	กิโลกรัม	-	125	110
เนื้อและกระดูกป่น	กิโลกรัม	20	-	55
น้ำมันปลา	กิโลกรัม	-	170	68
คาโนล่า	กิโลกรัม	-	-	110
อื่นๆ	กิโลกรัม	200	180	112

จากผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากอาหารสัตว์น้ำทั้ง 3 ประเภท (ดังตารางที่ 27) พบว่าผลกระทบในเรื่อง GWP, AP และ NPP อาหารกุ้งที่ทำการศึกษาค่าจะส่งผลกระทบต่อมากกว่าอาหารปลาเทราท์และอาหารปลาแซลมอน เนื่องจากในการผลิตอาหารกุ้งมีการใช้วัตถุดิบปลาป่นในปริมาณที่สูง และวัตถุดิบที่ใช้มีการขนส่งมาจากต่างประเทศ เช่น กากถั่วเหลืองจากบราซิล ซึ่งขนส่งคราวละมากๆและมีระยะทางไกล รวมทั้งขนส่งแป้งสาลีประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณทั้งหมดที่ใช้ผลิตอาหารกุ้งจากประเทศจีน สำหรับผลกระทบด้าน EP มีผลกระทบมาจากอาหารปลาเทราท์เนื่องจากในขั้นตอนการปลูกข้าวสาลี เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารปลา มีการใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมากจึงปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นสาเหตุของก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ

ตารางที่ 27 ผลการเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาหารกุ้งกับอาหารปลาเทราท์ และอาหารปลาแซลมอน

กลุ่มผลกระทบ สิ่งแวดล้อม	หน่วย	อาหารกุ้ง	อาหาร ปลาเทราท์	อาหาร ปลาแซลมอน
GWP	kg CO ₂ eq.	2,698	1,347	1,625
AP	kg SO ₂ eq.	27	6.3	21
EP	kg PO ₄ ⁻³ eq.	10.5	42.5	6
NPP	kg C	43,373	26,138	33,410

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อม จากการใช้อาหารกุ้งทั้งสองชนิด เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ให้ได้ผลผลิต 1 ตัน โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ขอบเขตของการวิเคราะห์ครอบคลุมตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารกุ้ง กระบวนการผลิตอาหารกุ้ง การใช้อาหารกุ้งที่ฟาร์มกุ้ง ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน การผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 1 ตัน ที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยของบ่อกุ้งจำนวน 4 บ่อ ที่เลี้ยงด้วยอาหารชนิดเดียวกัน และฟาร์มทั้งหมดที่ทำการศึกษามีระบบการจัดการจัดการที่คล้ายคลึงกัน และไม่แตกต่างจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งในพื้นที่จังหวัดอื่น อาจแตกต่างกันเพียงความหนาแน่นในการปล่อย โดยมีอาหารกุ้งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในขณะที่เดียวกันควรพิจารณาเพิ่มในประเด็นด้านการจัดการกิจกรรมต่างๆ และเป้าหมายในการผลิตของฟาร์ม เช่น อัตราความหนาแน่นในการปล่อยกุ้งลงเลี้ยง การเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยง การจัดการด้านการให้อาหาร และอัตราการตายของกุ้ง เนื่องจากเป็นปัจจัยร่วมที่ทำให้เกิดผลกระทบได้ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 (ที่มีปลาป่น : กากถั่วเหลือง = 34 : 17) ต้องใช้อาหารจำนวน 1,758 กิโลกรัม ในขณะที่ใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 (ที่มีปลาป่น : กากถั่วเหลือง = 25 : 22) ใช้อาหารเพียง 1,427 กิโลกรัม จึงทำให้การให้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 มีการใช้พลังงานจากถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันมากกว่าการให้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ซึ่งส่งผลกระทบต่อในด้านการปล่อยสารมลพิษลงสู่อากาศ ได้แก่ มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ ในปริมาณที่สูงกว่าเช่นกัน สำหรับการให้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ส่งผลกระทบมากกว่าในเรื่องของมลพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และปริมาณสารอินทรีย์

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงสิ่งแวดล้อม พบว่าการให้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด การลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิ และการใช้ที่ดินสูงกว่าอาหารกุ้งชนิดที่ 2 โดยมีขนาดของผลกระทบเป็น 3,580 kg CO₂ eq., 31.5 kg SO₂ eq., 53,900 kg C และ 1,349 m²year ตามลำดับ ในขณะที่อาหารกุ้งชนิดที่ 2 มีขนาดของผลกระทบลดลงเป็น 2,840 kg CO₂ eq., 29.4 kg SO₂ eq., 33,000 kg C และ 1,226 m²year ตามลำดับ โดยอาหารกุ้งชนิดที่ 1 ส่งผลกระทบสูงกว่าในด้านภาวะโลกร้อน และภาวะความเป็นกรด อันเนื่องจากการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระหว่างขนส่งกากถั่วเหลือง ผลกระทบด้านการลดลงของผลผลิตขั้นปฐมภูมิจากการใช้ปลาป่นในสัดส่วนที่สูงกว่า เนื่องจากปลาป่นที่ได้ผลิตจากปลาเป็ดที่มีการใช้คาร์บอนจากบรรยากาศสูง และใช้ที่ดินมากกว่าเนื่องจากใช้ที่ดินในขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวสาลีสำหรับที่ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกถั่วเหลืองในอาหารกุ้งชนิดที่ 2 จะใช้มากกว่า กรณีของการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ และการใช้พลังงานสูงกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 เนื่องจากมีการใช้กากถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้นเพื่อทดแทนการใช้ปลาป่นที่ลดลง ซึ่งกุ้งมีความสามารถในการย่อยกากถั่วเหลืองได้ต่ำ จึงเกิดเป็นธาตุอาหารสะสมอยู่ในน้ำ โดยมีขนาดของผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำเป็น $75 \text{ kg PO}_4^{-3} \text{ eq.}$ แต่ถ้าใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 จะมีขนาดของผลกระทบลดลงเป็น $55.9 \text{ kg PO}_4^{-3} \text{ eq.}$ และเมื่อประเมินผลกระทบด้านการใช้พลังงานด้วยวิธี Cumulative Energy Demand พบว่าการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมโดยใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 2 ใช้พลังงานสูงกว่าการใช้อาหารกุ้งชนิดที่ 1 โดยมีขนาดของผลกระทบเป็น 54,600 MJ-eq และ 53,900 MJ-eq ตามลำดับ โดยเฉพาะการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตอาหารกุ้ง ที่มีการผลิตและขนส่งวัตถุดิบกากถั่วเหลืองและแป้งสาลีบางส่วนมาจากต่างประเทศ รวมถึงการใช้น้ำมันในการลากอวนจับปลาเป็ดจากทะเลเพื่อนำมาผลิตปลาป่น

ผลจากการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม ที่นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงการผลิตอาหารกุ้งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรเลือกใช้วัตถุดิบกากถั่วเหลืองและแป้งสาลีที่ผลิตได้ในประเทศ โดยจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการขนส่งวัตถุดิบดังกล่าวจากต่างประเทศ ซึ่งการใช้กากถั่วเหลืองและแป้งสาลีที่ผลิตได้ในประเทศในการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 1 จะสามารถลดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนได้ 17 เปอร์เซ็นต์และลดผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดได้ 53 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการผลิตอาหารกุ้งชนิดที่ 2 จะสามารถลดผลกระทบด้านภาวะโลกร้อนได้ 23 เปอร์เซ็นต์และลดผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดได้ถึง 58 เปอร์เซ็นต์ และเลือกใช้วัตถุดิบแหล่งโปรตีนคุณภาพสูง ที่กุ้งสามารถย่อยและดูดซึมแล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเลือกใช้วัตถุดิบในการผลิตอาหารกุ้งที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ หรือผลิตอาหารกุ้งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

การผลิตอาหารกุ้งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารกุ้ง กระบวนการผลิตอาหารกุ้ง การใช้อาหารกุ้งที่ฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน โดยการเก็บรักษาคุณภาพปลาเปิดให้มีความสดก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตจะช่วยให้ปลาป่นที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้น รวมถึงการให้อาหารกุ้งที่ฟาร์มเลี้ยง ควรมีการจัดการด้านการให้อาหารที่ดี เช่น การเช็คอหรือสู่มประเมินปริมาณกุ้งในบ่ออย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้อาหารในปริมาณเพียงพอต่อจำนวนกุ้งที่มีอยู่ ซึ่งจะสามารถช่วยลดปริมาณการเกิดเศษอาหารเหลือจากการที่กุ้งกินอาหารไม่หมด อีกทั้งยังส่งผลดีต่อคุณภาพน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และควรทำการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งให้ได้มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด ก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมด้วย ซึ่งผลจากการศึกษาการประเมินผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งโดยตลอดวัฏจักรชีวิตในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การผลิตอาหารกุ้งที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อความยั่งยืนของอุตสาหกรรมกุ้งไทยต่อไป

แนวทางการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต ควรเลือกใช้วัตถุดิบกากถั่วเหลืองและแป้งสาลีที่ผลิตได้ในประเทศ เพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาดังกล่าว นอกจากนี้ควรทำการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการถึงประสิทธิภาพการย่อยอาหารของกุ้งขาวแวนนาไมไปพร้อมกับการศึกษาการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาหารกุ้งควบคู่กัน เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการย่อยอาหารในกุ้งขาวแวนนาไม และเปรียบเทียบฟาร์มที่มีระบบการผลิตที่ใกล้เคียงกันเช่น เป็นฟาร์มที่เลี้ยงด้วยระบบเดียวกัน ปล่อยกุ้งลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นที่เท่ากัน มีการจัดการด้านการให้อาหารหรือการเปลี่ยนถ่ายน้ำระหว่างการเลี้ยงในปริมาตรที่ใกล้เคียงกัน รวมถึงใช้คนเลี้ยงคนเดียวกัน และควรศึกษาในฟาร์มที่ใช้ไฟฟ้าหรือใช้น้ำมันเหมือนกัน เพื่อช่วยลดปัจจัยที่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอื่นนอกเหนือจากอาหารกุ้ง ทั้งนี้เนื่องจากในจังหวัดที่ผู้วิจัยศึกษาไม่สามารถหาฟาร์มเลี้ยงกุ้งดังกล่าวในพื้นที่ได้ และควรศึกษาถึงสมดุลมวลสารที่เข้าและออก (nutrient balance) จากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาดังกล่าว เพื่อให้ทราบถึงปริมาณและแหล่งที่มาของธาตุอาหารที่เข้าและออกจากบ่อ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ กรมประมง. 2550.

ปริมาณและมูลค่าการส่งออกกุ้งประเภทต่างๆ 2542-2549. แหล่งที่มา:

<http://www.fisheries.go.th/foreign/average42-46/exportshrimp.xls>, 26 กรกฎาคม 2550.

เกวณิน หนูฤทธิ์. 2551. **สถานการณ์การผลิตและการค้าปลาเปิด-ปลาป่น.** แหล่งที่มา:

http://fishco.fisheries.go.th/economic_division/magazine/Y2007April_Augus/3.htm,

27 มีนาคม 2551.

คณิต ไชยคำ และ ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร. 2537. **แนวทางป้องกันเพื่อลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา.** สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

จูอะดี พงศ์มณีรัตน์, พิษญา ชัยนาค และ ทวี จินดาพยกุล. 2546. **ประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนจากวัตถุดิบบางชนิดในอาหารสำหรับกุ้งกุลาดำและกุ้งแชบ๊วย.** วารสารการประมง 56 (5). 403-412.

ชนินทร์ แสงรุ่งเรือง และ บริสุทธิ์ คำรักษ์. 2541. **ผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณภาพดินในบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน.** ศูนย์ศึกษาการพัฒนาประมงอ่าวคุ้งกระเบน.

ชะลอ ลิ้มสุวรรณ และ พรเลิศ จันทรรักษ์กุล. 2547. **อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ดุสิต ตันวิไลย, พุทธ ส่องแสงจินดา และ คณิต ไชยคำ. 2536. **ปริมาณมลสารทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา.** สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____, พุทธ ส่องแสงจินดา และ คณิต ไชยคำ. 2536. **การเปลี่ยนแปลงปริมาณและคุณภาพตะกอนดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา.** สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

_____, คณิต ไชยคำ, ขงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และ เขาว์ ศรีวิชัย. 2537. การตรวจและติดตามคุณภาพน้ำและดินจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดปัตตานี. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

บุญชัย เจียมปรีชา และ ชาตรี ชาราแสง. 2536. การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในบ่อขนาดเล็กที่จังหวัดสมุทรสงคราม; เอกสารวิชาการฉบับที่ 7/2536 ศูนย์พัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสมุทรสาคร, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ประจวบ หล้าอุบล. 2527. กุ้ง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2543. เสวนาวิชาการ เรื่อง 'กุ้ง'. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต. 2540. การทำลายป่าชายเลนกับระบบการเลี้ยงกุ้ง. วารสารการประมง 50 (2). อ้างถึง กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การทำลายพื้นที่ป่าชายเลนระหว่างปี พ.ศ. 2504-2536.

พรเลิศ จันทรรักษ์นูล, เจ เอฟ เทอร์น มอล และ ชะลอ ลิ้มสุวรรณ. 2537. คู่มือการเลี้ยงและป้องกันโรคกุ้งกุลาดำ. สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

ภรต บุญชู ณ อยุธยา. 2532. เครื่องบดและอัดอาหารกุ้งเม็ด. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มะลิ บุญรัตนผลิน, วุฒิพร พรหมขุนทอง และ กิจการ สุภมาตย์. 2531. การใช้กากถั่วเหลืองแทนที่ปลาป่นในอาหารกุ้งแซ่บวัยขนาดเล็ก. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 10 (1): 45-50.

ขงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และ คณิต ไชยคำ. 2537. ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง, กรุงเทพฯ.

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, แชนเบียร์ กิ่วลา, งามทิพย์ ภู่วโรดม, นฤชิต คำปิ่น และ พูนสุข ประเสริฐ
สรพร. 2550. การประยุกต์การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบมีส่วนร่วม
ร่วมภายในห่วงโซ่การผลิตกุ้งขาวแฉ่ง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ.

ลิลา เรืองเป็น. 2545. ปัญหาสารปฏิชีวนะกับการเลี้ยงกุ้ง. วารสารกรมประมง 55(3): 203-212.

ลิลา เรืองเป็น และ สมถวิล วัลลิสุต. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความหนาแน่นของกุ้งกับ
คุณภาพน้ำและผลผลิตในฟาร์มเลี้ยงกุ้งทะเลระบบพัฒนา. วารสารกรมประมง 59 (1): 33-
44.

วีรพงศ์ วุฒิพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. ภาควิชาวชิราศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง. 2550. ข้อมูลเบื้องต้นการประเมินจากใบกำกับกับการจำหน่ายสัตว์น้ำ.
สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล กรมประมง.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติและสำนักงาน
คณะกรรมการการพัฒนาศักยภาพเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2549. การประเมินวัฏจักรชีวิต
และการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2547. คู่มือการจัดการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. ภายใต้
โครงการการจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตปูนซีเมนต์และ
เหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม.

สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย. 2551. ตารางประมาณประชากรสัตว์ ปริมาณอาหารสัตว์ และการใช้
วัตถุดิบ ปี 2551. แหล่งที่มา: <http://www.feedusers.com/thai/cms/html/Others/207.html>
8 เมษายน 2551.

สำนักส่งเสริมสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2551. ผลผลิตปลาป่นและความต้องการใช้.
แหล่งที่มา: <http://www.dft.moc.go.th>, 27 มีนาคม 2551.

ศิริ ทุกขัวินาศ และ จำลอง อรุณเลิศอารีย์. 2536. ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากแหล่งเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน: แนวทางการประเมินศักยภาพการรองรับของแหล่งน้ำชายฝั่ง. ใน การสัมมนาาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 8, การจัดการทรัพยากรป่าชายเลนอย่างยั่งยืนระหว่างวันที่ 25-28 สิงหาคม 2536 เล่ม 1.

ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง. 2550. จำนวนฟาร์ม พื้นที่เลี้ยงและปริมาณผลผลิตกุ้งจากการเพาะเลี้ยง ปี 2538-2549. แหล่งที่มา:
http://fishco.fisheries.go.th/fishery3/magazine/Y2007Jan_mar/1.htm, 26 กรกฎาคม 2550.

_____. 2551. สถิติการประมง. แหล่งที่มา: <http://www.fisheries.go.th/it-stat/>,
25 มกราคม 2551.

อมรรัตน์ เสริมวัฒนากุล. 2548. การผลิตอาหารสัตว์น้ำเพื่อจำหน่าย. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Amaya, E.A., D.A. Davis and D.B. Rouse. 2007. Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under pond conditions, **Aquaculture**. 262: 393-401.

_____, D.A. Davis and D.B. Rouse. 2007. Alternative diet for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**. 262: 419-425.

Boonyaratpalin, M. 2001. Substitution of Soy Protein Concentrate for Fishmeal in Diet of Tiger Shrimp *Penaeus monodon*. **Aquaculture Research**. 32: 369-374.

Boyd, C.E. 2003. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture**. 226: 101-112.

_____, C. Tucker, A. Mcnevin, K. Bostick and J. Clay. 2008. Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean. **Reviews in Fisheries Science**. 15 (4): 327-360.

Cederberg, C and F, Anna. 2004. **Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden**. The Swenden Institute for Food and Biotechnology. 63 p.

Davis, D.A. 2000 . Replacemnet of Fish Meal in Practical Diets for the Pacific White shrimp. **International AquaFeed**. 3: 35-37.

_____and C.R. Arnold. 2000 . Replacemnet of Fish Meal in Practical Diets for the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* . **Aquaculture**. 185: 291-298.

Deutsch, L, S. Graslund, C. Folke, M. Troell, M. Huitric, N. Kautsky and L. Louis. 2006. Feeding aquaculture growth through globalization: exploitation of marine ecosystems for fishmeal. **Global Environmental Change**. 17. 238-249.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1980. **Fish Feed Technology**. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

Funge-Smith, S.J. and M.R.P. Briggs. 1998. Nutrients in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. **Aquaculture**. 164: 117-133.

Goedkoop, M., M. Demmers and M. Collignon. 1996. **The Eco-indicator 95**. Pre' consultant & Duijf Consultancy BV.

Golterman, H.L. 1966. Influence of the soil on the chemical of water in relation to productivity, pp. 1-15. *In Proceedings of the World Symposium on Warm-water Pond fish Culture*, FAO, United Nation Fish. Rep., Amsterdam

ISO 14040. 2006. Environmental management –Life Cycle Assessment- Principles and framework. The European Standard EN ISO 14040: 2006 has the status of a British Standard.

Jackson, C, N. Preston, P.J. Thompson and M. Burford. 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. **Aquaculture**. 218: 397-411.

- Khemakorn, P, A. kongprom, W. Dechboon and M. Supornpan. 2005. Trash Fish: The links between capture fisheries and aquaculture in Thailand. **Paper presented at the Regional workshop on low value and Trash Fish in the Asia-pacific region.** 54 p.
- Liamsanguan and S. H. Gheewala. 2006. Environmental assessment of energy production from municipal solid waste incineration. *Int J LCA*.
- Lim, C. and W. Dominy. 1990. Evaluation of Soybean Meal as a Replacement for Marine Animal Protein in Diets for Shrimp (*Penaeus vanamei*). **Aquaculture**. 87: 53-63.
- Mungkung R. 2005. **Shrimp Aquaculture in Thailand: Application of Life Cycle Assessment to support sustainable development.** Ph.D Dissertation. Centre for Environmental Strategy (CES), School of Engineering, University of Surrey, UK. 360 p.
- Mungkung, R, H. Udo de Haes and R. Clift. 2006. Potentials and Limitations of Life Cycle Assessment in Setting Ecolabelling Criteria: A case study of Thai shrimp aquaculture product. **International Journal of Life Cycle Assessment**. 11(1): 55-59.
- Muthuwan, V and C. Kwei. 1996. **Nutrient Budget and Water Quality in Intensive Marine Shrimp Culture Ponds.** Institute of Marine Science Burapha University. 28 p.
- Nilsson, P and F. Ziegler. 2006. Spatial distribution of fishing effort in relation to seafloor habitat in the Kattegat, a GIS analysis. Available online: **Published online in Wiley InterScience**. 1-20.
- Paratryphon, E, J. Petit, S.J. Kaushik and H.M.G. Van Der Werf. 2002. An evaluation of the Environmental impacts of aquaculture feeds using Life Cycle Assessment (LCA). A paper presented at the international conference, Seafarming Today and Tomorrow, Aquaculture Europe 2002, Trieste, Italy, October 16-19, European Aquaculture Society, Special Publication NO. 32 August, 415-416.

- _____, J. Petit, S.J. Kaushik and H.M.G. Van Der Werf. 2004. Environmental Impact Assessment of Salmonid Feeds Using Life Cycle Assessment (LCA). **Ambio**. 33: 316-323.
- Pelletier, N.L. 2006. **Life Cycle Measures of biophysical sustainability in feed production for conventional and organic salmon aquaculture in the Northeast Pacific**. Master Thesis, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia. 143 p.
- Samocha, T.M., D.A. Davis, I.P. Saoud and K.D. Bault. 2004. Substitution of Fish meal by Co-extruded Soybean Poultry by-product Meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**. 231: 197-203.
- Shiau, S.Y.. 1998. Nutrient requirements of penaeid shrimps. **Aquaculture**. 164: 77-93.
- Srituhla, P. 2001. **Environmental Life Cycle Assessment of Shrimp Production in Thailand: A case study in Ranong province**. Master Thesis, School of Environmental, Resources and Development, Asian Institute of Technology.
- Tacon, A.G.J., M.R. Hasan and R.P. Subasinghe. 2006. **Use of fishery resources as feed inputs to Aquaculture Development: trends and policy implications**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 114 p.
- Taparhudee, W. 2003. Nutrient budget and feasibility of closed cycle Shrimp Farm Systems. **Kasetsart University Fisheries Research Bulletin**. 26: 1-22.
- Tookwinas, S. 1996. **Environmental impact assessment for intensive marine shrimp farming in Thailand**. Coastal Aquaculture Division, Department of Fisheries, Chatuchak, Thai Fisheries. Gazette 49 (2): 119-133.

USDA. 2004. Nutrient Database for Standard Reference Release 14. Available from <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR14/download/sr14dnld.html>. Available online August 2004.

Yi, Y., D.P. Thakur, S. Boromthanarat and V. Tansakul. 2004. Harvest draining associated mass discharged to the surrounding water bodies: A case study for shrimp farms in Chachaengsao province of Thailand. The 5th National Symposium on **Marine Shrimp**. 345-353.

ภาคผนวก ก.

ใบเก็บข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในโรงงานอาหารกุ้ง

บริษัท
 ที่ตั้ง
 โทรศัพท์ โทรสาร
 จำนวนพนักงานทั้งหมด คน เวลาทำงาน ชม./วัน ทำงาน กะ/วัน
 กระละ ชม./วัน การทำงานของเครื่องจักร ชม/วัน กำลังการผลิต ตัน / วัน

ตารางที่ ก1 ข้อมูลโดยภาพรวมของโรงงานผลิตอาหารกุ้ง

รายการ	มี	ไม่มี	หมายเหตุ
แผนที่แสดงที่ตั้งโรงงาน			
แผนผังกระบวนการผลิต			
บันทึกการปล่อยมลพิษทางอากาศ			
บันทึกการปล่อยมลพิษทางน้ำ			
บันทึกการทิ้งของเสีย			
ตารางเวลาการผลิต			
ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมภายในโรงงาน			
กฎหมายสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง			
ข้อมูลระบบความปลอดภัยในโรงงาน			
ข้อมูลเครื่องจักร			
อื่นๆ			

หมายเหตุ สอบถามข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ภายในโรงงาน

วันที่ เดือน ปี

ตารางที่ ก2 แสดงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน

1. แหล่งที่มาของวัตถุดิบ

ชนิดวัตถุดิบ	แหล่งที่มา	การขนส่ง			หมายเหตุ
		ยานพาหนะ	ระยะทาง	ปริมาณที่ขนส่งต่อครั้ง	
1. Food additives					
2. Fishmeal					
3. Shrimp heads					
4. Squid level powder					
5. Squid meal					
6. Soybean					
7. Wheat flour					
8. Lecithin oil					
9. Fish oil					
10. By-product					
11. Packaging					
12. Other					

วันที่ เดือน ปี

ตารางที่ ก3 แสดงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของการผลิตอาหารกึ่ง 1 ตัน (กระบวนการผลิต)

2. เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการผลิต	รายการ	แหล่งพลังงาน	กำลังเครื่องจักร (กิโลวัตต์)	เวลาเดินเครื่องจักร (ชั่วโมง)	พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
การผสมวัตถุดิบ 1					
การชั่งวัตถุดิบ					
การบด					
การผสมวัตถุดิบ 2					
การอัดเม็ด					
การทำให้สุก					
การทำให้แห้ง					
การทำให้เย็น					
การคัดขนาด					
การบีบเม็ด					
การบรรจุ					

วันที่ เดือน ปี

ตารางที่ ก4 แสดงข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตอาหารกุ้ง 1 ตัน

ขั้นตอนการผลิต	รายการ	หน่วย	ปริมาณที่เกิดต่อการผลิต อาหารกุ้ง 1 ตัน	การจัดการของเสีย	หมายเหตุ
การผสมวัตถุดิบ 1					
การชั่งวัตถุดิบ					
การบด					
การผสมวัตถุดิบ 2					
การอัดเม็ด					
การทำให้สุก					
การทำให้แห้ง					
การทำให้เย็น					
การคัดขนาด					
การบีบเม็ด					
การบรรจุ					

วันที่ เดือน ปี

ตารางที่ ก5 ปริมาณการใช้น้ำมันเตา น้ำมันโซล่า ไฟฟ้า และน้ำทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละเดือน

เดือน	ยอดในการผลิต (kg)	น้ำมันเตา		น้ำมันโซล่า		ไฟฟ้า		ปริมาณน้ำ ทั้งหมดที่ใช้ในแต่ละเดือน (ลบ.ม.)
		(ลิตร)	(บาท)	(ลิตร)	(บาท)	(kWh)	(บาท)	
ม.ค.								
ก.พ.								
มี.ค.								
เม.ย.								
พ.ค.								
มิ.ย.								
ก.ค.								
ส.ค.								
ก.ย.								
ต.ค.								
พ.ย.								
ธ.ค.								
รวม								
เฉลี่ย								
ค่าเฉลี่ย / ตัน								

วันที่ เดือน ปี

ตารางที่ ๓๖ ปริมาณการใช้น้ำในโรงงาน

เดือน	น้ำประปา		น้ำบาดาล		น้ำเข้าโรงอบ		บาท/ตัน
	(ลบ.ม.)	(บาท)	(ลบ.ม.)	(บาท)	(ลบ.ม.)	(บาท)	
ม.ค.							
ก.พ.							
มี.ค.							
เม.ย.							
พ.ค.							
มิ.ย.							
ก.ค.							
ส.ค.							
ก.ย.							
ต.ค.							
พ.ย.							
ธ.ค.							
รวม							

วันที่.....เดือน.....ปี.....

ตารางที่ ก7 ขอรวมการผลิตอาหารกุ้งทั้งหมดแยกตามแบรนด์และเบอร์
(ชื่อทางการค้า).....

เดือน	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ 5	รวม (kg)
ม.ค.						
ก.พ.						
มี.ค.						
เม.ย.						
พ.ค.						
มิ.ย.						
ก.ค.						
ส.ค.						
ก.ย.						
ต.ค.						
พ.ย.						
ธ.ค.						
รวม						

วันที่ เดือน ปี

ตารางที่ ก8 ข้อมูลการขนส่งอาหารกุ้งไปยังฟาร์มเลี้ยง

รูปแบบการขนส่ง	ชนิดยานพาหนะ	ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (l)	ระยะทางที่ขนส่ง (k.m)	ปริมาณสินค้าที่ขนส่ง (kg)	ที่หมาย

* หมายเหตุ.....

ภาคผนวก ข.

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ A.O.A.C (2000)

อุปกรณ์

1. ขวดชั่ง, crucible (crucible), จานกระเบื้องเคลือบ (porcelain dish) จานโลหะหรือกระป๋องสำหรับหาความชื้น (moisture can)
2. ตู้อบ (drying oven)
3. โถดูดความชื้น (dessicator)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. คีมจับของร้อน

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. บดตัวอย่างให้ละเอียด
2. ชั่งน้ำหนักขวด โดยนำขวดที่สะอาดเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (อบและชั่งน้ำหนักฝาพร้อมขวด) ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ระวังน้ำหนักและทำซ้ำจนได้น้ำหนักขวดคงที่
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่บดละเอียด 2-5 กรัม (w) ใส่ในขวดชั่งที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. นำขวดชั่งอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
5. นำขวดชั่งออกจากตู้อบ แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักขวดชั่งพร้อมตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\% \text{ วัตถุแห้ง} = \frac{B - A}{W} \times 100$$

$$A = \text{น้ำหนักขวดชั่ง}$$

$$B = \text{น้ำหนักขวดชั่งพร้อมตัวอย่าง}$$

$$W = \text{น้ำหนักตัวอย่าง}$$

$$\% \text{ ความชื้น} = 100 - \% \text{ น้ำหนักแห้ง}$$

หมายเหตุ ตัวอย่างที่อบแห้งแล้วนำไปวิเคราะห์หาเถ้า (ash) ต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีของ A.O.A.C (2000)

อุปกรณ์

1. ถ้วยกระเบื้อง (silica or porcelain crucible)
2. เตาเผา (muffle furnace)
3. โถดูดความชื้น (desiccator)
4. ตู้ดูดควัน (fume hood)
5. เครื่องชั่ง (balance)
6. แผ่นให้ความร้อน (hot plate)

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. เตาถ้วยกระเบื้องที่สะอาดและแห้งในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง ทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่
2. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม (W) ใส่ในถ้วยวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า
3. ถ้าต้องการได้เถ้าที่เผาแล้วไม่ฟุ้งกระจาย ให้วางถ้วยบนแผ่นให้ความร้อนภายในตู้ดูดควัน ตั้งทิ้งไว้ 45 นาที จนตัวอย่างหมดควันและเกาะกันเป็นก้อน
4. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวสม่ำเสมอ นำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องที่มีเถ้าอยู่ (B)
5. กรณีที่เถ้าไม่เป็นสีขาวสม่ำเสมอให้ทำซ้ำจนกระทั่งได้สีขาวสม่ำเสมอ

การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้าทั้งหมดในตัวอย่าง} = \frac{B - A}{W} \times 100$$

A = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องก่อนใส่ตัวอย่าง

B = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องและเถ้าที่ได้จากการเผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง

3. การวิเคราะห์ไขมันแบบ Ether Extraction Method ตามวิธีของ A.O.A.C (2000)

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบ Soxhlet (BUCHI 810)
ซึ่งประกอบด้วย Condensor unit, Soxhlet tube, Extraction beaker
2. extraction thimble
3. petroleum ether
4. คู่มือ
5. โถดูดความชื้น
6. เครื่องชั่ง

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. อบ extraction beaker ในตู้อบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 1-2 ชั่วโมง
2. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์และอบช้ำจนได้น้ำหนักคงที่ (A)
3. ชั่งตัวอย่างแห้งที่บดให้ละเอียดประมาณ 2-3 กรัม (W)
4. ใส่ตัวอย่างใน thimbles และเติม petroleum ether 125 ml ลงใน extraction beaker
5. วางบีกเกอร์ในเครื่องวิเคราะห์ไขมันทิ้งไว้ประมาณ 1.5 ชั่วโมง ที่อัตราการหยดของอีเธอร์ 5-6 หยดต่อนาที หรือจนอีเธอร์ในหลอดสกัดไขมันใส เปิดวาล์วให้อีเธอร์ลงถึงเก็บ สกัดต่อจนอีเธอร์ในบีกเกอร์เกือบหมด ควรระวังอย่าให้ไขมันไหม้ แล้วจึงปิดเครื่อง
6. นำบีกเกอร์ที่มีไขมันไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักคงที่ของบีกเกอร์รวมกับไขมัน

การคำนวณ

$$\% \text{ ไขมัน (crude lipids) } = \frac{B - A}{W} \times 100$$

W = น้ำหนักอาหาร (กรัม)

A = น้ำหนัก extraction beaker

B = น้ำหนัก extraction beaker และไขมันที่สกัดได้

4. การวิเคราะห์โปรตีน

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อย
2. เครื่องกลั่น
3. เครื่องกำจัดควันพิย

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. การย่อย
 - 1.1 ชั่ง glycine ที่เตรียมไว้ 0.5 กรัม ใส่ในหลอดแก้วสำหรับย่อย
 - 1.2 เติม catalysts จ diy,
 - 1.3 เติม H_2SO_4 98% 15 กรัม
 - 1.4 ระยะเวลาในการย่อย 30-45 นาที
2. การกลั่น
 - 2.1 เตรียม Boric acid 4% จำนวน 100 ml ในขวดรูปชมพู่ หยด mix indicator 2-3 หยด ใช้เป็นสารจับแอมโมเนีย
 - 2.2 เติมน้ำกลั่น 50 ml และเติม NaOH 40% 90 ml ในหลอดย่อย
 - 2.3 กลั่นเป็นเวลา 3 นาที
3. การไตเตรท

ไตเตรทสารละลายที่กลั่นได้กับ 0.1 N H_2SO_4 สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูอมส้ม

การคำนวณ

$$\% \text{ไนโตรเจน} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times F \times 1.4}{W}$$

N = ความเข้มข้นสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ (0.1 N)

F = factor ของกรด (ได้จากการ standardization กับ Tris-buffer)

V_1 = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท Blank

V_2 = ปริมาตรกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

% โปรตีน = % ไนโตรเจน $\times$ EF

หมายเหตุ ค่า Empirical factor (EF) โดยทั่วไปสำหรับอาหารสัตว์ = 6.25

5. การวิเคราะห์เยื่อใยแบบ Classical Fiber Method ตามวิธีของ A.O.A.C (2000)

อุปกรณ์

1. Hot Extraction Unit 1020
2. Cold Extraction Unit 1021
3. Cyclotec sample mill
4. Drying Oven (100°C)
5. Muffle Furnace (500°C)
6. เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 4 ตำแหน่ง

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง (W) น้ำหนัก 0.5-1 กรัม ใส่ใน crucible ที่วางอยู่บน crucible stand
2. นำ crucibles ที่มีสารตัวอย่างเข้าเครื่อง Hot Extraction Unit โดยใช้ crucible holder นำคั่นโยกยก
ลงปิด reflector หน้า crucible แล้วเลื่อนคั่นโยกด้านหน้า column มาที่ตำแหน่ง closed
3. เปิดก๊อกน้ำเย็นสำหรับ reflux system ให้มีอัตราการไหลของน้ำประมาณ 1-2 ลิตรต่อนาที แล้ว
จึงเปิดสวิทช์เครื่อง
4. ย่อยด้วย hot extraction unit
 - 4.1 เติมกรดซัลฟูริก 0.128 M ลงใน column ทางด้านบนประมาณ 150 ml โดยใช้กรวย
กรอง
 - 4.2 หมุนปุ่มควบคุมความร้อนจนสุด (เบอร์ 6)
 - 4.3 เมื่อ reagent เริ่มเดือด ให้ลดอุณหภูมิลงเหลือเบอร์ 5 สักเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
 - 4.4 เมื่อครบกำหนดเวลาที่สกัดด้วยกรดแล้ว ให้หมุนปุ่มความร้อนไปตำแหน่งปิด
5. เปิดปั้มน้ำและเลื่อนคั่นโยกมาที่ตำแหน่ง vacuum หลังจากกรองเสร็จเลื่อนคั่นโยกมาที่ตำแหน่ง
ปิด ถ้ากรองไม่ออกให้ใช้ความดันโดยเลื่อนคั่นโยกไปที่ pressure ระวังสารพุ่งขึ้นด้านบน column
6. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง

7. เลื่อนคันโยกด้านหน้า column มาที่ตำแหน่ง closed แล้วเติม KOH 0.223 M ลงใน column ทางด้านบนประมาณ 150 ml โดยใช้กรวยกรอง ทำการสกัดซ้ำ โดยต้มตัวอย่างจนเดือด แล้วจับเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
8. เมื่อครบกำหนดเวลาที่สกัดด้วยเบสแล้ว ให้หมุนปุ่มความร้อนไปตำแหน่งปิด
9. กรองสารจนแห้งแล้วล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 ml กรองจนแห้ง
10. นำ crucibles ออกจาก hot extraction unit ไปอบที่ 70°C เป็นเวลา 1 คืน ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก (A)
11. เผาตัวอย่าง crucibles ที่อุณหภูมิ 550°C 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเตาเผาแล้ว จนอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 100 °C นำ crucibles ใส่ desiccator ทิ้งให้มีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิหลังชั่งน้ำหนัก (B)

การคำนวณ

$$\% \text{ crude fiber} = \frac{(A - B)}{W} \times 100$$

W

W = น้ำหนักตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้ว (กรัม)

A = น้ำหนัก crucibles พร้อมตัวอย่างก่อนเข้า muffle furnace

B = น้ำหนัก crucibles พร้อมตัวอย่างหลังจากออกจาก muffle furnace และเย็นแล้ว

ประวัติการศึกษา

ชื่อ –นามสกุล	น.ส.วรรณนิภา สุขสถิตย์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 มิ.ย. 2525
สถานที่เกิด	สมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	วท.บ.วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-
ประสบการณ์การทำงาน	- ตำแหน่ง Technical lab ของหน่วยธุรกิจโครงการ เทคโนโลยีชีวภาพกุ้ง (Shrimp Biotechnology Buissiness Unit; SBBU) - ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการ “การประยุกต์การประเมินวัฏจักร ชีวิตเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบมีส่วนร่วมภายในห่วง โซ่การผลิตกุ้งขาวแฉ่ง” โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยแห่งชาติ.