การจัดการป้องกันและลดสารให้กลิ่นโคลน Geosmin ในผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำ

Prevention and Decreasing Management of Geosmin Flavor in Processed Fishery Products

ปิยะวิทย์ ทิพรส*
Piyavit Thipbharos

*อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

* Lecturer of Food Technology, Department of Food Technology Faculty of Arts and Sciences, Dhurakij Pundit University

บทคัดย่อ

กลิ่นโคลนในผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำเป็นกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งมีผลกระทบต่อการนำสัตว์น้ำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก ทำให้เกิดการไม่ยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำของไทยที่พบปัญหา ได้แก่ ปลาสวาย ปลานิล ปลากะพงขาว กุ้งก้ามกราม และปลาสวายโมง ที่เลี้ยงในน้ำจืด ส่วนกุ้งกุลาดำและกุ้งขาวแวนนาไม ที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ สารประกอบที่ให้กลิ่นโคลนมีหลายชนิด แต่ที่ทราบชนิดและลักษณะของกลิ่นที่เกิดขึ้นแน่นอนนั้น คือ Geosmin จึงก่อให้เกิดกลิ่นโคลน สังเคราะห์ขึ้นโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น สกุล *Oscillatoria* sp., *Mycrocystis* sp., *Anabaena* sp., *Lyngbya* sp., *Aphanizomenon* sp., *Symploca* sp., *Phromidium* sp. และแบคทีเรีย สกุล *Streptomyces* sp. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำนั้น ได้แก่ ปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ความเค็มของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และความเข้มแสง การดูดซึมและการสะสมสารประกอบ Geosmin ในสัตว์น้ำ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยสาร Geosmin เข้าไปจับกับไขมันในกระแสเลือดแล้วแพร่กระจายตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย การจัดการป้องกันและลดกลิ่นโคลน มี 3 วิธีการ ดังนี้ คือ 1. การป้องกันกลิ่นโคลนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยง โดยการควบคุมปริมาณอาหารให้เหมาะสมและให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด และควบคุมปริมาณออกซิเจนให้เพียงพอ 2. การลดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำที่มีชีวิตในบ่อพัก โดยกักปลาไว้ในบ่อจนกว่ากลิ่นรสจะดีขึ้นหรือย้ายปลามาพักในบ่อน้ำที่สะอาดหลังจับปลามาในสภาพยังมีชีวิต 3. การลดกลิ่นโคลนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำระหว่างกระบวนการแปรรูปที่ผ่านการแช่เย็นและแช่แข็ง มีงานวิจัยมากมายที่มีการนำสารละลายซึ่งสามารถลด Geosmin ได้แตกต่างกันไปตามสมบัติทางหน้าที่ ได้แก่ สารละลายโอโซน กรดอะซิติก แคลเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมคลอไรด์ เถ้าใบกล้วย เป็นต้น นอกจากนี้ ควรใช้วิธีอื่นๆ ในกระบวนการแปรรูปร่วมด้วย เช่น การรวมควัน การแช่ในน้ำมันพืช การแช่น้ำมาริเนด การใช้ไอน้ำทำให้สุกแบบกึ่งสุกก่อนบรรจุกระป๋อง เป็นต้น

Abstract

A non - desirable geosmin flavor in processed fishery products has affected customers, acceptance in the industry. Such freshwater aquacultures facing that problem are as Stripped Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*), Tilapia (*Orechromis niloticus*), Giany Perch (*Lates calcarifer*), Scampi shrimp (*Macrobrachium rosenbergii*), or Panga (*Pangasius* sp.). Meanwhile, some low salting aquacultures with the some problem are for instance Tiger prawn (*Penaeus monodon*) and Whiteleg shrimp (*Litopenaeus Vannamei*). Actually, there exist many non - desirable musty - earthy odours but the case of geosmin has obvious characteristics and we have well known it is synthesized by a blue-green algae, i.e. *Oscillatoria* sp,. *Mycrocystis* sp., *Anabaena* sp., *Lyngbya* sp., *Aphanizomenon* sp., *Symploca* sp., and *Phromidium* sp. or bacteria such as *Streptomyces* sp. etc. Important factors causing the growth of bacteria and a blue-green algae are nitrogen, phosphorus, oxygen dissolved water, species, content, water salt, and light intensity. The rapid generation of geosmin flavor on aquaculture is by lipids in blood stream spreading through various sections of bodies. Three methods to prevent and reduce the musty-earthy odour are followed : 1) A geosmin prevention on the aquaculture processing can be coped with by controlling an optimum volume of feed and by controlling the content of oxygen. 2) A reduction of musty-earthy odour for fishes in a rest or pond can be dealt with by trapping those fishes until they have good flavor or moving fishes to a clean rest or pond as an alternative method. 3) we can also abate that problem with frozen or chilled processing. At the present, many researches present that some solutions, i.e. an ozone aqeous, acetic acid, calcium hydroxide, sodium chloride, and banana leaves, ash, can be utilized to manage the non - desirable flavor in the processing. Meanwhile, we should employ other methods such as a smoking, soaking in vegetable oil or marinade, or semi-streaming before canning, etc.

คำสำคัญ : จีออสมิน, กลิ่นโคลน, สัตว์น้ำ, ผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำ, สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

Keywords : Geosmin, Musty - Earthy flavor, Fish, Processed fishery products, Blue-green algae

การเกิดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ

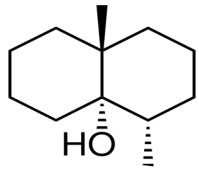
การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดหรือสัตว์ทะเลที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ บ่อยครั้งจะพบปัญหาคุณภาพผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำมีกลิ่นโคลนหรือกลิ่นดิน (สมชาย,2551 : หน้า 24) ซึ่งเป็นกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ ส่งผลกระทบต่อการนำสัตว์น้ำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์ เนื่องจากทำให้เกิดการไม่ยอมรับของผู้บริโภค สัตว์น้ำที่เคยพบปัญหาดังกล่าว ได้แก่ ปลาบรีม ปลากดอเมริกัน ปลาซัลมอน ปลาเรนโบว์ เทราท์ ปลาเลค เฮอร์ริ่ง ปลาคาร์พ หอยกาบคู่ เป็นต้น (วรพงษ์ , 2545 : หน้า 6 และ สมชาย, 2551 : หน้า 24) ส่วนปลากดอเมริกันเป็นปลาที่มีการศึกษาปัญหาการเกิดกลิ่นโคลนจากสาร Geosmin กันมาก เนื่องจากเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ นิยมเลี้ยงกันมากในหลายมลรัฐทางภาคใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา ในบ่อเลี้ยงที่เนื้อปลามีกลิ่นโคลนราคาปลาจะต่ำกว่าปกติมาก สำหรับสัตว์น้ำในประเทศไทยที่พบว่ามีการเกิดกลิ่นโคลนบ่อยครั้ง เช่น ปลาสวาย (*Pangasius sutchi*) ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) และปลาสวายโมง (*Pangasius* sp.) ที่เลี้ยงในน้ำจืด ส่วนกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งขาวแวนนาไม (Whiteleg shrimp ; *Litopenaeus vannamei*) ที่เลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มต่ำ (สมชาย, 2551 : หน้า 25)

สารประกอบที่ให้กลิ่นโคลนมีหลายชนิด แต่ที่ทราบชนิดและลักษณะของกลิ่นที่เกิดขึ้นแน่นอนนั้น เกิดจากสารประกอบหลัก 2 ชนิด ที่สะสมในสัตว์น้ำ คือ Geosmin และ MIB แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ Geosmin เนื่องจากสาเหตุหลักของกลิ่นโคลนมักเกิดจาก Geosmin ที่ผลิตจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรีย ส่วน MIB ถูกผลิตขึ้นจากสาหร่ายสกุล Lyngbya sp. เป็นหลัก (วรพงษ์, 2545 : หน้า 8) โครงสร้างประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ดังแสดงในภาพที่ 1 สารประกอบ Geosmin มีสมบัติทั่วไป คือ ละลายในไขมันได้ดี ไม่ชอบน้ำสูง เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ที่อิ่มตัว ระเหยได้ (Saturated Cyclic Tertiary alcohol) เป็นสารแปลกปลอมสำหรับสิ่งมีชีวิต โดยกระจายตัวและสะสมในเนื้อเยื่อที่มีส่วนประกอบของไขมันสูง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายจะขจัดออกได้ยาก จึงก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ขึ้นได้ในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแปรรูป (วรพงษ์, 2545 : หน้า 6 - 10) สังเคราะห์ขึ้นโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue - Green Algae) สกุล *Oscillatoria* sp., *Mycrocystis* sp., *Anabaena* sp., *Lyngbya* sp., *Aphanizomenon* sp., *Symploca* sp., และ *Phromidium* sp. และแบคทีเรียสกุล *Actinomyces* sp. *Streptomyces* sp. *Fossombronia* sp., *Actinomadura* sp. และ *Nocardia* sp. (สมชาย, 2551: หน้า 24 และ สมชาย, 2551 : หน้า 7)

สมบัติทางชีวภาพของ Geosmin

Geosmin เป็นสารผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า "Secondary Metabolite Product" จากปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ทางชีวภาพในวิถีเทอร์พีน (Terpene Pathway) ในสิ่งมีชีวิตกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกม

น้ำเงิน และขั้นตอนการเกิดโฟโตเทียล (Phototial) ของคลอโรฟิลล์-เอ (Chlorophyll a) ดังนั้น Geosmin จึงเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์-เอ ด้วยเหตุนี้เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการเจริญเพิ่มจำนวนของสาหร่ายที่จำกัด สาร Geosmin จึงถูกสะสมเพิ่มขึ้น แต่ก็พบว่า สัดส่วนของ Geosmin กับคลอโรฟิลล์-เอ นั้นจะมีความแปรผันไม่แน่นอน Geosmin มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ Ge ที่แปลว่า "โลก" และ Osme ที่แปลว่า "กลิ่น" ได้รับการค้นพบและตั้งชื่อในปี ค.ศ. 1965 โดย N. N. Gerber และ H. A. Lechevalier ซึ่งในช่วงเวลาหลังฝนตกจมูกคนเราสามารถตรวจจับกลิ่นนี้ได้ที่ความเข้มข้นต่ำถึง 0.1 ส่วนในพันล้านส่วน (0.1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม = 0.1 x 10-6 กรัม/ลิตร)ในอากาศ และ 0.02 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในน้ำจากตัวกลางในวิถีเทอร์พีน (Terpene Pathway) เชื่อว่าสารประกอบ สารประกอบ Geosmin สร้างขึ้นจากสารประกอบฟานิซิล - ไพโรฟอสเฟต (Farnesyl - Pyrophosphate) เมื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญเพิ่มจำนวนบริเวณพื้นผิวน้ำ และรอบข้างของบ่อเลี้ยงจะรวมตัวกันอย่างหนาแน่น (Dense Aggregations) ทำให้การส่องผ่านของแสงแดดลงสู่น้ำลดลง มีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชน้ำชนิดอื่น ๆ ที่ผลิตออกซิเจนในน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง จึงส่งผลต่อปัญหาการเกิดกลิ่นโคลนในน้ำและสัตว์น้ำ (วรพงษ์, 2551 : หน้า 6 - 10)

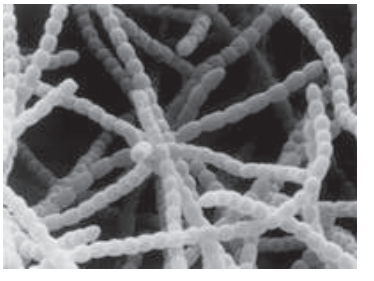


(**Geosmin** : Trans - 1,10 - dimethyl - trans - 9 - dicalol ; $C_{12}H_{20}O$)

ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของสาร Geosmin

ที่มา : www.commons.wikimedia. org/wiki/File:Geosmin_minus...สืบค้นใน www.google. com

และมีรายงานว่า ในพื้นที่โคลนหรือตะกอนดิน และเศษซากของพืช สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่กำลังถูกย่อยสลาย มีจุลินทรีย์กลุ่มแอคทิโนมัยซีสอยู่เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถผลิตสาร Geosmin ได้ โดยใช้สารอินทรีย์ที่ทับถมอยู่ในบ่อเลี้ยงเป็นอาหาร โดยเฉพาะสกุล *Streptomyces* sp. ซึ่งเป็นสกุลใหญ่ที่สุดของกลุ่มแบคทีเรียแอคทีโนมัยซีส (ภาพที่ 2) ทำให้เกิดกลิ่นโคลนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์ประมงน้ำจืดมากที่สุด (วรพงษ์ , 2545 : หน้า 8)



ภาพที่ 2 แบคทีเรียสกุล

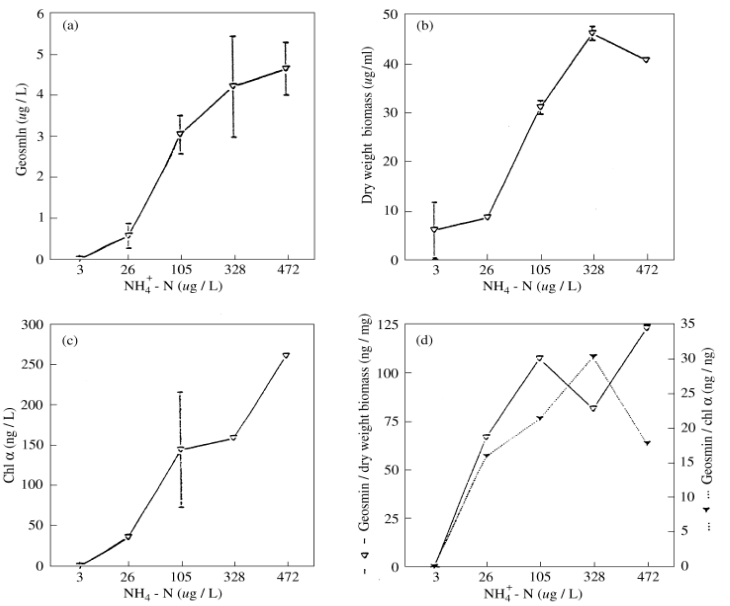
ที่มา : www.electron. rmutphysics .com/science-news/ind...สืบค้นใน www.google. com

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำ มีดังนี้

1. ปริมาณธาตุอาหารอินทรีย์ในน้ำ ปริมาณธาตุอาหารอินทรีย์ที่มีผลต่อการสร้างสารกลิ่นโคลน มีดังนี้

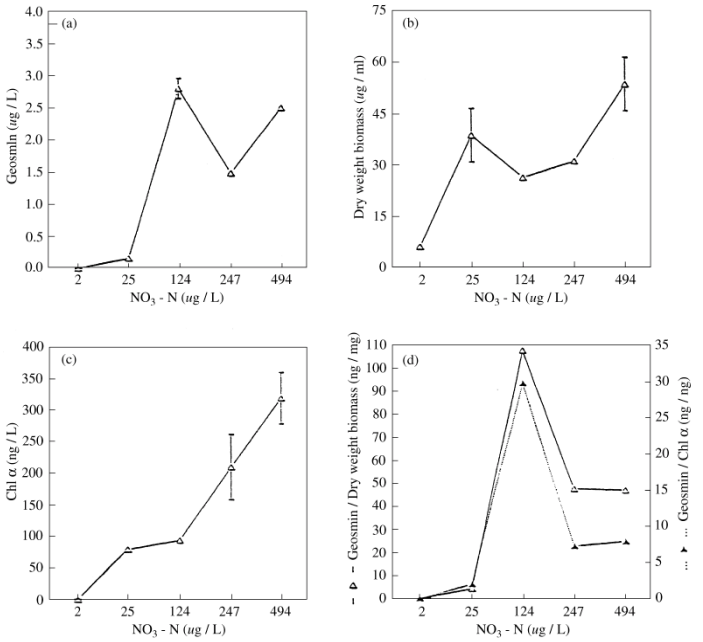
1.1 ปริมาณไนโตรเจน (Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,214) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในรูปสารประกอบแอมโมเนียมีผลต่อการสังเคราะห์ปริมาณ Geosmin (ภาพที่ 3 a) มวลน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 3 b) คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 3 c) อัตราส่วน Geosmin/มวลน้ำหนักแห้งสูงสุด และ Geosmin/คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 3 d) ของสาหร่าย *Anabaena* sp. โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณไนเตรทจะมีผลทำให้สาหร่ายสกุล *Anabaena* sp. ในการสังเคราะห์ปริมาณ Geosmin (ภาพที่ 4 a) มีอัตราส่วน Geosmin/มวลน้ำหนักแห้ง และ Geosmin / คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 4 d) สูงสุด เมื่อปริมาณไนเตรท 124 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนมวลน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 4 b) และคลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 4 c) มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณไนเตรท

1.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟต (Total Phosphate ; TP และ Soluble Reactive Phosphate ; SRP) ในช่วงที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเจริญเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว จะทำให้ค่า pH ของน้ำ > 9.0 และเป็นผลทำให้ปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ฟอสเฟตที่อยู่ในตะกอนดินจะแตกตัวและปล่อยฟอสเฟตออกสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณฟอสเฟตในน้ำเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 ผลของแอมโมเนียต่อ (a) การสังเคราะห์ Geosmin (b) มวลน้ำหนักแห้ง (c) คลอโรฟิลล์ เอ (d) อัตรส่วน Geosmin/มวลน้ำหนักแห้ง และ Geosmin / คลอโรฟิลล์-เอ ของสาหร่าย *Anabaena* sp.

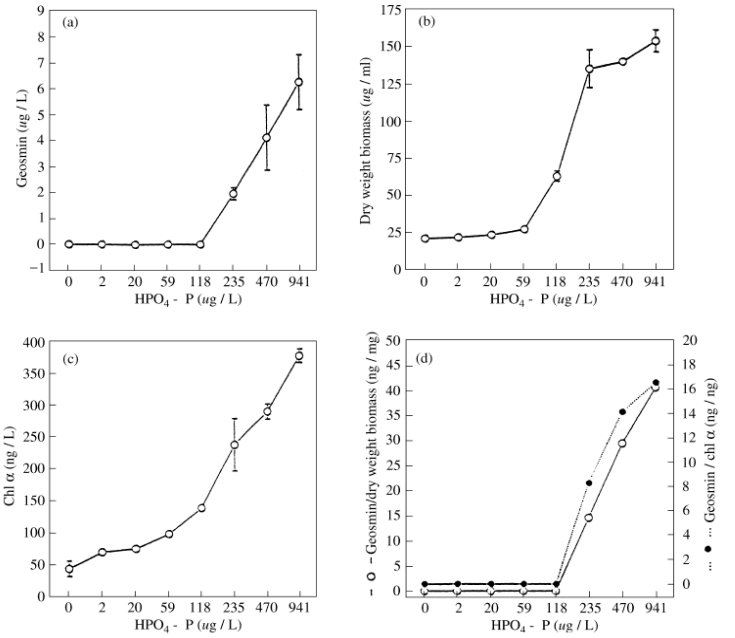
ที่มา : Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,214.



ภาพที่ 4 ผลของไนเตรทต่อ (a) การสังเคราะห์ Geosmin (b) มวลน้ำหนักแห้ง (c) คลอโรฟิลล์-เอ (d) อัตราส่วน Geosmin / มวลน้ำหนักแห้งและ Geosmin/ คลอโรฟิลล์-เอ ของสาหร่าย *Anabaena* sp.

ที่มา : Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,213.

Saadoun และคณะ (2001 : หน้า 1,215) พบว่า ปริมาณฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การสังเคราะห์ Geosmin (ภาพที่ 5 a) มวลน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 5 b) คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 5 c) อัตราส่วน Geosmin/มวลน้ำหนักแห้งสูงสุด และ Geosmin/คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 5 d) เพิ่มขึ้น และพบว่าในน้ำที่มีปริมาณฟอสฟอรัส < 118 ppb. จะวิเคราะห์ไม่พบปริมาณ Geosmin ในสาหร่าย *Anabaena* sp. (ภาพที่ 5 a) และ Yusoff และคณะ (2001) (อ้างถึงใน สมชาย (2551) : หน้า 20) ได้ทดลองสกัดตะกอนดินบ่อเลี้ยงกุ้งและนำน้ำที่ได้จากการสกัดมาเลี้ยงสาหร่ายสกุล *Oscillatoria* sp. พบว่า สาหร่ายสามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้ดี เมื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารอินทรีย์ในน้ำที่สกัด พบว่า มีปริมาณฟอสเฟต 25 - 98 ppm. และปริมาณไนโตรเจน 65.45 ppm. ซึ่งปริมาณธาตุอาหารอินทรีย์มากพอต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของสาหร่าย *Oscillatoria* sp.



ภาพที่ 5 ผลของฟอสเฟตต่อ (a) การสังเคราะห์ Geosmin (b) มวลน้ำหนักแห้ง (c) คลอโรฟิลล์-เอ (d) อัตราส่วน Geosmin / มวลน้ำหนักแห้ง และ Geosmin / คลอโรฟิลล์-เอ ของสาหร่าย *Anabaena* sp.

ที่มา : Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,215.

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วในสภาวะที่มีอากาศอยู่น้อย ทั้งนี้ เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง มีผลไปยับยั้งการจับกับธาตุไนโตรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ของสาหร่าย (วรพงษ์, 2545 : หน้า 8)

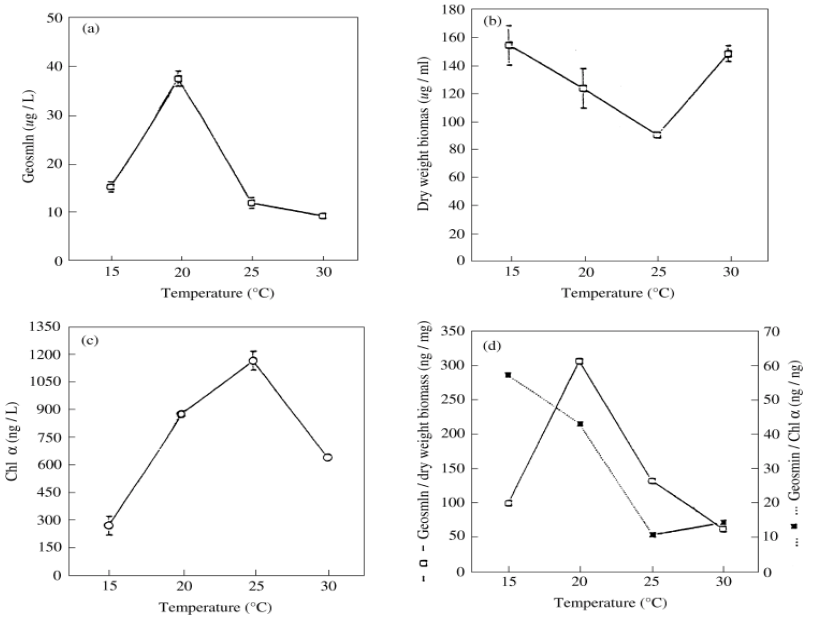
3. ชนิดและปริมาณของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีผลโดยตรงต่อปริมาณ Geosmin ในน้ำ ถ้าในบ่อเลี้ยงปลามีสาหร่ายสกุล *Anabaena* sp. และ *Oscillatoria* sp. จำนวนมาก พบว่า ความเข้มข้นของ Geosmin ในน้ำสูงด้วยเช่นกัน (วรพงษ์, 2545 : หน้า 8)

4. ความเค็มของน้ำ มีผลทำให้ความสมดุลของอิออนภายในเซลล์ผิดปกติและส่งผลไปยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์-เอ ลดอัตราการดึงไนโตรเจนมาใช้และการทำงานของเอนไซม์อัลคาไลน์ ฟอสฟสเทส (Alkaline Phosphatase) รวมทั้งลดการเกิด Nitrogenase Activity ในสาหร่าย *Anabaena azollae* นอกจากนี้ เกลือโปตัสเซียม ความเข้มข้น 5 มิลลิโมล สามารถยับยั้งการเจริญเพิ่มจำนวนของ *Microcystis* sp. ได้ (สมชาย, 2551: หน้า 15) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินทั่วไปสามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีความเค็มต่ำกว่า 10 ppt ในช่วงฤดูฝน น้ำในบ่อเลี้ยงมักมีความเค็มต่ำ ซึ่งเป็นการส่งเสริมและเอื้ออำนวยต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของสาหร่าย (วรพงษ์, 2545 : หน้า 9)

5. อุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งการแบ่งเซลล์ของสาหร่าย (สมชาย, 2551 : หน้า 13) สาหร่ายสกุล *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp., และ *Microcystis* sp. สามารถเจริญเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วในน้ำที่มีอุณหภูมิช่วง 25 ˚C - 35˚C (วรพงษ์, 2545 : หน้า 9)

(Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,212) ได้แยกสาหร่ายสกุล *Anabaena* sp. จากแหล่งน้ำมาเลี้ยงในอาหารเหลวตัวแปรที่ชื่อว่า Modified BG-11 ทดลองเลี้ยงที่ความเข้มแสง 17 uE/m2/s แต่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 20 ˚C สาหร่ายสกุล *Anabaena* sp. จะมีการสังเคราะห์สาร Geosmin สูงสุด (ภาพที่ 6 a) และที่อุณหภูมิ 25 ˚C จะสังเคราะห์คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 6 b) แต่มวลน้ำหนักแห้งจะมีน้ำหนักต่ำที่สุด (ภาพที่ 6 c) ซึ่งมีผลทำให้อัตราส่วน Geosmin/มวลน้ำหนักแห้ง และ Geosmin/คลอโรฟิลล์ - เอ เปลี่ยนแปลงไป (ภาพที่ 6 d)

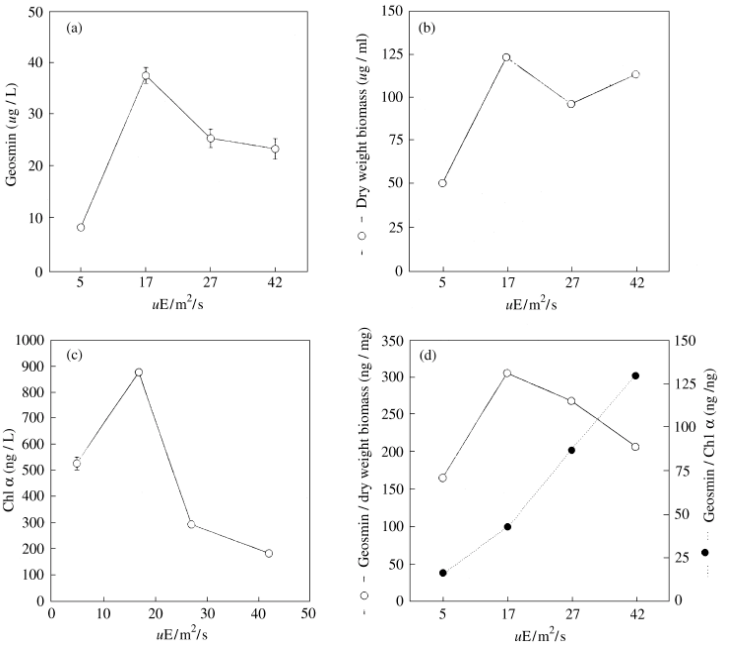
6. ความเข้มแสง แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของสาหร่าย เนื่องจากใช้ในการสังเคราะห์แสงและเร่งการแบ่งเซลล์ของสาหร่าย และมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Geosmin และคลอโรฟิลล์-เอ



ภาพที่ 6 ผลของอุณหภูมิต่อ (a) การสังเคราะห์ Geosmin (b) มวลน้ำหนักแห้ง (c) คลอโรฟิลล์-เอ (d) อัตราส่วน Geosmin / มวลน้ำหนักแห้ง และ Geosmin / คลอโรฟิลล์-เอ ของสาหร่าย *Anabaena* sp.

ที่มา : Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,212.

(Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,211) พบว่า ความเข้มแสงมีผลต่อสาหร่ายสกุล Anabaena sp. ในการสังเคราะห์ปริมาณ Geosmin (ภาพที่ 7 a) มวลน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 7 b) คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 7 c) และอัตราส่วน Geosmin/มวลน้ำหนักแห้งสูงสุด (ภาพที่ 7 d) ที่ความเข้มแสง 17 uE/m2/s ส่วนอัตราส่วน Geosmin/คลอโรฟิลล์-เอ (ภาพที่ 7 d) จะมีอัตราส่วนเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นแสงเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 7 ผลของความเข้มแสงต่อ (a) การสังเคราะห์ Geosmin (b) มวลน้ำหนักแห้ง (c) คลอโรฟิลล์-เอ (d) อัตราส่วน Geosmin / มวลน้ำหนักแห้ง และ Geosmin / คลอโรฟิลล์-เอ ของสาหร่าย *Anabaena* sp.

ที่มา : Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,211.

การดูดซึมและการสะสมสารประกอบ Gesomin ในตัวปลา

การดูดซึมและการสะสมสารประกอบ Geosmin ในตัวปลา เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วโดยผ่านทางเหงือกในระหว่างการหายใจ รองลงมาคือ ผิวหนัง ลำไส้เล็ก และกระเพาะอาหารตามลำดับ โดยสารประกอบดังกล่าวเข้าไปจับกับไขมันในกระแสเลือดแล้วแพร่กระจายตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย (วรพงษ์, 2545 : หน้า 11) แต่กลไกการดูดซึมสารดังกล่าวยังไม่ทราบแน่ชัด Yamprayoon และ Noomhorm, 2000 : หน้า 95-107 (อ้างถึงใน วรพงษ์, 245 : หน้า 11) ทดลองศึกษาการดูดซึมและการแพร่กระจายทางชีวภาพของสาร Geosmin ในปลานิล รายงานว่า การพักปลานิลในน้ำที่มีสารละลาย Geosmin ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ปลานิลจะค่อยๆ ดูดซึม

สาร Geosmin เข้าสู่ตัวมากขึ้น ตั้งแต่เวลา 0 ชั่วโมง จนถึง 72 ชั่วโมง โดยมีการแพร่กระจายของสาร Geosmin ไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายปลา ดังนี้คือ ส่วนลำไส้สามารถดูดซึมสาร Geosmin ได้สูงสุด คือ 274.4 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ส่วนในปลานิลที่พักไว้ให้ดูดซึมสารละลาย Geosmin ความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ก็ให้ผลที่มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน เพียงแต่น้ำที่มีความเข้มข้นของสาร Geosmin สูงกว่า จะทำให้ปลานิลมีอัตราการดูดซึมสาร Geosmin เข้าสู่ตัวได้รวดเร็วกว่า วรพงษ์ (2545) : หน้า 11 รายงานว่า อัตราการดูดซึมสาร Geosmin ที่เหงือก ผิวหนัง ลำไส้เล็ก และกระเพาะอาหารของปลาเรนโบว์เทราท์ (*Salmo gairdneri*) น้ำหนัก 300 กรัม โดยนำตัวอย่างปลาแช่ในสารละลาย Geosmin เพื่อศึกษาอัตราการดูดซึมที่ลำไส้เล็ก และฉีดเข้าไปในช่องท้องเพื่อศึกษาอัตราการดูดซึมที่กระเพาะอาหาร ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ช่วงเวลาต่างๆ พบว่า อัตราการดูดซึมสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นโคลนจะเกิดขึ้นสูงสุดที่เหงือก (10 นาที) เมื่อปลากินอาหารเข้าไป กรดในกระเพาะอาหารสามารถเปลี่ยนโครงสร้างของสาร Geosmin ให้เป็น Argosmin ที่ไม่มีกลิ่น แต่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างดังกล่าว ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงระยะเวลาสั้น ดังนั้น จึงตรวจพบสาร Geosmin ได้ในกระเพาะอาหารแต่มีความเข้มข้นน้อยกว่าที่พบในลำไส้เล็ก

การจัดการป้องกันและลดกลิ่นโคลน

1. การป้องกันกลิ่นโคลนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยง

ปัญหากลิ่นโคลนที่พบในสัตว์น้ำมักเกิดขึ้นกับฟาร์มที่มีระบบการจัดการไม่ดี ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ดังนั้น ฟาร์มต่างๆ ควรมีระบบการควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นโคลนขึ้น แต่เนื่องจากการควบคุมการเจริญของสิ่งมีชีวิตที่สร้างสารให้กลิ่นโคลนเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก ถ้าสภาพน้ำใช้ในการเพาะเลี้ยงมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่ผลิตสารให้กลิ่นโคลนอยู่มาก แต่ก็ทำได้ วรพงษ์ (2545) : หน้า 18 รายงานว่า ควรมีวิธีการให้อาหารและการควบคุมปริมาณอาหารให้เหมาะสม และให้อาหารที่ดีมีของเสียเหลือน้อยที่สุด เพื่อมิให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของสาหร่ายที่ทำให้เกิดกลิ่นโคลนหรือถ้าเป็นไปได้ควรทำการเปลี่ยนน้ำในบ่อเลี้ยงเพื่อกำจัดเศษสารอาหารที่เหลือในบ่อ การควบคุมปริมาณออกซิเจนในน้ำให้เพียงพอโดยเปิดเครื่องให้อากาศ ซึ่งความหนาแน่นของปลาที่เหมาะสมในแต่ละบ่อถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจน อีกทั้งการจัดการเกี่ยวกับสาหร่ายและแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องที่ดีจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดปัญหามีกลิ่นโคลนรุนแรงทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เกษตรกรจึงหาวิธีการต่างๆ เพื่อที่จะกำจัดกลิ่นโคลน เช่น โดยการใช้สารเคมีในการควบคุมจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินซึ่งเป็นตัวผลิตสารให้กลิ่นโคลน ก็มีการปฏิบัติกันมากในเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาดุก ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้

สารคอปเปอร์ซัลเฟตเติมลงในน้ำเพื่อทำลายเซลล์สาหร่าย แต่วิธีนี้ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในบ่อลดลงและเป็นการแก้ปัญหาเพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะหลังจากนั้นสารที่ให้กลิ่นโคลนในน้ำเพิ่มขึ้นได้อีก เพราะสารให้กลิ่นโคลนที่สะสมอยู่ในอนุภาคต่างๆ ของเซลล์แตก และถูกดูดซึมเข้าสู่ตัวปลาอย่างรวดเร็ว อีกทั้งสารประกอบให้กลิ่นโคลน Geosmin ยังทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี จึงยากที่จะใช้สารเคมีกำจัดให้หมดไป ดังนั้นการรักษาระดับการเจริญของสาหร่ายให้เกิดขึ้นบ่อยๆโดยยอมให้มีสาหร่ายเหลืออยู่บ้าง อาจจะเป็นวิธีการที่ช่วยลดกลิ่นได้ดีกว่าการฆ่าสาหร่ายทั้งหมดลงทันที นอกจากนี้ การทำให้น้ำมีพีเอชต่ำสามารถลดความเข้มข้นของสารประกอบที่ให้กลิ่นโคลนได้ เพราะจะทำให้ Geosmin เปลี่ยนรูปกลายเป็น Argosmin ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีกลิ่น การเกิดกลิ่นโคลนในปลาดุก มักเกิดขึ้นที่ค่าพีเอชของน้ำตามธรรมชาติ วรพงษ์ ,2545 : หน้า 19 ; Saadoun และคณะ, 2001 : หน้า 1,217 รายงานว่า การประยุกต์ใช้สารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นวิธีที่สามารถกำจัดการเจริญของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในบ่อเลี้ยงได้เช่นกัน โดยการใช้สัดส่วนของไนโตรเจนที่มากกว่าฟอสฟอรัส โดยการเติมปุ๋ยยูเรียซึ่งให้ธาตุไนโตรเจนจำนวน 15 - 30 กิโลกรัม และปุ๋ยฟอสฟอรัส 1 กิโลกรัม ต่อสัปดาห์ พบว่า จะไม่ปรากฏการเจริญเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เช่น *Anabaena* sp. และ *Oscillatoria* sp. ซึ่งเป็นตัวสร้างสารให้กลิ่นโคลน และยังเป็นการป้องกันสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอื่นๆ ไม่ให้กลายเป็นสิ่งมีชีวิตเด่นในบ่อเลี้ยงได้ด้วย

2. การลดกลิ่นโคลนในสัตว์น้ำที่มีชีวิตในบ่อพัก

วิธีที่เหมาะสมและได้ผลดี คือ การกักปลาไว้ในบ่อจนกว่ากลิ่นรสจะดีขึ้น หรือย้ายปลามาพักในบ่อน้ำที่สะอาดหลังจากจับปลามาในสภาพยังมีชีวิต เพื่อให้ปลาขจัดกลิ่นออกจนกว่าคุณภาพทางด้านกลิ่นรสจะเป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม ยังคงไม่ทราบกลไกที่แน่ชัดในการขจัดกลิ่นโคลนออกจากตัวอย่าง ในปลากดอเมริกันสามารถลดกลิ่นโคลนลงได้ด้วยการพักปลาไว้ในน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองมาแล้วเป็นเวลาหลายๆ วัน พบว่า การลดกลิ่นโคลนในปลาจะช้าลงเมื่อระดับของสารให้กลิ่นโคลนที่พบมีระดับต่ำลง วรพงษ์ ,2545 : หน้า 19 รายงานว่า เมื่อนำปลากดอเมริกันที่ปนเปื้อนสารกลิ่นโคลนมาพักในถังบรรจุน้ำสะอาดที่ผ่านการกรองด้วยถ่านกรองน้ำ และมีระบบน้ำหมุนเวียนที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังจากพักปลาในน้ำสะอาดที่ 25 ˚C เป็นเวลา 3 วัน ปลามีกลิ่นรสดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ วรพงษ์ และคณะ (มปป.) : หน้า 1. ได้ทำการวิจัยกำจัดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิลที่มีชีวิต โดยนำปลานิลที่ถูกชักนำ (Induce) ให้มีการดูดซึมสารละลาย Geosmin เจือจาง 5 ไมโครกรัม/ลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่า เนื้อปลาจะมีปริมาณ Geosmin ในระดับ 98.79 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ผู้บริโภคครับรู้กลิ่นโคลนได้ขัดเจน Geosmin สามารถกำจัดออกไปได้โดยนำปลามาพักในน้ำสะอาดที่มีความเค็ม 10 ppt. นาน 7 วัน หรือในน้ำสะอาดที่มีความเค็ม 5 ppt. นาน 10 วัน โดยจะหลงเหลือปริมาณ Geosmin ในระดับที่ผู้บริโภค ยอมรับได้ คือ 8.99 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 4.11

ไมโครกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยการพักปลาในสภาวะดังกล่าวจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักไป 16% - 18%

วรพงษ์ (2545) : หน้า 19 รายงานว่าปลานิลที่ใช้ระบบการเลี้ยงแบบผสมผสานแล้วมีกลิ่นโคลนเกิดขึ้น สามารถลดกลิ่นโคลนที่เกิดขึ้นโดยการพักปลาไว้ในบ่อซีเมนต์ แล้วให้น้ำไหลผ่านในอัตรา 20 ลิตร/นาที ที่อุณหภูมิ 24.5 ± 2 ˚C เพราะปกติแล้ว สารให้กลิ่นโคลนสามารถล้างออกได้โดยการพักไว้ในน้ำสะอาดที่ปราศจากสารให้กลิ่นโคลน หรือสิ่งมีชีวิตที่สร้างสารดังกล่าว ที่อุณหภูมิมากกว่า 20 ˚C ปลาเรนโบว์เทราท์จากทะเลสาบในประเทศแคนาดา เมื่อนำมาพักในถังทดลองที่มีระบบน้ำหมุนเวียนที่ระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่าปริมาณของสาร Geosmin ลดลงเมื่อระยะเวลาการพักนานขึ้น โดยลดลงจาก 1.1 เป็น 0.3 ไมโครกรัม/เนื้อปลา 100 กรัม ภายในระยะเวลา 14 วัน สำหรับการประเมินผลทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า เนื้อปลามีกลิ่นโคลนจางๆ หรือไม่สามารถรับรู้กลิ่นได้หลังจากพักปลาในน้ำสะอาดเป็นระยะเวลา 5 วัน

3. การลดกลิ่นโคลนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์น้ำระหว่างกระบวนการแปรรูป

Tameka LaShon Dew (2005 : หน้า 23) ได้ทำการวิจัยใช้สารละลายโอโซนเพื่อขจัดกลิ่นโคลนที่เกิดจากสารประกอบ Geosmin ในเนื้อปลาดุก (Catfish) โดยการทดลองนี้ใช้สุ่มเนื้อปลาแล่เป็นชิ้นมา 20 กรัม ฉีดด้วยสารประกอบ Gesomin ความเข้มข้น 0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 10 ไมโครกรัม/กิโลกรัม จากนั้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ˚C เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างสัมผัสก๊าซออกซิเจน และสารละลายโอโซน เป็นเวลา 0, 30 และ 60 นาที นำตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี Solid Phase Micro — Extraction Gas Chromatography / Mass Spectrometry (SPME GC / MS) พบว่า การใช้สารละลายโอโซนมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดกลิ่นโคลนของเนื้อปลาดุกแล่เป็นชิ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้นในเนื้อปลา รวมทั้งไม่ทำให้สีของเนื้อปลาเปลี่ยนแปลง ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของไขมันยังไม่กระจ่างชัดเท่าใดนัก สมชาย (2551 : หน้า 82) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. กับปริมาณ Geosmin ในเนื้อกุ้งขาวแวนนาไมที่ผ่านการแช่แข็ง ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณ Geosmin ในเนื้อกุ้งขาวแวนนาไม ผู้วิจัยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograh/Mass Spectrophotometry(GC/MS) และ SPME Fiber พบว่า สาหร่าย *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่แยกมาจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เป็นชนิดที่มีการสร้างสาร Geosmin ซึ่งมีปริมาณเปลี่ยนไปตามคลอโรฟิลล์-เอ และชนิดของสาหร่าย และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Geosmin ที่สะสมในเนื้อกุ้ง โดยมี Sensory score ของกุ้งขาวส่วนมากน้อยกว่า 1.0 ซึ่งอยู่ในระดับไม่มีกลิ่นโคลนและมีปริมาณ Geosmin น้อยกว่า 2.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แสดงว่า ถ้าปริมาณ Geosmin ที่สะสมในเนื้อกุ้ง น้อยกว่า 2.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจะไม่มีผลต่อกลิ่นโคลนในเนื้อกุ้งขาวแวนนาไม ในขณะที่ นฤมล อัศวเกศมณี

(2550 : หน้า 15) ได้ทำวิจัยลดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาดุกบิ๊กอุย (*Musa* sp.) ด้วยสารละลายน้ำเถ้าจากใบกล้วยนางพญาที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 0% 5% 10% และ 15% จากนั้นนำชิ้นเนื้อปลาดุกบิ๊กอุยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Consumer Test/ Acceptance Test และวัดค่าสี และความสว่างของชิ้นปลา พบว่า ปลาดุกบิ๊กอุยที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำเถ้าใบกล้วยนางพญาที่ 0% และ 5% มีค่าความชอบรวมที่ผู้บริโภคยอมรับได้ แต่ที่ความเข้มข้น 5% มีแนวโน้มการยอมรับต่อกลิ่นรส และความหนาแน่นค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับความเข้มข้นที่ระดับอื่นๆ สำหรับการศึกษาค่าสีและความสว่างของชิ้นเนื้อปลา พบว่า ปลาดุกบิ๊กอุยที่ผ่านการแช่ด้วยสารน้ำเถ้าจากใบกล้วยนางพญาทุกระดับความเข้มข้น ให้ผลการวัดค่าสีและความสว่างไม่แตกต่างกัน ดังนั้น หากต้องการลดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาดุกบิ๊กอุย โดยใช้สารละลายเถ้าจากใบกล้วยนางพญาแล้ว ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด คือ 5% โดยปริมาตรต่อปริมาตร ขณะที่ วรพงษ์ และคณะ (2551 : หน้า 1) ได้ทดลองลดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิลก่อนนำมาแปรรูปโดยวิธีการแช่แข็ง -20°C เมื่อทดลองจะนำมาแล่เป็นชิ้นให้ได้ขนาดชิ้นละ 10 กรัม แช่-ล้างในสารละลาย 4 ชนิด คือ กรดอะซิติก เถ้าใบกล้วยน้ำว้า แคลเซียม-ไฮดรอกไซด์ และเกลือแกง โดยใช้สารละลาย 100 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 140 rpm. นาน 5 นาที พบว่า สามารถลดกลิ่นโคลนจากเนื้อปลาที่ถูกชักนำให้มีการดูดซึมสารละลาย Geosmin มาแล้ว การแช่ล้างในสารละลายเถ้าใบกล้วยน้ำว้า และสารละลายเกลือแกง ความเข้มข้น 5% นาน 5 นาที สามารถลดกลิ่นโคลนในเนื้อปลานิลลงได้ประมาณ 90 % เหลือกลิ่นโคลนในระดับที่ยอมรับได้ คือ 3.15 ppb. และ 3.19 ชิ้นปลาจะแข็งขึ้น ในขณะที่ การแช่ล้างในสารละลายกรดอะซิติก หรือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ต้องแช่ในสารละลายเข้มข้น 8 % นาน 5 นาที จะเหลือปริมาณ Geosmin 7.99 ppb. และ 6.87 ppb. ตามลำดับ โดยเนื้อปลามีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลง ดังตารางที่ 1 - 2

ตารางที่ 1 ร้อยละการลดปริมาณ Geosmin เฉลี่ย ที่ผ่านการแช่ล้างในสารละลาย 4 ชนิด นาน 5 นาที

Conc. (%)	Soaking solution							
	Acetic acid		Banana leave ash		Calcium hydroxide		Sodium chloride	
	geosmin removal (%)	average geosmin (μg/kg)	geosmin removal (%)	average geosmin (μg/kg)	geosmin removal (%)	average geosmin (μg/kg)	geosmin removal (%)	average geosmin (μg/kg)
0	23.27	76.22±0.21^{a1}	23.27	76.22±0.21^{a1}	23.27	76.22±0.21^{a1}	23.27	76.22±0.21^{a1}
5	83.68	12.44±0.13^{b1}	89.95	7.66±0.14^{bc3}	85.55	11.01±0.14^{b2}	90.11	7.54±0.25^{bc3}
8	89.51	7.99±0.13^{bc1}	95.87	3.15±0.08^{c3}	90.99	6.87±0.07^{bc2}	95.81	3.19±0.04^{c3}

Average geosmin content of control sample is 99.33 μg/kg.

Values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$).

Values in the same row followed by different numbers are significantly different ($p \leq 0.05$).

ที่มา : วรพงษ์ และคณะ, มปป. : หน้า 6.

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อปลานิลที่แช่ล้างในสารละลาย 4 ชนิด ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

Conc. (%)	Off odor score / maximum force (gram)							
	Acetic acid		Banana leave ash		Calcium hydroxide		Sodium chloride	
	Off odor score	Max. force	Off odor score	Max. force	Off odor score	Max. force	Off odor score	Max. force
0	7.43±0.49^{a1}	2230.63	7.43±0.49^{a1}	2230.63	7.43±0.49^{a1}	2230.63	7.43±0.49^{a1}	2230.63
5	4.43±1.27^{b1}	2208.87	2.71±1.11^{bc2}	2885.63	4.36±1.11^{b1}	2510.83	2.43±1.13^{bc2}	2311.10
8	4.02±1.51^{bc1}	1381.70	2.00±1.41^{c2}	5779.97	4.14±1.10^{b1}	2143.06	2.29±1.50^{c2}	3471.80

Values in the same column followed by different letters are significantly different ($p \leq 0.05$)

Values in the same row followed by different numbers are significantly different ($p \leq 0.05$)

ที่มา : วรพงษ์ และคณะ, มปป. : หน้า 6.

Mohsin และคณะ (1999) (อ้างถึงใน วรพงษ์ (2545): หน้า 22) รายงานว่า การใช้สารละลายใสจากเถ้าของใบกล้วย 5% ล้างเนื้อปลาหมอเทศแล่เป็นชิ้น นาน 5 นาที สามารถลดกลิ่นโคลนลงได้ อีกทั้งให้ผลดีในด้านสีและเนื้อสัมผัส นอกจากนี้ ควรใช้วิธีอื่นๆ ในกระบวนการแปรรูป เช่น การรมควันปลากดอเมริกันและปลาเรนโบว์เทราท์ให้อยู่ในรูปกึ่งสุก สามารถลดกลิ่นโคลนจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ หรือการแปรรูปปลาเรนโบว์เทราท์ให้อยู่ในรูปกึ่งสุกโดยใช้ไอน้ำและเติมน้ำมันพืชก่อนบรรจุกระป๋องโลหะ ก็สามารถลดกลิ่นโคลนได้และ Yamprayoon และ Noomhorm (2000): หน้า 29 รายงานว่า ในผลิตภัณฑ์ปลาซุปน้ำมาริเนด 3 ประเภท คือ ปลาหมักทอด ปลาหมักสุก และปลาหมักเย็น ที่หมักไว้ที่อุณหภูมิ 3° 2°C นาน 24 วัน พบว่า ปริมาณ Geosmin ลดลงเมื่อช่วงเวลาการหมักนานขึ้น กรดอะซิติกทำให้เนื้อปลาอ่อนนุ่ม เพราะไปกระตุ้นให้ Proteolytic enzymes ย่อยสลายโปรตีนเนื้อปลาจนเกิดการแตกตัวและปลดปล่อยกรดอะมิโนอิสระ (Free amino acid) ออกมา

บรรณานุกรม

ณัฐพล ฟ้าภิญโญ. 2550. **คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูนิ่ม (Scylla serrata) โดยใช้โอโซน กรดแอซีติก กรดแล็กติก กรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาภายใต้สภาะปรับบรรยากาศ**. บัณฑิตวิทยาลัย วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ, 137 หน้า.

ทวีทรัพย์ ศรีนาค. 2542. **การกำจัดกลิ่นโคลนในปลานิล**. วารสารอะควาฟาร์มิ่ง. 5 : 30 - 36.

วรพงษ์ นลินานนท์. 2545. **การกำจัดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล**. บัณฑิตวิทยาลัย วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาผลิตภัณฑ์ประมง ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ, 78 หน้า.

วรพงษ์ นลินานนท์, มยุรี จัยวัฒน์, นงนุช รักสกุลไทย และจิราวรรณ แย้มประยูร. (ม.ป.ป.). **การกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลานิล**. เอกสารอัดสำเนา สืบค้นใน www. Google.com, 7 หน้า.

นฤมล อัศวเกศมณี. 2550. **การกำจัดกลิ่นโคลนในเนื้อปลาดุกบิ๊กอุย โดยใช้สารละลายเถ้าจากใบกล้ายนางพญา (Musa sp.)ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน.** 3(5) : หน้า 15 - 26.

สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2551. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน Oscillatoria sp. และ Microcystis sp. และความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายต่อกลิ่นโคลนในกุ้งขาวแวนนาไม (Litopenaeus vannamei) ในบ่อเลี้ยง.** บัณฑิตวิทยาลัย วิทยานิพนธ์ปริญญาเอกสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 110 หน้า.

Arganosa, G. C., and Jr. G. J. Flick. 1992. **Off - Flavors in Fish and Shellfish, Off - Flavors in Foods and Beverages**, 103 - 126.

Dew, T. L. 2005. **Ozone Degradation of Off — Flavors in Catfish**. A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of The Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. In The Department of Food Science, 69 p.

Saadoun, I. M. K., K. S. Schrader, and W. T. Blevins. 2001. Environmental and Nutritional Factors Affecting Geosmin Synthesis by Anabaena sp. **Water Research. 35(5) : 1209 - 1218 pp.**

Tameka LaShon Dew. 2005. **Ozone Degradation of Off - Flavors in Catfish**. A Thesis M.S. in the Department of Food Science. 69 p.

Yamprayoon, J., and A. Noomhorm. 2000. Geosmin and Off - Flavor in Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). **J. of Aquatic Product Tech.** 9 (2) : 29 - 41.

www.electron.rmutphysics.com/science-news/ind... สืบค้นใน www.google.com.