บทที่ 1
บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สูงสุด โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ได้แก่ การจัดการในด้านอาหาร การป้องกันรักษาโรค และการจัดการคุณภาพน้ำ ซึ่งหากปัจจัยทั้งสามประการอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ จะส่งผลให้สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโตดี และอัตราการรอดสูง เนื่องจากในปัจจุบันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบหนาแน่น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาตามมา คือ สัตว์น้ำเกิดความเครียด อ่อนแอไม่ทนต่อโรค และการเจริญเติบโตลดลง ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ลดลงและไม่มีคุณภาพ จากการที่ได้มีการศึกษาโดยการนำสารสกัดหลายชนิดมาทดสอบ และประยุกต์ใช้กระตุ้นภูมิคุ้มกันทดแทนยาปฏิชีวนะ พบว่า เบตา 1,3 กลูแคน (β 1,3 glucan) ซึ่งสกัดจากผนังเซลล์ของยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ทำให้ปลาแอตแลนติกแซลมอน (Atlantic salmon, *Salmo salar*) ทนต่อเชื้อ *Vibrio anguillarum, V. salmonicida* และ *Yersinia ruckeri* มากขึ้น (Robertsen *et al*., 1990) แต่ปัญหาของการใช้กลูแคน คือ ต้องทำให้บริสุทธิ์โดยตกตะกอนกับเอทานอล (ethanal) แล้วจึงหมุนเหวี่ยง (centrifuge) และทำอัลตราโซนิเคชัน(ultrasonication) ซึ่งไม่สะดวกต่อการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีผู้สกัดสาร ซัลเฟต โพลีแซคคาไรด์(sulphate polysaccharide) จากสาหร่ายกลุ่ม *Porphyridium cruentum, Dunaliella bardawil, Isochrysis gallbana, Ellipsoidon* sp. และ *Tetraselmis tetrathela* พบว่าสารที่สกัดได้มีคุณสมบัติยับยั้งไวรัสที่ให้เกิดโรค hemorrhagic septicemia ในปลาแอตแลนติกแซลมอน (Robertsen *et al*., 1990) นอกจากนี้ยังมีการศึกษานำสารสกัดจากสาหร่ายบางชนิด มาผสมในอาหารสัตว์น้ำเพื่อเป็นแหล่งโปรตีน และกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เช่น สาหร่ายสีน้ำตาล (*Laminaria hyperboea*) โดยสามารถสกัดสาร แลมมินาแรน (laminaran)ซึ่งมีคุณสมบัติ ทำให้มีการแพร่กระจายของปริมาณออร์แกแนล (organelles) และกระตุ้นการจับกิน และเพิ่มการสร้างซุปเปอร์ออกไซด์แอนอิออน (superoxide anion, O^{-}_{2}) ในปลาแอตแลนติกแซลมอน (Dalmo and Seljelid, 1995) และการนำสาหร่ายดูนาลิเอลลา (*Dunaliella salina*) เพื่อกระตุ้นการสร้างสีและเพิ่มการเจริญเติบโตในกุ้งกุลาดำ พบว่า สีของกุ้งที่ได้รับอาหารเสริมสาหร่ายมีสีเข้มกว่ากุ้งในชุดควบคุมและมีการผลิตเม็ดเลือดชนิด ฮีโมไซต์ (haemocytes) มากกว่าชุดควบคุม (Booyaratpalin *et al*, 2001) ในปัจจุบันมีการนำสาหร่ายมาเป็นอาหารเสริมสุขภาพในมนุษย์ โดยสาหร่ายที่ได้รับความสนใจมากที่สุด คือสาหร่ายสไปรูไลนา ซึ่งองค์การอาหารและยาได้จัดไว้เป็นอาหารที่มีวัตถุประสงค์พิเศษ(สุภัทร์, 2546) เนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้ มีคุณสมบัติในเชิงบวกมากมาย

เช่น เป็นแหล่งโปรตีนในมนุษย์และสัตว์ เป็นแหล่งของรงควัตถุที่มีประโยชน์ต่อร่างกายในด้านการต่อต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

จึงนำมาสู่การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โดยนำสาหร่ายสไปรูไลนามาเป็นแหล่งโปรตีนและสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันจากธรรมชาติ เพื่อทดแทนสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่เป็นสารเคมีซึ่งมีราคาแพง และมีข้อควรระวังในการใช้หลายประการ เช่น ในกรณีของสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันประเภทยาปฏิชีวนะหากมีการใช้ติดต่อเป็นเวลานานจะมีผลทำให้สัตว์น้ำดื้อยาและมีการตกค้างของยาในร่างกาย (Roberts, 1989) สาหร่ายสไปรูไลนามีคาโรทีนอยด์ในปริมาณสูง ซึ่งพบว่าหน้าที่สำคัญของคาโรทีนอยด์ต่อกระบวนการทางชีวเคมี คือ สามารถป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระคือ ช่วยทำลายอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่มีพิษซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการทำงานของเซลล์ (Miki, 1991) และป้องกันมิให้องค์ประกอบเซลล์ถูกทำลายจากอนุมูลอิสระโดยการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) (Gabaduan, 1996) จึงมีผลส่งเสริมประสิทธิภาพการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน Nakamura (1982) กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูไลนาเหมาะสำหรับใช้อนุบาลปลาวัยอ่อน เนื่องจากมีขนาดเล็กย่อยง่าย ช่วยในการเร่งการเจริญเติบโต และ เร่งสีปลา มีรายงานที่น่าสนใจกล่าวถึงการพบองค์ประกอบของ กรดแกมมา ลิโนลีนิค (gamma-linolenic acid,18; 3 ω6) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ในทางเภสัชกรรม คือ ช่วยลดโคเรสเตอรอล (ชนิด low density lipoprotein) ลดอาการปวดประจำเดือน(pre-menstrual syndrome) และลดผื่นแพ้จากกรรมพันธุ์(atopic dermatitis)(Cohen *et al.*, 1993) ส่วนในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโต พบว่าสาหร่าย สไปรูไลนามีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น และสารสี ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และ วิตามินอี ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ มีผลส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน(Belay, 2002) นอกจากจะเพิ่มการเจริญเติบโต และเพิ่มประสิทธิภาพการเพิ่มภูมิต้านทานแล้วยังพบว่า การเสริมสาหร่ายสไปรูไลนายังทำให้ปลา และ กุ้งมีสีสันสวยงามดึงดูดผู้บริโภค ส่งผลให้มีราคาสูงขึ้น จากคุณสมบัติที่ให้ผลในเชิงบวกมากมายของสาหร่ายชนิดนี้ การศึกษาครั้งนี้จึงให้ความสนใจที่จะนำสาหร่ายสไปรูไลนาเสริมในอาหารเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันในปลาดุกพันธุ์ผสม เนื่องจากปลาชนิดนี้เป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคเป็นอันดับ 1 ของประเทศ (กองเศรษฐกิจการประมง, 2546) สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนสูงที่มีประโยชน์และรสชาติดี อีกทั้งยังเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว เป็นที่ต้องการของตลาดและขายได้ราคาในเกณฑ์ดี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลและระดับของสาหร่ายสไปรูไลนาต่อการเจริญเติบโต สุขภาพ และระบบภูมิคุ้มกันในปลาดุกพันธุ์ผสม
2. ศึกษาข้อมูลทางเศรษฐกิจเพื่อสามารถนำไปเผยแพร่การเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนาแก่เกษตรกรเพื่อเป็นอาชีพเสริม

ตรวจเอกสาร

1. สาหร่ายสไปรูไลนา (*Spirulina* sp.)

1.1 อนุกรมวิธานของสาหร่ายสไปรูไลนา (Venkataraman, 1983)

Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Oscillatoriales

Family Oscillatoriaceae

Genus *Spirulina*

สาหร่ายสไปรูไลนาจัดเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน มีลักษณะสำคัญคือ เป็นเส้นสายซึ่งประกอบด้วย เซลล์หลายเซลล์เรียงต่อกัน (multicellular) เรียกสายนี้ว่า ไทรโคม (trichome) โดยในแต่ละสายประกอบด้วยไทรโคมแถวเดียวที่มีขนาดสม่ำเสมอกัน โครงสร้างของเซลล์มีลักษณะเป็นโพรคาริโอต (procaryote) ไม่มีนิวเคลียส มีสารสีกระจายอยู่บริเวณไทลาคอยด์ (thylacoid) ซึ่งอยู่ในไซโท พลาสซึม(cytoplasm) สาหร่ายสไปรูไลนามีขนาดใหญ่กว่าคลอเรลลา (chorella) ประมาณ 100 เท่า มีความกว้างของเซลล์แต่ละเซลล์ประมาณ 3 – 80 ไมโครมิเตอร์ มีความยาว 50 – 500 ไมโครมิเตอร์ (เจียมจิตต์, 2530) ระยะห่างระหว่างแต่ละเกลียว(pitch) 60 ไมโครเมตร ผนังเซลล์มีหลายชั้นประกอบด้วยสารมิวโคโปรตีน(mucoprotein) และเพ็คติน(pectin) ผนังชั้นนอกเป็นสารโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) ไม่พบสารประกอบพวกเซลลูโลส(cellulose)(Venkataraman, 1983) สืบพันธุ์โดยวิธีขาดท่อน(fragmentation) และแบ่งเซลล์ ทำให้ไทรโคมยืดยาวออก (Fog *et al.*, 1973) สาหร่ายสไปรูไลนาพบแพร่กระจายทั่วไปในน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่ แต่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำเค็ม และน้ำกร่อย (Richmond, 1986) บริเวณที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ บริเวณเขตร้อนที่มีแสงมากพอสมควร และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันไม่มากนัก(Faucher *et al.*, 1979) โดยอยู่บริเวณละติจูดที่ 35 องศาเหนือ และใต้ ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายชนิดนี้ เนื่องจากมีแสงมากเพียงพอ และอุณหภูมิในรอบวันไม่แตกต่างกันมากนัก โดยสามารถพบการแพร่กระจายมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ(เจียมจิตต์, 2530) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย สไปรูไลนา คือ 29 – 32 องศาเซลเซียส และจะมีการเจริญเติบโตลดลง และตายในที่สุดที่อุณหภูมิ 44 – 50 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด–ด่าง(pH) ที่เหมาะสม คือ 8.5 – 10 ความเข้มแสงที่เหมาะสมคือ 4,000 – 5,000 ลักซ์ (lux)(Nakamura, 1982) สาหร่ายชนิดนี้มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง เนื่องจากเป็นพืชที่มีโปรตีนสูง ถึง 50 – 70 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของรงควัตถุ (pigment) ที่สำคัญ คือ ไฟโคไซยานิน (phycocyanin) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และคาโรทีนอยด์ (carotenoids)(Hill,

1980) และ พบว่าสาหร่ายสไปรูไลนามีองค์ประกอบของกรดไขมันที่จำเป็น คือ กรดแกมมา-ลิโนลีนิก (gamma-linolenic) โดยสารชนิดนี้มีความสำคัญ คือ เป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ พรอสตาแกลนดิน(prostaglandin) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการสังเคราะห์โคเรสเตอรอล และควบคุมอาการอักเสบและการงอกของเซลล์(Richmond, 1986) สูตรอาหารที่นิยมใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูไลนามีหลายสูตร โดยในห้องปฏิบัติการนิยมใช้สูตรของ Zarrouk (Faucher *et al.*, 1979) แต่มีข้อจำกัดคือสูตรนี้มีการใช้สารเคมีที่ราคาแพงหลายชนิด ทำให้มีการวิจัยคิดค้นสูตรอาหารต่างๆ ที่สามารถหาได้ง่ายมาทดแทนซึ่งก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เช่น น้ำทะเลใช้ควบคู่กับยูเรีย (urea)(Faucher *et al.*, 1979) น้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา (พิมพรรณ และอารักษ์, 2531) อาหารที่เตรียมจากดิน(อำนาจ และคณะ, 2531) และน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปอาหารทะเล (วุฒิชัย, 2538) เป็นต้น ทำให้ต้นทุนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมลดลง

1.2 การใช้ประโยชน์ของสาหร่ายสไปรูไลนาและสารสี

1.2.1 อาหารของมนุษย์

ในปัจจุบันประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความต้องการอาหารจึงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย นักวิจัยจึงทำการศึกษาแสวงหาแหล่งอาหารใหม่เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งจะต้องมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมและสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก สาหร่ายสไปรูไลนาซึ่งเป็นโปรตีนเซลล์เดียวเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจ เพราะมีลักษณะตรงตามความต้องการ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในด้านการเป็นอาหารและสามารถเพิ่มภูมิต้านทานแก่มนุษย์(Hill, 1980) กล่าวคือ มีผลทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรงยืดหดตัวได้ดียิ่งขึ้น(สุชาติ, 2530) ช่วยให้ทารกมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากสาหร่ายสไปรูไลนามีผนังเซลล์ที่ย่อยง่าย(สุชาติ, 2530) สามารถใช้รักษาโรคเกี่ยวกับตาและเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพ(Anusuya *et al.*, 1981) ในประเทศญี่ปุ่นมีการศึกษาคุณสมบัติของสาหร่ายสไปรูไลนา พบว่ามีผลช่วยควบคุมน้ำตาลในเลือดในผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน และทำให้การทำงานของตับเป็นไปได้ตามปกติ โดยมีการทดลองในผู้ป่วยโรคตับอักเสบ(epidemic hepatitis) ซึ่งมีอาการขาดโปรตีนและวิตามิน อ่อนเพลีย ตัวเหลือง พบว่าการทำงานของตับดีขึ้น มีปริมาณโปรตีนในน้ำเหลืองเพิ่มขึ้น ปริมาณโคเรสเตอรอลในเลือดอยู่ในระดับปกติ(Hill, 1980) สไปรูไลนาประกอบด้วยกรดนิวคลีอิค (nucleic acid) ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ หากร่างกายได้รับกรดนิวคลีอิกนี้ในปริมาณสูง มีผลต่อการสะสมของกรดยูริค(uric acid)สูงขึ้น (สุภัทร์, 2546) ปัจจุบันองค์การอาหารและยาได้จัดสาหร่ายสไปรูไลนาเป็นอาหารที่มีวัตถุประสงค์พิเศษ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อาหารที่ใช้สำหรับผู้ป่วยเฉพาะโรค หรือผู้ที่มีสภาพผิดปกติทางร่างกาย และอาหารที่ใช้สำหรับบุคคลผู้ที่มีวัตถุประสงค์ในการบริโภคอาหารเป็นพิเศษ เช่นผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้สูงอายุ และ อาหารสำหรับสตรีมีครรภ์เป็นต้น(สุภัทร์, 2546) Hirahashi และคณะ(2002) กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูไลนา(*S. platensis*) มีผลในการ

เหนี่ยวนำการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบภูมิคุ้มกันและลดอาการของโรคมะเร็งและการติดเชื้อไวรัส ทดสอบโดยให้อาสาสมัครรับประทานน้ำสไปรูไลนาที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำร้อน พบว่าผู้ที่ได้รับประทานมีการเพิ่มการพัฒนา(maturation stage)ของเม็ดเลือดขาว 2 ชนิด คือ โมโนไซต์ (monocytes) และ แมคโครฟาจ (macrophages) Hu และ Guo (2001) พบว่า ซีเลเนียม โพลีแซคคาไรด์ (selenium polysaccharide) ที่สกัดจากสาหร่ายสไปรูไลนาสามารถเป็นสารเพิ่มภูมิต้านทานและรักษา(immunotherapherapy) โรคมะเร็งชนิดหนึ่ง(malignant diseases)

1.2.2 อาหารของสัตว์น้ำ

ปัจจุบันสาหร่ายสไปรูไลนามีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมสัตว์น้ำหลายประการ เช่น ส่งเสริมการเจริญเติบโต เพิ่มภูมิต้านทาน และ เร่งสี ดังการศึกษาต่อไปนี้

Nakamura(1982) ทำการศึกษาสาหร่ายสไปรูไลนา 2 รูป คือ ในรูปแช่แข็ง และในรูปผง พบว่ามีความเหมาะสมในการอนุบาลปลาวัยอ่อน เนื่องจากมีขนาดเล็ก และย่อยง่าย ทำให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ปลามีระยะเวลาในการเจริญพันธุ์เร็วขึ้น ช่วยเสริมการพัฒนาของไข่ในน้ำเชื้อ และช่วยในการเร่งสีปลา สำหรับปริมาณที่เหมาะสมในการผสมในอาหารปลาคือ 10-25 เปอร์เซ็นต์

Cuzon และคณะ (1985) ศึกษาโดยนำสาหร่ายสไปรูไลนาผสมในอาหารเลี้ยงกุ้งกุรุม่า (*Penaeus japonicus*) วัยอ่อน(juvenile)พบว่าอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูไลนา 8 เปอร์เซ็นต์ ให้การเจริญเติบโตดีที่สุด อัตราการรอดตายสูง และมีสีเข้มขึ้น

Hirano และSuyama (1986) ทดลองนำสาหร่ายสไปรูไลนาเลี้ยงปลาอายู(ayu)(*Plecoglossus altivelis*) พบว่าอาหารที่มีสาหร่ายสไปลูไลนาผสมอยู่ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลามีการเจริญเติบโตดีมาก และ พบไตรกลีเซอร์ไรด์(triglyceride)ในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เนื้อปลานุ่มขึ้น

Matsuno และคณะ(1986) ทดลองใช้ลูทีน(lutein) โรโดแซนธิน(rhodoxanthin) และสาหร่ายสไปรูไลนา เร่งสีปลานิลแดง(*Oreochromis aureus*) เป็นเวลา 10 วัน พบว่า สีผิวของปลาทุกกลุ่มแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสีของปลานิลแดงที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่มีการเสริมลูทีน โรโดแซนธิน และสาหร่ายสไปรูไลนา มีสี ชมพูซีด ส้ม ชมพู และส้มแดง ตามลำดับ

Mori และคณะ (1987) ทดลองนำสาหร่ายสไปรูไลนา(*Spilulina maxima*) ผสมในอาหารปลาอายู 3-6 เปอร์เซ็นต์และใช้เลี้ยงปลาเป็นเวลา 10 สัปดาห์พบว่าปลาอายูที่เลี้ยงมีสีสวยเหมือนปลาธรรมชาติ คือ ผิวหนังมีสีเหลืองส้ม

Chien และ Jeng (1992) ศึกษาการสร้างสีในกุ้งกุรุมาจากการได้รับอาหารเสริมสารสีในรูปแบบต่างกัน คือ แอสตาแซนทิน (astaxanthin) เบตา-คาโรทีน(β-carotene) และสาหร่ายอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 200 มิลลิกรัม/อาหาร 100 กรัม พบว่า การเสริมแอสตาแซนทิน(astaxanthin) 100 มิลลิกรัม/อาหาร 100 กรัม เป็นเวลา 1 เดือนก่อนเก็บผลผลิต มีผลต่อการสร้างเม็ดสีในเนื้อเยื่อมากที่สุด และมีอัตรารอดสูงที่สุด

Liao และคณะ (1993) ทดลองใช้แหล่งสารสีจาก 3 แหล่ง เพื่อเร่งสีในกุ้งกุลาดำ คือ สไปรูไลนา ยีสต์ (*Phaffia rhodozyma*) และน้ำมันจากกุ้งเคย (krill oil) พบว่าการเสริมสไปรูไลนา 3 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการจับ 1 เดือน ทำให้กุ้งกุลาดำมีสีเข้มขึ้น

Olvera-Novoa และคณะ (1998) ศึกษาการแทนที่ปลาป่นด้วยสาหร่ายสไปรูไลนาในอาหารปลาหมอเทศ (*Oreochromis mossambicus*) พบว่าสามารถใช้สาหร่ายสไปรูไลนาที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปลามีการเจริญเติบโตดีที่สุด

Nandeesha และคณะ (2001) ทดลองใช้สาหร่ายสไปรูไลนาทดแทนปลาป่นในระดับต่างๆ คือ 25, 50, 75, และ 100เปอร์เซ็นต์ ในอาหารปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) พบว่าระดับการแทนที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ส่งผลให้ปลายี่สกเทศเจริญเติบโตดีขึ้น

Lu และคณะ (2002) ศึกษาการนำสาหร่ายสไปรูไลนาอบแห้งเสริมในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การศึกษาการเจริญเติบโตของปลานิลในแต่ละขนาด คือ 0.8, 1.8, 2, 2.5 และ 3 เซนติเมตร และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้อาหารและการเจริญเติบโตโดยเปรียบเทียบระหว่างอาหารชุดควบคุมกับสาหร่าย สไปรูไลนาอบแห้ง เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลที่ได้พบว่าในการทดลองที่ 1 การใช้สาหร่ายสไปรูไลนาอบแห้งเป็นอาหารปลานิลจะส่งผลให้ปลามีน้ำหนักเพิ่มสูงที่สุดเมื่อปลามีขนาด 2 เซนติเมตรขึ้นไป และในการทดลองที่ 2 พบว่า.ปลานิลที่ได้รับสาหร่ายสไปรูไลนาอบแห้งแบบให้กินจนอิ่ม ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1-3 และได้รับสาหร่ายสไปรูไลนาอบแห้ง 10เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4-6 และ ได้รับสาหร่าย สไปรูไลนาอบแห้ง 3 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 7-10 มีความยาวมาตรฐาน(standard length) และน้ำหนักตัวสูงที่สุด

วิพัฒน์(2523) ทดลองใช้สาหร่ายสไปรูไลนาผง และสาหร่ายออสซิลาทอเรีย(*Oscillatoria sp.*)ผง ผสมในอาหารลูกปลาไน(*Cyprinus carpio*)อายุ 5 วัน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายสไปรูไลนาสามารถส่งเสริมให้ลูกปลาไนมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด

วุฒิพร(2527) ทดลองใช้รงควัตถุคาโรทีนอยด์ที่ได้จากแหล่งต่างๆ เร่งสีปลาแฟนซีคาร์ฟ จากผลการทดลองพบว่า คาโรทีนอยด์จากสาหร่ายสไปรูไลนามีผลต่อความเข้มของสีมากที่สุด และปริมาณที่เหมาะสมที่จะส่งผลต่อการเร่งสีปลาแฟนซีคาร์ฟให้มีสีแดงเข้มขึ้น คือ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอาหารทั้งหมดโดยการทดแทนปลาป่น ระยะเวลาในการเลี้ยงอย่างน้อย 8 สัปดาห์

ฉรงศักดิ์ (2533) ทดลองผสมสาหร่ายสไปรูไลนาเสริมในอาหารกุ้งกุลาดำระดับต่างๆ คือ 0, 1, 5, 10, 15, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ พบว่าการเสริมสาหร่ายสไปรูไลนา 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารส่งผลให้กุ้งกุลาดำมีการเจริญเติบโตและเร่งสีได้ดีที่สุด

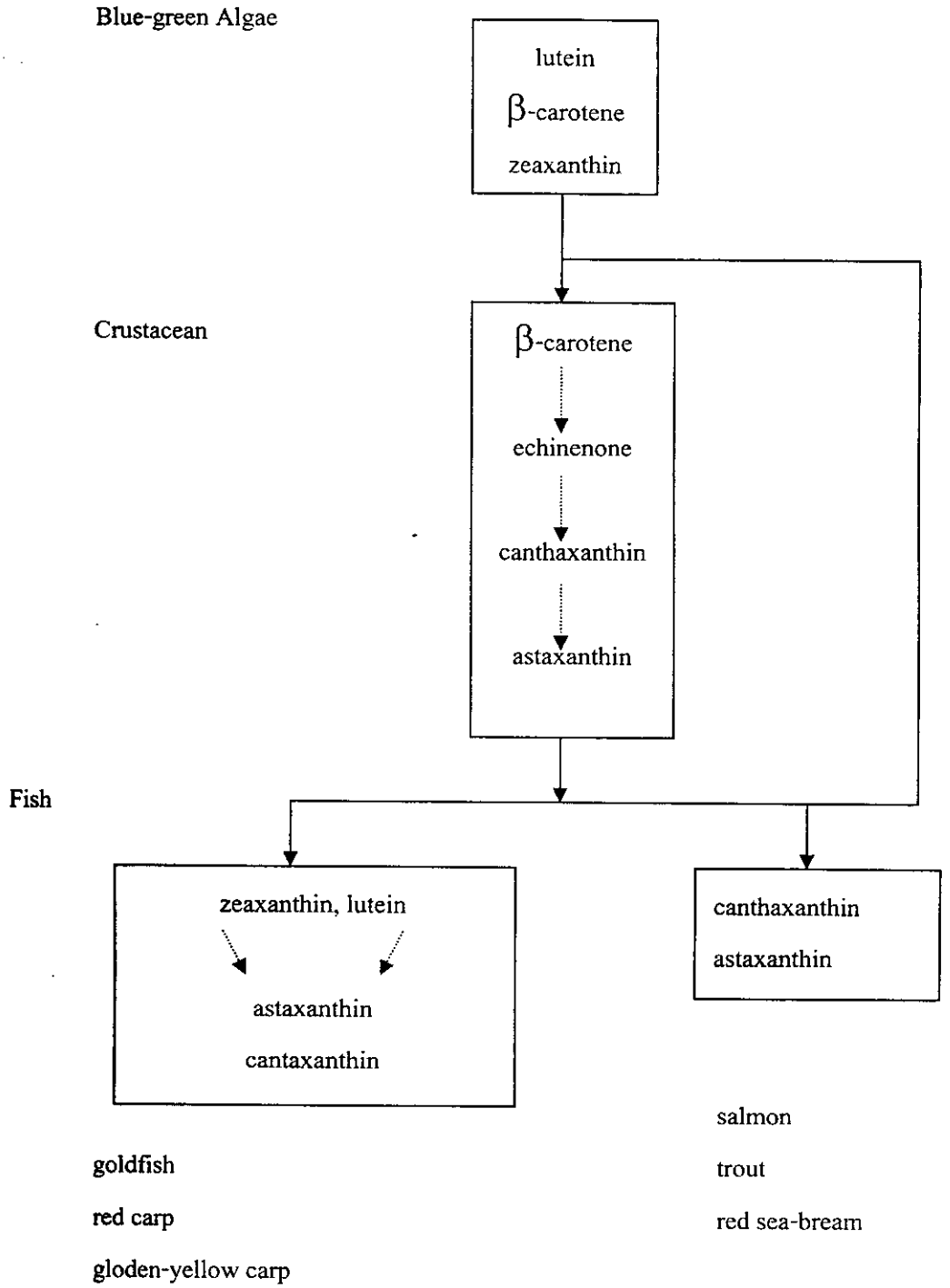
บานชื่น(2532) ทดลองเสริมสาหร่ายสไปรูไลนาสดในอาหารปลาตะเพียนขาว(*Puntius gonionotus*) และปลาดุกอุย(*Clarias macrocephalus*) 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าปลาตะเพียนขาวมีอัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีนและอัตรารอดไม่แตกต่างกัน ส่วนในปลาดุกอุยที่ได้รับอาหารในสูตรควบคุม(0%) พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อและประสิทธิภาพของการใช้โปรตีนดีกว่าปลาดุกอุยที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายสไปรูไลนาสดแต่อัตรารอดตายไม่แตกต่างกัน

มะลิ และคณะ (2543) ศึกษาผลของแอสตาแซนทิน ต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอด น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น พบว่าสารสีไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและ อัตราการรอด แต่ส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนของเม็ดเลือด และกุ้งมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณเม็ดสีบนตัวกุ้งเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

2. ผลของรงควัตถุต่อการสะสมสีและระบบภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ

เมื่อปลาได้รับรงควัตถุหรือสารสี ปลาจะมีการสะสมสีต่างๆที่บริเวณใต้ผิวหนังในชั้นเดอร์มิส (dermis) และเนื้อเยื่อบริเวณกล้ามเนื้อ (Latscha, 1991) ซึ่งอยู่ในรูปต่างๆ เมื่อสัตว์น้ำกินสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ก็จะได้รับรงควัตถุชนิดต่างๆ เช่น ลูทีน(lutein) เบตา-คาโรทีน ซีเอแซนทิน(zaxanthin)หลังจากนั้นสัตว์น้ำก็จะเปลี่ยนรูปโครงสร้างของรงควัตถุ จนในที่สุดจะเก็บสะสมอยู่ในรูปแอสตาแซนทิน ดังภาพที่ 1 โดยสารสีเหล่านี้ จะส่งผลให้คุณภาพของสีเนื้อดีขึ้น และ ทำให้ปลาสวยงามมีสีเข้มสวย นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจุบันมีการนำรงควัตถุเหล่านี้เสริมในอาหารเพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะคาโรทีนอยด์ พบว่ามีหน้าที่ในระบบชีวเคมีที่สำคัญหลายประการ เช่น ช่วยให้โครงสร้างโปรตีนมีความคงสภาพ (Fox *et al*, 1967) ป้องกันเนื้อเยื่อมิให้ถูกทำลายเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Tacon, 1981) โดยช่วยทำลายอนุมูลอิสระของออกซิเจนที่มีพิษ ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานของเซลล์ (Miki, 1991) Liao และคณะ(1993) กล่าวว่าสาหร่ายสไปรูไลนามีผลต่อการเกิดสีในหนัง และเนื้อของสัตว์น้ำ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณและระยะเวลา (Cuzon *et al.*, 1985) และ คาโรทีนอยด์มีผลต่อสุขภาพของปลา โดยสามารถลดความเครียดทำให้ปลามีสุขภาพดี สามารถทนต่อเชื้อก่อโรคต่างๆได้ดีขึ้น(Nakano *et al*, 2003)



ภาพที่ 1 การสะสมรงควัตถุต่างๆในสัตว์น้ำ

ที่มา: Latscha (1991)

3. ปลาดุกพันธุ์ผสม

3.1 ชีววิทยาของปลาดุกพันธุ์ผสม

ปลาดุกพันธุ์ผสมหรือปลาดุกบิ๊กอุย (*Clarias macrocephalus* (Gunter) x *Clarias gariepinus* (Burchell)) เป็นการผสมปรับปรุงพันธุ์ระหว่างปลาดุกอุย(*Clarias macrocephalus*)และปลาดุกรัสเซีย (*Clarias gariepinus*) มีลักษณะเด่น คือ ตัวโต เจริญเติบโตเร็ว มีความต้านทานต่อโรคสูง และเนื้อมากและมีสีเหลืองนวลรสชาติดี สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายประเภท (กรมประมง, มปป.) แหล่งกำเนิดของปลาดุกอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ อินเดีย ไทย พม่า ลาว กัมพูชา เวียดนาม อินโดนีเซีย หมู่เกาะบอเนียว และ ฟิลิปินส์ (ศักดิ์ชัย, 2536) พันธุ์ปลาดุกที่พบในประเทศไทย มีทั้งหมด 6 สายพันธุ์ (เฉิดฉัน, 2517) คือ

3.1.1 *Clarias melanoderma* Bleeker

ชื่อทั่วไป ปลาดัก

บริเวณที่พบ จังหวัดนครสวรรค์และพิจิตร

ลักษณะเด่น ด้านหน้าของก้านครีบอก หรือเงี่ยงเป็นหยักหรือมีลักษณะคล้ายหนามแหลม ลำตัวสีเทาดำ

3.1.2 *Clarias batrachus* Linnaeus

ชื่อทั่วไป ปลาดุกด้าน ดุกเลา ดุกแดง และดุกเผือก

บริเวณที่พบ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย

ลักษณะเด่น ด้านหน้าของก้านครีบอก หรือเงี่ยงเป็นหยักปลายแหลมทั้ง 2 ด้าน ปลายกระดูกท้ายทอยมีลักษณะแหลม ลำตัวสีเทาปนดำ

3.1.3 *Clarias macrocephalus* Günther

ชื่อทั่วไป ปลาดุกอุย

บริเวณที่พบ ทั่วทุกภาคของประเทศไทย

ลักษณะเด่น ด้านหน้าของก้านครีบอก หรือเงี่ยงเป็นหยักปลายแหลมทั้ง 2 ด้าน ปลายกระดูกท้ายทอยมีลักษณะโค้งมน ลำตัวมีสีเทาปนดำและสีเหลือง

3.1.4 *Clarias teysmanni* Bleeker

ชื่อทั่วไป ปลามัด ปลามด ปลามอด

บริเวณที่พบ จังหวัดนครศรีธรรมราชและภาคใต้ของประเทศไทย

ลักษณะเด่น ลักษณะคล้ายปลาดุกด้านแต่มีลำตัวเรียวยาว ลำตัวมีสีดำ และมีจุดสีขาว เรียงเป็นแถวตามขวางตามลำตัวอย่างชัดเจน

3.1.5 *Clarias* sp.

ชื่อทั่วไป ปลาดุกมาเลเซีย

บริเวณที่พบ ภาคใต้ของประเทศไทย

ลักษณะเด่น ลักษณะคล้ายปลาดุกอุยแต่มีลักษณะของกลุ่มฟันที่เพดานและขากรรไกรแตกต่างกัน

3.1.6 *Prophagorus nieuhofii*

ชื่อทั่วไป ปลาดุกลำพัน

บริเวณที่พบ ป่าพรุที่รกทึบ ที่มีกระแสน้ำไหลช้า หรือแอ่งน้ำ พบทางภาคใต้ของประเทศไทย

ลักษณะเด่น ลักษณะคล้ายปลาดุกอุยแต่มีครีบหลัง ครีบห่าง และครีบก้นเชื่อมติดกัน

3.2 ลักษณะทางอนุกรมวิธาน

ปลาดุกพันธุ์ผสมเป็นปลาในครอบครัว Clariidae มีลักษณะที่จำแนกได้ชัดเจนคือ ไม่มีเกล็ด ลำตัวเรียวยาว ครีบยาวไม่มีกระโดง ครีบท้องยาวเกือบถึงโคนหาง มีอวัยวะช่วยหายใจซึ่งทำให้ปลาดุกสามารถอยู่พ้นน้ำได้นาน ขนาดลูกนัยน์ตาเล็กเมื่อเทียบกับขนาดของลำตัว มีหนวด 4 คู่ มีประสาทรับสัมผัสได้ดีโดยเฉพาะกลิ่น ใช้หาอาหาร โดยปกติแล้วปลาดุกมีนิสัยว่องไว กินอาหารจำพวกเนื้อสัตว์และซากสิ่งมีชีวิต สามารถกินพืชได้หากมีการฝึกตั้งแต่ในช่วงอนุบาล (กรมประมง, มมป.)

3.3 ความต้องการสารอาหารหลัก

ปลาดุกพันธุ์ผสมเจริญเติบโตและให้ค่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้ดีที่สุด เมื่อมีระดับโปรตีนในอาหาร 41 เปอร์เซ็นต์ (เวียง, 2542) วิมล และ พิศมัย (2538) ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวดิบต่อไขมันในอาหารปลาดุกพันธุ์ผสม และได้ข้อสรุปว่าอาหารที่มีโปรตีน 33 เปอร์เซ็นต์ พลังงานรวม 4,280-4,390 กิโลแคลอรี/อาหาร 1 กิโลกรัม ควรมีคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าว 50 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 4.4 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบเป็นสัดส่วน

ระหว่างคาร์โบไฮเดรตกับไขมันได้เท่ากับ 11.24:1 ทำให้ปลาดุกพันธุ์ผสมมีการเจริญเติบโตดี วิมล และ พิศมัย (2538) พบว่าปลาดุกพันธุ์ผสมต้องการกรดไขมันที่จำเป็น ทั้งกรดไลโนลีนิก (linolenic) หรือโอเมกา 3(ω-3) และ กรดไลโนลิอิก (linoleic) หรือ โอเมกา 6(ω-6) แต่ต้องการ โอเมกา 6 มากกว่าในสัดส่วน 1:1.25 โดยพบว่าทำให้ปลาดุกพันธุ์ผสมขนาด 0.5-19 กรัม มีอัตราการเจริญเติบโต และ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อดีที่สุด ซึ่งพบกรดไขมันจำเป็นเหล่านี้ในถั่วเหลือง และน้ำมันปลาที่เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ (เวียง, 2542) Boonyaratpalin และ Phromkunthong (2001) พบว่าการเสริมวิตามินซีในรูป ascorbyl phosphate calcium 30 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของปลาดุกพันธุ์ผสม และช่วยป้องกันอาการขาดวิตามินซีได้

3.4 โรคในปลาดุกพันธุ์ผสม

การติดเชื้อแบคทีเรีย *Aeromonas hydrophila* ในปลาดุกพันธุ์ผสมสามารถแยกเชื้อได้จากบริเวณไตส่วนหลังและตับของปลาที่ติดเชื้อ อาการของโรคพบว่า ท้องบวมมีน้ำหรือของเหลวสีเหลืองใสอยู่ในช่องท้อง เหงือกบวม กกหูบวม อวัยวะภายในตกเลือด และผิวหนังเป็นแผล (สถาบันวิจัยสุขภาพสัตว์น้ำ, 2536) ส่งผลทำให้ราคาปลาต่ำ นอกจากนี้ยังพบเชื้อราและเชื้อปรสิตต่างๆ (Sniesko and Axelrod, 1971) ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากในประเทศไทยนิยมเลี้ยงปลาดุกพันธุ์ผสมแบบหนาแน่น(intensive) และ อาหารที่นิยมใช้ คือ อาหารสำเร็จรูปควบคู่กับอาหารสดส่งผลทำให้คุณภาพน้ำเลวลง ปริมาณออกซิเจนลดลง ส่วนปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง ส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพทำให้อ่อนแอลง โอกาสเป็นโรคจึงเป็นไปได้สูงกว่าปกติ

3.5 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ

ปลาดุกพันธุ์ผสมจัดว่าเป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ โดยในปี 2534 มีรายงานว่าผลผลิตปลาดุกพันธุ์ผสมมีค่ามูลค่าสูงถึง 700 ล้านบาท และมีแนวโน้มในการเลี้ยงเพิ่มขึ้นถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (อุทัยรัตน์, 2539) ในปี พ.ศ. 2542 พบว่าปริมาณการผลิตปลาดุกอุย และปลาดุกพันธุ์ผสมสูงถึง 72,289 ตัน คิดเป็น 2,438.8 ล้านบาท (กองเศรษฐกิจการประมง, 2545) และในปี พ.ศ. 2543 ปริมาณปลาดุกโดยรวมทั้งจากการเพาะเลี้ยงและจากการจับมีปริมาณสูงขึ้นถึง 95,600 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,895.9 ล้านบาท และในปีเดียวกันปลาดุกอุย และปลาดุกพันธุ์ผสมมีปริมาณการใช้ประโยชน์จากสัตว์น้ำโดยการบริโภคสดสูงที่สุดถึง 93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาน้ำจืดทั้งหมดที่กองเศรษฐกิจการประมงทำการสำรวจ(กองเศรษฐกิจการประมง, 2546) ส่วนการส่งออกปลาดุกโดยรวมขณะนี้มีแนวโน้มดีขึ้น โดยสามารถจำหน่ายได้ทั้งปลามีชีวิต เนื้อปลาแช่เย็น และ อาหาร

แปรรูป เช่น ปลาร้า ปลารมควัน ปลาตากแห้ง ปลาแช่แข็ง และอาหารสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ตลาดที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ฮ่องกง ญี่ปุ่น และ สิงค์โปร (ศักดิ์ชัย, 2536)

4. ระบบภูมิคุ้มกันของปลา

ปลามีการพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันตั้งแต่ยังเป็นฟีตัส (fetus)โดยมีการสร้างลิมโฟไซท์ (lymphocyte) ที่ตับ ซึ่งลิมโฟไซท์เหล่านี้จะแพร่กระจายไปยังส่วนต่างๆของร่างกายโดยเฉพาะที่ม้าม(spleen) และต่อมน้ำเหลือง แต่เมื่อปลาโตขึ้นอวัยวะที่ให้กำเนิดลิมโฟไซท์ คือ กระดูกสันหลัง (bone marrow) ระบบภูมิคุ้มกันของปลามีลักษณะทั่วไปคล้ายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Sakai , 1999) แต่ยังพัฒนาไม่ดีเท่า เนื่องจากปลาเป็นสัตว์ที่มีวิวัฒนาการต่ำกว่า สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบไม่จำเพาะเจาะจง(non-specific immunity) และแบบจำเพาะเจาะจง(specific immunity) โดยระบบภูมิคุ้มกันในปลาส่วนใหญ่ เป็นแบบไม่จำเพาะเจาะจง ซึ่งระบบภูมิคุ้มกันลักษณะนี้ถูกสร้างขึ้นมาโดยธรรมชาติไม่ต้องอาศัยการกระตุ้นจากแอนติเจนหรือเชื้อโรค (Roberts, 1989)

4.1 ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจง

ระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงเป็นระบบภูมิคุ้มกันที่กลไกของร่างกายสร้างขึ้นเอง เป็นภูมิคุ้มกันที่สามารถต่อต้านสิ่งแปลกปลอมได้หลายชนิด มีในร่างกายตั้งแต่กำเนิด หรืออาจจะเรียกว่า ภูมิคุ้มกันตามธรรมชาติ (natural immunity หรือ innate immunity) ภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะในปลาประกอบด้วย เยื่อเมือก เกล็ด ผิวหนัง และสิ่งกีดขวางในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นเซลล์และสารน้ำ (Ellis, 1988) หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นส่วนแรกที่ทำหน้าที่ต่อต้านสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาก่อโรคหรือก่อให้เกิดความผิดปกติแก่ปลา(Ellis, 1988) นอกจากนี้ยังมีการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะเจาะจงกับเชื้อโรคจากของเหลวในร่างกาย (non-specific humoral factor) เช่น ทรานสเฟอร์ริน(transferrin) และอินเตอร์ฟีรอน(interferon) ซึ่งเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสารต่อต้านเอนไซม์ของเชื้อโรค เช่น แมคโครกลอบูลิน (macroglobulin) มีกลไกลการทำงาน คือ เมื่อเชื้อโรคเข้ามาสู่ร่างกายเชื้อโรคจะมีการหลั่งเอนไซม์เพื่อย่อยสลายทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ แมคโครกลอบูลินซึ่งอยู่ในน้ำเลือดของสัตว์กระดูกสันหลังจะมีผลไปยับยั้งการหลั่งเอนไซม์ที่เชื้อโรคผลิตขึ้นมา และการตอบสองแบบไม่จำเพาะของเซลล์ชนิดต่างๆ โดยวิธีฟาโกซัยท์ เช่น แมคโครฟาจ(macrophage) นิวโทรฟิล(neutrophyll) อีโอซิโนฟิล (eosinophils)และแบโซฟิลล์(basophil) เป็นต้น (Roberts, 1989) ส่วนคอมพลีเมนท์(complement) เป็นกลุ่มโปรตีนในน้ำเหลือง ที่มีหน้าที่ กระตุ้นให้เกิดการแตกสลายของเซลล์(cytosis) และทำให้เกิดกระบวนการ ออฟโซนิเคชัน(opsonization) โดยกระบวนการนี้เกิดกับสิ่งแปลกปลอมเข้ามาในร่างกาย โดยตัวรับบนผิวเซลล์จะถูกคอมพลีเมนต์จับ ทำให้เม็ดเลือดขาวสามารถเข้ามาทำลายเซลล์เชื้อโรคได้ (Roberts, 1989)

4.2 ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง

ระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจงสามารถตอบสนองได้ 3 ทาง คือ humoral immunity, cell-mediated immunity (CMI) และ memory humoral immunity โดยมีลิมโฟไซท์เป็นตัวหลักมีบทบาทสำคัญในระบบภูมิคุ้มกัน โดยสามารถพบลิมโฟไซท์ได้ในระบบหมุนเวียนของร่างกาย ลิมฟอยด์ ออร์แกน(lymphoid organ) และในเนื้อเยื่ออื่นๆ ลิมโฟไซท์มีความสามารถในการจำ (memory) คือ เมื่อเซลล์ได้รับสิ่งแปลกปลอมที่ก่อให้เกิดโรค (antigen) ชนิดเดิมเป็นครั้งที่ 2 มีการตอบสนองต่อแอนติเจนเร็วขึ้น(Roberts, 1989) ลิมโฟไซท์ มี 2 กลุ่ม คือ ที-ลิมโฟไซท์ (thymus-derived, T-lymphocytes) และ บี-ลิมโฟไซท์(bone marrow-derived, B-lymphocytes) โดยลิมโฟไซท์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะมีบทบาทในการจดจำ(memory cell)(Roberts, 1989) อิมูโนกลอบูลิน (immunoglobulin, Ig) มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง เช่น การกำจัดไวรัส และแบคทีเรีย การกระตุ้นคอมพลีเมนต์ โดย อิมูโนกลอบูลิน ที่พบปลาชั้นสูงมีเพียงชนิดเดียว คือ ไอจีเอ็ม (IgM) พบได้ในสารคัดหลั่ง เมือกบริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร และในท่อน้ำดี (Roberts, 1989)

4.3 การประยุกต์ใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในสัตว์น้ำ

สารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน(immunostimulant) หมายถึง แอนติเจนที่สามารถกระตุ้นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ และไม่จำเพาะ สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่นำมาใช้ในสัตว์น้ำมีหลายชนิด ที่เป็นสารสังเคราะห์ได้แก่ เลวามิโซล(levamisol), FK565, EF203 เป็นต้น ส่วนสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่ได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น ไลโปโพลีแซคคาไรด์(lipopolysaccharide; LPS) จากแบคทีเรียแกรมลบ เปปติโดไกลแคน(peptidoglycan)จากแบคทีเรีย กลูแคนจากยีสต์(Dalmo and Seljelid, 1995)

Swicki และ Kossakowski(1988) ทำการทดลองกระตุ้นภูมิคุ้มกันปลาคาร์ฟวัยอ่อน (*Cyprinus carpio*) 2 ช่วงอายุ คือ 1 วันและ 3 วัน โดยใช้สารสังเคราะห์เลวามิโซล ที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0, 2, 5, 10และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยวิธีแช่ หลังจากนั้น 2 สัปดาห์ วัดค่าการเจริญเติบโตและอัตรารอดพบว่า อัตราการเจริญเติบโตในลูกปลาทั้งวัยที่ได้รับสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่ระดับความเข้มข้น 2, 5และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่ามากกว่าลูกปลาที่ไม่ได้รับสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ส่วนอัตรารอดไม่แตกต่างกัน

Robertsen และคณะ(1990) ศึกษาการฉีดสารเอ็มกลูแคน(M-glucan)ที่ได้จากผนังเซลล์ *Saccharomyces cerevisiae* ให้แก่ปลาแอตแลนติกแซลมอน (Atlantic salmon, *Salmo salar*) โดยใช้ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัม เอ็มกลูแคนต่อน้ำหนักปลา 20 กรัม พบว่าสามารถต่อต้านเชื้อ *Yersinia ruckeri* ซึ่งก่อให้เกิดโรค redmouth เชื้อ *V. anguilarum* ซึ่งก่อให้เกิดโรค vibriosis และเชื้อ *V.*

salmonicida ซึ่งเป็นสาเหตุของโรค hitra disease ทำให้ภูมิต้านทานเพิ่มสูงขึ้นโดยสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันจะมีผลในการเพิ่มกิจกรรมของมาโครฟาจ(macrophage) สูงสุดหลังจากฉีดเชื้อ 3 สัปดาห์

Chen และ Ainsworth(1992) ศึกษาผลของ เบตา(1,3) ดีกลูแคนจากผนังเซลล์ Baker yeast โดยฉีด เบตา (1,3) ดีกลูแคน(β(1,3)-D-glucan) แก่ปลากดอเมริกัน(channel catfish; *Ictalurus punctatus*) แล้วฉีดเชื้อ *Edwardsiella ictaluri* ปรากฏว่าค่า ฟาโกซัยทิก อินเด็กซ์(phagocytic index) ของเม็ดเลือดมีค่าสูงขึ้นและสามารถลดอัตราการตายเนื่องจากเชื้อ *E. ictaluri* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Dalmo และ Seljelid(1995) ศึกษาผลของไลโปโพลีแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide) แลมมินาแรน(laminaran) และซัลเฟต แลมมินาแรน(sulphate laminaran) ซึ่งเป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันที่ได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล(*Laminaria hyperboea*) ในปลาแอตแลนติกแซลมอน พบว่าแมคโครฟาจ (macrophage) จากไตตอนต้นมีการกระจาย และมีการเพิ่มปริมาณ ออร์แกเนล (organelles) มากขึ้น

Skjermo และคณะ(1996) ทดลองใช้อาร์ทิเมียเป็นตัวนำสารกระตุ้นไปสู่ลูกปลาเทอร์บอท (turbot; *Scophthalmus maximus*) อายุ 40 วัน โดยนำอาร์ทีเมียที่เลี้ยงด้วยสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน แอล-จีเนท (alginate) และนำอาร์ทีเมียไปให้ปลากิน เป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำปลาไปแช่เชื้อ *Vibrio anguillalum* พบว่าลูกปลาที่ได้รับอาร์ทีเมียเสริมสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันมีอัตรารอดสูงกว่า ลูกปลาที่เลี้ยงด้วยอาร์ทีเมียโดยไม่เสริมสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันอย่างแตกต่างทางสถิติ

Supamattaya และคณะ (2000) ศึกษาผลการใช้ เบตา-กลูแคน (β-glucan: MacroGrad®)ต่อการเจริญเติบโตและความสามารถในเพิ่มภูมิต้านทานต่อเชื้อ *Vibrio harveyi* ในกุ้งกุลาดำ(*Penaeus monodon*) 3 ขนาด คือ 0.6, 1.5 และ 6.5 กรัม พบว่า ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ แต่มีผลต่อปริมาณการผลิตเม็ดเลือดโดยรวมและการผลิต superoxide anion โดยพบว่าค่าสูงสุดได้จากชุดการทดลองที่ได้รับอาหารผสมสารเบตา-กลูแคน 1.0 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม และกุ้งกุลาดำมีอัตรารอดเพิ่มขึ้นเมื่อระดับเบตา-กลูแคนในอาหารเพิ่มขึ้น

Lee และคณะ (2003) ศึกษาระบบภูมิคุ้มกันในกุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguiensis*) โดยเสริมสาหร่ายสไปรูไลนาในอาหาร พบว่าการเสริมสาหร่ายสไปรูไลนา 0.3เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มการเหนี่ยวนำเม็ดเลือดให้มาโอบล้อมเชื้อโรคได้ดีขึ้น และ เพิ่มค่าฟาโกไซทิก แอกติวิตี (phagocytic activity) สูงขึ้นในวันที่ 4 หลังจากกุ้งได้รับอาหารทดลองผสมสไปรูไลนานอกจากนี้มีการทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) พบว่าเซลล์เม็ดเลือดชนิดกรานูลาร์ (granular cell) สามารถเกิดดีกรานูเลชั่น (degranulation) ได้อย่างสมบรูณ์ภายใน 45 – 60 นาที และพบว่าเมื่อทำการทดสอบความต้านทานต่อโรค (challenged test) ต่อเชื้อ *Vibrio harveyi* ความเข้มข้น $1X10^4$ CFU/ml ผลคือกุ้งในชุดควบคุมตายทั้งหมดภายในเวลา 14 วัน ส่วนกุ้งที่ได้รับอาหารผสมสาหร่ายตายเพียง 10 เปอร์เซ็นต์