รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนาสูตรอาหารปลานิลโดยใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต

Development of Nile tilapia (*Oreochromisniloticus*) feed formula using fermented pig manure substitute protein source for reduce production cost

โครงการย่อยภายใต้โครงการชุด : การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

โดย

ทองเลียน บัวจูม

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2555

รหัสโครงการวิจัย มจ.1-54-030.1

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาสูตรอาหารปลานิลโดยใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต

Development of Nile tilapia (*Oreochromisniloticus*) feed formula using fermented pig manure substitute protein source for reduce production cost

โครงการย่อยภายใต้โครงการชุด : การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2554

จำนวน 170,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสาวทองเลียน บัวจูม

ผู้ร่วมโครงการ นายบัญชา ทองมี

นายนิวุฒิ หวังชัย

นางสาวสุดาพร ตงศิริ

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

21/ กันยายน/2555

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาสูตรอาหารปลานิลโดยใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต (Development of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feed formula using fermented pig manure substitute protein source for reduce production cost) ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2554 ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์

ดร. ทองเลียน บัวจูม

ดร. บัญชา ทองมี

รศ. ดร. นิวุฒิ หวังชัย

ดร. สุดาพร ตงศิริ

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	38
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	43
สรุปผลการวิจัย	57
เอกสารอ้างอิง	58
ภาคผนวก	64

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)ของสิ่งขับถ่ายของสุกร ปริมาณ 2,050 – 2,350 กิโลกรัม/ตัว/ปี	26
ตารางที่ 2	ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมูลหมักที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศแล้ว	28
ตารางที่ 3	ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร	28
ตารางที่ 4	วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์	40
ตารางที่ 5	แผนการดำเนินงานตลอดระยะเวลาการวิจัย	42
ตารางที่ 6	ปริมาณโปรตีน ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองจากมูลหมักสุกรที่เก็บเป็นระยะเวลา 5 เดือน	44
ตารางที่ 7	สูตรอาหารผสมมูลสุกรหมักในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์	46
ตารางที่ 8	วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์	47
ตารางที่ 9	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควรจสอบคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลาตลอดการทดลอง	48
ตารางที่ 10	การเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมักในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์	50
ตารางที่ 11	ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบในบ่อเพาะเลี้ยงทุกเดือนตลอดระยะเวลาการทดลอง	52

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	สถิติราคาปลาป่นจังหวัดสงขลาตั้งแต่ปี พ.ศ.2549-พ.ศ.2554	14
ภาพที่ 2	เครื่อง Gas Chromatography /Mass Spectrum ที่ใช้ในการวิเคราะห์กลิ่นโคลน	41
ภาพที่ 3	วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร และ มูลสุกรหมักแห้งที่ใช้ในการทดลอง	45
ภาพที่ 4	ขั้นตอนการทำอาหารผสมมูลสุกรหมักแทนที่ในสูตรอาหารในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์	46
ภาพที่ 5	แพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบในบ่อเพาะเลี้ยงทุกเดือนตลอดระยะเวลาการทดลอง	53
ภาพที่ 6	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ Geosmin และ MIB	54
ภาพที่ 7	ความเข้มข้นของ Geosmin ในตัวอย่างปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารมูลสุกรหมักอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หลังสิ้นสุดการทดลอง	55
ภาพที่ 8	ความเข้มข้นของ MIB ในตัวอย่างปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารมูลสุกรหมักอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หลังสิ้นสุดการทดลอง	55
ภาพที่ 9	ความเข้มข้นของ Geosmin และ MIB ในปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดิน	56

การพัฒนาสูตรอาหารปลานิลโดยใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต

Development of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) feed formula using fermented pig manure substitute protein source for reduce production cost

ทองเลียน บัวจูม[1] บัญชา ทองมี[2] นิวุฒิ หวังชัย[2] สุดาพร ตงศิริ[2]

Tonglian Buwjoom[1] Buncha Tongmee[2] Niwooti Whangchai[2] Sudaporn Tongsiri[2]

[1]คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

[2]คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้มูลสุกรหมักทดแทนแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต ได้ตรวจสอบปริมาณโปรตีนในมูลสุกรหมักที่ผ่านระบบก๊าซชีวภาพเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 17.09 เปอร์เซ็นต์ และมีธาตุอาหารหลักและอาหารรองเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา สูตรอาหารในการทดลองใช้มูลสุกรหมักแทนที่แหล่งโปรดีนในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และกำหนดปริมาณโปรตีนเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิล โดยใช้ปลานิลขนาด 0.3 กรัม เลี้ยงในกระชังอัตราส่วน 50 ตัวต่อตารางเมตร ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน วัดการเจริญเติบโต ตรวจสอบคุณภาพน้ำ และ แพลงก์ตอนพืชทุกเดือน และวิเคราะห์กลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) ในเนื้อปลานิลหลังสิ้นสุดการทดลอง ผลการทดลองพบว่า คุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมง และ อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 การเจริญเติบโตของปลานิลพบว่า สูตรอาหารทุกสูตร มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมมูลสุกรหมัก 10 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงสุด ($p < 0.05$) โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงสุดมีค่าเท่ากับ 25.47±1.30 กรัม และ 0.21±0.01 กรัม/วัน ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์กลิ่นโคลนในเนื้อปลา

หลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณ geosmin ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.45-0.53 มิลลิกรัม/กก. และ MIB ตรวจพบในปริมาณ 0.08-0.14 มิลลิกรัม/กก. และจากการทดลองสรุปได้ว่าสามารถนำมูลสุกรหมักในอัตราส่วน 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนได้ แต่การทดแทนที่ 10 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการเจริญเติบโตของปลานิลดีที่สุด

คำสำคัญ ปลานิล มูลสุกรหมัก วัตถุดิบอาหาร การเจริญเติบโต กลิ่นโคลน

Abstract

The study using fermented pig manure as substitute protein source for reduces production cost. The fermented pig manure through biogas system was collected for a period of five months to analysis the percentage of protein; the average protein percentage was 17.9 percent. There were macronutrients and micronutrients were found that optimal for growth of fish. The ratios of diets were 0, 5, 10 and 15 percent of fermented pig manure and 25 percent of the protein in diet. The study used 0.3 g of Nile tilapia in cage, 50 fish per square meter and 120-day trial period. Growth, water quality and phytoplankton were checked every month. The off-flavor (geosmin and MIB) were analyzed by using fillet of Nile tilapia at the end of the experimental. The results of the experiment were shown that the water quality was suitable for fishery and the standard of surface water quality type 2. The results of this experiment were found that the survival rate were 100 percentage, the highest of weight increases and average daily gain in Nile tilapia fed with 10 percent of fermented pig manure ($p<0.05$) were 25.47 ± 1.30 g and 0.21 ± 0.01 g / day, respectively. The results of off-flavor in fillets of Nile tilapia at the end of the experiment were found that geosmin was detected in the range of 0.45 to 0.53 mg / kg. The MIB was detected in the range of 0.08 to 0.14 mg / kg. The conclusion of this experiment could be using 5, 10 and 15 percent of fermented pig manure in the diet but 10 percent of fermented pig manure in diet was the highest growth in this experiment

Key word: Nile tilapia Fermented pig manure feed growth off-flavor

คำนำ

การเลี้ยงสุกรในประเทศไทยมีผลผลิตหมูนเวียนปีละประมาณ 9.8 ล้านตัว แหล่งผลิตสุกรที่สำคัญได้แก่ ภาคกลางมีผลผลิตสูงสุดคือ 52.6 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ มีผลผลิต 18.9, 18.5 และ 9.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลผลิตเหล่านี้ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณ 98-99 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันคนไทยบริโภคเนื้อสุกรโดยเฉลี่ย 11-12 กิโลกรัม/คน/ปี (นิรนาม ก, 2546) เมื่อเปรียบเทียบการบริโภคเนื้อสัตว์ชนิดอื่นแล้วเนื้อสุกรได้รับความนิยมมากที่สุด จากการสำรวจของศูนย์สถิติการเกษตรและกรมปศุสัตว์ในปี 2536 พบว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของผู้เลี้ยงทั้งหมดทั่วประเทศเป็นผู้เลี้ยงรายย่อยโดยเลี้ยงรายละไม่เกิน 10 ตัว แต่จำนวนสุกรที่ผลิตจากผู้เลี้ยงรายย่อยมีสัดส่วนเพียงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ผลิตได้ทั้งประเทศ (สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2541)

เนื่องจากธาตุอาหารที่สุกรกินเข้าไปจะถูกย่อยสลายนำไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกาย ส่วนที่เหลือจะขับถ่ายออกมามากว่า 60 เปอร์เซ็นต์ (สัญชัย, 2543) ส่วนจรัญ (2544) รายงานว่า มูลและปัสสาวะสุกรทั่วประเทศมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 26 ล้านตัน/ปี กรมปศุสัตว์ (2533) รายงานว่าน้ำทิ้งจากการล้างคอกสุกรมีประมาณวันละ 30-40 ลิตร/ตัว/วัน หรือประมาณ 392 ล้านลิตร/วันในมูลสุกรประกอบด้วยแร่ธาตุที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (พันทิพา, 2535) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายวิธีการ คือ นำไปทำปุ๋ยใช้ในการปลูกพืช ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ แต่ต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคปะปนอยู่มากจนก่อให้เกิดอันตราย ไม่มีวัสดุอื่นเจือปนที่ทำให้คุณค่าทางอาหารต่ำลง จึงสามารถนำกลับมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีก นำไปใช้เลี้ยงปลา รูปแบบการนำมูลสุกรมาเป็นอาหารปลา ทำได้โดยการสร้างคอกเลี้ยงสุกรบนบ่อปลา เมื่อสุกรขับถ่ายออกมาจะหล่นลงไปในบ่อ หรือใช้วิธีตักมูลสุกรที่เลี้ยงแหล่งอื่นมาใส่ลงในบ่อปลา การนำมูลสุกรไปเพาะหนอนแมลงวัน เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนทดแทนแหล่งที่มีราคาสูงและการนำมูลสุกรไปผ่านกระบวนการหมักจะได้ก๊าซชีวภาพและกากเหลือจากการหมักมูลสุกรเป็นต้น

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปเป็นปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้ในการเพาะปลูกพืชได้ เนื่องจาก พบว่ายังมีส่วนประกอบของไนโตรเจนค่อนข้างสูง แต่อีกแนวทางหนึ่งซึ่งเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน คือ การนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปเป็นส่วนผสมในสูตรอาหารปลาในปัจจุบันมีเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากเนื่องจากความนิยมในการบริโภคปลาสูง จากการศึกษาพบว่าประชากรในเขตภาคเหนือมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำจืดต่อคนต่อปีสูงถึง 32 กิโลกรัม (Piumsombun, 2001) จากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความต้องการสัตว์น้ำประเภท

ปลาน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่สูงถึง 40,000 กิโลกรัมต่อวัน (เทพรัตน์ และคณะ, 2545) ปลาที่นิยมเลี้ยงและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก คือปลานิลเนื่องจากเป็นปลาที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี โดยในปี พ.ศ. 2547 พบว่า ประเทศไทยมีผลผลิตปลานิลทั้งหมด 160,241 ตัน มาจากผลผลิตจากการเลี้ยงในบ่อดินมากที่สุดเท่ากับ 131,181 ตัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดี ไม่ประสบกับปัญหาเรื่องโรคระบาด ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยปัจจุบันปลานิลสามารถจัดเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแล่เนื้อ โดยตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, 2547)

แต่ในการเลี้ยงปลาจะมีต้นทุนค่าอาหารสูง ต้นทุนค่าอาหารเป็นต้นทุนหลักในการเลี้ยงสัตว์น้ำ เวียง(2542) การเลี้ยงปลาสลิดต้องใช้ต้นทุนค่าอาหาร 64 เปอร์เซ็นต์ ปลาช่อน 77 เปอร์เซ็นต์และกุ้งกุลาดำ 85 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากลดต้นทุนค่าอาหารลงจะทำให้ได้กำไรจากการเลี้ยงปลามากขึ้น ซึ่งจะช่วยเสริมรายได้ร่วมกับปลาแก่ผู้เลี้ยงสุกรได้เป็นอย่างมาก รวมทั้งสามารถนำกากเหลือจากการหมักสุกรไปขายหรือเป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารปลาที่มีต้นทุนต่ำลงเนื่องจากของกากเหลือจากการหมักสุกรมีค่าไนโตรเจน 2.6 เปอร์เซ็นต์ (ค่าโปรตีนประมาณ 16.25 เปอร์เซ็นต์)ซึ่งมีค่ามากพอที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารปลาได้ อุทัย (2530) รายงานว่า การนำมูลสุกรระยะรุ่น-ขุน ตากแห้ง ซึ่งมีโปรตีนประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดละเอียดผสมกับอาหารเลี้ยงสุกรขุน 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรลดลงและการหมักมูลสุกรกับวัตถุอาหารชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ในสภาวะไร้อากาศเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน จะช่วยกำจัดเชื้อโรคและกลิ่นมูลสุกรลงได้ และสามารถใช้แทนอาหารเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์ได้ถึง 2 ใน 3 ส่วน โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการสืบพันธุ์ของแม่สุกรเสียไป(อุทัย, 2530; อภิพรรณและคณะ, 2541)

ปัจจุบันได้มีการตระหนักเรื่องอาหารปลอดภัย(Food safety) กันอย่างแพร่หลาย และการประกอบการเลี้ยงสัตว์น้ำตามหลักปฏิบัติที่ดี (Good Aquaculture Practice, GAP) การนำมูลสัตว์ที่ผ่านการหมักแล้วมาใช้ประโยชน์จะมีความปลอดภัยจากเชื้อโรคและไข่พยาธิ (อุทัย, 2530; อัมพรรณและคณะ, 2541) การไม่ปล่อยมูลสุกรลงไปในบ่อปลาโดยตรงทำให้ควบคุมสาหร่ายบางชนิดที่ทำให้เกิดกลิ่นโคลนในปลาและการไม่ปล่อยมูลสุกรทิ้งลงในแหล่งน้ำธรรมชาติธรรมดาจะเป็นการช่วยรักษาสภาพแวดล้อมไม่ให้เสื่อมโทรมได้

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาสูตรอาหารที่มีส่วนผสมกากเหลือจากการหมักมูลสุกร ไปเลี้ยงปลานิล เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมูลสุกร และสามารถนำสูตรอาหารที่เหมาะสมไปผลิตอาหารปลาที่มีคุณภาพแต่ต้นทุนต่ำในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของกากเหลือจากการหมักมูลสุกรเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารปลา
2. ศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลในกระชังควบคู่กับการเลี้ยงด้วยอาหารสำเร็จรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของมูลสุกรและลดต้นทุนการผลิตปลานิล
3. ศึกษาความสามารถในการย่อยอาหารของปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมกากเหลือจากการหมักมูลสุกรในระดับที่แตกต่างกัน
4. เพื่อพัฒนาเทคนิคการลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลที่เลี้ยงในกระชังโดยการจัดการด้านอาหาร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้ เรื่อง "การใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ"
2. องค์ความรู้ "การแก้ไขและการลดการปนเปื้อนของกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิลโดยวิธีการจัดการด้านอาหาร"
3. พัฒนารูปแบบการเลี้ยงสัตว์น้ำร่วมกับฟาร์มสุกรโดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำลง

การตรวจเอกสาร

ปลานิล

ตลาดความต้องการปลานิลในตลาดภายในและต่างประเทศที่ยังสูงอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีการวิจัยเกี่ยวกับปลานิลในด้านต่างๆ มากมาย แต่การเลี้ยงปลานิล ลูกผสมที่มีคุณภาพไม่คงที่ทำให้ลูกปลาโตช้า อีกทั้งไม่ได้ขนาดตามต้องการของตลาด ราคาอาหารสำเร็จรูปที่ทำให้ต้นทุนการผลิตที่สูงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศจีน ต้นทุนหลักในการเลี่ยงปลาและสัตว์น้ำอื่นๆมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ คือต้นทุนค่าอาหาร ในการเลี้ยงปลานิลในกระชังมีต้นทุนค่าอาหารเฉลี่ย 69.50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น หากสามารถลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ โดยที่ปลาที่เลี้ยงโตไว มีคุณภาพเนื้อที่ดี ไม่ปนเปื้อนสารเคมีและดิดเชื้อโรค ไม่มีกลิ่นสาบโคลน ก็จะทำให้ได้ผลผลิตสูงมีคุณภาพตามความต้องการและราคาที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้

ปลานิลเป็นปลาที่สามารถขยายพันธุ์ได้ง่าย เจริญเติบโตเร็ว ปรับตัวกับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากเป็นปลาที่มีราคาดี ไม่ประสบกับปัญหาเรื่องโรคระบาด ทำให้เป็นที่นิยมบริโภคและเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย โดยปัจจุบันปลานิลสามารถจัดเป็นสินค้าส่งออกไปสู่ต่างประเทศในลักษณะของปลาแล่เนื้อ โดยตลาดที่สำคัญๆ อาทิ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี เป็นต้น (กรมประมง, 2551)

การเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง

กระชังหรือคอกแบบผูกติดกับที่ สร้างโดยใช้ไม้ไผ่ทั้งลำปักลงในแหล่งน้ำ ควรมีไม้ไผ่ผูกเป็นแนวนอนหรือเสมอผิวน้ำที่ระดับประมาณ 1 – 2 เมตร เพื่อยึดลำไม้ไผ่ที่ปักลงในดินให้แน่น กระชังตอนบนและล่างควรร้อยเชือกคร่าวเพื่อใช้ยึดตัวกระชังให้ขึงตึงโดยเฉพาะตรงมุม 4 มุม ของกระชังทั้งด้านล่างและด้านบนการวางกระชังควรวางให้เป็นกลุ่มโดยเว้นระยะห่างกันให้น้ำไหลผ่านได้สะดวก อวนที่ใช้ทำกระชัง เป็นอวนไนลอนช่องตาแตกต่างกันตาม ขนาดของปลานิลที่เลี้ยง คือขนาดช่องตา 1/4 นิ้ว ขนาด1/2 นิ้ว และอวนตาที่ถี่สำหรับเพาะและเลี้ยงลูกปลาวัยอ่อน

อัตราส่วนของปลาที่เลี้ยงในกระชัง ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำดี สามารถปล่อยปลาได้หนาแน่นคือ 40 – 100 ตัว / ตรม. โดยให้อาหารสมทบที่เหมาะสม เช่น ปลายข้าว หรือ มันสำปะหลัง รำข้าว ปลาป่น และพืชผักต่างๆโดยมีอัตราส่วนของโปรตีนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ (กรมประมง, 2551)

ข้อดีของการเพาะเลี้ยงปลานิลในกระชัง

(ศูนย์การศึกษาพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2550)

1.สามารถเลี้ยงปลาหนาแน่นได้ในพื้นที่จำกัดโดยสามารถประยุกต์วิธีใช้ และหลักการเพาะเลี้ยงได้

2.การเก็บเกี่ยวผลผลิตทำได้ง่าย

3.ปลามีอัตราการกินอาหารที่ดี

4. ผลผลิตปลานิลมีกลิ่นสาบโคลนน้อย

บริเวณที่จะทำการเลี้ยงปลาในกระชังจะต้องมีคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นการเลี้ยงแบบพัฒนา (Intensive) เน้นการจัดการเลี้ยงโดยใช้อาหารเป็นหลัก คุณภาพน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญสำหรับการเลี้ยงปลาในกระชัง โดยปกติแหล่งน้ำที่จะนำมาเลี้ยงปลาในกระชังควรเป็นแหล่งน้ำที่มีความสมบูรณ์ ปริมาณธาตุอาหารต่ำ การเลี้ยงปลาในกระชังสามารถทำได้ทั้งในบ่อขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถถ่ายน้ำได้ หรืออ่างเก็บน้ำ แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง เป็นต้น หลักในการพิจารณาทำเลที่เหมาะสมคือ การถ่ายเทของกระแสน้ำ ความลึกของแหล่งน้ำ ห่างไกลจากสิ่งรบกวน

กระชังที่ใช้เลี้ยงปลานิลมีรูปทรงต่างๆ เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า และทรงกลม เป็นต้น รูปร่างของกระชังจะมีผลต่อการไหลผ่านของกระแสน้ำที่ถ่ายเทเข้าไปในกระชัง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณที่เท่ากัน กระชังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะมีพื้นที่ผิวที่ให้กระแสน้ำไหลผ่านได้มากกว่ากระชังรูปแบบอื่นๆ ขนาดกระชังที่ใช้เลี้ยงมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับความต้องการของเกษตรกร ขนาดพื้นที่ที่แขวนกระชัง ขนาดของกระชังที่นิยมสร้างคือ กระชังสี่เหลี่ยม ขนาด 1.2 x 1.2 x 2.5 หรือ 2 x 2 x 2.5 เมตร และกระชังสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 4 x 2 x 2.5 เมตร

ต้นทุนต่อปริมาตรจะลดลงเมื่อขนาดของกระชังใหญ่ขึ้น แต่ผลผลิตต่อปริมาตรจะลดลง เนื่องจากกระชังขนาดใหญ่กระแสน้ำจะไม่สามารถหมุนเวียนได้ทั่วถึง ความลึกของกระชังส่วนใหญ่จะมีความลึก 2.5 เมตร เมื่อลอยกระชังจะให้กระชังจมอยู่ในน้ำเพียง 2.2 เมตร โดยมีส่วนที่โผล่พ้นน้ำประมาณ 20-25 เซนติเมตร ความลึกของกระชังมีผลต่อการเติบโตของปลาเช่นกัน ปกติระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะสูงบริเวณผิวน้ำ ที่ระดับความลึกประมาณ 2 เมตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพียง 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณออกซิเจนที่ผิวน้ำเท่านั้น ดังนั้น การสร้างกระชังไม่ควรให้ลึกเกินไป เนื่องจากปลาจะหนีลงไปอยู่ในส่วนที่ลึกซึ่งมีปริมาณออกซิเจนต่ำ และจะส่งผลให้ปลากินอาหารน้อยมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ขนาดตาอวนที่ใช้ทำกระชังจะต้องเหมาะสมกับขนาดปลาที่เลี้ยง เพื่อป้องกันไม่ให้ปลาหนีลอดไปได้ อีกทั้งจะต้องให้กระแสน้ำไหลผ่านได้สะดวก และป้องกันไม่ให้ปลาขนาดเล็กภายนอกเข้ามา

รบกวนและแย่งอาหารปลาในกระชัง ขนาดตาอวนที่ใช้ไม่ควรมีขนาดเล็กกว่า 1.5 x 1.5 ซม. เพื่อไม่ให้ขัดขวางการหมุนเวียนของน้ำผ่านกระชัง กระชังควรมีฝาปิดซึ่งอาจทำจากเนื้ออวนชนิดเดียวกับที่ใช้กระชังหรือวัสดุที่เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้นกมากินปลาที่เลี้ยงหนีออกและปลาจากภายนอกกระโดดเข้ากระชัง รวมทั้งป้องกันไม่ให้นกมากินปลาที่เลี้ยง

อัตราการปล่อยปลาขึ้นอยู่กับขนาดปลาที่ตลาดต้องการ ถ้าต้องการปลาขนาดใหญ่ ควรปล่อยปลาลงเลี้ยงในอัตราความหนาแน่นต่ำ และ/หรือ ย่นระยะเวลาเลี้ยงให้นานขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากตลาดมีความต้องการปลาขนาดเล็ก ผู้เลี้ยงสามารถปล่อยปลาในอัตราสูง และ/หรือ ย่นระยะเวลาเลี้ยงให้สั้นลง โดยการปล่อยปลาลงเลี้ยงในอัตราไม่หนาแน่นนักและใช้ปลาที่มีขนาดใหญ่ อัตราการปล่อยปลาขึ้นอยู่กับขนาดของกระชัง โดยที่กระชังขนาดเล็กสามารถปล่อยได้ในอัตราค่อนข้างหนาแน่นในขณะที่กระชังขนาดใหญ่มากอัตราการปล่อยลงเลี้ยงอาจลดลง 6-8 เท่า เช่น กระชังขนาด 1-4 ลบ.ม. ปล่อยปลานิลแปลงเพศในอัตรา 300-400 ตัว/ลบ.ม. สามารถผลิตปลาให้ได้ขนาดปริมาณ 400-500 กรัม และหากปล่อยในอัตรา 200-250 ตัว/ลบ.ม. จะผลิตปลาได้ขนาดประมาณ 700 กรัม ในขณะที่กระชังขนาด 100 ลบ.ม. ปล่อยปลาในอัตรา 50 ตัว/ลบ.ม. จะสามารถผลิตปลาได้ขนาดเฉลี่ยเพียง 400-500 กรัม เท่านั้น สำหรับขนาดปลาหากเลี้ยงปลาขนาด 5-10 กรัม ให้ได้ขนาด 250-300 กรัม ต้องใช้เวลา 6-8 เดือน แต่หากต้องการปลาที่มีขนาดใหญ่ จำเป็นต้องปล่อยลูกปลาใหญ่ขึ้นหรือแบ่งการเลี้ยงออกเป็นช่วงการเลี้ยงปลาในกระชังเป็นรูปแบบการเลี้ยงปลาแบบพัฒนา (Intensive) หรือกึ่งพัฒนา (semi-intensive) คือเน้นการให้อาหารเพื่อเร่งผลผลิตและการเจริญเติบโต จึงควรจะใช้อาหารที่มีคุณค่าทางโปรตีนค่อนข้างสูง Yi และ Lin (2001) พบว่าอัตราการปล่อยปลานิลในกระชังขนาด 4 ลบ.ม. จำนวน 50 ตัว/ตร.ม. จะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

สถานการณ์ปลานิลโลก ปี 2553

สถานการณ์ปลานิลในภูมิภาคเอเชีย

ผลผลิตปลานิลของโลก 50 เปอร์เซ็นต์ มาจากกลุ่มประเทศเอเชีย ซึ่งถือว่าเป็นผู้ผลิตปลานิลรายใหญ่ของโลก ได้แก่ จีน อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย มาเลเซีย และบังคลาเทศ ซึ่งประเทศเหล่านี้มีแนวนโยบายกระตุ้นการบริโภคปลานิลภายในประเทศเพิ่มขึ้น ดังนี้

ประเทศฟิลิปปินส์ โดย The Philippines Burea of Agriculture Research (BAR) กับ The Bureau of Fisheries and Aquatic Researchs ร่วมกันปล่อยสินเชื่อให้กับอุตสาหกรรมปลานิลเพื่อเพิ่มมูลค่า

ประเทศมาเลเซีย ผลผลิตปลานิลเกือบทั้งหมดบริโภคภายในประเทศ ราคาปลานิลมีชีวิตที่ขายในตลาดสด 4 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม หากขายในห้างสรรพสินค้า ราคาก็จะปรับตัวเพิ่มขึ้นอีก 50 เปอร์เซ็นต์

ประเทศบังคลาเทศ ปลานิลกำลังได้รับความสนใจอย่างมากจากเกษตรกรผู้เลี้ยง ผลผลิตปลานิลและปลาสวายรวม 500,000 ตันต่อปี สำหรับตลาดค้าปลีก ปลานิลทั้งตัวแช่เย็นราคาอยู่ที่ 1.3-2.0 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม ขณะที่เกษตรกรขายได้ราคา 0.9-1.25 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม ผลผลิตส่งออกไปยังกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง และสหรัฐอเมริกา สำหรับราคาปลา Dressed fish ที่มีขนาดน้ำหนัก 500-600 กรัม ราคาที่จำหน่ายในกลุ่มประเทศตะวันออกกลาง 2.10 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม

ประเทศอินเดีย ความต้องการบริโภคปลานิลของชาวอินเดียเพิ่มขึ้น หลังจากเกิดเหตุการณ์น้ำมันรั่ว ณ ชายฝั่ง Mumbai ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่กล้าบริโภคสินค้าสัตว์น้ำทะเล แต่หันมาบริโภคปลานิลแทน

ประเทศจีน ผลผลิตปลานิลของจีนในปี 2553 คาดว่าอยู่ที่ 1.1-1.2 ล้านตัน ลดลง – 13เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา เนื่องจากประสบกับสภาพอากาศหนาวเย็น และการเกิดโรคระบาดของแบคทีเรีย *Streptococcus* ส่งผลให้ราคาขายส่งเนื้อปลานิล แล่ แช่แข็งเพิ่มขึ้น +7.2 เปอร์เซ็นต์ เป็น 3.53 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม ในช่วง 8 เดือนแรกของปี 2553 (ม.ค.-ส.ค.) จีนสามารถส่งออกปลานิลและผลิตภัณฑ์จำนวน 0.23 ล้านตัน มูลค่า 57 ล้านเหรียญสหรัฐ ปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้น +91.4 เปอร์เซ็นต์ และ +34.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยมีรูปแบบส่งออก 1) ปลานิลทั้งตัวแช่แข็ง 20.6เปอร์เซ็นต์ 2) เนื้อปลาแล่แช่แข็ง 50.4เปอร์เซ็นต์ 3) อื่นๆ 29.0 เปอร์เซ็นต์ ตลาดส่งออกหลักของจีน คือ สหรัฐฯ 50 เปอร์เซ็นต์ เม็กซิโก 14 เปอร์เซ็นต์ รัสเซีย 7 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ 29 เปอร์เซ็นต์

ประเทศไต้หวัน โดย Taiwan Fisheries Agency มีนโยบายสนับสนุนให้ผู้เลี้ยงปลานิลร่วมมือกับบริษัทแปรรูปภาคเอกชน เพิ่มปริมาณการส่งออกในรูปแบบเนื้อปลานิลแล่ที่มีราคาค่อนข้างสูงถึง 6.50 เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม(FOB) ช่วง 9 เดือนแรกปี 2553 (ม.ค.-ก.ย.) ไต้หวันส่งออกในรูปแบบปลานิลทั้งตัว 24,566 ตัน และรูปแบบเนื้อปลา แล่ และสเต็ก 2,945 ตัน โดยมีตลาดส่งออกหลัก คือ สหรัฐฯ 54 เปอร์เซ็นต์ ซาอุดิอาระเบีย 22 เปอร์เซ็นต์ แคนนาดา 8เปอร์เซ็นต์ คูเวต 6 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ 10 เปอร์เซ็นต์

สำหรับตลาดปลานิลอินทรีย์ในภูมิภาคเอเชียก็เป็นที่ต้องการของตลาด สำหรับผู้บริโภคที่กังวลเกี่ยวกับสารตกค้างหรือยาปฏิชีวนะในกระบวนการผลิตปลานิล ผู้บริโภคส่วนใหญ่ก็ยินดีที่จะจ่ายในราคาที่สูงขึ้น

สหรัฐอเมริกา

สหรัฐอเมริกาเป็นผู้นำเข้าปลานิลรายใหญ่ของโลก ในปี 2553 มีการนำเข้าปลานิลและผลิตภัณฑ์จำนวน 215.38 พันตัน มูลค่า 842.86 ล้านเหรียญสหรัฐ ปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้น +17.51 เปอร์เซ็นต์ และ +21.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา โดยมีรูปแบบผลิตภัณฑ์นำเข้าดังนี้

1. เนื้อปลานิล แล่ แช่แข็ง จำนวน 150.77 พันตัน (คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์) มูลค่า 611.07 ล้านเหรียญสหรัฐ นำเข้าจากจีนเป็นหลัก 90 เปอร์เซ็นต์ อินโดนีเซีย 7 เปอร์เซ็นต์ ไต้หวัน 2 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ 1เปอร์เซ็นต์

สำหรับสหรัฐอเมริกานำเข้าจากไทย จำนวน 1.06 พันตัน (คิดเป็น 0.70เปอร์เซ็นต์) มูลค่า 5.49 ล้านเหรียญสหรัฐ ปริมาณ และมูลค่าเพิ่มขึ้น +56 เปอร์เซ็นต์ และ +45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา

2. ปลานิลแช่แข็ง จำนวน 40.89 พันตัน (คิดเป็น 19เปอร์เซ็นต์) มูลค่า 65.51 ล้านเหรียญสหรัฐ นำเข้าจากจีนเป็นหลัก 56 เปอร์เซ็นต์ ไต้หวัน 40 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ คิดเป็น 4 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้สหรัฐอเมริกานำเข้าจากไทยมากเป็นอันดับที่ 3 จำนวน 1.18 พันตัน (คิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์) มูลค่า 1.78 ล้านเหรียญสหรัฐ ปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้น +31 เปอร์เซ็นต์ และ +6.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา

3. เนื้อปลานิลแล่แช่เย็น จำนวน 23.72 พันตัน (คิดเป็น 11 เปอร์เซ็นต์) มูลค่า 166.28 ล้านเหรียญสหรัฐ นำเข้าจากเอกวาดอร์มากที่สุด 33เปอร์เซ็นต์ ฮอนดูรัส 31 เปอร์เซ็นต์ คอสตาริกา 25 เปอร์เซ็นต์ และอื่นๆ 11 เปอร์เซ็นต์

สหรัฐอเมริกาไม่มีการนำเข้าเนื้อปลานิลแล่แช่เย็นจากไทย เนื่องจากระยะทางขนส่งจากประเทศไทยไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาไกลกว่าทางกลุ่มประเทศอเมริกาใต้ ซึ่งมีผลต่อต้นทุนค่าขนส่งและคุณภาพเนื้อปลา/ความสดของปลา ส่งผลให้ไทยไม่สามารถแข่งขันผลิตภัณฑ์เนื้อปลานิล แล่ แช่เย็นกับกลุ่มประเทศอเมริกาใต้ได้ (เกวลิน, 2553)

GDP ภาคประมง ในรอบ 10 ปี (2544-2553)

ประเทศไทยนับว่าเป็นประเทศหนึ่งที่เป็นผู้นำในภาคการประมงของโลก โดยข้อมูลจาก FAO year book 2008 จะเห็นว่า ปี 2551 ประเทศไทยสามารถผลิตสัตว์น้ำได้ประมาณ 3.8 ล้านตัน ประกอบด้วยผลผลิตสัตว์น้ำจากการจับ 2.4 ล้านตัน และจากการเพาะเลี้ยง 1.4 ล้านตัน ซึ่งหากคิดเป็นผลิตภัณฑ์มวลรวม ในประเทศ (GDP) ภาคประมง ณ ราคาประจำปี จะมีมูลค่า 94,033 ล้านบาท คิดเป็น

8.96 เปอร์เซ็นต์ ของ GDP ภาคเกษตร หรือ 1.04 เปอร์เซ็นต์ ของ GDP รวมของประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2553)

อาหารปลานิล

การเลี้ยงปลานิลมีความจำเป็นที่ต้องให้อาหารสมทบหรืออาหารผสม ได้แก่ ปลายข้าว สาหร่าย รำละเอียด ในอัตราส่วน 1 : 2 : 3 โดยให้อาหารดังกล่าวแก่พ่อแม่ปลานิลประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ทั้งนี้เพื่อให้ปลานิลใช้เป็นพลังงานซึ่งต้องใช้พลังงานมากกว่าในช่วงการผสมพันธุ์ ส่วนปุ๋ยคอกแห้งก็ต้องใส่ในอัตราส่วนประมาณ 100 – 200 กก.ต่อไร่ ต่อเดือน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มปริมาณอาหารธรรมชาติในบ่อ ได้แก่ พืชน้ำขนาดเล็กๆไรน้ำและตัวอ่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อลูกปลานิลวัยอ่อนภายหลังที่ถุงอาหารยุบตัวลง และจะต้องดำรงชีวิตอยู่ในบ่อเพาะดังกล่าวประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนย้ายไปเลี้ยงในบ่ออนุบาล ถ้าในบ่อขาดอาหารธรรมชาติดังกล่าว ผลผลิตลูกปลานิลจะได้น้อยเพราะขาดอาหารที่จำเป็นเบื้องต้น หลังจากถุงอาหารได้ยุบลงใหม่ๆ ก่อนที่ลูกปลานิลจะสามารถกินอาหารสมทบอื่นๆได้ อาหารสมทบที่หาได้ง่ายคือ รำข้าว ซึ่งควรปรับปรุงคุณภาพให้ดียิ่งขึ้นโดยใช้ปลาป่น กากถั่ว และวิตามินเป็นส่วนผสม นอกจากนี้แหนเป็ดและสาหร่ายบางชนิดก็สามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่พ่อแม่ปลานิลได้เป็นอย่างดีในกรณีที่ใช้กระชังไนลอนตาถี่เพาะพันธุ์ปลานิลก็ควรให้อาหารสมทบแก่พ่อแม่ปลาอย่างเดียว (กรมประมง,2551)

วัตถุดิบอาหารเลี้ยงปลานิล

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ จะมีจำนวนชนิดน้อยกว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์บก เช่น เป็ด ไก่ และหมู เป็นต้น เนื่องจากปลาและสัตว์น้ำส่วนมากไม่มีเอนไซม์เซลลูโลส จึงไม่สามารถใช้ประโยชน์จากพืชได้ดีดังเช่นสัตว์บก สิ่งสำคัญประการแรกของการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์มาผลิตเป็นอาหารเม็ด ก็คือ ต้องทราบถึงลักษณะวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพรวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ ซึ่งได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรด เถ้า เยื่อใย แคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามิน แร่ธาตุ กรดอะมิโน และกรดไขมัน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพิจารณาเลือกใช้ชนิดวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เหมาะสมกับสัตว์น้ำแต่ละชนิด(เจษฎา,2547)

ประเภทโปรตีนสูง

1. ปลาป่น

ปลาป่นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญให้โปรตีนสูงและมีคุณภาพดีทำมาจากปลาเป็ดเศษปลาเล็กปลาน้อยหรือ หัวปลาที่เหลือจากโรงงานทำปลากระป๋องทำให้ปลาป่นที่ผลิตได้มีคุณภาพหลากหลาย ดังนั้นในการซื้อขายปลาป่น จึงมีการแบ่งเกรด ตามเปอร์เซ็นต์โปรตีนในปลาป่น โดยปลาป่นชั้นคุณภาพที่1จะมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ปลาป่น ชั้นคุณภาพที่ 2 มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 55 เปอร์เซ็นต์ และปลาป่นชั้นคุณภาพที่ 3 มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ปลาป่นเป็นวัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตอาหารปลาหรืออาหารสัตว์น้ำทุกชนิด เนื่องจากปลาป่นมีโปรตีน ที่มีคุณภาพสูงมาก ประมาณ 55-60 เปอร์เซ็นต์ มีไขมัน ประมาณ 6-10 เปอร์เซ็นต์ มีกรดอะมิโนครบถ้วนทุกชนิด มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสปริมาณมากและยังมีกลิ่นที่ดีช่วยกระตุ้นให้ปลาและสัตว์น้ำกินอาหารได้มากขึ้น (นิวุฒิ,2547)

ปลาป่นที่จะนำมาใช้ในการผลิตอาหารปลาควรมีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นเหม็นไหม้ และปราศจากการปลอมปนจากทรายละเอียด เปลือกหอย ยูเรีย ขนไก่ป่น หรือสารปลอมปนอื่น ๆ เนื่องจากทำให้คุณค่าทางโภชนาการของปลาป่นลดลง ดังนั้น การเลือกซื้อปลาป่นจึงควรซื้อปลาป่นที่มีคุณภาพสูง ปราศจากการปลอมปน ซึ่งถ้าผู้เลี้ยงไม่แน่ใจในคุณภาพของปลาป่นก็อาจนำไปวิเคราะห์ทางเคมี หรืออาจเลือกใช้กากถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมหลักให้มากขึ้น เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีคุณภาพใกล้เคียงกับปลาป่น แต่กากถั่วเหลืองมีคุณกาพสม่ำเสมอดีกว่า สาเหตุที่มีการปลอมปนอย่างมากในปลาป่น เนื่องจากปลาป่นมีราคาแพงทำให้มีการนำเอาวัสดุที่มีราคาถูกหรือคุณค่าทาง โภชนาการต่ำใส่ปนเข้าไป เพื่อขายปลาป่นได้ปริมาณมากขึ้น การปลอมปนด้วยสิ่งเหล่านี้จะสังเกตด้วยตาเปล่าได้ยากมาก อาจจำเป็นต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีเข้าช่วย (เจษฎา,2547)

การปลอมปนในปลาป่นด้วยวัตถุติบต่างๆที่อาจพบได้

1. ทรายละเอียด เป็นเม็ดเล็กละเอียดสีคล้ายปลาป่นมากถ้าดูด้วยตาเปล่า แต่ดูจากกล้องจะเห็นบางเม็ดใส สะท้อนแสง สีน้ำตาลหรือสีดำก็มี

2. เปลือกหอยบด หรือ เปลือกหอยเก่า เป็นแผ่นขาวขุ่นทึบและมักหนากว่าชิ้นส่วนของกระดูกปลา อาจมีลวดลายบนชิ้นด้วย มักพบในส่วนหยาบ

3. เปลือกปู เป็นชิ้นขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง ด้านหนึ่งมีสีขุ่นทึบ อีกด้านหนึ่งมักมีจุดสีส้มกระจายอยู่ทั่วไป มักพบในส่วนหยาบมากกว่าส่วนละเอียด

4.โปรตีนถั่วเขียว หรือ โปรตีนจากกากวุ้นเส้น ลักษณะเป็นก้อนผิวขรุขระ ขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง จึงพบได้ทั้งในส่วนหยาบและละเอียด สีและความแข็งอ่อนขึ้นอยู่กับขบวนการผลิตของแต่ละโรงงาน

5. กากน้ำมันหมู เป็นกากที่ได้จากการอัดน้ำมันหมูออกจากเครื่องอัดมีลักษณะเป็นแผ่น แต่เมื่อจะนำมาใช้ก็จะนำมาบดละเอียด ดูจากภายนอกเห็นเป็นสีเนื้อ-น้ำตาลเหมือนปลาป่นกลิ่นเหม็นหืน แต่ดูจากกล้องจะเห็นเป็นก้อนรูปร่าง ลักษณะเนื้อไม่แน่นอนคล้ายกับกากถั่วเหลืองอัดน้ำมัน แต่เมื่อใช้คีมคีบแยกออกแล้วหยดน้ำแช่ไว้สักครู่จะพองตัว คล้ายฟองน้ำที่อุ้มน้ำไว้

6. เนื้อป่นหรือเนื้อและกระดูกป่น เป็นวัตถุดิบที่ดูด้วยตาเปล่าคล้ายกับปลาป่นมาก แต่เมื่อนำมาร่อนด้วยตะแกรงเพื่อแยกส่วนหยาบกับส่วนละเอียด แล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าในส่วนหยาบมีกระดูกเป็นก้อนสีขาวขุ่น มีเศษเนื้อละเอียดติดอยู่บ้าง มีขนทั้งที่เป็นเส้นใสขาวบิดไปมาและมีเส้นดำหนาเป็นแท่งยาว ส่วนละเอียดเป็นเนื้อลักษณะป่นไม่เป็นเส้นเหมือนเส้นกล้ามเนื้อปลา เนื้อป่นจะมีลักษณะชุ่มอม น้ำมัน เมื่อดมเนื้อป่นมักได้กลิ่นหืนของไขมันเป็นกลิ่นเฉพาะตัว

7. เศษหนังสัตว์ มักเป็นผงละเอียดหรือก้อนเล็กๆรูปร่างไม่แน่นอน มีชิ้นส่วนซึ่งเป็นเงาและสะท้อนแสงกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะที่เห็นภายนอกและสีคล้ายปลาป่นแต่กลิ่นเหม็นมาก

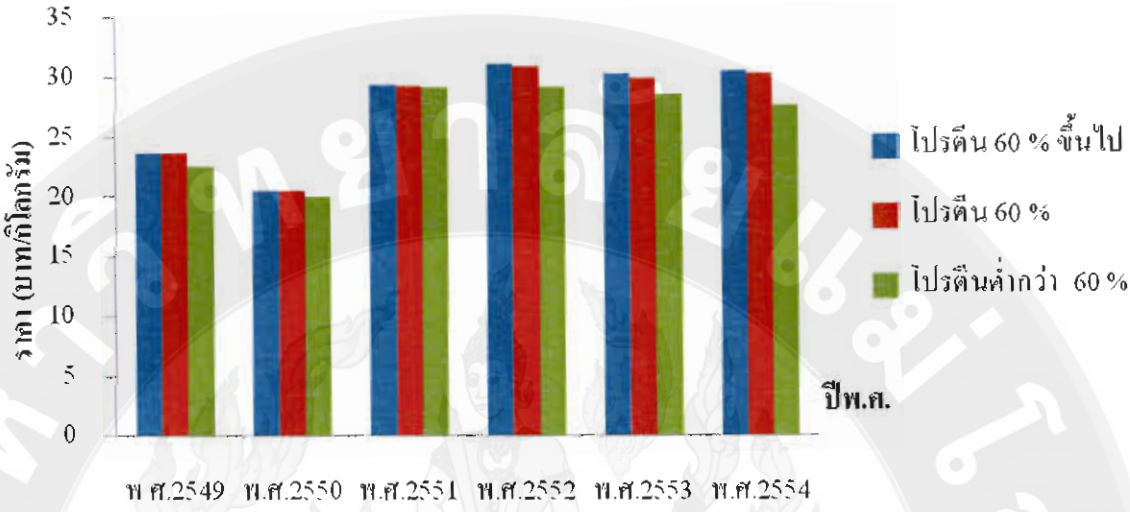
8. ขนไก่ปนที่ผ่านขบวนการย่อยสลายแล้ว

9. โปรตีนจากข้าวโพด (สุกัญญา, 2539)

ราคาปลาป่น

แนวโน้มราคาของปลาป่นในระยะเวลา 5 ปีหลัง มีการเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มสูงขึ้นไปอีกในอนาคต เนื่องมาจากสาเหตุที่ผลผลิตสัตว์น้ำจากการจับมีอัตราลดลง ในขณะที่ต้นทุนการผลิตกลับสูงขึ้น และด้วยสาเหตุเช่นปริมาณการใช้ภายในประเทศมากขึ้น แต่ผลผลิตในประเทศลดลง (อำนวย,2554)

สถิติราคาปลาป่นจังหวัดสงขลา (บาท/กิโลกรัม) ตั้งแต่ปีพ.ศ.2549-พ.ศ.2554



ภาพที่ 1 สถิติราคาปลาป่นจังหวัดสงขลาตั้งแต่ปี พ.ศ.2549-พ.ศ.2554
ที่มา: กรมการค้าภายใน 2555

2. กากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลือง และผลพลอยได้จากเมล็ดถั่วเหลืองที่นำมาเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งมีดังนี้

1. กากถั่วเหลืองบด (Ground Soybean) คือ ถั่วเหลืองบดทั้งเมล็ดโดยไม่สกัดเอาน้ำมันออก

2. ถั่วเหลืองบดทั้งต้น (Ground Soybean hay) คือต้นถั่วเหลืองบดทั้งใบ ลำต้น และเมล็ด ซึ่งไม่มีพืชชนิดอื่นหรือวัชพืชปะปนเลย และมีปริมาณของเยื่อใยจะต้องไม่เกินมาตรฐานสินค้าที่กำหนดไว้ในแต่ละประเภท

3. เปลือกถั่วเหลือง (Soybean Hulls) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยเปลือกชั้นนอกสุดของเมล็ดถั่วเหลือง

4. กากถั่วเหลืองซึ่งได้จากการสกัดน้ำมันด้วยการหีบหรืออัด (Soybean Meal, Mechanical extracted) คือกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันโดยวิธีหีบอัดทางกายภาพ วิธีจะต้องใช้ความร้อนในกรรมวิธีในการผลิต ผลพลอยได้ชนิดนี้จะต้องไม่มีสารพิษหรือสารอื่นใดเจือปนอยู่เกินกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของเยื่อใยจะต้องไม่เกินมาตรฐานสินค้าที่กำหนดไว้ในแต่ละประเทศ

5. กากถั่วเหลืองซึ่งได้จากการสกัดน้ำมันด้วยสารละลายอินทรีย์ (Soybean Meal, Solvent Extracted) คือกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันโดยวิธีสกัดโดยสารละลายอินทรีย์ วิธีการนี้จะต้องใช้ความร้อนในกรรมวิธีการผลิตเช่นกัน ผลพลอยได้ชนิดนี้จะต้องไม่มีสารพิษหรือสารอื่นใดเจือปนและมีปริมาณของเยื่อใยจะต้องไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

6. กากถั่วเหลืองที่กระเทาะเอาเปลือกนอกออกและสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ (Soybean Meal, Dehulled, Solvent Extracted) คือกากถั่วเหลืองที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เอาเปลือกนอกออกแล้วโดยใช้สารละลายอินทรีย์สกัดเช่นกัน วิธีนี้ต้องใช้ความร้อนในกรรมวิธีการผลิตและต้องไม่มีสิ่งเจือปนตลอดจนปริมาณเยื่อใยไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

7. ซอยบีนมิลล์ฟีด (Soybean Mill Feed) เป็นผลพลอยได้จากเปลือกนอกของเมล็ดถั่วเหลืองและส่วนหางของเมล็ดถั่วเหลืองจากเครื่องบดถั่วเหลืองจากอุตสาหกรรมการทำแป้งถั่วเหลือง ปริมาณโปรตีนและเยื่อใยจะต้องตรงตามมาตรฐานที่แต่ละประเทศกำหนดไว้

8. ซอยบีนมิลล์รัน (Soybean Mill Run) คือเปลือกนอกและเนื้อถั่วเหลืองที่ติดมาด้วยกับเปลือก ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำกากถั่วเหลืองชนิดที่กระเทาะเอาเปลือกออกแล้วสกัดด้วยสารละลาย

9. ถั่วเหลืองนึ่งหรืออบ (Heat Processed Soybean) คือการเอาถั่วเหลืองทั้งเมล็ดมานึ่ง อบ คั่วทั้งเมล็ดแล้วอาจนำมาบดอัดเป็นเม็ด ทำเป็นเกล็ด หรือเป็นผงก็ได้ และมักขายในราคาตามปริมาณโปรตีนของผลผลิต

10. กราวด์เอ็ดทรูเด็ด โฮล ซอยบีน (Ground Extruded whole Soybean) คือ ผลที่ได้จากการนำเอาเมล็ดถั่วเหลืองทั้งเมล็ดไปอบด้วยไอน้ำ แล้วอัดผ่านเครื่องอัดแรงดันสูง (extruder) เพื่อให้เกิด friction heat ผลที่ได้มักจะขายราคาตามปริมาณโปรตีนของผลผลิต

กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพสูงสุด มีกรดอะมิโนจำเป็นหลายตัว แต่มี Cystine และ Methionine ในระดับต่ำโดยเฉพาะ Methionine มีน้อยมากจึงถูกจัดเป็น Firstlimiting amino acid เม็ดถั่วเหลืองมีโปรตีนประมาณ 38เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 16 –21 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อสกัดเอาน้ำมันออกแล้วจะมีโปรตีนเฉลี่ย 44เปอร์เซ็นต์อาจถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับวิธีสกัดน้ำมันและขนาดของเมล็ด ในทางการค้าได้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือกากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ กากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์ เป็นกากถั่วเหลืองที่มีเปลือกผสมอยู่ด้วย ส่วน กากถั่วเหลือง 48 เปอร์เซ็นต์ คือกากถั่วเหลืองที่กระเทาะเอาเปลือกออก ไม่มีส่วนของเปลือกปนมาเลย ถั่วเหลืองดิบมีสารพิษอยู่มาก มีทั้งสารที่เป็นตัวกระตุ้น และแก่งแย่ง รวมทั้งสารที่ทำให้เกิด การแพ้บวม(Allergenic) สาร Goitrogenic และสารต้านการจับตัวเป็นก้อน และที่สำคัญคือ Trypsin inhibitor ดังนั้นในกรณีของถั่วเหลือง จึงพบว่าถั่วเหลือง

ที่โดนความร้อนจะมีคุณค่าของโภชนะสูงกว่าถั่วดิบ แต่หากความร้อนที่ให้สูงเกินไปจะทำให้คุณค่าของโภชนะเสียได้โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ได้ของ Lysine และ Arginine ลดลง (พันทิพา,2539)

การตรวจสอบคุณภาพของถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองและโดยเฉพาะอย่างยิ่งกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นิยมใช้เป็นแหล่งเสริมโปรตีนเช่นเดียวกับปลาป่น ซึ่งเดิมไม่ค่อยพบปัญหามากนัก แต่ปัจจุบันราคากากถั่วเหลืองสูงขึ้นมาก ปัญหาด้านคุณภาพจึงพบมากขึ้นเรื่อยๆ ที่สำคัญมากคือปัญหากากถั่วเหลืองดิบมากเกินไปหรือสุกมากเกินไปจึงไหม้ ส่วนปัญหาปลอมปนก็พบมากเช่นกัน ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพควรทำเป็นขั้นตอนดังนี้

การตรวจโดยใช้ประสาทสัมผัส

1. **การดูสี**

ลักษณะเนื้อและการจับตัวเป็นก้อน ถั่วเหลืองเมล็ดมีสีต่างๆกัน ตั้งแต่สีเขียวตองอ่อน เหลืองนวล เหลืองทอง เหลืองเข้มจนถึงสีดำ แต่ที่นิยมปลูกในประเทศไทยมักมีเปลือกสีเหลือง

กากถั่วเหลืองอัดน้ำมันหรือที่เรียกกันว่าถั่วเค็ก มีทั้งชนิดที่อัดด้วยไฮโดรลิก ซึ่งกากถั่วที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นหนาอัดตัวแน่น แผ่นค่อนข้างใหญ่และแบบที่อัดด้วยเครื่องแบบเกลียวตะเข้ ซึ่งกากถั่วเหลืองที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นอัดตัวกันแน่นเช่นกันแต่แผ่นบางประมาณ 2 มิลลิเมตรและขนาดมักไม่ใหญ่นัก กากถั่วเหลืองชนิดนี้ผิวจะเป็นมันเงา แต่ถ้ามีรำปนมาผิวจะด้านขึ้น

กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีหรือที่เรียกว่าถั่วเกล็ด ทั้งที่ผลิตในประเทศไทยและนำเข้าจากต่างประเทศ เกือบทั้งหมดเป็นชนิดไม่กระเทาะเปลือกซึ่งกากถั่วเหลืองชนิดนี้เปลือกและเนื้อมักแยกตัวออกจากกัน สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนแม้จะมองด้วยตาเปล่า สีมีตั้งแต่สีเหลืองอ่อน – ออกเขียว สีเหลืองนวล – เหลืองทอง – เหลืองเข้ม แต่ถ้าเป็นกากถั่วเหลืองที่ผ่านขบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูงเกินไปหรือนานเกินไป มักมีสีเหลืองเข้มหรือน้ำตาลอ่อนเนื่องจากกากถั่วเหลืองนั้นไหม้ซึ่งอาจจะไหม้ทั้งหมด หรือไหม้เพียงบางส่วนคือเกล็ดถั่วเหลืองมีทั้งเหลืองนวล เหลืองเข้มและน้ำตาลอ่อนปนกันมา ทั้งนี้อาจเกิดจากขบวนการอบกากถั่วเหลือง เพื่อไล่สารเคมีและทำสุกในขั้นสุดท้ายนั้นความร้อนกระจายไปไม่ทั่วถึง หรือเกิดจากการนำกากถั่วเหลืองไหม้ผสมกับกากถั่วเหลืองดีหรือกากถั่วเหลืองดิบก็ได้ อย่างไรก็ตามสีของกากถั่วเหลืองไม่สามารถใช้บ่งบอกคุณภาพว่ากากถั่วเหลืองที่มีสีเหลืองทองเป็นกากถั่วเหลืองที่สุกพอดีหรือกากถั่วเหลืองที่มีสีเหลืองออกน้ำตาลจะต้องไหม้เสมอไป

กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันที่ดีควรมีลักษณะเป็นเกล็ด บาง เบา เมื่อใช้มือบี้แล้วรู้สึกแข็งกรอบ แต่ถ้าเป็นกากถั่วเหลืองจับตัวเป็นก้อนไม่ว่าขนาดจะเล็กหรือใหญ่ก็ตาม แสดงว่ากรรมวิธีการผลิตไม่ดีพอ มีความชื้นสูงอาจทำมีเชื้อราเกิดขึ้นภายในหรือที่ผิวของก้อนกากถั่วเหลืองนั้นได้ นอกจากนี้กากถั่วเหลืองเหล่านี้มักเป็นกากถั่วเหลืองที่ค่อนข้างดิบมาก เนื่องจากความร้อนเข้าไปถึงข้างใน ในทางตรงกันข้ามถ้าบี้กากถั่วเหลืองแล้วร่วนแสดงว่ามีการปลอมปนเกิดขึ้นแล้ว

2. การดมกลิ่นและชิมรส

ถั่วเหลืองหรือกากถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อนที่เหมาะสมจนสุกพอดีจะมีกลิ่นหอม มัน น่ากิน ถ้าเคี้ยวแล้วได้กลิ่นเหม็นเขียวแสดงว่ายังดิบอยู่ แต่ถ้ามีกลิ่นเหม็นไหม้และมีรสขม แสดงว่าไหม้ ส่วนถั่วเหลืองเมล็ดที่ทำให้สุกและบดแล้วหรือกากถั่วเหลืองอัดน้ำมันที่บดแล้ว ทิ้งไว้จนเก่าจะมีกลิ่นเหม็นหืนเพราะมีไขมันอยู่มาก แต่ถ้าเป็นกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันซึ่งมีน้ำมันหลงเหลืออยู่น้อยมาก เมื่อทิ้งไว้นานๆ กลิ่นที่เคยหอมก็จะค่อยๆหมดไป จนไม่มีกลิ่นหรืออาจมีกลิ่นเหม็นสาบแทนหากมีมอดหรือแมลงขึ้น (ทวี, 2527)

ประเภทโปรตีนต่ำ

1. รำละเอียด

รำละเอียด เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว เช่นเดียวกับปลายข้าว แต่ว่ารำละเอียดมีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่ในระดับค่อนข้างสูงมาก (ประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์) และเป็นไขมันที่หืนได้ง่าย ในภาวะที่อากาศร้อน และมีความชื้นในอากาศสูง รวมทั้งมีการถ่ายเทอากาศไม่ดีเช่นสภาวะการเก็บรำละเอียดในกระสอบป่านธรรมดา รำละเอียดจะเริ่มหืนเมื่อเก็บไว้ 30-40 วัน และไม่เหมาะที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์ รำละเอียดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดหนึ่งที่ใช้กันมากในการประกอบสูตรอาหารสุกรหรือสัตว์ปีก รำข้าวใหม่มักจะมีความชื้นสูงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลงและหืนเร็วด้วย รำข้าวเก่า(ได้จากข้าวเปลือกเก็บไว้ข้ามฤดู) จะมีความชื้นต่ำจึงเก็บไว้ได้นานกว่า รำละเอียดที่เหมาะจะเก็บไว้เป็นอาหารสัตว์ควรเป็นรำสดใหม่มีแกลบปนน้อยที่สุด ทั้งนี้เพราะแกลบไม่มีคุณค่าทางอาหารแต่อย่างใด ในช่วงรำละเอียดมีราคาแพง เช่นในช่วงฤดูการทำนา รำละเอียดมักจะมีการปลอมปนด้วยแกลบป่นละอองข้าว หรือดินขาวป่น ซึ่งจะมีผลทำให้คุณค่าของรำละเอียดต่ำลง รำข้าวนาปรัง มักจะมียาฆ่าแมลงปะปนมาในระดับสูง ซึ่งสามารถทำอันตรายกับสัตว์ได้ ลูกสัตว์ต่างๆจะมีอัตราการเติบโตช้าลงอย่างเห็นได้ชัด แม่สุกรจะแท้งลูกหรือตัวอ่อนดายในท้อง แม่ไก่มีอัตราการไข่ลดลงและมีอัตราการฟักออกต่ำ รำสกัดน้ำมัน ได้จากการนำเอารำละเอียดไปสกัดเอาไขมันออกโดยวิธีการทางเคมี กากรำหรือรำสกัดน้ำมันจึงมีไขมันน้อยมาก ทำให้

สามารถเก็บได้นานขึ้นอีกทั้งดัดปัญหาเรื่องสารพิษจากยาฆ่าแมลงด้วย รำสกัดน้ำมันสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้เป็นอย่างดี แต่จะต้องระวังเรื่องระดับพลังงานของอาหารที่ผสมด้วย ทั้งรำละเอียดและรำสกัดน้ำมันมีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบในระดับสูง จึงมีลักษณะฟ่าม(น้ำหนักน้อยแต่มีปริมาตรมาก) การใช้รำละเอียดและรำสกัดในปริมาณสูงในสูตรอาหารจะมีผลทำให้อาหารผสมมีลักษณะฟ่ามตามไปด้วย สัตว์กินอาหารได้น้อย และมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ไม่ควรใช้รำละเอียดหรือรำสกัดน้ำมันเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารสัตว์ แต่ถ้ารำละเอียดมีราคาถูกอาจใช้ผสมอาหารในระดับสูงกว่านี้ก็ได้ เพราะถึงแม้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตลดลงแต่ต้นทุนการผลิตอาจต่ำลงมาก รำละเอียดมีคุณสมบัติเป็นยาระบายเรามักจะใช้รำละเอียดเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารสัตว์ทุกชนิดละทุกระยะ โดยเฉพาะสูตรอาหารแม่พันธุ์อุ้มท้องและเลี้ยงลูก ซึ่งจะช่วยลดปัญหาแม่สุกรท้องผูกไปได้มาก (กองวัตถุดิบอาหารสัตว์, 2550)

เก็บรำข้าวในที่มี อุณหภูมิต่ำ หรือในที่ไม่มีอากาศถ่ายเทเพราะไขมันในรำข้าวเหม็นหืนได้ง่าย รำข้าวมี 3 ลักษณะได้แก่รำหยาบ รำละเอียด และรำสกัดน้ำมัน โดยไม่ควรใช้รำหยาบในการผลิตอาหารปลาเนื่องจากมีแกลบปนอยู่บางส่วนจึงทำให้มีเยื่อใยสูง ควรใช้รำละเอียดหรือรำสกัดน้ำมัน รำสกัดน้ำมันจะมีโปรตีนสูงกว่ารำละเอียด แต่มีไขมันต่ำกว่ามาก รวมทั้งอาจมีกรดอะมิโน กรดไขมัน และวิตามินบางชนิดต่ำกว่ารำละเอียด เนื่องจากการผลิตรำสกัดน้ำมันต้องใช้ตัวทำลายไขมันแยกไขมันออกมาจึงทำให้ไขมันเหลืออยู่น้อยและธาตุอาหารชนิดอื่น ๆ ก็อาจถูกสกัดออกมาด้วย ดังนั้น การนำรำสกัดน้ำมันมาใช้ผลิตอาหารสัตว์น้ำ จึงควรพิจารณาถึงพลังงานที่มีในอาหารว่าเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์น้ำหรือไม่ โดยทั่วไปแล้วรำละเอียดจะมีโปรตีนอยู่ ประมาณ 12เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนใหญ่ จะเป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีกรดไขมันลิโนเลอิค (เจษฎา,2547)

การตรวจสอบคุณภาพของรำละเอียด

การตรวจสอบโดยใช้ประสาทสัมผัส

1.ตรวจสอบลักษณะเนื้อและการจับตัวเป็นก้อน รำละเอียดที่ดี ควรมีลักษณะร่วน ไม่จับตัวเป็นก้อนแต่เมื่อหยิบขึ้นมากำให้แน่นแล้วปล่อยนิ้วออก รำละเอียดจะจับกันเป็นก้อนหลวมๆ และเมื่อใช้กดหรือบี้ก้อนรำนั้นเบาๆ ก็จะแตกออกโดยง่าย ส่วนรำสกัดน้ำมันและรำหยาบนั้นนำมากำให้แน่นก็ไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนอยู่ได้เหมือนรำละเอียด

2. ดูสี รำละเอียดปกติสีเนื้อนวล แต่ถ้าสีออกน้ำตาลอาจมีแกลบปนมามากหรือในทางตรงข้ามรำละเอียดที่มีสีค่อนข้างขาว อาจมีหินฝุ่นหรือมันเส้นบดละเอียดปนปลอมมาด้วย ส่วนรำสกัดน้ำมันสีจะซีดกว่ารำละเอียดเล็กน้อยและมองเห็นปลายข้าวและแกลบที่ติดมาได้ชัดขึ้น

3.ดมกลิ่นและชิมรส รำละเอียดที่ดีมีกลิ่นหอม ไม่มีกลิ่นเหม็นอับหรือเหม็นหืน ซึ่งแสดงว่ารำนั้นเก่า ถ้าชิมรำละเอียดที่เพิ่งสีมาใหม่ๆจะมีรสหวานเล็กน้อย แต่ไม่แนะนำให้ใช้วิธีชิมเพราะในรำละเอียดโดยเฉพาะรำข้าวนาปรังอาจมียาฆ่าแมลงดิดปนมาและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ตรวจสอบได้ ส่วนรำสกัดน้ำมันใหม่ๆก็จะมีกลิ่นหอมอ่อนๆแต่ถ้าเป็นรำสกัดน้ำมันที่ผลิตจากรำข้าวนึ่งอาจมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวเล็กน้อย

การตรวจสอบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำ

เยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งได้จากการขัดสีเมล็ดข้าวให้ขาว ถ้าใช้กำลังขยายต่ำ ดูส่วนละเอียดที่ส่วนได้จะมองเห็นเป็นผงละเอียด ฟูนุ่มและชุ่มไปด้วยน้ำมัน แต่ถ้าเพิ่มกำลังขยายให้ใหญ่ขึ้นก็จะมองเห็นเป็นแผ่นบางๆขนาดเล็ก หงิกงอไม่เป็นรูปที่แน่นอน สีขาวนวลหรือบางชิ้นออกสีเขียวดองอ่อนเล็กน้อย โดยเฉพาะข้าวใหม่ต้นฤดูเก็บเกี่ยว แต่ถ้าเป็นรำข้าวที่มีความชื้นสูงและมีเชื้อราขึ้นส่องดูจะเห็นสปอร์ของเชื้อราเป็นจุดสีดำขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไปบนเยื่อหุ้มเมล็ด

ปลายข้าว ส่วนของรำละเอียดมักมีปลายข้าวที่หักและหลุดติดมาบ้าง ลักษณะก็เหมือนปลายข้าวทั่วไป แต่ขนาดมักจะค่อนข้างเล็กกว่าปลายข้าวทั่วไป อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ตะแกรงหรือกะชอนร่อนก็มักติดอยู่ในส่วนหยาบ

แกลบหรือเปลือกข้าว เป็นส่วนหยาบที่ติดอยู่บนตะแกรงเช่นกัน รูปร่างลักษณะเป็นแผ่นและมีตารางสี่เหลี่ยมขนาดเล็กเหมือนฝักข้าวโพดอ่อน สีเหลืองทอง รำละเอียดที่ดีควรมีแกลบอยู่น้อยมาก หากมีแกลบมาก รำละเอียดนั้นจะมีโปรตีนต่ำและย่อยยากขึ้น

การตรวจสอบด้วยสารเคมีอย่างง่าย

1.การตรวจสอบหินฝุ่นที่อาจปนมารำ โดยใช้กรดเกลือ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือ คาร์บอนเตตระคลอไรด์

2.การตรวจสอบยาฆ่าแมลงหรือสารพิษ โดยใช้สารคลอโรฟอร์มและคิวปริกคลอไรด์หรือการทดสอบกับกุ้งหรือปลาขนาดเล็ก (สุกัญญา, 2539)

2. ปลายข้าว

จัดเป็นผลพลอยได้ของการขัดสีข้าว ซึ่งก็เป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมในสูตรอาหารสัตว์น้ำ ทั้งในลักษณะของปลายข้าวเหนียว และปลายข้าวเจ้า การใช้ปลายข้าวเหล่านี้ควรใช้ปลายข้าวขนาดเล็กในการผลิตอาหารสัตว์น้ำ ไม่ควรใช้ปลายข้าวขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ เพราะปลาย่อยได้ยาก การนำปลายข้าวมานึ่งหรือต้มก่อนนำไปผลิตอาหารจะช่วยให้ปลาย่อยอาหารดีขึ้น โดยเฉพาะกรณีที่ใช้ปลายข้าวเหนียวจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องต้มหรือนึ่งก่อนนำมาผลิตอาหาร เนื่องจากมีความเหนียวมากกว่าปลายข้าวเจ้า โดยทั่วไปปลายข้าวจะมีไขมันและเยื่อใยอยู่ในระดับต่ำในปริมาณ 0.9-1.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงสามารถนำมาผสมในสูตรอาหารได้ดีทั้งยังมีโปรตีนอยู่พอสมควรประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ปลายข้าวเป็นวัตถุดิบที่มีราคาค่อนข้างถูก เมื่อเทียบกับวัตถุดิบที่มีคุณค่าใกล้เคียงกัน เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อีกทั้งเก็บรักษาได้ง่าย จึงเหมาะสมกับการทำอาหารสัตว์น้ำ (เจษฎา, 2547)

ประกอบด้วยเศษข้าวที่หักและส่วนของจมูกข้าว ปลายข้าวทั่วไปมีโปรตีนประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันและเยื่อใยต่ำ ปลายข้าวมี 3 ขนาด คือขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่หรือที่เรียกกันว่าข้าวท่อน ปลายข้าวขนาดเล็กมักมีส่วนของจมูกข้าวซึ่งเป็นด้นอ่อนที่มีโปรตีน ไขมัน ไวตามิน และแร่ธาตุมากกว่าส่วนอื่นของเมล็ดจึงเหมาะกับการเลี้ยงสัตว์มากกว่าเพราะสัตว์สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ดีกว่า ดังนั้นปลายข้าวขนาดเล็กจึงเป็นที่นิยมใช้เลี้ยงสัตว์มากกว่า และมักมีราคาแพงและหาซื้อได้ยาก ส่วนปลายข้าวเหนียวมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับปลายข้าวเจ้า แต่ถ้าใช้ปลายข้าวเหนียวต้องใช้ควบคู่กับวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง เช่น รำละเอียดเพิ่มลงไปในสูตรอาหารจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องท้องผูกได้สำหรับปลายข้าวนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางทางอาหารเช่นเดียวกับปลายข้าวธรรมดา แต่สัตว์สามารถย่อยได้ดีกว่าเพราะแป้งผ่านการนึ่งให้สุกแล้ว อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้ปลายข้าวทุกชนิดควรหลีกเลี่ยงการใช้ปลายข้าวเก่าที่มีมอดขึ้นหรือมีใยหนอนและไม่ควรมีแกรบหรือดอกหญ้าบนมาด้วย (กองวัตถุดิบอาหารสัตว์, 2550)

ลักษณะการปลอมปนที่อาจพบได้

แกลบและส่วนขั้วเมล็ดที่ปอมปนมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงต้นฤดูเก็บเกี่ยวซึ่งข้าวมีความชื้นอยู่สูง ส่วนของแกรบมีลักษณะเป็นแผ่นแบน ผิวด้านนอกเป็นร่องตามยาวและขวางสลับกันเป็นตารางสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก คล้ายข้าวโพดผักอ่อน สีมักมีสีเหลืองทอง-เหลืองอ่อน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวผิวส่วนด้านในเป็นสีเหลืองอ่อน ผิวเรียบ สำหรับขั้วเมล็ดลักษณะเป็นปีกเล็กๆ 2 ชิ้นดิดงุ้มลู่ลงตามส่วนโค้งของ

เมล็ดด้วยขั้วกลมๆขนาดเล็กสีเหลืองเช่นเดียวกับแกลบ ดอกหญ้า ลักษณะกลมรี หัว-ท้ายแหลม กลางป่องขั้วเมล็ดด้านหนึ่งเป็นเมล็ดกลมขนาดเล็กติดอยู่สีเทาอมเขียวหรือสีกากี(สุกัญญา, 2539)

การทำอาหารสัตว์น้ำสำเร็จรูปแบบพื้นบ้าน

ขั้นตอนการผลิตอาหาร

1.การบด

เป็นการลดขนาดของวัตถุดิบให้เล็กลง โดยผ่านขั้นตอนการบด 1-2 ครั้ง วัตถุประสงค์ของการบดก็เพื่อให้สัตว์น้ำสามารถย่อยได้ง่ายขึ้น การบดละเอียดยังช่วยในเรื่องการอัดเม็ด โดยช่วยให้ เม็ดอาหารมีความคงตัวดี สำหรับเครื่องบด อาหารที่ใช้ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับประเภทของวัตถุดิบ ถ้าใช้วัตถุดิบแบบแห้ง เช่น ปลายข้าว กากถั่วเหลือง ข้าวโพด ก็ให้ใช้เครื่องบดมีดสับหรือ แบบจาน ซึ่งควรผ่านการร่อน แยกสิ่งปะปน เช่น กรวด ทราย และแมลงออกก่อน แต่ถ้าเป็นวัตถุดิบแบบเปียก เช่น ปลาเป็ด โครงไก่ ไส้ไก่ หัวไก่ ก็ให้ใช้เครื่องโม่ปลาหรือเครื่องบดเนื้อ (พิศมัย, 2004)

การบดวัตถุดิบอาหารสัตว์มีความจำเป็นกรณีที่วัตถุดิบอาหารสัตว์มีขนาดใหญ่และไม่ละเอียด เช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด มันเส้น ปลายข้าว และเปลือกกุ้ง เป็นต้น โดยวัตถุดิบเหล่านี้จะต้องนำมาบดให้ละเอียด ด้วยเครื่องบดอาหาร สำหรับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีขนาดเล็ก เช่น ปลาป่น รำ แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง ก็ไม่จำเป็นต้องบดให้ละเอียด แต่ถ้าเป็นการผลิตอาหารในโรงงานอาหารสัตว์น้ำซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิอย่างดี จะบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกประเภทให้มีขนาดละเอียดเท่ากันหมด โดยอาจบด 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้งแล้วแต่กรณีว่ามีขนาดเล็กใหญ่ประการใด สำหรับวัตถุดิบอาหารสัตว์จำพวกวิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนสังเคราะห์ จะมีขนาดละเอียดอยู่แล้วจึงไม่ต้องนำมาบดอีก และอีกทั้งความร้อนที่เกิดจากการบด ก็จะทำให้วิตามินแร่ธาตุ และกรดอะมิโนสังเคราะห์ถูกทำลายไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงนำไปผสมใช้ได้เลย โดยไม่ต้องบด โดยหลักการแล้วการบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้ละเอียดนั้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้มากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถผสมวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้เป็นเนื้อเดียวกันได้ง่ายขึ้น และช่วยให้อาหารเม็ดที่อัดออกมามีความหนาแน่นและยึดตัวดีขึ้น นอกจากนี้การบดวัตถุดิบอาหารสัตว์ให้ละเอียดยังมีส่วนช่วยให้ปลาสามารถย่อยและดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น หรือสัมประสิทธิ์การย่อยอาหารสูงขึ้น (เจษฎา, 2547)

2.การชั่ง

เมื่อได้จัดเตรียมวัตถุดิบแต่ละชนิดซึ่งมีขนาดละเอียดแล้ว ก็ทำการชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบให้ได้ตามสัดส่วนในสูตรอาหารนั้น(พิศมัย, 2004)

เมื่อผู้ผลิตทราบถึงปริมาณอาหารเม็ดที่จะผลิตจากสูตรอาหารแล้วก็ต้องคำนวณดูว่าถ้าต้องการผลิตอาหารเม็ดให้ได้ปริมาณตามที่กำหนดไว้จะต้องใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดเป็นส่วนผสมในปริมาณเท่าใด จากนั้นจึงทำการแยกชั่งน้ำหนักวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด(เจษฎา, 2547)

3.การผสม

เป็นการกระจายคุณค่าอาหารให้มีความสม่ำเสมอในทุกส่วนของอาหารที่ทำขึ้น โดยการทำให้วัตถุดิบหลายชนิดรวมกันเป็น เนื้อเดียว เครื่องผสมอาหารที่แนะนำให้ใช้ควรเป็นเครื่องผสมอาหารที่ใช้ได้ทั้งวัตถุดิบเปียกและแห้ง เครื่องผสมอาหารดังกล่าวเป็นเครื่องผสมแบบแนวนอน ซึ่งถ้าหาไม่ได้ก็อาจใช้เครื่องโม่ปลา หรือ เครื่องบดเนื้อแทนได้ หรือในกรณีที่ผสมปริมาณน้อยอาจดัดแปลง โดยการผสมในถุงก่อนแล้วนำไปคลุกเคล้าในภาชนะผสมด้วยมือ หรือกรณีที่ผสมในปริมาณมาก อาจใช้ผ้าพลาสติกปูพื้นแล้วผสมโดยใช้พลั่วก็ได้ และถ้าเป็นวัตถุดิบแห้งจะต้องเติมน้ำประมาณ 30-40 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารแล้วผสมกันให้ดีก่อนทำการอัดเม็ด แต่ถ้าใช้วัตถุดิบแบบเปียก การผสมอาจจะไม่ต้องเติมน้ำเลย หรือ อาจเติมน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในวัตถุดิบทั้งหมดในสูตรนั้น(พิศมัย, 2004)

จุดมุ่งหมายของการผสมวัสดุอาหารก็เพื่อให้วัสดุอาหารที่กำหนดเป็นส่วนประกอบของอาหารผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน วัสดุอาหารทุกชนิดกระจายตามเนื้อของส่วนผสมอย่างทั่วถึง กล่าวคือ หลังจากการผสมแล้ว หากแบ่งส่วนผสมมาตรวจหาส่วนประกอบของวัสดุอาหาร ส่วนผสมที่เกิดจากการผสมที่ดี จะต้องมีวัสดุอาหารครบถ้วนทั้งชนิดและปริมาณตรงตามที่ระบุในสูตรอาหารก่อนการผสม การผสมวัสดุอาหารอาจแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การผสมวิตามินและแร่ธาตุ และการผสมวัสดุอาหารอื่น การผสมวิตามินและแร่ธาตุมักผสมเตรียมไว้ต่างหากก่อนการผสมวัสดุอาหารอื่น ๆ เนื่องจากวิตามินและแร่ธาตุที่จะใส่เป็นส่วนผสมในอาหารมีปริมาณน้อย จึงนิยมผสมวิตามินหรือแร่ธาตุกับวัสดุอาหารชนิดอื่นเป็นวิตามินรวม หรือแร่ธาตุรวม ก่อน แล้วจึงนำวิตามินรวมและแร่ธาตุรวมไปผสมกับวัสดุอาหารอื่นตามต้องการต่อไป วิธีการเจือจางวิตามินหรือแร่ธาตุกับวัสดุอาหารเช่นนี้ช่วยให้ส่วนผสมของอาหารมีวิตามินและแร่ธาตุตามต้องการ นอกจากนั้นก็เพื่อให้วิตามิน และแร่ธาตุซึ่งเป็นส่วนผสมที่มีปริมาณน้อย กระจายทั่วเนื้ออาหาร (เจษฎา, 2547)

4.การอัดเม็ด

เป็นการทำให้อาหารที่ผสมกันแล้วถูกอัดออกมาเป็นเส้น หรือ เป็นแท่ง การอัดเม็ดเป็นการทำให้คุณค่าอาหารจากวัตถุดิบทุกชนิดจับตัวกันอยู่ เป็นการช่วยเพิ่มความคงตัวของอาหารผสมให้จัดตัวกันดีขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียน้อยเมื่อสัมผัสกับน้ำ การอัดเม็ดสามารถทำได้โดยใช้เครื่องโม่ปลา หรือ เครื่องบดเนื้อ (พิศมัย, 2004)

การอัดเม็ดมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้รับการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ได้เปลี่ยนรูปมาเป็นอาหารเม็ดซึ่งจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การนำมาให้ปลาหรือสัตว์น้ำกินเนื่องจากอาหารเม็ดมีความจุแน่น ทำให้ปลากินอาหารได้มากขึ้น หรือได้รับธาตุอาหารมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยป้องกันปลาเลือกกินวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ชอบเท่านั้น เพราะว่าการที่ปลากินอาหารเม็ดเข้าไปก็จะได้รับวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้งหมดด้วยพร้อมกัน นอกจากนี้การอัดเม็ดยังช่วยให้อาหารสุก เนื่องจากมีความร้อนเกิดขึ้นทำให้ปลาหรือสัตว์น้ำใช้ประโยชน์จากอาหารเม็ดได้ดีขึ้น การผลิตอาหารเม็ดใช้เองในฟาร์มนิยมใช้เครื่องบดเนื้อในการอัดเม็ต เพราะมีความสะดวกและราคาถูก แต่ถ้าเป็นการผลิตของโรงงานอาหารสัตว์จะต้องใช้เครื่องอัดเม็ดแบบจม หรือเครื่องอัดเม็ดลอยซึ่งมีราคาแพงหลายล้านบาท (เจษฎา, 2547)

5.การทำให้แห้ง

เป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับการทำอาหารแห้งเท่านั้น เพื่อลดความชื้นในอาหารลง และจะช่วยลดการสูญเสียสารอาหารจากการละลายน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้สามารถเก็บได้นานโดยไม่ขึ้นรา การทำให้อาหารแห้งสามารถทำได้โดยการเกลี่ยอาหารให้เป็นชั้นบางๆ บนพื้น ซีเมนต์หรือตะแกรงแล้วใช้พัดลมพัด หรือตากแดด ความชื้นในอาหารจะระเหยออกไป อาหารที่ได้จะเป็นอาหารเม็ดจมน้ำชนิดแห้ง (พิศมัย, 2004)

อาหารที่ผ่านการอัดเม็ดจะมีความชื้นสูง และมีอุณหภูมิประมาณ 90 °C ดังนั้นจำเป็นต้องนำมาลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปให้ปลาหรือสัตว์น้ำกิน และเพื่อให้สามารถเก็บรักษาอาหารเม็ดได้ระยะเวลาหนึ่งโดยไม่เกิดเชื้อรา การลดความชื้นในอาหารเม็ดดังกล่าวทำได้หลายวิธีโดย ถ้าเป็นการผลิตอาหารใช้เองในฟาร์มก็นิยมที่จะนำมาเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ บนพื้นที่สะอาดแล้วตากแดดให้แห้ง หรือถ้าเป็นการผลิดอาหารทดสอบ ศึกษาความต้องการธาตุอาหารของปลาก็อาจเกลี่ยเป็นชั้นบางๆ ในตู้อบหรือใช้พัดลมเป่าให้แห้ง แต่ถ้าเป็นการผลิตของโรงงานอาหารสัตว์ จะมีการใช้เครื่องอบแห้งอย่างดี

ซึ่งจะใช้เวลาอบแห้ง ประมาณ 20-30 นาที ก็จะทำให้ความชื้นเหลือประมาณ 10เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำมาร่อนผ่านตะแกรงเพื่อนำเอาเศษฝุ่นที่ติดกับอาหารเม็ดออกไป จึงทำการเก็บบรรจุต่อไป (เจษฎา, 2547)

6.การบรรจุ

หลังจากอาหารแห้งแล้ว และมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องแล้ว จึงพร้อมที่จะได้รับการบรรจุเข้าหีบห่อ เพื่อเก็บหรือจำหน่ายต่อไป ในการบรรจุนอกจากจะมีการบันทึกรายละเอียดที่จำเป็นบนหีบห่อ เช่น รหัส วันบรรจุ น้ำหนักอาหาร และคุณค่าทางอาหารแล้วควรพิจารณาถึงวัสดุที่จะใช้ทำการหีบห่อด้วย วัสดุที่ใช้ควรมีคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันความชื้นไม่ให้ซึมผ่านเข้าสัมผัสกับอาหารได้ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารเสื่อมคุณภาพเร็ว (เจษฎา, 2547)

มูลสุกร และมลภาวะที่เกิดขึ้น

ข้อมูลจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดระบุว่า ในปี พ.ศ. 2549 มีจำนวนฟาร์มสุกรทั้งสุกรขุนและสุกรพันธุ์ 33,939 ฟาร์ม จังหวัดที่มีฟาร์มสุกรมากที่สุด คือ จังหวัดนครปฐม มีจำนวนมากกว่า 2,000 ฟาร์ม จังหวัดที่มีจำนวนสุกรมากที่สุด คือ จังหวัดราชบุรี มีจำนวน 1,608,296 ตัว ฟาร์มส่วนมากมักตั้งใกล้แหล่งน้ำและปล่อยมูลและของเสียลงแม่น้ำโดยตรงโดยไม่ผ่านการบำบัดก่อน

ปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงสุกรมีผลกระทบต่อสุขภาพคน สัตว์เลี้ยง และสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญได้แก่

1. <u>กลิ่นเหม็นและก๊าซพิษ</u> ปฏิกิริยาของแบคทีเรียในการย่อยสะลายสิ่งขับถ่ายของสุกรที่เกิดขึ้นในสภาพใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนไตรท์ ไนเตรท สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบซัลเฟต ส่วนในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซมีเทน แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (Miller, 1980) โดยเฉพาะก๊าซแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพิษต่อคนและสุกรที่เลี้ยง

1.1. ผลกระทบต่อผู้เลี้ยงและผู้ที่อยู่อาศัยบริเวณใกล้เคียง ถ้าก๊าซแอมโมเนียมีความเข้มข้นในอากาศ 40 ppm ผู้ที่ได้รับจะเกิดอาการระคายเคืองตา จมูก คอ เมื่อสัมผัสนานเกิน 20 นาที และถ้ามีความเข้มข้นในอากาศ 400 ppm ผู้ที่ได้รับจะแสดงอาการเวียนศีรษะ มีอาการทางประสาท เป็นปอดบวมได้ง่ายเมื่อสัมผัสภายใน1ชั่วโมง ถ้าอุณหภูมิในอากาศสูงขึ้น กลิ่นจะยิ่งเพิ่มขึ้น ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หากมีความเข้มข้นในอากาศ 500 ppm ผู้ที่ได้รับจะแสดงอาการคลื่นเหียน ขี้ตกใจ และสลบเมื่อสัมผัสภายใน 30 นาที และที่ความเข้มข้นในอากาศมากกว่า 600 ppm เมื่อสัมผัสจะตายอย่างรวดเร็ว

1.2 ผลกระทบต่อสุกรที่เลี้ยงในฟาร์ม เมื่อได้รับก๊าซแอมโมเนียที่ความเข้มข้นในอากาศ 50 ppm อาจทำให้ผลผลิตสุกรลดลง ติดโรคปอดบวมได้ง่ายเมื่อได้รับต่อเนื่องเป็นเวลานาน และถ้าความเข้มข้นในอากาศมากกว่า 300 ppm จะแสดงอาการระคายเคืองจมูก ปาก หายใจไม่สม่ำเสมอ หอบ สั่น ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ความเข้มข้นในอากาศ 20 ppm เมื่อได้รับจะมีอาการกลัวแสง เบื่ออาหาร ตกใจง่าย และถ้าความเข้มข้นในอากาศ 200 ppm จะแสดงอาการน้ำท่วมปอด หายใจลำบาก สลบ และตาย (พันทิพา, 2539)

2. เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หนอน แมลงวัน และยุง มูลสุกรที่สะสมอยู่ในฟาร์มนอกจากมีกลิ่นแล้ว ยังเป็นแหล่งแพร่เชื้อมาสู่คน เช่น โรคท้องร่วง (สุภัทร, 2531) โดยมีแมลงวันที่เกิดขึ้นในฟาร์มเป็นพาหะนำโรคมาสู่คน อีกทั้งแมลงวันจะสร้างความรำคาญให้แก่สุกรที่เลี้ยง ในกรณีที่สุกรมีบาดแผล แมลงวันจะเข้าไปกินเนื้อเยื่อบาดแผลทำให้แผลหายช้า (อุดมและบุญเสริม, 2526)

3.ทำลายสิ่งแวดล้อมในฟาร์มและบริเวณใกล้เคียง ของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะมูลเหลว ปัสสาวะ รวมทั้งน้ำล้างคอก ถ้ามีวิธีการจัดการไม่เหมาะสมจะไหลลงสู่ คู คลอง หนอง และบึงที่อยู่ใกล้ฟาร์ม เกิดการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของสุกร ทำให้ไม่สามารถนำมาอุปโภคบริโภคได้ แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามธรรมชาติถูกทำลาย เนื่องจากน้ำเน่าเสีย ทำให้จำนวนสัตว์น้ำลดลง ความรุนแรงของปัญหานี้จะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝน (นิรนาม ก, 2540)

ดังจะกล่าวได้ว่าส่วนประกอบทางเคมีและปริมาณมูลสุกรที่ขับถ่ายออกมาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว พันธุ์ อาหาร ปริมาณน้ำที่กิน ความสามารถในการย่อยใช้อาหาร สิ่งแวดล้อม และการจัดการเกี่ยวกับของเสีย (ตารางที่1) สิ่งขับถ่ายของสุกรจะมีมูลเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 46 เปอร์เซ็นต์ และปัสสาวะ 54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของน้ำหนักสด แต่หากคิดเป็นน้ำหนักแห้งจะมีมูล 77 เปอร์เซ็นต์ และปัสสาวะ 23 เปอร์เซ็นต์ มูลจะมีความเป็นกรดด่างประมาณ 7.2-8.2 ส่วนประกอบทางเคมีของมูลจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วภายหลังขับถ่ายออกมาแล้ว (Mullre, 1980)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)ของสิ่งขับถ่ายของสุกร ปริมาณ 2,050 – 2,350 กิโลกรัม/ตัว/ปี

ชนิดของสิ่งขับถ่าย	ความชื้น	อินทรีย์ วัตถุ	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
มูล	82.0	16.0	0.6	0.5	0.4
ปัสสาวะ	94.0	2.5	0.4	0.05	1.0

ดัดแปลงจาก: กรมวิชาการเกษตร (2540)

หลักการทำงานของกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Digestion)

ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Hydrolysis ขั้นตอนนี้อินทรีย์สารที่อยู่ในรูปโมเลกุลใหญ่ แบคทีเรียไม่สามารถจะย่อยสลายได้ทันที จำเป็นที่จะต้องมีการทำให้เกิดการแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กเสียก่อน โดยมีเอนไซม์ที่ปล่อยมาจากแบคทีเรียช่วยเร่งการแตกตัวของโมเลกุล อาจจะมีโมเลกุลของอินทรีย์สารบางชนิดถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของแบคทีเรียได้โดยตรง โดยไม่ต้องทำให้เกิดการแตกตัวก่อน

ขั้นตอนที่ 2 Acidogenesis ขั้นตอนนี้แบคทีเรียจะทำการย่อยสลายโมเลกุลที่แตกตัวจากโมเลกุลใหญ่ที่มาจากขั้นตอนแรกให้เป็นกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ซึ่งได้แก่ Acetic Acid, H_2O และ CO_2 เป็นต้น แบคทีเรียที่ใช้นี้เป็นแบคทีเรียที่อยู่ได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน หรืออาจเรียกว่าเป็นพวก Acid Former Bacteria

ขั้นตอนที่ 3 Methanogenesis ในขั้นตอนนี้แบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า Methanogens หรือ Methane Forming Bacteria จะทำการเปลี่ยน Acetic Acid และก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียพวกนี้เป็นชนิดที่ต้องอยู่ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนจริง ๆ (Obligate Anaerobic Bacteria) ในปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ Acetic Acid เนื่องจากปฏิกิริยาต่อไปนี้

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

$$CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

จากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้อากาศข้างต้น ผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น คือ ก๊าซชีวภาพ องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน(CH_4) 50-70 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 30-50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น แอมโมเนีย(NH_3), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และ ไอน้ำ (H_2O) เป็นต้น

น้ำมูลหมักและกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

ส่วนของมูลสุกรที่ผ่านการหมักแบบไร้อากาศแล้ว จะถูกหมักย่อยในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจะถูกดึงออกมาด้านท้ายของบ่อหมัก ซึ่งน้ำมูลหมักนี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ทันทีหากมีแปลงปลูกพืชอยู่ในบริเวณเดียวกัน

น้ำมูลหมัก

น้ำมูลหมักนี้จะเป็นของเหลวข้นที่เกือบไม่มีกลิ่น ธาตุคาร์บอนที่มีอยู่ในสารอินทรีย์จะลดลง ทำให้อัตราส่วนของ C:N แคบลงกว่าที่มีอยู่เดิมในมูลสัตว์ ส่วนธาตุไนโตรเจน พบว่ามีการเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบแอมโมเนียซึ่ง พืชสามารถนำไปใช้ได้ดีกว่าอยู่ในรูปไนเตรท ละลายน้ำได้ง่าย เมื่อวิเคราะห์ส่วนของน้ำมูลหมักพบว่ามีส่วนประกอบ ดังนี้ส่วนประกอบทางเคมีที่ได้มีค่าดังตารางที่ 2 และยังมีสารอินทรีย์ส่วนที่สลายตัวต่อไปได้ในดินและค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารอื่น ๆ ให้พืชในระยะยาวได้ด้วย

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำมูลหมักที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศแล้ว

องค์ประกอบ	สัดส่วน(เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	86.2
วัดถุแห้ง	13.8
ไนโตรเจน	0.373
ฟอสฟอรัส	0.347
โพแทสเซียม	0.208

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2551)

กากเหลือจากการหมักมูลสุกร

ส่วนของน้ำมูลหมักเมื่อนำมาผ่านลานแยกตะกอน จะได้ส่วนของกากตะกอนที่ตากแห้ง หรือที่ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งมีธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ดังตารางที่ 3 และมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการทำเป็นปุ๋ยสำหรับการปลูกพืชไร่ และ พืชผัก แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่มีอยู่ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสม จึงควรนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุกร เพื่อใช้ในฟาร์มได้

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบทางเคมีของกากเหลือจากการหมักมูลสุกร

ธาตุที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้ (เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก)
ไนโตรเจน	2.60
P_2O_5	0.49
K_2O	0.25
Fe	0.18
Zn	0.21
Cu	0.15
Mn	0.06

ที่มา: สุกัญญา และ คณะ (2550)

การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำมักจะทำการศึกษาใน 3 ด้านคือ ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ การวัดคุณภาพน้ำโดยทั่วไปนิยมศึกษาทางด้านกายภาพและเคมี

ปัจจัยทางกายภาพ คือ **อุณหภูมิ (temperature)** ของน้ำสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนในน้ำลดลง นอกจากนี้นันทนา (2544) ยังกล่าวว่าอุณหภูมิของแหล่งน้ำจะมีผลกระทบต่อการแพร่กระจายและความหนาแน่นของสิ่งมีชีวิตซึ่งสอดคล้องกับ Smith (1950) ที่กล่าวว่า อุณหภูมิมีความสำคัญต่อการเพิ่มและลดของอัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายและมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืชด้วย

ความขุ่น (turbidity) เป็นผลจากอนุภาคแขวนลอยพวกสารอนินทรีย์และของแข็งที่เป็นสารอินทรีย์เช่น ดินเหนียว ดินโคลน อนุภาคคาร์บอเนต แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่างๆ ในน้ำ พวกอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยเหล่านี้จะเป็นสาเหตุทำให้แสงที่ส่องลงในน้ำเกิดการกระจายออกและดูดซึมแสงบางส่วนเอาไว้ ทำให้แสงส่องลงไปในน้ำ ที่ระดับความลึกมากขึ้นจะมีปริมาณแสงลดลง (นันทนา , 2544)

ปัจจัยทางเคมี คือ **ความเป็นกรดด่าง (pH)** น้ำธรรมชาติจะมีค่าอยู่ในช่วง 4.0-9.0 แต่ช่วงความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตในน้ำจะมีค่าอยู่ในช่วง 6.0-8.0 น้ำธรรมชาติส่วนมากมักจะมีค่าความเป็นกรดด่างมากกว่า 7 ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากในน้ำมีปริมาณอิออนพวกไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ

ค่าความเป็นด่าง (alkalinity) ซึ่งเป็นความสามารถในการสะเทินของกรดแก่ของน้ำ (acid-neutralizing capacity) ความเป็นด่างของน้ำตามธรรมชาติเกิดขึ้นเนื่องจากอนุมูลต่างๆ หลายชนิดด้วยกัน แต่อนุมูลที่ทำให้เกิดความเป็นด่างในน้ำตามธรรมชาติส่วนใหญ่แล้ว ได้แก่ อนุมูล ไฮดรอกไซด์ อนุมูลคาร์บอเนต และอนุมูลไบคาร์บอเนต นันทนา (2544) และวิไลลักษณ์ (2540) กล่าวว่าโดยทั่วไปค่าความเป็นด่างในน้ำตามธรรมชาติจะอยู่ในช่วง 10-200 $mg.l^{-1}$

ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) เป็นค่าคงที่ที่แสดงถึงความสามารถของน้ำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิด และปริมาณอิออนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่แตกตัวละลายอยู่ในน้ำ เป็นค่าที่จะอธิบายถึงปริมาณความเข้มข้นของสารละลาย ถ้ามีสารละลายปะปนอยู่ในปริมาณมาก ก็จะทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามากด้วย ประโยชน์ที่ได้จากค่าการนำไฟฟ้าคือใช้ในการคาดคะเนผลของประจุไฟฟ้าต่างๆ ที่มีผลต่อสมดุลทางเคมีและผลทางกายภาพที่มีต่อพืชและสัตว์ (กรรณนิการ์, 2525)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen หรือ DO) เป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางชีวภาพและชีวเคมีที่เกิดขึ้น ก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจืดจะมาจากบรรยากาศหรือมาจากผลิตผลสุดท้ายของกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของพืชน้ำต่างๆ รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชด้วย นอกจากนั้น DO ยังถูกใช้ในกระบวนการหายใจและปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ โดยทั่วไปนั้นความเข้มข้น DO ในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5-7 $mg.l^{-1}$ และค่า DO มีค่าต่ำกว่า 3 $mg.l^{-1}$ จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ Trainor (1978) ได้กล่าวว่า ปริมาณของ DO ในทะเลสาบจะขึ้นอยู่กับความลึกและฤดูกาล นอกจากนี้ปริมาณ DO ยังขึ้นอยู่กับการไหลของน้ำและปริมาณของพืชน้ำโดยออกซิเจนจะละลายอยู่ในน้ำที่มีการเคลื่อนไหวได้รวดเร็วมากกว่าน้ำที่นิ่งหรือไหลได้ช้ากว่าและพืชน้ำจะช่วยเพิ่มออกซิเจนโดยการสังเคราะห์แสง

ปัจจัยทางเคมีสุดท้ายที่กล่าวถึงคือ **สารอาหาร (nutrients)** ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยเฉพาะสาหร่ายจะใช้ในการเจริญเติบโตของเซลล์ กิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมในกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยแร่ธาตุหลักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายประกอบด้วยไนโตรเจนซึ่งจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไนโตรเจน ไนเตรทไนโตรเจน และฟอสฟอรัสซึ่งมักอยู่ในรูปของฟอสเฟต(ลัดดา, 2538)

ไนเตรท ไนโตรเจน (nitrate nitrogen) Chapman &Chapman (1973) กล่าวว่าสาหร่ายสามารถใช้ไนเตรท เกลือแอมโมเนียม และไนโตรเจนอินทรีย์เป็นแหล่งสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตและสาหร่ายบางชนิดสามารถใช้ไนไตรท์ และตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่มีเฮเทอโรซิสต์ ตามปกติแล้วพบว่าไนเตรทไนโตรเจนจะมีปริมาณค่อนข้างต่ำในน้ำธรรมชาติ โดยจะพบความเข้มข้นของไนเตรทไนโตรเจนไม่เกิน 10 $mg.l^{-1}$

แอมโมเนียมไนโตรเจน (ammonium nitrogen) เป็นไนโตรเจนอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งตามธรรมดาแล้วในแหล่งน้ำทั่วไปจะมีปริมาณแอมโมเนียมและสารประกอบแอมโมเนียมละลายอยู่เพียงเล็กน้อย หรือน้อยกว่า 1 $mg.l^{-1}$ เปี่ยมศักดิ์ (2538) กล่าวว่าในน้ำเสียความเข้มข้นของแอมโมเนียมจะเพิ่มมากขึ้นและมีความเข้มข้นมากกว่า 1 $mg.l^{-1}$ ในบางครั้งถ้าน้ำเสียมากความเข้มข้นของแอมโมเนียมอาจมีค่ามากกว่า 10 $mg.l^{-1}$ และในกรณีที่แหล่งน้ำมีปริมาณแอมโมเนียมสูงจะเกิดพิษต่อสิ่งมีชีวิตโดยจะไปเพิ่ม pH ของน้ำให้สูงขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนพืชกับไนโตรเจนพบว่าแพลงก์ตอนพืชใช้แอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ถูกนำไปใช้มาก ประมาณ 79% ของปริมาณสารประกอบไนโตรเจนทั้งหมด รองลงมาคือไนเตรท ไนโตรเจน และไนไตรท์ตามลำดับ แพลงก์ตอนพืชสามารถนำแอมโมเนียมไปสร้างกรดอะมิโนได้โดยตรง

ฟอสเฟต (phosphate) ในแหล่งน้ำมี 3 ชนิดคือ ออร์โธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต และฟอสเฟตอินทรีย์ โดยมักพบในรูปของออร์โธฟอสเฟต ในแหล่งน้ำธรรมชาติมักมีฟอสเฟตปริมาณน้อย ยกเว้นแต่ได้รับการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์ ฟอสเฟตเป็นสารอาหารจำกัดสำหรับการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ถ้ามีในปริมาณมากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า eutrophication ได้

แพลงก์ตอนพืช (phytoplanktons) จะใช้หลักการที่ว่าแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการสารอาหารต่างๆ ไม่เท่ากัน โดยทั่วไปสามารถจะแบ่งแหล่งน้ำตามปริมาณของสารอาหาร (trophic level) ออกเป็น 3 ระดับ คือ แหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย (oligotrophic) น้ำจะมีคุณภาพดี แหล่งน้ำที่มีสารอาหารปานกลาง (mesotrophic) น้ำมีคุณภาพปานกลาง และแหล่งน้ำที่มีสารอาหารมาก (eutrophic) น้ำมีคุณภาพไม่ดี (ยุวดี, 2549)

ในแหล่งน้ำแต่ละสภาพจะมีสาหร่ายที่อยู่ในรูปของแพลงก์ตอนพืชแตกต่างกันดังนี้ ในแหล่งน้ำที่สะอาดมีสารอาหารน้อย จะพบแพลงก์ตอนพืชหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีจำนวนปานกลาง ซึ่งมักพบสาหร่ายพวกไดอะตอม เช่น *Cyclotella* spp., *Tabellaria* spp. สาหร่ายสีเขียวพวกเดสมิดส์ เช่น *Cosmarium* spp., *Closterium* spp., *Staurastrum* spp. และสาหร่ายใน Division Chrysophyta เช่น *Dinobryon* spp. ส่วนแหล่งน้ำที่มีคุณภาพปานกลางหรือสารอาหารปานกลางนั้นจะพบแพลงก์ตอนพืชหลายชนิดมากกว่าแหล่งน้ำที่มีสารอาหารน้อย ซึ่งแต่ละชนิดจะมีจำนวนมาก โดยพบสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และ ไดอะตอมชนิด แต่ส่วนใหญ่จะเป็นพวกไดโนแฟลกเจลเลต เช่น *Peridinium* spp. และ *Ceratium* spp. ส่วนแหล่งน้ำที่สกปรกมีสารอาหารมากจะพบว่ามีชนิดของแพลงก์ตอนพืชน้อยมาก แต่จะพบเป็นจำนวนมาก โดยจะพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินพวก *Oscillatoria* spp. และสาหร่ายพวกยูกลีนอยด์ เช่น *Euglena* spp., *Phacus* spp., *Trachelomonas* spp. และไดอะตอมพวก *Nitzschia* spp. (Peeraprnpisal, 2007)

กลิ่นโคลน (off-flavor)

กลิ่นโคลน (off-flavor) ที่พบในสัตว์น้ำมีผลกระทบต่อการนำเข้าสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมทางด้านประมงอย่างมาก เนื่องจากกลิ่นโคลนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสัตว์น้ำไม่ยอมรับ (Persson, 1982) โดยสัตว์น้ำที่พบปัญหาดังกล่าวได้แก่ ปลากดอเมริกัน (Martin *et al.*, 1990) ปลาแซลมอน (Farmer *et al.*, 1995) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Form and Horlyck, 1984) ปลาเฮอร์ริ่ง และปลาคาร์พ (Yurkowski and Tabachek, 1980) หอยกาบ (Tanchotikul and Hsieh, 1990) กุ้ง (Lovell and Broce, 1985)

กลิ่นโคลนเกิดจากสารที่จำเพาะเจาะจงหลายอย่าง ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ในสัตว์น้ำ แต่สารที่เป็นตัวหลักที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนมี 2 ชนิด คือ จีออสมิน (1α, 10 β-dimethyl-9 α-decalol: geosmin) และเอ็มไอบี (2-methylisoborneol: MIB) โดยเป็นสารประกอบแอลกอฮอล์อิ่มตัว (Saturated cyclic tertiary alcohol) ที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์ขึ้นในวิถีเทอร์ปีน (terpene pathway) โดยสารประกอบจีออสมินสร้างขึ้นจากสารประกอบฟานิซิล-ไพโรฟอสเฟต (Farnesyl-PP) และสารประกอบเอ็มไอบีสร้างขึ้นจากสารประกอบเจอรานิล-ไพโร ฟอสเฟต (Geranyl-PP) (Van Der Ploeg, 1989)

สารประกอบจีออสมิน (trans-1, 10,-dimethyl-trans-9-decalol)($C_{12}H_{20}O$) และสารประกอบเอ็มไอบี (2-methylisoborneol) หรือ 1,2,7,7–tetramethylexo-bicyclo (2.2.1) heptan-2-ol ($C_{11}H_{20}O$) เป็นสารประกอบพวกแอลกอฮอร์อิ่มตัวที่ระเหยได้ โครงสร้างประกอบด้วยหมู่เมทิลและหมู่ไฮดรอกซิล (Izaguirre *et al.*, 1982) สารประกอบทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติทั่วไปคือ ละลายในไขมันได้ดี ไม่ชอบน้ำสูง เป็นสารแปลกปลอมสำหรับสิ่งมีชีวิต โดยกระจายตัวและสะสมในเนื้อเยื่อที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจะกำจัดออกได้ยากจึงก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (Johnsen *et al.*, 1996) แต่อย่างไรก็ตามสารประกอบทั้งสองชนิดไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธ์ (Dionigi *et al.*, 1993)

ปัญหากลิ่นโคลนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปลากินสารประกอบกลิ่นโคลนเข้าไปโดยตรง หรือมีการปนเปื้อนกับสิ่งที่ปลากิน หรือผ่านเข้าสู่ตัวปลาโดยการดูดซึมในส่วนของอวัยวะต่างๆ (Tanchotikul, 1990) สัตว์น้ำสามารถดูดซึมสารเมแทบอไลต์ที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนผ่านเหงือก หรือเนื้อเยื่อต่างๆ ที่สัมผัสน้ำ มากกว่าการกินสาหร่ายหรือแบคทีเรียที่ผลิตสารโดยตรง (Form and Horlyck, 1984) ไปสะสมอยู่ในร่างกายโดยเฉพาะเนื้อเยื่อที่มีไขมันสูง (Martin *et al.*, 1990) ส่วน Rungreungwudhikrai (1995) ที่พบว่าปลานิลจากบ่อเลี้ยงในภาคกลางมีความเข้มข้นของสารกลิ่นโคลนในเนื้อที่สูง เมื่อใช้อาหารสำเร็จรูปร่วมกับการใช้ปุ๋ยในบ่อ โดยบ่อที่ใส่ปุ๋ยยูเรียมีผลให้ปริมาณสารกลิ่นโคลนในเนื้อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยมูลสัตว์ ส่วนบ่อที่ให้อาหารสำเร็จรูปอย่างเดียวพบว่ามีผลให้สารกลิ่นโคลนในเนื้อปลาต่ำ

Whangchai *et al* (2008) ศึกษาผลของการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวต่อการเจริญเติบโตและการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลานิลแดง พบว่าผลการเลี้ยงด้วยระบบน้ำเขียวโดยใช้ปุ๋ยมูลไก่ ไม่เพียงแต่ช่วยในการเจริญเติบโตของปลาเท่านั้น แต่ยังทำให้เกิดการสะสมของสารประกอบจีออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลแดงด้วย โดยสารประกอบจีออสมินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ actinomycetes ในดินพื้นบ่อ ในขณะที่สารประกอบเอ็มไอบีจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของ cyanobacteria

Casey *et al.* (2004) ได้ทำการทดสอบหากลิ่นโคลนในฟาร์มปลากดอเมริกัน (channel catfish) โดยใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิธีการสกัดของแข็ง และวิธีเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี พบว่าปลากดอเมริกันที่ทำการสุ่มตรวจพบว่ามีสารประกอบเอ็มไอบีมีค่าอยู่ที่ 0.1 และ 0.2 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ส่วนสารประกอบจีออสมินมีค่าอยู่ที่ 0.25 และ 0.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งพบว่าปริมาณสารประกอบจีออสมินมีประมาณมากกว่าสารประกอบเอ็มไอบี

Yamprayoon and Noomhorm (2000) ได้ทำการศึกษาการดูดซึมและการแพร่กระจายทางชีวภาพของสารจีออสมินในปลานิล พบว่า การพักปลานิลในน้ำที่มีสารละลายจีออสมินเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อลิตร จะทำให้ปลานิลจะค่อยๆ ดูดซึมสารจีออสมินเข้าสู่ตัวเพิ่มขึ้น โดยแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายปลา ตั้งแต่เวลา 0-72 ชั่วโมง

สุพรรษา และคณะ (2551) ศึกษาผลของอาหารต่อการเจริญเติบโตและการสะสมกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลาบึก พบว่า ปลาที่ได้รับอาหารในอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอาหารที่ให้ปลากินจนอิ่ม จะมีการเจริญเติบโตดีที่สุด และทำให้การสะสมปริมาณสารจีออสมินและเอ็มไอบีน้อยที่สุด

ชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารเอ็มไอบีและจีออสมินในน้ำ ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจีออสมินหรือเอ็มไอบีในน้ำก็จะมีความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) สาหร่ายในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญได้ดี ภายใต้สภาวะที่มีอากาศอยู่น้อย เนื่องมาจากหากสภาวะที่น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง จะส่งผลทำให้สาหร่ายกลุ่มนี้ไม่สามารถจับกับไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เมื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเติบโตและรวมตัวกันอย่างหนาแน่นบริเวณพื้นผิว ทำให้การส่องผ่านของแสงแดดลงสู่น้ำลดลง มีผลไปยับยั้งการเจริญของพืชน้ำชนิดอื่นๆ ที่ผลิตออกซิเจนในน้ำ (Milie *et al.*, 1992)

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการสะสมกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ ได้แก่ ปริมาณสารอาหารในน้ำ โดย Sivonen (1982) รายงานว่าในสภาวะที่ธาตุอาหารในน้ำสูงมาก (eutrophic water condition) ซึ่งเป็นผลมาจากการให้อาหารสัตว์น้ำที่มากเกินไป ส่งผลทำให้มีอาหารตกค้างภายในบ่อ หรือเกิดจากการเลี้ยงปลาที่หนาแน่นเกินไป และระบบการจัดการในการเลี้ยงที่ไม่ดี ก็เป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ก้นบ่อมาก ดังนั้นหากเพื่อป้องกันปัญหาควรมีการจัดการเกี่ยวกับระบบน้ำที่จะใช้ทำการเพาะเลี้ยง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงชีวภาพ (Yurkowski and Tabachek, 1980) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงช่วง 25–35 °C โดย Martin *et al.* (1987) พบว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 30 °C จะทำให้ปลามีกลิ่นโคลนเกิดขึ้นได้ ส่วน

Johnsen and Lloyd (1992) กล่าวว่า การดูดซึมและสะสมสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลนขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณไขมันในปลา โดยปลาที่มีปริมาณไขมันมากสามารถสะสมสารประกอบกลิ่นได้มากกว่าปลาที่มีไขมันต่ำ

การป้องกันและกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์

1. การป้องกันกลิ่นโคลนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยง ปัญหากลิ่นโคลนที่พบในสัตว์น้ำมักเกิดขึ้นกับฟาร์มที่มีระบบการจัดการที่ไม่ดี ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ดังนั้น ฟาร์มต่างๆ ควรมีระบบการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นโคลนขึ้น (ทวีทรัพย์, 2542) แต่เนื่องจากการควบคุมการเจริญของสิ่งมีชีวิตที่สร้างสารให้กลิ่นโคลนเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก ถ้าสภาพน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่ผลิตสารให้กลิ่นโคลนอยู่มาก แต่ก็ทำได้ Lovell (1976) แนะนำว่า ควรมีวิธีการให้อาหารและการควบคุมปริมาณอาหารให้เหมาะสม และให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของสาหร่ายที่ทำให้เกิดกลิ่นโคลนหรือถ้าเป็นไปได้ควรทำการเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงเพื่อกำจัดเศษสารอาหารที่เหลือในบ่อ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปลาเกิดปัญหามีกลิ่นโคลนรุนแรงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เกษตรกรจึงหาวิธีการต่างๆ เพื่อที่จะกำจัดและควบคุมไม่ให้ปลามีกลิ่นโคลน ก็มีการปฏิบัติกันมากในเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา catfish ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้สารคอปเปอร์ซัลเฟต เติมลงในน้ำเพื่อทำลายเซลล์สาหร่าย แต่วิธีนี้ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อลดลงและเป็นการแก้ปัญหาเพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะสารให้กลิ่นโคลนที่สะสมอยู่ในอนุภาคต่างของเซลล์แตก และถูกดูดซึมเข้าสู่ตัวปลาอย่างรวดเร็ว (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) อีกทั้ง สารประกอบที่ให้กลิ่นโคลนทั้งจีออสมินและเอ็มไอบียังทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีจึงยากที่จะใช้สารเคมีกำจัดให้หมดไป

2. การกำจัดกลิ่นโคลนในปลามีชีวิต ปัจจุบันมีรายงานการศึกษาวิธีการกำจัดกลิ่นโคลนที่เหมาะสมและให้ผลดี คือ การกักปลาไว้ในบ่อจนกว่ากลิ่น-รสจะดีขึ้นหรือย้ายปลามาพักในบ่อที่มีน้ำสะอาดหลังจากจับปลามาในสภาพยังมีชีวิต เพื่อให้ปลากำจัดกลิ่นออกจนกว่าคุณภาพทางด้านกลิ่น-รสจะเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม ยังคงไม่ทราบกลไกที่แน่ชัดในการกำจัดกลิ่นโคลนออกจากตัวอย่าง (Johnson *et al.*, 1996) ในปลากดอเมริกันสามารถลดกลิ่นโคลนลงได้ด้วยการพักปลาไว้ในน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองมาแล้วเป็นเวลาหลายๆวัน แต่ก็จะพบว่าการลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในปลาจะช้าลงเมื่อระดับของสารให้กลิ่นโคลนที่พบมีระดับต่ำลง (Yurkowski and Tabachek, 1980)

3 การใช้ปลากินพืชลดปริมาณแพลงก์ตอน

การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นปัญหาอย่างมากในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทางเขตอบอุ่น เนื่องจากแสงแดดและสารอาหารที่เหมาะสมทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนของเซลล์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วนี้เองทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการขาดออกซิเจนซึ่งส่งผลกระทบต่อสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ อีกทั้งกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดยังก่อให้เกิดการสะสมของสารพิษและกลิ่นโคลนในตัวสัตว์น้ำอีกด้วย (Phillips *et al.*,1985; Rabergh *et al.*,1991) การใช้ปลาที่กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารมาเป็นตัวช่วยในการลดปริมาณแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้ มีด้วยกันหลายชนิด เช่น ปลาตะเพียน และปลาซ่ง ที่สามารถลดปริมาณ *Microcystis* แต่ไม่สามารถลดปริมาณของแพลงก์ตอนพืชสีเขียวได้ เนื่องจากมีขนาดเล็กกว่า 10 μm (Miura, 1990) และจากการศึกษาถึงลำไส้ของปลานิลที่เป็นปลากินพืชก็พบว่าสามารถใช้ในการลดปริมาณของ *Microcystis* ได้ อีกทั้งยังพบว่าอัตราการกินของปลานิลจะอยู่ช่วง 6.4 – 17.1 x 10^6 cells/g/h ต่อมวลรวมของปลาในช่วง 2.3-22.3 g (Northcott *et al.*,1991 ; Dempster *et al.*, 1993)

4. การใช้จุลินทรีย์ในการลดสารก่อกลิ่น และยับยั้งการเจริญเติบโตของ filamentous cyanobacteria และ actenomycetes ชนิดที่สร้างกลิ่น Musty odor-degrading bacteria

การศึกษาการใช้จุลินทรีย์ในการลดกลิ่นมีการศึกษาการมาก และ พบว่า จุลินทรีย์ที่ช่วยในการลดกลิ่นมีหลายกลุ่ม เช่น *Pseudomonas spp.* *Flavobacterium spp.* และ *Bacillus spp.* ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จุลินทรีย์ที่ช่วยในการลดสารก่อกลิ่น และ ยังยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่สร้างกลิ่น

Microorganisms	Sample	Country	Literature
Pseudomonas spp.	lake water and sediment samples	USA(Lake Perris)	Izaguirre *et al.*(1988)
Pseudomonas aeruginosa	Biofilm	JAPAN(Lake Biwa)	Egashira *et al.*(1992)
Flavobacterium multivorum			
Flavobacterium spp.			
Pseudomonas sp.	backwash water	JAPAN(Lake Biwa)	Tanaka *et al* (1996)
Pseudomonas putida		JAPAN(Lake Biwa)	Oikawa *et al*(1995)
Bacillus spp.	backwash water	JAPAN (Lake Kasumigaura)	Ishida and Miyaji(1992)
Bacillus spp.	lake water	USA(Lake Manatee)	Lauderdale *et al* (2004)
Pseudomonas sp.	Biofilm	JAPAN(Lake Kasumigaura)	Sugiura *et al*(2006)

Tanaka *et al.* (1996) ทำการสำรวจและแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลาย 2-MIB จากตัวกรองชีวภาพจากโรงงานอุตสาหกรรม ประเทศญี่ปุ่น 2 สายพันธุ์คือ *Pseudomonas* sp. และ *Enterobacter* sp. โดยสามารถสลายสาร 2-methylisoborneol (2-MIB) ให้กลายเป็น 2-methylcampbene และ 2-methylenebornane (dehydration products) ในขณะนั้นสาร dehydration products ของ 2-MIB ที่ได้ยังทำให้เกิดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาดุกบ้างในช่วงฤดูหนาว แต่ในระยะเวลาต่อมามีการวิจัยของ Eaton และ Sandusky (2009) โดยศึกษาการเปลี่ยนสภาพของ 2-MIB โดยแบคทีเรียกลุ่ม Camphor-Degrading Bacteria (การบูรมีโครงสร้างใกล้เคียงกับ 2-MIB หรือ 2-MIB substrate analog) ได้แก่ *Pseudomonas* sp. และ *Rhodococcus* sp. ซึ่งสาร metabolites ที่ได้ไม่มีกลิ่นและรส หรืออาจมีน้อยมากเมื่อเทียบกับสาร 2–

MIB ซึ่งก็ได้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาในแบคทีเรียกลุ่ม terpene-degrading bacteria โดย Eaton และ Sandusky (2010) ซึ่งทำการสลาย (เปลี่ยนสภาพ) ของสารจีออสมินให้กลายเป็นสาร 2-ketogeosmin และ 7-ketogeosmin ซึ่งไม่มีกลิ่นได้

Saadoun and El-Migdadi (1998) ทำการศึกษาการย่อยสลายจีออสมินทางชีวภาพ โดยใช้แบคทีเรียแกรมบวก 7 ชนิด ได้แก่ *Bacillus* spp., *Arthrobacter* spp. *Chlorophenolicus* N-1053 และ *Rhodococcus maris* พบว่า *Arthrobacter atrocyaneus*, *Arth. globiformis*, *Chlorophenolicus* N-1053 และ *Rhodococcus maris* สามารถย่อยสลายสารจีออสมินได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในมูลสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศของฟาร์ม

เนื่องจากในฟาร์มสุกรแต่ละแห่งมีการให้อาหารสุกรในอัตราโปรตีนที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นที่แท้จริง จึงควรศึกษามูลสุกรจากฟาร์มดังกล่าวก่อน โดยเก็บตัวอย่างทุกเดือน เป็นเวลา 5 เดือน (เนื่องจากการเลี้ยงสุกรขุนต้องใช้ระยะเวลา 150 วัน ดังนั้น อาหารที่ให้จะมีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน) นำมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน และแร่ธาตุหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม รวมทั้งแร่ธาตุรอง

การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณของมูลสุกรที่เหมาะสมในการใช้เป็นอาหารปลานิล

2.1 การศึกษาระดับที่เหมาะสมของมูลสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแล้วในการเป็นวัตถุดิบอาหารปลานิล

วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 หน่วยการทดลอง แต่ละหน่วยการทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ

หน่วยการทดลองที่ 1 อาหารที่มีมูลสุกรเป็นส่วนผสม 0 เปอร์เซ็นต์

หน่วยการทดลองที่ 2 อาหารที่มีมูลสุกรเป็นส่วนผสม 5 เปอร์เซ็นต์

หน่วยการทดลองที่ 3 อาหารที่มีมูลสุกรเป็นส่วนผสม 10 เปอร์เซ็นต์

หน่วยการทดลองที่ 4 อาหารที่มีมูลสุกรเป็นส่วนผสม 15 เปอร์เซ็นต์

อาหารที่ผลิตให้ได้โปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-บ่าย) อัตราส่วนของการให้อาหาร 2-5 % ของน้ำหนักตัว/วัน ทำการเลี้ยงโดยใช้ระยะเวลา 120 วัน

2.2 การเตรียมตัวอย่างปลานิล

การเตรียมปลานิลอายุ 1 เดือนที่มีขนาดใกล้เคียง ปล่อยในอัตราส่วน 50 ตัวต่อตารางเมตร เพื่อทดลองในกระชัง โดยการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของปลาในแต่ละหน่วยการทดลองในการทดลอง บันทึกผล

2.3 การเตรียมกระชัง และโครงเหล็ก

เตรียมกระชังโดยใช้อวนมุ้งฟ้า โดยใช้กระชังสี่เหลี่ยมผืนผ้า 4.0 x 4.0 x 2.0 ลบ.ม. และติดตั้งกระชังโดยแขวนให้กระชังห่างกันประมาณ 1 เมตร จำนวน 12 กระชัง โครงทำด้วยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ใช้ถังพลาสติกเป็นทุ่นลอย กระชังแขวนลอยน้ำ

2.4 การเก็บข้อมูล

สุ่มวัดความยาว และน้ำหนัก ในแต่ละหน่วยการทดลอง ทุก 20 วัน เพื่อทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต เพื่อทำการประเมินจากการกินอาหารที่ให้ และเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ อัตราการรอด และผลผลิตดังนี้

1. น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

= น้ำหนักปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง – น้ำหนักปลาเมื่อเริ่มการทดลอง

2. อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%)

= [(น้ำหนักสุดท้าย-น้ำหนักเริ่มต้น) ÷ น้ำหนักเริ่มต้น] x 100

3. อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน) (ADG)

= (น้ำหนักเฉลี่ยสุดท้าย - น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น) ÷ จำนวนวัน

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (food conversion ratio, FCR)

= น้ำหนักอาหารที่ให้ ÷ น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่ม

5. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (%) (food conversion efficiency, FCE)

= (น้ำหนักสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้น ÷ น้ำหนักของอาหารที่กิน) x 100

6. อัตราการรอด (%)

= (จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ÷ จำนวนปลาเมื่อเริ่มการทดลอง) x 100

7. ผลผลิต

= น้ำหนักปลาสุดท้าย x จำนวนปลาเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

8. ตรวจสอบคุณภาพน้ำ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่นใส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) แอมโมเนีย ไนเตรท์ ไนเตรท ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ทุก ๆ เดือน วิธีการเก็บและใช้วิธีของ Standard Methods (1982) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์

คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์	เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์
1. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	Thermometer
2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	Titration Method หรือ pH meter
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)	DO meter
4. ปริมาณความขุ่น	Multiprobe
5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)	Indophenol Blue Method
6. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)	Cadmium Reduction Method
7. ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)	Ascorbic Acid method
8. คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll –a)	Spectrophotometric Determination
9. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	

9. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภา พด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช

2.5 การวิเคราะห์กลิ่นโคลน

การวิเคราะห์ proximate ของเนื้อปลา และกลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) ในเนื้อปลานิลจากการทดลอง โดยการวิเคราะห์กลิ่นโคลนจะสุ่มตัวอย่างปลา จำนวนซ้ำละ 3 ตัว/ครั้ง โดยใช้เครื่อง GC/MS ร่วมกับอุปกรณ์ SPME โดยใช้สารมาตรฐานจากบริษัท Sigma

ภาพที่ 2 เครื่อง Gas Chromatography /Mass Spectrum ที่ใช้ในการวิเคราะห์กลิ่นโคลน

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการของ Duncan's multiple rang test

ระยะเวลาทำการวิจัย เดือนตุลาคม 2553 – กันยายน 2554

สถานที่ทำการวิจัย คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ตารางที่ 5 แผนการดำเนินงานตลอดระยะเวลาการวิจัย

ปี/เดือน	2553			2554								
งานที่ปฏิบัติ	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. เตรียมอุปกรณ์เตรียมบ่อ	▬											
2. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในกากเหลือจากการหมักมูลสุกร	▬	▬	▬									
3. ศึกษาระดับที่เหมาะสมของมูลสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแล้วในการเป็นวัตถุดิบอาหารเลี้ยงปลานิล				▬	▬	▬	▬	▬				
4. ศึกษาการย่อยอาหารของปลานิล				▬	▬	▬	▬	▬	▬			
5. การวิเคราะห์กลิ่นโคลน				▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬		
6. รายงานฉบับสมบูรณ์											▬	▬

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในมูลสุกรที่ผ่านระบบบำบัดแบบไร้อากาศของฟาร์ม

ผลการศึกษาปริมาณของธาตุอาหารที่วิเคราะห์จากมูลสุกรที่เก็บจากฟาร์มเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า ปริมาณโปรตีน ธาตุอาหารหลัก และ ธาตุอาหารรองที่พบในแต่ละเดือนมีค่าดังตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบ พบว่า ปริมาณโปรตีนในมูลหมักสุกรที่เก็บตัวอย่างในแต่ละเดือนเป็นเวลา 5 เดือน มีค่าดังนี้ 17.32, 17.03, 16.79, 16.89 และ 17.43 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณธาตุอาหารหลัก พบว่า มีค่าดังนี้ ปริมาณไนโตรเจน มีปริมาณ 2.69, 2.22, 2.61, 2.54 และ 2.38 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก ปริมาณฟอสฟอรัส มีปริมาณ 0.34, 0.53, 0.64, 0.59 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก และ ปริมาณโปแตสเซียมมีค่า 1.12, 1.33, 1.07, 1.23 และ 1.35 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ ทองแดง แมงกานีส และ สังกะสี มีค่าในแต่ละเดือน ดังนี้ ปริมาณทองแดง 611.07, 609.05, 605.45, 610.3 และ 611.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณแมงกานีส 1030.13, 1021.14, 1033.33, 1029.33 และ 1030.03 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ ปริมาณสังกะสี 975.75, 980.5, 975.65, 956.55 และ 974.65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ปริมาณโปรตีนที่ตรวจสอบ พบว่า ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยของมูลสุกรหมักตลอด 5 เดือน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.09 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณธาตุอาหารหลักมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ปริมาณไนโตรเจน มีปริมาณ 2.48 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก ปริมาณฟอสฟอรัส มีปริมาณ 0.55 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก และ ปริมาณโปแตสเซียมมีค่า 1.22 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก ปริมาณธาตุอาหารรอง มีค่าเฉลี่ย ดังนี้ ปริมาณทองแดง 609.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณแมงกานีส 1028.80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ ปริมาณสังกะสี 972.72 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งปริมาณสารอาหารที่ตรวจสอบในมูลสุกรหมักมีปริมาณโปรตีน และ ธาตุอาหารที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้

จากปริมาณความต้องการธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองของปลา พบว่า ปริมาณความต้องการฟอสฟอรัสในปลากดหลวง มีปริมาณ 0.45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณธาตุอาหารรอง ปริมาณที่ปลาต้องการคือ ปริมาณทองแดง 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ปริมาณแมงกานีส 2.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ ปริมาณสังกะสี 20-150 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งปริมาณธาตุอาหารหลัก และ ธาตุอาหารรองที่มีในมูลสุกรหมักมีเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา (Lovell, 1989)

ตารางที่ 6 ปริมาณโปรตีน ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองจากมูลหมักสุกรที่เก็บเป็นระยะเวลา 5 เดือน

เดือนที่	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณโปรตีน* (เปอร์เซ็นต์)	17.32	17.03	16.79	16.89	17.43	17.09
ธาตุอาหารหลัก (เปอร์เซ็นต์/น้ำหนัก)						
ไนโตรเจน	2.69	2.22	2.61	2.54	2.38	2.49
ฟอสฟอรัส*	0.34	0.53	0.64	0.59	0.63	0.55
โปแตสเซียม	1.12	1.33	1.07	1.23	1.35	1.22
ธาตุอาหารรอง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)						
ทองแดง	611.07	609.05	605.45	610.3	611.02	609.38
แมงกานีส	1030.13	1021.14	1033.33	1029.33	1030.03	1028.80
สังกะสี	975.75	980.5	975.65	956.55	974.65	972.62

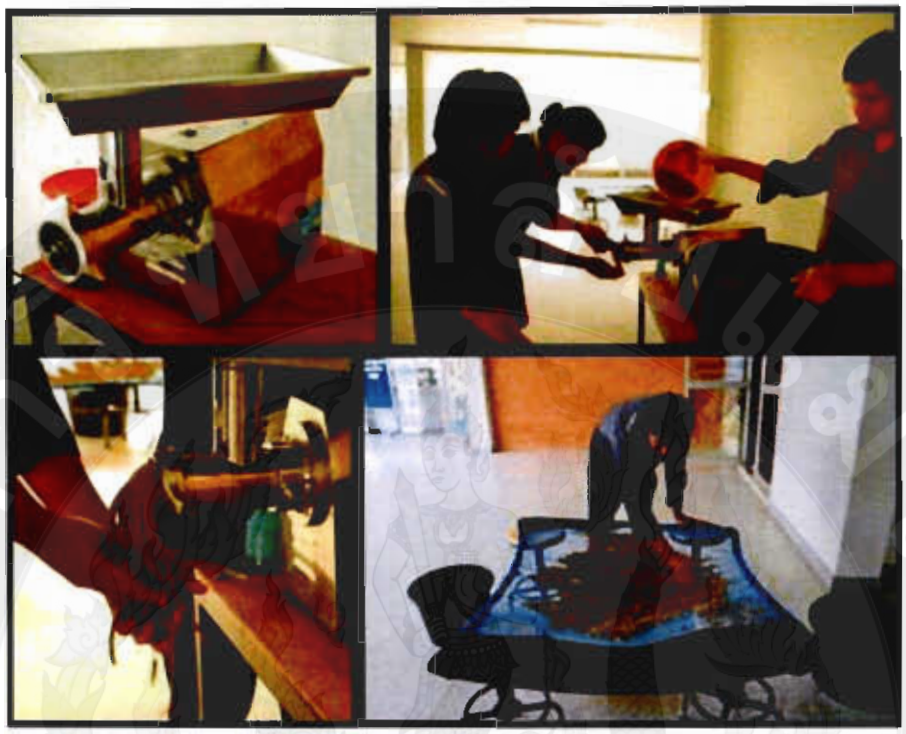
*ค่าวิเคราะห์ที่ได้ส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณของมูลสุกรที่เหมาะสมในการใช้เป็นอาหารปลานิล

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่า ปริมาณโปรตีนในมูลสุกรหมัก มีปริมาณเท่ากับ 17.09 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในสูตรอาหารได้ การนำมูลสุกรหมักมาทดแทนในสูตรอาหารในครั้งนี้ นำมาใช้แทนที่ปลาป่น โดยสูตรอาหารที่สร้างจะใช้มูลสุกรหมักแทนที่ในสูตรอาหารในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ กำหนดปริมาณโปรตีนของอาหารเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สูตรอาหารที่สร้างมีวัตถุดิบอาหารสัตว์ 7 ตัว คือ ปลาป่น กากถั่วเหลือง มูลสุกร รำ ปลายข้าว (ภาพที่3) น้ำมันพืช และวิตามินรวม มีอัตราส่วนต่างกันดังตารางที่ 7

สูตรอาหารแต่ละสูตร เมื่อทำการอัดอาหารแล้ว ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วเก็บอาหารไว้ในถุงดำ (ภาพที่ 4) และเก็บในตู้เย็น เพื่อใช้ตลอดการทดลอง การให้อาหารปลาตลอดการทดลอง ให้อาหาร 2-5 % ของน้ำหนักตัว/วัน 2 ครั้ง ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน

ภาพที่ 3 วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทำอาหาร และ มูลสุกรหมักแห้งที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทำอาหารผสมมูลสุกรหมักแทนที่ในสูตรอาหารในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 สูตรอาหารผสมมูลสุกรหมักในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

วัตถุดิบ / สูตรอาหาร	ปลาป่น	กากถั่วเหลือง	มูลสุกร	รำ	ปลายข้าว	น้ำมันพืช	วิตามินรวม
	(กิโลกรัม)						
0 เปอร์เซ็นต์	20	26	0	24	25	4	1
5 เปอร์เซ็นต์	15	30	5	28.5	16.5	4	1
10 เปอร์เซ็นต์	10	35	10	29	10.5	4.5	1
15 เปอร์เซ็นต์	5	43	15	20	9.5	6.5	1

ผลของการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ทำการเพาะเลี้ยงตลอดการวิจัย

ดำเนินการตรวจสอบคุณภาพน้ำทางกายภาพ และทางเคมี เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความขุ่นใส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) แอมโมเนีย ไนเตรท ไนเตรท ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสรวม และ คลอโรฟิลด์ เอ ทุก ๆ เดือน ตลอดการเพาะเลี้ยง โดยวิธีการเก็บและตรวจวัดค่าใช้วิธีของ Standard Methods (1982) ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 วิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์

คุณสมบัติของน้ำที่ทำการวิเคราะห์	เครื่องมือวิเคราะห์หรือวิธีวิเคราะห์
1. อุณหภูมิของน้ำ (Temperature)	Thermometer
2. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	Titration Method หรือ pH meter
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)	DO meter
4. ปริมาณความขุ่น	Multiprobe
5. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia)	Indophenol Blue Method
6. ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate)	Cadmium Reduction Method
7. ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)	Ascorbic Acid method
8. คลอโรฟิลด์ เอ (Chlorophyll –a)	Spectrophotometric Determination
9. ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)	

ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อทดลองตลอดระยะเวลาดำเนินการทดลอง พบว่า ค่า pH ตลอดการทดลองของทุกกระชัง มีค่าอยู่ระหว่าง pH 7-9 ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(DO) มีค่าอยู่ระหว่าง 1-4 mg/l ปริมาณความขุ่น มีค่าอยู่ระหว่าง 8.5-33 NTU ปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.09 mg/l ปริมาณของไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.002-0.07 mg/l ปริมาณออโธฟอสเฟต มีค่าอยู่ระหว่าง 0.032-0.55 mg/l ค่าความเป็นด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 45-90 mg/l ดังตารางที่ 9 ซึ่งค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 พ.ศ. 2537 ได้แบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดินเป็น 5 ประเภท ซึ่ง แหล่งน้ำที่เหมาะสมกับการประมงคือ แหล่งน้ำประเภทที่ 2 ซึ่งมีข้อกำหนดไว้ว่า แหล่งน้ำจะต้องมี ค่า pH อยู่ในช่วง 5-7 มีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำ (DO) น้อยกว่า 6 ส่วนปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร และ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งคุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมง และ อยู่ในหลักเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4, 2537)

ตารางที่ 9 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตวรจสอบคุณภาพน้ำในบ่อเพาะเลี้ยงปลาตลอดการทดลอง

พารามิเตอร์ที่วัด	ชุดทดลอง			
	0 เปอร์เซ็นต์	5 เปอร์เซ็นต์	10 เปอร์เซ็นต์	15 เปอร์เซ็นต์
ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH)	7.32-9.40	7.29-8.90	7.29-8.52	7.30-8.63
ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ(DO) (mg/l)	1.4-4	1.6-4.6	1.8-4.2	1.4-3.6
ปริมาณความขุ่น (NTU)	15.2-27.5	8.5-27.5	13.7-33	15.3-26.1
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(Ammonia) (mg/l)	0.058-0.06	0.05-0.07	0.01-0.07	0.04-0.09
ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate) (mg/l)	0.004-0.07	0.006-0.07	0.003-0.08	0.002-0.07
ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) (mg/l)	0.04-0.38	0.045-0.12	0.039-0.17	0.032-0.55
คลอโรฟิลล์ เอ (Chlorophyll –a) (mg/l)	7.74-63.34	8.93-37.14	5.36-37.64	14.28-57.36
ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) (mg/l)	45-85	68-90	67-84	54-90

การเจริญเติบโตของปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมัก ในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาของชุดทดลอง พบว่า การให้อาหารปลานิลด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมัก อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปร์เซ็นต์ พบว่า น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม หรือ ชุดที่ผสมมูลสุกรหมัก 0 เปอร์เซ็นต์ มีดังนี้ ชุดควบคุมมีน้ำหนักเพิ่ม 14.1±0.65 กรัม ส่วนชุดอื่นๆ มีน้ำหนักเพิ่ม ดังนี้ 22.47±2.15, 25.47±1.30 และ 17.00±0.96 กรัม เมื่อเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ปลานิลที่ให้อาหารผสมอาหารมูลสุกรหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มสูงสุด รองลงมาคือ ปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 5 เปอร์เซ็นต์ และ ปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 15 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มน้อยที่สุด (ตารางที่ 10)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่า ปลานิลที่ให้ด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมัก อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของปลานิลที่ให้อาหารผสมอาหารมูลสุกรหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มสูงสุด รองลงมาคือ ปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 5 เปอร์เซ็นต์ และปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 15 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มน้อยที่สุด อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีค่าดังนี้ ปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.12±0.00 กรัม/วัน ส่วนปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 0.19±0.01, 0.21±0.01 และ 0.14±0.00 กรัม/วัน (ตารางที่ 10)

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมัก อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ตามลำดับดังนี้ 5.59±0.17, 5.47±0.08, 5.11±0.08 และ 4.88±0.11 ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปลานิลที่ให้อาหารผสมมูลสุกรหมัก 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อต่ำที่สุด และ สูตรอาหารที่ให้มูลสุกรหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงขึ้น (ตารางที่ 10)

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ พบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมูลสุกรหมัก อัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ดังนี้ 17.92±0.54, 18.26±0.26, 19.57±0.31 และ 20.52±0.47 เปอร์เซ็นต์ จากผลดังกล่าวพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมมูลสุกรหมักอัตราส่วน 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด (ตารางที่ 10)

สรุปผลการศึกษาในการทดลองนี้ พบว่า ผลการเลี้ยงปลานิลด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมักอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 120 วัน ผลการศึกษา พบว่า สูตรอาหารทุกสูตร มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า การเจริญเติบโตที่ดีที่สุด ในแง่ของน้ำหนักปลาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงสุด คือ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมมูลสุกรหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงสุด มีค่าเท่ากับ 25.47±1.30 กรัม และ 0.21±0.01 กรัม/วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 10 การเจริญเติบโตของปลาที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารผสมมูลสุกรหมักในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์

พารามิเตอร์	0 เปอร์เซ็นต์	5 เปอร์เซ็นต์	10 เปอร์เซ็นต์	15 เปอร์เซ็นต์
- น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	14.1±0.65^{a}	22.47±2.15^{b}	25.47±1.30^{c}	17.00±0.96^{ab}
- อัตราน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (เปอร์เซ็นต์)	7.67±0.25^{a}	96.17±8.23^{bc}	118.65±8.48^{c}	76.49±3.07^{b}
- อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัม/วัน)	0.12±0.00^{a}	0.19±0.01b^{c}	0.21±0.01^{c}	0.14±0.00^{ab}
- อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ	5.59±0.17^{b}	5.47±0.08^{b}	5.11±0.08^{ab}	4.88±0.11^{a}
- ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)	17.92±0.54^{a}	18.26±0.26^{a}	19.57±0.31^{ab}	20.52±0.47^{b}
- อัตรารอด (เปอร์เซ็นต์)	100	100	100	100

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้มูลของสัตว์ในการเลี้ยงปลา มีงานวิจัยของ Alhadhrami (1994) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอามูลอูฐ และมูลวัว มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิล เลี้ยงปลา 90 วัน โดยใช้โปรตีน 35 เปอร์เซ็นต์ มูลอูฐและมูลวัวเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลอง พบว่า การใช้มูลอูฐและมูลวัวทดแทนโปรตีนจากปลาป่น มีอัตราการเจริญเติบโตของปลาดี มีอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลต่ำที่สุด ในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาที่ 30 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$ รองลงมาคือ อาหารที่ใช้มูลอูฐและมูลวัวเป็น

ส่วนผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลาที่ 10, 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Latha (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำเอา ปุ๋ยคอกมูลควาย มาใช้เป็นส่วนผสมในอาหารที่ใช้เลี้ยงปลานิลซึ่งใช้เวลาในการทดลอง 90 วัน โดยใช้โปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วน 20, 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยคอกมูลควายมีผลต่อการบำบัดน้ำในบ่อให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นเหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงปลานิล สร้างน้ำเขียว และอัตราการเจริญเติบโตของปลาที่ดี และอัตราการแลกเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของปลานิลต่ำที่สุดในอาหารซึ่งใช้ปุ๋ยคอกมูลควาย เป็นส่วนผสม 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $p<0.05$

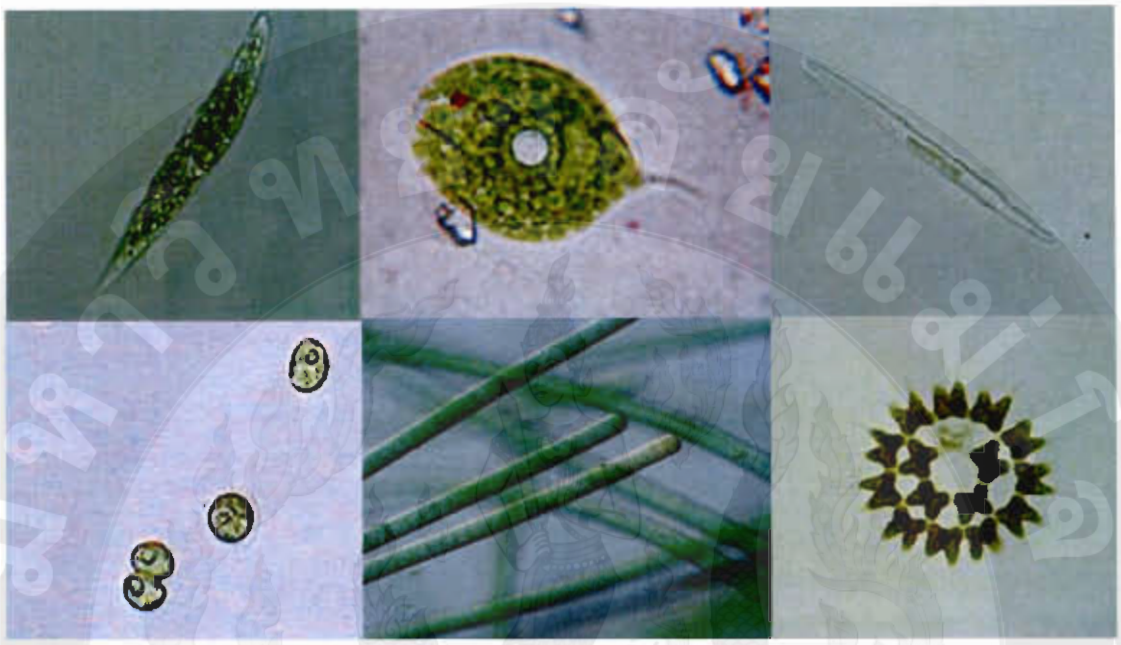
ผลการวิเคราะห์ความหลากหลายแพลงก์ตอนพืชในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลตลอดการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชทุกเดือนตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugol s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด และตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอนพืช ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณของแพลงก์ตอนที่พบในบ่อเพาะเลี้ยงปลานิลตลอดการทดลองในเดือนที่ 1 พบว่า แพลงก์ตอนพืชที่พบมากที่สุด คือ *Euglena* sp. รองลงมา คือ *Phacus* sp. และพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม *Nitzschia* sp. *Chlorella* sp. *Phormidium* sp. เล็กน้อย ในเดือนที่ 2 พบว่า แพลงก์ตอนพืชที่พบมากที่สุด คือ *Euglena* sp. รองลงมา คือ *Phacus* sp. ด้วยเช่นกัน และ พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม *Nitzschia* sp. *Chlorella* sp. บ้างเล็กน้อย ส่วนในเดือนที่ 3, 4 และ 5 พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม *Euglena* sp. รองลงมา คือ *Phacus* sp. และ พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม *Nitzschia* sp. *Chlorella* sp. *Phormidium* sp. เล็กน้อย ส่วนในเดือนที่ 6 พบว่า มีแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม *Euglena* sp. มากที่สุด รองลงมา คือ *Phacus* sp. และ พบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม *Phormidium* sp. เล็กน้อย (ตารางที่ 11และ ภาพที่ 5)

ปริมาณของแพลงก์ตอนที่พบตลอดระยะการทดลอง พบปริมาณแพลงก์ตอนในกลุ่ม *Euglena* sp. มากที่สุด รองลงมา คือ *Phacus* sp. ซึ่งแพลงก์ตอนทั้งสองกลุ่มเป็นแพลงก์ตอนที่พบในแหล่งน้ำที่สกปรกมีสารอาหารมาก (Peeraprnpisal, 2007)

ตารางที่ 11 ปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่ตรวจพบในบ่อเพาะเลี้ยงทุกเดือนตลอดระยะเวลาการทดลอง

แพลงก์ตอน	เดือนที่					
	1	2	3	4	5	6
Euglena sp.	111,393	129,258	160,784	210,176	220,685	87,223
Phacus sp.	16,284	18,515	22,307	22,754	11,823	7,361
Nitzschia sp.	3,679	4,906	3,189	4,415	1,226	-
Chlorella sp.	278	56	278	418	111	-
Phormidium sp.	241	-	401	641	160	241
Pediastrum duplex	1	-	1	-	-	-



ภาพที่ 5 แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่ตรวจพบในบ่อเพาะเลี้ยงทุกเดือนตลอดระยะเวลาการทดลอง

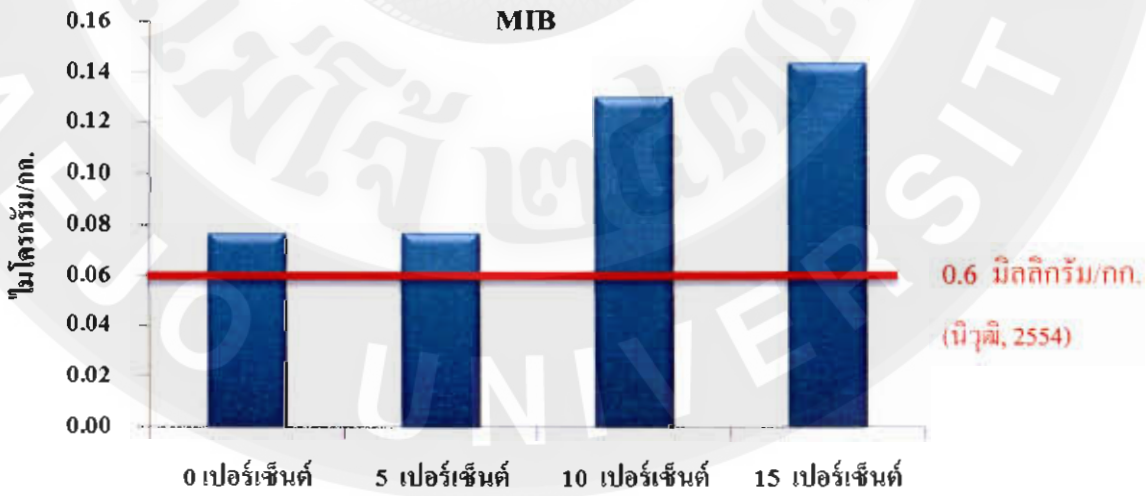
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และ ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในงานวิจัย มีรายงานว่า ขจรเกียรติ์และคณะ (2551) ได้ศึกษาเปรียบเทียบชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืช ตลอดจนคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึกด้วยระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน จำนวน 3 บ่อ คือ บ่อที่ 1 ไม่มีการสร้างอาหารธรรมชาติ (บ่อควบคุม) บ่อที่ 2 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ ตลอดการทดลอง และบ่อที่ 3 มีการสร้างอาหารธรรมชาติโดยใส่ปุ๋ยมูลไก่แห้งในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 เดือน ผลการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 6 ดิวิชั่น 43 ชนิด ได้แก่ ดิวิชัน Cyanophyta, Chlorophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Pyrrophytaและ Cryptophyta โดยองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่อยู่ในดิวิชัน Chlorophyta และตลอดการศึกษาพบจำนวนชนิดและปริมาณเฉลี่ยของแพลงก์ตอนพืชมากที่สุดในบ่อที่ 2 ที่มีการสร้างอาหารธรรมชาติตลอดการทดลอง ทั้งนี้แพลงก์ตอนพืชที่เป็นชนิดเด่นในบ่อเลี้ยงปลาบึกทั้ง 3 บ่อ คือ *Scenedesmus* sp. และ *Euglena* sp. ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลาบึกให้มีประสิทธิภาพและยั่งยืนต่อไปในอนาคต

การวิเคราะห์กลิ่นโคลน

การวิเคราะห์กลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) ในเนื้อปลานิลหลังสิ้นสุดการทดลอง โดยการสุ่มตัวอย่างปลา จำนวนซ้ำละ 3 ตัว แล้วนำเนื้อปลามาบดให้ละเอียด จากนั้นวัดโดยใช้เครื่อง GC/MS ร่วมกับอุปกรณ์ SPME โดยใช้สารมาตรฐานจากบริษัท Sigma (ภาพที่ 6) ผลการศึกษา พบว่า การวัดปริมาณของ Geosmin และ MIB ในเนื้อปลาที่สิ้นสุดการทดลองแล้ว ปริมาณสาร Geosmin ที่พบทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่า ดังนี้ 0.45, 0.46, 0.50 และ 0.53 มิลลิกรัม/กก. ตามลำดับ (ภาพที่ 7) ในขณะที่ปริมาณสาร MIB ที่ตรวจพบทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่า ดังนี้ 0.08, 0.08, 0.13 และ 0.14 มิลลิกรัม/กก. ตามลำดับ (ภาพที่ 8)

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ Geosmin และ MIB

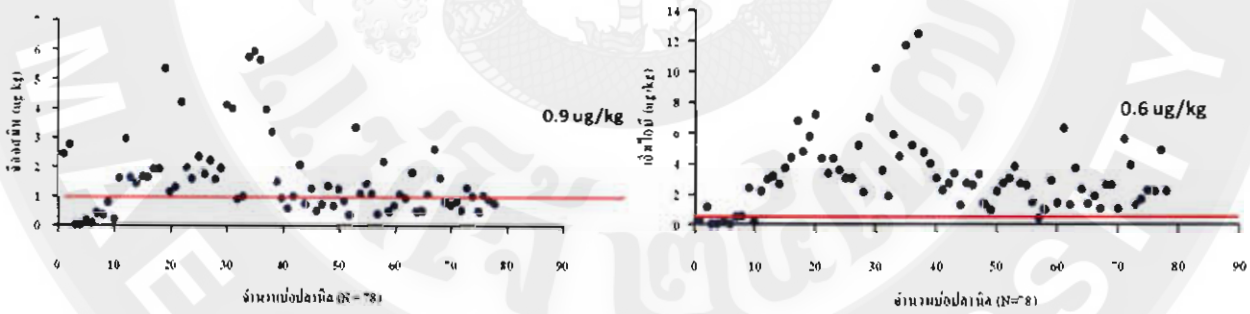
ภาพที่ 7 ความเข้มข้นของ Geosmin ในตัวอย่างปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารมูลสุกรหมักอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หลังสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 8 ความเข้มข้นของ MIB ในตัวอย่างปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารมูลสุกรหมักอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ หลังสิ้นสุดการทดลอง

จากที่สารประกอบจีออสมินและสารประกอบเอ็มไอบี เป็นสารประกอบพวกแอลกอฮอล์อิ่มตัวที่ระเหยได้ ละลายในไขมันได้ดี โดยกระจายตัวและสะสมในเนื้อเยื่อที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจะกำจัดออกได้ยากจึงก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (Johnsen *et al*., 1996) แต่ก็ไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต และไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (Dionigi *et al*., 1993) การเกิดกลิ่นโคลนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากปลากินสารประกอบกลิ่นโคลนเข้าไปโดยตรงหรือมีการปนเปื้อนกับสิ่งที่ปลากิน หรือผ่านเข้าสู่ตัวปลาโดยการดูดซึมในส่วนของอวัยวะต่างๆ (Tanchotikul, 1990)

ความเข้มข้นของ Geosmin ที่พบในเนื้อปลา พบว่ามีปริมาณที่ต่ำกว่า 0.9 มิลลิกรัม/กก. และปริมาณของ MIB มีปริมาณ 0.08-0.14 มิลลิกรัม/กก. ซึ่งจากการศึกษาของ นิวุฒิ, 2554 ได้ศึกษาปริมาณของ Geosmin และ MIBในเนื้อปลา จำนวน 78 ตัว โดยตรวจสอบทั้งปริมาณของกลิ่นโคลนที่พบ และการตรวจสอบทางรสสัมผัส พบว่า ปริมาณของ Geosmin ที่ระดับ มากกว่า 0.9 มิลลิกรัม/กก. ทำให้เนื้อปลามีกลิ่นโคลน เช่นเดียวกับ ปริมาณของ MIB ที่มากกว่า 0.06 มิลลิกรัม/กก. ทำให้เนื้อปลามีกลิ่นโคลนเกิดขึ้นเช่นกัน (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ความเข้มข้นของ Geosmin และ MIB ในปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดิน

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาสูตรอาหารปลานิลโดยใช้กากเหลือจากการหมักมูลสุกรทดแทนแหล่งโปรตีนเพื่อลดต้นทุนการผลิต ผลการทดลอง พบว่า การตรวจสอบปริมาณโปรตีนในมูลสุกรหมักที่ผ่านระบบก๊าซชีวภาพเป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่า มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ยเท่ากับ 17.09 เปอร์เซ็นต์ และมีธาตุอาหารหลักและอาหารรองเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของปลา

การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลโดยใช้ปลานิลขนาดใบมะขาม เลี้ยงในกระชังอัตราส่วน 50 ตัวต่อตารางเมตร ระยะเวลาการทดลอง 120 วัน ปลา ใช้สูตรอาหารในการทดลองใช้มูลสุกรหมักแทนที่แหล่งโปรตีนในอัตราส่วน 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และกำหนดปริมาณโปรตีนเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ วัดการเจริญเติบโตทุก 20 วัน ตรวจสอบคุณภาพน้ำ และ แพลงก์ตอนพืชทุกเดือน และวิเคราะห์กลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) ในเนื้อปลานิลหลังสิ้นสุดการทดลอง ผลการศึกษา พบว่าคุณภาพน้ำที่ตรวจสอบได้มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำการประมง และ อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 2 การเจริญเติบโตของปลานิล พบว่า สูตรอาหารทุกสูตร มีอัตราการรอด 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักปลาเพิ่มขึ้นสูงที่สุด และ อัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงสุด คือ ปลานิลที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมมูลสุกรหมัก 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงสุด ($p < 0.05$) มีค่าเท่ากับ 25.47±1.30 กรัม และ 0.21±0.01 กรัม/วัน ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์กลิ่นโคลนในเนื้อปลาหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณgeosmin ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.45-0.53 มิลลิกรัม/กก. และ MIB ตรวจพบในปริมาณ 0.08-0.14 มิลลิกรัม/กก.

จากการทดลองสรุปได้ว่าสามารถนำมูลสุกรหมักในอัตราส่วน 5, 10, และ 15 เปอร์เซ็นต์มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนได้ แต่การทดแทนที่ 10 เปอร์เซ็นต์ให้ผลการเจริญเติบโตของปลานิลดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2551. การเพาะเลี้ยงปลานิลในบ่อดิน. เข้าถึงที่ http://gms.oae.go.th/Z_Show.asp?ArticleID=198 สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2553

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2525. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร.

ขจรเกียรติ์ ศรีนวลสม, บัญญัติ มนเทียรอาสน์, และจงกล พรมยะ. 2551. ความหลากชนิด ปริมาณแพลงก์ตอนพืชและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงปลาบึก ด้วยระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน. แหล่งที่มา:http://www.fishtech.mju.ac.th/fishnew1/LearnCenter/journalPDF/rEXKDI1Fri 105920.pdf, 6 , มีนาคม 2555

จรัญ จันทลักขณา. 2544. ปศุสัตว์กับชีวิตและสิ่งแวดล้อม. สมาคมสัตว์บาลแห่งประเทศไทย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. หน้า 52-66.

ทวีทรัพย์ ศรีนาค. 2542. การกำจัดกลิ่นโคลนในปลานิล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

นิรนาม. 2540. การเลี้ยงโคนมกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม. วารสารสัตวบาล. 7(55): 81-83.

นิรนาม ก. 2546. สถานการณ์สุกรไทย. http://www.dld.go.th/inform/article/article29.html. 29 พฤษภาคม 2546.

นันทนา คชเสนี. 2544. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2537). 2537. เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแห่งน้ำผิวดิน เล่ม I11 ตอนที่ 162 ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2535. หลักอาหารสัตว์ เล่ม1 โภชนะ. สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพ.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. หลักอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพ. 576 หน้า.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2549. สาหร่ายวิทยา. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอนพืช. ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร.

วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.

สัญชัย จุดรสัทธา. 2543. เทคโนลียีการผลิตเนื้อสัตว์. โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 244 หน้า.

สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2541. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับโรงงานฆ่าสุกร.กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.โรงพิมพ์สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี.กรุงเทพฯ.

สุกัญญา จัตตุพรพงษ์ อุทัย คันโธ และ ปฏิมา อู่สูงเนิน. 2550. การพัฒนาของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์เป็นปุ๋ยอินทรีย์แบบต่าง ๆ สำหรับพืชเศรษฐกิจในจังหวัดนครปฐม. เข้าถึงที่ http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/animal/10_animal/10_animal.html#author วันที่ 3 กันยายน 2555

อุดม อริธชาติ และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2526. การศึกษาชีววิทยาและการป้องกันกำจัดแมลงวันคอกสัตว์. รายงานผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุทัย คันโท. 2530. การใช้เศษเหลือและผลิตผลพลอยได้ทางการเกษตรบางชนิดเป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดียว. สุกรสาส์น .13(51): 62-78.

อภิพรรณ พุกภักดี เอ็จ สโรบล จินดารัฐ วีระวุฒ พร รุ่งแจ้ง เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ อัมพร สวรณเมฆ อริสรา สุขสถาน และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2541. หลักการผลิตพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและอบรมการเกษตรแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 268 หน้า.

Alhadhrami, G.A.1994. An initial evaluation of camel and cow manures as dietary ingredients in pelleted feed for blue tilapia (*Oreochromis aureus*). Bioresource Technology. Pages 265 - 268.

Casey, C. G., Steven, W.L. and Paul. V.Z. 2004. Instrumental versus sensory detection of off-flavors in farm-raised channel catfish. Aquaculture (236): 309-319.

Chapman, V.J. and Chapman, D.J. 1973. The algae. The Macmillan press LTD.

Dempster, P. W., Beveridge, M. C. M. & Baird, D. J. 1993. Herbivory in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.): a comparison of feeding rates on periphyton and phytoplankton. *Journal of Fish Biology* **43,** 385–392.

Farmer, L.J., McConnell, J.M. Hagan T.D.J. and Harper. D.B. 1995. Flavor and off- flavor in wild and farmed Atlantic salmon from locations around Northern Ireland. Water Science and Technology. 31(11): 259-264.

Form, J. and Horlyck. V. 1984. Site of uptake geosmin a cause of earthy-flavor in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1224-1226.

Izauirre, G., Hwang, C.J. Krasner S.W. and Micheal. J. 1982. Geosmin and 2–methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply system. App. Envi. Micro. 43(3): 708-714.

Johnsen, P.B. and Lloyd. S.W. 1992. Influence of fat content on uptake and depuration of the off-flavor 2-methylisoborneol by channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49 : 2406-2411.

Johnson, P.B. and Dionigi. C.P. 1994. Physiology approaches to the management of off-flavor in farm-raised channel catfish (*Ictalurus punctatus*). pp. 141-161. In D. Tave and C.E. Tucker (eds.). Recent Development in Catfish Aquaculture. New York : The Haworth Press, Inc.

Johnsen, P.B., Lloyd, S.W. Vingad B.T. and Dionigi. P.C. 1996. Effect of temperature on uptake and depuration of 2-methylisoborneol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J. World Aqua. Soc. 27(1): 15-20.

Klapper, H. 1991. Control of Eutrophication in Inland Waters. New York: Ellis Horwood.

Latha Shevgoor.2003. An assessment of the role of buffalo manure for pond culture of tilapia. lll . Limiting factors. Aquaculture 126: 107-118.

Lovell, R.T. 1989. Nutrition and feeding of fish. Van Nostrand Reinhold. New York. 260 pp.

Lovell, R.T. and Broce. D. 1985. Cause of musty flavor in pond culture penaeid shrimp. Aquaculture penaeid shrimp. Aquaculture 50: 169-174.

Martin, J.F., McCoy, C.P. Greenleaf W. and Bennett. L.W. 1987. Analysis of 2-methylisoborneol in water, mud and channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial culture ponds in Mississippi. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 909-912.

Martin, J.T., Bennett L.W. and Graham. W.H. 1988. Off-flavor in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) due to 2-methylisoborneol and its Dehydration Products. Water Sci. Technol. 29 (8/9): 59-65.

Martin, J.F., Plakas, M.S. Holley, H.J. Kitzman J.V. and Guaino. A.M. 1990. Pharmacokinetics and tissue disposition of the off-flavor compound 2-methylisoborneol in the channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Can. J. Fish. Aqua. Sci. 47 : 544-547.

Matsuyasu, N., Takahoro, O. Yoshiyuki, K. Noriyuki, I. Taichi, I. Akiiro, A. S Toshiaki,. Euichi H. and Michio. S. 1996. Inhibitory effects of odor substances, geosmin and 2-methylisoborneol, on early development of sea urchins. Elsevier Science Ltd. PII: S0043-1354(96)00104-2.

Milie, D.F., Baker, M.C. Tucker, C.S. Vinyard B.T. and Dionigi. C.P. 1992. High-resolution Airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton. J. of Phytocoloy. 28: 28-290.

Northcott, M E., Beveridge, M. C. M. & Ross, L. G. 1991. A laboratory investigation of the filtration and ingestion rates of the tilapia, *Oreochromis niloticus*, feeding on two species of blue–green algae. *Environmental Biology of Fishes* 31, 75–85.

Peerapornpisal, Y., Pekkoh, J., Powangprasit, D., Tonkhamdee, T., Hongsirichat, A. and Kunpradid, T. 2007. Assessment of water quality in standing water by using dominant phytoplankton (AARL-PP Score). J. fisheries technology research,1(1):pp. 71-81.

Persson, P.E. 1982. Muddy odor: a problem associated with extreme eutrophication. Hydrobiologia 89: 161p.

Phillips, M. J., Roberts, R. J., Stewart, J. A. & Codd, G. A. 1985. The toxicity of thecyanobacterium *Microcystis aeruginosa* to rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases* **8:** 339–344.

Piumsombun S. 2001. Production, accessibility and consumption patterns of aquaculture products in Thailand. FAO Fisheries Circular No. 973.

Rabergh, C. M. I., Bylund, G. & Eriksson, J. E. 1991. Histopathological effects of microcystin-LR, a cyclic peptide toxin from the cyanobacterium (blue–green alga) *Microcystis aeruginosa*, on common carp. *Aquatic Toxicology* **20,** 131–146.

Rungreungwudhikrai, E. 1995. Characterization and classification of off-flavor of Nile tilapia. M.S. Thesis no. AE-95-24. Bangkok: Asian Institute of technology.

Saadoun, I. and El-Migdadi F. 1998. Degradation of geosmin-like compounds by selected species of Gram-positive bacteria. Letters in Applied Microbiology, 26: 98–100.

Sivonen, K. 1982. Factor influencing odor production by actinomycetes. Hydrobioloia. 86: 165-170.

Smith, G.M. 1950. The fresh water algae of the United States. McGraw-Hill Book Company, Inc., London.

Tabachek, J.L. and Yurkowski. M. 1976. Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites and 2-methylisoborneol in saline lake in Monitoba. J. Fish Res. Board Can. 33: 25-35.

Tanaka A., Oritani T., Uehara F., Saito A., Kishita H., Niizeki Y., Yokota H. and K. Fuchigami. 1996. Biodegradation of a Musty Odour Component, 2-Methylisoboneol. *Wat. Res.* 30 (3): 759-761.

Tanchotikul, U. 1990. Studies on important volatile flavor compounds in Louisiana rangia clam (*Rangia cuneata*). Doctoral dissertation. Louisiana state university. 96 p.

Tanchotikul, U. and Hsieh. T.C.Y. 1990. Methodology for quantification of geosmin and Levelin raggia clam (*Rangia cuneata*). J. Food Sci. 55(5): 235-312.

Trainor, F.R. 1978. Introductory phycology. John Wiley, New York.

Van Der Ploeg, M. 1989. Seasonal trends in flavor quality of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) from commercial pond in Missisippi. J. of Applied Aquaculture. 2(3): 22-31.

Van Der Ploeg, M. and Boyd. C.E. 1991. Geosmin production in cyanobacteria (blue green algae) in fish pond at Auburn, Alabama: J. of the World Aquaculture Society 22(4): 207-216.

Yamada, N., Marakami, N. Kawamura N. and Sakakibara. J. 1994. Mechanism of an early lysis by fatty acid from *Axenic Phormidium tenue* (Musty odor-producing cyanobacterium) and its growth prolongation by bacteria. Biol. Pharm. Bull. 17(9): 1277-1281.

Yamprayoom, J. and Noomhorm. A. 2000. Geosmin and Off-flavor in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). J. of Aquatic product technology 9(2): 29-41.

Yurkowski, M. and TabachekL. J.L. 1974. Identification analysis and removal of geosmin from Muddy flavored trout. J. Fish. Res Board. Can. 31: 1851-1858.

Yurkowski, M. and Tabachek. J.L. 1980. Geosmin and 2-methylisoborneol implicated as a cause of muddy odor and flavor in commercial fish from Cedar Lake. Manitoba. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1449-1450.

Zilberg B. 1966. Gastroenteritis in Salisbury European children – a five-year study. Cent. Afr. J. Med., 12(9):164-168.

ภาคผนวก

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

มาตรา 32 (1) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ให้คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดมาตราฐานคุณภาพน้ำในแม่น้ำลำคลอง หนองบึง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำสาธารณะอื่นๆ ที่อยู่ในพื้นแผ่นดิน

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ได้แบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดินเป็น 5 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติ โดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน

(2) การขยายพันธ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์

ประเภทที่ 2 ได้แก่ น้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและอุปโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อนและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท				
				1	2	3	4	5
1.	สี กลิ่นและรส		-	ธ	ธ	ธ	ธ	-
2.	อุณหภูมิ		°ซ	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
3.	ความเป็นกรดด่าง (pH)		-	ธ	5-9.	5-9	5-9	-
4.	ออกซิเจนละลาย (DO)	P20	มก./ล.	ธ	<6.0	<4.0	<2.0	-
5.	บีโอดี (BOD)	P80	"	ธ	>1.5	>2.0	>4.0	-
6.	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (total coloform)	P80	MPN/100ml	ธ	<5000	>20000	-	-
7.	แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform bacteria)	P80	"	ธ	>1000	>4000	-	-
8.	ไนเตรต (NO_3)ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	ธ	มีค่าไม่เกินกว่า 5.0			-
9.	แอมโมเนีย (NH_3)ในหน่วยไนโตรเจน		"	ธ	" 0.5			-
10.	ฟีนอล (Phenols)		"	ธ	" 0.005			-
11.	ทองแดง (Cu)		"	ธ	" 0.1			-
12.	นิคเกิล (Ni)		"	ธ	" 0.1			-
13.	แมงกานีส (Mn)		"	ธ	" 1.0			-
14.	สังกะสี (Zn)		"	ธ	" 1.0			-
15.	แคดเมียม (Cd)			ธ	" 0.005*			-
16.	โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล็นท์ (Cr Hexavalent)		"	ธ	" 0.05**			-
17.	ตะกั่ว (Pb)		"	ธ	" 0.05			-
18.	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		"	ธ	" 0.05			-
19.	สารหนู (As)			ธ	" 0.01			-
20.	ไซยาไนด์ (Cyanide)			ธ	" 0.005			-
21.	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)							
	- ค่ารังสีแอลฟ่า (Alpha)		เบคเคอรอล/ล.	ธ	" 0.1			-
	- ค่ารังสีเบตา (Beta)		"	ธ	" 1.0			-
22.	สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	ธ	" 0.05			-
23.	ดีดีที (DDT)			ธ	" 1.0			-
24.	บีเอชซีชนิดแอลฟ่า (Alpha BHC)		ไมโครกรัม/ล.	ธ	" 0.02			
25.	ดิลดริน (Aldrin)			ธ	" 0.1			
26.	อัลดริน (Alcdrin)			ธ	" 0.1			
27.	เอบดาคลอร์และเฮปตาคกอซิปอกไซด์ (Heptachor & Heptachlo epoxide)			ธ	" 0.2			
28.	เอนดริน (Endrin)			ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ ตามวิธีที่ตรวจสอบที่กำหนด			

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ 2535 เรื่อง กำหนดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 ตอนที่ 16ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537

หมายเหตุ

1/ กำหนดค่ามาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติและแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

ธ	เป็นไปตามธรรมชาติ
ธ'	อุณหภูมิของน้ำต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 °C
*	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ ไม่เกินกว่า 100 mg/l
**	น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ $CaCO_3$ เกินกว่า 100 mg/l
<	ไม่น้อยกว่า
>	ไม่มากกว่า
-	ไม่ได้กำหนด
°ซ	องศาเซลเซียส
P20	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
P80	ค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง
มก./ล.	มิลลิกรัมต่อลิตร มล. = มิลลิลิตร
MPN	เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number