การปรับปรุงคุณภาพกุ้งขาวแวนนาไมเพื่อการส่งออก

Improving Quality of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) for Export

คำนำ

การเพาะเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในประเทศไทยอย่างเป็นทางการเกิดขึ้นหลังจากที่กรมประมงอนุญาตให้นำพ่อแม่พันธุ์ที่ปลอดเชื้อ (Specific Pathogen Free: SPF) เข้ามาทดลองเพาะเลี้ยงในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*)กำลังประสบปัญหาการเจริญเติบโตช้ามากจนถึงขั้นขาดทุน เกษตรกรจำนวนหนึ่งได้เปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมและประสบความสำเร็จ จึงทำให้การเลี้ยงกุ้งขาวได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลผลิตการเลี้ยงกุ้งขาวในปี พ.ศ. 2547 มีประมาณ 250,000 เมตริกตัน ในขณะที่ผลผลิตจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีประมาณ 100,000 เมตริกตัน (ชลอ และ พรเลิศ, 2547) ในปี พ.ศ. 2548 มีผลผลิตกุ้งขาวถึง 308,000 เมตริกตัน ในขณะที่กุ้งกุลาดำมีเพียง 32,000 เมตริกตัน (สมศักดิ์, 2548) เนื่องจากกุ้งขาวได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาเป็นเวลานาน จนได้สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และมีขนาดไล่เลี่ยกัน สามารถเลี้ยงได้ในระดับความหนาแน่นสูงมาก ทำให้ได้ผลผลิตสูง ระหว่างการเลี้ยงมีการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะน้อยกว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่หันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้นซึ่งทำให้ผลผลิตกุ้งขาวเพิ่มจำนวนมากขึ้นโดยเฉพาะหลังจากที่สหภาพยุโรปหรืออียู ได้ลดภาษีการนำเข้าสินค้ากุ้งจากประเทศไทยลงเท่ากับที่ประเทศไทยได้รับสิทธิพิเศษทางภาษีศุลกากร (Generalized System of Preferences: GSP) ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสที่จะขยายกำลังการผลิตและส่งกุ้งไปยังสหภาพยุโรปเพิ่มมากขึ้น แต่คุณภาพของกุ้งจะต้องได้มาตรฐานสากล คือ ไม่มีสารตกค้าง โดยเฉพาะไม่มีการปนเปื้อนของยาคลอแรมเฟนิคอลและยาในกลุ่มไนโตรฟูแรนส์ เนื่องจากในขณะนี้ประเทศคู่แข่งทั่วโลกเปลี่ยนมาเลี้ยงกุ้งขาวแวนมาไมด้วยเช่นกัน ทำให้อนาคตอันใกล้การแข่งขันจะมีความรุนแรงขึ้นอย่างมาก ปัญหาที่พบนอกจากในด้านการเลี้ยงแล้ว ผู้ส่งออกพบว่า กุ้งขาวมีสีแดงเข้มน้อยกว่ากุ้งกุลาดำหลังจากการต้มสุก เนื่องจากกุ้งขาวมีเปลือกบางและใสกว่ากุ้งกุลาดำ และการเลี้ยงกุ้งขาวส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่น ถ้าเป็นการเลี้ยงในบ่อดินน้ำจะขุ่นมีตะกอนดินแขวนลอยในปริมาณมากส่งผลให้ปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงมีน้อย ทำให้โอกาสที่กุ้งขาวจะได้รับอาหารธรรมชาติที่เป็นแหล่งผลิตของรงควัตถุ (pigment) หรือแคโรทีนอยด์ (carotenoid) น้อยตามไปด้วย

(ชลอ และ พรเลิศ, 2547; ชลอ และคณะ, 2548) การเสริมสารรงควัตถุ (pigment) เช่น แคนทาแซนทิน (canthaxanthin) และแอสทาแซนทิน (astaxanthin) ในอาหารให้กุ้งกุลาดำกินเป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ ทำให้กุ้งมีสีเข้มขึ้น และมีสีฟ้าลดลง (มะลิ และคณะ, 2537) แต่การเสริมสารรงควัตถุทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นในขณะที่ราคากุ้งขาวมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นมาในหลายประเทศทั่วโลก ส่วนขั้นตอนในการจับกุ้งก่อนที่จะนำกุ้งไปแปรรูปก็มีความสำคัญเช่นกัน โดยพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะนำกุ้งไปแช่ในถังน้ำที่ใส่น้ำแข็งริมขอบบ่อ บ่อยครั้งปริมาณน้ำแข็งมีน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณกุ้งและต้องแช่กุ้งในถังเป็นเวลานานก่อนการลำเลียงไปคัดขนาดภายในฟาร์ม ซึ่งต้องรออีกนานพอสมควรก่อนที่จะชั่งน้ำหนักเพื่อแช่น้ำแข็งลำเลียงเข้าสู่ห้องเย็น เมื่อห้องเย็นซื้อกุ้งและต้องการนำไปแปรรูปในลักษณะต้มสุก หรือที่เรียกว่า กุ้งต้มพร้อมหัวและเปลือก (cooked head-on and shell-on products) ส่งผลให้กุ้งขาวที่ได้มีสีซีด คุณภาพต่ำ ทำให้ผู้บริโภคบางส่วนไม่ต้องการและตั้งเงื่อนไขในการเลือกซื้อ เพราะฉะนั้นถ้าหากทำให้กุ้งขาวหลังจากแปรรูปในลักษณะต้มสุกมีสีสันเข้มขึ้นกว่าเดิม และมีความสดเพิ่มขึ้น จะทำให้ผู้ส่งออกสามารถหาตลาดขายกุ้งขาวได้ง่ายขึ้นและส่งผลให้มูลค่าของกุ้งขาวแปรรูปเพิ่มขึ้นด้วยโดยการวิจัยเพื่อหาวิธีการที่ทำให้สีของกุ้งขาวเข้มขึ้นหลังการต้มสุกและมีคุณภาพดีตามที่ตลาดต้องการ

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่พบในกุ้งขาว คือ กุ้งขาวบางส่วนหรือเป็นจำนวนมากหลังจากนำไปต้มให้สุกแล้วบริเวณส่วนหัวที่เป็นที่ตั้งของตับและตับอ่อน (hepatopancreas) จะมีลักษณะคล้ายกับนมข้นสีขาวจำนวนมากออกมา ทำให้มองดูภายนอกคล้ายกับไขมันแตกออกมาจากตับและตับอ่อน ซึ่งเกษตรกรและผู้ส่งออกมักจะเรียกว่า กุ้งหัวแตก กุ้งเหล่านี้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคหรือขายได้ราคาที่ต่ำลง ลักษณะเช่นนี้พบได้ทั่วไปในแหล่งเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการทดลองค้นคว้า เพื่อหาวิธีลดปัญหากุ้งหัวแตก หรือมีลักษณะคล้ายไขมันออกมามากกว่าปกติ ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะทดลองงดอาหารก่อนการจับกุ้งในระยะเวลาแตกต่างกันว่ามีผลต่ออัตราการเกิดลักษณะดังกล่าวหรือไม่ รวมทั้งศึกษาผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของกุ้งได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และเถ้า ในตัวกุ้ง เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการเลี้ยงให้ได้กุ้งขาวคุณภาพดีในสภาวะที่มีการแข่งขันสูงจากผลผลิตกุ้งขาวที่ออกมาทั่วโลก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนาคุณภาพของกุ้งขาวให้ดีตามที่ตลาดต้องการ ซึ่งจะทำให้ธุรกิจการเลี้ยงกุ้งขาวประสบความสำเร็จสามารถแข่งขันกับประเทศผู้ผลิตอื่น ๆ ได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำ และระยะเวลาในการแช่กุ้งต่อคุณภาพสีของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ

2. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการงดอาหารก่อนจับกุ้งต่อปัญหาการเกิดกุ้งหัวแตกหลังจากต้มสุก

การตรวจเอกสาร

1. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่มีแหล่งกำเนิดในทวีปอเมริกา พบแพร่กระจายทั่วไปในหลายประเทศตั้งแต่บริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก จากตอนเหนือของเม็กซิโกถึงตอนเหนือของเปรู ซึ่งมีลักษณะพื้นท้องทะเลเป็นโคลนปนทราย ในที่ๆ มีอุณหภูมิตั้งแต่ 20 องศาเซลเซียส ขึ้นไป พบตั้งแต่ระดับความลึก 0-72 เมตร (Holthuis, 1980; Dore and Frimodt, 1987, Rosenberry, 1998) Wassenberg and Hill (1987) รายงานว่ากุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่เคลื่อนไหวรวดเร็วกินอาหารมาก สามารถกินอาหารได้ทั้งพวกพืช สัตว์และซากของสิ่งมีชีวิต กุ้งขาวจะว่ายน้ำเข้าจับอาหารกินบริเวณกลางน้ำโดยเป็นอาหารกึ่งจมกึ่งลอยทั้งพืชและสัตว์ กุ้งชนิดนี้จึงเป็นที่นิยมเลี้ยงกันมากในทวีปอเมริกา รวมทั้งอเมริกากลาง และใต้ได้แก่ เอกวาดอร์ เม็กซิโก บราซิล โคลอมเบีย เปรู เวเนซูเอลา เบลิซ คอสตาริกา เอลซัลวาดอร์ กัวเตมาลา ฮอนดูรัส ปานามา สหรัฐอเมริกา บาฮามาส สาธารณรัฐโดมินิกัน และเปอร์โตริโก (Lester, 1992) โดยประเทศเอกวาดอร์เป็นประเทศที่มีการเลี้ยงมากที่สุด (Hirono and Leslie, 1992) สำหรับประเทศในแถบทวีปเอเชียนั้นในระยะแรกได้มีการทดลองเลี้ยงในประเทศฟิลิปปินส์ในช่วงปี ค.ศ. 1978-1979 และในประเทศจีนเมื่อปี ค.ศ. 1988 หลังจากนั้นจึงได้มีการเลี้ยงกันมากขึ้นและแพร่หลายไปยัง ประเทศไต้หวัน ไทย เวียดนาม อินโดนีเซีย และอินเดีย (Funge-Smith and Bringgs, 2003) ซึ่งแต่ละประเทศมีแนวโน้มที่จะทำการเลี้ยงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในประเทศไทย (ตารางที่ 1) ซึ่งกรมประมงอนุญาตให้มีการนำกุ้งขาวแวนนาไมเข้ามาเลี้ยง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เนื่องจากในขณะนั้นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำประสบปัญญาโตช้า ได้ผลผลิตไม่แน่นอน (ชลอ และ พรเลิศ, 2547)

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมและกุ้งกุลาดำของไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2549

ปี	กุ้งขาวแวนนาไม (เมตริกตัน)	กุ้งกุลาดำ (เมตริกตัน)
2545	39,000	221,000
2546	160,000	150,000
2547	180,000	180,000
2548	361,000	19,000
2549	509,000	10,400

ที่มา: สมศักดิ์ (2550)

ชลอ และ พรเลิศ (2547) กล่าวถึงรูปแบบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในประเทศไทยโดยแบ่งตามความเค็มของน้ำได้เป็น 2 แบบ คือ

1.1 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มต่ำ เป็นการเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืด เช่น พื้นที่ทางภาคกลาง ใช้น้ำความเค็มต่ำมากจนเกือบจะเป็นระดับที่ถือว่าเป็นน้ำจืด โดยจะใช้น้ำเค็มจากนาเกลือที่มีความเค็ม 100-200 ส่วนในพันส่วน (พีพีที) มาเติมในน้ำจืดเพื่อให้ได้ระดับความเค็มประมาณ 3-4 พีพีที แล้วทำการเลี้ยงในระบบปิดมีการถ่ายน้ำน้อย ส่วนใหญ่จะกั้นคอกก่อน โดยใช้ผ้าพลาสติกพื้นที่ประมาณ 15 ตารางเมตร ความลึกประมาณ 80 เซนติเมตร แล้วเติมน้ำจากนาเกลือเข้าไปในคอกจนได้ความเค็มประมาณ 8-10 พีพีที หลังจากนั้นจะใช้ลูกกุ้งซึ่งปรับความเค็มจากโรงเพาะฟักมาแล้ว โดยนำลูกกุ้งระยะโพสลาร์วา 10-12 มาปล่อยในคอก อนุบาลในคอกประมาณ 3-4 วัน ก็เปิดคอกออกมา เนื่องจากกุ้งขาวจะกินอาหารเก่ง และว่ายน้ำตลอดเวลาเพราะฉะนั้นจะไม่นิยมอนุบาลนานเกินไปเพราะอาจจะมีการกินกันเอง ส่วนอีกวิธีหนึ่งเกษตรกรจะเตรียมน้ำความเค็มประมาณ 3-5 พีพีที ทั้งบ่อ แล้วให้ทางโรงเพาะฟักปรับความเค็มของลูกกุ้งอยู่ที่ความเค็มต่ำสุดประมาณใกล้เคียงกับที่ปล่อยในบ่อ แล้วนำลูกกุ้งมาปล่อยโดยตรงโดยที่ไม่มีการกั้นคอก การปล่อยลูกกุ้งโดยตรงในบ่อจะให้อัตรารอดสูงกว่า ถ้าปล่อยลูกกุ้ง 100,000 ตัว จะมีผลผลิตประมาณ 1,000 กิโลกรัม (1 ตัน) หรือมากกว่า 1 ตัน เล็กน้อย ได้กุ้งขนาด 60-80 ตัวต่อกิโลกรัม ภายในระยะเวลาการเลี้ยง 3 เดือน

1.2 การเลี้ยงกุ้งขาวด้วยน้ำความเค็มปกติ คือ น้ำที่มีความเค็ม 10 พีพีที ขึ้นไปในพื้นที่ริมชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้ ส่วนใหญ่จะมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า

120,000 ตัวต่อไร่ ผลผลิตประมาณ 2 ตันต่อไร่ อัตรารอดประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะฉะนั้น กระแสการผลิตของกุ้งขาวที่ออกมามากในช่วงกลางปี พ.ศ. 2546 โดยเฉพาะการเลี้ยงทางภาคใต้โดยใช้น้ำความเค็มปกติทำให้หลายจังหวัดทางภาคใต้ซึ่งไม่เคยเลี้ยงกุ้งขาวมาก่อนหันมาเลี้ยงกุ้งขาวมากขึ้นมีผลผลิตสูงประมาณ 3-4 ตันต่อไร่ โดยมีการปล่อยลูกกุ้งอย่างหนาแน่นมากกว่า 150,000 ตัวต่อไร่ การเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติจะได้ผลดีกว่าน้ำความเค็มต่ำเนื่องจากมีการถ่ายน้ำในปริมาณที่มากในช่วงท้าย ๆ ของการเลี้ยง

นอกจากนี้กุ้งขาวแวนนาไมยังสามารถเลี้ยงในบ่อที่ปูด้วยโพลีเอททีลีน (พีอี) โดยชลอ และพรเลิศ (2547) รวบรวมข้อแตกต่างระหว่างการเลี้ยงกุ้งขาวในบ่อปูด้วยพีอีและบ่อดินภายในฟาร์มเดียวกันไว้ดังนี้

1. บ่อที่ปูด้วยพีอี จะมีอุณหภูมิที่ผิวน้ำและพื้นบ่อจะสูงกว่าบ่อดินประมาณ 0.5-1 องศาเซลเซียส

2. สีน้ำในบ่อพีอี จะเขียวเร็วกว่าบ่อดิน เพราะว่าบ่อพีอีไม่มีตะกอนดินแขวนลอยมาบังแสง อาหารที่เหลือจะเป็นปุ๋ยและอาหารให้กับแพลงก์ตอน ทำให้แพลงก์ตอนเพิ่มจำนวนได้รวดเร็ว และต่อเนื่อง ในขณะที่บ่อดินมีตะกอนมากทำให้ปริมาณแพลงก์ตอนมีน้อยกว่า

3. กุ้งขาวที่เลี้ยงในบ่อดินซึ่งมีตะกอนมากน้ำขุ่น จะมีสีซีดขาวถ้าตะกอนมีมากอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ในที่สุดกุ้งบางส่วนจะเครียด และจะมีการเจริญเติบโตที่ช้าลง ในขณะที่กุ้งขาวในบ่อที่ปูด้วยพีอีสีจะเข้มกว่าเนื่องจากได้รับอาหารธรรมชาติ คือแพลงก์ตอนอย่างต่อเนื่อง เมื่อนำไปต้มสุก สีของกุ้งจากบ่อพีอีจะแดงเข้มกว่าโดยอรอนงค์ (2547) รายงานว่า ความแตกต่างของสีเปลือกกุ้งน่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อ ถ้าปริมาณแพลงก์ตอนเหมาะสม คือมีสีเขียวอมน้ำตาล สีกุ้งจะเข้มกว่าบ่อที่น้ำขุ่นมีตะกอนมากและมีแพลงก์ตอนน้อย

2. แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญในแหล่งน้ำ เนื่องจากเป็นกำลังผลิตเบื้องต้นของระบบห่วงโซ่อาหาร เพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ และดูดซึมสารอินทรีย์และแร่ธาตุต่าง ๆ ในแหล่งน้ำโดยกระบวนการสังเคราะห์แสง (Boyd, 1982) แฟรดาซ์ (2537) รายงานว่า ปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตของ

แพลงก์ตอน ประกอบด้วยแสง อุณหภูมิ แร่ธาตุหลัก และรอง สารอาหารที่จำเป็น สารอินทรีย์ และความเค็ม เมื่อปัจจัยเหล่านี้เหมาะสมกับแพลงก์ตอนชนิดใดก็จะทำให้แพลงก์ตอนชนิดนั้นเจริญขึ้นเป็นจำนวนมาก (Raymont, 1963) ผุสดี (2540) กล่าวว่า แพลงก์ตอนพืชสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มเปลี่ยนแปลงช่วงกว้างตั้งแต่ 5-40 พีพีที ซึ่งขึ้นกับชนิดของแพลงก์ตอนและสภาวะแวดล้อม ถึงแม้ว่าแพลงก์ตอนจะเจริญได้ดีในช่วงความเค็มกว้าง แต่ถ้าน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความเค็มต่ำกว่า 10 พีพีที แพลงก์ตอนส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) เช่น *Oscillatoria* และ *Microcystis* ถ้าความเค็มสูงกว่า 30 พีพีที มักพบไดอะตอม เช่น *Nitzchia* และ *Pleurosigma* และพบไดโนแฟลกเจลเลต เช่น *Ceratium* ปัทมาภรณ์ (2547) ศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนในลำไส้กุ้งขาวแวนนาไม โดยพบว่าแพลงก์ตอนที่พบในลำไส้จะสอดคล้องกับชนิดของแพลงก์ตอนที่พบมากในบ่อเลี้ยงกุ้ง ในขณะที่ พจมาน (2549) รายงานว่าแพลงก์ตอนพืชจะมีรงควัตถุเป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ เมื่อกุ้งกินแพลงก์ตอนเข้าไปจึงมีผลต่อสีเปลือกกุ้งสด และเมื่อต้มเป็นกุ้งสุกมีสีเข้มมากขึ้น ซึ่งแพลงก์ตอนแต่ละกลุ่มจะมีรงควัตถุที่แตกต่างกัน สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ และไฟโคบิลินมากกว่าชนิดอื่น กลุ่มสาหร่ายสีเขียวอมเหลือง จะมีแคโรทีน และแซนโธฟิลล์มากกว่าชนิดอื่น (ลัดดา, 2530)

3. แคโรทีนอยด์ที่พบในครัสเตเซียน

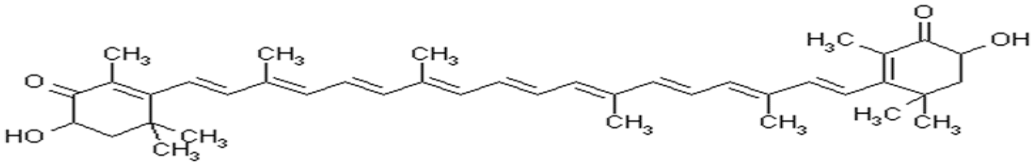
3.1 แอสทาแซนทิน (astaxanthin) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างแสดงในภาพที่ 1 เป็นองค์ประกอบหลักของแคโรทีนอยด์ในครัสเตเซียน ทั้งในน้ำทะเลและน้ำจืด มี 3 รูปแบบคือ

3.1.1 Unesterified

3.1.2 Esterified

3.1.3 Chromoprotein

ในรูปของ unesterified และ esterified จะไม่ละลายน้ำแต่ในรูป chromoprotein สามารถละลายน้ำได้ แอสทาแซนทินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ unesterified ซึ่งจะจับอยู่กับโปรตีนภายในโครมาโตฟอร์ แต่ chromoprotein จะพบอยู่ภายนอกโครมาโตฟอร์ ที่อยู่ในเนื้อเยื่อรอบนอก



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ astaxanthin (3,3'-dihydroxy-4,4'-diketo-β-carotene)

3.2 เบต้า-แคโรทีน (β–carotene) พบในปริมาณน้อย โดยจะแพร่กระจายอยู่ทั่วร่างกาย แต่จะพบมากที่ตับ และตับอ่อน Goodwin (1960) รายงานว่า พบเบต้า-แคโรทีนมากใน isopod ชนิด *Asellus aquaticus* และพวก cirriped ที่เป็นปรสิต เช่น *Sacculina carcini*

3.3 แซนโธฟิลล์ (xanthophyll) พบในปริมาณน้อย Goodwin (1960) รายงานว่าพบแซนโธฟิลล์ ในตับ และตับอ่อน เลือด ไข่ และที่ตา ในขณะที่มีรายงานพบสารพวกคริบโทแซนทิน (cryptoxanthin) ใน isopod ชนิด A. *aquaticus* ที่เปลือกของ *Carcinus maenas* และในตาของ *Homarus gammarus*

3.4 โครโมโปรทีน (chromoprotein) คือ สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแอสทาแซนทินกับโปรตีน ใน *Carcinus maenas* จะพบสารสีเขียวที่เปลือกเก่าหลังลอกคราบ แต่จะพบสีสารน้ำตาลที่ชั้นของเยื่อบุผิวของเปลือกใหม่ (Wald *et al.*, 1948)

Storebakken *et al.* (1987) ศึกษาการใช้แคโรทีนอยด์ในการเพิ่มคุณภาพสีของเนื้อปลา Atlantic salmon โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ แอสทาแซนทิน, แอสทาแซนทินไดพาลมิเทท (astaxanthin dipalmitate) และแคนทาแซนทิน(canthaxanthin) ที่ระดับ 0, 30, 60 และ 90 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ทดลองผสมในอาหารให้ปลากินเป็นเวลา 56 สัปดาห์ โดยอาหารที่ใช้ในกลุ่มควบคุมเป็นอาหารสำเร็จรูปที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ส่วนแคนทาแซนทินจะใช้ carophyll red (10%) ที่มีขายในท้องตลาด การวิเคราะห์สีจะเป็นการให้คะแนนด้วยตาเปล่า โดย 0 หมายถึงไม่มีสี และ 8 หมายถึงแดงที่สุด พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์ ที่ตรวจพบในปริมาณมากมีผลทำให้สีที่มองเห็นเพิ่มมากด้วย เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแคโรทีนอยด์แต่ละชนิดพบว่าแอสทาแซนทินจะทำให้เนื้อปลามีสีแดงมากที่สุด รองลงมาคือ แคนทาแซนทิน และแอสทาแซนทินไดพาลมิเทท ตามลำดับ และปริมาณแคโรทีนอยด์ ที่พบในกล้ามเนื้อก็จะมีความสัมพันธ์เช่นเดียวกัน ส่วนที่ผิวหนังจะพบแคนทาแซนทินปริมาณมากกว่าแอสทาแซนทิน

การทดลองนี้แสดงว่าแอสทาแซนทินมีการดูดซึม และสะสมดีกว่าแคโรทีนอยด์ ทั้ง 2 ชนิดที่ทำการทดลอง Torrissen (1986) ทำการเปรียบเทียบการดูดซึมและการตกค้างในกล้ามเนื้อของแอสทาแซนทินและแคนทาแซนทินพบว่ามีปริมาณแอสทาแซนทินในเนื้อปลามากกว่าแคนทาแซนทิน และปลายิ่งมีน้ำหนักมากขึ้นจะมีการดูดซึมแอสทาแซนทินที่บริเวณกระเพาะอาหารในส่วน pyrolus มากขึ้นไปด้วย จาก 2 การทดลองนี้สามารถอธิบายได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ (biosynthesis) ของแคโรทีนอยด์ โดยแคโรทีนอยด์ที่มีอยู่ในธรรมชาติจะมีอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งเมื่อสัตว์น้ำพวกปลาและกุ้งกินเข้าไปก็จะผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปสุดท้าย คือ แอสทาแซนทิน แล้วดูดซึมเข้ากล้ามเนื้อ (D'Abramo *et al.*, 1983) เพราะฉะนั้นการให้แคโรทีนอยด์ในรูปแอสทาแซนทินจะสามารถดูดซึมได้เร็วกว่าแคนทาแซนทิน และคุณสมบัติในการรวมตัวกับไลโพโปรตีนที่ดีกว่าของแอสทาแซนทิน ทำให้มีการตกค้างในกล้ามเนื้อมากกว่าด้วย ดังนั้นการใช้แอสทาแซนทินจึงให้ผลดีกว่าการใช้ แคนทาแซนทิน

มะลิ และคณะ (2537) ศึกษาผลการเสริมสารรงควัตถุแคนทาแซนทิน และแอสทาแซนทินที่ระดับต่าง ๆ ในอาหารต่อสีของกุ้งกุลาดำ เมื่อเริ่มทดลองกุ้งมีน้ำหนักเฉลี่ย 3.7-4.0 กรัม เลี้ยงด้วยอาหารทดสอบ 6 สูตร คือ สูตรควบคุมเป็นสูตรที่ไม่เสริมสารรงควัตถุใด ๆ สูตร 1 และ 2 เสริมแคนทาแซนทินที่ระดับ 50 และ 100 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ส่วนสูตร 3, 4 และ 5 เสริมแอสทาแซนทินที่ระดับ 25, 50 และ 75 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมตามลำดับ ดำเนินการทดลองในโรงเรือนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่าทั้งแคนทาแซนทิน และแอสทาแซนทินมีส่วนช่วยปรับปรุงสีของกุ้งกุลาดำ และช่วยให้กุ้งสีฟ้าลดจำนวนลง โดยแอสทาแซนทินมีประสิทธิภาพสูงกว่าแคนทาแซนทินประมาณ 2.8 เท่า กุ้งจะสะสมแอสทาแซนทินในเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่ การเสริมแอสทาแซนทิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัมเลี้ยงกุ้งเป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพียงพอที่จะช่วยให้กุ้งมีสีได้มาตรฐานตามที่ตลาดต้องการ

4. การเน่าเสียของปลาและสัตว์น้ำ

สาเหตุการเน่าเสียของปลาเกิดจากกระบวนการต่างๆ คือ จากน้ำย่อยของปลาเอง (autolysis) จากการกระทำของแบคทีเรีย (bacterial spoilage) และจากการออกซิเดชั่น (oxidation)

หลังจากปลาตายการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีจะแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 เรียกว่า ระยะก่อนการเกร็งตัว (pre rigor-mortis)
ระยะที่ 2 เรียกว่า ระยะเกร็งตัว (rigor-mortis)
ระยะที่ 3 เรียกว่า ระยะหลังการเกร็งตัว (post rigor-mortis)

ระยะก่อนการเกร็งตัว และระยะเกร็งตัว เกิดจากน้ำย่อยของตัวปลาเอง ซึ่งปลายังมีความสดอยู่ กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นสูง มีการสลายตัวของเอทีพี (ATP) มีการย่อยสลายสารประกอบโปรตีนและออกซิเดชั่น ส่วนระยะหลังการเกร็งตัวเกิดจากการกระทำของแบคทีเรีย โดยระยะเกร็งตัวมีความสำคัญมาก ถ้าปลามีระยะนี้ยาวจะสามารถรักษาความสดของปลาได้ยาวนาน เนื้อปลามีคาร์โบไฮเดรตน้อย ซึ่งอยู่ในรูปของสารประกอบไกลโคเจน เมื่อเกิดการสลายตัวของไกลโคเจน (glycolysis) จะแตกตัวให้กรดแลคติก ถ้าไกลโคเจนหมดไปปลาจะแสดงลักษณะนิ่ม ในระหว่างที่แช่ปลาในน้ำแข็ง แบคทีเรียที่ชอบความเย็น (psychrophilic bacteria) จะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว แบคทีเรียพวกนี้จะย่อยสลายเนื้อเยื่อปลาทำให้เกิดกลิ่นในระยะหลังการเกร็งตัว โดยระยะแรกโปรตีนเปลี่ยนเป็นเพปไทด์ (peptide) และกรดอะมิโน ระยะที่สองจะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์กับเอมีน (ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, 2542)

มัทนา (2548) กล่าวว่า การเน่าเสียของกุ้งมีกระบวนการการเน่าเสียเนื่องจากแบคทีเรียที่แตกต่างจากปลา กุ้งที่จับได้จากที่ไกล ๆ จะต้องได้รับการดูแลให้ดีและสะอาด เมื่อมาถึงโรงงานแล้วต้องเปลี่ยนน้ำแข็งที่ใส่มาใหม่ และถ้าจะต้องผ่านกรรมวิธีอย่างใด เช่น ต้ม หรือแช่เยือกแข็งก็ควรทำอย่างรวดเร็ว เพื่อให้กุ้งมีคุณภาพเท่ากันหรือใกล้เคียงกับกุ้งสดที่มาถึงใหม่ การต้มกุ้งด้วยน้ำสะอาดถ้าทำหลังจากจับจะเป็นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ดังนี้ คือ

4.1 ป้องกันกระบวนย่อยสลายของเนื้อกุ้งทางชีวเคมี (biochemical breakdown) ของเนื้อกุ้ง เช่น หัวงอลง น้ำหนักลดลงไป โดยเฉพาะที่หัวกุ้งซึ่งจะมีเอนไซม์ที่ย่อยสลายเนื้อเยื่อของตัวเองทำให้ได้สารที่มีกลิ่น ซึ่งจะเป็นดัชนีชี้ความสดของกุ้ง การทำงานของน้ำย่อยจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิ

4.2 ป้องกันการเกิดเมลาโนซิส (melanosis) หรือจุดดำ (black spot) เนื่องจากปฏิกิริยาเติมออกซิเจนของไทโรซีน (tyrosine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนในเนื้อกุ้งแล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน

มีสีเข้ม (melanin pigment) โดยมีเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การยับยั้งไม่ให้เกิดจุดดำทำได้ขณะที่กุ้งยังสดหรือเพิ่งขึ้นจากน้ำใหม่ๆ โดยการจุ่มกุ้งในสารละลาย metabisulfite 30 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 1 นาที แต่ผู้ใช้จะต้องระวังปริมาณการใช้สารเคมีชนิดนี้เพราะมีข้อกำหนดเกี่ยวกับปริมาณสารตกค้างในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำด้วย

4.3 ป้องกันการเสียหายจากกิจกรรมของแบคทีเรีย (bacterial spoilage) เช่น การเกิดสารอินโดล (indole) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพกุ้งที่เกิดจากการย่อยสลายของกรดอะมิโนทริพโทเฟน (tryptophan) โดยพวกแบคทีเรีย การทำให้กุ้งเย็นลงทันทีจะช่วยยับยั้งการเกิดอินโดลได้ เพราะเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ดังนั้นในการเก็บรักษากุ้งจึงมีการแนะนำให้เด็ดหัวก่อนดองน้ำแข็ง ซึ่งจะช่วยให้กุ้งคงสภาพความสดไว้ได้ถึง 14 วัน ในขณะที่กุ้งไม่ได้เด็ดหัวจะคงสภาพความสดไว้ได้ 5 วัน เพราะฉะนั้นการดูแลรักษากุ้งอย่างดีตั้งแต่หลังการจับและอยู่ในระหว่างการขนส่งจึงมีความสำคัญอย่างมาก เพราะถ้าหากวัตถุดิบไม่มีคุณภาพก็จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

5. การใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาสัตว์น้ำ

สุทธวัฒน์ (2548) กล่าวไว้ว่า การใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาสัตว์น้ำมีมานานแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากน้ำแข็งมีข้อดีหลายประการ ดังนี้

5.1 น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำ ให้ได้ประมาณ 0 องศาเซลเซียส มีผลให้การเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียรวมทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคลดต่ำลง ส่งผลให้ลดอัตราการเน่าเสียและอัตราความเสี่ยงจากจุลินทรีย์ก่อโรค (safety risk) นอกจากนี้อุณหภูมิที่ลดลงมีผลลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ดังนั้นการลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำ ควรกระทำทันทีหลังสัตว์ตายโดยเฉพาะในระยะเกร็งตัว

5.2 น้ำแข็งสามารถให้ความชื้นกับสัตว์น้ำ น้ำแข็งที่ละลายสามารถป้องกันการแห้งหรือสูญเสียน้ำของผิวของสัตว์น้ำ (surface dehydration) และลดการสูญเสียน้ำหนักของสัตว์น้ำ น้ำที่เกิดจากการละลายมีผลเพิ่มการถ่ายเทความร้อนระหว่างสัตว์น้ำและผิวหน้าของน้ำแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำสามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอากาศ ดังนั้นการใช้น้ำผสมน้ำแข็งจึงมักใช้เพิ่มอัตราการให้ความเย็น เช่น การใช้น้ำทะเลผสมน้ำแข็ง (chilled sea water; SW) อย่างไรก็ตามน้ำแข็งที่ละลายมีผลชะเม็ดสีต่างๆ จากหนังและเหงือกของปลารวมทั้งสามารถชะสารอาหารต่างๆ โดยเฉพาะจากเนื้อปลาแล่

โดยทั่วไปการปล่อยให้น้ำที่ได้จากการละลายไหลออกจากภาชนะบรรจุได้รับคำแนะนำสำหรับการบรรจุสัตว์น้ำในกล่องหรือภาชนะบรรจุอื่นๆ ในกรณีของการแช่สัตว์น้ำในน้ำทะเลเย็นหรือน้ำทะเลผสมน้ำแข็ง จำเป็นต้องประเมินผลการฟอกจางของสี หรือผลกระทบอื่นๆ เช่น การดูดซับเกลือจากน้ำทะเลเข้าสู่ตัวสัตว์น้ำ หรือการเกิดลักษณะขุ่นขาวของตาปลา และเหงือกปลา

5.3 น้ำแข็งมีสมบัติทางกายภาพที่ดีหลายประการ

5.3.1 น้ำแข็งมีประสิทธิภาพในการทำเย็นสูง (cooling capacity) ความร้อนแฝงของน้ำแข็งมีค่าประมาณ 80 กิโลแคลลอรีต่อกิโลกรัม การลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำ 1 กิโลกรัม อาศัยน้ำแข็งปริมาณเล็กน้อย เช่น การลดอุณหภูมิของปลา 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้น้ำแข็งประมาณ 0.25 กิโลกรัม เพื่อลดอุณหภูมิให้มีค่าเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส ในทางปฏิบัติจริงจำเป็นต้องใช้น้ำแข็งปริมาณสูงกว่าที่คำนวณไว้ เพื่อชดเชยการสูญเสียความร้อน (thermal loss) การใช้ภาชนะบรรจุที่มีฉนวน (insulated container) จึงมีผลป้องกัน thermal loss โดยเฉพาะในเขตร้อน

5.3.2 การละลายของน้ำแข็งก่อให้เกิดระบบควบคุมอุณหภูมิในตัวเอง การละลายเป็นการเปลี่ยนสภาพจากน้ำแข็งเป็นน้ำ และจะเกิดที่อุณหภูมิคงที่ คือ 0 องศาเซลเซียส นอกจากนี้น้ำแข็งที่ละลายสามารถแพร่กระจายอย่างทั่วถึงบนผิวของสัตว์น้ำ ซึ่งต่างจากการให้ระบบความเย็นแบบเครื่องกล (mechanical refrigeration system) เช่น การให้อากาศเย็น หรือการใช้น้ำทะเลเย็น ซึ่งบางครั้งการกระจายความเย็นอาจเกิดขึ้นไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะการให้ความเย็นกับสัตว์น้ำปริมาณมาก น้ำแข็งที่ผลิตจากน้ำทะเลสามารถละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าน้ำแข็งที่ทำจากน้ำจืด ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณเกลือในน้ำทะเล ซึ่งโดยทั่วไปมีเกลือ 3.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำแข็งที่ผลิตจากน้ำทะเลละลายที่อุณหภูมิประมาณ -2.1 องศาเซลเซียส ดังนั้นสัตว์น้ำอาจเกิดการแช่แข็งบางส่วนและอาจมีการดูดซับเกลือเข้าไปในกล้ามเนื้อ ดังนั้นการใช้น้ำแข็งที่ผลิตจากน้ำทะเลจึงไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิที่ดี (self-controlled temperature system)

5.4 มีความสะดวก ราคาถูก และปลอดภัย

5.4.1 เป็นวิธีที่ง่ายต่อการขนย้าย การเก็บหรือการใช้ นอกจากนี้สามารถกระจายได้อย่างสม่ำเสมอรอบตัวปลา ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของน้ำแข็ง

5.4.2 วัตถุดิบที่ใช้ผลิตน้ำแข็งหาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไป อย่างไรก็ตามน้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำที่สะอาด และต้องมีการปฏิบัติอย่างเหมาะสม เช่น การใช้คลอรีน (chlorination) น้ำทะเลสะอาดสามารถใช้ในการผลิตน้ำแข็ง ซึ่งมักกระทำในกรณีที่หาน้ำจืดได้ยากและน้ำจืดมีราคาแพง อย่างไรก็ตามน้ำจากอ่าวหรือน้ำบริเวณใกล้ชายฝั่งไม่เหมาะสำหรับการผลิตน้ำแข็ง

5.5 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ น้ำแข็งสามารถใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ โดยชะลอปฏิกิริยาของน้ำย่อยจากตัวสัตว์น้ำเอง และน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ในตัวสัตว์น้ำ การใช้น้ำแข็งในอัตราส่วนที่เพียงพอกับระยะเวลาการเก็บรักษาและขนส่งมีผลให้สามารถขนส่งสัตว์น้ำไปยังประเทศข้างเคียงส่งผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ

6. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง

สุทธวัฒน์ (2548) กล่าวว่า การแช่แข็งเป็นวิธีการถนอมรักษาสัตว์น้ำที่มีประสิทธิภาพสามารถป้องกันการเน่าเสียของสัตว์น้ำ อย่างไรก็ตามการแช่แข็งและการเก็บรักษาในสภาวะแช่แข็งเป็นระยะเวลานานส่งผลให้สัตว์น้ำมีคุณภาพลดลง ทั้งนี้เกิดจากการแปรสภาพของโปรตีน (protein denaturation and aggregation) รวมทั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำยังคงเกิดขึ้น ส่งผลให้สมบัติเชิงหน้าที่ของกล้ามเนื้อลดลง

ในกระบวนการแช่แข็งนั้นมีการสร้างผลึกของน้ำแข็งซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับอัตราความเร็วของการแช่แข็งตลอดจนอุณหภูมิในการเก็บรักษาภายหลังการแช่แข็ง ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ซึ่งเป็นผลจากการแช่แข็งแบบช้านั้นอาจมีผลทำลายเซลล์กล้ามเนื้อ การเกิดผลึกน้ำแข็งและเพิ่มขนาดของผลึกน้ำแข็งทำให้ปริมาณน้ำลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้นและมีผลในการเร่งการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อต่าง ๆ นอกจากนี้ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่มีผลให้เซลล์แตก และปลดปล่อยเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น เอนไซม์จากไลโซโซมหรือไมโทคอนเดรียเข้าไปยังส่วนซาร์โคพลาซึม ซึ่งสามารถตรวจสอบและติดตามเอนไซม์ดังกล่าวเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงการแตก และการทำลายเซลล์กล้ามเนื้อได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษา มีดังนี้

6.1 อัตราการแช่แข็ง การแช่แข็งอย่างรวดเร็วมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และชีวเคมีของสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าการแช่แข็งอย่างช้า ดังนั้นการแช่แข็งอย่างรวดเร็วจึงมีผลต่อการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำได้ดีกว่าการแช่แข็งแบบช้า

6.2 อุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำลงมีผลลดปฏิกิริยาต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสูญเสียคุณภาพของสัตว์น้ำ

6.3 ชนิดของสัตว์น้ำ สัตว์น้ำที่มีไขมันสูงมีแนวโน้มที่จะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวลดลงระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งทั้งนี้เนื่องจากไขมันทำหน้าที่ป้องกันการจับตัวของโปรตีน Stodolnik and Knasisk (1981) เติมน้ำมันตับปลาคอด ลงในเนื้อปลาคอดบด พบว่าสามารถลดลักษณะเนื้อที่จับตัวกันระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง โดยเฉพาะตัวอย่างที่ผ่านการแช่แข็งแบบช้า

6.4 ปัจจัยภายใน ความคงตัวของสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับฤดูของการจับ ความสมบูรณ์ของอาหาร ความสมบูรณ์เพศ เช่น ปลาที่ตกเป็นเกมกีฬา ซึ่งจับในฤดูใบไม้ผลิ มีแนวโน้มเกิดออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งได้สูงกว่าปลาที่จับในช่วงเวลาอื่น

6.5 ประวัติของสัตว์น้ำภายหลังการตาย ผลของระยะเวลาหลังการตายต่อการเปลี่ยนแปลงที่ตามมาระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็ง ขึ้นกับชนิดและปัจจัยอื่น ๆ เช่น การแช่น้ำแข็งก่อนการแช่แข็ง ดังนั้นปลาสดแช่แข็งมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาในสภาพแช่แข็งสูงกว่าปลาที่ผ่านการเก็บรักษาในน้ำแข็งก่อนแช่แข็ง (Careche and Tejada, 1990)

ภิญโญ (2545) กล่าวว่าในอนาคตสิ่งที่ผู้เลี้ยงกุ้งจะต้องคำนึงถึงให้มากที่สุดคือ ทำอย่างไรจึงจะสามารถนำกุ้งที่จับขึ้นจากบ่อและนำส่งห้องเย็นโดยยังคงความสดให้มากที่สุด นอกเหนือจากการที่จะต้องใช้ความละมุนละม่อมการในการใช้อวนจับแล้วนำขึ้นมาควรจะมีการล้าง และที่สำคัญที่สุดคือการแช่แข็งที่รวดเร็วและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการรักษาความสด ในปัจจุบันผู้เลี้ยงและแพจับกุ้งยังคงใช้วิธีการเดิมคือ ใช้น้ำแข็งบดในการรักษาความเย็น แต่ต่อไปในอนาคตน่าจะมีการการใช้น้ำแข็งแบบเกร็ด (slush ice, flake ice) ในการดองกุ้งก่อนขนส่งเข้าโรงงาน การใช้น้ำแข็งเกร็ดมาดองกุ้งนั้นจะให้อุณหภูมิที่ระดับ -1 องศาเซลเซียส ซึ่งน้ำแข็งบดไม่สามารถทำได้ ในขณะเดียวกันน้ำแข็งเกร็ดนี้จะช่วยพยุงตัวกุ้งไว้ไม่ให้รับแรงกดจากด้านบนซึ่งจะทำให้กุ้งช้ำ คอหัก หรือหัวหลุดออกไป การใช้น้ำแข็งเกร็ดในการดองกุ้งนี้สามารถดึงอุณหภูมิจากกุ้ง 600 กิโลกรัมที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ลงถึง -1 องศาเซลเซียส ภายใน 30 นาที การใช้เครื่องทำน้ำแข็งเกร็ดอาจจะมีราคาแพงกว่า

เครื่องทำน้ำแข็งบด แต่เครื่องทำน้ำแข็งเกร็ดจะใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องทำน้ำแข็งบดถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักที่เบากว่าสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

7. การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation methods)

การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส คือ การประเมินค่าความสดของสัตว์น้ำทางประสาทสัมผัสซึ่งค่อนข้างทำได้ยากเนื่องจากมีขอบเขตของผู้ตรวจสอบเข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะในการตรวจสอบจะต้องใช้วิธีชิมรส (taste) การดมกลิ่น (smell) การสัมผัส (touch) และการมองเห็น (sight) การตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีประโยชน์ คือ ใช้ทดสอบเพื่อหาความแตกต่างให้ได้มาซึ่งการยอมรับระหว่างผลิตภัณฑ์ และวิเคราะห์หาลักษณะโดยละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบ อย่างไรก็ตาม ถ้ามีการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินเอาไว้อาจจะช่วยให้การพิจารณาเป็นไปอย่างถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะสัตว์น้ำสดแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการตรวจสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อนำมาประเมินค่าความสดของสัตว์น้ำต่อไป (ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, 2542) คุณลักษณะของกุ้งดิบ และกุ้งสุกที่ระดับความสดต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของกุ้งดิบที่ระดับความสดต่าง ๆ

รายการที่ตรวจสอบ	สด	คุณภาพสดปานกลาง	ไม่สด
1. ตา	มีสีดำใสมีผิวตามัน และเต่ง	ตาเริ่มขุ่นขาว	ตาขุ่นมัว และย่น
2. ผิวหนัง	สีผิวกุ้งสดใสเป็นมัน	ผิวไม่แวววาวเริ่มมีสีดำบริเวณหัว ปล้องขา และบริเวณท้อง หัวกุ้งเริ่มแยกออกจากเปลือกกุ้งปล้องแรก	ขาวซีดไม่เต่ง บริเวณหัวจะมีสีเหลืองคล้ำของมันกุ้งและมีสีดำคล้ำตามส่วนต่าง ๆ มากขึ้น หัวกุ้งแยกออก และหลุด
3. เนื้อ	ลักษณะใส แน่น	เริ่มขุ่นมัว ไม่ใส เนื้อเริ่มอ่อนนิ่ม	ขุ่นขาวนิ่มเละ
4. กลิ่น	คล้ายกลิ่นสาหร่ายทะเลสด กลิ่นกุ้งสดคล้ายไอโอดีน	กลิ่นคาว เปรี้ยว	กลิ่นเหม็นเน่า เหม็นคาวจัด กลิ่นแอมโมเนีย

ที่มา: ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง (2542)

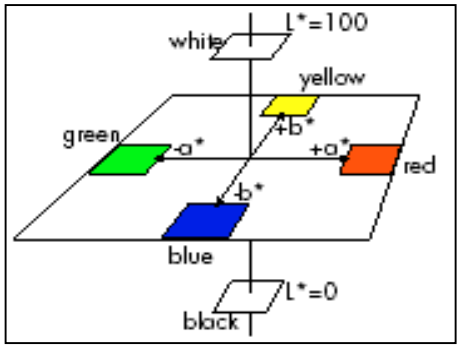
ตารางที่ 3 คุณลักษณะของกุ้งสุกที่ระดับความสดต่าง ๆ

รายการที่ตรวจสอบ	สด	คุณภาพสดปานกลาง	ไม่สด
1. ลักษณะทั่วไป	มีสีสดใส	มีสีซีดเริ่มมีสีดำตามส่วนต่าง ๆ เล็กน้อย	หัวหลุดมีสีดำมากตามส่วนต่าง ๆ
2. กลิ่น	มีกลิ่นหอม	กลิ่นเหมือนผักต้ม	กลิ่นแอมโมเนีย
3. รสชาติ	หวาน	จืดเล็กน้อย	จืดชืด เปรี้ยว
4. เนื้อสัมผัส	นุ่มแน่น	เนื้อยังเหนียว	เนื้อยุ่ย และเละ

ที่มา: ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง (2542)

8. คุณภาพด้านสีของอาหาร

สีของอาหารทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นอาหารสด หรืออาหารแปรรูปล้วนแต่มีความสำคัญต่อคุณภาพของอาหาร โดยสีจะถูกนำมาพิจารณาควบคู่ไปกับกลิ่น และเนื้อสัมผัสในด้านความพึงพอใจและการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนั้นสียังถูกนำมาเป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่าง ๆ ของอาหาร เช่น การเปลี่ยนแปลงสีระหว่างกระบวนการให้ความร้อนแก่อาหาร การวัดค่าคุณภาพสีสามารถวัดได้หลายระบบ แต่ระบบที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือ ระบบ CIE (International Commission on Illumination) ซึ่งวัดค่า L* a* b* โดยค่า L* คือค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 = สีดำ ถึง 100 = สีขาว ค่า a* คือค่าความเป็นสีแดง และสีเขียว ค่าบวกจะมีสีแดง ค่าลบจะเป็นสีเขียว และb* คือค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ค่าบวกจะเป็นสีเหลือง ค่าลบจะเป็นสีน้ำเงิน (de Man, 1976) แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าสี L* a* และb* ตามระบบ CIE
ที่มา: Sunghee (n.d.)

9. องค์ประกอบทางเคมีของสัตว์น้ำ

สุทธวัฒน์ (2548) กล่าวว่า องค์ประกอบของสัตว์น้ำจะแตกต่างตามชนิด โดยทั่วไปองค์ประกอบที่สำคัญของสัตว์น้ำ คือ น้ำ โปรตีน และไขมัน โดยองค์ประกอบดังกล่าวมีประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเนื้อทั้งหมด องค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติเชิงหน้าที่ คุณภาพด้านประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษา สำหรับองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่มีปริมาณน้อย แต่มีความสำคัญต่อกลิ่นรส และคุณค่าทาง

โภชนาการ ปริมาณขององค์ประกอบหลักจะเปลี่ยนแปลงตามชนิด ระยะการเจริญเติบโต และสภาวะทางโภชนาการของสัตว์น้ำ

กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2544) รวบรวมองค์ประกอบทางเคมีของกุ้ง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของกุ้ง

องค์ประกอบทางเคมี (proximate composition)	**เปอร์เซ็นต์**
โปรตีน	8.9 - 23.2
ไขมัน	0.1 - 3.2
ความชื้น	67.5 – 84.8
เถ้า	1.3 – 6.8
คาร์โบไฮเดรต	2.2

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2544)