สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย : การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

Development of fish culture system under food safety: Development of tilapia culture system to reduce the contamination of off-flavors

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : การพัฒนาระบบการผลิตปลานิลเพื่อเข้าสู่มาตรฐานการส่งออก

ได้รับจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2554

จำนวน 170,000 บาท

หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร. นิวุฒิ หวังชัย

ผู้ร่วมโครงการ ดร.บัญชา ทองมี

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

30 มกราคม 2555

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสภาวิจัยแห่งชาติ ที่ให้การสนับสนุนในการจัดสรรงบประมาณวิจัยประจำปี 2554 จำนวนเงิน 170,000 บาท สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณคณาจารย์ ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และบุคคลอื่นที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ได้ให้ความเอื้อหนุน ทำให้การวิจัยในครั้งนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัย

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญตาราง	ก
สารบัญ ภาพ	ข
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
บทนำ	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	10
ผลการวิจัย	16
สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	26
เอกสารอ้างอิง	30

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1	ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลจากบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	16
ตาราง 2	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ (mean±SE) ของบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	17
ตาราง 3	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	18
ตาราง 4	ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลจากบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	19
ตาราง 5	ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาดุกจากบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	20
ตาราง 6	ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาเผาะลูกผสมจากบ่อที่ผ่าน GAP และบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	20
ตาราง 7	ความเข้มข้นสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในเนื้อปลาจากบ่อที่ผ่าน GAP และบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	21
ตาราง 8	คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ (mean±SE)ของบ่อปลาที่ผ่าน GAP และบ่อปลาที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	21
ตาราง 9	ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP, บ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, บ่อปลาดุกผ่าน GAP, บ่อปลาดุกที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, บ่อปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP และ บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	22
ตาราง 10	ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่สะสมในสัตว์น้ำ	27

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพ 1	การสังเคราะห์สารให้กลิ่นโคลน (จีออสมิน และเอ็มไอบี) ในวิถีเทอร์ปีน	6
ภาพ 2	A: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP	10
ภาพ 3	การเตรียมตัวอย่างเนื้อปลามาตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์โดยใช้เครื่อง GC/MS	12
ภาพ 4	การวิเคราะห์สารพิษ Geosmin และ MIB โดยใช้เครื่อง GC/MS	12
ภาพ 5	A: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP	14
ภาพ 6	A: บ่อเลี้ยงปลาดุกที่ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อเลี้ยงปลาดุกที่ผ่าน GAP	14
ภาพ 7	A: บ่อปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP , B: บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	14
ภาพ 8	Mass spectrum ของสารจีออสมิน (trans-1, 10-Dimethyl-trans-9-decalinol)	15
ภาพ 9	การวิเคราะห์สารพิษ Geosmin และ MIB โดยใช้เครื่อง GC/MS	15
ภาพ 10	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	18
ภาพ 11	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในการทดลอง	22
ภาพ 12	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP และเลี้ยงด้วยระบบเดิม	23
ภาพ 13	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลาดุกที่ผ่าน GAP และเลี้ยงด้วยระบบเดิม	23
ภาพ 14	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP และเลี้ยงด้วยระบบเดิม	24
ภาพ 15	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิล, ปลาดุกและปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP	24
ภาพ 16	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิล, ปลาดุกและปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	25

การพัฒนากระบวนการผลิตสัตว์น้ำให้มีคุณภาพและปลอดภัย : การพัฒนาการเลี้ยงปลานิลให้ปลอดจากการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์

Development of fish culture system under food safety: Development of tilapia culture system to reduce the contamination of off-flavors

รองศาสตราจารย์ ดร. นิวุฒิ หวังชัย และ ดร.บัญชา ทองมี

Niwooti Whangchai and Buncha Thongmee

คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ (จีออสมินและเอ็มไอบี) ในน้ำ ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิล ที่ฟาร์มปลานิลแบบดั้งเดิมและที่ผ่าน GAP และทราบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแพลงก์ตอน ต่อจีออสมินและเอ็มไอบี โดยทำการศึกษาในฟาร์มปลานิลจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา และกาฬสินธุ์ เมื่อเลี้ยงผ่านไป 5 เดือน พบว่า กลิ่นไม่พึงประสงค์ ในน้ำและดินพื้นบ่อ ในเนื้อปลาจาก บ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมมีปริมาณจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยทั้งในดินพื้นบ่อ ในน้ำและเนื้อปลา สูงกว่าบ่อปลานิลที่ผ่านระบบ GAP และจากการเปรียบเทียบระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ ในปลานิล ปลาดุกและปลาเผาะลูกผสม ที่เลี้ยงในระบบเดิมและระบบ GAP พบว่า ปลาที่เลี้ยงในระบบ GAP มีปริมาณจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยต่ำกว่าบ่อที่เลี้ยงในระบบเดิม และยังพบว่า ปลาดุกที่เลี้ยงในระบบเดิม มีปริมาณสารเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงที่สุด

คำสำคัญ: จีออสมิน; เอ็มไอบี; ปลานิล; ปลาดุก; ปลาเผาะลูกผสม

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the level of odorous compounds (Geosmin and MIB) in pond water, sediment, and fish flesh (tilapia, hybrid catfish and hybrid pangasius) in selected traditional (non GAP-certified) and GAP-certified fish farms located in Chiangmai, Phayao and Kalasin provinces. Concentrations of muddy odors and their relationship to the type of plankton present were studied. After 5 months, result showed that geosmin and MIB levels in pond water and sediment of traditional farms were higher than those in farms with GAP certification. In addition, muddy odor levels in tilapia, hybrid catfish and hybrid pangasius from GAP-certified farms contained much lower geosmin and MIB than those from farms without GAP certification. Furthermore, hybrid catfish reared in the traditional system were highly contaminated with MIB. (Include results on phytoplankton identified in the study)

Key word: density; Geosmin; MIB; tilapia; hybrid catfish; hybrid pangasius

MAEJO UNIVERSITY

บทนำ

อุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารประเภทสัตว์น้ำมีการขยายตัวมากขึ้นทั้งสัตว์น้ำจากทะเล และน้ำจืด โดยปลาน้ำจืดตัวหลักที่ส่งออกได้แก่ ปลานิล ซึ่งมีแนวโน้มสูงการส่งออกสูงขึ้นทุกปี ในปี 2544 ปริมาณการเพาะเลี้ยงปลานิลมีปริมาณสูงถึง 84,500 ตัน ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีการเพาะเลี้ยงมากที่สุดรองลงมาได้แก่ ปลาดุก ปลาตะเพียน ปลาสลิด ปลาสวาย ตามลำดับ (ศูนย์สารสนเทศ, 2547) ซึ่งปลานิลที่ได้ส่วนใหญ่มาจากการเลี้ยงแบบบ่อ กระชัง และการเลี้ยงแบบผสมผสาน ส่วนการบริโภคปลาน้ำจืดได้รับความนิยมอย่างมากโดยเฉพาะในเขตภาคเหนือมีอัตราการบริโภคสัตว์น้ำจืดต่อคนต่อปีสูงถึง 32 กิโลกรัม (Piumsombun, 2001) และจากข้อมูลของสหกรณ์ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าความต้องการสัตว์น้ำประเภทปลาน้ำจืดในจังหวัดเชียงใหม่สูงถึง 40,000 กิโลกรัมต่อวัน (เทพรัตน์ และคณะ, 2545) ในปัจจุบันเกษตรกรที่เลี้ยงปลาในกระชังในแม่น้ำมีความเสี่ยงมากขึ้น เนื่องจากคุณภาพน้ำที่เริ่มไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงปลาและมีการแพร่ระบาดของโรคปลาทั้งเชื้อแบคทีเรียและพาราไซต์อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเกษตรกรจึงหันมาเลี้ยงปลาในบ่อดิน ซึ่งคุณภาพปลาที่เลี้ยงในบ่อดินส่วนใหญ่จะพบปัญหาที่สำคัญต่อการส่งออกอันหนึ่งคือ ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลา

กลิ่นไม่พึงประสงค์ หรือกลิ่นโคลน (Off-flavor) เป็นปัจจัยสำคัญต่อการส่งออก ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียกลุ่ม Actinomycete และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถสร้างกลิ่นโคลนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ และสารพิษตกค้างในเนื้อปลาได้ (Klapper 1991, Yamada et al. 1994) จีออสมิน (1α, 10 β-dimethyl-9 α-decalol : geosmin) และเอ็มไอบี (2- methylisoborneol : MIB) เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์อิ่มตัว (saturated cyclic tertiary alcohol) ที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรียบางชนิดสังเคราะห์ขึ้นในวิถีเทอร์ปีน (terpene pathway) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ก่อให้เกิดกลิ่นโคลน ได้แก่ สกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. (Tabachek และ Yurkowski 1976; Lovell และ Broce, 1985) ส่วนแบคทีเรียที่สร้างสารจีออสมิน และเอ็มไอบี ได้แก่ สกุล *Streptomyces* sp., *Nocardia* sp., *Actinomadura* sp. และ *Actinomycete* sp. (Sivonen , 1982; Martin และคณะ, 1988) โดยเฉพาะสกุล *Streptomycetes* sp. จะทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด (Van Der Ploeg และ Boyd, 1991)

ปัญหามลพิษทางน้ำและดินซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตปลาที่ยาวนาน ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้บริโภค ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าประเภทสัตว์น้ำ มีแนวโน้มที่จำหน่ายต่างประเทศมากขึ้น และได้ตระหนักในเรื่องอาหารปลอดภัย (Food safety) กันอย่างแพร่หลาย การประกอบการเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างถูกต้อง (Good Aquacultural Practice, GAqP) ซึ่งยังไม่มีการศึกษามา

ก่อนที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงรายซึ่งเป็นแหล่งผลิตปลาที่ใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนบนจึงยังขาดข้อมูลหรือเทคนิคที่เกษตรกรปฏิบัติได้

แนวทางในการทำการเกษตร เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ได้ผลผลิตสูงคุ้มค่าการลงทุนและขบวนการผลิตจะต้องปลอดภัยต่อเกษตรกรและผู้บริโภค มีการใช้ทรัพยากรที่เกิดประโยชน์สูงสุด เกิดความยั่งยืนทางการเกษตรและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

การใส่ปุ๋ยในบ่อปลามีวัตถุประสงค์หลัก 2 ด้าน คือ 1. เพื่อเพิ่มอาหารธรรมชาติให้แก่ปลาบางชนิด 2. เพื่อสร้างแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนพืชช่วยในการสังเคราะห์แสง และเพิ่มออกซิเจนในน้ำ นอกจากนี้แพลงก์ตอนพืชยังช่วยลดปริมาณสารพิษ เช่น แอมโมเนียในบ่อได้อีกด้วย จากการเลี้ยงปลาของเกษตรกรในปัจจุบันพบว่า เกษตรกรยังอาศัยปุ๋ยอินทรีย์สดเป็นหลัก

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงรุกที่เน้นการใช้ประโยชน์ในการจัดการเชิงระบบเกษตรที่เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มมูลค่า เพื่อการแข่งขันและส่งออก โดยได้แบ่งการวิจัยเพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์หมักเปรียบเทียบกับการเลี้ยงระบบเดิม คือ ปุ๋ยอินทรีย์สด ปัจจัยที่ทำการศึกษาหลัก คือ ปริมาณกลิ่นโคลนสะสมหลักในเนื้อปลาที่เลี้ยงในบ่อดิน

6. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทราบระดับของกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB)ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิล ที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน และทราบความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่อ, ปริมาณการใส่ปุ๋ย และชนิดของแพลงก์ตอน ต่อปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่อ, ปริมาณการใส่ปุ๋ย และชนิดของแพลงก์ตอน ต่อปริมาณสารกลิ่นไม่พึงประสงค์ (Geosmin และ MIB) ในน้ำ, ดินพื้นบ่อ และเนื้อปลานิล ที่เลี้ยงด้วยระบบผสมผสาน

2. เกิดองค์ความรู้ในการพัฒนาระบบการเลี้ยงปลานิลปลอดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เพื่อสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้สู่เกษตรกร

3. ผลผลิตปลานิลที่มีคุณภาพ เป็นที่ยอมรับ และช่วยให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคปลานิลที่มาจากฟาร์มผสมผสานมากขึ้น และช่วยเพิ่มมูลค่า เพื่อการแข่งขันและส่งออกต่อไป

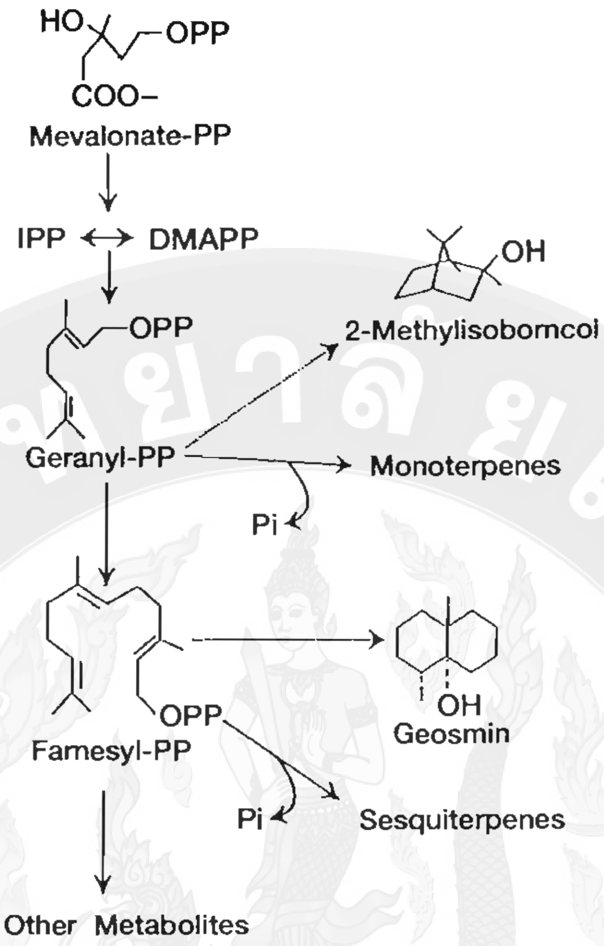
การตรวจเอกสาร

1. กลิ่นไม่พึงประสงค์หรือกลิ่นโคลน (Off-flavor)

กลิ่นโคลน (off-flavor) ที่สำคัญซึ่งพบในสัตว์น้ำที่ได้จากการเพาะเลี้ยง คือกลิ่นโคลน (musty/earthy off-flavor) ส่งผลกระทบต่อการนำสัตว์น้ำและอุตสาหกรรมทางด้านประมงอย่างมาก เนื่องจากกลิ่นโคลนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสัตว์น้ำไม่ยอมรับ (Persson, 1982) โดยสัตว์น้ำที่พบปัญหาดังกล่าวได้แก่ ปลากดอเมริกัน (Martin *et al.*, 1990) ปลาแซลมอล (Farmer *et al.*, 1995) ปลาเรนโบว์เทราท์ (Yurkowski and Tabachek, 1974; Form and Horlyck, 1984) ปลาเฮอร์ริ่ง (herring) และปลาคาร์พ (carp) (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)

จีออสมินเป็นสาร secondary product จากปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ (isoprenoid pathway) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยจีออสมินจะเกิดจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในคาโรทีนอยด์ พาทเวย์ (carotenoid pathway) และขั้นตอนการเกิดโฟโตเทล (phototial) ของคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll a) ดังนั้นจีออสมินจึงเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ เอ ด้วยเหตุนี้ เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตที่จำกัดสารจีออสมินจึงถูกสะสมเพิ่มขึ้น แต่ก็พบว่าสัดส่วนของจีออสมินกับคลอโรฟิลล์ เอ จะมีความไม่แน่นอน ส่วนสารประกอบเอ็มไอบีถูกสังเคราะห์โดยไอโซพรีนอยด์ พาทเวย์ เช่นเดียวกับจีออสมินในสิ่งมีชีวิตกลุ่ม *Actinomycetes spp.* และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Van Der Ploeg,1989)



ภาพ 1 การสังเคราะห์สารให้กลิ่นโคลน (จีออสมิน และเอ็มไอบี) ในวิถีเทอร์ปีน

IPP = isopentenyl pyrophosphate

DMAPP = dimethylallyl pyrophosphate

Pi = inorganic phosphate

ที่มา : Johnsen and Dionigi (1994)

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 ($C_{11}H_{20}O$) เป็นสารประกอบพวกแอลกอฮอล์อิ่มตัวที่ระเหยได้ 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

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สำคัญที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นโคลนประกอบด้วยสกุล *Anabena* sp., *Oscillatoria* sp., *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Microcystis* sp., *Phormidium* sp. (Tabachek และ Yurkowski 1976; Lovell and Broce, 1985; ชะลอ, 2536) ส่วนแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารจีออสมิน และสารเอ็มไอบีได้แก่สกุล *Streptomyces* sp., *Nocardia* sp., *Actinomadura* sp. และ *Actinomycete* sp. สามารถสร้างกลิ่นโคลนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ และสารพิษตกค้างในเนื้อปลาได้ (Sivonen, 1982; Martin *et al.*, 1988; Klapper, 1991; Yamada *et al.*, 1994) โดยเฉพาะสกุล *Streptomycetes* sp. จะทำให้เกิดกลิ่น-รสที่ไม่พึงประสงค์มากที่สุด (Van Der Ploeg and Boyd, 1991)

Martin *et al.* (1990) ได้ทำการศึกษาการสะสมสารเอ็มไอบีเนื้อเยื่อของปลากดอเมริกัน (channel catfish) ขนาด 0.6–0.7 กิโลกรัม โดยฉีดสารละลายเอ็มไอบีเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เข้าไปในเส้นเลือดบริเวณใกล้หัวใจ จากนั้นทำการฆ่าปลาที่ระยะเวลา 2, 24 และ 96 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างจากอวัยวะส่วนต่างๆ ได้แก่ ตับ ไต ผิวหนัง เนื้อช่องท้อง และกล้ามเนื้อ เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารเอ็มไอบี โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟฟี พบว่าเนื้อเยื่อส่วนผิวหนัง และเนื้อท้อง ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อส่วนที่มีปริมาณไขมันสูง มีความเข้มข้นของสารเอ็มไอบีสูงกว่าในเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ

Johnsen and Lloyd (1992) ได้ทำการศึกษาในปลากดอเมริกันขนาด 500±100 กรัมที่มีปริมาณไขมันในระดับต่างกัน โดยได้นำตัวอย่างปลาที่ได้มาทำการแช่ในสารละลายเอ็มไอบี 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25.5±1 °C แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างปลาที่ระยะเวลา 0, 2, 4, 8 และ 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเอ็มไอบีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟฟี และแมสสเปคโตรโฟโตมิตรี โดยแบ่งปลาเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีไขมันสูงกว่าร้อยละ 2 (2.5, 4.0 และ 6.0) และกลุ่มที่มีไขมันต่ำกว่าร้อยละ 2 (0.5, 1.0 และ 1.5) พบว่าหลังจากการแช่ในสารละลายเอ็มไอบี 24 ชั่วโมง

สามารถตรวจพบสารเอ็มไอบีในเนื้อปลาที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 2.5, 4.0 และ 6.0 เท่ากับ 20.1, 24.3 และ 20.8 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

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

Lovell and Broce (1985) ทำการตรวจสอบหากลิ่นโคลนของประเทศเอกวาดอร์ ในปี 1983 พบปัญหากุ้งมีกลิ่นโคลนเกิดขึ้น ซึ่งพบว่ามีสารประกอบจีออสมินที่มีความเข้มข้นสูงที่บริเวณกล้ามเนื้อกุ้ง โดยมีปริมาณความเข้มข้น 78 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นปริมาณสารประกอบจีออสมินที่สูงกว่าในปลา channel catfish ซึ่งมีปริมาณสารประกอบจีออสมินเพียง 9.8 ไมโครกรัม/กิโลกรัม โดยสาเหตุที่ทำให้กุ้งเกิดกลิ่นโคลนที่มีความเข้มข้นสูง อาจเนื่องมาจากมีความเค็มของน้ำระหว่างเลี้ยงมีปริมาณความเค็มที่ลดต่ำลง ทำให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

Matsuyasu *et al.* (1996) ได้ทดสอบผลของสารประกอบจีออสมิน และสารประกอบเอ็มไอบีต่อการพัฒนาการของหอยเม่น พบว่าระดับ IC_{50} ของสารประกอบจีออสมินที่มีผลต่อการปฏิสนธิของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนระดับ IC_{50} ของสารประกอบเอ็มไอบีที่ผลการปฏิสนธิของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 68.77 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนระดับ IC_{50} ของสารประกอบจีออสมินที่มีผลต่อรูปแบบของการแบ่งเซลล์ของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.58 มิลลิกรัม/ลิตร และระดับ IC_{50} ของสารประกอบเอ็มไอบีที่มีผลต่อรูปแบบของการแบ่งเซลล์ของหอยเม่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.58 มิลลิกรัม/ลิตร

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

ชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณสารเอ็มไอบีและจีออสมินในน้ำ ถ้าในบ่อเลี้ยงมีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจำนวนมาก ก็จะพบว่าความเข้มข้นของจีออสมินหรือเอ็มไอบีในน้ำก็จะมีความเข้มข้นที่สูงเช่นกัน (Van Der Ploeg and Boyd, 1991) สาหร่ายในกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญได้ดี ภายใต้สภาวะที่มีอากาศอยู่น้อย เนื่องมาจากหากสภาวะที่น้ำมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูง จะส่งผลทำให้สาหร่ายกลุ่มนี้ไม่สามารถจับกับไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ เมื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเติบโตและรวมตัวกันอย่าง

หนาแน่นบริเวณพื้นผิว ทำให้การส่องผ่านของแสงแดดลงสู่น้ำลดลง มีผลไปยับยั้งการเจริญของพืชน้ำชนิดอื่นๆ ที่ผลิตออกซิเจนในน้ำ (Milie *et al.*, 1992)

ปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดการสะสมกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ ได้แก่ ปริมาณสารอาหารในน้ำ โดย Sivonen (1982) รายงานว่าในสภาวะที่ธาตุอาหารในน้ำสูงมาก (eutrophic water condition) ซึ่งเป็นผลมาจากการให้อาหารสัตว์น้ำที่มากเกินไป ส่งผลทำให้มีอาหารตกค้างภายในบ่อ หรือเกิดจากการเลี้ยงปลาที่หนาแน่นเกินไป และระบบการจัดการในการเลี้ยงที่ไม่ดี ก็เป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของธาตุอาหาร โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ก้นบ่อมาก 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

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัย: การติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในปลา น้ำและดินพื้นบ่อ ระหว่าง บ่อปลานิลที่ผ่านGAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

การทดลองที่ 1 : ศึกษาความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในปลา น้ำและดินพื้นบ่อ ระหว่าง บ่อปลานิลที่ผ่านGAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

1.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

การติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในปลา น้ำและดินพื้นบ่อ ระหว่าง บ่อปลานิลที่ผ่านGAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

พื้นที่ของการสำรวจตรวจสอบระบบการเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ผ่าน GAP จำนวน 3 ฟาร์ม และบ่อที่เลี้ยงระบบผสมผสาน จำนวน 3 ฟาร์ม มีพื้นที่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจัดว่าเป็นพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงปลานิลเพื่อการส่งขายในท้องตลาดมาก ระยะเวลาในการตรวจสอบ 1 ครั้ง/เดือน เป็นเวลา 5 เดือน

ภาพ 2 A: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP

การทดลองที่ 2: ศึกษาตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในปลานิล ปลาดุก และปลาบึก ที่เลี้ยงในแบบน้ำเขียวและระบบ GAP

2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

การติดตามตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ในปลานิล ปลาดุกและปลาบึก ที่เลี้ยงในแบบน้ำเขียวและระบบ GAP

พื้นที่ของการสำรวจตรวจสอบระบบการเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ผ่าน GAP จำนวน 3 ฟาร์ม และบ่อที่เลี้ยงระบบผสมผสาน จำนวน 3 ฟาร์ม มีพื้นที่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งจัดว่าเป็นพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงปลานิลเพื่อการส่งขายในท้องตลาดมาก ระยะเวลาในการตรวจสอบ 1 ครั้ง/เดือน เป็นเวลา 5เดือน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา

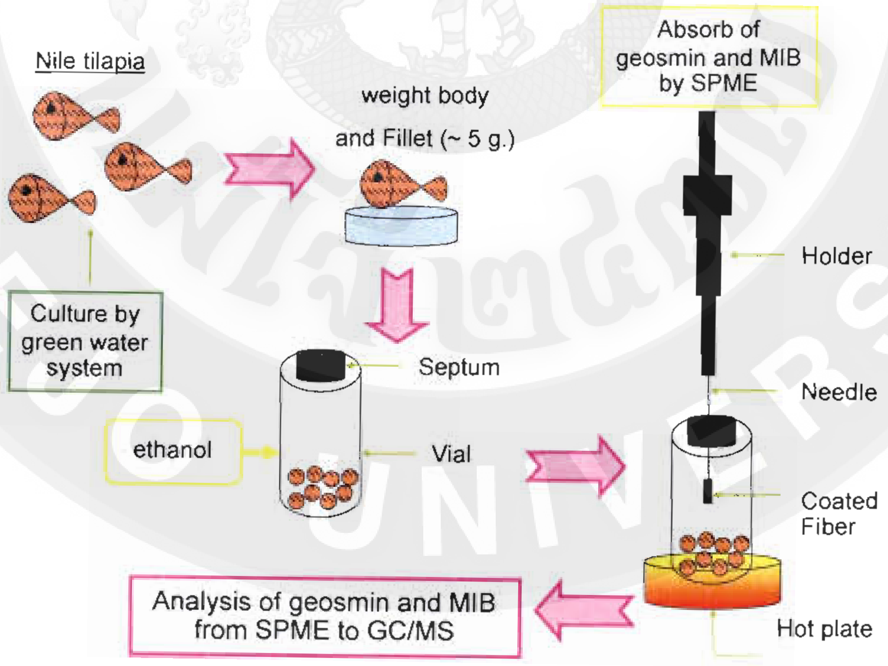
1. การตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำและเนื้อปลานิล

1.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อเลี้ยงปลา ดินพื้นบ่อ และปลานิล เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารจีออสมินและเอ็มไอบี โดยการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารจีออสมินและเอ็มไอบีในน้ำจากบ่อเลี้ยงจะใช้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณสารจีออสมินและเอ็มไอบีในดินพื้นบ่อจะใช้ดินประมาณ 5 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในขวดไวอัล ขนาด 20 มิลลิลิตร และการวิเคราะห์ความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีในเนื้อปลานิลโดยนำตัวอย่างเนื้อปลานิลมาบดให้ละเอียด ใส่ในขวดไวอัล 5 กรัม พร้อมเติมเมทธานอล 10 มิลลิลิตร

1.2 นำขวดไวอัลที่มีตัวอย่างพร้อมวิเคราะห์ มาเติมโซเดียมคลอไรด์ 1.9 กรัม และใส่ magnetic bar จากนั้นปิดฝาด้วยจุกยางทนความร้อนสูง และฝาอะลูมิเนียม นำขวดไวอัลวางบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า และถาดให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65–70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นแทงเข็มไฟเบอร์ที่ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ SPME เข้าไปในขวดตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 12 นาที เพื่อให้ไฟเบอร์ทำการจับกับสารประกอบจีออสมิน และเอ็มไอบีในตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

1.3 นำชุดอุปกรณ์ SPME ฉีดเข้ากับเครื่อง GC/MS (Agilent Technologies 6890 N Network GC system) เข้าไปตรงตำแหน่งที่ฉีดสารของเครื่อง โดยใช้ Splitless mode ผ่านแคบปิลาลีคอลัมน์ (DB-DURABOND) HP–5 (30 m.×0.32 mm. µm. film thickness) ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพาด้วยอัตรา 2.5 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของเตาอบ (oven temperature) ตั้งโปรแกรมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มเป็น 220 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราเร็ว 15 องศาเซลเซียส/นาที และคงอุณหภูมิไว้ที่ 220 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที

ภาพ 3 (A–D) การเตรียมตัวอย่างเนื้อปลามาตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์โดยใช้เครื่อง GC/MS



ภาพ 4 การวิเคราะห์สารพิษ Geosmin และ MIB โดยใช้เครื่อง GC/MS

2. ตรวจวัดปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลานิลระบบผสมผสาน ทุกๆ 1 เดือน/ครั้ง ได้แก่

- อุณหภูมิน้ำ โดยใช้ Thermometer
- ค่าความเป็นกรด–ด่างโดยใช้ pH meter (Schott-Gerate CG 840)
- ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ โดยวิธี Azide modification
- ปริมาณออร์โธฟอสเฟตฟอสฟอรัส โดยวิธี Stannous chloride
- ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน โดยวิธี Direct Nesslerization
- ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน โดยวิธี Phenoldisulfonic acid

3. วิเคราะห์ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช ทุก 30 วัน โดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอน แล้วเก็บรักษาสภาพด้วย Lugul s' solution หลังจากนั้นนำมาจัดจำแนกชนิด

2. สถานที่ทำการทดลองและ / หรือเก็บข้อมูล

เก็บตัวอย่างฟาร์มเอกชน พื้นที่ของการสำรวจตรวจสอบระบบการเลี้ยงปลานิลในบ่อที่ผ่าน GAP จำนวน 4 ฟาร์ม ได้แก่

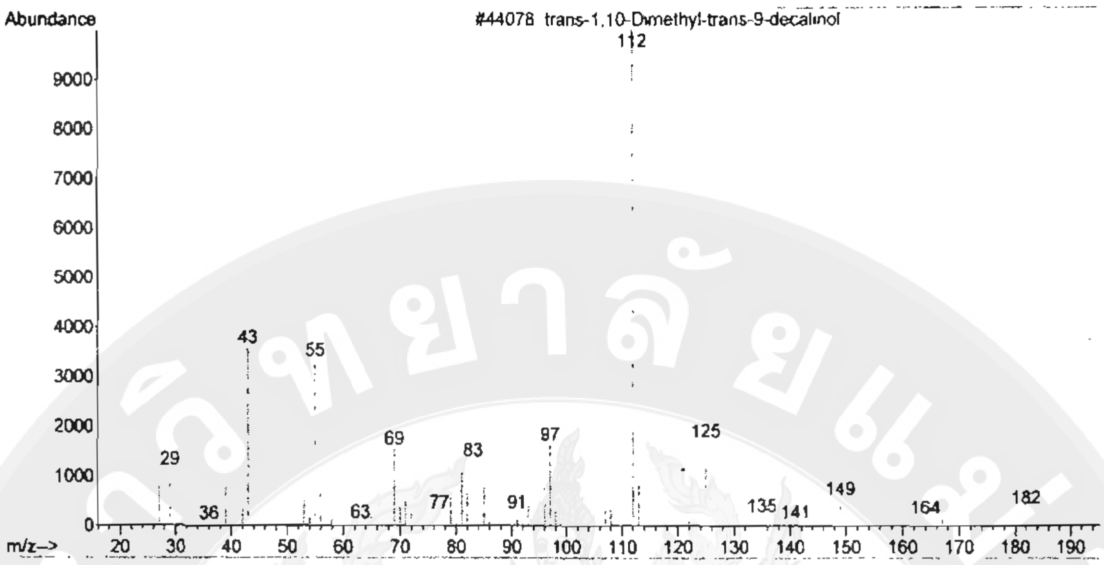
1. ฟาร์มปลานิลที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ฟาร์มปลานิลที่จังหวัดพะเยาที่เก็บตัวอย่างและไม่มี GAP
3. ฟาร์มปลานิลที่จังหวัดเชียงใหม่ ที่เก็บตัวอย่างและมี GAP
4. ฟาร์มปลานิล และปลาเผาะลูกผสมที่จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่เก็บตัวอย่างและมี GAP

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชที่สารกลิ่นโคลน (geosmin และ MIB) โดยใช้เครื่อง GC/MS วิเคราะห์ที่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

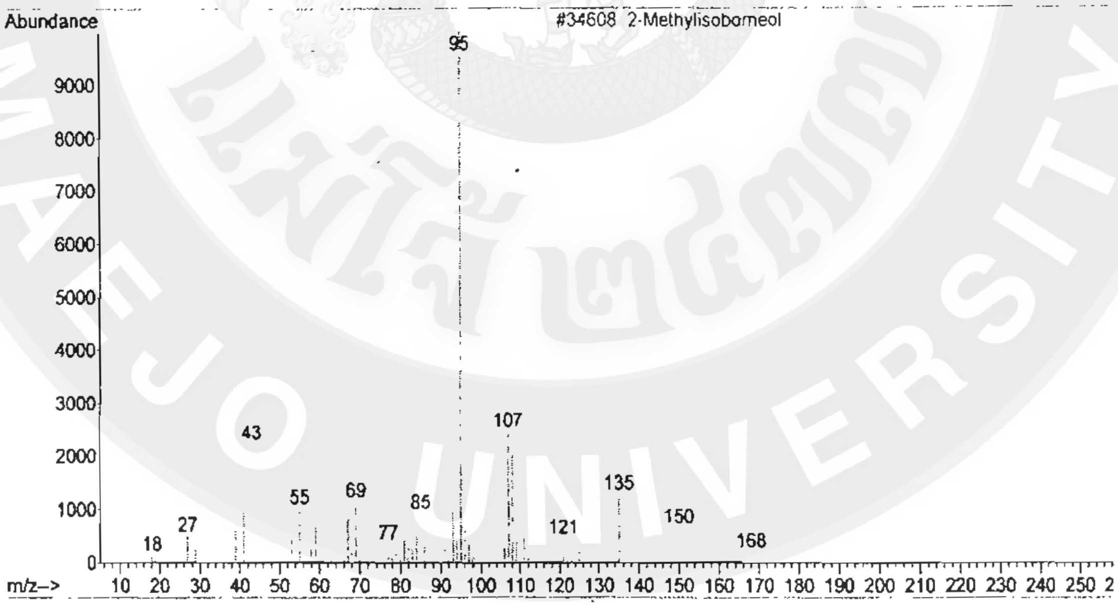
ภาพ 5 A: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP

ภาพ 6 A: บ่อเลี้ยงปลาดุกที่ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อเลี้ยงปลาดุกที่ผ่าน GAP

ภาพ 7 A: บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, B: บ่อปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP



ภาพ 8 Mass spectrum ของสารจีออสมิน (trans-1, 10-Dimethyl-trans-9-decalinol)



ภาพ 9 การวิเคราะห์สารพิษ Geosmin และ MIB โดยใช้เครื่อง GC/MS

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 : ศึกษาความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในปลา น้ำและดินพื้นบ่อ ระหว่าง บ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

การตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล น้ำและดินพื้นบ่อ

จากการศึกษาศึกษาความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในเนื้อปลา ในน้ำและดินพื้นบ่อ ระหว่าง บ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม เมื่อเลี้ยงผ่านไป 5 เดือน พบว่า ในบ่อเลี้ยงปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมมีปริมาณจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยทั้งในดินพื้นบ่อ ในน้ำ และเนื้อปลา สูงกว่าบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP โดย ความเข้มข้น จีออสมินเฉลี่ยจากตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล คือ 0.67±0.26, 1.58±0.35 และ 1.59±0.60 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ มีความเข้มข้นเอ็มไอบีเฉลี่ยจากตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล คือ 6.51±1.54, 1.61±0.55 และ 2.11±0.50 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม พบว่า ความเข้มข้นจีออสมินเฉลี่ยจากตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล คือ 4.32±1.67, 15.64±7.23 และ 2.44±1.02 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ มีความเข้มข้นเอ็มไอบีเฉลี่ยจากตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล คือ 21.22±7.05, 43.34±10.07 และ 2.71±0.90 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (ตาราง 1) และพบว่า บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมมีค่าความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่าบ่อที่ผ่าน GAP ทั้งตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล (ตาราง 1)

ตาราง 1 ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลจากบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

ตัวอย่าง	บ่อที่ผ่าน GAP		บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	
	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)
ดินพื้นบ่อ ($\mu g.kg^{-1}$)	0.67±0.26	6.51±1.54	4.32±1.67	21.22±7.05
น้ำ ($\mu g.L^{-1}$)	1.58±0.35	1.61±0.55	15.64±7.23	43.34±10.07
เนื้อปลา ($\mu g.kg^{-1}$)	1.59±0.60	2.11±0.50	2.44±1.02	2.71±0.90

ปัจจัยคุณภาพน้ำ ทางเคมี และทางชีวภาพ ในบ่อเลี้ยงปลานิล

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ ของบ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ระยะเวลา 5 เดือน จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำในการทดลอง พบว่าคุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (ตาราง 2) โดย ความเข้มข้นของ คลอโรฟิลล์ เอ และ แอมโมเนีย ของบ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP ต่ำกว่าบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ส่วนความขุ่นและฟอสเฟตของบ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP สูงกว่าบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม (ตาราง 2)

ตาราง 2 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ (mean±SE) ของบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

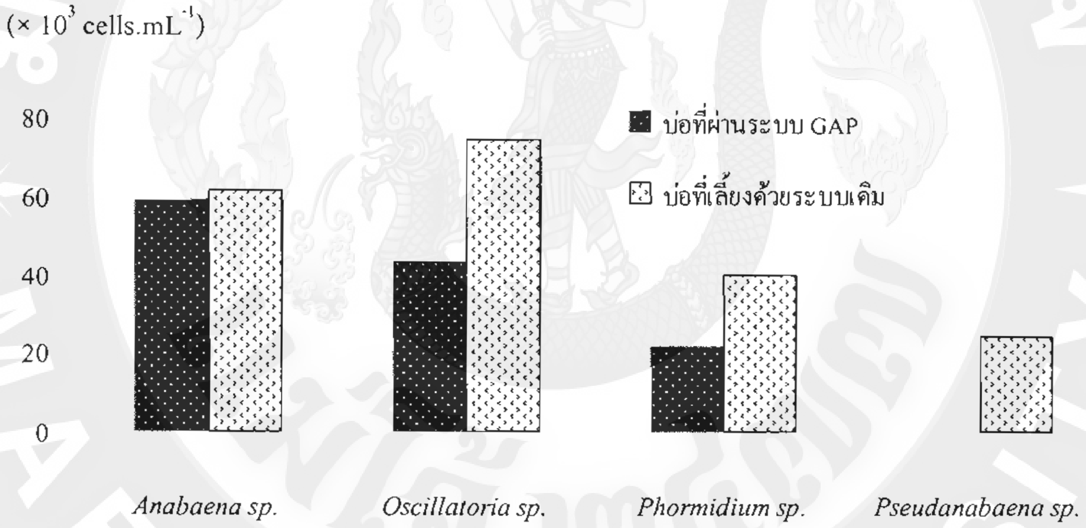
Parameters	ค่า คุณภาพน้ำ	
	บ่อที่ผ่านระบบ GAP	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม
1. อุณหภูมิ (C°)	31.3±1.2	27.7±1.7
2. pH	7.8±0.2	8.1±0.5
3. ความขุ่น (NTU)	159.0±37.8	77.2±6.0
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	7.2±1.3	8.7±0.9
5. คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	379±50.0	622.5±133.0
6.ฟอสเฟต ฟอสฟอรัส (mg/l)	0.37±0.11	0.19±0.06
7. แอมโมเนียรวม (mg/l)	0.33±0.07	0.75±0.15
8. ไนไตรทไนโตรเจน(mg/l)	0.04±0.01	0.10±0.04
9. ไนเตรท ไนโตรเจน(mg/l)	0.08±0.02	0.06±0.01

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

จากการตรวจปริมาณความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ระยะเวลา 5 เดือน พบว่า บ่อปลานิลที่ผ่าน GAP พบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ 3 ชนิด คือ *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Phormidium* sp. ส่วนบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ 4 ชนิด คือ *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp. และ *Pseudanabaena* sp. (ตาราง 3, ภาพที่ 10)

ตาราง 3 ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	บ่อที่ผ่านระบบ GAP ($\times 10^3$ cells.mL^{-1})	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ($\times 10^3$ cells.mL^{-1})
Anabaena sp.	58.97	61.11
Oscillatoria sp.	43.12	74.17
Phormidium sp.	21.53	39.57
Pseudanabaena sp.	-	24.29



ภาพ 10 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

การทดลองที่ 2: ศึกษาตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลิ่นไม่พึ่งประสงค์ ในปลานิล ปลาดุกและปลาเผาะลูกผสม ที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมและระบบที่ผ่าน GAP

จากการศึกษาตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลจากบ่อที่มีใบผ่าน GAP เปรียบเทียบกับบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม พบว่า บ่อปลานิลที่ผ่าน GAP มีกลิ่นโคลนสะสมน้อยกว่า โดยมีค่าจีออสมินในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลเฉลี่ย คือ 0.67±0.26, 1.58±0.35 และ 1.59±0.60 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าเอ็มไอบีในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลเฉลี่ย คือ 6.51±1.54, 1.61±0.55 และ 2.11±0.50 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่า บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมมีค่าความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่าบ่อที่ผ่าน GAP ทั้งตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิล (ตาราง 4)

ตาราง 4 ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลานิลจากบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

ตัวอย่าง	บ่อที่ผ่านระบบ GAP		บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	
	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)
ดินพื้นบ่อ ($\mu g.kg^{-1}$)	0.67±0.26	6.51±1.54	4.32±1.67	21.22±7.05
น้ำ ($\mu g.L^{-1}$)	1.58±0.35	1.61±0.55	15.64±7.23	43.34±10.07
เนื้อปลานิล ($\mu g.kg^{-1}$)	1.59±0.60	2.11±0.50	2.44±1.02	2.71±0.90

ส่วนการศึกษาตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาดุกจากบ่อที่มีใบผ่าน GAP เปรียบเทียบกับบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม พบว่า บ่อปลาดุกที่ผ่าน GAP มีกลิ่นโคลนสะสมน้อยกว่า โดยมีค่าจีออสมินในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาดุกเฉลี่ย คือ 0.72±0.17, 2.33±0.33 และ 0.48±0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าเอ็มไอบีในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาดุกเฉลี่ย คือ 5.16±1.35, 0.81±.20 และ 9.82±2.22 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่า บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมมีค่าความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่าบ่อที่ผ่าน GAP ทั้งตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาดุก (ตาราง 5)

ตาราง 5 ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาดุกจากบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP และบ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

ตัวอย่าง	บ่อที่ผ่านระบบ GAP		บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	
	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)
ดินพื้นบ่อ (μg.kg^{-1})	0.72±0.17	5.16±1.35	1.37±0.47	7.41±1.80
น้ำ (μg.L^{-1})	2.33±0.33	0.81±.20	2.00±0.50	1.78±0.56
เนื้อปลาดุก (μg.kg^{-1})	0.48±0.12	9.82±2.22	0.56±0.11	9.48±2.72

บ่อเลี้ยงปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP พบค่าจีออสมินในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาเผาะลูกผสมเฉลี่ย คือ 0.55±0.50, 0.41±0.45 และ 0.53±0.52 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และมีค่าเอ็มไอบีในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาเผาะลูกผสมเฉลี่ย คือ 0.16±0.71, 0.36+0.83 และ 0.44±0.82 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่า บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิมมีค่าความเข้มข้นของจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงกว่าบ่อที่ผ่าน GAP ทั้งตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาเผาะลูกผสม (ตาราง 6)

ตาราง 6 ความเข้มข้นของสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในตัวอย่างดิน น้ำ และเนื้อปลาเผาะลูกผสมจากบ่อที่ผ่าน GAP และบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

ตัวอย่าง	บ่อที่ผ่านระบบ GAP		บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	
	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)	Geosmin (μg/kg)	MIB (μg/kg)
ดินพื้นบ่อ (μg.kg^{-1})	0.55±0.50	0.16±0.71	3.62±0.83	1.05±0.11
น้ำ (μg.L^{-1})	0.41±0.45	0.36+0.83	2.53±0.51	2.95±0.39
เนื้อปลา (μg.kg^{-1})	0.53±0.52	0.44±0.82	3.39±0.72	1.39±0.10

การเปรียบเทียบปริมาณสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี ในเนื้อปลาจากบ่อที่ผ่าน GAP และบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม จากการศึกษาผลการเปรียบเทียบเปรียบเทียบปริมาณสารจีออสมินและสารเอ็มไอบีในเนื้อ พบว่าปลาที่เลี้ยงในระบบ GAP มีปริมาณจีออสมินและเอ็มไอบีเฉลี่ยต่ำที่สุด และยังพบว่าปลาดุกที่เลี้ยงในระบบดั้งเดิม มีปริมาณสารเอ็มไอบีเฉลี่ยสูงที่สุด (ตาราง 7)

ตาราง 7 ความเข้มข้นสารจีออสมินและสารเอ็มไอบี (mean±SE)ในเนื้อปลาจากบ่อที่ผ่าน GAP และบ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

ตัวอย่าง	Geosmin (µg.kg^{-1})			MIB (µg.kg^{-1})		
	ปลานิล	ปลาดุก	ปลาเผาะลูกผสม	ปลานิล	ปลาดุก	ปลาเผาะลูกผสม
บ่อที่ผ่าน GAP	1.59±0.60	0.48±0.12	0.53±0.52	2.11±0.50	9.82±2.22	0.44±0.82
บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	2.44±1.02	0.56±0.11	3.39±0.72	2.71±0.90	9.48±2.72	1.39±0.10

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ ของบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP, บ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, บ่อปลาดุกผ่าน GAP, บ่อปลาดุกที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, บ่อปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP และ บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ระยะเวลาการทดลอง 5 เดือน พบว่า คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ (ตาราง 8)

ตาราง 8 คุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและ ชีวภาพ (mean±SE)ของบ่อปลาที่ผ่าน GAP และบ่อปลาที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

Parameters	บ่อปลา					
	บ่อปลานิล		บ่อปลาดุก		บ่อปลาเผาะลูกผสม	
	บ่อที่เลี้ยงในระบบ GAP	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	บ่อที่เลี้ยงในระบบ GAP	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	บ่อที่เลี้ยงในระบบ GAP	บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม
1. อุณหภูมิ (C°)	31.3±1.2	27.7±1.7	26.6±4.8	30.8±1.1	29.9±0.2	27.1±1.28
2. pH	7.8±0.2	8.1± 0.5	7.4±0.1	7.5±0.1	7.3±0.2	7.1±0.3
3. ความขุ่น (NTU)	159.0±37.8	77.2±6.0	153.5±34.6	168.4±42.9	-	-
3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (mg/l)	7.2±1.3	8.7±0.9	6.4±0.9	6.3±0.9	4.0±0.3	6.2±0.02
5. คลอโรฟิลล์ เอ (mg/l)	379±50.0	622.5±133.0	369±66.7	276±40.3	930.7±284.6	114±34.9
6.ฟอสเฟต- ฟอสฟอรัส (mg/l)	0.37±0.11	0.19±0.06	0.38±0.10	0.34±0.07	*0.30±0.20	0.29±0.14
7. แอมโมเนีย (mg/l)	0.33±0.07	0.75±0.15	0.45±0.06	0.37±0.08	0.54±0.11	0.25±0.05
8. ไนไตรท-ไนโตรเจน(mg/l)	0.04±0.01	0.10±0.04	0.04±0.01	0.05±0.01	0.06±0.05	0.02±0.01
9. ไนเตรท- ไนโตรเจน(mg/l)	0.08±0.02	0.06±0.01	0.08±0.02	0.08±0.02	0.07±0.02	0.04±0.01

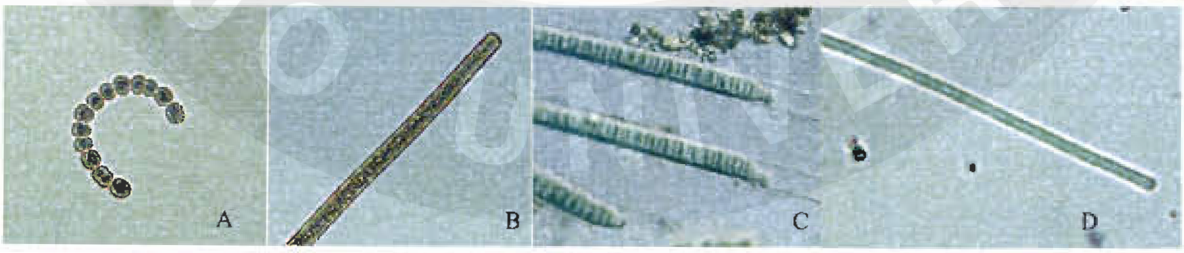
<u>หมายเหตุ</u> * ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg/l)

ความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

จากการตรวจปริมาณความหลากหลายและองค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืชในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP บ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม บ่อปลาดุกผ่าน GAP บ่อปลาดุกที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม บ่อปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP และ บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม ระยะเวลาการทดลอง 5 เดือน พบว่า สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ 4 ชนิด คือ *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp., *Phormidium* sp. และ *Pseudanabaena* sp. (ตาราง 9, ภาพที่ 11)

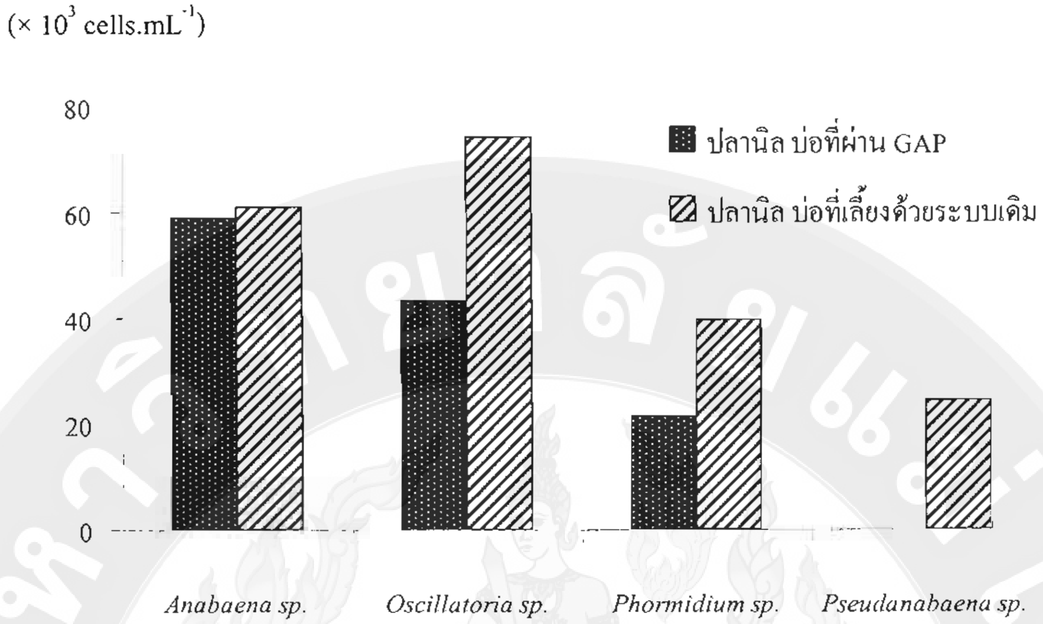
ตาราง 9 ปริมาณสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ในบ่อปลานิลที่ผ่าน GAP, บ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, บ่อปลาดุกผ่าน GAP, บ่อปลาดุกที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม, บ่อปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP และ บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

ตัวอย่าง	ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (× 10^3 cells.mL^{-1})			
	Anabaena sp.	*Oscillatoria* sp.	*Phormidium* sp.	*Pseudanabaena* sp.
บ่อปลานิลที่เลี้ยงในระบบ GAP	58.97	43.12	21.53	-
บ่อปลานิลที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	61.11	74.17	39.57	24.29
บ่อปลาดุกที่เลี้ยงในระบบ GAP	102.67	98.41	56.09	-
บ่อปลาดุกที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	138.09	95.73	85.29	-
บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงในระบบ GAP	98.75	105.30	-	47.58
บ่อปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม	157.13	101.19	94.63	-

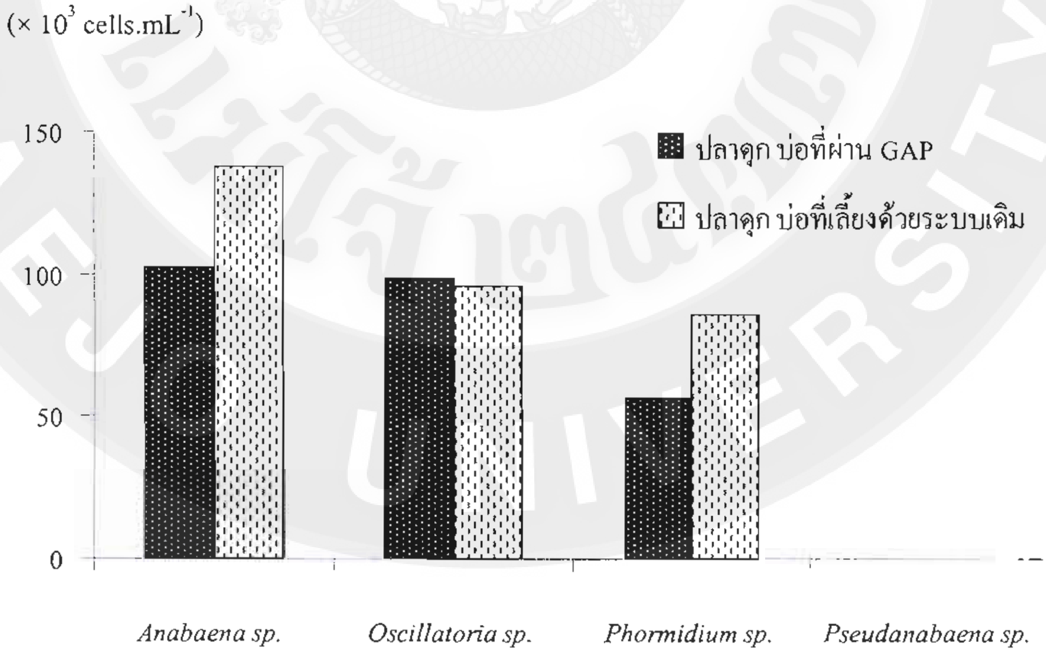


ภาพ 11 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในการทดลอง

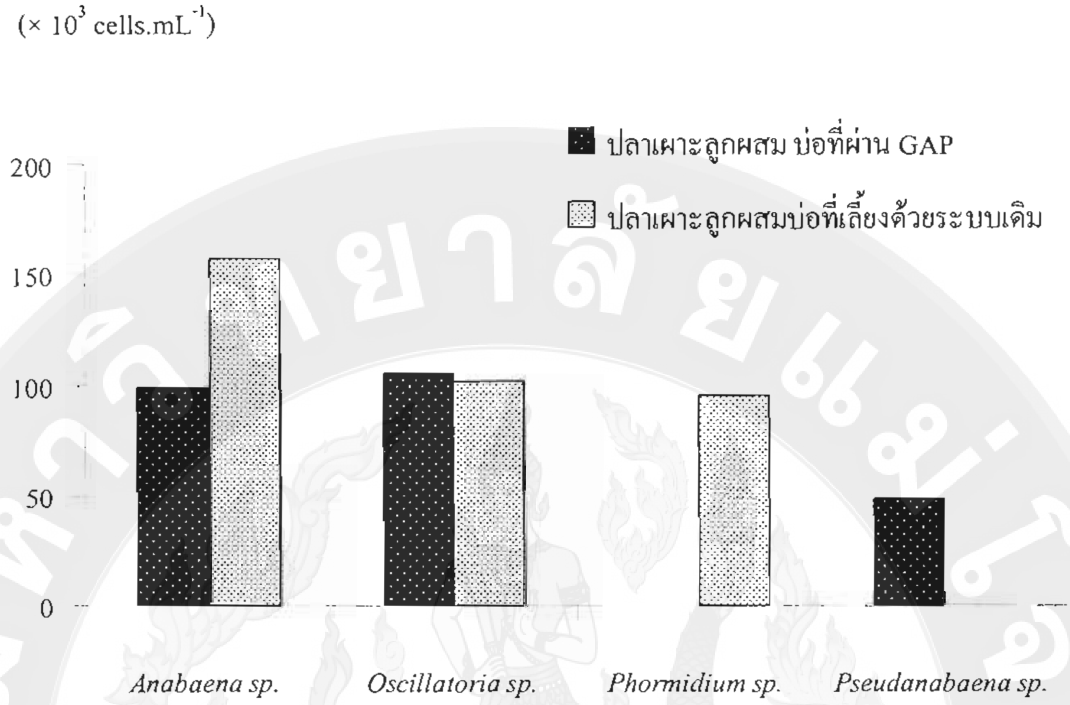
(A) *Anabaena* sp., (B) *Oscillatoria* sp., (C) *Phormidium* sp. และ (D) *Pseudanabaena* sp.



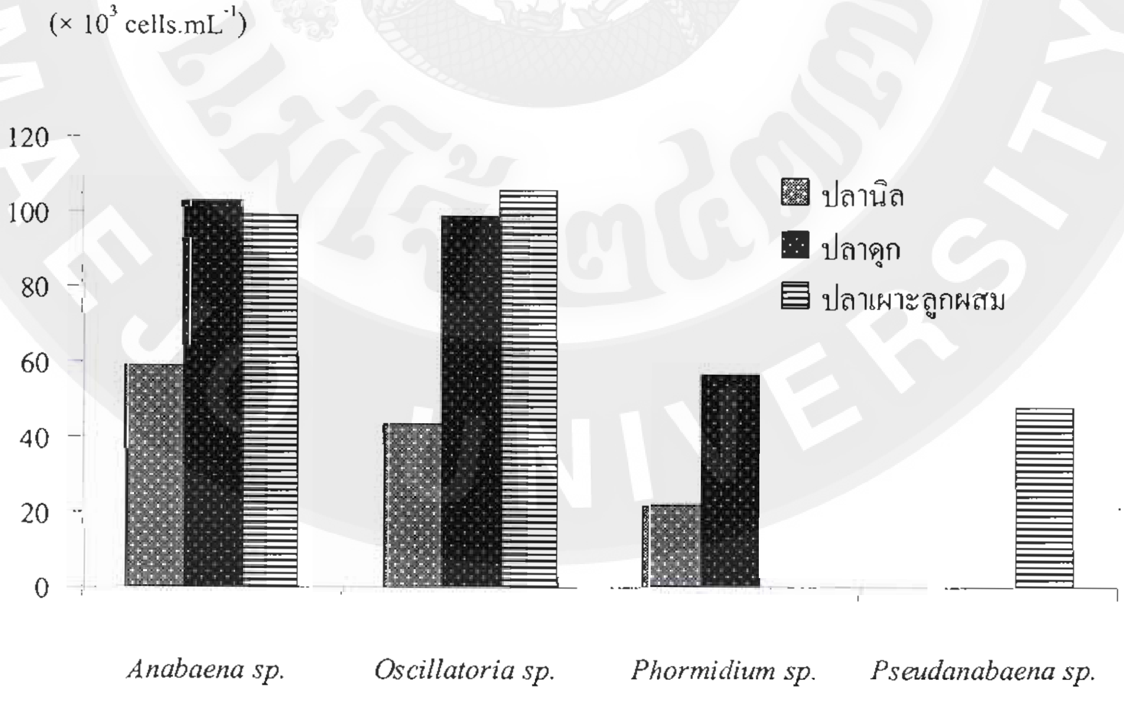
ภาพ 12 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิลที่ผ่าน GAP และเลี้ยงด้วยระบบเดิม



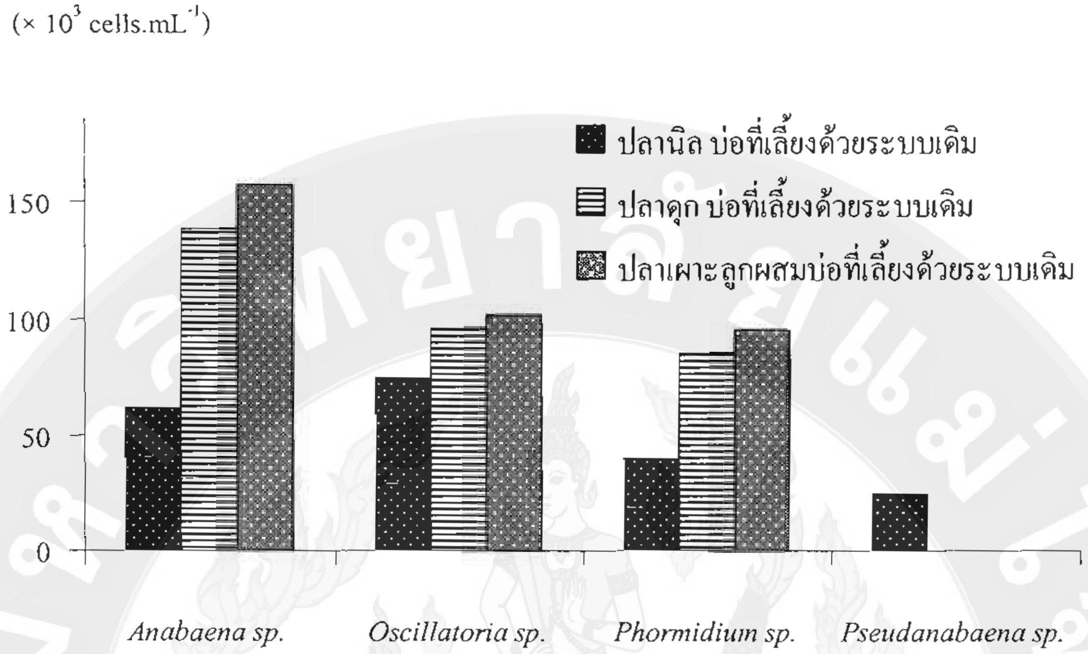
ภาพ 13 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลาดุกที่ผ่าน GAP และเลี้ยงด้วยระบบเดิม



ภาพ 14 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP และเลี้ยงด้วยระบบเดิม



ภาพ 15 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิล, ปลาดุกและปลาเผาะลูกผสมที่ผ่าน GAP



ภาพ 16 ชนิดของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่พบในบ่อเลี้ยงปลานิล, ปลาดุกและปลาเผาะลูกผสมที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการตรวจสอบติดตามกลิ่นไม่พึงประสงค์ในตัวปลาที่ได้จากการเลี้ยง 2 ระบบ คือ ระบบเดิมและระบบการเลี้ยงที่ผ่าน GAP พบว่า ปลาที่ได้จากระบบการเลี้ยงที่ผ่าน GAP มีการสะสมของกลิ่นน้อยกว่าปลาที่ได้จากระบบเดิม ซึ่งระบบการเลี้ยงปลาในปัจจุบันมุ่งเน้นเพื่อเป็นอาหารที่ปลอดภัย โดยมีมาตรการควบคุมระบบการเลี้ยงภายใต้ข้อจำกัดต่างเช่น การเลี้ยงในระบบแนวปฏิบัติที่ดี (Good Aquaculture practice, GAP) การเลี้ยงปลาภายใต้เงื่อนไขนี้ กรมประมงเป็นหน่วยงานที่กำกับดูแล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สัตว์น้ำมีคุณภาพปลอดภัย

กลิ่นโคลนที่สะสมในตัวปลาเป็นเป็นเรื่องที่เกษตรกรให้ความสำคัญ โดยเฉพาะปลาที่ส่งออก เช่นปลา นิล ปลาเผาะลูกผสม และปลาดุก โดยมีงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาในปลาหลายชนิด (ตาราง 10) เช่น กลิ่นที่สะสมในปลานิลที่เลี้ยงต่างกัน 4 รูปแบบคือ ปลานิลในบ่อดิน ในกระชัง ปลานิลในบ่อดินร่วมกับปลาดุกในกระชัง และ การเลี้ยงปลานิลในกระชังร่วมกับปลาดุกในบ่อดิน พบว่า การสะสมของจีออสมินในปลานิลที่เลี้ยงในกระชังร่วมกับปลาดุกในบ่อดิน (T4) มีค่าต่ำที่สุด ($p>0.05$) แต่สูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ (Threshold level) ที่กำหนดไว้ที่ 0.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ของจีออสมินและที่ 0.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ของเอ็มไอบี ปลานิลที่เลี้ยงบ่อดิน(ทั้งในกระชังหรือในบ่อดินโดยตรง) มีโอกาสรับจีออสมินและเอ็มไอบีได้ทั้งการกินและการดูดซึมผ่านเหงือกได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารทั้งสองในน้ำหรือขึ้นกับแหล่งผลิต(filamentous cyanobacteria บางตัวและ Actinomycetes บางตัว) นอกจากนี้ยังพบว่า ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังในแม่น้ำมีการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์น้อยมาก โดยมีค่าจีออสมินและเอ็มไอบีต่ำกว่าระดับที่ยอมรับได้ (Threshold level) 100%ของตัวอย่าง (n=18) รายงานอื่นๆที่ผ่านมาในปลาและในกุ้ง (ตารางที่ 10) พบการปนเปื้อนของกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ในน้ำพบสารจีออสมิน (0-0.23 ไมโครกรัม/ลิตร) และเอ็มไอบี (0-0.23 ไมโครกรัม/ลิตร)

ปลานิลที่เลี้ยงในบ่อดินได้รับสารจีออสมินและเอ็มไอบีทั้งการกินสาหร่าย แพลงก์ตอนพืชและแบคทีเรียที่สร้างกลิ่น หรือการซึมผ่านเหงือกแล้วสะสมในร่างกายของปลา ในธรรมชาติปลาอาศัยอยู่ในน้ำที่มีการละลายของกลิ่นไม่พึงประสงค์ เมื่อดูดซึมเข้าสู่ร่างกายปลาสามารถกำจัดออกได้ด้วยการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครม พี 450 โมโนออกซิจิเนส รูปแบบ CYP 1A ในเซลล์ตับ โดยการเปลี่ยนโครงสร้างของสารไม่มีขั้วให้อยู่ในรูปของสารมีขั้วและสามารถกำจัดออกจากร่างกายได้ (Schlenk, 1994) Yamprayoon and Noomhorm (2000) รายงานว่า กลิ่นไม่พึงประสงค์สามารถเข้าสู่ร่างกายสัตว์น้ำได้ง่ายในช่วงสั้น แต่การลดหรือกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ออกอาจต้องใช้เวลานานเป็นสัปดาห์

จากการตรวจสอบชนิดของสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ตลอดการเลี้ยงใน T1, T2, T3 และ T4 พบ *Anabaena* sp. เป็นกลุ่มเด่น และรองลงมาคือ *Oscillatoria* sp. และ *Pseudanabaena* sp. สอดคล้องกับ Smith *et al*. (2008) พบว่าสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ ได้แก่ *Anabaena* sp. *Oscillatoria* sp. *Aphanizomenon* sp. *Phormidium* sp. และ *Pseudanabaena* sp. และยังสอดคล้องกับรายงานของ Juttner and Watson (2007) พบว่า *Oscillatoria spendida, Oscillatoria brevis, Oscillatoria tenuis, Lyngbia subtilis* และ *Oscillatoria allogei* เป็นสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียวที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่สามารถเจริญเติบโตเกาะอยู่กับผิวอวนและพื้นกระชังได้ดี

Klausen *et al*., (2005) พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีทจำนวนมากในแม่น้ำและบ่อปลาของประเทศเดนมาร์คผลิตสาร geosmin และ 2-methylisoborneol ซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ Zuo *et al*., (2009) แยกเชื้อแอคติโนมัยซีทที่สร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์จากดินตะกอนก้นทะเลสาบ Lotusในประเทศจีน พบว่า ทุกไอโซเลทเป็นสมาชิกในสกุล *Streptomyces* สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zuo *et al*., (2010) ที่รายงานการตรวจพบสาร geosmin ปริมาณสูงในตะกอนก้นอ่างเก็บน้ำ Xionghe ประเทศจีนซึ่งมีความลึกเฉลี่ย 13 เมตร ซึ่งพบว่า สาร geosmin ดังกล่าวถูกผลิตโดยเชื้อแอคติโนมัยซีทในสกุล *Streptomyces* ที่อาศัยอยู่ในดินตะกอนก้นอ่างเก็บน้ำ จากผลการทดลองครั้งนี้พบว่า Actinomycetes เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การสะสมกลิ่นในตัวปลา Actinomycetes ทั้ง 4 isolates นั้นได้มาจากกระเพาะปลานิลที่เลี้ยงในกระชัง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่มีการสะสมของ ตะกอนของเสียที่ก้นกระชัง และส่งผลให้มีการเจริญเติบโตแล้วปลานิลได้รับจากการกินอาหาร

Sugiura *et al*., (1994) ได้แสดงให้เห็นว่า actinomycetes ที่พื้นทะเลสาบ สามารถเจริญได้ดีเนื่องจากได้ใช้แหล่งคาร์บอนจาก *Microcystis* sp. ที่ตายแล้วจมตัวลงสู่พื้นทะเลสาบ

ตาราง 10 ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่สะสมในสัตว์น้ำ

ชนิดปลา	**GSM**	**MIB**	**อ้างอิง**
Bream	-	0.095 $\mu g.kg^{-1}$	
Pike	-	0.085 $\mu g.kg^{-1}$	Presson (1980)
Rainbow trout	-	0.055 $\mu g.kg^{-1}$	
Shrimp	78 $\mu g.kg^{-1}$	-	Lovell and Broce (1985)

ตาราง 10 (ต่อ) ปริมาณกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่สะสมในสัตว์น้ำ

ชนิดปลา	GSM	MIB	อ้างอิง
Channel catfish	-	20.1–20.8 $\mu g.kg^{-1}$	Johnsen and Lloyd (1992)
Channel catfish	0.7 $\mu g.kg^{-1}$	-	Johnsen and Kelly (1990); Dionigi *et al.* (2000)
Channel catfish	0.25-0.5 $\mu g.kg^{-1}$	0.1–0.2 $\mu g.kg^{-1}$	Casey *et al.* (2004)
Channel catfish	250-500 $ng.kg^{-1}$	100-200 $ng.kg^{-1}$	Grimm *et al.* (2004)
Rainbow trout	900 $ng.kg^{-1}$	-	Robertson *et al.* (2006)
	7.2 $\mu g.kg^{-1}$	-	
Red tilapia	4.6-41.0 $\mu g.kg^{-1}$	10.0-74.0 $\mu g.kg^{-1}$	Whangchai *et al.* (2008)
Nile tilapia	1.57 ± 0.15 (0.00–5.91) $\mu g.kg^{-1}$	3.12 ± 0.27 (0.00 –12.44) $\mu g.kg^{-1}$	Whangchai *et al.* (2008)
บ่อที่เลี้ยงด้วยระบบเดิม			
Nile tilapia	1.59±0.60 $\mu g.kg^{-1}$	2.11±0.50 $\mu g.kg^{-1}$	
Catfish	0.48±0.12 $\mu g.kg^{-1}$	9.82±2.22 $\mu g.kg^{-1}$	
Pangasius	0.53±0.52 $\mu g.kg^{-1}$	0.44±0.82 $\mu g.kg^{-1}$	การวิจัยครั้งนี้
บ่อที่ผ่าน GAP			
Nile tilapia	2.44±1.02 $\mu g.kg^{-1}$	2.71±0.90 $\mu g.kg^{-1}$	
Catfish	0.56±0.11 $\mu g.kg^{-1}$	9.48±2.72 $\mu g.kg^{-1}$	
Pangasius	3.39±0.72 $\mu g.kg^{-1}$	1.39±0.10 $\mu g.kg^{-1}$	

ปัจจุบันระดับที่ยอมรับได้ (threshold level) ของปริมาณสารจีออสมิน คือ 0.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (Robertson *et al.*, 2006) และสารเอ็มไอบี คือ 0.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (Persson, 1980) และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังมีปริมาณสารจีออสมินต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ คือ 0.9 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่า ปลานิลที่เลี้ยงในกระชังก่อนจับ

ขายมีการปนเปื้อนกลิ่นไม่พึงประสงค์ในระดับที่ยอมรับได้ แต่อย่างไรก็ดี เกษตรกรและผู้ประกอบการเลี้ยงปลานิลรวมถึงสัตว์น้ำเศรษฐกิจชนิดอื่น เพื่อการส่งออกควรมีการตรวจสอบกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อสัตว์น้ำก่อนจับขาย

เอกสารอ้างอิง

ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2536. แนวทางการเลี้ยงกุ้งหน้าฝน. วารสารอะควาฟาร์มมิ่ง 5: 30-36.

เทพรัตน์ อึ้งเศรษฐพันธ์ สุเทพ ปิ่นธิวงศ์ สมบูรณ์ ใจปินตา ประจวบ ฉายบุ สุดปราณี มณีศรี และรุ่งกานต์ อำไพพงศ์. 2545. แนวทางการจัดการปัญหาการผลิตและการตลาดปลาน้ำจืดจังหวัดเชียงใหม่. รายงานวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย PDG45N0008. 85 หน้า.

ศูนย์สารสนเทศ. 2547. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 91 น.

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

Farmer, L.J., J.M. McConnell, T.D.J. Hagan and D.B. Harper. 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 V. Horlyck. 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., C.J. Hwang, S.W. Krasner and J. Micheal. 1982. Geosmin and 2–methylisoborneol from cyanobacteria in three water supply system. App. Envi. Micro. 43(3): 708-714.

Johnsen, P.B. and S.W. Lloyd. 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 C.P. Dionigi. 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., S.W. Lloyd, B.T. Vingad and P.C. Dionigi. 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.

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

Martin, J.F., C.P. McCoy, W. Greenleaf and L.W. Bennett. 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., L.W. Bennett and W.H. Graham. 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., M.S. Plakas, H.J. Holley, J.V. Kitzman and A.M. Guaino. 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., O. Takahoro, K. Yoshiyuki, I. Noriyuki, I. Taichi, A. Akiiro, S. Toshiaki, H. Euichi and S. Michio. 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., M.C. Baker, C.S. Tucker, B.T. Vinyard and C.P. Dionigi. 1992. High-resolution Airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton. J. of Phytocoloy. 28: 28-290.

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

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

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

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

Tabachek, J.L. and M. Yurkowski. 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.

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

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

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 C.E. Boyd. 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., N. Marakami, N. Kawamura and J. Sakakibara. 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 A. Noomhorm. 2000. Geosmin and Off-flavor in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). J. of Aquatic product technology 9(2): 29-41.

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

Yurkowski, M. and J.L. Tabachek. 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.