การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์กับเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม *(Penaeus vannamei)*

Comparative Study on Efficiency of The Modified Venturi Aerations System and The Common System in Vannamei Shrimp Culture *(Penaeus vannamei)*

สิทธิชัย แก้วกำเหนิด

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้

ปีการศึกษา 2564

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์กับเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม *(Penaeus vannamei)*

Comparative Study on Efficiency of The Modified Venturi Aerations System and The Common System in Vannamei Shrimp Culture *(Penaeus vannamei)*

สิทธิชัย แก้วกำเหนิด

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้

ปีการศึกษา 2564

ใบรับรองโครงงาน

เทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์กับเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม *(Penaeus vannamei)*
Comparative Study on Efficiency of The Modified Venturi Aerations System and The Common System in Vannamei Shrimp Culture *(Penaeus vannamei)*

โดย นายสิทธิชัย แก้วกำเหนิด

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

.... (นายกรีฑา ดิษโสภา)	ประธานกรรมการ
.... (นางพัชริดา ขำขจร)	กรรมการ
.... (นางกฤษณี วงศ์วุฒิวัฒน์)	ประธานหลักสูตร ทำหน้าที่ กรรมการและเลขานุการ

วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2564
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
ปีการศึกษา 2564

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ อภิรักษ์ จันทวงศ์ กรุณาให้คำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เป็นอย่างดี ผู้ดำเนินโครงงานตระหนักถึงความตั้งใจ และความทุ่มเทของอาจารย์ที่ปรึกษา ตั้งแต่กระบวนการวางแผนจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองให้สำเร็จลุล่วง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต ที่ถ่ายทอดองค์ความรู้ เพื่อใช้ในการทำโครงงานในครั้งนี้ และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการดำเนินการ ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ อาคารเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง ขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่ายิ่งว่า โครงงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านอยู่มิใช่น้อย จึงขอมอบส่วนดีให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนทำให้ผลงานเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ในการอบรมเลี้ยงดู ที่ได้ให้โอกาส และสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ร่วมทั้งเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหาอุปสรรคต่างๆ และสุดท้ายขอขอบพระคุณทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าจนทำให้โครงงานวิจัยนี้ ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี และข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยน้อมรับผิดแต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำ ชี้แนะจากทุกท่านที่เข้ามาศึกษาโครงงานวิจัยฉบับนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป ขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้

นายสิทธิชัย แก้วกำเหนิด
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
29 ตุลาคม 2564

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์กับเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม *(Penaeus vannamei)*
Comparative Study on Efficiency of The Modified Venturi Aerations System and The Common System in Vannamei Shrimp Culture *(Penaeus vannamei)*

โดย สิทธิชัย แก้วกำเหนิด
สาขาวิชา เทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
ที่ปรึกษาโครงงาน อภิรักษ์ จันทวงศ์

บทคัดย่อ

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นอาหารทะเลที่ได้รับความนิยมเป็นระดับต้นๆ ของโลก ปัจจุบันการเลี้ยงในบ่อลอยมักใช้หัวทราย และแผงโอทูบับเบิ้ลในการให้อากาศ แต่ต้องเสริมด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของน้ำ ซึ่งมีประโยชน์ในการกำจัดของเสียภายในบ่อ ซึ่งแตกต่างกับระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ ที่มีความสามารถในการให้อากาศ และควบคุมทิศทางการไหลของน้ำในบ่อทั้งยังสามารถประยุกต์การใช้งานเวนจูรี่ได้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้อากาศของเวนจูรี่ประยุกต์ กับระบบให้อากาศแบบหัวเวนจูรี่ทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ย 6.67±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.57±0.13 กรัม ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 5.35±0.10 เซนติเมตร อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 0.15±0.004 กรัมต่อวัน อัตราการรอดตาย มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.84±0.64 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีค่าเท่ากับเฉลี่ย 1.94±0.04 ซึ่งสูงกว่าสูงกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านปริมาณแอมโมเนีย มีค่าเฉลี่ย 0.64±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านค่าไนไตรท์ มีค่าเฉลี่ย 0.27±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์น่าจะมีประสิทธิภาพดีกว่าดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	**(1)**
สารบัญตาราง	**(2)**
สารบัญภาพ	**(3)**
บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	
เอกสารวิชาการ	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
วิธีการดำเนินงาน	
วัสดุและอุปกรณ์	32
การวางแผนการทดลอง	33
วิธีการทดลอง	33
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
ผลการทดลอง	38
วิจาร์ผลการทดลอง	43
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	45
ข้อเสนอแนะ	45
เอกสารอ้างอิง	**46**
ภาคผนวก	
ข้อมูลและการวิเคราะห์ผลทางสติถิ	50

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
1	ตารางการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม	8
2	การใช้พลังงานของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่กับระบบเติมอากาศแบบอื่น	20
3	การเปรียบเทียบระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดต่างๆ	22
4	แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	38
5	แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	39
6	แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรท์ของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	39
7	แสดงคุณภาพน้ำของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	40
8	แสดงน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปและเวนจูรี่ประยุกต์	40
9	แสดงความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	41
10	แสดงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	41
11	แสดงอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	42
12	แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์	42

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กุ้งขาวแวนนาไม	3
2	สรีรวิทยากุ้งขาวแวนนาไม	4
3	พัฒนาการกุ้งขาวแวนนาไม	9
4	วงกลมการเกิดโรค	11
5	เครื่องให้อากาศแบบใบพัดใช้มอเตอร์ไฟฟ้า	13
6	พลังงานแสงอาทิตย์แยกส่วนต้นกำลังคือแผงเซลล์ และชุดควบคุมไว้บนฝั่ง	14
7	กังหันน้ำเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (ชนิดประกอบครบชุดอยู่บนทุ่น)	14
8	เครื่องให้อากาศแบบใบพัดแขนยาว	14
9	แผนภาพเครื่องให้อากาศแบบเกลียว	15
10	เครื่องให้อากาศแบบหนามทุเรียน	15
11	เครื่องให้อากาศแบบพ่วง	15
12	เครื่องพ่นอากาศใต้น้ำหรือแอร์เจท	16
13	ระบบจานจ่าย และระบบหัวอากาศ	16
14	ระบบให้อากาศโอทูบับเบิ้ล	17
15	เวนจูรี่	17
16	หลักการทำงานของหัวพ่นแบบเวนจูรี่	18
17	การติดตั้งระบบแบบเวนจูรี่ติดตั้งใต้น้ำ	18
18	การติดตั้งระบบแบบเวนจูรี่ติดตั้งภาพนอก	19
19	ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย	19
20	ตัวอย่างระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งใต้น้ำ	21
21	ตัวอย่างระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งภายนอก	21
22	ตัวอย่างระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย	21
23	เวนจูรี่ที่ประยุกต์	33
24	การติดตั้งระบบเวนจูรี่	34
25	ทิศทางการวางหัวเวนจูรี่	34

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

วราภรณ์ เอี่ยมสำอางค์ (2560) กล่าวว่ากุ้งขาวแวนนาไม เป็นกุ้งทะเลชนิดหนึ่ง ที่ประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยง เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไมเป็นอาหารทะเลที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค อันดับต้นๆ ของโลก อีกทั้งอุตสาหกรรมกุ้งต่างก็มีการแข่งขันในการส่งออกในหลายประเทศ โดยประเทศไทยก็มีอุตสาหกรรมกุ้งที่เป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ ของประเทศจากข้อมูลของจิตรลดา ศรีตระกูล และพัชรินธร ลังกาปอน (2564) กล่าวว่าในปี 2563 มีปริมาณการส่งออกผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยง 149,490.99 ตัน คิดเป็นมูลค่า 44,465.55 ล้านบาท เป็นกุ้งขาวแวนนาไม 114,398.93 ตันมูลค่า 34,096.17 ล้านบาท โดยมีตลาดหลัก คือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลีใต้จีน คิดเป็นร้อยละ 76.62 ของทั้งหมด และประเทศอื่นๆ ร้อยละ 23.38 ซึ่งมีอุปสรรค์ในการส่งออกกุ้งของไทยไปยังสหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป เนื่องจาก ในช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2558 ได้เกิดเหตุการณ์ที่กระทบต่ออุตสาหกรรมกุ้งขาวแวนนาไมไทย ในช่วงปลายปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยต้องประสบปัญหากับโรคกุ้งตายด่วน (Early Mortality Syndrome : EMS) ส่งผลให้ผลผลิตกุ้งแวนนาไมของประเทศไทยลดลงมาอย่างรวดเร็วถัดมา ในปี พ.ศ. 2557 - 2558 อุตสาหกรรมกุ้งขาวแวนนาไมต้องเผชิญกับปัญหาสำคัญที่กระทบต่อการค้า คือ ปัญหาการค้ามนุษย์ และการทำประมงผิดกฎหมายในอุตสาหกรรมประมงไทยที่ถูกประเทศสหรัฐอเมริกาจัดอันดับให้เป็นประเทศที่มีปัญหาการค้ามนุษย์ระดับร้ายแรง (Tier 3) และถูกสหภาพยุโรปให้ใบเหลือง เรื่องการทำประมงผิดกฎหมาย (Illegal, Unreported, and Unregulated : IUU Fishing) อีกทั้งสินค้าอุตสาหกรรมกุ้งทะเลสดแช่เย็น แช่แข็ง และกุ้งแปรรูปของประเทศไทยยังถูกสหภาพยุโรปตัดสิทธิ(Generalized System of Preferences : GSP) ทำให้ต้องเจอกับกฎระเบียบ และมาตราการกีดกันทางการค้าที่เข้มงวด อีกทั้งราคากุ้งขาวไทยมีราคาสูงกว่าประเทศคู่แข่ง เช่น เอกวาดอร์ และอินเดีย โดยเฉพาะกุ้งขาวแวนนาไมขนาดเล็กที่มีราคาต่ำกว่าส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันด้านตลาดของกุ้งขาวแวนนาไมขนาดเล็กจากประเทศไทยลดต่ำลง ทั้งสถานะการณ์การแพร่ระบาดของโควิด – 19 ระลอกใหม่ที่ตลาดกุ้ง จังหวัดสมุทรสาคร ทำให้ต้องปิดเพื่อทำความสะอาด และฆ่าเชื้อ ส่งผลต่อการจำหน่ายและการบริโภคกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศ อีกทั้งประเทศไทยยังพบปัญหาการระบาดของโรคกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งเป็นปัจจัยแฝงในการผลิตกุ้งขาวแวนนาไม ธิดาพร ฉวีภักดิ์ (2564) กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรค คือ ตัวกุ้งขาวแวนนาไม เชื้อโรค และสิ่งแวดล้อมโดยกุ้งนั้นจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ภูมิคุ้มกัน ความเครียด เป็นปัจจัยทำให้กุ้งอ่อนแอ ติดเชื้อโรคได้ง่าย ส่วนเชื้อโรคนั้นมีอยู่ในธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา และปรสิต เป็นแหล่งเชื้อโรคที่ทำให้กุ้งที่เลี้ยงป่วยหรือแสดงอาการ จะมีมากหรือน้อย ขึ้นอยู่การจัดการการเลี้ยง และปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ

สิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมของกุ้งขาวแวนนาไม ได้แก่ น้ำ การรักษาคุณภาพน้ำ ให้ดีอยู่เสมอจะสามารถทำได้ค่อนข้างยาก โดยเฉพาะในบ่อดินขนาดใหญ่

ในปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมของประเทศไทย ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง มีการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อลอยที่มีขนาดเล็กกว่าแทนการเลี้ยงในบ่อดิน แต่สามารถปล่อยกุ้งลงเลี้ยงได้ในปริมาณที่หนาแน่นกว่าบ่อดิน ในบ่อขนาดเล็กสามารถจัดการน้ำได้ง่าย เช่น การถ่ายน้ำและเติมน้ำได้ง่าย เตรียมน้ำน้อยกว่าบ่อดิน แต่ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำบ่อย ระบบการให้อากาศที่เหมาะสำหรับบ่อลอยขนาดเล็ก เช่น ระบบให้อากาศแบบหัวทราย ระบบให้อากาศแบบโอทูบับเบิ้ล และระบบการให้อากาศแบบเวนจูรี่ เป็นต้น ระบบการให้อากาศที่ดีมีประสิทธิภาพทำให้ออกซิเจนในน้ำมีปริมาณสูงขึ้น ถ้าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพียงพอต่อความต้องการของกุ้งขาวแวนนาไม และจุลินทรีย์ในน้ำ จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในบ่อได้ดี และเร็วขึ้น ส่งผลต่อคุณภาพน้ำ การเจริญเติบโต อัตราการรอด ของกุ้งในบ่อเลี้ยง ระบบการให้อากาศแบบเวนจูรี่เป็นระบบการให้อากาศที่มีความสามารถในการให้อากาศได้ดี และสามารถวนน้ำให้ตะกอนเลนเข้าไปรวมตรงจุดศูนย์กลางได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามราคาของเวนจูรี่ยังมีราคาค่อนข้างสูง

ผู้วิจัยซึ่งเป็นนักศึกษา สาขาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ จึงมีแนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม สามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับระบบเวนจูรี่แบบปกติที่มีขายในท้องตลาด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์กับเวนจูรี่ทั่วไปที่มีผลต่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ และผลผลิต ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

การตรวจเอกสาร

จากการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประดิษฐ์ เปรียบเทียบกับระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)* ระยะ PL12 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประดิษฐ์ ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ว่ามีประสิทธิภาพในด้านปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของลูกกุ้งขาวแวนนาไมว่าดีกว่าหรือเทียบเท่าระบบการให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเอกสารวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

เอกสารวิชาการ

1. **กุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)***

ภาพที่ 1 กุ้งขาวแวนนาไม

ที่มา : บริษัท ซี - เทค อินเตอร์เทรด จำกัด (2564)

เป็นกุ้งพื้นเมืองในทวีปอเมริกาใต้ พบทั่วไปบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก จากตอนเหนือของประเทศเม็กซิโกจนถึงตอนเหนือของเปรู กุ้งชนิดนี้มีการเลี้ยงกันมากในประเทศเอกวาดอร์ เม็กซิโก เปรู ปานามา ฮอนดูรัส โคลัมเบีย บราซิล เป็นกุ้งที่เคลื่อนที่เร็ว สามารถปรับตัวให้เข้ากับความเค็มในช่วงกว้าง ตั้งแต่ 3 – 5 ส่วนในพันส่วน สามารถกินอาหารได้หลายประเภท จึงเจริญเติบโต และปรับตัวให้เข้ากับการเลี้ยงแบบพัฒนา หนาแน่นในสภาพของบ่อที่เสื่อมโทรม ได้ดีกว่ากุ้งกุลาดำ กุ้งขาวแวนนาไมมีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้เร็ว และว่ายน้ำอยู่ตลอดเวลา จึงต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิตสูงกว่ากุ้งกุลาดำ

1.1 อนุกรมวิธานของกุ้งขาวแวนนาไม

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Class: Crustacea

Subclass: Malacostrac

Order: Decapoda

Suborder: Natantia

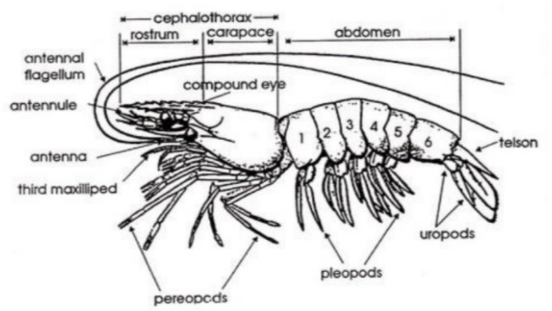
Family: Penaeidae

Genus: *Penaeus*

Species: *vannamei*

ที่มา : กมลศิริ พันธนียะ (2556)

1.2 ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 2 สรีรวิทยากุ้งขาวแวนนาไม

ที่มา : ปกป้อง อุ้มอยู่ (2564)

ลักษณะทั่วไปของกุ้งขาวแวนนาไม ลำตัวมี 8 ปล้องและมีสีขาว หน้าอกใหญ่ การเคลื่อนไหวเร็ว ส่วนหัวมี 1 ปล้อง มีกรีอยู่ในระดับยาวประมาณ 0.8 เท่าของความยาวเปลือกหัว สันกรีสูง ปลายกรีแคบ ส่วนของกรีมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมมีสีแดงอมน้ำตาล กรีด้านบนมี 8 ฟัน กรีด้านล่างมี 2 ฟันร่องบนกรีมองเห็นได้ชัด เปลือกหัวสีขาวอมชมพูถึงแดง ขาเดินมีสีขาวเป็นลักษณะที่โดดเด่น หนวดแดง 2 เส้นยาว ตาแดงเข้ม ส่วนลำตัวมี 6 ปล้อง เปลือกตัวสีขาวอมชมพูถึงแดง เปลือกบาง ขาว่ายน้ำ 5 คู่ มีสีขาวข้างในที่ปลายมีสีแดง ส่วนหางมี 1 ปล้อง ปลายหางมีสีแดงเข้ม แพนหางมี 4 ใบ และ 1 กรีหาง ขนาดตัวที่โตสมบูรณ์เต็มที่ของกุ้งสายพันธุ์นี้จะมีขนาดที่เล็กกว่ากุ้งกุลาดำ หากินได้ทุกระดับความลึกของน้ำ ชอบว่ายล่องน้ำ ลอกคราบเร็วทุกๆ สัปดาห์ ไม่หมกตัว

กุ้งขาวแวนนาไม เป็นสายพันธุ์กุ้งทะเลที่มีการเพาะเลี้ยงกันอย่างแพร่หลาย เช่น สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก กัวเตมาลา นิคารากัว คอสตาริกา ปานามา โคลัมเบีย อิควาดอร์ เปรู กุ้งสายพันธุ์นี้เป็นสัตว์ที่มีความแข็งแรง และทนทานจึงมีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติได้กว้างไกลในแถบแนวชายฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่เม็กซิโกถึงเปรู เนื่องจากภูมิภาคในแถบนี้ที่ระดับความลึกจากเส้นแนวชายฝั่งลงไปประมาณ 72 เมตร มีพื้นท้องทะเลเป็นเหมือนโคลนที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโต และเป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ประเทศอิควาดอร์เป็นประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ที่มีฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้งลูกกุ้ง กุ้งพ่อ - แม่พันธุ์

1.3 วงจรชีวิตและการสืบพันธุ์

ในธรรมชาติของกุ้งสายพันธุ์จะมีอายุขัยประมาณเกือบ 36 เดือน โดยจะวางไข่ที่ระดับน้ำลึกประมาณ 30 - 60 เมตร ใกล้พื้นทรายปกติแล้วแม่กุ้งที่มีขนาดประมาณ 60 - 120 กรัม จะวางไข่เฉลี่ยครั้งละประมาณ 150,000 - 250,000 ฟอง ส่วนแม่กุ้งขนาด 30 - 45 กรัม จะวางไข่เฉลี่ยครั้งละประมาณไม่เกิน 100,000 ฟอง โดยจะวางไข่ในตอนกลางคืนบนพื้น แม่กุ้งจะว่ายน้ำอย่างรวดเร็วอยู่ประมาณ 45 - 60 วินาที แล้วจึงเริ่มออกไข่ขณะที่ลดความเร็วลงอย่างช้าๆ เนื่องจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งขาวแวนนาไมจะมีลักษณะเป็นแบบเปิด (opened thelycum) แตกต่างจากลักษณะอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมียของกุ้งกุลาดำ และกุ้งแชบ๊วย ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปิด (closed thelycum) พฤติกรรมในการผสมพันธุ์จึงเป็นไปคนละลักษณะกับกุ้งกุลาดำ และกุ้งแชบ๊วย ระบบสืบพันธุ์ และการผสมพันธุ์ ในปกติแล้วกุ้งขาวแวนนาไมจะผสมพันธุ์ ในเวลากลางคืนหลังจากการลอกคราบของตัวเมียจะมีการเกี้ยวพาราสี ผสมพันธุ์กันที่ความลึก 10 - 15 เมตร ถึง 30 - 50 เมตร ในธรรมชาติแม่กุ้งที่มีไข่แก่พร้อมที่จะวางไข่นั้น จะสังเกตได้จากรังไข่ จะเห็นเป็นลำทึบมีสีเขียวเกือบดำอยู่บนแถบหลังของลำตัว ตั้งแต่บริเวณหลังไปจรดหาง และด้านข้างของลำตัว ตรงปล้องที่ 1 – 2 จะเห็นรังไข่แผ่ออกไปเป็นหยักๆ โค้งลงมาทางด้านข้างของลำตัวทั้งสองข้าง โดยจะมีพฤติกรรมในการผสมพันธุ์แบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1) ระยะที่หนึ่ง ตัวเมียจะว่ายน้ำขนาน และสูงกว่าตัวผู้ประมาณ 30 – 40 เซนติเมตร แล้วว่ายน้ำวกกลับมาสลับกลับการหยุดพักที่พื้นเป็นระยะๆ มักจะมีตัวผู้ว่ายไล่ตามหลายตัว แต่จะมีเพียงตัวเดียว ที่สามารถว่ายน้ำเข้ามาขนานซ้อนอยู่ด้านล่างของตัวเมียพอดีแล้วตัวเมียจะค่อยๆ ใช้ขาเดินโอบรัดที่ส่วนหัว (carapace) ของตัวผู้ ใช้เวลาประมาณ 15 - 20 นาที ถ้าตัวผู้สามารถจัดตำแหน่งได้เหมาะสม ถ้ายังจัดตำแหน่งไม่เหมาะสมหรือมีการหยุดพักนาน อาจใช้เวลานานมากกว่าหนึ่งชั่วโมง

2) ระยะที่สองตัวผู้จะพลิกตัวค่อยๆ หงายขึ้นมาติดตัวเมีย พอทั้งคู่ประกบกันได้ ตัวผู้จะแนบส่วนต่อของอกกับท้องเข้ากับส่วนนอกด้านล่างของตัวเมีย ซึ่งจะทำให้ตัวผู้ตัวอื่นๆ หมดโอกาสในการเข้าทำการผสมพันธุ์กับตัวเมียในจังหวะนี้ แต่ถ้าในระยะนี้ตัวผู้ยังเข้าทำได้ไม่สำเร็จ ตัวผู้จะกลับมาอยู่ในท่าคว่ำ แล้วจะพยายามว่ายน้ำขนานกับตัวเมียเพื่อสร้างโอกาสใหม่อีกครั้ง

3) ระยะที่สาม ตัวผู้จะทำตัวเกือบตั้งฉากกับตัวเมีย หลังจากจังหวะที่ประกบตัวได้แล้วตัวผู้จะใช้ขาเดินคู่ที่ 5 เขี่ยอวัยวะสืบพันธุ์ Petasma ซึ่งสามารถสังเกตได้เพราะจะอยู่บริเวณด้านข้างเป็นคู่ มีลักษณะคล้ายตะขอ อยู่ที่ขาว่ายน้ำ คู่ที่ 1 ซึ่งเป็นอวัยวะที่ช่วยในการปล่อยน้ำเชื้อ แล้วจับ Petasma ยัดเข้าไปที่ Thelycum ของตัวเมียซึ่งลักษณะเป็นแผ่นรูปคล้ายผีเสื้อกางปีก มีรูเปิดอยู่ตรงกลางยาวลงไปเป็นร่องเหมือนรังกระดุมเสื้อเชิ้ต อยู่ตรงกลางระหว่างขาว่ายน้ำคู่ที่ 1 กับขาเดินคู่ที่ 5 ซึ่งเป็นอวัยวะที่มีไว้สำหรับเก็บน้ำเชื้อของกุ้งตัวผู้ ภายหลังการเกาะติดแน่นมากเหมือนทากาว แล้วตัวผู้จะโค้งรอบตัวเมีย แล้วกระตุกหัว และหางเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง เพื่อบีบให้น้ำเชื้อออกมา ตัวเมียจะเก็บน้ำเชื้อเข้าไปแล้วปล่อยไข่เลย ซึ่งในกุ้งขาวแวนนาไมนี้ ไข่ของตัวเมียจะอยู่ข้างใน ส่วนของน้ำเชื้อที่เข้าไปจะอยู่ด้านนอก ซึ่งปากรูของ Thelycum ต้องเปิดก่อน ถึงจะเก็บน้ำเชื้อที่ได้รับมา ทำให้ปริมาณของน้ำเชื้อตัวผู้ที่เข้าปฏิสนธิกับไข่เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์ จึงทำให้โอกาสในการได้ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วเจริญต่อไปเป็นตัวอ่อนน้อยกว่ากรณีของกุ้งกุลาดำ และกุ้งแชบ๊วย หลังจากนั้นจึงค่อยแยกตัวออกจากกันแล้วว่ายน้ำออกไปในเวลา 2 - 3 วินาที ซึ่งรวมเวลาทั้งสิ้นในการผสมพันธุ์ทั้งหมดประมาณ 1 - 3 ชั่วโมง แล้วแม่กุ้งทำการปล่อยไข่ ขณะที่ลดความเร็วการว่ายน้ำลงอย่างช้าๆ โดยจะปล่อยไข่ออกทางช่องเปิดบริเวณโคนขาเดินคู่ที่ 3 ประมาณ 45 - 60 วินาที การวางไข่นี้จะใช้เวลา 3 – 5 นาที ถ้ากุ้งวางไข่จะสามารถสังเกตเห็นคราบไขมันลอยอยู่บริเวณใกล้เคียง (หรือติดกับขอบบ่อที่ทำการเพาะฟัก)

1.4 สภาพแวดล้อมในการเลี้ยง

กุ้งขาวแวนนาไมเป็นกุ้งที่เลี้ยงได้ทั้งระบบธรรมชาติ และระบบกึ่งหนาแน่น ลักษณะพิเศษของกุ้งสายพันธุ์นี้คือ สามารถสร้างความคุ้นเคยหรือปรับลักษณะนิสัยภายใต้ระบบการเพาะเลี้ยงได้ เช่น สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในน้ำที่มีระดับความเค็ม 5 - 35 ส่วนในพันส่วน และระดับความเค็มต่ำ 0 - 5 ส่วนในพันส่วน แต่ระดับความเค็มที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี คือ 10 - 22 ส่วนในพันส่วน อุณหภูมิที่สามารถเจริญเติบได้ดี คือ 26 - 29 องศาเซลเซียส แต่สามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ที่อุณหภูมิ 25 - 35 องศาเซลเซียส ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำควรมีค่า 5 - 9 มิลลิกรัมต่อลิตร และสำหรับค่าความเป็นกรดและด่างควรอยู่ระหว่าง 7.2 - 8.6 ซึ่งสามารถทำการเพาะเลี้ยงได้ทั้งในบริเวณพื้นที่ชายฝั่ง หรือบริเวณพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำ กุ้งชนิดนี้ชอบน้ำกระด้างของน้ำในช่วง 80 – 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีนิสัยที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะน้ำภายในบ่อเพาะเลี้ยง ตื่นตกใจง่าย

1.5 การคัดเลือกลูกกุ้ง

สำหรับการเพาะเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 10 ส่วนในพันส่วน ลักษณะของลูกกุ้งที่เหมาะสมต้องเป็นลูกกุ้งที่ได้รับการปรับสภาพ เพื่อเลี้ยงที่ระดับความเค็มที่ 10 ส่วนในพันส่วน จากโรงเพาะฟักที่เป็นบ่อปูน ลูกกุ้งที่มีขนาดระหว่าง PL15 - PL16 จะมีลักษณะของพุ่มเหงือกพัฒนาครบสมบูรณ์ มีหนวดสีแดงทั่วทั้งเส้น สีแดงของหนวดต้องไม่แดงเป็นปล้องๆ ปลายกรีตรงไม่งอนขึ้น ตาโต ลำตัวอ้วนและสั้น หน้าอกใหญ่ การเคลื่อนไหวเร็ว และมีชีวิตรอดหลังจากที่ผ่านการทดสอบการลองน้ำจากบ่อทดสอบที่เตรียมไว้มากกว่าร้อยละ 80 ในเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนลักษณะของลูกกุ้งที่ไม่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงคือลูกกุ้งที่มีลำตัวยาว ผอม ปลายกรีงอนขึ้น ตาเล็ก หนวดมีสีแดงเป็นปล้อง พบว่าเมื่อลูกกุ้งลงบ่อดินได้ประมาณ 1 เดือน หากนำมาทดสอบกับน้ำที่มีความเค็มต่ำกว่า 5 ส่วนในพันส่วน ลูกกุ้งจะทยอยตาย

1.6 การเตรียมบ่อเพาะเลี้ยง

วัดค่าระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน และปรับระดับให้อยู่ที่ค่าเท่ากับ 7 โดยใช้ปูนเผา (CaO) ที่มีส่วนผสมของแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ 25 - 30 ปริมาณการใช้ขึ้นอยู่กับสภาพดินในแต่ละพื้นที่ ปกติประมาณ 10 - 20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง แล้วนำน้ำเข้าบ่อเลี้ยงประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้คราดเหล็กคราดดินที่พื้นบ่อ และหว่านปูนไปพร้อมๆ กัน ให้ปูนที่ละลายน้ำซึมลงไปในร่องฟันของคราดที่ความลึกประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร คราดกลับไปกลับมาหลายๆ เที่ยว เพื่อให้น้ำปูนได้ฆ่าเชื้อโรคที่พื้นบ่อ จากนั้นจึงหว่านตามขอบบ่อทิ้งไว้ 1 - 2 วัน ก่อนนำน้ำเข้าบ่อจะต้องฆ่าเชื้อก่อนโดยนำเข้าจากบ่อพักน้ำ ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีใดๆ ในบ่อเลี้ยงกุ้งชนิดนี้ เนื่องจากกุ้งพันธุ์นี้เป็นกุ้งที่ได้มาจากธรรมชาติเป็นกุ้งที่ไม่มีความต้านทานต่อสารเคมี

1.7 การเตรียมน้ำก่อนปล่อยกุ้ง

โดยการหว่านอาหารสำหรับสร้างสัตว์หน้าดิน และจุลินทรีย์ จากนั้นนำน้ำเข้าให้ได้ระดับความลึกของน้ำที่ 1 เมตร เมื่อนำน้ำเข้าบ่อแล้วให้ใส่ปูนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) อัตรา 10 - 20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อครั้ง ควรใส่เวลากลางวัน และตีน้ำไปพร้อมๆ กัน 4 - 5 วัน ก่อนปล่อยลูกกุ้ง คุณภาพของน้ำที่เปลี่ยน ควรมีค่า อุณหภูมิ 28 - 32 องศาเซลเซียส ระดับออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5 - 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 7.8 - 8.8 ค่าความเค็ม 10 - 12 ส่วนในพันส่วน ค่าความเป็นด่าง 100 - 180 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความกระด้างรวม 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.8 อาหาร

อาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งชนิดนี้เป็นอาหารที่เกิดขึ้นในบ่อ จากการที่หว่านอาหารชีวภาพสำหรับสัตว์หน้าดินต่างๆ อาหารอัดเม็ด อาหารเสริมแร่ธาตุในรูปคีเลต อาหารธรรมชาติ เช่น สาหร่าย แครอท ฟักทอง กล้วย มะเขือเทศ เพื่อเพิ่มเอนไซม์ และปริมาณสารแอสตาแซนทิน (astaxanthin)

1.9 การให้อาหาร

ในช่วงวันที่ 1 - 40 ให้อาหารที่มีโปรตีนสูงร้อยละ 40 ในช่วงวันที่ 41 จนถึงวันที่จับขาย ให้อาหารที่มีโปรตีนต่ำลงมาประมาณร้อยละ 30 – 35 จำนวนมื้อควรจำกัดอยู่ที่ 3 มื้อ คือ อาจจะเป็นเวลา 08.00 น. 16.00 น. และ 22.00 น. มื้อเที่ยงควรงด และควรใช้ตารางอาหารเป็นหลักประกอบกับการเช็คยอ เมื่อต้องการตรวจสภาพการให้อาหาร สามารถวัดได้จากค่าแอมโมเนีย ควรวัดค่าแอมโมเนีย อย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หากค่าแอมโมเนียเพิ่มแสดงว่าอาจมีอาหารเหลือเนื่องจากให้อาหารมากเกินไป ดังนั้นให้ลดปริมาณอาหารในอาทิตย์ต่อไปลงมื้อละ 0.5 - 1 กิโลกรัม และหากค่าแอมโมเนียลดลง ให้รักษาระดับการให้อาหารในปริมาณไว้ก่อน หลังจากนั้นจึงค่อยๆ ปรับการให้อาหารเพิ่มขึ้น ใช้สวิงช้อนดูที่พื้นบ่อ และตัดสินใจปรับลดหรือเพิ่มตามความเหมาะสม

ตารางที่ 1 ตารางการให้อาหารกุ้งขาวแวนนาไม

น้ำหนักกุ้ง (กรัม)	**ปริมาณอาหาร** (ร้อยละต่อน้ำหนักตัวต่อวัน)	**น้ำหนักกุ้ง** (กรัม)	**ปริมาณอาหาร** (ร้อยละต่อน้ำหนักตัวต่อวัน)
< 0.1	35.0 – 25.0	9.0 – 9.9	4.0 – 3.8
0.1 – 0.24	25.0 – 20.0	10.0 – 10.9	3.8 – 3.5
0.5 – 0.9	20.0 – 15.0	11.0 – 11.9	3.5 – 3.0
0.5 – 0.9	15.0 – 11.0	12.0 – 12.9	3.3 – 3.0
1.0 – 1.9	11.0 – 8.0	13.0 – 13.9	3.0 – 2.8
2.0 – 2.9	8.0 – 7.0	14.0 – 14.9	2.8 – 2.5
3.0 - 3.9	7.0 – 6.0	15.0 – 15.9	2.5 – 2.3
4.0 – 4.9	6.0 – 5.5	16.0 – 16.9	2.3 – 2.1
5.0 – 5.9	5.5 - 5.0	17.0 – 17.9	2.1 – 2.0
6.0 – 6.9	5.0 – 4.5	18.0 – 18.9	2.0 – 1.9
7.0 – 7.9	4.5 – 4.3	19.0 – 19.9	1.9 - 1.8
8.0 – 8.9	4.3 – 4.0	20.0 – 20.9	1.8 – 1.7

ที่มา : บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) (2557)

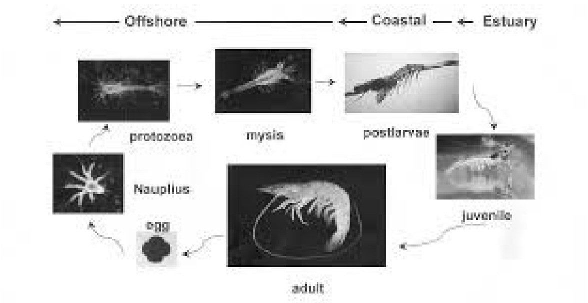
หมายเหตุ:

- ถ้าสีน้ำเข้มขึ้นเร็วมากแสดงว่าการให้อาหารมากเกินไป ควรปรับลดปริมาณการให้อาหารลง
- เมื่อกุ้งมีน้ำหนักตัว 20 กรัมต่อตัว ขึ้นไป สามารถให้อาหารปริมาณอาหารคงที่ได้ไปจนกระทั่งจับ เนื่องจากในบ่อมีอาหารธรรมชาติที่กุ้งเก็บสามารถกินได้

1.10 การเติมน้ำหรือถ่ายน้ำ

ในระหว่างการเลี้ยงควรมีการเติมน้ำหรือถ่ายน้ำทุกๆ 10 วัน โดยระดับน้ำจะต้องเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งอยู่ที่ระดับ 1.50 เมตรเมื่อกุ้งอายุได้ 60 วัน ทุกครั้งที่เติมน้ำหรือถ่ายน้ำให้เติมปูนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ทุกครั้งในอัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ ควรหว่านในเวลากลางคืนจากบริเวณกลางบ่อจนรอบ จะสังเกตเห็นว่ากุ้งกินอาหารดีขึ้นทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำและเพิ่มปูนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เมื่อครบกำหนด 30 วัน ควรทำการสุ่มตัวอย่างกุ้งด้วยแหไนล่อนขนาดตาถี่ 2 เซนติเมตร เพื่อตรวจสอบน้ำหนักของกุ้ง และเปรียบเทียบกับตารางอาหาร หากพบว่าขนาดแตกต่างกันมาก แสดงว่าอาหารที่ให้ไม่เพียงพอต้องเพิ่มอาหารทันที

1.11 ขั้นตอนการพัฒนาของกุ้งขาวแวนนาไม



ภาพที่ 3 พัฒนาการกุ้งขาวแวนนาไม

ที่มา : ธิดาพร ฉวีภักดิ์ (2564)

ตัวอ่อนของกุ้งขาวแวนนาไม มีการพัฒนา และการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงการลอกคราบ โดยไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจะมีลักษณะกลม มีเมือกห่อหุ้ม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.22 มิลลิเมตร ไข่จะจมลงสู่พื้น เพราะหนักกว่าน้ำทะเลเล็กน้อย ปกติไข่กุ้งจะฟักเป็นตัว ในบริเวณที่วางไข่ จากนั้นลูกกุ้งวัยอ่อนจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่บริเวณชายฝั่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีอาหารธรรมชาติสมบูรณ์ ลูกกุ้งจะเลี้ยงตัวเองอยู่บริเวณนี้จนโตถึงขั้นพ่อแม่พันธุ์ จึงค่อยอพยพสู่ทะเลลึก เพื่อทำการสืบพันธุ์และวางไข่ต่อไป การพัฒนาตัวอ่อนระยะของกุ้งขาวแวนนาไม เมื่อไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้วภายใน 12 - 14 ชั่วโมง ก็จะฟักเป็นตัวอ่อน ในระยะนอเพลียส (nauplius) ลูกกุ้งที่ฟักออกมาเป็นตัวจะมีการพัฒนา และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจนกระทั่งเหมือนตัวเต็มวัย ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) ตัวอ่อนระยะที่ 1 นอเพลียส (nauplius) รูปร่างคล้ายแมงมุม ยังไม่ต้องการอาหาร เนื่องจากมีถุงอาหาร (yolk sac) ติดอยู่กับลำตัว ตัวอ่อนระยะนี้จะผ่านการลอกคราบ 5 - 6 ครั้ง ภายในเวลา 36 - 48 ชั่วโมง ก่อนจะเข้าสู่ระยะที่ 2

2) ตัวอ่อนระยะที่ 2 โปรโตซูเอีย (protozoea) ตัวอ่อนระยะนี้จะมีลำตัวยาวขึ้น ส่วนหัว และลำตัวแยกจากกันอย่างเห็นได้ชัดเจน ระยะนี้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง 3 ขั้นตอน ใช้ระยะเวลาประมาณ 4 - 7 วัน

3) ตัวอ่อนระยะที่ 3 ไมซีส (mysis) ระยะลูกกุ้งจะมีลักษณะคล้ายลูกกุ้งวัยรุ่น แต่การว่ายน้ำยังว่ายน้ำแบบหัวทิ่มลง และดีดขึ้นลง พัฒนาการของลูกกุ้งระยะนี้มี 3 ขั้นตอน ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 5 - 7 วัน

4) วัยอ่อนระยะที่ 4 โพสลาวา (post larva) ลูกกุ้งระยะนี้มีลักษณะใกล้เคียงกับลูกกุ้งวัยรุ่นมากขึ้น มีอวัยวะต่างๆ เกือบครบทุกส่วน และพัฒนาการไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่ระยะกุ้งวัยรุ่น (ในการเพาะเลี้ยงในบ่อดิน หากอนุบาลลูกกุ้งให้โตไปจนถึงช่วงโพสต์ลาวา PL - 15 เป็นต้นไป ก็สามารถที่จะใช้เป็นพันธุ์สำหรับปล่อยเลี้ยงได้ ที่ประเทศเม็กซิโกมีการอนุบาลไปจนถึงขนาด PL – 45)

5) ลูกกุ้งรุ่น (juvenile) ระยะนี้ลูกกุ้งจะมีอวัยวะครบสมบูรณ์เช่นเดียวกับพ่อแม่ทุกอย่าง สามารถแยกเพศได้ เนื่องจากการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ของอวัยวะสืบพันธุ์ในตัวผู้จะมี Petasma สมบูรณ์ ตัวเมียจะมี Thelycum สมบูรณ์ ถ้าอยู่ในธรรมชาติกุ้งจะผสมพันธุ์ในบริเวณชายฝั่งในย่านน้ำกร่อย ก่อนในครั้งแรก แล้วจึงอพยพไปสู่บริเวณทะเลน้ำลึกต่อไป

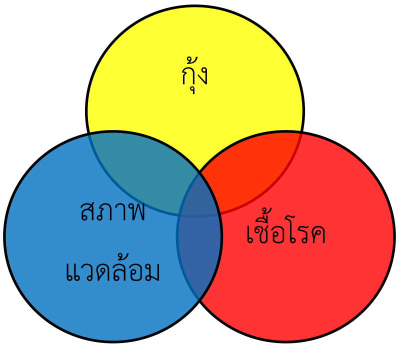
6) กุ้งโตเต็มวัย (adult) เป็นลูกกุ้งวัยเจริญพันธุ์ (ลูกกุ้งขาวแวนนาไมในระยะนี้จะมีความสมบูรณ์ทางเพศ โดยตัวผู้จะมีการผลิตน้ำเชื้อ และเก็บเอาไว้ในถุงเก็บน้ำเชื้อ (terminal ampules) และถ้ามีการผสมพันธุ์ตัวเมีย สามารถเก็บน้ำเชื้อไว้ใน Thelycum การผสมพันธุ์ครั้งแรก มักจะเริ่มเมื่อตัวผู้มีความยาวของปล้องหัวประมาณ 30 มิลลิเมตร และตัวเมียประมาณ 40 มิลลิเมตรขึ้นไป กุ้งระยะนี้จะมีระบบสืบพันธุ์ที่สมบูรณ์แบบ ผสมพันธุ์กันที่ความลึก 10 - 15 เมตร ในธรรมชาติ จะมีการลอกคราบทุก 7 - 10 วัน ในตัวเมีย และตัวผู้จะลอกคราบทุก 14 - 21 วัน ตัวเมียจะสามารถวางไข่ได้ทั้งในน้ำตื้น และน้ำลึก

1.12 โรค และการเกิดโรค

1) โรคที่สำคัญ โรคติดเชื้อไวรัสที่สำคัญของกุ้งขาวแวนนาไม ได้แก่

- โรคไวรัสทอร่า (Taura Syndrome virus)
- โรคแคระแกร็น (RDS - Runt Defomity Syndrome)
- โรคไวรัสจุดขาว (WSSV)
- โรคไวรัสหัวเหลือง (Yellow - head Virus Disease)
- โรคไวรัส Baculovirus penaei (BP)
- โรค Reo - like virus (REO) (กมลศิริ พันธนียะ, 2556)

2) การเกิดโรค



ภาพที่ 4 วงกลมการเกิดโรค

ที่มา : เบทาโกร (2557)

กุ้ง: พันธุ์ ขนาด อายุ สภาพภูมิต้านทาน

สภาพแวดล้อม: คุณภาพน้ำ คุณภาพดิน อาหาร การจักการ สารพิษ

เชื่อโรค: แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา พยาธิ

สาเหตุของการเกิดโรคในกุ้งนั้นไม่ใช่เกิดจากสาเหตุเดียว แต่จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับปัจจัยการจัดการอื่นๆ เช่น คุณภาพน้ำหรือสภาพดินก้นบ่อ รวมถึงสุขภาพตัวกุ้งเองด้วย ดังนั้นการรักษาโรคจึงไม่เป็นเพียงแค่ใช้ยา หรือสารเคมีในการกำจัดเชื้อโรคเพียงอย่างเดียว แต่จะรวมไปถึงการจัดการสภาพต่างๆ ภายในบ่อเลี้ยงให้ดีขึ้นควบคู่ไปด้วย (เบทาโกร, 2557)

2. การประเมิณสุขภาพลูกกุ้ง

มาตรฐานลูกกุ้งสำหรับการประเมินคุณภาพลูกกุ้ง (ระยะที่ใช้ในการประเมิน PL9 – 10 หรือมีอายุการเลี้ยงมากกว่า 18 วัน) กำหนดให้ใช้การประเมินคุณภาพลูกกุ้งในแนวทางเดียวกันและง่ายต่อการปฏิบัติ ลูกกุ้งที่มีคุณภาพต้องผลิตจากพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการสุ่มตรวจการติดเชื้อไวรัสและลูกกุ้ง PL มีการสุ่มตรวจเฝ้าระวังการติดเชื้อไวรัส คือ ไวรัสดวงขาว (WSV) ไวรัสหัวเหลือง (YHV) ไวรัสทอร่า (TSV) ไวรัสกล้ามเนื้อตาย (IMNV) และไวรัสโรคแคระแกรน (IHHNV) นอกจากนี้ลูกกุ้งคุณภาพดังที่กล่าวมาข้างต้น ต้องผ่านเกณฑ์การประเมินคุณภาพอื่นๆ เช่น อายุของลูกกุ้งในการพัฒนาหลังตัวอ่อน (PL) การมีสภาพของตับ และตับอ่อนสมบูรณ์ และทำงานดี มีความพร้อมในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมภายนอก และมีความสามารถในการทนทานความเครียดได้ดี มีความแข็งแรง และเลี้ยงในบ่อที่มีความสะอาด

3. สถานการณ์การค้ากุ้งขาวแวนนาไม

การส่งออกปี 2563 การส่งออกกุ้งทะเล (ไม่รวมกุ้งก้ามกราม และล็อบสเตอร์) มีปริมาณการส่งออก 149,490.99 ตัน คิดเป็นมูลค่า 44,465.55 ล้านบาท ปริมาณ และมูลค่าลดลง ร้อยละ 15.29 และ 14.03 เมื่อเทียบกับปีก่อน ตามลำดับ หากพิจารณาจากสัดส่วนมูลค่าการส่งออก พบว่า ตลาดส่งออกหลักของไทย คือ สหรัฐอเมริการ้อยละ 34.40 ญี่ปุ่นร้อยละ 24.60 จีนร้อยละ 13.55 เกาหลีใต้ร้อยละ 4.97 และประเทศอื่นๆ ร้อยละ 22.48 การส่งออกกุ้งขาวแวนนาไม เมื่อพิจารณาถึงการส่งออกกุ้งขาวแวนนาไม ปี 2563 มีปริมาณการส่งออก 114,398.93 ตัน มูลค่า 34,096.17 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 76.53 และ 76.68 ของปริมาณ และมูลค่าการส่งออกกุ้งทะเลทั้งหมด และเมื่อเทียบกับปีก่อนการส่งออกมีปริมาณ และมูลค่าลดลงร้อยละ 15.09 และ 14.37 ตามลำดับ หากพิจารณาจากสัดส่วนมูลค่า การส่งออก พบว่า ตลาดหลักคือ สหรัฐอเมริการ้อยละ 35.41 ญี่ปุ่นร้อยละ 22.25 จีนร้อยละ 13.54 เกาหลีใต้ร้อยละ 5.42 และประเทศอื่นๆ ร้อยละ 23.38 (จิตรลดา ศรีตระกูล และพัชรินธร ลังกาปอน, 2564)

4. ระบบการเลี้ยงกุ้ง

4.1 การเลี้ยงกุ้งที่จำแนกตามความหนาแน่นของกุ้งและวิธีการเลี้ยง มี 2 แบบ ดังนี้

1) นากุ้งธรรมชาติ

- นากุ้งธรรมชาติเป็นการเลี้ยงที่ใช้บ่อขนาดใหญ่ประมาณ 50 ไร่ขึ้นไป สูบน้ำทะเลเข้ามาเก็บไว้ประมาณ 1 เดือน แล้วทำการเก็บเกี่ยว ไม่มีการให้อาหาร และการจัดการใดใด ผลผลิตที่ได้มีทั้งกุ้งหลากชนิด และสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ เช่น ปู ปลา เป็นต้น อาศัยพันธุ์จากธรรมชาติ ซึ่งในปัจจุบัน นากุ้งลักษณะนี้มีน้อยมาก

- นากุ้งธรรมชาติที่มีการปล่อยพันธุ์กุ้งเสริม เป็นการพัฒนาจากนาธรรมชาติ โดยเกษตรกรผู้เลี้ยงไปซื้อพันธุ์กุ้งมาปล่อยเสริมประมาณไร่ละ 1,000 - 2,000 ตัว ผลผลิตที่ได้มีปริมาณกุ้งเพิ่มขึ้น ลูกกุ้งที่นิยมมาปล่อยเป็นทั้งกุ้งแชบ๊วย และกุ้งกุลาดำ

2) นากุ้งแบบพัฒนา เป็นการเลี้ยงในบ่อดินขนาดประมาณ 4 - 6 ไร่ มีการจัดการตั้งแต่การเตรียมบ่อ และการจัดการทั้งอาหารและอากาศ รวมทั้งการกำจัดสัตว์น้ำชนิดอื่น ผลผลิตที่ได้ คือ กุ้งที่เลี้ยง ซึ่งแบ่งเป็นการเลี้ยงออกได้หลายแบบ ดังนี้

- บ่อดิน แยกตามลักษณะของดินที่ทำบ่อ เช่น บ่อดินเหนียว บ่อดินลูกรัง และบ่อดินทรายเป็นต้น

- บ่อพีอี เป็นบ่อที่ปูพื้นบ่อหรือเฉพาะคันบ่อด้วยพลาสติกพีอี เพื่อลดปัญหาการกัดเซาะของคันบ่อ และเป็นการแก้ปัญหาดินที่พื้นบ่อ

4.2 ระบบการเลี้ยงที่จำแนกตามระบบน้ำที่ใช้ มี 3 ระบบ ดังนี้

1) ระบบเปิด เป็นระบบการเลี้ยงที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้ในการเลี้ยงในยุคต้นที่ยังไม่มีการระบาดของโรค ปัจจุบันยังใช้อยู่บ้าง แต่ส่วนใหญ่ต้องใช้น้ำจากบ่อพักน้ำแทนการสูบน้ำจากคลองธรรมชาติเข้าบ่อเลี้ยงโดยตรง เพื่อป้องกันปัญหาการระบาดของโรค

2) ระบบปิด เป็นระบบการเลี้ยงที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยง อาจมีการเติมน้ำบ้างในระหว่างการเลี้ยง วิธีนี้ต้องมีการคุมอาหาร มิเช่นนั้นอาจก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อกุ้ง ในปัจจุบันมีการพัฒนาไปสู่ระบบไบโอฟลอค ซึ่งเป็นระบบที่ใช้การจัดการอัตราส่วนระหว่างคาร์บอน และไนโตรเจนในบ่อ ทำให้เกิดจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อกุ้งขาวแวนนาไม และยังเป็นระบบบำบัดคุณภาพน้ำในบ่อด้วย

3) ระบบน้ำแบบหมุนเวียน (recirculated system) เป็นระบบที่มีการถ่ายน้ำที่ใช้เลี้ยงนำไปบำบัดในบ่ออื่นแล้วนำน้ำกลับมาใช้เลี้ยง ระบบนี้ต้องใช้พื้นที่มาก (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2564ก)

5. ระบบเติมอากาศ

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มอากาศหรือออกซิเจนลงไปในน้ำ สำหรับการเลี้ยงกุ้งได้มีการพัฒนาระบบการให้อากาศอย่างมากมาย ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มๆ ดังนี้

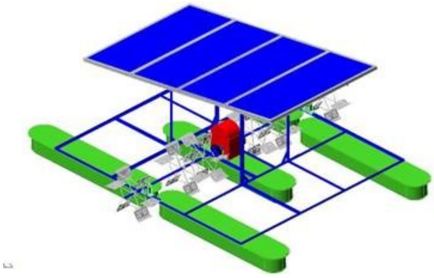
5.1 เครื่องให้อากาศแบบใบพัด (paddle wheel) เป็นระบบที่ใช้ใบพัดในการตีน้ำเพื่อให้อากาศ ระบบนี้ช่วยในการเพิ่มทั้งอากาศ และการหมุนเวียนของน้ำในบ่อ โดยประสิทธิภาพในการเพิ่มอากาศลงในน้ำขึ้นอยู่กับความเร็วรอบในการหมุน ระดับความลึกของใบพัดที่กินน้ำ และสิ่งสกปรกที่เกาะอยู่บริเวณใบพัด ซึ่งมีการใช้หลายรูปแบบ ดังนี้

ภาพที่ 5 เครื่องให้อากาศแบบใบพัดใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

ภาพที่ 6 พลังงานแสงอาทิตย์แยกส่วนต้นกำลังคือแผงเซลล์ และชุดควบคุมไว้บนฝั่ง

ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)



ภาพที่ 7 กังหันน้ำเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (ชนิดประกอบครบชุดอยู่บนทุ่น)

ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

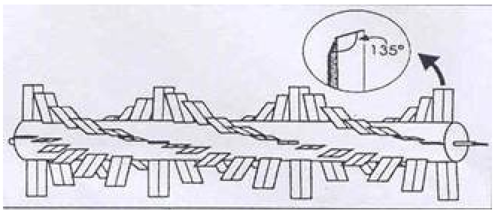
1) เครื่องให้อากาศแบบทุ่นลอย เป็นระบบที่ใช้ในการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำได้ดี แต่ประสิทธิภาพในการรวมตะกอนเลนไม่ดี เพราะมีจำนวนใบพัดน้อยเพียง 4 หรือ 6 ใบเท่านั้น และการวางระดับใบพัดจะกินน้ำตื้น ทำให้มีรอบการหมุนได้เร็ว แต่เดิมใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

2) เครื่องให้อากาศแบบใบพัดแขนยาว ถ้าต้องการให้แรงของน้ำหมุนเวียนดี ใบพัดรอบนอกควรจะมีระยะใกล้ชิดกันมากกว่าใบพัดที่อยู่ใกล้เข้าไปในบ่อมาก เช่น ใบพัดของช่วงสุดท้ายมี 10 ชุดต่อความยาวแขน 6 เมตร ใบพัดของช่วงถัดเข้ามาด้านในมี 8 ชุดต่อความยาวแขน 6 เมตร ใบพัดของช่วงถัดเข้ามาด้านในมี 6 ชุดต่อความยาวแขน 6 เมตร

ภาพที่ 8 เครื่องให้อากาศแบบใบพัดแขนยาว

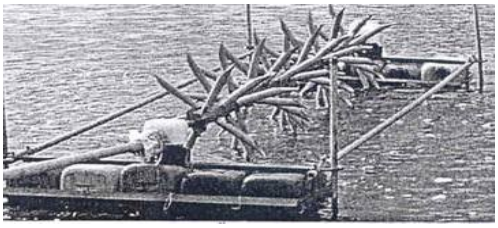
ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

3) เครื่องให้อากาศแบบหนามทุเรียน เป็นการดัดแปลงมาจากเครื่องให้อากาศแบบสไปรอล โดยใช้ท่อพีวีซีแทนเหล็ก ทำให้มีน้ำหนักเบา สามารถเพิ่มรอบในการหมุนได้มาก น้ำที่สัมผัสอากาศมีขนาด เล็กละเอียด ทำให้ออกซิเจนละลายลงน้ำได้มาก นิยมใช้เพิ่มออกซิเจนในบ่อที่เลี้ยงกุ้งในความหนาแน่นสูง แต่ไม่ควรใช้ในช่วงอากาศเย็นเพราะทำให้อุณหภูมิของน้ำในบ่อลดลงไปอีก ซึ่งส่งผลเสียทำให้กุ้งกินอาหารลดลง



ภาพที่ 9 แผนภาพเครื่องให้อากาศแบบเกลียว

ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)



ภาพที่ 10 เครื่องให้อากาศแบบหนามทุเรียน

ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

4) เครื่องให้อากาศแบบพ่วง เป็นการใช้เฟืองกลับทำให้สามารถพ่วงแขนได้สูงสุดถึง 4 แขนมีประโยชน์ในการรวมตะกอนเลนในบ่อ เพราะสามารถปรับให้ใบพัดกินน้ำลึกและรอบการหมุนช้าลง ทำให้ประหยัดพลังงานได้ เดิมทีใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงแต่ในปัจจุบันเปลี่ยนไปเป็นไฟฟ้า และแก๊สแทน

ภาพที่ 11 เครื่องให้อากาศแบบพ่วง

ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

5.2 เครื่องพ่นอากาศใต้น้ำหรือแอร์เจท (Air jet) ทำงานโดยการดูดอากาศเข้าไปในกระแสน้ำที่ฉีดลงพื้นบ่อ โดยปกติแอร์เจ็ทมีความสามารถที่จะปรับมุมของใบพัดให้กินน้ำลึกหรือตื้นได้ และมีแรงส่งของกระแสน้ำที่ไกลกว่าใบพัดตีน้ำ ควรวางแอร์เจ็ทในจุดที่ลึกที่สุด เช่น มุมบ่อ ตรงประตูที่เปิดน้ำจับกุ้ง

ภาพที่ 12 เครื่องพ่นอากาศใต้น้ำหรือแอร์เจท
ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

5.3 ระบบวางท่ออากาศที่ก้นบ่อ (Diffused air system) เป็นระบบที่ใช้การอัดอากาศลงไปในท่อที่เจาะรูซึ่งวางไว้ที่พื้นบ่อ คิดค้นโดยอนันต์ ตันสุตะพาณิช ซึ่งได้มีการดัดแปลงซุปเปอร์ชาร์จหรือเทอร์โบที่เป็นอุปกรณ์ติดรถยนต์ นำมาต่อพ่วงกับเครื่องยนต์เบนซินสูบเดียว หรือมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 - 5 แรงม้า โดยให้ความเร็วรอบประมาณ 2,400 - 2,800 รอบต่อนาที เพื่อทำหน้าที่อัดอากาศสู่ก้นบ่อ ระบบให้อากาศแบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์หลายชนิด เช่น เครื่องซุปเปอร์ชาร์จ มอเตอร์ มู่เล่ย์ซุปเปอร์ชาร์จ ทดมู่เล่ย์มอเตอร์ (เพิ่มความเร็วรอบของซุปเปอร์ชาร์จ) ท่อออกจากซุปเปอร์ชาร์จ ท่อพักลม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายลมหรืออากาศ สายยางอ่อนก็จะเชื่อมต่อกับท่อแล้ววางกระจายในบ่อ เจาะรูแล้วคว่ำรูลงเพื่อให้น้ำในท่อถูกพ่นออกมาจากรูถึงพื้นก่อนแล้วจึงดันขึ้นสู่ข้างบน และเพื่อป้องกันตะกอนโคลนเข้าไปอุดตันในรูมีเช็ควาล์วในระบบด้วย ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นระบบจานจ่ายและระบบหัวอากาศ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2564ข)

ภาพที่ 13 ระบบจานจ่าย และระบบหัวอากาศ
ที่มา : สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (2564ข)

5.4 ระบบให้อากาศโอทูบับเบิ้ล สายยางเติมอากาศ O_2 Bubbles นี้ เป็นนวัตกรรมใหม่ในการเติมอากาศ เป็นสายยางรูพรุน ผลิตจากยางมีรู Micropores ระดับไมครอนรอบๆ สายยางจึงทำให้สร้างฟองอากาศที่ละเอียด และเติมอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีพื้นที่ผิวในการถ่ายเทอากาศเพิ่มมากขึ้น เพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนออกซิเจน ช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO) ผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำสามารถเลี้ยงสัตว์น้ำได้หนาแน่นขึ้น มีอัตราการรอดสูง กุ้งลอกคราบง่ายปลาไม่เครียด คายเมือกน้อย สัตว์น้ำแข็งแรง (บริษัท กสิพันธารัต จำกัด, 2564)

ภาพที่ 14 ระบบให้อากาศโอทูบับเบิ้ล
ที่มา : บริษัท กสิพันธารัต จำกัด (2564)

5.5 ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่

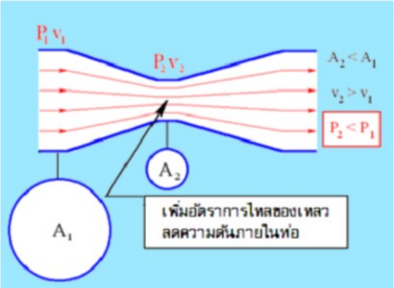
เป็นระบบเติมอากาศประสิทธิภาพสูงที่สามารถใช้ได้กับกระบวนการเติมอากาศ การบำบัดน้ำเสียในอาคาร โรงงานอุตสาหกรรม โดยสามารถติดตั้งได้หลายลักษณะ เช่น การติดตั้งใต้น้ำ การติดตั้งภายนอก และการติดตั้งแบบทุ่นลอย เป็นต้น

ภาพที่ 15 เวนจูรี่
ที่มา : ลาซาด้า (2564)

1) หลักการของเทคโนโลยีเวนจูรี่

การเติมออกซิเจน (oxygenation) หรือการเติมอากาศ (aeration) เป็นหัวใจของการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะหากระบบบำบัดน้ำเสียขาดออกซิเจน จุลินทรีย์ทั้งหลายก็ไม่สามารถทำงานได้ถ้ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอยู่สูง ระบบก็สามารถบำบัดน้ำได้ดี หรือ

สามารถรับน้ำเสียได้มากขึ้น แต่เนื่องจากค่าการละลายน้ำของออกซิเจนที่ความดันบรรยากาศมีค่าต่ำย่อมจะทำให้มีแรงขับ (driving force) ต่ำตามไปด้วย ดังนั้น การเพิ่มอัตราการละลายน้ำของออกซิเจนที่ความดันบรรยากาศ จึงได้แก่การเพิ่มผิวสัมผัส (interfacial area) ระหว่างอากาศกับน้ำให้มีค่ามากที่สุด ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่เป็นระบบเติมอากาศประสิทธิภาพสูงที่สามารถใช้ได้กับกระบวนการเติมอากาศและการบำบัดน้ำเสียในอุตสาหกรรม โดยสามารถติดตั้งได้หลายลักษณะ เช่น การติดตั้งใต้น้ำภายนอก และการติดตั้งแบบทุ่นลอย เป็นต้น ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ทำงานโดยอาศัยเครื่องสูบน้ำฉีดน้ำผ่านหัวพ่นเวนจูรี่ที่มีรูปร่างเป็นคอคอดเพื่อเพิ่มความเร็วของน้ำจนกระทั่งเกิดแรงดูดอากาศลงมาผสมกับน้ำทำให้เกิดการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำ



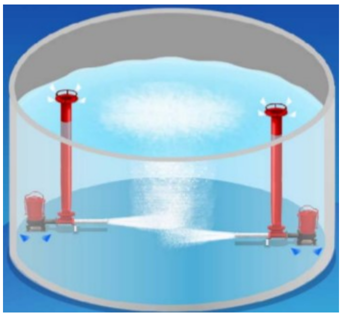
ภาพที่ 16 หลักการทำงานของหัวพ่นแบบเวนจูรี่

ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

2) การติดตังระบบเวนจูรี่

- ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งใต้น้ำ

เหมาะสำหรับการเติมอากาศในกระบวนการอุตสาหกรรมซึ่งต้องการลดเสียงของการทำงานลดการเกิดไอละออง และการรั่วไหลของของเหลวจากบ่อบำบัดซึ่งอาจมีสารพิษหรือมีกลิ่นเหม็นรุนแรงระบบเวนจูรี่แบบติดตั้งใต้น้ำประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ และหัวพ่นน้ำติดตั้งอยู่ใต้น้ำภายในถังหรือบ่อเติมอากาศโดยมีท่ออากาศต่อไปยังหัวพ่นซึ่งมีรูปร่างเป็นคอกอดเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานการไหลของน้ำผ่านคอคอดของหัวพ่นจะทำให้เกิดแรงดูดอากาศผ่านท่ออากาศลงมาผสมฉีดพ่นไปกับน้ำ

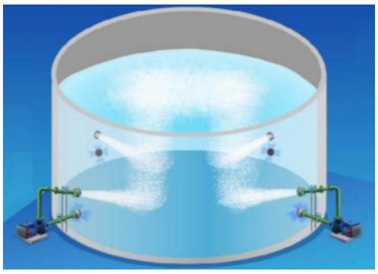


ภาพที่ 17 การติดตั้งระบบแบบเวนจูรี่ติดตั้งใต้น้ำ

ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

- ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งภายนอก

ระบบนี้เหมาะสำหรับติดตั้งกับถังเติมอากาศเหนือระดับพื้นดินโดยสามารถออกแบบทิศทางการพ่นผสมในถังลักษณะเป็นชุดโดยมีหัวพ่นหลายหัว หรือออกแบบติดตั้งกับบ่อบำบัดที่มีรูปทรง สี่เหลี่ยม แนวยาว ข้อดีของระบบนี้ คือ สามารถปรับแต่งการทำงานและบำรุงรักษาได้ง่ายเนื่องจากอุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ภายนอก ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งภายนอกประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ และหัวพ่นน้ำติดตั้งอยู่ภายนอกถังหรือบ่อเติมอากาศโดยมีท่อดูดน้ำและท่อพ่นน้ำกลับเข้าไปในถัง เมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานน้ำจะถูกดูดจากถัง และไหลผ่านคอคอดของหัวพ่นน้ำทำให้เกิดแรงดูดอากาศผ่านท่ออากาศเข้ามาผสมรวมกัน และฉีดพ่นกลับเข้าไปในถัง



ภาพที่ 18 การติดตั้งระบบแบบเวนจูรี่ติดตั้งภาพนอก

ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

- ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย

ระบบเติมอากาศแบบนี้เหมาะสำรับติดตั้งกับบ่อบำบัดน้ำเสียหรือบ่อเติมอากาศแบบเปิดขนาดใหญ่ โดยมีข้อดีคือมีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงสามารถเพิ่มหรือเปลี่ยนตำแหน่งติดตั้งได้ง่าย และสามารถติดตั้งในลักษณะชั่วคราวได้ ระบบชนิดติดตั้งภายนอกประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ และหัวพ่นน้ำติดตั้งกับทุ่นลอย โดยมีท่ออากาศต่อลงไปยังเครื่องสูบน้ำ และหัวดูดน้ำซึ่งอยู่ใต้ทุ่นลอย เมื่อเครื่องสูบน้ำทำงานน้ำจะถูกดูดให้ไหลผ่านคอคอดของหัวพ่นน้ำทำให้เกิดแรงดูดอากาศผ่านท่ออากาศเข้ามาผสมรวมกันแล้วฉีดพ่นลงไปใต้น้ำ (กระทรวงพลังงาน, 2564ก)

ภาพที่ 19 ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย

ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

3) การประยุกต์ใช้งานเวนจูรี่

สภาพที่เหมาะสมในการใช้งาน สภาพการทำงานโดยทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียจะมีความต้องการออกซิเจนเปลี่ยนแปลง อยู่ตลอดเวลาตามปริมาณการไหลของน้ำเสีย และความเข้มข้นของมวลสารอินทรีย์ ซึ่งในการออกแบบ จะต้องให้ออกซิเจนแก่ระบบที่ความต้องการสูงสุดได้เพียงพอ แต่ถ้าไม่มีการควบคุมที่ดี และระบบเติมอากาศก็ไม่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ก็จะเกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ เครื่องกลเติมอากาศจะต้องมีหน้าที่อยู่ 2 ประการ คือ หน้าที่ในการให้ออกซิเจนแก่น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างพอเพียง และหน้าที่ในการกวนน้ำเพื่อกระจายออกซิเจนให้มีค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำอยู่เสมอทั่วทั้งบริเวณบ่อเติมอากาศ พลังงานที่ใช้ในการกวนนี้จะต้องมีค่าพอเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพราะถ้ากวนน้อยเกินไป ตะกอนจุลินทรีย์จะมีขนาดใหญ่เกินไป แต่ถ้ากวนแรงเกินไปก็จะเกิดแรงเฉือน (shearing force) สูง จนทำให้จุลินทรีย์แตกกระจาย เป็นผลให้ระบบไม่สามารถทำงานได้ดีเท่าที่ควร เครื่องกลเติมอากาศแต่ละชนิดมีทั้งข้อดี และข้อเสียในด้านต่างๆ ดังนั้นการออกแบบ และประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศ จะต้องเข้าใจหลักการทำงาน วิธีคำนวณ ตลอดจนเข้าใจถึงวิธีการทดสอบสมรรถะในการถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำ (Performance of Oxygen Transfer in Water) หน่วยเป็นกิโลกรัมของออกซิเจนแรงม้า – ชั่วโมง ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่เป็นระบบที่มีขนาดเล็ก ง่ายต่อการติดตั้งและบำรุงรักษาโดยเหมาะสำหรับน้ำที่ไม่มีเศษขยะหรือของแข็งขนาดใหญ่ที่อาจเข้าไปอุดตันในหัวพ่นได้ง่าย หัวพ่นน้ำเวนจูรีที่ใช้งานมีขนาดตั้งแต่ท่อขนาด 1/2 นิ้ว ไปจนถึงท่อขนาด 12 นิ้ว โดยสามารถออกแบบให้อัตราการไหลของน้ำได้สูงสุด 13,000 ลิตรต่อนาที และอัตราการดูดอากาศได้ถึงประมาณ 500 SCFM (กระทรวงพลังงาน, 2564ก)

4) ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

การใช้พลังงานของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่เทียบกับระบบเติมอากาศแบบอื่น ๆ การทำงานแบบฉีดพ่นของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ช่วยให้เกิดการกวนแผ่กระจายของฟองอากาศผสมกับน้ำในถัง และบ่อบำบัดที่มีขนาดใหญ่ และมีความลึกได้ดีจึงเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับระบบเติมอากาศแบบอื่นๆ

ตารางที่ 2 การใช้พลังงานของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่เทียบกับระบบเติมอากาศแบบอื่น

ลำดับ	**ชนิดของระบบ**	**ดัชนีการใช้พลังงาน** (Kg O_2/kWh)
1	ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่	1.2 – 2.5
2	ระบบเติมอากาศแบบใช้ใบพัดหมุน	1.4 – 2.0
3	ระบบเติมอากาศแบบใช้การพ่นฟองอากาศ	0.6 – 2.0

ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

5) การใช้งานระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่

- ระบบติดตั้งใต้น้ำ ระบบเติมอากาศแบบนี้ สามารถออกแบบสำหรับการกวนผสม และการเติมอากาศได้พร้อมกัน โดยทดแทนการใช้มอเตอร์กวนผสม หรือระบบเติมอากาศแบบใช้การพ่นฟองอากาศทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการเติมอากาศได้ประมาณร้อยละ 30

ภาพที่ 20 ตัวอย่างระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งใต้น้ำ
ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

- ระบบติดตั้งภายนอก ระบบเติมอากาศแบบติดตั้งภายนอกสามารถใช้ในการกวนและทดแทน ระบบเติมอากาศแบบใช้การพ่นฟองอากาศ ทำให้ประสิทธิภาพการเติมอากาศร้อยละ 30

ภาพที่ 21 ตัวอย่างระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งภายนอก
ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

- ระบบติดตั้งกับทุ่นลอย ระบบเติมอากาศแบบนี้สามารถใช้ทดแทน หรือใช้ร่วมกับระบบเติมอากาศแบบใช้ใบพัดหมุนตีน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเติมอากาศในระดับที่ลึกได้

ภาพที่ 22 ตัวอย่างระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดติดตั้งกับทุ่นลอย
ที่มา : กระทรวงพลังงาน (2564ก)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ชนิดต่างๆ

ชนิดของระบบ	ลักษณะของระบบ
ติดตั้งใต้น้ำ	- ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำและหัวพ่นน้ำติดตั้งอยู่ใต้น้ำภายในถัง หรือบ่อเติมอากาศ - เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการลดเสียงดังของการทำงาน และการรั่วไหลของของเหลวจากบ่อบำบัดซึ่งอาจมีสารพิษ หรือมีกลิ่นเหม็นรุนแรง
ติดตั้งภายนอก	- ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ และหัวพ่นน้ำติดตั้งอยู่ภายนอกถัง หรือบ่อเติมอากาศ - สามารถปรับแต่งการทำงานและบำรุงรักษาได้ง่าย - เหมาะสำหรับติดตั้งกับถังเติมอากาศเหนือระดับพื้นดิน
ติดตั้งกับทุ่นลอย	- ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ และหัวพ่นน้ำติดตั้งกับทุ่นลอย - มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูงสามารถเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งติดตั้งได้ง่าย และสามารถติดตั้งในลักษณะชั่วคราวได้ - เหมาะสำหรับติดตั้งกับบ่อบำบัดน้ำเสียหรือบ่อเติมอากาศแบบเปิดที่มีขนาดใหญ่

ที่มา : กระทรวงพลังงาน, (2564ก)

6) ประโยชน์ของเวนจูรี่

- มีประสิทธิภาพสูง สามารถดึงออกซิเจนจากอากาศได้ถึงร้อยละ 30 เพื่อเข้าไปผสมในน้ำที่อุณหภูมิปกติได้

- ให้การถ่ายเทออกซิเจน และทำให้อากาศผสมกับน้ำได้ดีกว่า ดังนั้นจึงสามารถลดค่าพลังงานได้มากเมื่อเทียบกับการเติมอากาศแบบดั้งเดิม (การพ่นอากาศ หรือการคน)

- ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อย อุปกรณ์มีขนาดเล็ก เปลี่ยนแปลงได้ง่าย มีหลายขนาดอีกทั้งยังสามารถติดตั้งได้ง่าย

- สามารถแก้ไขดัดแปลงเข้ากับของเดิมที่มีอยู่ได้

- ไม่ต้องการการบำรุงรักษามาก

- การทำงานของระบบเงียบ ไม่มีการกระจายของน้ำ และลดผลจากการเกิดสิ่งที่ตกค้างในน้ำที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้เครื่องอัดอากาศไม่ทำงานบ่อยเกินไป (กระทรวงพลังงาน, 2564ข)

6. คุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

การดูแลคุณภาพน้ำสำหรับฟาร์มเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งมีดังนี้

6.1 ความเค็ม (salinity)

เป็นดัชนีวัดปริมาณความเข้มข้นของอิออน (ion) ที่ละลายในน้ำ แสดงหน่วยเป็นส่วนในพันส่วน (ppt) ค่าความเค็มของน้ำทะเลจะขึ้นอยู่กับปริมาณอิออนที่สำคัญ 7 ชนิด ได้แก่ โซเดียม (sodium) โปแตสเซียม (potassium) แคลเซียม (calcium) แมกนีเซียม (magnesium) คลอไรด์ (chloride) ซัลเฟต (sulfate) และไบคาร์บอเนต (bicarbonate) ในน้ำทะเลทั่วไปจะมีความเค็มประมาณ 34 ส่วนในพันส่วน ส่วนในบริเวณปากแม่น้ำหรือน้ำกร่อยมีค่าอยู่ระหว่าง 2 – 30 ส่วนในพันส่วนขึ้นอยู่กับระยะทางจากปากแม่น้ำ และปริมาณน้ำจืดที่ไหลลงมาในบริเวณนี้ ในการเลี้ยงกุ้งทะเลความมีความเค็มอยู่ระหว่าง 2 - 35 ส่วนในพันส่วน สำหรับกุ้งกุลาดำความเค็มที่เหมาะสมอยู่ในช่วงระหว่าง 15 - 30 ส่วนในพันส่วน ส่วนกุ้งขาวแวนนาไมสามารถเลี้ยงได้ในช่วงความเค็ม 2 - 35 ส่วนในพันส่วน แต่ระดับที่เหมาะสม คือ 20 - 25 ส่วนในพันส่วน ปัจจุบันพบว่า มีการเลี้ยงกุ้งความเค็ม 3 - 10 ส่วนในพันส่วน จะเลี้ยงกุ้งได้ง่ายเนื่องจากมีปัญหาเรื่องความเสียหายจากโรคกุ้งน้อยมากโดยเฉพาะปัญหาจากโรคแบคทีเรียเรืองแสงในบ่อกุ้งเป็นต้น เกษตรกรหลายรายจึงได้หันมาเลี้ยงกุ้งทะเลในระบบความเค็มต่ำมากขึ้น

6.2 อุณหภูมิ (temperature)

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในน้ำมีผลทั้งทางตรง และอ้อมต่อกุ้ง ในทางตรง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ทำให้ขบวนการเมตาบอลิซึมภายในร่างกายสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น 10 เท่า ทำให้สัตว์น้ำมีความต้องการอาหาร ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนทางอ้อมมีผลต่อกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง สำหรับอุณหภูมิในน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งทะเลในเขตร้อน คือ 28 - 33 องศาเซลเซียส ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำอย่างรวดเร็วกุ้งจะเกิดอาการช็อกเกร็งได้ มีลักษณะคล้ายเป็นตะคริว

6.3 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

ออกซิเจนเป็นปัจจัยที่นับว่ามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เนื่องจากสัตว์น้ำทุกชนิดจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในขบวนการต่างๆ ภายในร่างกาย เพื่อการเจริญเติบโต กุ้งทะเลมีความต้องการปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำตั้งแต่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นไป ถือว่าเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง การเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในรอบวัน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นตั้งแต่ 8:00 น. ไปจนถึง 15:00 น. ซึ่งเป็นค่าสูงสุด และมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เวลา 18:00 น. ไปเรื่อยๆ จนถึง 6:00 น. ซึ่งจะเป็นค่าต่ำสุด ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริสุทธิ์

ที่อุณหภูมิของน้ำ 25 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณออกซิเจนอิ่มตัวประมาณ 8.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 30 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณออกซิเจนอิ่มตัวในน้ำ 7.54 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในน้ำทะเลที่ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน และอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำอิ่มตัวประมาณ 6.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นหรือค่าความเค็มเพิ่มขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะมีค่าลดลง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้งมาก ถ้าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะมีการเจริญเติบโตช้า กุ้งทะเลจะมีการเจริญเติบโตดีถ้ามีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ได้แก่ แสงแดด การไหลเวียนของน้ำ แพลงก์ตอนพืชและสัตว์น้ำ พืชน้ำ ความโปร่งแสง ความลึกของบ่อ ชนิด และปริมาณจุลินทรีย์ สิ่งขับถ่ายของกุ้ง รวมทั้งปริมาณอาหารที่เหลือจากการกินของกุ้ง ปัญหาการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลจะพบในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ปล่อยกุ้งไปในปริมาณมากหรือมีกุ้งติดมากแต่มีเครื่องให้อากาศไม่เพียงพอโดยเฉพาะในช่วงเดือนสุดท้าย ในบ่อที่มีกุ้งหนาแน่นเมื่อมีการให้อาหารในปริมาณที่มากในแต่ละวัน เศษอาหารที่เหลือ และของเสียที่กุ้งขับถ่ายออกมามากนั้นจะมีการดึงออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสิ่งเหล่านี้ รวมทั้งการหายใจของแพลงก์ตอนที่มีหนาแน่น และการหายใจของกุ้งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในบ่อจะมีผลทำให้ออกซิเจนในตอนเช้าลดต่ำลงมากถ้ามีกุ้งในปริมาณมาก และเครื่องให้อากาศไม่เพียงพอ กุ้งอาจจะลอยตามผิวน้ำตั้งแต่ตอนกลางคืนหลังเที่ยงคืนจนถึงเช้ามืด เมื่อออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 1.7 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่สูงกว่าระดับนี้กุ้งจะไม่ลอย แต่พบว่าถ้าออกซิเจนต่ำกว่า 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร กุ้งจะไม่แข็งแรง การกินอาหารจะลดต่ำลงกว่าปกติ ในช่วงที่กุ้งกำลังลอกคราบ ถ้าระดับออกซิเจนต่ำกุ้งอาจจะลอกคราบแล้วตายได้ ดังนั้นควรจะวัดค่าออกซิเจนอย่างสม่ำเสมอเป็นประจำอย่างน้อยวันละครั้งในช่วงเช้า หรือวันละหลายๆ ครั้ง สำหรับบ่อที่มีการเลี้ยงกุ้งอย่างหนาแน่นเพื่อเป็นข้อมูลในการเลี้ยง และเป็นแนวทางในการเลี้ยงกุ้งในรุ่นต่อๆ ไป การวัดค่าออกซิเจนควรจะวัดในบริเวณที่ลึกที่สุดของบ่อ หรือก้นบ่อ เนื่องจากกุ้งทะเลจะใช้เวลาส่วนใหญ่ที่บริเวณพื้นบ่อ

6.4 ความเป็นกรดด่าง (pH)

เป็นดัชนีแสดงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำ ในทางปฏิบัติจะแสดงถึงความเป็นกรดด่างของน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากการสะสมของเสียที่กุ้งถ่ายออกมา รวมทั้งเศษอาหารตกค้างในบ่อเลี้ยง น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกรดจะมีค่าความเป็นกรดด่าง ต่ำกว่า 7 น้ำที่มีคุณสมบัติเป็นกลางจะมีค่าความเป็นกรดด่าง เป็น 7 และน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นด่างจะมีค่าความเป็นกรดด่าง สูงกว่า 7 ในแหล่งน้ำกร่อยทั่วไปมีค่าความเป็นกรดด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 7 - 8 แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่าง อยู่ระหว่าง 8 - 8.2 สำหรับกุ้งขาวแวนนาไมจะเจริญเติบโตได้ดี เมื่อค่าความเป็นกรดด่างของน้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 6 - 9

กุ้งจะมีการเจริญเติบโตช้าถ้ามีค่าความเป็นกรดด่าง อยู่ระหว่าง 4 - 6 และ 9 - 11 และกุ้งจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ถ้าค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าต่ำกว่า 4 และสูงกว่า 11 ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลากลางวัน เนื่องจากการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืชในเวลากลางวันจะทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในน้ำลดลง ส่งผลความเป็นด่างสูงขึ้นในตอนกลางวัน และในเวลากลางคืน ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำลดลง เนื่องจากกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำจะคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้น้ำมีความเป็นกรดมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของน้ำในรอบวันมากเกินไปจะมีผลทำให้กุ้งเครียดมีผลต่อการเจริญเติบโตด้วย การแก้ปัญหาโดยการลดปริมาณแพลงก์ตอนหรือถ่ายน้ำมากขึ้นเพื่อลดความเข้มของสีน้ำ หรือในกรณีที่ค่าความเป็นกรดด่าง ในน้ำต่ำ จำเป็นต้องมีการเติมวัสดุปูนเพื่อเพิ่มระดับค่าความเป็นกรดด่างจะทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง ของน้ำตอนเช้า และตอนบ่ายเปลี่ยนแปลงน้อยลง ส่วนในกรณีที่ค่าความเป็นกรดด่างในน้ำตอนบ่ายสูง เนื่องจากมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ไปในการสังเคราะห์แสงมาก การเปิดเครื่องให้อากาศแบบเคล้าน้ำแทนการใช้ใบพัดตีน้ำจะทำให้การเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนไม่มากนัก ซึ่งมีผลให้ความเป็นกรดด่างของน้ำไม่สูงจนเกินไป

6.5 ความเป็นด่าง (alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำ มีคุณสมบัติในการควบคุมการเปลี่ยนแปลง ค่า pH ของน้ำไม่ให้เปลี่ยนแปลงมากเกินไป (buffering capacity) เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของเบส (bases) ที่ละลายน้ำ ได้แก่ อิออนของไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) มีหน่วยวัดเป็นปริมาณมิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/l - $CaCO_3$) ค่าความเป็นด่างมีความสัมพันธ์กับธาตุแมกนีเซียมในน้ำ ทำหน้าที่รักษาระดับความเป็นด่างให้คงที่ เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ส่งผลให้ร่างกายของกุ้งอยู่ในภาวะสมดุล สามารถดึงแร่ธาตุไปใช้ในการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต ค่าความเป็นด่างที่เหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์ทะเลควรมีค่าในช่วง 70 - 120 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ค่าดัชนีชนิดนี้มีคุณสมบัติในการควบคุมค่าความเป็นกรดด่างของน้ำให้คงที่ ความเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง ควรอยู่ที่ระดับ 80 - 170 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นช่วงที่เหมาะสม ซึ่งช่วยให้ร่างกายกุ้งเกิดการสมดุล ช่วยให้เกิดการลอกคราบได้อย่างสมบูรณ์ หากค่าความเป็นด่างมีค่าต่ำกว่า 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้กุ้งลอกคราบไม่สมบูรณ์ เปลือกนิ่ม สามารถแก้ไขโดยการเติมปูนโดโลไมท์ 1 กระสอบต่อไร่ หรือโซเดียมไบคาร์บอเนต 25 กิโลกรัมต่อไร่ และควรใส่ในช่วงที่ไม่มีแสงแดด หรือช่วงหัวค่ำ หากสภาพความเป็นด่างมีค่าสูงกว่า 170 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็จะส่งผลให้กุ้งจะลอกคราบไม่ออกลำตัวสากแข็ง ดังนั้นจึงควรลดค่าความเป็นกรดด่าง โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำ หรือใส่กากน้ำตาล 15 ลิตรต่อไร่ ทุกๆ 5 - 7 วัน โดยค่อยๆ ปรับลดสภาพความเป็นด่างลงในช่วงนี้ไม่ควรเติมปูน

6.6 แอมโมเนีย (ammonia)

เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (แอมโมนิฟิเคชั่น: ammonification) และกระบวนการย่อยสลาย (decomposition) สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ในน้ำ ซึ่งแอมโมเนียจะเป็นพิษกับกุ้งขาวแวนนาไม แอมโมเนียที่พบในน้ำมี 2 รูป คือ อัลอิออนแอมโมเนีย (Un - ionized ammonia, NH_3) และแอมโมเนียมอิออน (ammonium ion, NH_4^+) ความเป็นพิษของแอมโมเนียที่มีต่อสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากสัตว์น้ำไม่สามารถขับแอมโมเนียที่สะสมภายในร่างกายออกสู่ภายนอกได้ แอมโมเนียยังสามารถทำลายเหงือกสัตว์น้ำได้อีกด้วยส่งผลให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนออกซิเจนเข้าสู่ภายในร่างกายลดลง โดยปกติแล้วแอมโมเนียมอิออน (ไม่เป็นพิษต่อกุ้งเพราะไม่สามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้) การเกิดแอมโมเนียทั้ง 2 รูปแบบ ขึ้นอยู่กับความสมดุลของอุณหภูมิกับค่าความเป็นกรดด่าง โดยค่าความเป็นกรดด่าง จะเป็นปัจจัยสำคัญกว่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างของน้ำสูงขึ้น อัลอิออนแอมโมเนียจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำปริมาณแอมโมเนียรวม (total ammonia) ไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร เมื่อมีอาหารเหลืออยู่ คุณสมบัติของน้ำก็จะเปลี่ยนไป ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่ทำให้มีอาหารกุ้งเหลืออยู่ในตู้ทดลอง พบว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในอาหารจะสามารถละลายออกมาอยู่ในน้ำได้อย่างรวดเร็ว ภายในเวลา 3-4 วัน สารอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกแบคทีเรียกินและปล่อยแอมโมเนียออกมาอยู่ในน้ำเมื่อแอมโมเนียในน้ำมีปริมาณสูงขึ้นจะมีผลให้การขับถ่ายแอมโมเนียของกุ้งทำได้น้อยลงทำให้เกิดการสะสมของแอมโมเนียในเลือด และเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของเลือดเพิ่มขึ้น และมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ แอมโมเนียจะทำให้การใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อสูงขึ้น แอมโมเนียจะไปทำลายเหงือกและความสามารถในการขนส่งออกซิเจน และทำให้กุ้งอ่อนแอติดโรคได้ง่าย ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตาย โดยปกติอยู่ในช่วง 0.4 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแอมโมเนียในการทดลองแบบพิษเฉียบพลัน ระหว่าง 24 - 72 ชั่วโมง แต่สำหรับกุ้งมีรายงานว่า แอมโมเนียที่ความเข้มข้น 1.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแอมโมเนีย จะทำให้กุ้งตายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง

6.7 ไนไตรท์ (nitrite)

เป็นสารตัวกลางที่ได้จากขบวนการ nitrification ของแอมโมเนีย โดยมีแบคทีเรียชนิด *Nitrosomonas* sp. และ *Nitrobactor* sp. เป็นสารที่มีพิษต่อสัตว์น้ำ ความเป็นพิษของไนไตรท์ในกุ้งกุลาดำ *Penaeus monodon* ระยะ Zoea ที่ 24 ชั่วโมง Lethal Concentration (LC - 50) เท่ากับ 13.20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ดังนั้นในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลไนไตรท์มีไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำเกิดจากการที่ไนไตรท์ไปออกซิไดซ์เหล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบฮีโมโกลบิน ทำให้กลายเป็นเมธิโมโกลบินซึ่งไม่สามารถขนถ่ายออกซิเจนได้ ทำให้เกิดการตาย เนื่องจากขาดออกซิเจน และคาดว่าขบวนการเช่นเดียวกันนี้อาจเกิดกับฮีโมไซยานิน

ของพวกกุ้ง ระดับความเป็นพิษของไนไตรท์ในน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen; DO) และค่าความเป็นกรดด่างของน้ำลดลง นอกจากนี้ความเป็นพิษของไนไตรท์จะถูกยับยั้งโดยคลอไรด์ในน้ำ ดังนั้น ในน้ำทะเลที่มีคลอไรด์สูงความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อสัตว์น้ำจึงค่อนข้างต่ำ เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ที่ใช้น้ำทะเลโดยตรงนั้นปัญหาของความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อกุ้งจะน้อย แต่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ในระบบความเค็มต่ำ ซึ่งน้ำในบ่อมีปริมาณของคลอไรด์ในน้ำน้อย ปัญหาความเป็นพิษของไนไตรท์ในบ่อกุ้ง จึงเกิดได้ง่ายกว่า การใส่เกลือหรือเติมเกลือลงในน้ำ จึงมีความจำเป็นอย่างมากหากพบว่าค่าไนไตรท์ในบ่อสูง

6.8 ความโปร่งแสงของน้ำ (transparency)

เป็นค่าแสดงความสามารถให้แสงส่องผ่านลงสู่ผิวน้ำ บางครั้งเรียกว่าความขุ่น (turbidity) แสงมีความสำคัญมากต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของแพลงก์ตอนพืชในน้ำ เพื่อผลิตสารอินทรีย์ และในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จะให้ออกซิเจนออกมาเป็นผลพลอยได้ ซึ่งออกซิเจนละลายในน้ำที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการดำรงชีวิตของกุ้ง โดยคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ชนิดบี จะพบในแพลงก์ตอนพืชสีเขียว และคลอโรฟิวล์ชนิดซี จะพบในแพลงก์ตอนพืชสีน้ำตาล โดยคลอโรฟิลล์เอ จะมีบทบาทมากที่สุดในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแหล่งน้ำที่มีค่าความโปร่งแสงอยู่ระหว่าง 30 - 60 เซนติเมตร มีความเหมาะสมสำหรับการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ

6.9 ปริมาณของสารแขวนลอย (suspended solid)

แหล่งเลี้ยงทะเลส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณปากแม่น้ำ หรือบริเวณน้ำกร่อย น้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งจะมีปริมาณของสารแขวนลอยสูง โดยเฉพาะอนุภาคดิน และสารอินทรีย์ที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินจากแผ่นดิน เมื่อสูบน้ำเข้าสู่บ่อเลี้ยง และอยู่สภาพนิ่ง สารแขวนลอยจะตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อแต่จะกลับสู่สภาพแขวนลอยอีกครั้งมีมีการเปิดเครื่องตีน้ำในขณะเลี้ยง ปริมาณของสารแขวนลอยในน้ำจะมีความสัมพันธ์เป็นปฏิภาคส่วนกลับกับค่าความ โปร่งแสงของน้ำ ถ้ามีปริมาณของแข็งแขวนลอยมากน้ำจะมีความโปร่งแสงน้อยลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำปริมาณของสารแขวนลอยไม่ควรสูงเกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.10 ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ (organic matter)

ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชและซากสัตว์ในเขตน้ำกร่อยจะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ จากน้ำทิ้งชุมชน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์สภาพมีออกซิเจน (aerobic) และสภาพขาดออกซิเจน (anaerobic) ปกติจะวัดปริมาณสารอินทรีย์ในรูปของค่าบีโอดี (biochemical oxygen demand, BOD) ซีโอดี (chemical oxygen demand, COD) และทีโอซี (total organic carbon, TOC) สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนิยมวัดปริมาณ

สารอินทรีย์ในรูปของบีโอดี น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งมีการปนเปื้อนของอินทรีย์สารสูง ส่วนใหญ่มากจากอาหารส่วนที่เหลือ สิ่งขับถ่าย และซากแพลงก์ตอน ซึ่งจะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิด aerobic bacteria จะต้องใช้ออกซิเจนเพื่อการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้

6.11 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide, H_2S)

ในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจะเกิดกระบวนการเผาผลาญสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ซึ่งเกิดจาก heterotrophic bacteria สามารถใช้ออกซิเจนจากซัลเฟตในน้ำ (SO_4^{2-}) ในกระบวนการเมตาบอลิซึม ทำให้เกิดก๊าซไข่เน่า (H_2S) ซึ่งเป็นสารพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ความเข้มข้นของก๊าซไข่เน่า เป็นปฏิภาคผกผันกับค่า pH ในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลไม่ควรมีก๊าซไข่เน่า ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการขาดออกซิเจน เนื่องจากไปขัดขวางออกซิเจนภายในเซลล์ทำให้ปริมาณแลกเตท (lactate) ในเลือดสูงขึ้นความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะรุนแรงกว่าการขาดออกซิเจน ระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงสุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งทะเล คือ 0.033 มิลลิกรัมต่อลิตร การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล ส่วนใหญ่มาจากการให้อาหารมากเกินไป หรือแพลงก์ตอนพืชตายเป็นจำนวนมากแล้วเกิดการเน่าสลาย พื้นบ่อที่มีสีดำ และมีกลิ่นคล้ายไข่เน่า เป็นลักษณะการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ การแก้ปัญหาทำได้โดยเพิ่มเครื่องให้อากาศ ดูดเลนหรือตะกอนสีดำที่เน่าเสียบริเวณพื้นบ่อออกไป (เก็บในบ่อเก็บเลน) และมีการถ่ายน้ำมากขึ้น เพื่อระบายของเสียพื้นบ่อที่อาจจะฟุ้งกระจายในขณะที่ ดูดเลน เพิ่มพีเอชของน้ำโดยเฉพาะในระดับพื้นบ่อโดยการใช้วัสดุปูนละลายน้ำสาดให้ทั่วบ่อ ความเป็นพิษของไฮโดรเจนซัลไฟด์ก็จะลดลงแต่การป้องกันที่ดีที่สุดคือ รักษาพื้นบ่อให้สะอาด และระดับออกซิเจนสูงตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงไม่เกิดปัญหาเรื่องก๊าซไข่เน่า

6.12 ปริมาณโลหะหนัก (heavy metal)

ความทนทานต่อโลหะหนัก คิดเป็นร้อยละ 50 ของ Lethal Concentration (LC - 50) ที่ 90 ชั่วโมง พบว่า ในปลา และสัตว์น้ำต่างๆ มีค่าความทนทาน LC - 50 ต่อปริมาณการปนเปื้อน ดังนี้ แคดเมียม (cadmium) อยู่ระหว่าง 80 - 420 ไมโครกรัมต่อลิตร โครเมียม (chromium) อยู่ระหว่าง 2,000 - 20,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ทองแดง (copper) อยู่ระหว่าง 300 - 1,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ตะกั่ว (lead) อยู่ระหว่าง 1,000 - 40,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ปรอท (mercury) อยู่ที่ 10 – 40 ไมโครกรัมต่อลิตร และสังกะสีอยู่ระหว่าง 1,000 - 10,000 ไมโครกรัมต่อลิตร (โปรโมชั่นไซน์, 2557)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัชกาล พันธวิศิษฏ์ (2559) การศึกษาประสิทธิภาพ และเกณฑ์การออกแบบอุปกรณ์เติมอากาศแบบเวนจูรี่ และการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์สร้างฟิล์มของเหลว พบว่า ความเร็วของน้ำบริเวณคอคอดของเวนจูรี่ขนาด 2 นิ้ว ให้ประสิทธิภาพในการดูดอากาศสูงอยู่ในช่วง 12 - 15 เมตรต่อวินาที ระดับความลึกของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อประสิทธภาพการเติมอากาศที่ดีขึ้น แต่อัตราการไหลอากาศจากเวนจูรี่ที่เหมาะสมจะสูงตาม ด้านอุทกศาสตร์ฟองอากาศแบบเวนจูรี่ พบว่า ฟองอากาศมีการเคลื่อนที่ในลักษณะเป็นเส้นโค้งขึ้นสู่ผิวน้ำ โดยระยะทางที่ฟองอากาศที่พุ่งออกไปด้านหน้าจะแปรผันตรงกับอัตราไหลของน้ำ และตัวแปรขนาดฟองอากาศ ฟองอากาศของเวนจูรี่ขนาด 2 นิ้ว ที่อัตราไหลของอากาศ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง พบว่า มีค่าเฉลี่ยขนาดฟองอากาศเท่ากับ 3.26 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าหัวทราย แต่มีขนาดใกล้เคียงกับฟองอากาศจากท่อยางยืดหยุ่น การพัฒนาประสิทธิภาพของเวนจูรี่โดยการติดตั้งอุปกรณ์สร้างฟิล์มของเหลว สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเวนจูรี่ขนาด 2 นิ้ว มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทออกซิเจนได้ประมาณร้อยละ 5.10 - 9.43 สร้างสมการทำนายอัตราส่วนการไหลของอากาศต่อน้ำ และสมการทำนายค่าสัมประสิทธ์การถ่ายเทออกซิเจนมาตรฐาน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุด ร้อยละ 12.03 และ 14.50 ตามลำดับ จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า เวนจูรี่สามารถเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำได้ใกล้เคียงกับของ ปฏิวัติ บุญมา และคณะ (2561) การศึกษาการประยุกต์ใช้ไมโครบับเบิ้ลโอโซนร่วมกับระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ในบำบัดน้ำในคลอง ซึ่งติดตั้งเครื่องบำบัดน้ำแบบไมโครร่วมกับระบบเติมอากาศเวนจูรี่บนทุ่นลอยสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี และผลจากการทดสอบปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริญา พานิชย์ และคณะ (2564) การศึกษาการใช้เวนจูรี่ร่วมกับถังความดัน พบว่าชุดสร้างฟองอากาศขนาดเล็กที่ไม่ได้ใช้ความดันมีขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร โดยฟองอากาศไม่สเถียรทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเฉลี่ยเพียง 3.72 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่เมื่อเพิ่มระดับของความดันทำให้ฟองอากาศเล็กลง มีปริมาณออกซิเจนละลานน้ำเฉลี่ย 7.40 มิลลิกรัมต่อลิตร

ประภัสร มหาพัฒนไทย และคณะ (2550) การสร้างเครื่องกลเติมอากาศอย่างง่าย เพื่อใช้ในการเติมออกซิเจนในน้ำใช้หลักการของเครื่องสูบน้ำแบบคันโยกหรือคันชัก โดยประยุกต์หลักการของท่อเวนจูรี่ในการเพิ่มความดันของท่อผสมน้ำ และอากาศ ในงานวิจัยสร้างเครื่องมือในการเติมออกซิเจน 5 แบบ พบว่า เครื่องกลสูบน้ำคันชักแบบกระบอกคู่ อัตราส่วนน้ำต่ออากาศ 1 ต่อ ความดันในท่อผสม 0.35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทำให้เกิดการรวมตัวของน้ำและฟองอากาศในท่อผสมมากที่สุด

หรือมีประสิทธิภาพในการเติมออกซิเจนดีที่สุด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าออกซิเจนอิ่มตัว 7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าสัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทออกซิเจนลงในน้ำ เท่ากับ 19.278 ชม$^{-1}$ การวิเคราะห์ ณ ภาวะมาตรฐาน ความดัน 1 บรรยากาศ, อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความสามารถในการเติมออกซิเจนของเครื่องกลเท่ากับ 5.62×10^3 กิโลกรัมออกซิเจนต่อชั่วโมง อัตราการถ่ายเทออกซิเจนเท่ากับ 0.44 กิโลกรัมออกซิเจนต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนเท่ากับร้อยละ 2.08 ในขณะที่ กฤษณี วงศ์วุฒิวัฒน์ และคณะ (2563) การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการให้อากาศด้วย diffuser ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมแบบผ้าใบ พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณตะกอนเลนต่อหน่วยพื้นที่ในชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันอย่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยชุดการทดลองที่ 2 เป็น diffuser ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพรวมตะกอนเลนได้ดีกว่า สามารถกำจัดออกได้ง่ายกว่า และมีผลให้มีการเจริญเติบโตดี

พุทธ ส่องแสงจินดา และคณะ (2543) การศึกษาการบริโภคออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีผลผลิตต่างกัน ออกซิเจนละลายน้ำเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ปริมาณการบริโภคออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขึ้นอยู่กับ การหายใจของน้ำ ตะกอนดินก้นบ่อ และกุ้ง การทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความต้องการบริโภคออกซิเจนในการหายใจ ของทั้ง 3 ปัจจัย และปริมาณออกซิเจนละลายที่กุ้งสามารถนำไปใช้ได้ ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีผลผลิตต่างกัน โดยการวัดออกซิเจนละลายน้ำ และอุณหภูมิต่อเนื่องทุก 15 นาที ในตอนกลางคืน คำนวนค่าการหายใจทั้งหมดของบ่อจากค่าความชันที่จุดออกซิเจนอิ่มตัว ร้อยละ 100 จากการคำนวนปริมาณออกซิเจนที่กุ้งสามารถนำไปใช้ได้ที่ระดับของออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้กุ้งเจริญเติบโตได้ดี พบว่า การหายใจทั้งหมดของบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำตลอดระยะเวลาเลี้ยง เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 179 - 1,186 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง โดยจะเพิ่มตามระยะเวลาเลี้ยงการหายใจเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการเลี้ยงของดิน น้ำ และกุ้ง คิดเป็นร้อยละ 45, 45 และ 10 ตามลำดับ ภายในระยะเวลาเลี้ยง 100 วัน จะมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่บ่อเลี้ยงมีอายุมากกว่า 100 วัน จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการหายใจที่เกิดขึ้นในบ่อ เนื่องจากแต่ละบ่อมีผลผลิตต่างกัน (640 และ 399 กรัมต่อบ่อ) ค่าการหายใจทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในน้ำมวลชีวภาพของกุ้ง และปริมานอาหารสะสม ในบ่อเลี้ยง ผลการศึกษาในครั้งนี้ยังพบว่า ในช่วงเที่ยงคืนจนถึงเช้าตรู่ บ่อเลี้ยงกุ้งที่มีผลผลิตต่ำจะมีออกซิเจนที่กุ้งสามารถนำไปใช้ได้อยู่ในน้ำมากกว่า (2,025 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร) บ่อที่มีผลผลิตสูง (683 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไปในทิศทางเดียวกับ ทัศนีย์ นลวชัย และคณะ (2555) การทดลองผลของปริมาณออกซิเจน แอมโมเนีย และความเป็นกรดด่าง ผลของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ต่อการกินอาหารของกุ้งข้าวแวนนาไม พบว่า ในบ่อทดลองที่มีออกซิเจนละลายน้ำ

สูงกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรดด่าง 7.5 – 8.5 มีอาหารเหลือหลังจากให้อาหาร 30 นาทีน้อยที่สุดจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีผลต่อการกินอาหาร

ณัฐธิดา บุญเพ็ง และคณะ (2564) การเปรียบเทียบการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ระบบน้ำใสเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงสุดที่ความหนาแน่นแตกต่างกัน เปรียบเทียบผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทนในการเลี้ยงด้วยระบบใส ที่อัตราความหนาแน่นแตกต่างกัน ในฟาร์มเอกชน จังหวัดจันทบุรี พบว่าในชุดการทดลองที่ 1 ที่มีความหนาแน่น 150,000 ตัวต่อไร่ มีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตายดีกว่า ชุดการทดลองที่ 2 ที่มีความหนาแน่น 300,000 ตัวต่อไร่ แต่กำไรเฉลี่ยจากการเลี้ยงทั้ง 2 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

วิธีการดำเนินการ

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ เปรียบเทียบกับระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)* ระยะ PL12 มีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1) บ่อเลี้ยงขนาด 4 ตัน จำนวน 6 บ่อ
2) เครื่องสูบน้ำ 1 นิ้ว 220 โวลต์ 450 วัตต์ 45 ลิตรต่อนาที จำนวน 4 เครื่อง
3) ท่อเวนจูรี่ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 4 ชิ้น
4) ท่อ PVC และข้อต่อ เส้นผ่านศูนย์กลาง 22, 26 และ 34 มิลลิเมตร
5) เครื่องสูบน้ำขนาด 2 นิ้ว
6) โซเดียมไบคาร์บอเนต
7) แคลเซียมคาร์บอเนต
8) โซเดียมไทโอซัลเฟต
9) คลอรีน
10) สวิงตาถี่ สวิงตาใหญ่
11) สว่านไฟฟ้า
12) ลูกกุ้งขนาด PL12 จำนวน 90,000 ตัว
13) อาหารกุ้งกุลาดำเบอร์ 1, 2
14) สีน้ำเทียม
15) ชุดวัดความเป็นด่าง Alkaline Test Kit
16) ชุดวัดคลอรีน Chlorine Test Kit
17) ชุดวัดแอมโมเนีย Ammonia Test Kit
18) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง pH meter
19) ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ
20) เครื่องวัดความเค็มแบบหักเหแสง (refractometer)
21) เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
22) เครื่องดูดกลืนแสงใช้สำหรับตรวจ แอมโมเนีย และไนไตรท์

การวางแผนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์เปรียบเทียบกับเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)* ระยะ PL12 โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) แบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ใช้ระยะเวลา ในการเลี้ยง 30 วัน ประกอบด้วย

ชุดการทดลองที่ 1 ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป (ชุดควบคุม)

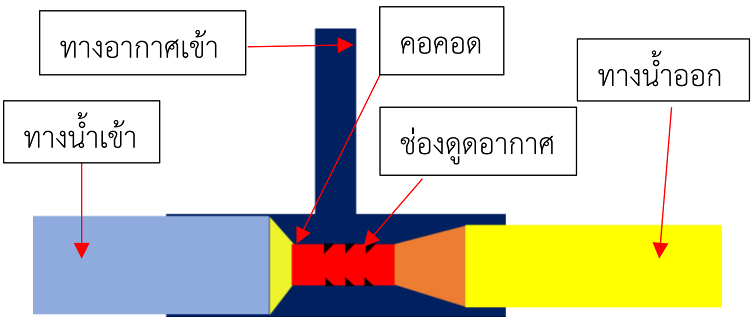
ชุดการทดลองที่ 2 ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมการทดลอง

1.1 การประยุกต์หัวเวนจูรี่

ใช้สามทางขนาด 25 มิลลิเมตร ลด 18 มิลลิเมตร (1 นิ้ว ลด 4 หุน) เพื่อเป็นกรอบของเวนจูรี่ ใช้ท่อขนาด 25 มิลลิเมตรเป็นท่อน้ำเข้าโดยใช้ความร้อนบีบอัดปลายท่อให้เหลือ 18 มิลลิเมตร (4 หุน) เพื่อเป็นคอคอดของเวนจูรี่ ช่องดูดอากาศ ทำการเจาะรูส่วนที่เป็นคอคอดจำนวน 4 รู 3 แถว ไม่ให้รูตรงกัน ขนาดรูเท่ากับข้อต่อตรงหัวทราย ใช้ข้อต่อสายหัวทรายตัดแบ่งครึ่งแล้วปาดด้านปลายให้แหลม เสียบเข้าในรูที่เจาะไว้ ให้ด้านแหลมเข้าไปข้างใน หมุนด้านที่สูงมาไปทางด้านน้ำเข้า ส่วนท่อน้ำออกใช้ท่อขนาด 20 มิลลิเมตร (6 หุน) ใช้ความร้อนความร้อนรีดเล็กน้อยเพื่อสวมกับคอคอด ใช้กาวสำหรับติดท่อ PVC ยึดข้อต่อส่วนต่างๆ ใช้แท่ง PVC ให้ความร้อนอุดช่องว่างระหว่างกรอบสามทาง และท่อน้ำออกขนาด 20 มิลลิเมตร (6 หุน)



ภาพที่ : 23 เวนจูรี่ที่ประยุกต์

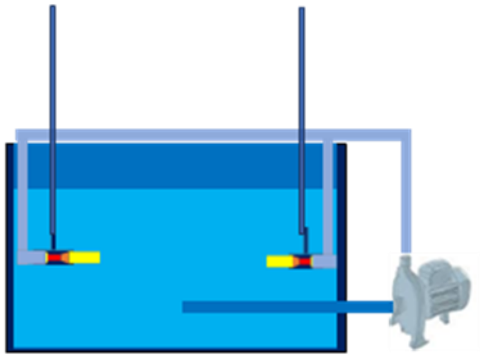
1.2 เตรียมอุปกรณ์ และสถานที่

เตรียมบริเวณที่ทำการทดลอง เตรียมบ่อทดลอง บ่อปรับสภาพน้ำ และบ่อพักน้ำ ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจานต่อโพวิโดนต่อน้ำ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ต่อ 20 ล้างด้วยน้ำสะอาด ตากบ่อไว้ให้แห้ง

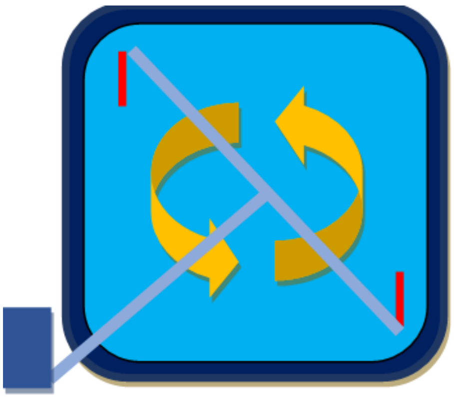
1.3 เตรียมบ่อทดลอง

- ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุม (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป)
- ชุดการทดลองที่ 2 ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์

ทุกชุดการทดลงติดตั้งหัวเวนจูรี่ในรูปแบบเดียวกันเดียวกันใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเท่ากัน ขนาดท่อเท่ากันโดยต่างกันที่ในชุดการทดลองที่ 1 ติดตั้งเวนจูรี่ทั่วไป และชุดการทดลองที่ 2 ติดตั้งเวนจูรี่ประยุกต์ และทดสอบระบบ เปิดระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่เพื่อดูประสิทธิภาพเบื้องต้น



ภาพที่ : 24 การติดตั้งระบบเวนจูรี่



ภาพที่ : 25 ทิศทางการวางหัวเวนจูรี่

1.4 การเตรียมน้ำ

เติมน้ำเข้าบ่อพักน้ำผ่านถุงกรอง ความเค็ม 15 ส่วนในพันส่วน เติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อในน้ำ 45 มิลลิกรัมต่อลิตร เป่าอากาศเพื่อให้น้ำผสมกันทั่วถึงประมาณ 1 - 2 วัน จนกระทั่งคลอรีนหมดหากคลอรีนไม่หมดจะเติมโซเดียมไทโอซัลเฟต (เพื่อกำจัดคลอรีนที่เหลือ) ตรวจสอบค่าความเป็นกรดด่างให้อยู่ในช่วง 8.0 - 8.5 ปรับโดยการเติมน้ำปูนขาว และค่าความเป็นด่างให้อยู่ในช่วง 180 - 200 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิดลมบ่อพักเพื่อให้ตะกอนตกลงไปที่ก้นบ่อ สูบน้ำจากใต้ผิวน้ำ เติมลงบ่อทดลองผ่านถุงกรองจำนวน 3 ตัน ในบ่อ 4 ตัน

1.5 การเตรียมลูกกุ้งขาวแวนนาไม

เตรียมกุ้งขาวแวนนาไมระยะ PL12 จำนวน 90,000 ตัว ปล่อยอัตราความหนาแน่น 5 ตัวต่อลิตร สุ่มน้ำหนัก ทดสอบความเครียด

1.6 การเตรียมอาหาร และให้อาหาร

เตรียมอาหารที่ใช้เลี้ยงเป็นอาหารเม็ดสำเร็จรูปกุ้งกุลาดำ เบอร์ 1 - 2 ให้อาหารวันละ 5 มื้อ เวลา 06.00 น. 09.00 น. 13.00 น. 17.00 น. และ 21.00 น. ตามลำดับ โดยปริมาณอาหารที่ใช้ตามโปรแกรมมาตรฐานของการให้อาหารในบ่อเลี้ยงกุ้งของ (บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน), 2564) โดยประเมินการกินอาหารจากการดูดตะกอนในบ่อก่อนให้อาหาร

2. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1) ล้างทำความสะอาดพื้นที่ทำการทดลอง บ่อทำการทดลอง บ่อพักน้ำ
2) วางระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ และทดสอบระบบ
3) พักน้ำ ฆ่าเชื้อ และปรับแต่งคุณภาพน้ำ
4) เติมน้ำที่พัก และผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ลงในบ่อทดลอง จำนวน 3 ตัน จำนวน 4 บ่อ
5) สุ่มน้ำหนัก วัดความยาว ของลูกกุ้งก่อนปล่อย
6) ปล่อยกุ้งจำนวน 15,000 ตัวต่อบ่อ
7) ให้อาหาร 5 มื้อต่อวัน เวลา 06.00 น. 09.00 น. 13.00 น. 17.00 น. และ 21.00 น.
8) เปลี่ยนถ่ายน้ำในบ่อระหว่างการเลี้ยงกุ้งวันละครั้ง ถ่ายน้ำร้อยละ 40 ทุกวัน จนสิ้นสุดการทดลอง
9) ตรวจวัดคุณภาพน้ำด้านปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเค็ม ค่าความเป็นด่าง อุณหภูมิน้ำ ทุกวันและค่าแอมโมเนีย ค่าไนตรท์ ทุกๆ สามวัน
10) สุ่มน้ำหนัก วัดความยาว ก่อนปล่อย อายุ 15 วัน และ 30 วัน (สิ้นสุดการทดลอง)

3. การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลระหว่างการเลี้ยง บันทึกข้อมูลปริมาณอาหารที่ให้ในแต่ละวัน บันทึกคุณภาพน้ำด้านปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความเค็ม ค่าความเป็นด่าง อุณหภูมิน้ำ ทุกวัน และค่าแอมโมเนีย ค่าไนตรท์ ทุกๆ 3 วัน ก่อนปล่อย สุ่มลูกกุ้งขาวแวนนาไม ระยะ PL12 ชั่งน้ำหนัก และวัดความยาว ร้อยละ 10 ของจำนวนกุ้งที่ปล่อย หลังจากนั้นเมื่อกุ้งทดลองมีอายุ 15 วัน และ 30 วัน การสุ่มชั่งน้ำหนัก และวัดความยาวสุดท้าย

3.1 การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ

1) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ต้องเก็บทุกวัน

- ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)
- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
- ความเค็ม (salinity)
- ความเป็นด่าง (alkalinity)
- อุณหภูมิน้ำ (temperature)

2) ข้อมูลคุณภาพน้ำที่ต้องเก็บทุกสามวัน

- ปริมาณแอมโมเนีย
- ไนไตรท์

3.2 การวัดความยาว (total length) โดยการวัดความยาวจากปลายสุดของกรีไปจรดปลายสุดของหาง

3.3 การวิเคราะห์หาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย

1) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain, ADG)

$$= \frac{\text{น้ำหนักกุ้งสุดท้าย - น้ำหนักกุ้งเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

2) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (feed conversion ratio, FCR)

$$= \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กุ้งกิน}}{\text{น้ำหนักกุ้งที่เพิ่มขึ้น}}$$

3) อัตราการรอดตาย (survival rate, %)

$$= \frac{\text{จำนวนกุ้งสุดท้าย}}{\text{จำนวนกุ้งเริ่มต้น}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิเคราะห์แบบ T - test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ เปรียบเทียบกับระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)* ระยะ PL12 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์เปรียบเทียบกับระบบการให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม โดยมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ แอมโมเนีย ไนไตรท์ อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตายของลูกกุ้งขาวแวนนาไมเป็นข้อมูลบ่งชี้ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. คุณภาพน้ำ

1.1 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen, DO)

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	**ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ** (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	5.60±0.02
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	6.67±0.04
ผลการวิเคราะห์	0.001

จากตารางที่ 4 ผลการทดลอง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำของชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.67±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.60±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ทราบว่าปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป จากผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.2 แอมโมเนีย (ammonia)

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	ปริมาณแอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	0.62±0.02
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	0.64±0.03
ผลการวิเคราะห์	0.14

จากตารางที่ 5 ผลการทดลอง ปริมาณแอมโมเนีย (Ammonia) ของชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.62±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ทราบว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปดีกว่าระบบเวนจูรี่ประยุกต์ แต่ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

1.3 ไนไตรท์ (nitrite)

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณไนไตรท์ของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	0.23±0.01
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	0.27±0.01
ผลการวิเคราะห์	0.002

จากตารางที่ 6 ผลการทดลอง ปริมาณไนไตรท์ (nitrite) ของชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.23±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ทราบว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปดีกว่าระบบเวนจูรี่ประยุกต์ ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.4 คุณภาพน้ำอื่นๆ

ตารางที่ 7 แสดงคุณภาพน้ำของน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

คุณภาพน้ำ	**เวนจูรี่ทั่วไป**	**เวนจูรี่ประยุกต์**
ความเป็นกรดด่าง	7.52 - 7.98	7.40 - 8.18
ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	187.00 - 215.33	187.00 - 221.00
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	25.33 - 30.67	27.00 - 32.00
ความเค็ม (ส่วนในพันส่วน)	14.00 - 15.00	13.67 - 15.00

จากตารางที่ 7 คุณภาพน้ำในบ่อทดลองที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปและระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีความเป็นกรดด่างอยู่ที่ระหว่าง 7.52 - 7.98 และ 7.40 - 8.18 ความเป็นด่างอยู่ที่ระหว่าง 187 - 215.33 และ 187 - 221 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิอยู่ที่ระหว่าง 25.33 - 30.67 และ 27 - 32 ความเค็มอยู่ที่ระหว่าง 14 - 15 และ 13.67 - 15 ส่วนในพันส่วนตามลำดับ

2. การเจริญเติบโต

2.1 น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 แสดงน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปและเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	**น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น** (กรัม)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	3.66±0.08
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	4.57±0.13
ผลการวิเคราะห์	0.01

จากตารางที่ 8 ผลการทดลองน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไม ชุดการทดลองที่ 2(ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57±0.13 กรัม ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.66±0.08 กรัม ทำให้ทราบว่าระบบเวนจูรี่ประยุกต์ดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.2 ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 แสดงความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปและเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	**ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น** (เซนติเมตร)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	4.73±0.08
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	5.35±0.10
ผลการวิเคราะห์	0.004

จากตารางที่ 9 ผลการทดลอง ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นของกุ้งขาวแวนนาไม ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.35±0.13 เซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73±0.08 เซนติเมตร ทำให้ทราบว่า ระบบเวนจูรี่ประยุกต์ดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.3 อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily weight gain, ADG)

ตารางที่ 10 แสดงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปและเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	**อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน** (กรัมต่อวัน)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	0.12±0.002
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	0.15±0.004
ผลการวิเคราะห์	0.011

จากตารางที่ 10 ผลการทดลอง อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของกุ้งขาวแวนนาไม ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.15±0.004 กรัมต่อวัน ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.12±0.002 กรัมต่อวัน ทำให้ทราบว่า ระบบเวนจูรี่ประยุกต์ดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.4 อัตราการรอดตาย (survival Rate)

ตารางที่ 11 แสดงอัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	**อัตตราการรอดตาย** (ร้อยละ)
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	74.87±2.27
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	80.84±0.64
ผลการวิเคราะห์	0.06

จากตารางที่ 11 ผลการทดลอง อัตราการรอดตายของกุ้งขาวแวนนาไม ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีอัตราการรอดตายเท่ากับร้อยละ 80.84±0.64ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีอัตราการรอดตายเท่ากับร้อยละ 74.87±2.27 ทำให้ทราบว่า ระบบเวนจูรี่ประยุกต์ดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป แต่ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

2.4 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ (Feed Conversion Ratio: FCR)

ตารางที่ 12 แสดงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป และเวนจูรี่ประยุกต์

ชุดการทดลอง	**อัตตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ**
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป	1.84±0.06
ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์	1.94±0.04
ผลการวิเคราะห์	0.21

จากตารางที่ 12 ผลการทดลอง อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อของกุ้งขาวแวนนาไม ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.94±0.04 ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ 1.84±0.06 ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปดีกว่าระบบเวนจูรี่ประยุกต์ แต่ผลการทดสอบข้อมูลทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ เปรียบเทียบกับระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)* ระยะ PL12 พบว่า กุ้งขาวแวนนาไมระยะ PL12 ที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์จะมีตัวชี้วัดด้านปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.67±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำให้ทราบว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์มีประสิทธิภาพในการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงได้ดีกว่าในระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป น่าจะเป็นเพราะหัวเวนจูรี่ที่ประยุกต์มีการเพิ่มช่องสำหรับให้อากาศเข้าทำให้อากาศเข้าได้มากขึ้น ซึ่งหัวเวนจูรี่ประยุกต์ มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ ปฏิวัติ บุญมา และคณะ (2561) ศึกษาการประยุกต์ใช้ไมโครบับเบิ้ลโอโซนร่วมกับระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ ในบำบัดน้ำในคลอง ซึ่งติดตั้งเครื่องบำบัดน้ำแบบไมโครร่วมกับระบบเติมอากาศเวนจูรี่บนทุ่นลอยสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี และผลจากการทดสอบทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ด้านค่าแอมโมเนียในระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.64±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นภายในบ่อ ส่วนใหญ่มาจากสารประกอบโปรตีนในอาหาร ที่ถูกกิน ถูกย่อยสลาย และขับถ่ายกลายเป็นสารประกอบแอมโมเนีย ปริมาณแอมโมเนียในบ่อจึงสอดคล้องกับปริมาณอาหารที่ให้ ส่วนค่าไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.27±0.01มิลลิกรัมต่อลิตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากไนไตรท์ภายในบ่อจะมาจากกระบวนการย่อยสลายแอมโมเนียของแบคทีเรียในสภาวะที่มีออกซิเจนละลายน้ำสูง ปริมาณแอมโมเนียในสภาพน้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่มาก แบคทีเรีย กลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) จะใช้ออกซิเจน และแอมโมเนียในกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) ทำให้เปลี่ยนสภาพไปเป็น ไนไตรท์ ซึ่งสอดคลองกับเพ็ญศรี เมืองเยาว์ (2555) กล่าวว่า ไนโตรเจนในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เกิดจากสิ่งขับถ่ายออกมาในรูปของแอมโมเนีย และสัตว์น้ำหรือจุลินทรีย์ที่ตายลง เกิดเป็นสารอินทรีย์ภายในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจุลินทรีย์จะกิน และย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นซากเน่าเปื่อย ผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (กระบวนการย่อยกรดอะมิโนแล้วขับไนโตรเจนออกมาเป็นแอมโมเนีย) ไนโตรเจนจากสารอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ในสภาวะที่มีออกซิเจน แอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรทโดยแบคทีเรีย กลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) ในกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) ผลการทดลองค่าแอมโมเนียมีค่าเกินมาตรฐาน แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยังสามารถยอมรับได้ ไม่เป็นอันตรายต่อกุ้งขาวแวนนาไม ปริมาณแอมโมเนียที่สูง อาจเนื่องมาจากปริมาณกุ้งขาวแวนนาไมที่มีความหนาแน่น และอาจเกิดของเสียหรือเศษอาหารเหลือมาก จึงทำให้ค่าแอมโมเนียสูงกว่ามาตรฐาน ปริมาณไนไตรท์ในระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระบบให้อากาศแบบทั่วไป

เนื่องจากปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์สูงกว่าในระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ทำให้แบคทีเรียมีความสามารถในการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนไตรท์ได้ดีกว่า ทำให้มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน แต่ยังคงยอมรับได้ ซึ่งทั้งแอมโมเนีย และไนไตรท์ มีค่าใกล้เคียงกับ โปรโมชั่นไซน์ (2557) กล่าวว่าระดับความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ทำให้สัตว์น้ำตาย โดยปกติอยู่ในช่วง 0.4 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปของแอมโมเนียในการทดลองแบบพิษเฉียบพลันระหว่าง 24 - 72 ชั่วโมง แต่สำหรับกุ้งมีรายงานว่า แอมโมเนียที่ความเข้มข้น 1.29 มิลลิกรัมต่อลิตร ในรูปแอมโมเนีย จะทำให้กุ้งตายได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง ความเป็นพิษของไนไตรท์ในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ระยะ Zoea ที่ 24 ชั่วโมง Lethal Concentration (LC - 50) เท่ากับ 13.20 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อลิตร ในบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลไนไตรท์ไม่ควรเกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้านแอมโมเนีย และไนไตรท์ที่เกินมาตรฐานนั้น อาจจะเกิดจากกระบวนการในการกำจัดของเสีย กำจัดของเสียในระบบได้ไม่มากพอ

ด้านการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 4.57±0.13 กรัม ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 5.35±0.13 เซนติเมตร และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 0.15±0.004 กรัมต่อวัน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และมีประสิทธิภาพดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป อัตราการรอดตายของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีค่าเท่ากับร้อยละ 80.84±0.64 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ ของระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.84±0.06 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ อาจเนื่องมาจากออกซิเจนละลายน้ำจึงเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม ปริมาณการบริโภคออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ขึ้นอยู่กับการหายใจของกุ้งขาวแวนนาไม การย่อยสลายสารอินทรีย์ ของจุลินทรีย์ภายในบ่อ โดยเฉพาะกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนไตรท์ และไนเตรท ออกซิเจนละลายน้ำที่เพียงพอจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต ซึ่งสอดครองกับ ทัศนีย์ นลวชัย และคณะ (2555) การศึกษาระดับออกซิเจน แอมโมเนีย และความเป็นกรดเป็นด่าง ต่อการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม หากค่าออกซิเจนละลายน้ำมากกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณอาหารเหลือหลังจากการให้อาหาร 30 นาที น้อยที่สุด สามารถแสดงให้เห็นว่า ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ มีผลต่อการกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไม ส่งผลต่ออัตราการรอดตาย และการเจริญเติบโตของกุ้งขาวแวนนาไม

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ เปรียบเทียบกับระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป ในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Penaeus vannamei)* ระยะ PL12 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์เปรียบเทียบกับระบบการให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ประกอบด้วย 2 ชุดการทดลอง ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป) ชุดการทดลองที่ 2 (ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์) ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยปล่อยลูกกุ้งขาวแวนนาไมจำนวน 15,000 ตัวต่อบ่อ เลี้ยงเป็นระยะเวลา 30 วัน สามารถสรุปผลการได้ว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป โดยที่ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย 6.67±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.57±0.13 กรัม ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 5.35±0.10 เซนติเมตร อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน 0.15±0.004 กรัมต่อวัน อัตราการรอดตายมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.84±0.64 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ มีค่าเท่ากับเฉลี่ย 1.94±0.04 ซึ่งสูงกว่าสูงกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านปริมาณแอมโมเนียมีค่าเฉลี่ย 0.64±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ด้านค่าไนไตรท์มีค่าเฉลี่ย 0.27±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติจะไม่มีความแตกต่างในบางประเด็น แต่ระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ประยุกต์ มีแนวโน้วที่แสดงประสิทธิภาพดีกว่าระบบให้อากาศแบบเวนจูรี่ทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพในให้อากาศของเวนจูรี่ประยุกต์ในบ่อที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการให้อากาศ
2. ควรมีการศึกษาขนาดของคอคอดของหัวเวนจูรี่ และจำนวนช่องดูดอากาศที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กมลศิริ พันธนียะ. 2556. กุ้งขาวแวนนาไม (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.shrimpcenter.com/t-shrimp051.html (7 สิงหาคม 2564)

กระทรวงพลังงาน. 2564ก. ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ (Ventury Aeration) (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay%2037%20Venturi%20Aeration.pdf (8 สิงหาคม 2564)

กระทรวงพลังงาน. 2564ข. ระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ (Ventury Aeration and Curing) (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/factory/factory_venturi.html (8 สิงหาคม 2564)

กรมประมง. 2564. เกณฑ์การประเมินสุขภาพลูกกุ้ง (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20190301135305_1_file.pdf (9 สิงหาคม 2564)

กสิพันธารัต. 2564. สายยางเติมอากาศโอทูบับเบิ้ล (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://kasipantarut.com/index.php/recommended-product/o2-bubble-air-hose-50-meters-fine.html (10 สิงหาคม 2564)

กฤษณี วงศ์วุฒิวัฒน์ ศักดา วงศวุฒิวัฒน์ สุทธิพงษ์ สิริพร และ พิมาน เหลาะเหม. 2563. ประสิทธิภาพของรูปแบบอุปกรณ์การให้อากาศ (Diffuser) ที่มีผลต่อคุณภาพน้ำและผลผลิตของกุ้งขาว (*Penaeus vannamei*). วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร. 4(2) : 26 – 35.

จิตรลดา ศรีตระกูล และพัชรินธร ลังกาปอน. 2564. สถานการณ์สินค้าทะเลและผลิตภัณฑ์ ปี 2563 (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic/Monthly%20report/Shrimp/กุ้งทะเล%2012%20เดือน%2063%20กุมภา(end).pdf (7 สิงหาคม 2564)

ซี - เทค อินเตอร์เทรด. 2557. กุ้งขาว (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://industry.co.th/t1/knowledge_detail.php?id=2143&uid=43862 (11 สิงหาคม 2564)

ทัศนีย์ นลวชัย วัชริยา ภูรีวิโรจน์กุล นิติ ชูเชิด เกศินี หลายสุทธิสาร และ ชลอ ลิ้มสุวรรณ. 2555. ผลของระดับออกซิเจน แอมโมเนีย และ ความเป็นกรดด่าง. วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง. 6(1) : 44 – 52.

ธิดาพร ฉวีภักดิ์. 2564. โรคกุ้งทะเล (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20191225142503_1_file.pdf (9 สิงหาคม 2564)

เบทาโกร. 2557. คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://betagrofeed.com/community/wp-content/uploads/2014/12/คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว.pdf (8 สิงหาคม 2564)

ปกป้อง อุ้มอยู่. 2564. การเพาะพันธุ์และอนุบาลกุ้งทะเล (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.fisheries.go.th/thacert/images/pdf/docs/การเพาะกุ้ง.pdf (11 สิงหาคม 2564)

ปฏิวัติ บุญมา ชาญณรงค์ หนูอินทร์ และ ประมุข อุณหเลขกะ. 2561. การประยุกต์ใช้ไมโครบับเบิ้ลร่วมกับระบบเติมอากาศแบบเวนจูรี่ในการบำบัดน้ำในคลองพระพิมลราชา ตลาดไทรน้อย อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี. ว.มทรส. 6(1) : 45 – 54.

ประภัสร มหาพัฒนไทย วรวรรณ ตันติวัฒน์ สุพัฒน์ ราชณรงค์ สุภาภรณ์ แก้วศักดา ณรงค์ ประณมวงส์, ทัศนัย เพ่งจินดา และ สำเริง พานสัมฤทธิ์. 2550. การสร้างเครื่องกลเติมอากาศอย่างง่าย. วารสารภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 78 หน้า.

ปริญญา พานิชย์ ประไพพิศ ถาวรศรี และชยุด นันทดุสิต. 2564. ผลของการใช้ชุดสร้างฟองอากาศแบบเวนจูรี่ร่วมกับถังความดันต่อการเกิดอากาศขนาดไมครอนสำหรับใช้เติมอากาศในน้ำ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 13(3) : 245 – 261.

โปรโมชั่นไซน์. (2557). คุณภาพน้ำที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้งทะเล (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.promotionsci.comวัดน้ำ-เลี้ยงกุ้งทะเล/ (9 สิงหาคม 2564)

พุทธ ส่องแสงจินดา ชัชวาล อินทรมนตรี และลักขณา ละอองศิริวงศ์. 2543. การบริโภคออกซิเจนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีผลผลิตต่างกัน. 2543(4). : 13.

เพ็ญศรี เมืองเยาว์. 2555. การหมุนเวียนสารอาหารในแหล่งน้ำและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ. (ออนไลน์). สืบคนจาก : http://www.nicaonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1454:2012-11-06-04-21-37&catid=42:2012-02-20-03-00-29&Itemid=124 (12 สิงหาคม 2564)

รัชกาล พันธวิศิษฏ์. 2559. ประสิทธิภาพ และเกณฑ์การออกแบบอุปกรณ์เติมอากาศแบบเวนจูรี่และการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์สร้างฟีล์มของเหลว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลาซาด้า. 2564. เวนจูรี่ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.lazada.co.th/products/1-venturi-1-inch-i253238204.html (9 สิงหาคม 2564)

วราภรณ์ เอี่ยมสำอางค์. 2560. อุปสรรคการ55ส่งออกกุ้งไทยไปยังสหรัฐอเมริกา และสหภาพยุโรป กับการปรับตัวของผู้ส่งออก (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2017/TU_2017_5904010161_8247_6989.pdf (7 สิงหาคม 2564)

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2564ก. การเลี้ยงกุ้ง (ออนไลน์). สืบจาก : https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/shrimp/controller/01-07.php (8 สิงหาคม 2564)

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2564ข. ระบบเติมอากาศ (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.arda.or.th/kasetinfo/south/shrimp/controller/machinery4.php (8 สิงหาคม 2564)

ภาคผนวก

ข้อมูลการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

1. ด้านน้ำหนัก

ชุดการทดลอง	นน.เฉลี่ยเริ่มต้น (กรัม)	นน.เฉลี่ยสุดท้าย (กรัม)	นน.เฉลี่ยเพิ่มขึ้น (กรัม)
T1R1	0.0274	3.5844	3.5570
T1R2	0.0275	3.7514	3.7239
T1R3	0.0275	3.7128	3.6853
T2R1	0.0276	4.6676	4.6400
T2R2	0.0282	4.6886	4.6604
T2R3	0.0271	4.4516	4.4245

น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	averageweightgain1	3.655400E0	3	.0873751	.0504460
	averageweightgain2	4.574967E0	3	.1307066	.0754635

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
averageweightgain1 - averageweightgain2	-9.1956667E-1	.1725244	.0996070	-1.3481410	-.4909923	-9.232	2	.012

2. ด้านความยาว

ชุดการทดลอง	ความยาวเฉลี่ยเริ่มต้น (เซนติเมตร)	ความยาวเฉลี่ยสุดท้าย (เซนติเมตร)	ความยาวเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (เซนติเมตร)
T1R1	1.52	6.24	4.73
T1R2	1.54	6.19	4.64
T1R3	1.55	6.37	4.82
T2R1	1.53	6.96	5.43
T2R2	1.52	6.76	5.24
T2R3	1.55	6.95	5.39

ความยาวเฉลี่ย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Averagelength1	4.7300	3	.08840	.05104
	Averagelength2	5.3539	3	.10209	.05894

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Averagelength1 - Averagelength2	-.62390	.07119	.04110	-.80076	-.44704	-15.179	2	.004

3. ด้านอัตราการรอดตาย

ชุดการทดลอง	จำนวนกุ้งเริ่มต้น (ตัว)	จำนวนกุ้งสุดท้าย (ตัว)	อัตราการรอดตาย (ตัว)
T1R1	15000	10845	72.30
T1R2	15000	11355	75.70
T1R3	15000	11492	76.61
T2R1	15000	12176	81.17
T2R2	15000	12188	81.25
T2R3	15000	12017	80.11

อัตราการรอดตาย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Survivalrate1	74.8700	3	2.27172	1.31158
	Survivalrate2	80.8433	3	.63634	.36739

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Survivalrate1 - Survivalrate2	-5.97333	2.70991	1.56457	-12.70513	.75847	-3.818	2	.062

4. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

ชุดการทดลอง	น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)	น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม)	น้ำหนักอาหารทั้งหมด (กรัม)	อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ
T1R1	411.15	38873.09	38461.94	73553.68	1.91
T1R2	412.82	42596.86	42184.04	76700.48	1.82
T1R3	412.92	42667.65	42254.73	75625.98	1.79
T2R1	413.89	56833.10	56419.21	108169.15	1.92
T2R2	422.77	57144.21	56721.44	108169.15	1.91
T2R3	405.90	53494.65	53088.75	105615.86	1.99

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	FCR1	1.8400	3	.06245	.03606
	FCR2	1.9400	3	.04359	.02517

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
FCR1 - FCR2	-.10000	.09539	.05508	-.33697	.13697	-1.816	2	.211

5. คุณภาพน้ำ

ชุดการทดลอง	DO (มิลลิกรัมต่อลิตร)	แอมโมเนีย (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไนไตรท์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	pH	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเค็ม (ppt)
T1R1	5.60	0.6461	0.2367	7.67	28.51	202.30	14.93
T1R2	5.63	0.5982	0.2427	7.68	28.44	203.81	14.94
T1R3	5.59	0.6291	0.2291	7.69	28.11	203.24	14.93
T2R1	6.68	0.6767	0.2670	7.64	28.31	203.24	14.48
T2R2	6.64	0.6218	0.2697	7.64	28.73	202.68	14.36
T2R3	6.71	0.6330	0.2597	7.64	28.31	203.62	14.33

5.1 ออกซิเจนละลายน้ำ

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	DO1	5.6067	3	.02082	.01202
	DO2	6.6767	3	.03512	.02028

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
DO1 - DO2	-1.07000	.05568	.03215	-1.20831	-.93169	-33.286	2	.001

5.2 แอมโมเนีย

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Ammonia1	.624444	3	.0242752	.0140153
	Ammonia2	.643838	3	.0289776	.0167302

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Ammonia1 - Ammonia2	-1.9393940E-2	.0138303	.0079849	-.0537502	.0149624	-2.429	2	.136

5.3 ไนไตรท์

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Nitrite1	.236167	3	.0068157	.0039350
	Nitrite2	.265467	3	.0051733	.0029868

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Nitrite1 - Nitrite2	-2.9300000E-2	0019975	0011533	.0342621	.0243379	-25.406	2	.002