อิทธิพลของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงสำหรับการเจริญของคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ที่ใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*)

Influence of Nitrate and Phosphate in Culture Medium on Growth of *Chlorella* sp. and consequently on Rotifer (*Brachionus rotundiformis*)

จักรพงษ์ ศรีพนมยม

Jakkrapong Sripanomyom

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ได้รับทาน
พิมพ์ต้นฉบับ 20.
รับที่ ___ เมื่อ 25 มี.ค. 2544

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Aquatic Science

Prince of Songkla University

2543

เลขหมู่ QK969.C19 J52 2543 c.2

Bib Key 206917

25 มี.ค. 2544

ชื่อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงสำหรับการเจริญของคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ที่ใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*)

ผู้เขียน นายจักรพงษ์ ศรีพนมยม

สาขาวิชา วาริชศาสตร์

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงรัตน์ มีแก้ว)

.....กรรมการ
(นางธิดา เพชรมณี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงรัตน์ มีแก้ว)

.....กรรมการ
(นางธิดา เพชรมณี)

.....กรรมการ
(ดร. วิไลวรรณ เจริญคุณานนท์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธิน)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิติ ทฤษฎิคุณ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงสำหรับการเจริญของคลอเรลลา (*Chlorella* sp.) ที่ใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (*Brachionus rotundiformis*)
ผู้เขียน	นายจักรพงษ์ ศรีพนมยม
สาขาวิชา	วาริชศาสตร์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงต่อการเจริญของคลอเรลลาและโรติเฟอร์ แบ่งการทดลองเป็น 2 ชุดการทดลอง การทดลองแรกเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-70:1 (N:P 1.6:1-32:1) ตามลำดับ พบว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาและโรติเฟอร์ที่ได้แปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุด 10.18×10^6, 10.43×10^6, 12.69×10^6, 14.17×10^6, 15.54×10^6, 18.89×10^6 และ 19.57×10^6 เซลล์/มล.ในวันที่ 6, 6, 7, 8, 8, 9 และ 9 ส่วนโรติเฟอร์ที่กินคลอเรลลาที่ได้หนาแน่นมากที่สุด 190.3, 195.6, 201.0, 203.3, 207.7, 221.4 และ 232.9 ตัว/มล. ตามลำดับพร้อมกันในวันที่ 3 ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในวันที่คลอเรลลาหนาแน่นมากที่สุดและในวันที่เก็บเกี่ยวโรติเฟอร์แปรผันตาม ส่วนฟอสเฟตแปรผกผันกับปริมาณไนเตรทในอาหาร การใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 เหลือไนเตรทในน้ำ 0.02-0.54 และ 0 มก./ล. และแอมโมเนีย 14.3-26.4 และ 0-133.9 ไมโครกรัม/ล. ส่วนการใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 เหลือไนเตรทในน้ำ 3.40-58.8 และ 1.44-50.5 มก./ล. และแอมโมเนีย 32.7-67.6 และ 161.0-261.3 ไมโครกรัม/ล. เหลือฟอสเฟตในทั้งสองช่วง >1 มก./ล. ผลผลิตของทั้งคลอเรลลา โรติเฟอร์ และคุณภาพน้ำใกล้เคียงหรือดีกว่ากับชุดควบคุมเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วน

การทดลองสุดท้ายเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกัน ใช้อาหารทดลอง 12 สูตรที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25-42:1.0 (N:P 25:1-19:1) ความหนาแน่นของคลอเรลลาและโรติเฟอร์ที่ได้แปรผันโดยตรงตามปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารและแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ได้คลอเรลลาและโรติเฟอร์หนาแน่นมากที่สุดเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 เท่ากับ 13.99×10^6 เซลล์/มล. ในวันที่ 8 และ 219.3 ตัว/มล. ในวันที่ 3

และต่ำที่สุดเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 เท่ากับ 10.29×10^6 เซลล์/มล. ในวันที่ 7 และ 149.2 ตัว/มล. ในวันที่ 3 ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ที่เหลือในน้ำในวันที่คลอเรลลาและโรติเฟอร์หนาแน่นมากที่สุดแปรผันตามปริมาณไนเตรท แต่แปรผกผันกับฟอสเฟตที่ใส่ในอาหาร ปริมาณแอมโมเนียแปรผันตามทั้งไนเตรทและฟอสเฟต ส่วนฟอสเฟตที่เหลือแปรผันตามปริมาณฟอสเฟตในอาหารแต่แปรผกผันกับไนเตรท เหลือฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำน้อยและมากที่สุดเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 และ 14:1 ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของคลอเรลลาเมื่อในอาหารมีไนเตรท ≥ 28 ส่วนการใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 สำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ได้ผลผลิตที่เพียงพอและสามารถจำกัดปริมาณสารตกค้างในน้ำในระหว่างการเพาะเลี้ยงทั้งสองช่วงได้ดีที่สุด

Thesis Title	Influence of Nitrate and Phosphate in Culture Medium on Growth of *Chlorella* sp. and consequently on Rotifer (*Brachionus rotundiformis*)
Author	Mr. Jakkrapong Sripanomyom
Major Programme	Aquatic Science
Academic Year	2000

Abstract

The influence of nitrate and phosphate concentrations in culture media on the growth of *Chlorella* sp. and consequently on rotifers fed on the *Chlorella* sp. were investigated in two experiments. The 1st experiment was to culture *Chlorella* sp. in 7 media comprising nitrate : phosphate ratios of 3.5:1-70:1 (N:P = 1.6:1-32:1). The maximum densities of *Chlorella* and rotifer fed on the *Chlorella* were highly significantly different among treatments ($P<0.01$) and were positively related to the nitrate concentration in the media. The maximal densities of *Chlorella* sp. cultured in each medium were $10.18x10^6$ $10.43x10^6$, $12.69x10^6$, $14.17x10^6$, $15.54x10^6$, $18.89x10^6$ and $19.57x10^6$ cells/ml (on 6th, 6th, 7th, 8th, 8th, 9th and 9th day) and those of the rotifers fed on the *Chlorella* sp. were 190.3, 195.6, 201.0, 203.3, 207.7, 221.4 and 232.9 ind/ml respectively (all on 3rd day). Concentrations of nitrate, nitrite and ammonia remaining in the media on these days were positively related to the nitrate amount but that of phosphate showed an inverted relation. There were 0.02-0.54 and 0 mg/l of nitrate and 14.3-26.4 and 0-133.9 µg/l, respectively of remaining ammonia on which the *Chlorella* sp. and rotifer densities were maximum when culture media containing nitrate : phosphate 3.5:1-14:1 were used. While taking the culture in media consisting of nitrate : phosphate of 28:1-70:1, 3.40-58.6 and 1.44-50.5 mg/l of nitrate and 32.7-67.6 and 161.0-261.3 µg/l of ammonia were indicated. Phosphate concentrations of >1 mg/l were found in the culture media when the maximal production of both organisms existed.

The equivalent maximal densities of both *Chlorella* sp., rotifer and water qualities compared to the control were, indicated when the media contained 14 and 28 parts of nitrate.

The last experiment was to culture the *Chlorella* sp. in 12 media containing different amounts of phosphate comprising nitrate : phosphate of 14:0.25-42:1 (N:P = 25:1-19:1), respectively. The maximal densities of both *Chlorella* sp. and rotifer were statistically different ($P<0.01$), positively related to the quantity of both nitrate and phosphate in the media. The greatest of the maximal densities of both organisms (13.99×10^6 cells/ml and 219.3 ind/ml on 8^{th} and 3^{rd}days respectively) were obtained when the medium having nitrate : phosphate of 42:1 was used. The minimal densities of both (10.29×10^6cells/ml and 149.2 ind/ml on 8^{th} and 3^{rd}days respectively) were found with the medium comprising nitrate : phosphate of 14:0.25. Nitrate and nitrite remaining in water when the *Chlorella* sp. and rotifer densities were maximum, were decidedly related to the nitrate amount in media. But these were negatively related to the phosphate concentration while the remaining ammonia positively correlated with both nitrate and phosphate. The rest remaining phosphate positively correlated with the giving phosphate amount, but showed a negative correlation with the nitrate. The remaining inorganic phosphate was minimum and maximum in the media containing nitrate : phosphate ratio of 42:0.25 and 14:1, respectively. The phosphate concentration influenced the density of *Chlorella* sp. when the nitrate in the media was $\geq$28 parts. Using the nitrate : phosphate 14:0.25 medium for *Chlorella* culture for the rotifer gave the considerable productions of both, and gave the least residue.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงรัตน์ มีแก้ว ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสและรับข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งยังให้ความกรุณาอย่างสูง ทั้งในด้านการให้คำแนะนำ คำปรึกษา และการช่วยเหลือในระหว่างการค้นคว้าการทดลอง และการเขียนวิทยานิพนธ์ ตลอดจนความห่วงใยและเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณคุณธิดา เพชรมณี กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความกรุณาแนะนำและให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ทั้งยังให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อพันธุ์คลอเรลลาและโรติเฟอร์สำหรับใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. กิจการ ศุภมาตย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุติมา ตันติกิตติ รองศาสตราจารย์ ดร. วุฒิพร พรหมขุนทอง และคณาจารย์ภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและให้ความห่วงใยในการทำวิทยานิพนธ์แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ดร. วิไลวรรณ เจริญคุณานนท์ กรรมการผู้แทนภาควิชาวาริชศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรศิลป์ ผลพันธิน กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ซึ่งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มอาหารมีชีวิต ของสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลาทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์คลอเรลลาและโรติเฟอร์สำหรับใช้ในการวิจัย และช่วยแนะนำการเตรียมอาหาร และการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและโรติเฟอร์เป็นอย่างดี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวาริชศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยซึ่งให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งขอขอบคุณ คุณสุภฎา คีรีรัฐนิคม คุณสาวิตรี ศิลาเกษ ตลอดจนนักศึกษาปริญญาโท และปริญญาตรีภาควิชาวาริชศาสตร์ ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้การช่วยเหลือด้วยดีมาตลอด ขอขอบคุณคุณอนงค์ หนูด้วง ที่ช่วยผลักดันและเป็นกำลังใจที่ดีแก่ข้าพเจ้ามาตั้งแต่ต้น คุณประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บิดา มารดา คณาจารย์ผู้มีพระคุณ และประเทศชาติต่อไป

จักรพงษ์ ศรีพนมยม

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ..... (3)

Abstract..... (5)

กิตติกรรมประกาศ..... (7)

สารบาญ..... (8)

รายการตาราง..... (14)

รายการภาพ..... (23)

บทที่

1. บทนำ..... 1

บทนำต้นเรื่อง..... 1

การตรวจเอกสาร..... 3

1. คลอเรลลา..... 3

1.1 รูปร่างลักษณะและชีววิทยาโดยทั่วไปของคลอเรลลา..... 3

1.2 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา..... 4

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา..... 5

1.4 ธาตุอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา..... 6

2. โรติเฟอร์..... 11

2.1 รูปร่างลักษณะและชีววิทยาโดยทั่วไปของโรติเฟอร์..... 11

2.2 ชนิดของโรติเฟอร์..... 12

2.3 การสืบพันธุ์ของโรติเฟอร์..... 13

2.4 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์..... 14

2.5 อาหารสำหรับการเลี้ยงโรติเฟอร์..... 15

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์..... 17

2.7 การใช้โรติเฟอร์น้ำกร่อยสำหรับการอนุบาลลูกสัตว์น้ำ..... 19

วัตถุประสงค์..... 19

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ..... 20

วัสดุ/อาหารทดลอง..... 20

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

อุปกรณ์ 22
วิธีการ 22
1. การเตรียมหัวเชื้อคลอเรลลาและโรติเฟอร์ 22
2. การทดลอง 23
2.1 การทดลองชุดที่ 1 23
2.2 การทดลองชุดที่ 2 24
3. และ 4. ผลการทดลองและวิจารณ์ 25
ผลการทดลอง 25
1. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้ 25
1.1. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา 25
1.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา 25
1.1.1.1 การเพิ่มจำนวนเซลล์ 25
1.1.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า 25
1.1.1.3 ขนาดเซลล์ 27
1.1.2 คุณภาพน้ำ 28
1.1.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 28
1.1.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน 28
1.1.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 28
1.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ 30
1.1.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 30
1.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์ 33
1.2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา 33
1.2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์ 34
1.2.2.1 การเจริญของโรติเฟอร์ 34
1.2.2.1.1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ 35

หน้า

1.2.2.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า..... 36
1.2.2.1.3 ขนาดของตัวโรติเฟอร์..... 36
1.2.2.1.4 จำนวนไข่โรติเฟอร์..... 36
1.2.2.1.5 ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ..... 36
1.2.2.2 คุณภาพน้ำ..... 37
1.2.2.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน..... 37
1.2.2.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน..... 37
1.2.2.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน..... 38
1.2.2.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์..... 38
1.2.2.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม..... 38
วิจารณ์..... 42
2. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกัน และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้..... 44
2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา..... 44
2.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา..... 44
2.1.1.1 ความหนาแน่นของคลอเรลลา..... 44
2.1.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า..... 48
2.1.1.3 ขนาดเซลล์..... 51
2.1.2 คุณภาพน้ำ..... 54
2.1.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน..... 54
2.1.2.1 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน..... 58
2.1.2.1 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน..... 62
2.1.2.1 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์..... 68
2.1.2.1 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม..... 72
2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์..... 77
2.2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา..... 77

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา..... 77
2.2.1.2 คุณภาพน้ำ..... 78
2.2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์..... 83
2.2.2.1 การเจริญของโรติเฟอร์..... 83
2.2.2.1.1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์..... 83
2.2.2.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า..... 85
2.2.2.1.3 ขนาดของตัวโรติเฟอร์..... 87
2.2.2.1.4 จำนวนไข่โรติเฟอร์..... 89
2.2.2.1.5 ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ..... 89
2.2.2.2 คุณภาพน้ำ..... 90
2.2.2.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน..... 92
2.2.2.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน..... 93
2.2.2.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน..... 96
2.2.2.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์..... 100
2.2.2.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม..... 103
วิจารณ์..... 107
3. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียม-ไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกัน และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้..... 118
3.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา..... 118
3.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา..... 118
3.1.1.1 ความหนาแน่นของคลอเรลลา..... 118
3.1.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า..... 121
3.1.1.3 ขนาดเซลล์..... 122
3.1.2 คุณภาพน้ำ..... 127
3.1.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน..... 127
3.1.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน..... 132

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 137
3.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ 142
3.1.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 147
3.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์ 152
3.2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา 152
3.2.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา 152
3.2.1.2 คุณภาพน้ำ 154
3.2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์ 159
3.2.2.1 การเจริญของโรติเฟอร์ 159
3.2.2.1.1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ 159
3.2.2.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า 161
3.2.2.1.3 จำนวนไข่โรติเฟอร์ 161
3.2.2.1.4 ขนาดของตัวโรติเฟอร์ 162
3.2.2.1.5 ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ 162
3.2.2.2 คุณภาพน้ำ 165
3.2.2.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน 165
3.2.2.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน 168
3.2.2.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 171
3.2.2.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ 175
3.2.2.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม 178
วิจารณ์ 181
5. สรุปผลการทดลอง 187
เอกสารอ้างอิง 189
ภาคผนวก 199
ก. สูตรอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา 200
1 : อาหารสูตรซาโตะและเซิกาวา (Sato & Serigawa Medium, 1978) 200

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

2 : อาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....202
3 : อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 203
ข. สารเคมีและวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ..... 205
1 : สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ..... 205
2 : การเตรียมสารละลายและวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ..... 206
ค. ตารางผลการทดลอง.....207
ง. ตารางเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพน้ำ..... 225
ประวัติผู้เขียน.....229

รายการตาราง

ตารางที่ หน้า

1 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^5 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 27

2 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 32

3 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 1.2.1; หน้า 33)..... 33

4 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 1.2.1; หน้า 33)..... 34

5 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (ตัว/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ความกว้าง-ความยาวของเกราะหุ้มตัว (ไมครอน) และจำนวนไข่โรติเฟอร์รวม (ฟอง/มล.) ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา และความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือ (x10^6 เซลล์/มล., หัวข้อ 1.2.2; หน้า 34)..... 37

6 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 1.2.2.2; หน้า 37)..... 41

7 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 47

8 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 50

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

9 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงใน
อาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....52
10 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวน
เป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยง
ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่น
สูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)..... 53
11 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา
ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....57
12 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา
ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....61
13 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา
ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....66
14 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) และ
แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณ
ไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax)
และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1).....67
15 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา
ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....71
16 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา
ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร.....75
17 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.)
ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร
ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลา
มีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1).....76

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

18 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 78

19 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันเริ่มต้นและในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 82

20 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (ตัว/มล.) และระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)..... 86

21 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความกว้าง-ความยาวของเกราะหุ้มตัว (ไมครอน) ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)..... 88

22 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่นของไข่โรติเฟอร์ (ฟอง/มล.) และความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือ (x10^5 เซลล์/มล.) เมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83).... 90

23 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)..... 93

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

24 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (มโครกรัม/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83).....96

25 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83).....100

26 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83).....103

27 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83).....106

28 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 124

29 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 125

30 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร.....126

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

31 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)..... 127

32 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 131

33 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 136

34 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 141

35 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) และแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1).....142

36 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 146

37 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร..... 150

38 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)..... 151

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

39 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)..... 154

40 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันเริ่มต้นและในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)..... 158

41 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (ตัว/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และความหนาแน่นของไข่โรติเฟอร์ (ฟอง/มล.) ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)..... 163

42 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความกว้าง-ความยาวของเกราะหุ้มตัวของโรติเฟอร์ (ไมครอน) และปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ (x10^5 เซลล์/มล.) ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)..... 164

43 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (NO_3^-, มก./ล.) ไนไตรท์ (NO_2^-, ไมโครกรัม/ล.) และแอมโมเนีย (NH_3, ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)..... 174

44 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (OP, มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (TP, มก./ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)..... 180

ตารางภาคผนวก

ค. ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ หน้า

1 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 207

2 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 208

3 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 209

4 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 210

5 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 211

6 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 212

7 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 213

8 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)..... 214

ตารางภาคผนวก (ต่อ)

ค. ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ หน้า

9 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในหัวข้อ 2.2.1; หน้า 77..... 215

10 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152).....216

11 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)..... 217

12 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152).....218

13 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152).....219

14 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152).....220

15 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)..... 221

ตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

16 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152).....222

17 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152).....223

18 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในหัวข้อ 3.2.1; หน้า 152..... 224

ง. ตารางเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพน้ำ

ตารางที่ หน้า

1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตคลอเรลลา และการเปลี่ยนแปลงของไนเตรท (NO_3^-), ไนไตรท์ (NO_2^-), แอมโมเนีย (NH_3), ฟอสเฟตอนินทรีย์ (OP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด.....225

2 ราคาต้นทุนและเปอร์เซ็นต์ต้นทุนของอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท แตกต่างกัน 7 สูตร.....226

3 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตคลอเรลลา และการเปลี่ยนแปลงของไนเตรท (NO_3^-), ไนไตรท์ (NO_2^-), แอมโมเนีย (NH_3), ฟอสเฟตอนินทรีย์ (OP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด.....227

4 ราคาต้นทุนและเปอร์เซ็นต์ต้นทุนของอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต แตกต่างกัน 12 สูตร.....228

รายการภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 26

2 ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหาร-สูตรซาโตะและเซริกาวา..... 29

3 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 31

4 ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 35

5 ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์และแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนเตรท ไนไตรท์และแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 39

6 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา..... 40

7 ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 46

8 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 56

9 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 60

10 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 65

11 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร..... 70

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

12 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 74

13 ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 84

14 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 92

15 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนไตรท์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 95

16 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 99

17 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 102

18 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร 105

19 ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 123

20 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 130

21 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 135

รายการภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

22 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 140

23 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 145

24 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 149

25 ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 160

26 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 167

27 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนไตรท์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 170

28 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 173

29 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 177

30 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร 179

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ปัจจุบันอาร์ทีเมียเป็นอาหารมีชีวิตที่สำคัญมากชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เลี้ยงลูกสัตว์น้ำกันอย่างแพร่หลายด้วยสามารถจัดเตรียมได้โดยง่าย ผลผลิตอาร์ทีเมียที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันได้จากการเก็บเกี่ยวจากธรรมชาติทั้งหมด ความต้องการใช้อาร์ทีเมียที่มีสูงมากขึ้น ประกอบกับสภาวะที่ไม่อำนวยของธรรมชาติที่เกิดขึ้นในแหล่งอาร์ทีเมียที่มีอยู่ในบางครั้งคราวทำให้ผลผลิตอาร์ทีเมียไม่เพียงพอแก่ความต้องการ (วิทย์ ธารชลานุกิจ, 2538) เป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดราคาอาร์ทีเมียให้สูงขึ้นเป็นลำดับ สำหรับในประเทศไทยอาร์ทีเมียที่ใช้ทั้งหมดสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ภาวะผลผลิตที่ต่ำลงและราคาของอาร์ทีเมียที่ยิ่งเพิ่มสูงขึ้นมากในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่ค่าเงินบาทลอยตัวเป็นผลให้ต้นทุนในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศสูงขึ้นมาก ในภาวะที่ประเทศขาดแคลนและจำเป็นต้องสงวนเงินตราต่างประเทศไว้ให้ได้มากที่สุด แต่ความต้องการใช้อาร์ทีเมียของเกษตรกร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรผู้เลี้ยงลูกกุ้งกลับมิได้ลดลง เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำยังคงต้องพึ่งพาอาร์ทีเมียเป็นหลัก ด้วยเชื่อว่าจะได้ลูกสัตว์น้ำที่แข็งแรงกว่าอีกทั้งสะดวกในการใช้ แม้ว่าจะมีความพยายามในการใช้อาหารสำเร็จรูปควบคู่กันไปด้วย แต่พบว่าการใช้อาหารสำเร็จรูปดังกล่าวมักก่อให้เกิดปัญหาหลายประการตามมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพลูกสัตว์น้ำ (วิทย์ ธารชลานุกิจ, 2538; กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ, 2541; ธิดา เพชรมณี, 2541; สุพิศ ทองรอด และ อนันต์ ตันสุตะพานิช, 2541)

มีความพยายามในการนำอาหารมีชีวิตชนิดอื่นมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาทิเช่น คลอเรลลา (*Chlorella* sp.) เตตราเซลมิส (*Tetraselmis* sp.) คีโตเซอรอส (*Chaetoceros* sp.) สเกลลีโตนีมา (*Skeletonema* sp.) ไอโซไครซีส (*Isochrysis* sp.) ไรชนิดต่าง ๆ โรติเฟอร์ และโคพีพอด เป็นต้น (Boonyaratpalin, 1987; Watanabe, 1988; โชติมา วนโกสุม และคณะ, 2533; Fermin and Bolivar, 1994; ธิดา เพชรมณี และ มาวิทย์ อัศวอารีย์, 2539; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ความเหมาะสมสำหรับการใช้อาหารมีชีวิตในการเลี้ยงลูกสัตว์น้ำแต่ละชนิดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ

คุณค่าทางโภชนาการของอาหารมีชีวิตนั้นและที่ลูกสัตว์น้ำต้องการ ความเหมาะสมเกี่ยวกับขนาดตลอดจนความสามารถในการย่อยอาหารของลูกสัตว์น้ำแต่ละชนิด (Cohen *et al.*, 1976; Helm and Millican, 1977; Juario and Storch, 1984; Watanabe, 1988)

ในบรรดาอาหารมีชีวิตที่ได้กล่าวมา โรติเฟอร์เป็นอาหารมีชีวิตชนิดหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการนำมาทดแทนอาร์ทีเมีย เนื่องจากมีคุณลักษณะหลายอย่างที่เหมาะสมจะนำมาใช้เป็นอาหารของลูกสัตว์น้ำวัยอ่อน เช่น มีขนาดเล็ก เปลือกหุ้มตัวนิ่ม เคลื่อนที่ช้า มีคุณค่าทางโภชนาการเหมาะสม (Watanabe *et al.*, 1978) และสามารถผลิตเป็นจำนวนมากได้ง่ายจากการที่มีวงจรชีวิตสั้นและปรกติมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจึงแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2538) ลูกกุ้งกุลาดำในระยะไมซีส ตลอดจนลูกปลากระพงขาวสามารถกินโรติเฟอร์ได้ดี (Dhesprasith *et al.*, 1986; ธิดา เพชรมณี, 2534) การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ในปริมาณมากนิยมเลี้ยงด้วยคลอเรลลา (Theilacker, 1971; ธิดา เพชรมณี, 2529; Ruangpanit, 1993)

การนำคลอเรลลาไปใช้ในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ในปัจจุบันนิยมทำการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาซึ่งเป็นสูตรที่สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดสงขลาแนะนำ (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534) อย่างไรก็ตามพบว่าในบางครั้งได้เกิดปัญหาการตายของลูกปลาที่ให้กินแพลงก์ตอนสัตว์ที่กินคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรดังกล่าวโดยไม่ปรากฏสาเหตุที่แน่ชัด (ธิดา เพชรมณี, ติดต่อส่วนตัว) มีเพียงข้อสันนิษฐานว่าอาจจะเป็นผลมาจากปริมาณของไนเตรทและฟอสเฟตจากอาหารเพาะเลี้ยงที่ตกค้างอยู่ในทั้งคลอเรลลาและในโรติเฟอร์ที่กินคลอเรลลานั้นเข้าไปตลอดจนในน้ำเลี้ยงที่ติดไปขณะนำอาหารมีชีวิตเหล่านี้ไปใช้ที่อาจมีผลในทางลบต่อลูกสัตว์น้ำเหล่านั้น

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสมมุติฐานที่อาจมีส่วนเป็นที่มาของปัญหาการตายของลูกปลาที่กินอาหารมีชีวิตดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในเบื้องต้นจะพิจารณาเพียงปริมาณองค์ประกอบหลักสองชนิดคือไนเตรทและฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงคลอเรลลา โดยศึกษาติดตามปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่เหลือตกค้างในขั้นตอนของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและการเลี้ยงโรติเฟอร์ ตลอดจนในน้ำเลี้ยงในทั้งสองขั้นตอนเมื่อมีการใช้ไนเตรทและฟอสเฟตในปริมาณที่แตกต่างกันอันอาจมีผลกระทบจากการใช้สารเคมีในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่มีต่อภาวะแวดล้อมเพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารทั้งสองชนิดในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาให้น้อยลงเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในแง่ของปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ต้องการ เชื่อว่าผลที่จะได้จากการศึกษาจะสามารถใช้เป็นหลักฐานเบื้องต้นส่วนหนึ่งที่จะประกอบคำอธิบายถึงปัญหาข้างต้นได้บางส่วน สามารถนำไปศึกษาต่อในส่วนที่เกี่ยวกับตัวลูกสัตว์น้ำโดย

ตรงต่อไปได้ในอนาคต จะสามารถชี้ให้เห็นระดับความเหมาะสมในการใช้สารเคมีบางชนิดที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทดแทนการใช้ในปริมาณเดิมที่ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาซึ่งอาจมีการใช้กันในปริมาณมากเกินพอที่เป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อธรรมชาติในระยะยาวลง

การตรวจเอกสาร

1. คลอเรลลา

1.1 รูปร่างลักษณะและชีววิทยาโดยทั่วไปของคลอเรลลา

คลอเรลลาเป็นสาหร่ายเซลล์เดียว จัดอยู่ใน Division Chlorophyta, Class Chlorophyceae และ Order Chlorococcales (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527) มีเซลล์เป็นรูปกลม ไม่มีหนวด เคลื่อนที่ไม่ได้ ลักษณะรูปร่างทั่วไปคล้ายกับ *Chlamydomonas* แต่ต่างจาก *Chlamydomonas* คือไม่มีหนวด และ contractile vacuoles (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2523; Becker and Venkataraman, 1982; บัญญัติ มณเทียรอาสน์, 2533; สันติชัย รังสิยาภิรมย์ และ ทวีป แก้วเกลี้ยง, 2537) ผนังเซลล์ของคลอเรลลาหนาและแข็งมี 3 ชั้น ผนังเซลล์ชั้นนอกสุดเป็นสารเมือก (mucilage) พวกสารประกอบ โพลีเมอร์ ทำหน้าที่จับกับโลหะหรือสารพิษได้อย่างรวดเร็ว ผนังชั้นกลางหนาที่สุดเป็นสารเพคโตสประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ส่วนผนังชั้นในสุดเป็นชั้นของเยื่อหุ้มเซลล์พวกสารเซลลูโลส ภายในเซลล์ประกอบด้วยคลอโรพลาสต์มีรูปร่างคล้ายถ้วยขนาดใหญ่ มีนิวเคลียส 1 อันอยู่ตรงกลางเซลล์ คลอเรลลาสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยการสร้างสปอร์ โดยเซลล์เดิมจะเริ่มแบ่งโปรโตพลาสต์ซึมออกเป็น 2-16 ส่วน ทุกส่วนจะมีผนังเซลล์ห่อหุ้มแยกเซลล์จากกันเด่นชัดอยู่ภายในเซลล์แม่ เรียกแต่ละเซลล์ว่า ออโตสปอร์ ต่อมาจึงหลุดออกจากกันเป็นอิสระหรือบางส่วนจะยังอาจติดกันอยู่และเจริญเติบโตต่อไปเมื่อผนังเซลล์แม่สลายตัวไป (บัญญัติ มณเทียรอาสน์, 2533) ในธรรมชาติพบคลอเรลลาทั้งในน้ำจืด น้ำเค็ม และน้ำเสีย (Kumar and Singh, 1971; Richmond, 1986) ทั้งที่อยู่เป็นอิสระและบางชนิดก็อาศัยภายในตัวของสัตว์อื่นที่เรียกว่า Zoochlorella เช่น คลอเรลลาที่พบในฟองน้ำ ไฮดรา โปรโตซัว เป็นต้น (Kumar and Singh, 1971; บัญญัติ มณเทียรอาสน์, 2533)

คลอเรลลามีลักษณะดีและเหมาะสมหลายประการที่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กล่าวคือ มีขนาดเล็ก เจริญเติบโตง่าย รวดเร็ว และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527) คลอเรลลามีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงคือประมาณ 55.5

เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 7.5 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 17.8 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) และให้พลังงานความร้อน 3.3 กิโลคาลอรี่/กรัม (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2538 อ้างถึง Casey and Lubitz, 1963) คลอเรลลาทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ในการเลี้ยงแพลงก์ตอนสัตว์ชนิดต่าง ๆ อาทิ โรติเฟอร์ ไรแดง และ หนอนแดง เป็นต้น ยังสามารถใช้คลอเรลลาช่วยบำบัดน้ำเสีย เช่น ช่วยในการกำจัดแอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์และอื่น ๆ ที่เกิดจากการเผาผลาญของแบคทีเรียในบ่อทำให้คุณสมบัติของน้ำดีขึ้น และช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล และคณะ, 2532) มีการใช้คลอเรลลาช่วยบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมร่วมกับการใช้แบคทีเรียบางชนิด (บัญญัติ มณเทียรอาสน์, 2533) มีแนวความคิดในการนำคลอเรลลาน้ำกร่อยมาใช้ช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากไวรัสและช่วยกำจัดเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด (ธิดา เพชรมณี และ มาวิทย์ อัศวอารีย์, 2537) คลอเรลลายังเป็นพืชตัวอย่างเพื่อสาธิตกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช อีกทั้งยังสามารถนำคลอเรลลาน้ำจืดมาใช้เป็นอาหารเสริมของมนุษย์ (บัญญัติ มณเทียรอาสน์, 2533) เนื่องจากเป็นแหล่งวิตามินที่ดี มีสารช่วยเร่งการเจริญเติบโต และสารช่วยต่อต้านเชื้อโรคได้หลายชนิด (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2527)

คลอเรลลามีความสำคัญมากสำหรับวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและน้ำกร่อย เพราะถือว่าเป็นอาหารธรรมชาติขั้นปฐมภูมิ ส่วนมากใช้คลอเรลลาเป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์ แล้วใช้แพลงก์ตอนสัตว์ที่ได้เป็นอาหารแก่ลูกสัตว์น้ำอีกต่อหนึ่ง คลอเรลลาที่นิยมเพาะเลี้ยงได้แก่ชนิดที่พบในแหล่งน้ำที่มีความเค็ม 10-20 ส่วนในพัน คลอเรลลาเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539)

1.2 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

การเพาะขยายพันธุ์คลอเรลลาโดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ (Ruangpanit, 1993) คือ

1.2.1 การเพาะขยายพันธุ์คลอเรลลาในห้องปฏิบัติการ

การเลี้ยงคลอเรลลาวิธีนี้เริ่มต้นจากการเตรียมหัวเชื้อบริสุทธิ์แล้วนำหัวเชื้อดังกล่าวมาเลี้ยงในน้ำทะเลที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อในหลอดแก้วหรือขวดแก้วที่สะอาดและผ่านการฆ่าเชื้อ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ด้วยอาหารสูตรเอฟ (F-medium) หรือสูตรคอนเวย์ (Conway medium) เป็นต้นเพาะเลี้ยงในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มแสงน้อยกว่า 1,000 ลักซ์ ให้อาหารและอากาศตลอดเวลา เลี้ยงคลอเรลลาจนได้ความหนาแน่นประมาณ $2x10^7$ เซลล์/มิลลิลิตร จึงนำไปเลี้ยงในบ่อกลางแจ้งต่อไป

1.2.2 การเพาะขยายพันธุ์คลอเรลลาปริมาณมาก

การเพาะพันธุ์คลอเรลลาในปริมาณมากมักเพาะในบ่อขนาด 10-30 ตันที่กลางแจ้ง เมื่อล้างทำความสะอาดบ่อเพาะและตากให้แห้งแล้วจึงดำเนินการในขั้นตอนคล้ายคลึงกับการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการคือ ใช้หัวเชื้อคลอเรลลาความหนาแน่นเริ่มต้นประมาณ $1x10^7$ เซลล์/มิลลิลิตร จากการเพาะพันธุ์ในห้องปฏิบัติการลงเพาะในบ่อเพาะพันธุ์ที่มีน้ำทะเลซึ่งผ่านการฆ่าเชื้อแล้วที่ความเค็ม 22-30 ส่วนในพัน ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต : แคลเซียมซุปเปอร์ฟอสเฟต : ยูเรีย 40:4:1 (โดยน้ำหนัก-กรัม) ต่อน้ำทะเลปริมาตร 1 ตัน และใช้อัตราส่วนของหัวเชื้อคลอเรลลา : น้ำทะเล 1:5-1:10 (โดยปริมาตร) ให้อากาศตลอด ในสภาวะปรกติคลอเรลลาสามารถขยายพันธุ์จนกระทั่งมีความหนาแน่นพอกับความหนาแน่นของหัวเชื้อ ภายในเวลาประมาณ 2-4 วันจะสามารถทำการเก็บเกี่ยวคลอเรลลาไปใช้ได้ ปริมาณคลอเรลลาที่ควรเตรียมไว้สำหรับการเลี้ยงโรติเฟอร์ควรจัดเตรียมในอัตราส่วน 3:1 โดยเตรียมติดต่อกันตลอดระยะเวลาของการเลี้ยง

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

1.3.1 ความเข้มของแสง

คลอเรลลาน้ำกร่อยชนิดหนึ่งที่เพาะเลี้ยงในหลอดทดลองที่อุณภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเค็ม 25 ส่วนในพัน สามารถเพิ่มจำนวนได้สูงสุดไม่แตกต่างกันที่ความเข้มแสง 3,000 และ 5,000 ลักซ์ จากความเข้มแสงที่ 1,000, 3,000 และ 5,000 ลักซ์ (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534)

1.3.2 อุณหภูมิ

ที่ความเค็ม 25 ส่วนในพัน ความเข้มของแสง 3,000 ลักซ์ คลอเรลลาน้ำกร่อยสามารถเพิ่มจำนวนได้สูงสุดที่อุณหภูมิ 21 และ 28 องศาเซลเซียสจากอุณหภูมิ 21, 28 และ 35 องศาเซลเซียส (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534) ส่วนคลอเรลลาน้ำจืดที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการให้ผลผลิตสูงสุดเมื่ออุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสในตอนกลางวัน และ 15 องศาเซลเซียสในตอนกลางคืน ในบ่อเปิดกลางแจ้งในตอนกลางวันควรมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในตอนกลางคืน 20 องศาเซลเซียส (Richmond, 1986) *C. ellipsoidea* เจริญทวีจำนวนได้ดีที่อุณหภูมิ 10, 15 และ 25 องศาเซลเซียส (Sadakane *et al.*, 1981) และที่อุณหภูมิ 20-24 องศาเซลเซียส *C. vulgaris* มีการสะสมแป้งได้สูงสุด และการสะสมแป้งจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและจะคงที่เมื่ออุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (Nakamura and Miyachi, 1982)

1.3.3 ความเค็ม

คลอเรลลาน้ำกร่อยสามารถเพิ่มจำนวนได้สูงสุดเมื่อน้ำมีความเค็ม 25 ส่วนในพัน จากความเค็มที่ทดลองคือ 15, 25 และ 35 ส่วนในพัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเข้มของแสง 3,000 ลักซ์ (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534)

1.3.4 ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงมีผลต่อกระบวนการต่าง ๆ ทางชีววิทยาของเซลล์ทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ยังมีผลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์ เป็นตัวบอกการละลายของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือปริมาณของไบคาร์บอเนตในอาหารเลี้ยงเชื้อ (Becker and Verkataraman, 1982) คลอเรลลาน้ำจืดเจริญเติบโตได้ดีในสภาพเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง *C. saccharophila* สามารถเจริญเติบโตได้ที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 2, *C. homosphaera* เติบโตได้ดีที่ความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6 (Richmond, 1986) ส่วน *C. vulgaris* เติบโตได้ดีเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 6.3 (Malis-Arad and Mc-Gowan, 1982)

1.3.5 องค์ประกอบอาหารและสูตรอาหาร

คลอเรลลาน้ำกร่อยเพิ่มจำนวนได้สูงสุดในอาหารสูตรชาโตะและเซริกาวา และสูตรกิลลาร์ดและไรเทอร์ดีกว่าได้ในอาหารสูตรคอนเวย์เมื่อเพาะเลี้ยงที่อุณภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534)

1.4 ธาตุอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

ธาตุอาหารที่เป็นสารประกอบที่สำคัญต่อการแพร่ขยายพันธุ์ของสาหร่ายแบ่งเป็นธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารหลักที่มีส่วนสำคัญในการสร้างโครงสร้างของสาหร่ายสีเขียวได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักที่ต้องการปริมาณมาก ส่วนธาตุอาหารหลักที่สาหร่ายต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ และโปตัสเซียม เป็นต้น สาหร่ายยังต้องการธาตุอาหารรองซึ่งเป็นธาตุที่สาหร่ายต้องการปริมาณน้อยมากแต่ก็ขาดไม่ได้เพราะเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของโมเลกุลภายในเซลล์ที่จำเป็น เช่น เอ็นไซม์ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตหรือเป็นส่วนประกอบของโมเลกุลของเอ็นไซม์ที่สำคัญบางชนิดหรือกิจกรรมที่มีเอ็นไซม์เข้ามาเกี่ยวข้อง (Kaplan *et al.*, 1986) ได้แก่ แมงกานีส แคลเซียม สังกะสี เหล็ก ทองแดง โคบอลต์ โบรอน นอกจากนี้ยังสามารถใช้คาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลกลูโคส เกลืออินทรีย์หรือสารประกอบที่มีเกลืออินทรีย์อยู่ เช่น เกลืออะซิติเตท (CH_3COOK : $C_2H_3KO_2$) เป็นต้น และ ไวตามินต่าง ๆ เช่น ไวตามินบี 1

(thiamine) ไวตามินบี 12 (cyanocobalamine) และไวตามินบีรวม (biotin) (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) รวมทั้งพวกคีเลเตอร์หรือ Chelating agent ซึ่งเป็นสารที่ช่วยจับแร่ธาตุที่จำเป็นให้อยู่ในสารละลายอาหาร เพื่อให้เซลล์พืชนำไปใช้ได้ เช่น อีดีทีเอซึ่งเป็นคีเลเตอร์ที่นิยมเติมลงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายทะเลมากที่สุด การใส่คีเลเตอร์เพื่อป้องกันการตกตะกอนของธาตุเหล็กซึ่งเป็นธาตุที่มักจะตกตะกอนในสารละลาย ในที่นี้จะขอกล่าวถึงความสำคัญของธาตุอาหารหลักเพียง 2 ชนิดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ของสาหร่าย ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นปัจจัยหลักที่ถูกนำมาพิจารณาสำหรับการศึกษาทดลองในครั้งนี้

1.4.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นสารประกอบหลักของโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต สารประกอบไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและสลายสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ สาหร่ายมีไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 1-10 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง (Richmond, 1986) สาหร่ายบางชนิดใช้สารประกอบไนโตรเจนได้หลายรูปแบบเพื่อสังเคราะห์เป็นโปรตีน เช่น ไนเตรท และแอมโมเนีย สารประกอบไนโตรเจนที่พบในแหล่งน้ำส่วนมากจะอยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ เช่น ไนไตรท์ ไนเตรท และแอมโมเนีย (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528) สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่สาหร่ายนำมาใช้มากที่จัดว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ดี ได้แก่ ยูเรีย เอไมด์ กลูทามีน และแอสพาราจีน (Richmond, 1986) นอกจากนี้ยังมีกรดอะมิโน เช่น กรดไกลซีน เซรีน อะลานีน สำหรับกรดกลูทามิค และกรดแอสพาร์ติค สาหร่ายบางชนิดสามารถนำไปใช้ได้ดี (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ไนโตรเจนที่ใช้ในการเลี้ยงสาหร่ายโดยทั่วไปได้มาจากเกลือแอมโมเนียม ไนเตรท และยูเรีย (Borowitzka and Borowitzka, 1988)

1.4.1.1 **ไนเตรท** ที่มีในแหล่งน้ำเกิดจากขบวนการขั้นสุดท้ายของออกซิเดชั่น ไนเตรทเป็นธาตุอาหารสำหรับพืชน้ำในขบวนการสังเคราะห์แสงและไม่เป็นพิษต่อสัตว์น้ำ นอกจากจะมีปริมาณสูงถึง 10 มิลลิกรัม/ลิตร และ 20 มิลลิกรัม/ลิตร จึงจะมีผลต่อพืชน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537) อย่างไรก็ตามพบว่า *C. protothecoides* ไม่เจริญเติบโตในไนเตรท (Borowitzka and Borowitzka, 1988)

1.4.1.2 **ไนไตรท์** สาหร่ายบางชนิดสามารถใช้ไนไตรท์เป็นแหล่งไนโตรเจน แต่ไนไตรท์ส่วนใหญ่ละลายอยู่ในน้ำได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ยกเว้นในสภาวะที่แหล่งน้ำขาดหรือมีแก๊สออกซิเจนต่ำ ส่วนมากมักพบว่าไนไตรท์จะเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ โดยการเปลี่ยนฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดให้เป็นเมทธีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้เม็ดเลือดเป็นสีชาแก่หรือเข้มเพราะขาด

ออกซิเจนและทำให้สัตว์น้ำตายในที่สุด (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537) สาหร่ายจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อในน้ำมีไนไตรท์ความเข้มข้นเกินกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตร (Richmond, 1986)

1.4.1.3 **แอมโมเนีย** สาหร่ายใช้แหล่งไนโตรเจนในรูปของอนุมูลแอมโมเนียมหรือเกลือแอมโมเนียมเพียงอย่างเดียว เป็นเหตุให้ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเลี้ยงลดต่ำลงอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดผลเสียข้างเคียงตามมา แอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำอาจเป็นพิษอย่างเฉียบพลันต่อสาหร่ายบางชนิด การเจริญของสาหร่ายจะหยุดหรือถูกยับยั้งเมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียมเท่ากับ 1 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด แต่คาดว่าเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดเป็นด่างภายในเซลล์ของสาหร่ายซึ่งเกิดจากการซึมผ่านของโมเลกุล แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จนเป็นเนื้อเดียวกัน (Richmond, 1986)

เมื่อแอมโมเนียมหรือไนเตรทถูกใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีผลต่อการเติบโตของสาหร่าย การดูดซึมไอออนของไนเตรททำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในอาหารเลี้ยงเพิ่มขึ้น ส่วนการดูดซึมยูเรียมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างในอาหารเลี้ยงน้อยมาก (Borowitzka and Borowitzka, 1988) *C. eillipsoidea* สามารถใช้แหล่งไนโตรเจนในรูปของไนเตรทและยูเรียได้แต่ไม่สามารถใช้แอมโมเนียได้ ส่วน *C. pyrenoidosa* สามารถใช้ได้ทั้งไนเตรท ยูเรีย และแอมโมเนียได้ (Richmond, 1986 อ้างถึง Syrett, 1981)

1.4.1.4 **ยูเรีย** *C. ellipsoidea* เป็นคลอเรลลาที่ไม่มีเอ็นไซม์สำหรับการย่อยยูเรียแต่มีเอ็นไซม์ ATP:urea amidolyase ไปยับยั้งกิจกรรมของ urea carboxylase และ allophanate lyase เป็นผลต่อการไฮโดรไลซ์ยูเรียให้เป็นอนุมูลแอมโมเนียม และ ไบคาร์บอเนต (Borowitzka and Borowitzka, 1988) เอ็นไซม์ urea carboxylase ใน *C. pyrenoidosa* ลดลงเมื่อคลอเรลลาใช้แอมโมเนียและยูเรีย ในขณะที่เอ็นไซม์ allophanate lyase ถูกสร้างขึ้นมาทดแทนมากขึ้น (Borowitzka and Borowitzka, 1988)

1.4.1.5 **กรดอะมิโน** คลอเรลลาขนาดใหญ่สายพันธุ์ Emerson มักจะขาดสารประกอบอะมิโนบางชนิด โดยเฉพาะกรดอะมิโนเป็ปไทด์ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่สำคัญต่อการแบ่งเซลล์ ได้แก่ กรดแอสปาร์ติค กรดกลูตามิคและอะลานีน ในคลอเรลลาปรกติพบกรดอะมิโน-เป็ปไทด์ทุกรูปแบบทั้ง 3 ชนิด ส่วนคลอเรลลาขนาดใหญ่ชนิดนี้จะพบอยู่ในรูปกรดอะมิโนอิสระและกรดอะมิโนโปรตีน (Thinh and Griffiths, 1975)

อัตราการแพร่ขยายพันธุ์ของสาหร่ายเมื่อใช้ไนเตรทและแอมโมเนียขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์ของสาหร่าย (Darley 1982; Richmond, 1986) โดยทั่วไปสาหร่ายใช้แอมโมเนียหมดก่อนแล้วจึงใช้ไนเตรท (Richmond, 1986) สาหร่ายสามารถใช้ยูเรียได้ดีใกล้เคียงกับการใช้ไนเตรทและแอมโมเนีย ของเสียที่สาหร่ายขับออกมาจะอยู่ในรูปของสารประกอบโปรตีนหรือไนโตรเจนอินทรีย์หรือเมื่อสาหร่ายตายลง สารประกอบโปรตีนในร่างกายจะถูกย่อยและเปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่น เช่น แบคทีเรียย่อยสลายให้เป็นแอมโมเนีย แล้วแอมโมเนียดังกล่าวอาจนำไปใช้สร้างโปรตีนใหม่ได้ ปริมาณแอมโมเนียที่มีมากจะถูกแบคทีเรียออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์และไนเตรทตามลำดับ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ, 2528)

สาหร่ายที่เลี้ยงในสภาพที่ขาดไนโตรเจน มักมีปริมาณรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงและอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง แต่สามารถดูดซึมหรือใช้สารประกอบไนโตรเจนเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของเมตาโบลิซึมตามการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโตของคลอเรลลาเป็นปรกติ ส่วนปริมาณไขมันต่อหน่วยพื้นที่เลี้ยงสุทธิในคลอเรลลาที่เจริญเติบโตในสภาพปกติมีมากกว่าในคลอเรลลาที่เลี้ยงในสภาพที่ขาดไนโตรเจน (Borowitzka and Borowitzka, 1988 อ้างถึง Fisher, 1953) กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมไนโตรเจนเมื่อเลี้ยงคลอเรลลาในสภาพที่มีไนโตรเจนจำกัด ขึ้นอยู่กับไนโตรเจนที่มีอยู่ โดยแสงเป็นตัวกระตุ้นการดูดซึมและการสะสมไนโตรเจนอนินทรีย์ของสาหร่ายและพืชชั้นสูง แสงยังกระตุ้นการรีดิวซ์ของไนไตรท์ ในขณะที่ 3-[p-chlorophenyl)-1,1-dimethylurea (DCMU)] ยับยั้งการไหลของอิเล็กตรอนในขบวนการสังเคราะห์แสง photophosphorylation หยุดลงเป็นผลไปยับยั้งการดูดซึมไนเตรท ไนไตรท์ และการรีดักชั่น (Richmond, 1986) *C. ellisoidea* SK และ *C. pyrenoidosa* 82 ที่เจริญเติบโตในช่วงขาดไนโตรเจนมีปริมาณกรดไขมันเพิ่มขึ้น ส่วน *C. vulgalis* 157 และ *C. pyrenoidosa* TKH-7-11-05 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น (Borowitzka and Borowitzka, 1988)

สำหรับสาหร่ายที่ขาดไนโตรเจนจะมีผลต่อการสังเคราะห์แสงและปริมาณรงควัตถุหรือสารสีของเซลล์ รวมทั้งทำให้กิจกรรมของเอ็นไซม์บางชนิดลดลง ซึ่งจะสังเกตได้จากปริมาณรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงจะมีสีจางลง (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539)

1.4.2. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสมีบทบาทหลักต่อกระบวนการการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของเซลล์ โดยเฉพาะกระบวนการถ่ายเทพลังงานและกระบวนการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก ฟอสฟอรัสยังทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ช่วยให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างคงที่ สาหร่ายมักต้องการฟอสฟอรัสในรูป

อนินทรีย์ เช่น อนุมูลไฮโดรเจนฟอสเฟต $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^{2-} เป็นต้น ในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปมีปริมาณฟอสฟอรัสอินทรีย์สูงกว่าฟอสฟอรัสอนินทรีย์ สารประกอบฟอสฟอรัสอินทรีย์เป็นแหล่งฟอสฟอรัสเบื้องต้นซึ่งจะแตกตัวเป็นสารอนินทรีย์ ได้แก่ ฟอสฟอรัสและออโธฟอสเฟตหรือฟอสเฟตโดยอาศัยเอ็นไซม์ที่เรียกว่าฟอสโฟเอสทาเรส (phosphoesterase) หรือ ฟอสฟาเทส (phosphatase) ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรดเป็นด่าง และปริมาณของธาตุอาหารชนิดอื่นได้แก่ โซเดียม โปแตสเซียม หรือแมกนีเซียม การดูดซึมฟอสฟอรัสของสาหร่ายจากอาหารจะถูกกระตุ้นจากแสง อัตราการดูดซึมฟอสฟอรัสขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในอาหาร ความเป็นกรดเป็นด่าง และชนิดของสาหร่าย

หากสาหร่ายขาดฟอสฟอรัสจะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับการขาดไนโตรเจน คือ ทำให้ปริมาณโปรตีน รงควัตถุชนิดคลอโรฟิลด์เอ อาร์เอ็นเอและดีเอ็นเอจะลดลง ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งจะสะสมเพิ่มขึ้น มีผลทำให้รูปร่างเซลล์เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม การลดลงของปริมาณ ATP ภายในเซลล์พบได้ในเซลล์สาหร่ายหลายชนิดในสภาพที่มีฟอสฟอรัสแพร่กระจายมากขึ้น แต่ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดในเซลล์ของสาหร่ายลดลง ใน *C. vulgaris* ระดับของฟอสเฟตทั้งหมดจะลดลงในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับฟอสเฟตโดยเฉพาะโพลี-ฟอสเฟตอนินทรีย์ ฟอสเฟตจะถูกดูดซึมเร็วกว่าก่อนช่วงเวลาที่ไม่ได้รับฟอสเฟตเมื่อสาหร่ายได้รับฟอสเฟตจากอาหารอีกครั้ง (Richmond, 1986) การสะสมโพลีฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ละลายได้ในกรดมีมากที่สุดหลังจากการเพิ่มปริมาณฟอสเฟต 5-8 ชั่วโมง การสะสมฟอสเฟตมีได้มากกว่าในเซลล์ที่ไม่ขาดอาหาร จากการใช้ ^{32}P ติดตามการใช้ฟอสเฟตชี้ให้เห็นว่าโพลีฟอสเฟตที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสาหร่ายมาจากภายนอก (Richmond, 1986 อ้างถึง Aitchison and Butt, 1973)

สาหร่ายสีเขียวต้องการฟอสฟอรัสร้อยละ 2-3 ของน้ำหนักแห้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต *Chlorella* sp., *Ankistrodesmus* sp. และ *Hydrodictyon* sp. สามารถดูดซึมสารประกอบเมตาฟอสเฟต และโพลีฟอสเฟตได้มากเมื่อได้รับแสง ส่วนในสภาพมืดสาหร่ายเหล่านี้สามารถดูดซึมสารประกอบทั้ง 2 ชนิดได้ลดลง แต่สามารถดูดซึมสารประกอบออโธฟอสเฟตได้มากขึ้น (สันติชัย รังสิยาภิรมย์ และ ทวีป แก้วเกลี้ยง, 2537)

โดยทั่วไปสารอาหารในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีความเข้มข้นสูงมักเป็นผลดีในช่วงกว้างต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายทุกชนิดโดยเฉพาะการเลี้ยงสาหร่ายในระบบปิดในห้องปฏิบัติการความหนาแน่นของสาหร่ายสามารถเพิ่มขึ้นได้หลายเท่าโดยปราศจากการเพิ่มอาหาร อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของอาหารที่สูงสามารถลดการขาดสารอาหารบางชนิดได้ ส่วนการผลิตสาหร่ายในเชิงการค้านั้นต้องพิจารณากำหนดปริมาณ และชนิดสารอาหารในอาหารเลี้ยงอย่าง

รอบคอบเพราะธาตุอาหารบางอย่างจะมีผลเสียต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปัจจัยอื่น ๆ โดยฉับพลันได้ (Kaplan *et al.*, 1986)

ผลที่เกิดขึ้นกับสาหร่ายโดยทั่วไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอาหารได้แก่ การเกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตขั้นสุดท้าย การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ความเข้มแสงต่ำจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่ที่ความเข้มแสงสูงสาหร่ายจะเจริญเติบโตมากขึ้นในสภาพที่ความเข้นข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง การขาดสารอาหารอย่างรุนแรงเป็นเหตุให้พลาสมาในเซลล์สาหร่ายหยุดการเจริญเติบโตและสาหร่ายจะหยุดการสืบพันธุ์ในที่สุด ในการศึกษาความต้องการสารอาหารควรเลี้ยงแบบต่อเนื่องจะให้ผลที่ดีกว่าการเลี้ยงแบบปิด ทั้งนี้เนื่องจากสามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของอาหารจากการเลี้ยงได้ สามารถวิเคราะห์การปรับตัวของสาหร่ายต่อการเปลี่ยนแปลงแหล่งอาหารได้ดีกว่าการเลี้ยงแบบปิด (Kaplan *et al.*, 1986)

2. โรติเฟอร์

2.1 รูปร่างลักษณะและชีววิทยาโดยทั่วไปของโรติเฟอร์

โรติเฟอร์เป็นแพลงก์ตอนสัตว์ที่สำคัญกลุ่มหนึ่ง อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำทุกชนิดทั้งที่พบในธรรมชาติและในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม แต่ส่วนใหญ่จะพบในน้ำจืดโรติเฟอร์เหมาะสมที่จะเป็นอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนหลายชนิด ด้วยมีขนาดเล็ก มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างสูง มีเปลือกหุ้มตัวนิ่ม เคลื่อนที่ช้าทำให้ลูกปลาหรือลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนอื่น ๆ สามารถไล่จับกินโรติเฟอร์ได้ และที่สำคัญมากที่สุดสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำคือสามารถผลิตโรติเฟอร์เป็นจำนวนมากได้ง่ายเนื่องจากโรติเฟอร์มีวงจรชีวิตที่สั้นและปรกติมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศจึงสามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2538)

พบโรติเฟอร์มากกว่า 1,800 ชนิดในโลก มีความยาวตั้งแต่ 100-400 ไมครอน ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ตามถิ่นที่อาศัยทางภูมิศาสตร์ โรติเฟอร์มีโปรตีน 78 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 0.3 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.8 เปอร์เซ็นต์ ให้พลังงานความร้อน 3.3 กิโลคาลอรี่/กรัม (Watanabe *et al.*, 1978; ธิดา เพชรมณี, 2530) โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาเพียงอย่างเดียวมีคุณค่าที่ใกล้เคียงกับคุณค่าทางอาหารของโคพีพอดวัยอ่อนคือ มีโปรตีน 58-72 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 21-31 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาร่วมกับยีสต์มีโปรตีนเพิ่มขึ้นเป็น 63-67 เปอร์เซ็นต์ และมีไขมัน 20-22 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้ง) (ถนอม พิมลจินดา, 2529)

2.2 ชนิดของโรติเฟอร์

Fu *et al.*, (1991a,b) จำแนกโรติเฟอร์น้ำเค็ม (*B. plicatilis* O.F. Muller) ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็น 2 กลุ่ม คือ โรติเฟอร์ชนิดเล็กและชนิดใหญ่

2.2.1 โรติเฟอร์ชนิดเล็กหรือชนิดเอส (S-type)

โรติเฟอร์ดังกล่าวได้แก่ *B. rotundiformis* Ischugunoff (Segers, 1995) มี anterior spines แหลม เพศเมียอายุ 48 ชั่วโมงมีเปลือกหุ้มตัวยาวกว่าของ *B. plicatilis* (Fu *et al.*, 1991a) ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ไม่สามารถสืบพันธุ์ (Hirayama and Rumengan, 1993) ความเค็มที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อ *B. rotundiformis* น้อยมาก (Hagiwara *et al.*, 1995) โรติเฟอร์ชนิดนี้มีบทบาทสำคัญมากในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศเรา (Hagiwara *et al.*, 1995)

2.2.2 โรติเฟอร์ชนิดใหญ่หรือชนิดแอล (L-type)

โรติเฟอร์ดังกล่าวได้แก่ *B. plicatilis* (Segers, 1995) มี anterior spines ทู่ เพศเมียอายุ 48 ชั่วโมงมีเปลือกหุ้มตัวสั้นกว่า *B. rotundiformis* (Fu *et al.*, 1991a) มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศและไม่มีเพศได้ที่อุณหภูมิ 15 และ 30 องศาเซลเซียส (Hirayama and Rumengan, 1993) ความเค็มที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อ *B. plicatilis* มาก (Hagiwara *et al.*, 1995)

โรติเฟอร์สามารถกินสิ่งมีชีวิตในน้ำที่มีขนาดพอเหมาะทั้งจำพวกสัตว์และพืชได้ทุกชนิด เช่น สาหร่ายเซลล์เดียว โปรโตซัว บักเตรีและยีสต์ (ธิดา เพชรมณี, 2526ก) โรติเฟอร์กินอาหารตลอดเวลาที่มีอาหารอยู่ในน้ำ (สุนีย์ สุวภีพันธ์, 2516) การกินอาหารของโรติเฟอร์มีอยู่หลายลักษณะ เช่น การกินอาหารโดยตรง การโบกพัดของขนที่ pseudotrochus หรือที่ circumapical band ทำให้เกิดมวลน้ำที่มีสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ผ่านเข้าสู่ corona และทำให้สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ผ่านเข้าสู่บริเวณปาก และผ่านเข้าไปยังระบบย่อยอาหาร สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ดังกล่าวอาจหลุดออกมาจากบริเวณปากได้ หากเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของขนที่บริเวณปากอย่างกระทันหัน อาหารที่เข้าสู่ร่องปากของโรติเฟอร์แล้วยังอาจถูกตีกลับออกมาบริเวณปาก อาหารที่ถูกกินเข้าไปจะถูกบดด้วยขากรรไกรก่อนส่งเข้าสู่หลอดอาหารทันที (Gilbert and Starkweather, 1977) โรติเฟอร์ส่วนใหญ่มีอวัยวะที่ช่วยขับถ่าย คือ protonephridia 1 คู่ ตั้งอยู่ด้านหน้าของลำตัว protonephridia ประกอบด้วย flame bulb ที่มีลักษณะเป็นกระเปาะเล็ก ๆ มีขนบาง ๆ อยู่ส่วนปลายกระเปาะนี้เคลื่อนไหวคล้ายเปลวไฟ ทำหน้าที่เก็บของเสียจากภายในลำตัวส่งไปตามท่อและส่งเข้าผ่านทางช่องเปิดทางด้านล่างที่จะส่งต่อไปยังกระเพาะปัสสาวะที่เป็นกระเปาะเล็ก ๆ และมี

ท่อที่แตกแขนงออกไป 2 ข้างตัวเพื่อรับของเสีย กระเพาะปัสสาวะจะเปิดเข้าสู่ส่วนท้ายของลำไส้เล็ก (ถนอม พิมลจินดา, 2529)

ปมประสาทของโรติเฟอร์ตั้งอยู่ด้านหลังของ mastax หรืออยู่บริเวณคอ มีเส้นประสาท 6-7 เส้น เริ่มจากสมอง บางเส้นมีปมย่อย ๆ อยู่บนเส้นประสาทเพิ่มอีกด้วย มี retrocerebral organ เป็นต่อมที่สร้างศูนย์รวมของท่อที่ส่งไปทั่วลำตัวในส่วนหน้าเรียกว่า apical field สันนิฐานว่ามีหน้าที่รับความรู้สึก (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2538)

2.3 การสืบพันธุ์ของโรติเฟอร์

โดยทั่วไปโรติเฟอร์มีการสืบพันธุ์ใน 2 ลักษณะ คือ การสืบพันธุ์แบบมีเพศและการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศหรือแบบ parthenogenesis (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2538)

2.3.1 การสืบพันธุ์แบบมีเพศ

โรติเฟอร์ใน Class Monogononta มักพบเป็นเพศเมียมากกว่าเพศผู้ ปกติโรติเฟอร์เพศเมียมีขนาดใหญ่กว่าและมีระบบต่าง ๆ พัฒนามากกว่าเพศผู้มาก

โรติเฟอร์เพศผู้ ประกอบด้วยอัณฑะ 1 อัน (ยกเว้น Class Seisonidea ที่มี 1 คู่) ท่อนำเข้าสเปิร์มและช่องเปิดของสเปิร์ม ผนังท่อนี้ม้วนงอเพื่อผสมพันธุ์และมีต่อม prostate เพศผู้มีวงจรชีวิตสั้น ระบบย่อยอาหารเล็กมาก อวัยวะที่เจริญดี ได้แก่ อวัยวะช่วยเคลื่อนที่และระบบสืบพันธุ์ส่วนใน Class Bdelloidea ไม่มีเพศผู้ จึงมีการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศเพียงอย่างเดียว

โรติเฟอร์เพศเมีย มี germovitellarium เป็นคู่ใน Class Bdelloidea หรือมี 1 ข้างใน Class Monogononta ซึ่ง germovitellarium มีลักษณะเป็นถุง ประกอบด้วยเซลล์ที่มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ 2-3 อัน ไข่ที่โตเกือบเต็มที่จะเคลื่อนที่ลงมาเบื้องล่างเพื่อออกมาสู่ท่อนำไข่ โดยgermovitellarium จะสร้างไข่ให้แก่รังไข่ เมื่อไข่เจริญเต็มที่จะออกสู่ภายนอกโดยผ่านทางท่อนำไข่ขนาดสั้นออกสู่นอกลำตัวทางช่องเปิด การผสมของไข่และสเปิร์มเป็นแบบภายใน ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะสร้างเยื่อหุ้มไข่ และถูกปล่อยลงสู่พื้นหรือภายในตัวแม่หรือติดกับตัวแม่จนกว่าจะฟักเป็นตัวในที่สุด

2.3.2 การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศ

การสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศเกิดขึ้นเกือบตลอดปี โรติเฟอร์เพศเมียที่สืบพันธุ์แบบไม่มีเพศเรียกว่า ตัวเมียอะมิคติค (amictic female) ตัวเมียแต่ละตัวจะมีไข่ 1-2 ฟอง ไข่นี้จะฟักเป็นโรติเฟอร์เพศเมีย ตัวของแม่และไข่ที่ถูกสร้างขึ้นมีจำนวนโครโมโซมเป็นคู่ (2n) ไข่พัฒนาการมา

จากการแบ่งตัวของเซลล์โดยไม่มีการลดจำนวนโครโมโซมภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น มีอาหารสมบูรณ์ อุณหภูมิน้ำ ความเข้มแสงสว่างและความเค็มของน้ำเหมาะสมแก่การเจริญเติบโต หลังจากไข่ฟักออกเป็นตัวแล้วจะเจริญเป็นตัวเต็มวัยและมีการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศได้เพียงอย่างเดียว หากช่วงสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น ปริมาณอาหารลดลง หรืออุณหภูมิน้ำเปลี่ยนแปลงกระทันหัน ตัวเมียอะมิคติคของโรติเฟอร์จะสร้างไข่อีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่าไข่มิคติค (mictic egg) ที่มีจำนวนโครโมโซมเพียงครึ่งหนึ่งของโครโมโซมปกติที่จะเจริญต่อไปเป็นตัวเมียมิคติค (mictic female) ที่สามารถสืบพันธุ์แบบมีเพศได้อย่างเดียวจากไข่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ตัวเมียมิคติคจะวางไข่ขนาดเล็กกว่าการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศจำนวน 1-6 ฟอง ตัวเมียมิคติคสามารถผสมพันธุ์กับเพศผู้ได้ หากไข่ได้รับการผสมกับสเปิร์มจะได้ไข่ระยะพัก (resting eggs) ที่มีเปลือกหนาทนต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี และไม่เจริญเป็นตัวอ่อนทันทีแต่จะพักตัวอยู่ในน้ำ รอจนสภาพแวดล้อมเหมาะสมจึงเริ่มมีการเจริญเติบโตอีกครั้งและฟักออกเป็นโรติเฟอร์ตัวเมียอะมิคติค ตัวเมียอะมิคติคมีการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศต่อไปได้ วงจรชีวิตของโรติเฟอร์จึงเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง ตัวเมียมิคติค 1 ตัวอาจผลิตทั้งไข่ที่สามารถรับการผสมจากสเปิร์ม (fertilized eggs) และไข่ที่สามารถเจริญเป็นเพศผู้ (male eggs) ได้ แต่ไข่ซึ่งถูกผสมด้วยสเปิร์มจะไม่เกิดจากแม่โรติเฟอร์ตัวเดียวกัน ดังนั้นในธรรมชาติตัวเมียที่เป็นมิคติคจะมีไข่ทั้ง 2 แบบอยู่ที่ปลายล่างสุดของลำตัว การผสมพันธุ์ของเพศผู้กับตัวเมียอะมิคติคจะไม่เกิดผล เพราะโรติเฟอร์ตัวเมียทั้ง 2 ประเภทมีความแตกต่างกันในด้านสรีระอย่างชัดเจน ปกติในรอบปี โรติเฟอร์มีการผสมพันธุ์แบบไม่มีเพศสลับกับการสืบพันธุ์แบบมีเพศ ในสภาวะที่สิ่งแวดล้อมปรกติ โรติเฟอร์จะสืบพันธุ์แบบมีเพศ 1-2 ครั้งในรอบปีเท่านั้น ส่วนการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศจะเกิดขึ้นถึง 20-40 ครั้ง (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2538) ส่วนประกอบของน้ำเลี้ยงที่ประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิดอาจถูกปล่อยมาจากโรติเฟอร์ที่เพาะเลี้ยงมีผลต่อการเกิดตัวเมียชนิดมิคติค (Gilbert and Starkweather, 1977)

2.4 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงในประเทศไทยมีสายพันธุ์เดียวคือโรติเฟอร์สายพันธุ์เล็ก เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ในธรรมชาติแม้ว่าสภาพแวดล้อมจะมีความผันแปรสูง โรติเฟอร์ชนิดนี้สามารถจะเจริญเติบโตได้ดีในที่มีอาหารสมบูรณ์เช่น ในนากุ้งหรือแหล่งน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์และความเค็มต่ำ (ธิดา เพชรมณี, 2529) การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์โดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ (Ruangpanit, 1993) คือ

2.4.1 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ในห้องปฏิบัติการ

เป็นการเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์จากจำนวนน้อยเพื่อขยายพันธุ์ใช้เป็นหัวเชื้อสำหรับการเพาะเลี้ยงในปริมาณมากต่อไป โรติเฟอร์จะถูกเลี้ยงจนได้ระดับความหนาแน่น 60-100 ตัว/มิลลิลิตร ในปริมาตร 500-1,000 ลิตร จึงนำไปเพาะขยายพันธุ์ในบ่อเลี้ยงต่อไป

2.4.2 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ปริมาณมาก

ปัจจุบันนิยมเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ที่ปริมาตร 10-30 ตันโดยให้คลอเรลลาเป็นอาหารเลี้ยงที่ความเค็ม 10-30 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 27-30 องศาเซลเซียส ใช้โรติเฟอร์เริ่มต้นประมาณ 30 ตัว/มิลลิลิตรและคลอเรลลาความหนาแน่น $1x10^7$ เซลล์/มิลลิลิตร อัตราส่วนโรติเฟอร์/คลอเรลลาเท่ากับ 1/1 ให้อากาศแรง และควรเติมคลอเรลลาอัตราส่วนเท่ากับน้ำเลี้ยงลงในบ่อทุกวันจนครบ 4-5 วันน้ำจะเต็มบ่อเลี้ยงและจะได้โรติเฟอร์ที่ความหนาแน่น 60-100 ตัว/มิลลิลิตรจึงเก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ 50 เปอร์เซ็นต์ แล้วเติมน้ำเขียว (คลอเรลลา) จนเต็มบ่ออีกครั้ง จะสามารถเก็บได้ทุก ๆ วันประมาณ 10 วันจึงควรล้างทำความสะอาดและตากบ่อแล้วจึงเริ่มเลี้ยงใหม่ การเลี้ยงโรติเฟอร์ในปริมาณมากในอิสราเอลโดยการเก็บเกี่ยววันละประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตทั้งหมดรายงานว่าจะทำให้ผลผลิตโรติเฟอร์มีใช้ได้นาน (Zmora, 1991)

2.5 อาหารสำหรับการเลี้ยงโรติเฟอร์

โรติเฟอร์น้ำกร่อยสามารถกินอาหารทั้งจำพวกพืชและสัตว์ (omnivorous) และสามารถกินสิ่งมีชีวิตทุกชนิดในน้ำที่มีขนาดพอเหมาะ และอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ส่วนมากใช้สาหร่ายเซลล์เดียวพวก *Chlorella* sp., *Tetraselmis* sp., *Monochrysis lutheri*, *Dunaliella* sp., *Nannochlopsis* sp. และ *Exuviell* sp. เป็นต้น หรือพวกโปโตซัว บักเตรี ยีสต์และมูลสัตว์ เป็นต้น (Theilacker, 1971; ธิดา เพชรมณี, 2529)

2.5.1 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลา

คลอเรลลาเป็นอาหารที่ดีที่สุดสำหรับการเลี้ยงโรติเฟอร์ (Hirayama and Watanabe, 1978; สาธิต โกวิทวที และ อรนุช ดีช่วย, 2531) นิยมเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยวิธีการย้ายถัง ใช้ถังขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตรที่มีคลอเรลลาเพาะด้วยปุ๋ยพวกแอมโมเนียมซัลเฟต 100 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ซุปเปอร์ฟอสเฟต 15 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ยูเรีย 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร และคลีวัต-32 5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร เริ่มจากใส่โรติเฟอร์ในถังแรกที่มีคลอเรลลาความหนาแน่น 10-$20x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร เมื่อคลอเรลลาเจือจางลงจึงจะกรองเอาตัวโรติเฟอร์ 10-36 เปอร์เซ็นต์ด้วยผ้ากรองขนาดตา 69 ไมครอน ใส่ในถังที่มีคลอเรลลาเตรียมไว้แล้วในถังต่อไป จากนั้นจึงย้าย

โรติเฟอร์จากถังที่สองไปสู่ถังที่สามในระบบเดียวกัน เริ่มทำความสะอาดและเพาะคลอเรลลาเตรียมไว้ในถังแรกเมื่อครบรอบ (สาธิต โกวิทวที และ อรนุช ดีช่วย, 2531) โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาความหนาแน่นประมาณ $150x10^4$ เซลล์/โรติเฟอร์ 2 ตัว/มิลลิลิตร ให้ผลผลิตสูงสุด (Hirayama and Watanabe, 1973)

2.5.2 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยเตตราเซลมิส

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยเตตราเซลมิสมีการเพิ่มจำนวนตัวแปรผันตามระดับความหนาแน่นของเตตราเซลมิสเสมอ ปรกติสามารถเพิ่มจำนวนเป็น 2 เท่าได้ทุก 24 ชั่วโมง (ธิดา เพชรมณี, 2529) การเลี้ยงเตตราเซลมิสในบ่อกลางแจ้งจะใส่น้ำครึ่งบ่อ ความเค็มไม่เกิน 30 ส่วนในพัน อุณหภูมิประมาณ 25-29 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง 8.1-8.5 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 1,200 กรัม ปุ๋ย 16-20-0 120 กรัมและยูเรีย 60 กรัม ใช้หัวเชื้อเตตราเซลมิส 1 ส่วนต่อน้ำทะเล 2-5 ส่วน ให้อากาศแรงตลอด เก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 50 เปอรเซ็นต์ ของถังเพื่อนำไปใช้เลี้ยงโรติเฟอร์หลังจากเลี้ยงครบ 3 วัน สามารถเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์พร้อมกันได้ 3 บ่อจากเตตราเซลมิสดังกล่าว โดยใส่น้ำทะเลที่กรองแล้วในบ่อโรติเฟอร์ครึ่งบ่อ ให้อากาศ ใส่โรติเฟอร์ 30 ตัว/มิลลิลิตร วันรุ่งขึ้นจึงเติมเตตราเซลมิส หลังจากเลี้ยงได้ 3 วันสามารถเก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ 50 เปอร์เซ็นต์ของบ่อได้ทุกวันตลอด 1 สัปดาห์ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ส่วนการเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยเตตราเซลมิสแบบย้ายบ่อมักจะเริ่มจากนำเตตราเซลมิสขยายลงบ่อเลี้ยงในบ่อแรก ใส่เชื้อโรติเฟอร์และให้อากาศ เลี้ยงจนเตตราเซลมิสเจือจางจึงกรองเอาโรติเฟอร์ 10-30 เปอร์เซ็นต์ใส่ลงบ่อที่สองที่มีเตตราเซลมิสเตรียมไว้ ส่วนโรติเฟอร์ที่เหลือนำไปใช้ได้ จากบ่อที่สองย้ายไปบ่อที่สามในระบบเดียวกัน และทำความสะอาดบ่อแรกเพื่อเพาะเตตราเซลมิสใหม่อีกครั้ง (โชติมา วนโกสุม และคณะ, 2533)

2.5.3 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยยีสต์ขนมปัง

เพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ในถังคอนกรีต ใช้โรติเฟอร์เริ่มต้น 10-20 ตัว/มิลลิลิตร ให้ยีสต์ที่ละลายในน้ำวันละ 2 ครั้ง (อัตราส่วนยีสต์ 1 กรัม/โรติเฟอร์ 1 ล้านตัว) หลังจากการเลี้ยงครบ 7-10 วันจะได้โรติเฟอร์มากกว่า 100 ตัว/มิลลิลิตร สามารถนำไปเลี้ยงลูกสัตว์น้ำได้ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) โดยทั่วไปโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยยีสต์สดมีคุณค่าอาหารน้อยกว่าที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาน้ำเค็ม (Kitajima *et al.*, 1979) ในขณะที่ยีสต์แห้งมีคุณค่าทางอาหารให้กับโรติเฟอร์น้อยมาก แต่ยังใช้ยีสต์แห้งเป็นอาหารเสริมที่ดีสำหรับการเพาะโรติเฟอร์ การนำยีสต์แห้งมาเพาะและใช้เป็นอาหารเพิ่มแก่โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาน้ำเค็มช่วยให้โรติเฟอร์เพิ่มจำนวนมากขึ้น ขบวนการย่อย

สลายของยีสต์ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนจะได้สารบางชนิดที่มีคุณค่าทางอาหารแก่โรติเฟอร์ (Hirayama and Watanabe, 1973)

ในปัจจุบันมีการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยยีสต์ขนมปังด้วยการเพิ่มคลอเรลลาแก่โรติเฟอร์ที่ทำให้ลูกปลามีอัตราการรอดตายสูงมากขึ้น โรติเฟอร์ที่กินอาหารที่มีกรดไขมันสูงเมื่อนำไปเลี้ยงลูกสัตว์น้ำก็จะทำให้สัตว์น้ำได้รับพวกกรดไขมันที่สำคัญที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต (Kitajima *et al.*, 1980) ลูกปลาอายู (Ayu) ที่กินโรติเฟอร์ที่เพาะเลี้ยงด้วยคลอเรลลาและยีสต์ขนมปังที่เสริมด้วยน้ำมันจากตับปลาหมึกในน้ำที่เพาะยีสต์ขนมปังมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว (ω3 HUFA) เจริญเติบโตได้ดีและมีอัตราการรอดตายสูงกว่าลูกปลาที่กินโรติเฟอร์ที่เพาะเลี้ยงด้วยยีสต์ขนมปังเพียงอย่างเดียว (ธิดา เพชรมณี และ มาวิทย์ อัศวอารีย์, 2536)

2.5.4 การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยอาหารหลายชนิด

การเพาะโรติเฟอร์ *B. plicatilis* ปริมาณมากในถังน้ำระบบหมุนเวียนโดยให้คลอเรลลาและยีสต์เป็นอาหารร่วมกันเมื่อเริ่มต้น ให้ยีสต์แห้งแช่แข็งละลายน้ำความหนาแน่น 1,000-2,000x10^4 เซลล์/มิลลิลิตร ทุก 6 ชั่วโมงเมื่อคลอเรลลาเริ่มลดลง โรติเฟอร์สามารถเจริญขยายจำนวนได้สูงสุด 1,170-1,450 ตัว/มิลลิลิตร (Hirata, 1974) อาหารมีผลต่อขนาดของโรติเฟอร์ *B. plicatilis* ที่เลี้ยงด้วยยีสต์น้ำเค็มจะมีขนาดเล็ก ส่วนที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาหรือสาหร่ายสีเขียวชนิดอื่นมีขนาดปานกลาง ในขณะที่โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยเตตราเซลมิสมีขนาดใหญ่ที่สุด (ธิดา เพชรมณี, 2526ก) โรติเฟอร์น้ำเค็มสามารถยังใช้คลอเรลลาน้ำจืดและยีสต์สดเป็นอาหารได้ (Nyonjie and Radull, 1991)

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์

2.6.1 ความเข้มของแสง

โรติเฟอร์, *B. plicatilis* เจริญเติบโตลดน้อยลงเมื่อความเข้มแสงเพิ่มมากขึ้น โรติเฟอร์สามารถเพิ่มจำนวนได้เป็น 2 เท่าในช่วงระยะเวลา 0.99-4.5 วันเมื่อแสงมีความเข้ม 100-200 ลักซ์ เมื่อมีความเข้ม 100 ลักซ์ โรติเฟอร์สามารถเพิ่มจำนวนได้เป็น 2 เท่าในเวลาประมาณ 1 วัน (สุนีย์ สุวภีพันธ์, 2516) แต่ Pechmanee และ Assavaaree (1996) เพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ *B. plicatilis* สายพันธุ์สตูลในที่มืด ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่าโรติเฟอร์ดังกล่าวสามารถเพิ่มจำนวนได้รวดเร็วและให้จำนวนมาก

2.6.2 อุณหภูมิน้ำ

อุณหภูมิน้ำที่เหมาะสมต่อการเพิ่มจำนวนของโรติเฟอร์ *B. plicatilis* ประมาณ 22-30 องศาเซลเซียส โรติเฟอร์จะผลิตไข่พักถ้าอุณหภูมิน้ำลดลงต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 15องศาเซลเซียส โรติเฟอร์สามารถเจริญเติบโตได้แต่จะไม่วางไข่ ช่วงชีวิตของโรติเฟอร์จะสั้นลงถ้าอุณหภูมิน้ำสูงเกินไป (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) โรติเฟอร์ *B. plicatilis* สายพันธุ์สตูลเจริญสูงสุดที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (Pechmanee and Assavaaree, 1996)

2.6.3 ความเค็ม

ความเค็มที่เหมาะสมที่โรติเฟอร์จะให้ผลผลิตดีที่สุดอยู่ระหว่าง 10-20 ส่วนในพัน โรติเฟอร์เจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควรถ้าความเค็มต่ำกว่าหรือเค็มจัดเกินไป (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) การเลี้ยง *B. plicatilis* สามารถเจริญเติบโตและให้จำนวนไข่ที่ดีเมื่อน้ำมีความเค็ม 15 ส่วนในพัน (พิศมัย สมสืบ และ สุธีวัฒน์ สมสืบ, 2534; Pechmanee and Assavaaree, 1996)

2.6.4 ความเป็นกรดเป็นด่าง

โรติเฟอร์เจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อน้ำมีความเป็นกรดเป็นด่าง 7.8-8.0 ส่วนที่ความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 5.0 หรือมากกว่า 10.0 โรติเฟอร์จะเจริญทวีจำนวนได้น้อยมากและมีการสร้างไข่ระยะพักจำนวนมาก (Michell and Joubert, 1986) หรืออาจตาย (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539)

2.6.5 ชนิด ปริมาณ และองค์ประกอบของอาหาร

ชนิดของอาหารมีผลต่อน้ำหนักและองค์ประกอบทางชีวเคมีของโรติเฟอร์ (Scott and Baynes, 1978) เช่น โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาน้ำกร่อยจะให้คุณค่าทางโภชนาการในแง่ของกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับสัตว์น้ำเค็มสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยยีสต์หรือเตตราเซลมิส (ธิดา เพชรมณี, 2531) แต่จะมีผลต่อการเพิ่มจำนวนตัวของโรติเฟอร์ไม่มากนัก (Gatesoupe and Luguet, 1981; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ส่วนปริมาณอาหารจะมีผลต่อน้ำหนัก องค์ประกอบทางชีวเคมีและการเพิ่มจำนวนตัวของโรติเฟอร์น้อยมาก (Scott and Baynes, 1978;Gatesoupe and Luguet, 1981) แต่จะมีผลต่อจำนวนของไข่โรติเฟอร์ เมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ที่ความเค็ม 18 ส่วนในพัน (Gatesoupe and Luguet, 1981)

2.6.6 สายพันธุ์ของโรติเฟอร์

ผลผลิตของโรติเฟอร์ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของโรติเฟอร์ที่ใช้เพาะขยายพันธุ์ (Jame and Abu-Rezey, 1989) สายพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดขนาดเปลือก ในขณะที่อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดเปลือกของโรติเฟอร์ ส่วนชนิดของอาหารและความเค็มมีผลต่อขนาดเปลือกของโรติเฟอร์น้อยมาก (Snell and Carrillo, 1984)

2.7 การใช้โรติเฟอร์น้ำกร่อยสำหรับการอนุบาลลูกสัตว์น้ำ

ในประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาโรติเฟอร์ *B. plicatills* เพื่อการเพาะเลี้ยง เมื่อ พ.ศ. 2516 โดยได้รับสายพันธุ์โรติเฟอร์จากประเทศญี่ปุ่น และได้นำมาใช้เป็นอาหารมีชีวิตระยะแรกของลูกปลากะพงขาว (ธิดา เพชรมณี, 2526ข) หลังจากนั้นจึงได้นำโรติเฟอร์ดังกล่าวมาใช้ในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำหลายชนิด โดยเฉพาะใช้เป็นอาหารระยะแรกของลูกสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ เช่น ลูกปลากะพงขาว ปลากะพงแดง ปลาเก๋า และ ลูกกุ้งทะเล เป็นต้น

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษา :

1. การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตแตกต่างกัน
2. การเจริญเติบโตและความสามารถในการแพร่ขยายพันธุ์ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่มีปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตแตกต่างกัน
3. ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่ใช้และที่เหลือตกค้างจากอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและการเลี้ยงโรติเฟอร์

Central Library
Prince of Songkla Univ

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ/อาหารทดลอง

1. **พันธุ์แพลงก์ตอน**

ใช้หัวเชื้อพันธุ์คลอเรลลาและโรติเฟอร์น้ำกร่อย (*Brachionus rotundiformis*) สายพันธุ์สงขลาจากสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา

2. **วัสดุอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา**

2.1 **อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา**

2.1.1 **หัวเชื้อคลอเรลลา** ใช้อาหารเหลวสูตรซาโตะและเซริกาวา (Sato and Serikawa, 1978; มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534) ซึ่งมีส่วนประกอบในอาหารปริมาตร 1 ลิตรดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ก; หน้า 200)

1) โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)	100	มิลลิกรัม
2) โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)	168	"
3) ไดโซเดียมเมธาซิลิเกตแอนไฮดรัส (Na_2SiO_3)	4	"
4) ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4.12H_2O$)	10	"
5) ไดโซเดียมเอทธิลีนไดอะมีนเตตระอะซิเตรท (Na_2EDTA)	3	"
6) เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$)	0.24	"
7) ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$)	0.03	"
8) แมงกานีสคลอไรด์ ($MnCl_2.4H_2O$)	0.27	ไมโครกรัม
9) คิวปริกซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	0.40	"
10) กรดบอริก (H_3BO_3)	3.44	มิลลิกรัม

2.1.2 **คลอเรลลาทดลอง** อาหารทดลองสำหรับเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ใช้อาหารเหลวสูตรซาโตะและเซริกาวาที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทและไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกัน

2.1.2.1 **อาหารทดลองที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกัน** ใช้อาหารทดลองที่มีปริมาณไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตคงที่ แต่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทที่แตกต่างกัน 7 สูตร ดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ก; หน้า 202)

1) โซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 3.5:1 อัตราส่วนของ N:P 1.6:1

2) _____ „ _____ 7:1 _____ „ _____ 3:1

3) _____ „ _____ 14:1 _____ „ _____ 6.3:1

4) _____ „ _____ 28:1 _____ „ _____ 12.6:1

5) _____ „ _____ 42:1 _____ „ _____ 19:1 (ชุดควบคุม)

6) _____ „ _____ 56:1 _____ „ _____ 25:1

7) _____ „ _____ 70:1 _____ „ _____ 32:1

2.1.2.2 **อาหารทดลองที่มีปริมาณไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกัน** ใช้อาหารทดลองจากการทดสอบปริมาณโซเดียมไนเตรทที่แตกต่างกัน (จากหัวข้อ 2.1.2.1) ที่คลอเรลลาสามารถใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ดีที่สุดเป็นสูตรอาหารทดลองหลัก (ชุดควบคุม) กำหนดให้อาหารทดลองชุดใหม่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทคงที่แต่ปริมาณไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเปลี่ยนแปลงไป พิจารณากำหนดปริมาณไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และจำนวนสูตรอาหารตามความเหมาะสม (ไม่น้อยกว่า 4 สูตร) จากผลการทดลองจึงเลือกสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 28:1 และ 42:1 มาเปลี่ยนแปลงระดับฟอสเฟตที่มีอยู่ในไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เป็น 4 ระดับคือ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 ส่วน ดังต่อไปนี้ (ภาคผนวก ก; หน้า 203)

1) โซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 14:0.25 อัตราส่วนของ N:P 25:1

2) _____ „ _____ 14:0.5 _____ „ _____ 12.6:1

3) _____ „ _____ 14:0.75 _____ „ _____ 8.4:1

4) _____ „ _____ 14:1 _____ „ _____ 6.3:1

5) _____ „ _____ 28:0.25 _____ „ _____ 50.5:1

6) _____ „ _____ 28:0.5 _____ „ _____ 25:1

7) _____ „ _____ 28:0.75 _____ „ _____ 16.8:1

8) _____ „ _____ 28:1 _____ „ _____ 12.6:1

9) _____ „ _____ 42:0.25 _____ „ _____ 76:1

10) _____ „ _____ 42:0.5 _____ „ _____ 38:1

11) _____ „ _____ 42:0.75 _____ „ _____ 13.3:1

12) _____ „ _____ 42:1 _____ „ _____ 19:1 (ชุดควบคุม)

2.2 อาหารเลี้ยงโรติเฟอร์

ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา อาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร และอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรเลี้ยงโรติเฟอร์

3. สารเคมี

สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำคือ ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวม (ภาคผนวก ข; หน้า 205)

อุปกรณ์/เครื่องมือสำหรับ

1. การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยง เช่น หม้ออบไอน้ำ (autoclave) เครื่องแก้วตวงวัด เป็นต้น
2. การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน เช่น ขวดฟลาสต์และฝาปิดที่มีท่อแก้วกลวง ตู้เลี้ยงไฟฟ้า เป็นต้น
3. การตรวจนับปริมาณแพลงก์ตอน เช่น สไลด์นับเม็ดเลือดแดง สไลด์นับแพลงก์ตอนสัตว์ เป็นต้น
4. การวัดและวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำ เช่น สเปรกโตโฟโตมิเตอร์ เป็นต้น

วิธีการ

1. การเตรียมหัวเชื้อคลอเรลลาและโรติเฟอร์

1.1 การเพาะเลี้ยงหัวเชื้อคลอเรลลา

เพาะเลี้ยงคลอเรลลาปริมาตร 900 มิลลิลิตรในขวดทดลองขนาด 1 ลิตรด้วยอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 2.1.1) ความหนาแน่นเริ่มต้น $1.3X10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534) ระดับความเค็ม 15 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส (Richmond, 1986; มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำประมาณ 6.3±0.3 (Malis-Arad and McGowan, 1982) ให้แสงสว่างความเข้ม 5,000 ลักซ์ (มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534) 12 ชั่วโมง/วัน (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) และให้อากาศตลอดการเพาะเลี้ยง ตรวจวัดการเพิ่มจำนวนของคลอเรลลาด้วยการนับจำนวนด้วยสไลด์นับเม็ดเลือด (Haemacytometer) วัดขนาดเซลล์ (จำนวน 30 เซลล์ต่อ 1 ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ) วัดอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และความเค็มของน้ำวันละครั้ง ใช้คลอเรลลานี้สำหรับการทดลองต่อไป

1.2 การเพาะเลี้ยงหัวเชื้อโรติเฟอร์

เพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ปริมาตร 600 มิลลิลิตรในขวดทดลองขนาด 1 ลิตร ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในข้อ 1.1 ให้คลอเรลลาในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันที่ $4.5x10^6$ เซลล์/โรติเฟอร์ 15 ตัว/มิลลิลิตร (Ruangpanit, 1993) เพาะเลี้ยงที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน (พิศมัย สมสืบ และ สุธีวัฒน์ สมสืบ, 2534) อุณหภูมิ 28-35 องศาเซลเซียส (Pechmanee and Assavaaree, 1996) ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ 8±0.3 (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) และเลี้ยงในที่มืด (Pechmanee and Assavaaree, 1996) โดยให้อากาศตลอดการเพาะเลี้ยง ตรวจวัดการเพิ่มจำนวนตัวโรติเฟอร์โดยการนับจำนวนด้วยสไลด์นับแพลงก์ตอนสัตว์ ตรวจนับจำนวนไข่โรติเฟอร์รวม วัดความกว้างและความยาวของเกราะหุ้มลำตัว (จำนวน 20 ตัวต่อ 1 ซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ) และวัดปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ วัดอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และความเค็มของน้ำวันละครั้ง ใช้โรติเฟอร์นี้สำหรับการทดลองต่อไป

2. การทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) การเปรียบเทียบระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ทำการศึกษาด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) (Walpole and Myers, 1978) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (Duncan, 1995) วิเคราะห์ค่าคงที่ของการเจริญเติบโต (K) และค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G) ทุกวัน ตามสมการของ Fogg (1966) และวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทุกวันตามวิธีของ Boyd และ Tucker (1992) แบ่งการทดลองออกเป็น 7 และ 12 ชุดการทดลอง (treatments) ในการทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ตามลำดับ แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ (replications) ทั้งสองชุดการทดลอง

2.1 การทดลองชุดที่ 1 : การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกันและ การเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้

เพาะเลี้ยงคลอเรลลาความหนาแน่น $1.3X10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรปริมาตร 900 มิลลิลิตรในขวดทดลองขนาด 1 ลิตรด้วยอาหารทดลองที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (ข้อ 2.1.2.1) ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำ 15 ส่วนในพัน ความเป็นกรดเป็นด่าง 6.3±0.3 ให้แสงสว่างความเข้ม 5,000 ลักซ์ 12 ชั่วโมง/วัน และให้อากาศตลอดการทดลอง ตรวจวัดการเพิ่มจำนวนและขนาดเซลล์ของคลอเรลลา วัดคุณภาพน้ำเลี้ยง ได้แก่ อุณหภูมิ

ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวม (ด้วยการย่อย) ทุกวัน ๆ ละครั้ง กระทั่งความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เลี้ยงด้วยอาหารแต่ละสูตรมีการเพิ่มจำนวนสูงสุดและลดจำนวนลงจนวันที่สอง

ทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารทดลองทั้ง 7 สูตร ๆ ละ 3 ซ้ำ ในสภาพการเลี้ยงและการดำเนินการในทำนองเดียวกันอีกครั้ง เพาะเลี้ยงคลอเรลลาจนถึงกำหนด 1 วันก่อนวันที่คลอเรลลาในอาหารทดลองแต่ละสูตรเจริญทวีจำนวนได้สูงที่สุด จึงใช้คลอเรลลาดังกล่าวสำหรับเลี้ยงโรติเฟอร์ต่อไป เพราะคลอเรลลาในวันดังกล่าวมีความแข็งแรง สมบูรณ์ และพร้อมที่จะแพร่พันธุ์ในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ได้ดีกว่าคลอเรลลาในวันที่มีความหนาแน่นสูงที่การเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ทำในขวดทดลองขนาด 1 ลิตร เพาะเลี้ยงในปริมาตร 600 มิลลิลิตร ความเค็ม 15 ส่วนในพัน ความเป็นกรดเป็นด่าง 8±0.3 อุณหภูมิ 28-35 องศาเซลเซียส ในที่มืด ให้คลอเรลลา 4,500,000 เซลล์/โรติเฟอร์ 15 ตัว/มิลลิลิตร และให้อากาศตลอดการเลี้ยง ตรวจนับการเพิ่มจำนวน ขนาดของตัว จำนวนไข่เฉลี่ยของโรติเฟอร์ และปริมาณคลอเรลลาที่เหลืออยู่ทุกวัน ตรวจวัดอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่าง และความเค็ม ปริมาณไนเตรต-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวมของน้ำทุกวัน ๆ ละครั้ง กระทั่งความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาในอาหารแต่ละสูตรเพิ่มจำนวนสูงสุดและลดจำนวนลงในวันแรก

2.2 การทดลองชุดที่ 2 : การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกันและการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้

ทำการทดลองเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและโรติเฟอร์ ดำเนินการในทำนองเดียวกับในหัวข้อที่ 2.1 โดยใช้อาหารทดลองที่กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 2.1.2.2 (หน้า 21)

บทที่ 3 และ บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

1. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเชริกาวา และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้

1.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

ผลจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเชริกาวาที่ใช้ความหนาแน่นเริ่มต้นของคลอเรลลา $1.3x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงในแสงสว่างความเข้ม 5,000 ลักซ์ ที่สว่าง : มืด เท่ากับ 12 : 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความเค็ม 15 ส่วนในพัน และความเป็นกรดเป็นด่าง 6.3±0.3 (หน้า 22) มีดังต่อไปนี้

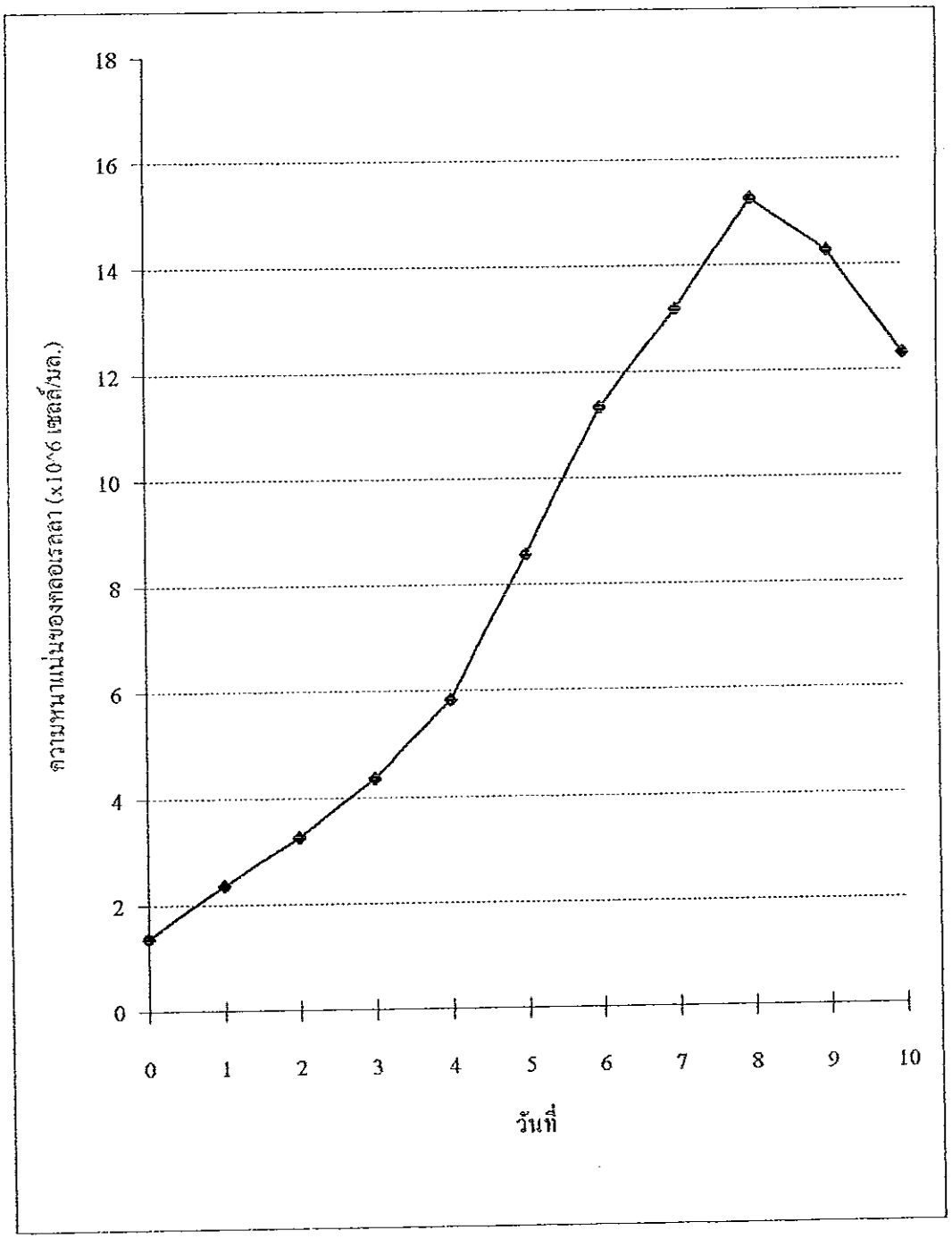
1.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา (ตารางที่ 1)

1.1.1.1 ความหนาแน่นของคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงมีการเพิ่มจำนวนเซลล์ในแต่ละวันตลอดระยะเวลาของการเพาะเลี้ยงแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในระยะ 4 วันแรกคลอเรลลาเพิ่มจำนวนเฉลี่ยประมาณวันละ 1 ล้านเซลล์/มิลลิลิตร และ 2-3 ล้านเซลล์/มิลลิลิตรตั้งแต่วันที่ 5 เป็นต้นไป คลอเรลลาเพิ่มจำนวนเซลล์ได้สูงที่สุดในวันที่ 8 มีความหนาแน่นเฉลี่ย $15.26±0.20x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร วันที่ 7 คลอเรลลามีความหนาแน่นเฉลี่ย $13.18±0.19x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ใช้คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงได้ในวันที่ 7 ไปเลี้ยงโรติเฟอร์สำหรับการทดลองต่อไปในหัวข้อที่ 2.2 (ภาพที่ 1)

1.1.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G)

ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาในแต่ละวันแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนของคลอเรลลาเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันของการเพาะเลี้ยงที่เพิ่มมากขึ้น ในวันที่ 1 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา คลอเรลลามีค่าระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยสั้นที่สุดคือ 1.266±0.18 วัน ในวันที่ 4-7 ค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 1.8-2.0 วัน ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาในวันที่ 7 และในวันที่ 8 ที่คลอเรลลามีความหนาแน่นของเซลล์มากที่สุดมีค่าใกล้เคียงกันคือ 2.095±0.02 และ 2.294±0.08 วันตามลำดับ คลอเรลลามีค่าระยะเวลาเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยยาวนานที่สุดในวันที่ 10 คือ 3.148±0.08 วัน



ภาพที่ 1 ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

1.1.1.3 ขนาดเซลล์

ตลอดการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา คลอเรลลามีขนาดเซลล์เฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ขนาดเซลล์คลอเรลลาเฉลี่ยในช่วง 4 วันแรกและในสองวันสุดท้าย (วันที่ 9 และ 10) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เซลล์มีขนาดเฉลี่ย 3.92-4.04 ไมครอน ในระหว่างวันที่ 6-9 เซลล์ของคลอเรลลามีขนาดเฉลี่ย 4.04-4.08 ไมครอน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงได้ในวันที่ 5 และวันที่ 7 มีขนาดเซลล์เฉลี่ยใหญ่ที่สุด 4.08-4.09 ไมครอน เซลล์มีขนาดเฉลี่ยเล็กที่สุดในวันที่ 1 และวันที่ 10 เท่ากับ 3.92 ไมครอน

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G; วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

วันที่	ความหนาแน่นเซลล์	G	ขนาดเซลล์
0	1.36 ± 0.11^{k}	0^{h}	3.96 ± 0.05^{abc}
1	2.36 ± 0.08^{j}	1.266 ± 0.18^{g}	3.92 ± 0.02^{c}
2	3.26 ± 0.05^{i}	1.589 ± 0.14^{f}	4.01 ± 0.06^{abc}
3	4.35 ± 0.17^{h}	1.792 ± 0.10^{ef}	3.94 ± 0.04^{bc}
4	5.82 ± 0.03^{g}	1.908 ± 0.10^{de}	3.94 ± 0.08^{bc}
5	8.56 ± 0.07^{f}	1.884 ± 0.08^{de}	4.09 ± 0.09^{a}
6	11.32 ± 0.26^{e}	1.962 ± 0.09^{de}	4.08 ± 0.05^{a}
7	13.18 ± 0.19^{c}	2.095 ± 0.02^{cd}	4.09 ± 0.02^{a}
8	15.26 ± 0.20^{a}	2.294 ± 0.08^{c}	4.06 ± 0.04^{ab}
9	14.27 ± 0.14^{b}	2.650 ± 0.10^{b}	4.04 ± 0.02^{abc}
10	12.31 ± 0.18^{d}	3.148 ± 0.08^{a}	3.92 ± 0.03^{c}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด

1.1.2 **คุณภาพน้ำ** (ตารางที่ 2)

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวม ระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.2.1 **ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน**

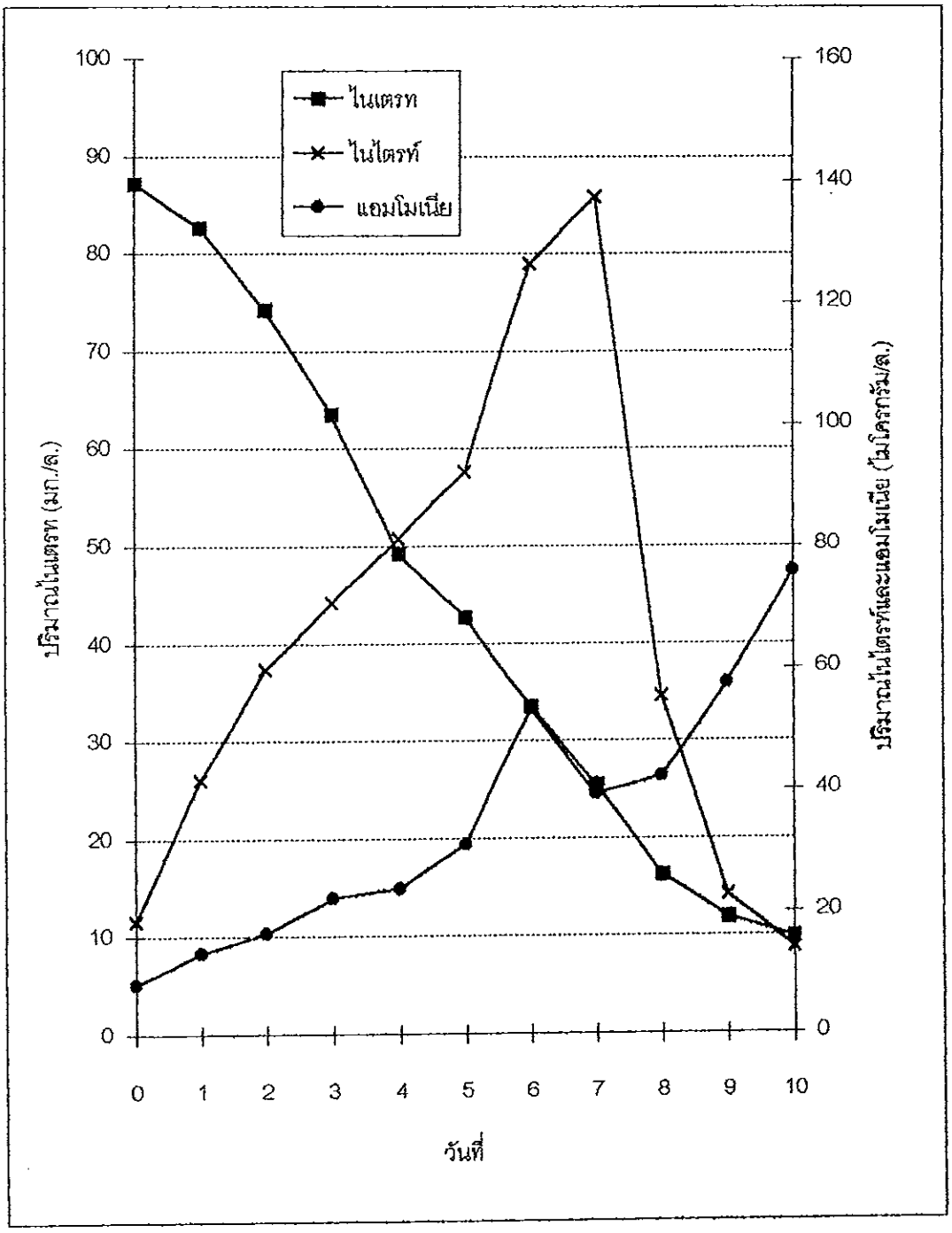
ไนเตรทเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาลดปริมาณลงเป็นลำดับนับแต่เริ่มต้นทำการเพาะเลี้ยง ปริมาณไนเตรทในน้ำเมื่อเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 87.2±1.75 มิลลิกรัม/ลิตรและมีค่าต่ำที่สุดคือ 9.80±0.78 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่ 10 ปริมาณไนเตรทในวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงมีความหนาแน่นสูงที่สุดคือ (วันที่ 8) มีค่าเฉลี่ย 16.2±1.36 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำในวันที่ 7 ซึ่งมีไนเตรทเฉลี่ย 25.5±1.12 มิลลิกรัม/ลิตรอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 2)

1.1.2.2 **ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน**

นับตั้งแต่เริ่มต้นทำการเพาะเลี้ยงปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพิ่มปริมาณมากขึ้นเป็นลำดับและมีค่าอยู่ในช่วงสูงที่สุดระหว่างวันที่ 6 และวันที่ 7 ปริมาณไนไตรท์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในวันที่ 7 คือ 137.3±6.18 ไมโครกรัม/ลิตร หลังจากนั้นปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยเริ่มลดลงเป็นลำดับโดยมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันตั้งแต่วันที่ 8 ที่มีความหนาแน่นเซลล์ของคลอเรลลาสูงที่สุด ปริมาณไนไตรท์ในวันดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าปริมาณไนไตรท์สูงที่สุดที่วัดได้มาก (วันที่7) คือมีเพียง 55.3±4.83 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณไนไตรท์มีค่าเหลือเพียง 14.0±1.36 ไมโครกรัม/ลิตรในวันที่ 10 (ภาพที่ 2)

1.1.2.3 **ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน**

ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับนับตั้งแต่เริ่มต้นเพาะเลี้ยง ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่าต่ำที่สุดในวันเริ่มต้น 8.17±0.65 ไมโครกรัม/ลิตร และมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 75.8±2.56 ไมโครกรัม/ลิตรในวันที่ 10 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำในวันที่ 7 และวันที่ 8 ที่คลอเรลลามีความหนาแน่นเซลล์สูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติคือมีค่า 39.3±0.97 และ 42.2±1.74 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ (ภาพที่ 2)



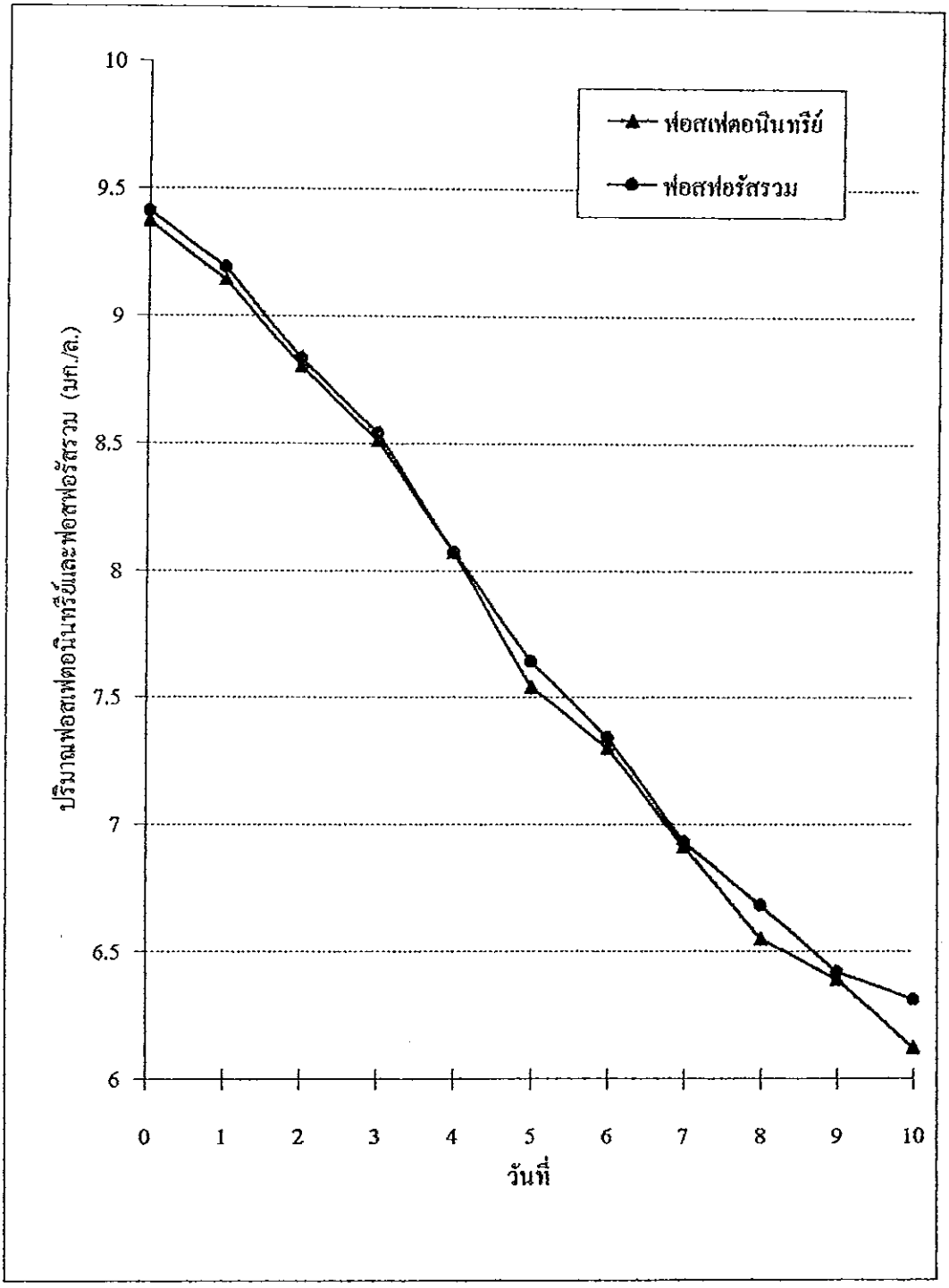
ภาพที่ 2 ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

1.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำตั้งแต่เริ่มต้นทำการเพาะเลี้ยงลดปริมาณลงเป็นลำดับ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวันเริ่มต้นเพาะเลี้ยงมีค่าสูงที่สุดคือ 9.37± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตรและลดลงเหลือ 6.21±0.10 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่ 10 สำหรับวันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยง และวันที่ 8 ที่คลอเรลลามีความหนาแน่นเซลล์สูงที่สุด ในน้ำมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ใกล้เคียงกันคือ 6.91±0.58 และ 6.55±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ (ภาพที่ 3)

1.1.2.5 ฟอสฟอรัสรวม

ฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงที่เพิ่มมากขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดคือ 9.41± 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าต่ำที่สุดในวันที่ 10 คือ 6.31±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร ในวันที่ 7 และวันที่ 8 ของการเพาะเลี้ยง ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันคือ 6.93±0.60 และ 6.68±0.03 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.))ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.)) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

วันที่	ไนเตรท	ไนไตรท์	แอมโมเนีย	ฟอสเฟตอนินทรีย์	ฟอสฟอรัสรวม
0	87.2±1.75^{a}	18.6±1.67^{g}	8.17±0.65^{h}	9.37±0.04^{a}	9.41±0.04^{a}
1	82.6±2.30^{b}	41.7±3.37^{f}	13.3±1.22^{g}	9.14±0.04^{ab}	9.19±0.03^{ab}
2	74.2±2.11^{c}	59.8±4.58^{de}	16.5±1.31^{g}	8.80±0.09^{bc}	8.83±0.18b^{c}
3	63.5±2.03^{d}	70.7±4.82^{cd}	22.3±1.44^{f}	8.51±0.04^{c}	8.54±0.03^{c}
4	49.2±0.57^{e}	81.2±7.04^{c}	23.8±1.19^{f}	8.05±0.05^{d}	8.07±0.03^{d}
5	42.7±2.15^{f}	92.2±5.95^{b}	31.0±2.40^{e}	7.54±0.06^{e}	7.64±0.04^{de}
6	33.5±3.35^{g}	126.4±5.33^{a}	53.2±1.40^{c}	7.30±0.09^{ef}	7.34±0.13^{ef}
7	25.5±1.12^{h}	137.3±6.18^{a}	39.3±0.97^{d}	6.91±0.58^{fg}	6.93±0.60^{fg}
8	**16.2±1.36^{i}**	**55.3±4.83^{e}**	**42.2±1.74^{d}**	**6.55±0.06^{gh}**	**6.68±0.03^{gh}**
9	11.9±1.66^{ij}	22.7±3.52^{g}	57.5±1.44^{b}	6.39±0.03^{h}	6.42±0.14^{h}
10	9.80±0.78^{j}	14.0±1.36^{g}	75.8±2.56^{a}	6.21±0.10^{h}	6.31±0.09^{h}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด

1.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์

1.2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาในสภาพการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 1 (หน้า 23) มีการเจริญทวีจำนวนในแต่ละวันในทำนองเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกับผลจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในหัวข้อที่ 1.1.1 ในวันที่ 7 ที่จะนำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ คลอเรลลามีความหนาแน่นเฉลี่ย 13.42±0.71x10^6 เซลล์/มิลลิลิตร ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนเซลล์เป็นสองเท่าเฉลี่ยในวันดังกล่าวมีค่า 2.125±0.03 วัน ขนาดเซลล์เฉลี่ย 4.12±0.04 ไมครอน (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G; วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 1.2.1; หน้า 33)

วันที่	ความหนาแน่นเซลล์	G	ขนาดเซลล์
0	1.36±0.03^{g}	0^{f}	4.18±0.13^{abc}
1	2.39±0.13^{f}	1.240±0.09^{e}	4.21±0.16^{abc}
2	3.01±0.09^{ef}	1.747±0.02^{d}	4.24±0.13^{ab}
3	3.79±0.14^{e}	2.034±0.04^{bc}	4.04±0.07^{abc}
4	4.71±0.12^{d}	2.235±0.02^{a}	4.26±0.04^{a}
5	7.64±0.33^{c}	2.012±0.05^{c}	4.02±0.08^{bc}
6	10.80±0.46^{b}	2.012±0.05^{c}	3.91±0.08^{c}
7	13.42±0.71^{a}	2.125±0.03^{b}	4.12±0.04^{abc}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในแต่ละวันระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในทำนองเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองในหัวข้อที่ 1.2 ในวันที่ 7 ที่จะนำคลอเรลลาไปใช้เลี้ยงโรติเฟอร์ในน้ำเลี้ยงมีไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ย 23.6±2.14

มิลลิกรัม/ลิตร 131.8±7.94 ไมโครกรัม/ลิตร 43.1±3.02 ไมโครกรัม/ลิตร 6.60±0.07 มิลลิกรัม/ลิตร และ 6.66±0.07 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสฟอรัสรวม (ไมโครกรัม/ล.) (หัวข้อ 1.2.1; หน้า 33)

วันที่	ไนเตรท	ไนไตรท์	แอมโมเนีย	ฟอสเฟตอนินทรีย์	ฟอสฟอรัสรวม
0	88.7±1.41^{ab}	19.3±0.91^{g}	5.80±0.60^{g}	9.50±0.03^{a}	9.56±0.05^{a}
1	85.4±0.99^{a}	38.2±1.70^{f}	10.2±0.55^{f}	9.20±0.03^{b}	9.29±0.07^{a}
2	78.2±2.00^{a}	50.5±2.38^{ef}	14.7±1.38^{e}	8.91±0.06^{c}	8.94±0.05^{ab}
3	66.4±1.92^{ab}	59.6±10.27^{de}	19.2±1.32^{d}	8.55±0.06^{d}	8.64±0.07^{ab}
4	53.0±2.21^{ab}	68.8±7.07^{cd}	21.3±1.51^{d}	8.15±0.06^{e}	8.24±0.06^{ab}
5	48.7±1.40^{ab}	78.4±7.05^{c}	29.3±1.31^{c}	7.72±0.07^{f}	7.84±0.05^{abc}
6	36.7±1.42^{ab}	115.5±8.60^{b}	55.3±2.00^{a}	7.46±0.05^{g}	7.56±0.06^{bc}
7	23.6±2.14^{b}	131.8±7.94^{a}	43.1±3.02^{b}	6.60±0.07^{h}	6.66±0.07^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

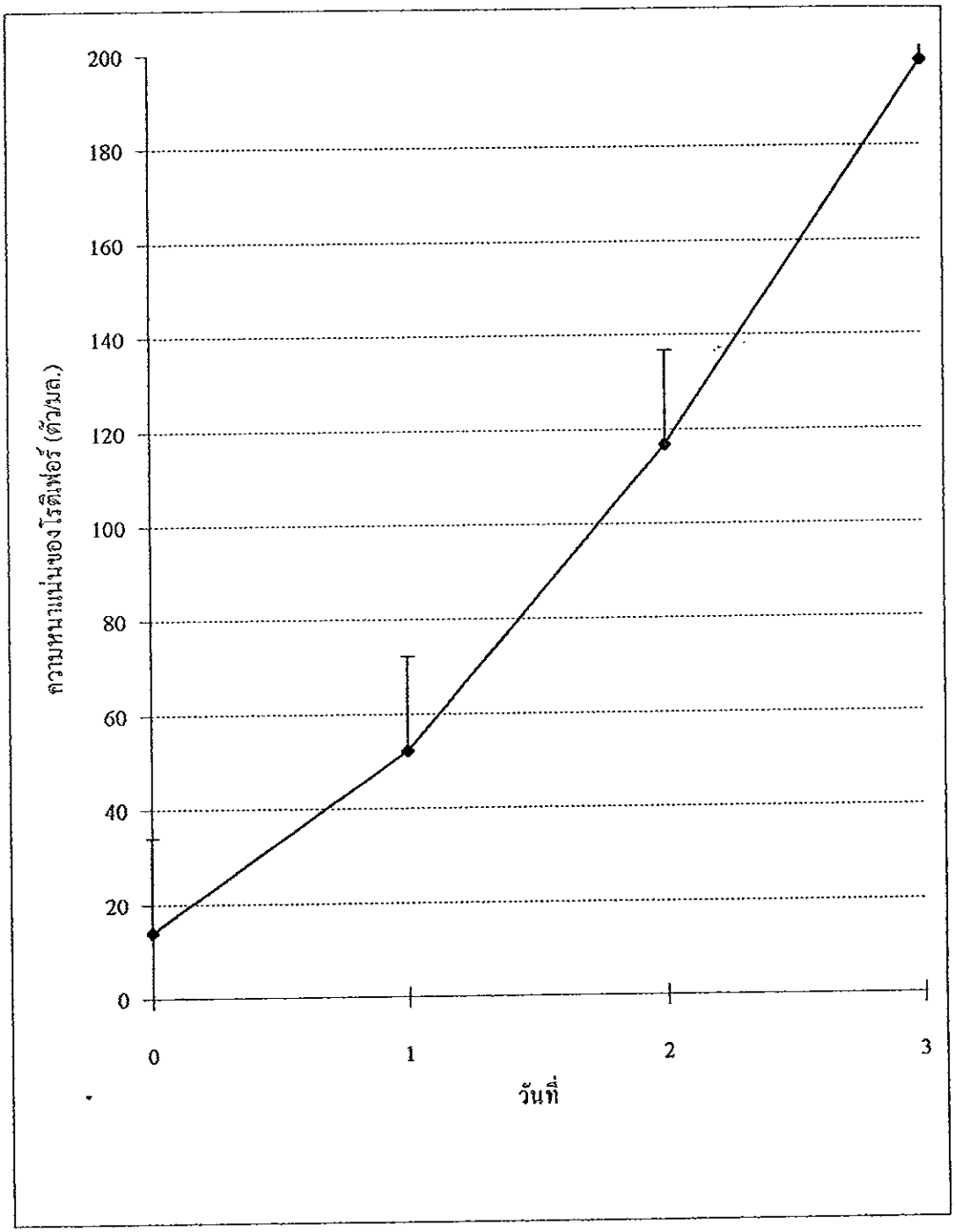
1.2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 1.2.1; หน้า 33) ใช้คลอเรลลาเริ่มต้น 4.5×10^{6} เซลล์/โรติเฟอร์ 15 ตัว/มิลลิลิตร เลี้ยงโรติเฟอร์ในที่มืดที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส และความเป็นกรดเป็นด่าง 8±0.3 มีดังต่อไปนี้

1.2.2.1 การเจริญของโรติเฟอร์ (ตารางที่ 5)

1.2.2.1.1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์

โรติเฟอร์มีการเพิ่มจำนวนในแต่ละวันตลอดระยะเวลาของการเลี้ยงแตกต่างกันทางสถิติ($P<0.01$)ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์เพิ่มขึ้นเป็นลำดับนับตั้งแต่เริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด 198.3±43.97 ตัว/มิลลิลิตรในวันที่ 3 (ภาพที่4)



ภาพที่ 4 ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

1.2.2.1.2 **ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า**

ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนตัวโรติเฟอร์ในแต่ละวันเป็นสองเท่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนตัวโรติเฟอร์เป็นสองเท่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันของการเลี้ยงที่เพิ่มมากขึ้น ในวันที่ 1-2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของโรติเฟอร์มีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.542±0.09 และ 0.654±0.05 วันตามลำดับ โรติเฟอร์ใช้ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่ายาวนานที่สุดในวันที่ 3 คือ 0.791±0.07 วัน

1.2.2.1.3 **ขนาดของตัวโรติเฟอร์**

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงในแต่ละวันมีขนาดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เกราะหรือเปลือกหุ้มลำตัว (Lorica) มีความกว้างและความยาวเฉลี่ย 120.2-126.2 และ 170.1-179.7 ไมครอนตามลำดับ

1.2.2.1.4 **จำนวนไข่โรติเฟอร์**

จำนวนไข่รวมเฉลี่ยที่โรติเฟอร์มีการสร้างในแต่ละวันแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อวันเริ่มต้นเลี้ยง โรติเฟอร์มีไข่เฉลี่ย 5.20±0.85 ฟอง/มิลลิลิตร ในวันที่ 1 และวันที่ 2 โรติเฟอร์มีจำนวนไข่เพิ่มมากขึ้นใกล้เคียงกันคือ 40.3±2.00 และ 50.9±13.74 ฟอง/มิลลิลิตร ตามลำดับ ในวันที่ 3 โรติเฟอร์มีจำนวนไข่เฉลี่ยลดลงเหลือ 13.3±2.63 ฟอง/มิลลิลิตร

1.2.2.1.5 **ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ**

ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือในแต่ละวันในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ไม่มีคลอเรลลาเหลืออยู่ในน้ำในวันที่ 3 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (ตัว/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G; วัน) ความกว้าง-ความยาวของเกราะหุ้มตัว (ไมครอน) และจำนวนไข่โรติเฟอร์-รวม (ฟอง/มล.) ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา และความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือ ($x10^5$ เซลล์/มล., หัวข้อ 1.2.2; หน้า 34)

วันที่	โรติเฟอร์					คลอเรลลาที่เหลือ
	ความหนาแน่น	G	ลำตัวกว้าง ^{NS}	ลำตัวยาว ^{NS}	จำนวนไข่	
0	13.9±0.72^{c}	0^{c}	125.3±8.78	173.6±7.70	5.20±0.85^{b}	4.61±0.04^{a}
1	52.1±11.65^{c}	0.542±0.09^{b}	125.3±7.65	179.7±19.34	40.3±2.00^{a}	3.46±0.30^{b}
2	117.3±16.55^{b}	0.654±0.05^{ab}	120.2±2.60	170.1±1.50	50.9±13.74^{a}	1.05±0.14^{c}
3	198.3±43.97^{a}	0.791±0.07^{a}	126.2±8.90	170.2±1.47	13.3±2.63^{b}	0^{d}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

1.2.2.2 **คุณภาพน้ำ** (ตารางที่ 6)

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวม ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลา มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.2.2.1 **ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน**

ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์มีปริมาณไนเตรทลดลงเมื่อจำนวนวันที่เลี้ยงโรติเฟอร์เพิ่มขึ้น ปริมาณไนเตรทในน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเริ่มต้น 28.5±2.10 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรทในน้ำมีค่าต่ำที่สุดในวันที่ 3 เท่ากับ 18.4±1.35 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำและในตัวโรติเฟอร์มีปริมาณ ไนเตรทรวมกันเฉลี่ย 21.2±2.69 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 5)

1.2.2.2.2 **ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน**

ไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์เพิ่มปริมาณขึ้นตามจำนวนวันที่เลี้ยงโรติเฟอร์นานขึ้นเป็นลำดับ ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์ 80.3±7.73 ไมโครกรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 3 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำเฉลี่ยมีค่า 110.4±8.10 ไมโครกรัม/ลิตร ในน้ำและในตัวโรติเฟอร์มีปริมาณไนไตรท์รวมกันเฉลี่ย 134.3±4.12 ไมโครกรัม/ลิตร (ภาพที่ 5)

1.2.2.2.3 **ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน**

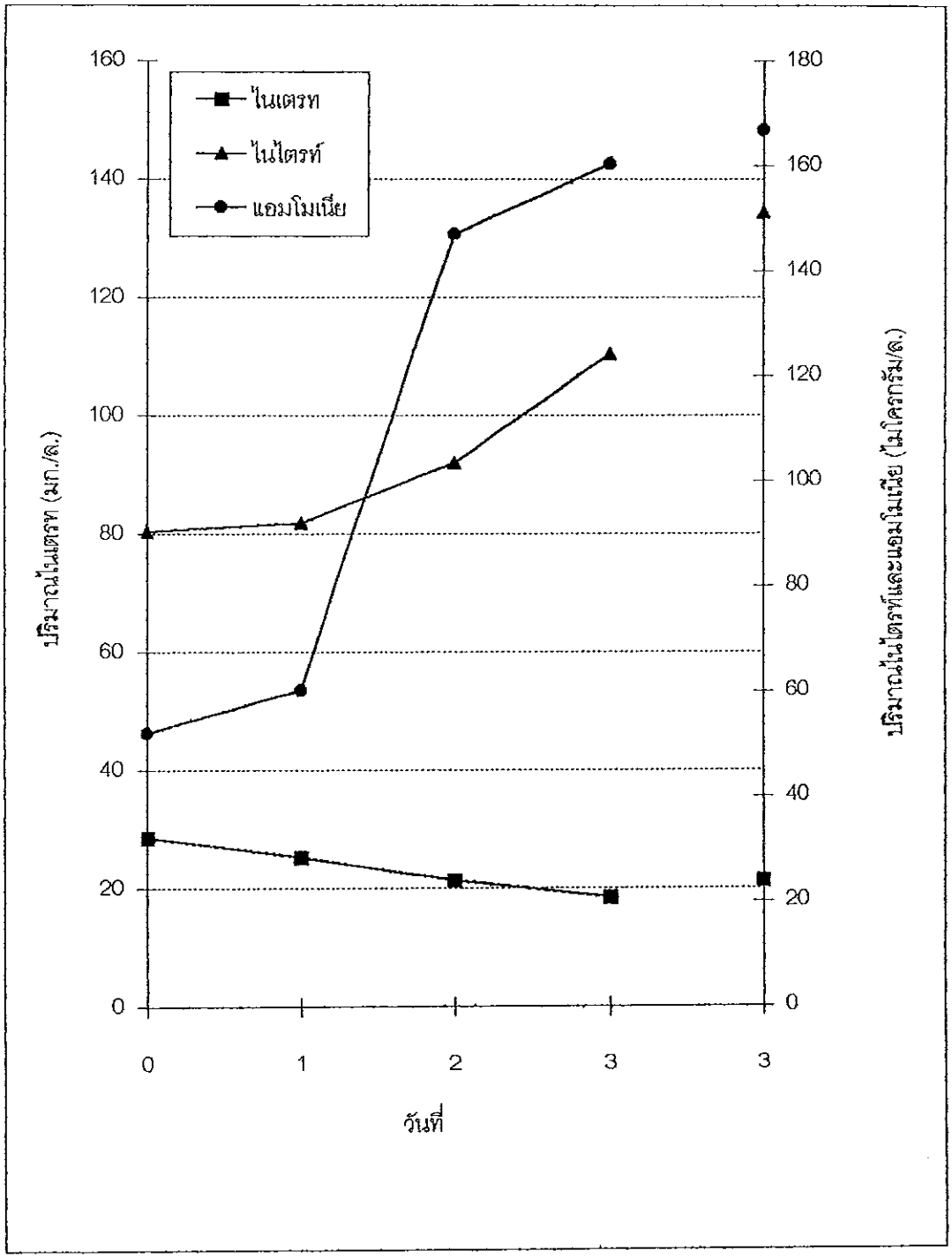
แอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์เพิ่มมากขึ้นตามจำนวนวันที่เลี้ยงโรติเฟอร์ ในวันที่ 2 และวันที่ 3 ในน้ำมีปริมาณแอมโมเนียสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในวันแรกอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือมีค่า 146.9±8.97 และ 160.3±6.60 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำและที่มีในตัวโรติเฟอร์เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่ารวมกันเฉลี่ย 166.7±6.21 ไมโครกรัม/ลิตร (ภาพที่ 5)

1.2.2.2.4 **ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์**

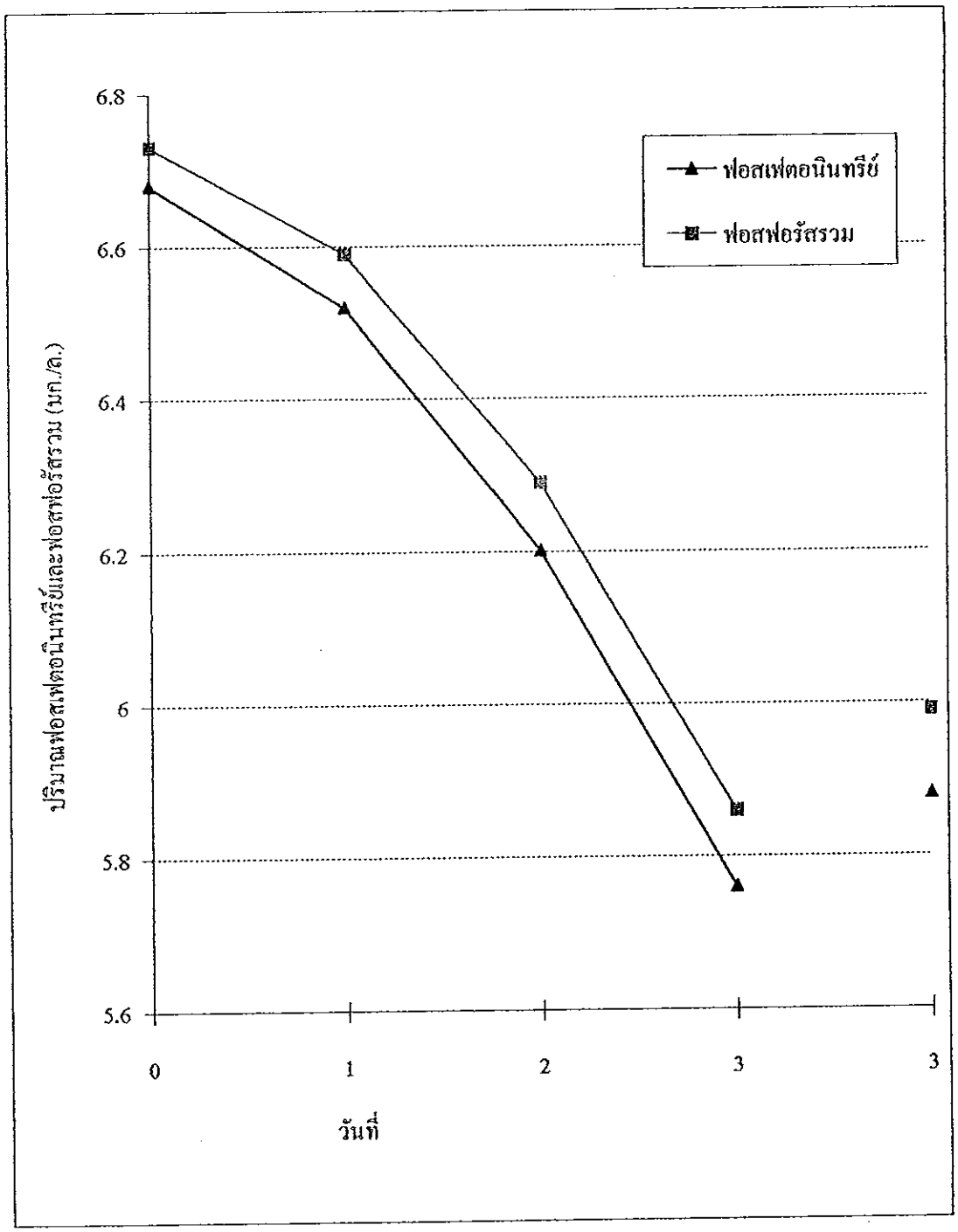
ฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำลดปริมาณลงเมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ยาวนานขึ้นเป็นลำดับ ฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในแต่ละวันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในน้ำเมื่อเริ่มต้นมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ 6.68±0.08 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าต่ำที่สุดในวันที่ 3 เท่ากับ 5.76±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณเฉลี่ยของฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์มีค่า 5.88±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 6)

1.2.2.2.5 **ปริมาณฟอสฟอรัสรวม**

ปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัสรวมในน้ำลดลงตามจำนวนวันที่เลี้ยงโรติเฟอร์นานขึ้นเป็นลำดับ มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยที่มีอยู่ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ในแต่ละวันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเมื่อเริ่มต้น 6.73±0.08 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยมีค่าต่ำที่สุด 5.86±0.05 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่ 3 ในน้ำและในตัวโรติเฟอร์มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยรวมกัน 5.99±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 5 ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา



ภาพที่ 6 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำ และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรชาโตะและเซริกาวา (หัวข้อ 1.2.2.2; หน้า 37)

วันที่	ไนเตรท	ไนไตรท์	แอมโมเนีย	ฟอสเฟตอนินทรีย์	ฟอสฟอรัสรวม
0	28.5±2.10^{a}	80.3±7.73^{c}	51.9±1.37^{c}	6.68±0.08^{a}	6.73±0.08^{a}
1	25.2±1.02^{ab}	81.7±7.36^{c}	60.2±2.25^{c}	6.52±0.02^{a}	6.59±0.05^{a}
2	21.2±0.91^{bc}	91.9±8.47^{bc}	146.9±8.97^{b}	6.20±0.04^{b}	6.29±0.06^{b}
3	18.4±1.35^{c}	110.4±8.10^{b}	160.3±6.60^{ab}	5.76±0.09^{c}	5.86±0.05^{c}
ในน้ำ+ในตัวโรติเฟอร์	21.2±2.69^{bc}	134.3±4.12^{a}	166.7±6.21^{a}	5.88±0.09^{c}	5.99±0.09^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

วิจารณ์

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาที่เพาะเลี้ยงในการทดลองนี้เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุดได้ต่ำกว่าและมีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าที่ยาวนานกว่าคลอเรลลาที่มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี (2534) รายงานไว้จากการทดลองเพาะเลี้ยงภายใต้สภาวะเดียวกันเล็กน้อย ความแตกต่างที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ควรเนื่องมาจากความแตกต่างของขนาดและรูปทรงของภาชนะที่ใช้เพาะเลี้ยงที่มีส่วนทำให้คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงสามารถรับแสงได้แตกต่างกัน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในหลอดทดลองขนาดเล็กที่มาวิทย์และธิดาใช้มีโอกาสได้รับแสงตลอดเวลาทั่วถึงกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ขนาด 1 ลิตรที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้แม้จะมีการให้อากาศตลอดเวลา คลอเรลลาบางส่วนในบางเวลาจะไม่ได้รับแสงเมื่อถูกพัดเข้าไปสู่ด้านกลางรวมทั้งด้านล่างของขวดเลี้ยงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันท้าย ๆ เมื่อคลอเรลลามีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น แสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่กำหนดความแตกต่างของผลผลิตคลอเรลลา (Fogg, 1975; มาวิทย์ อัศวอารีย์ และ ธิดา เพชรมณี, 2534; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) แต่แสงไม่ได้มีผลต่อขนาดเซลล์เฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยง ดังที่พบว่าคลอเรลลามีขนาดเซลล์เฉลี่ยไม่แตกต่างกับที่เคยมีรายงานไว้คือ 3.92-4.09 ไมครอน (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539; Becker and Vankataraman, 1982; บัญญัติ มนเทียรอาสน์, 2533)

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงใช้ไนเตรทส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในอาหาร (81 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเมื่อเริ่มต้น, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ในการเพิ่มจำนวนเซลล์จากระยะเริ่มต้นถึงในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด แต่ยังคงเหลือไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดอีกถึง 16.2 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารถูกคลอเรลลาใช้ไปไม่มากนัก (ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมถูกใช้ไป 30 และ 29 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเมื่อเริ่มต้นตามลำดับ, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) เหลือฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 6.55 และ 6.68 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ในน้ำมีไนไตรท์และแอมโมเนียเกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพิ่มขึ้นมาก ทั้งจากการปล่อยของเสียหรือสารจากภายในเซลล์มาสู่ภายนอกเซลล์ของคลอเรลลาเอง (Marsot *et al.*, 1991; Torkelson *et al.*, 1995) การเปลี่ยนแปลงรูปของไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารผ่านปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) และการย่อยสลายเซลล์คลอเรลลาที่ตายแล้วโดยแบคทีเรียในขบวนการแอมโมนิฟิเคชั่น (ammonification) (Russell-Hunter, 1970; Raymont, 1980; มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532; Cole, 1994; สุมาลี สุทธิประดิษฐ์, 2536) ไนไตรท์และแอมโมเนียที่เกิดขึ้นและสะสมอยู่ในน้ำเป็นต้นเหตุที่สำคัญที่ทำให้คลอเรลลาไม่สามารถหรือสามารถเจริญทวีจำนวนได้เพิ่มขึ้นไม่มาก

นักแม้ว่าในน้ำจะยังคงมีไนเตรทและฟอสเฟตที่เหลืออยู่อย่างพอเพียงก็ตาม (ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีไนไตรท์และแอมโมเนียในน้ำ 55.3 และ 42.2 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ) (สิริ ทุกข์วินาศ, 2528, คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992) เนื่องจากปริมาณของทั้งไนเตรทและฟอสเฟตทั้งสองกลุ่มที่มีเหลืออยู่ในน้ำอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 10 และ 0.1 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ, 2528; มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532, คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992)

การเลี้ยงโรติเฟอร์สายพันธุ์สงขลาด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาข้างต้นใช้ความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้น 15 ตัว/มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส ความเค็ม 15 ส่วนในพัน ได้โรติเฟอร์ความหนาแน่นสูงที่สุดในวันที่ 3 เท่ากับ 198.3 ตัว/มิลลิลิตร Pechmanee and Assava-aree (1996) รายงานว่าการเลี้ยงโรติเฟอร์ชนิดเดียวกันแต่สายพันธุ์สตูลที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ระดับความเค็มเท่ากันได้ความหนาแน่นของโรติเฟอร์สูงที่สุด 90 ตัว/มิลลิลิตรภายในวันเดียว ในขณะที่ความหนาแน่นของโรติเฟอร์เมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ครบ 1 วันในการทดลองครั้งนี้มีเพียง 52 ตัว/มิลลิลิตร อุณหภูมิระหว่างการเลี้ยงจึงเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเจริญทวีจำนวนของโรติเฟอร์ สอดคล้องกับที่มีรายงานว่าโรติเฟอร์น้ำกร่อยของประเทศเป็นโรติเฟอร์สายพันธุ์เล็กที่ปรกติเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (Hagiwara *et al.*, 1995) ปัจจัยรองลงมาที่อาจทำให้เกิดความแตกต่างในส่วนนี้ได้แก่ความแตกต่างของสายพันธุ์ของโรติเฟอร์ (Fu *et al.*, 1991; Hagiwara, 1995)

นอกจากนี้แล้วปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ใส่โรติเฟอร์ลงไปเลี้ยงที่มีค่าค่อนข้างสูงดังที่กล่าวถึงมาแล้วข้างต้นที่มีค่าสูงถึง 160.3 ไมโครกรัม/ลิตรในวันสุดท้ายของการเลี้ยง ปริมาณแอมโมเนียที่เพิ่มมากขึ้นมีส่วนให้จำนวนตัวของโรติเฟอร์ลดลงในที่สุด (Fulks and Main, 1991 อ้างถึง Snell *et al.*, 1987) เนื่องจากแอมโมเนียในน้ำมีผลต่อการเจริญและการสืบพันธุ์ของโรติเฟอร์ (Yu and Hirayama, 1986; Hoff and Snell, 1989) ในขณะที่ปริมาณไนเตรทที่เหลือในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในวันสุดท้ายคือ 18.1 มิลลิกรัม/ลิตรก็อยู่ในระดับที่เป็นพิษต่อการมีชีวิตอยู่ของโรติเฟอร์ได้ (มนูวดี หังสฤกษ์, 2532; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992) ส่วนปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ลดลงจากวันเริ่มต้นน้อยมาก ยังคงมีฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเหลืออยู่ในน้ำในระดับที่เป็นพิษต่อโรติเฟอร์

2. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกัน และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้

2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเท่ากับ 3.5:1, 7:1, 14:1, 28:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 ใช้ความหนาแน่นเริ่มต้นของคลอเรลลา $1.3x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงในแสงสว่างความเข้ม 5,000 ลักซ์ 12 ชั่วโมง/วัน อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความเค็มน้ำ 15 ส่วนในพัน และความเป็นกรดเป็นด่าง 6.3±0.3 ได้ผลดังนี้

<u>หมายเหตุ</u> เพื่อความกระชับรัดกุมจะเรียกชื่ออาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็นอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต

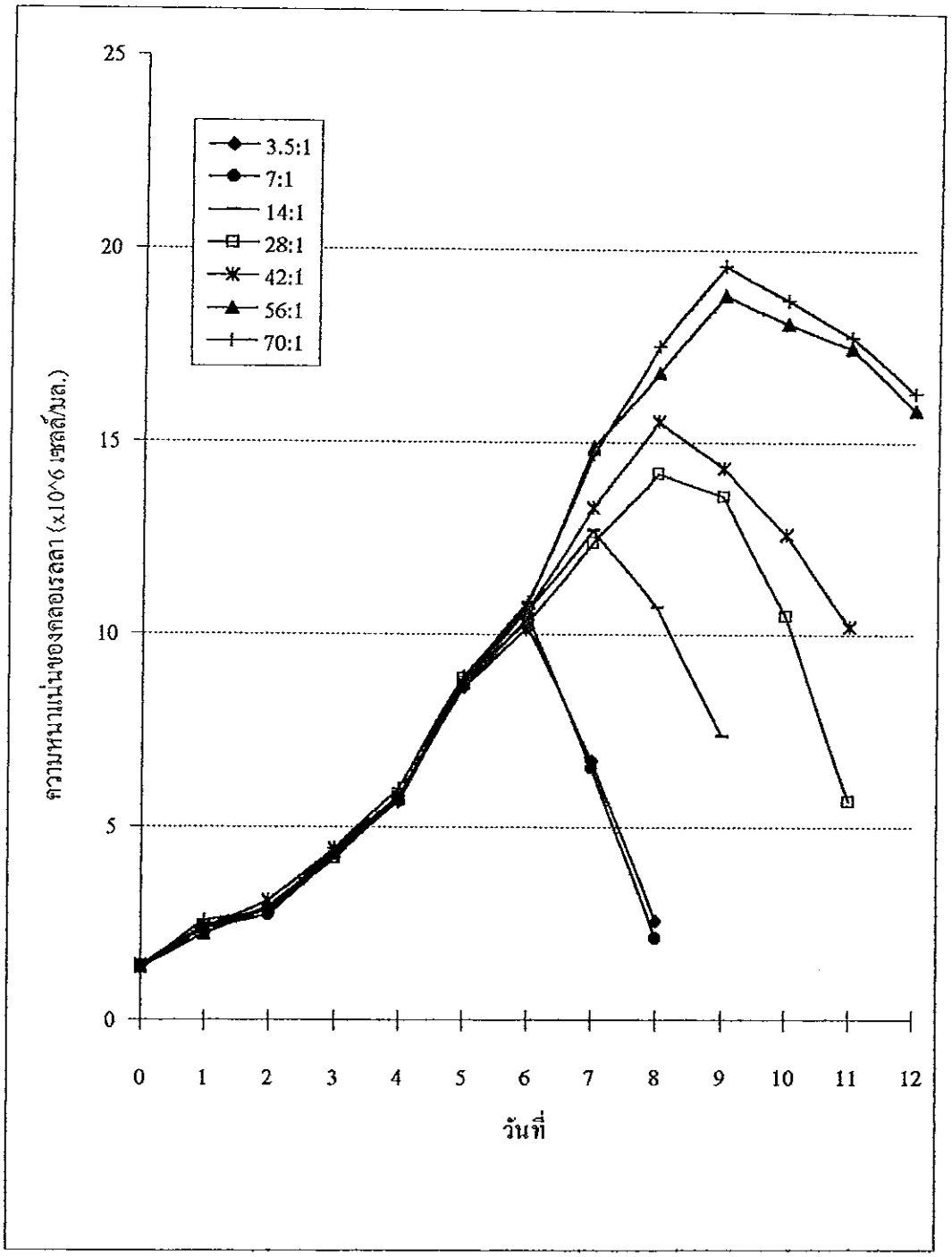
2.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา

2.1.1.1 ความหนาแน่นของคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกวัน รวมทั้งความหนาแน่นในระหว่างวันที่คลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุดและก่อนวันที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน คลอเรลลามีการเพิ่มจำนวนเซลล์เฉลี่ยประมาณวันละ 1 ล้านเซลล์/มิลลิลิตรในระยะ 4 วันแรก และ 2-3 ล้านเซลล์/มิลลิลิตรตั้งแต่วันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ต่างกันมีความหนาแน่นเฉลี่ยในแต่ละวันแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดพร้อมกันในวันที่ 6 ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 10.18±0.07$x10^6$ และ 10.43±0.13$x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาในชุดควบคุม (ไนเตรท: ฟอสเฟต42:1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.68±0.18$x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ70:1 คลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างทางสถิติกับความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาในชุดควบคุม คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีความหนาแน่นลดลงตั้งแต่วันที่ 7 เป็นต้นไป ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 คลอเรลลามีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดในวันที่ 7 เท่ากับ 12.69±

$0.20x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ความหนาแน่นของคลอเรลลาดังกล่าวใกล้เคียงกับความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 แต่มีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตตั้งแต่ 42:1 เป็นต้นไปอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 คลอเรลลามีความหนาแน่นลดลงตั้งแต่วันที่ 8 เป็นต้นไป

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดในวันที่ 8 เท่ากับ $14.17\pm0.10x10^6$ และ $15.54\pm0.18x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 อย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 คลอเรลลามีความหนาแน่นเฉลี่ยในวันที่ 8 เท่ากับ $16.79\pm0.23x10^6$ และ $17.47\pm0.11x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวสูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาในชุดควบคุม (ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1) อย่างมีนัยสำคัญ คลอเรลลาในทั้งสองชุดการทดลองที่มีปริมาณมีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีความหนาแน่นลดลงตั้งแต่วันที่ 9 ซึ่งเป็นวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ $18.82\pm0.18x10^6$ และ $19.57\pm0.01x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ความหนาแน่นดังกล่าวของคลอเรลลาสูงกว่าความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาในชุดควบคุม (ไนเตรท: ฟอสเฟต 42:1) อย่างมีนัยสำคัญ ความหนาแน่นของคลอเรลลาทั้งที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีค่าลดลงตั้งแต่วันที่ 10 เป็นต้นไป (ภาพที่ 7 และ ตารางที่ 7)



ภาพที่ 7 ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท แตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	1.40 ± 0.05^{h}	1.32 ± 0.08^{h}	1.40 ± 0.06^{i}	1.37 ± 0.06^{j}	1.40 ± 0.05^{l}	1.35 ± 0.08^{m}	1.38 ± 0.09^{k}
1	2.34 ± 0.08^{g}	2.36 ± 0.13^{g}	2.34 ± 0.23^{h}	2.41 ± 0.11^{i}	2.37 ± 0.18^{k}	2.23 ± 0.15^{l}	2.56 ± 0.10^{j}
2	2.92 ± 0.21^{f}	2.71 ± 0.14^{f}	2.85 ± 0.12^{g}	2.85 ± 0.10^{h}	3.07 ± 0.19^{j}	2.88 ± 0.14^{k}	2.80 ± 0.07^{j}
3	4.32 ± 0.18^{e}	4.26 ± 0.06^{e}	4.20 ± 0.19^{f}	4.19 ± 0.11^{g}	4.43 ± 0.21^{i}	4.33 ± 0.08^{j}	4.43 ± 0.09^{i}
4	5.68 ± 0.11^{d}	5.74 ± 0.13^{d}	5.79 ± 0.14^{e}	5.69 ± 0.12^{f}	5.78 ± 0.09^{h}	5.73 ± 0.09^{i}	5.98 ± 0.11^{h}
5	8.62 ± 0.13^{b}	8.63 ± 0.18^{b}	8.72 ± 0.17^{c}	8.84 ± 0.10^{e}	8.74 ± 0.09^{g}	8.77 ± 0.10^{h}	8.91 ± 0.15^{g}
6	$^{D}10.18\pm0.07^{a}$	$^{BCD}10.43\pm0.13^{a}$	$^{ABC}10.66\pm0.25^{b}$	$^{CD}10.33\pm0.12^{d}$	$^{ABC}10.68\pm0.18^{e}$	$^{AB}10.79\pm0.10^{g}$	$^{A}10.86\pm0.08^{f}$
7	$^{D}6.73\pm0.10^{c}$	$^{D}6.54\pm0.10^{c}$	$^{C}12.69\pm0.20^{a}$	$^{C}12.38\pm0.13^{c}$	$^{B}13.28\pm0.16^{c}$	$^{A}14.86\pm0.14^{f}$	$^{A}14.68\pm0.17^{e}$
8	$^{G}2.56\pm0.16^{g}$	$^{F}2.12\pm0.07^{g}$	$^{E}10.70\pm0.16^{b}$	$^{D}14.17\pm0.10^{a}$	$^{C}15.54\pm0.18^{a}$	$^{B}16.79\pm0.23^{d}$	$^{A}17.47\pm0.11^{c}$
9	-	-	$^{E}7.36\pm0.17^{d}$	$^{D}13.58\pm0.12^{b}$	$^{C}14.32\pm0.08^{b}$	$^{B}18.82\pm0.18^{a}$	$^{A}19.57\pm0.01^{a}$
10	-	-	-	$^{C}10.49\pm0.11^{d}$	$^{B}12.60\pm0.07^{d}$	$^{A}18.08\pm0.07^{b}$	$^{A}18.70\pm0.36^{b}$
11	-	-	-	$^{C}5.68\pm0.24^{f}$	$^{B}10.21\pm0.12^{f}$	$^{A}17.43\pm0.19^{c}$	$^{A}17.72\pm0.18^{c}$
12	-	-	-	-	-	15.83 ± 0.22^{e}	16.26 ± 0.18^{d}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ย ในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรททั้ง 7 สูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสูตรอาหาร และมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างแต่ละค่าที่ลดหลั่นลงไปเป็นลำดับ ยกเว้นในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดใกล้เคียงกันซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดคือ $10.18\pm0.07\times10^6$ และ $10.43\pm0.13\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 คลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดมากกว่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดอาหารอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารชุดควบคุม (ไนเตรท: ฟอสเฟต 42:1) คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ย $15.54\pm0.18\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร

ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับผลในวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดคือในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 คลอเรลลาเจริญได้ดีที่สุดมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด $17.47\pm0.11\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 คลอเรลลามีค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกันคือ $8.62\pm0.13\times10^6$ และ $8.63\pm0.18\times10^6$ 10 เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ และเป็นความหนาแน่นที่ต่ำที่สุด (ตารางที่ 10)

2.1.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 14:1 มีค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่ากระทั่งถึงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุดเกือบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนคลอเรลลาในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ที่คลอเรลลามีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในระหว่างต่างชุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ตั้งแต่วันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต14:1 คลอเรลลามีค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยในวันที่ 7 คือ 2.203 ± 0.04 วัน นานกว่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุม (ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1) ในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 8 ที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุด ค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาระหว่างทั้งสองชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 2.371 ± 0.04 และ $2.306\pm$

0.01 วันตามลำดับ เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสองชุดหลังมีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยในวันที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด (วันที่ 9) ใกล้เคียงกัน คือ 2.283±0.05 และ 2.354±0.12 วันตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
1	1.353±0.03^{d}	1.199±0.08^{e}	1.435±0.38^{d}	1.227±0.07^{h}	1.361±0.26^{h}	1.385±0.06^{h}	1.133±0.12^{h}
2	1.901±1.90^{c}	1.933±0.11^{bc}	1.972±0.21^{c}	1.886±0.11^{g}	1.785±1.78^{g}	1.839±0.13^{g}	1.972±0.16^{fg}
3	1.853±0.10^{c}	1.778±0.10^{bc}	1.900±0.07^{c}	1.857±0.04^{g}	1.813±0.07^{fg}	1.785±0.04^{g}	1.787±0.09^{g}
4	1.983±0.04^{c}	1.886±0.07^{bc}	1.958±0.08^{c}	1.943±0.03^{fg}	1.959±0.01^{efg}	1.917±0.04^{efg}	1.896±0.09^{fg}
5	1.909±0.03^{c}	1.847±0.08^{bc}	1.896±0.04^{c}	1.860±0.05^{g}	1.894±0.01^{fg}	1.852±0.03^{fg}	1.861±0.07^{fg}
6	2.098±0.03^{c}	2.013±0.07^{bc}	2.051±0.05^{c}	2.056±0.05^{f}	2.050±0.03^{fg}	2.000±0.04^{ef}	2.018±0.05^{ef}
7	^{A}3.095±0.04^{b}	^{A}3.033±0.12^{b}	^{B}2.203±0.04^{c}	^{B}2.202±0.05^{e}	^{BC}2.158±0.02^{de}	^{C}2.023±0.04^{e}	^{C}2.053±0.04^{ef}
8	^{B}9.259±0.47^{a}	^{A}11.732±1.40^{a}	^{C}2.729±0.07^{b}	^{C}2.371±0.04^{d}	^{C}2.306±0.01^{d}	^{C}2.200±0.03^{d}	^{C}2.186±0.04^{de}
9	-	-	^{A}3.768±0.14^{a}	^{B}2.716±0.04^{c}	^{B}2.686±0.02^{c}	^{C}2.283±0.05^{d}	^{C}2.354±0.12^{d}
10	-	-	-	^{A}3.400±0.03^{b}	^{B}3.157±0.02^{b}	^{C}3.671±0.04^{c}	^{C}2.661±0.03^{c}
11	-	-	-	^{A}5.354±0.09^{a}	^{B}3.841±0.03^{a}	^{C}2.979±0.05^{b}	^{C}2.989±0.04^{b}
12	-	-	-	-	-	3.378±0.04^{a}	3.375±0.06^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ค่าระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในชุดการทดลองเดียวกันคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 7 สูตรมีค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในวันก่อนและวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดใกล้เคียงกันเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่ายาวนานกว่าก่อนหน้าวันดังกล่าวนี้ 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8)

ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 เพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าได้เร็วที่สุดคือ 2.013±0.07 วันใกล้เคียงกับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ที่มีค่า 2.098±0.03 วัน ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 คลอเรลลามีค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยในวันที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดยาวนานที่สุดคือ 2.371±0.04 วัน ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกับระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุมและในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 (ตารางที่ 10)

2.1.1.3 ขนาดเซลล์

เซลล์ของคลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสุงที่สุดมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเซลล์ของคลอเรลลาในวันอื่น ๆ ที่คลอเรลลามีขนาดเซลล์ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบความแตกต่างกันทางสถิติของขนาดเซลล์คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงเฉพาะในวันที่ 8 ($P<0.01$) และในวันที่ 10 ($P<0.05$) เซลล์คลอเรลลาในวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 7 มีขนาดเฉลี่ย 3.83-4.56 ไมครอน ในวันที่ 8 เซลล์คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 เป็นต้นไปมีขนาดใหญ่กว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 มีขนาดเฉลี่ย 4.20-4.45 ไมครอน ส่วนคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีขนาดเฉลี่ย 3.79-3.91 ไมครอน (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	45:1	70:1
0	3.84±0.12^{cd}	3.85±0.11^{b}	3.96±0.17^{b}	3.92±0.05^{d}	3.87±0.12^{e}	3.98±0.19^{cd}	3.85±0.13^{d}
1	3.94±0.14^{abcd}	3.87±0.09^{b}	4.02±0.16^{ab}	3.92±0.16^{d}	3.88±0.08^{de}	3.94±0.09^{d}	4.04±0.07^{bcd}
2	4.06±0.16^{abcd}	4.10±0.11^{ab}	3.85±0.19^{b}	4.08±0.08^{abcd}	4.02±0.06^{bcde}	4.03±0.10^{bcd}	4.08±0.04^{bcd}
3	4.15±0.13^{ab}	4.18±0.26^{ab}	3.96±0.01^{b}	4.05±0.08^{bcd}	4.03±0.03^{bcde}	4.14±0.17^{bcd}	4.01±0.12^{bcd}
4	4.06±0.14^{abcd}	3.83±0.04^{b}	3.91±0.06^{b}	3.99±0.19^{cd}	3.93±0.18^{cde}	3.90±0.08^{d}	3.85±0.04^{d}
5	3.89±0.06^{bcd}	3.96±0.06^{b}	4.01±0.04^{ab}	3.92±0.10^{d}	3.96±0.13^{cde}	4.02±0.09^{cd}	4.06±0.17^{bcd}
6	4.19±0.07^{a}	4.56±0.53^{a}	4.34±0.26^{a}	4.29±0.19^{ab}	4.16±0.08^{abcd}	4.21±0.07^{bcd}	4.31±0.21^{ab}
7	4.10±0.09^{abc}	4.14±0.12^{ab}	4.19±0.09^{ab}	4.35±0.09^{a}	4.33±0.11^{a}	4.21±0.20^{bcd}	4.27±0.11^{abc}
8	^{B}3.79±0.05^{d}	^{B}3.87±0.08^{b}	^{B}3.91±0.10^{b}	^{A}4.26±0.17^{abc}	^{A}4.20±0.09^{abc}	^{A}4.33±0.04^{ab}	^{A}4.45±0.19^{a}
9	-	-	4.18±0.06^{ab}	4.30±0.08^{ab}	4.27±0.23^{ab}	4.51±0.15^{a}	4.26±0.09^{abc}
10	-	-	-	^{B}4.05±0.06^{abcd}	^{B}4.12±0.09^{abcde}	^{A}4.27±0.09^{abc}	^{A}4.27±0.06^{abc}
11	-	-	-	3.97±0.05^{cd}	4.07±0.07^{abcde}	4.01±0.08^{cd}	4.05±0.12^{bcd}
12	-	-	-	-	-	3.95±0.10^{d}	4.00±0.05^{cd}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ย ในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; วันที่ 10, $P<0.05$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ขนาดเซลล์ของคลอเรลลาในวันที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เซลล์มีขนาดเฉลี่ย 4.19-4.56 ไมครอน แต่ในวันก่อนที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ขนาดเซลล์ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 7 ชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เซลล์คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 (3.89±0.06 และ 3.96±0.06 ไมครอน ตามลำดับ) มีขนาดเล็กกว่าขนาดเซลล์คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารอีก 5 สูตรที่เหลือ (4.33-4.45 ไมครอน) อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 10) คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีขนาดเซลล์ใหญ่กว่าขนาดเซลล์คลอเรลลาในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-70:1 มีขนาดเซลล์ในวันทั้งสองใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร	ความหนาแน่นเซลล์		G		ขนาดเซลล์	
	Dmax-1	Dmax	Dmax-1	Dmax	Dmax-1	Dmax
3.5:1	8.62±0.13^{f}	10.18±0.07^{f}	1.909±0.03^{c}	2.098±0.03^{cd}	3.89±0.06^{b}	4.19±0.07
7:1	8.63±0.18^{f}	10.43±0.13^{f}	1.847±0.08^{c}	2.013±0.07^{d}	3.96±0.06^{b}	4.56±0.53
14:1	10.66±0.25^{e}	12.69±0.20^{e}	2.051±0.05^{b}	2.203±0.04^{bc}	4.34±0.26^{a}	4.19±0.09
28:1	12.38±0.13^{d}	14.17±0.10^{d}	2.212±0.05^{a}	2.371±0.04^{a}	4.35±0.09^{a}	4.26±0.17
42:1	13.28±0.16^{c}	15.54±0.18^{c}	2.158±0.02^{ab}	2.306±0.01^{ab}	4.33±0.11^{a}	4.20±0.09
56:1	16.79±0.23^{b}	18.82±0.18^{b}	2.200±0.03^{a}	2.283±0.12^{ab}	4.33±0.04^{a}	4.51±0.15
70:1	17.47±0.11^{a}	19.57±0.01^{a}	2.186±0.04^{a}	2.354±0.05^{ab}	4.45±0.19^{a}	4.26±0.09

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2.1.2 คณภาพน้ำ

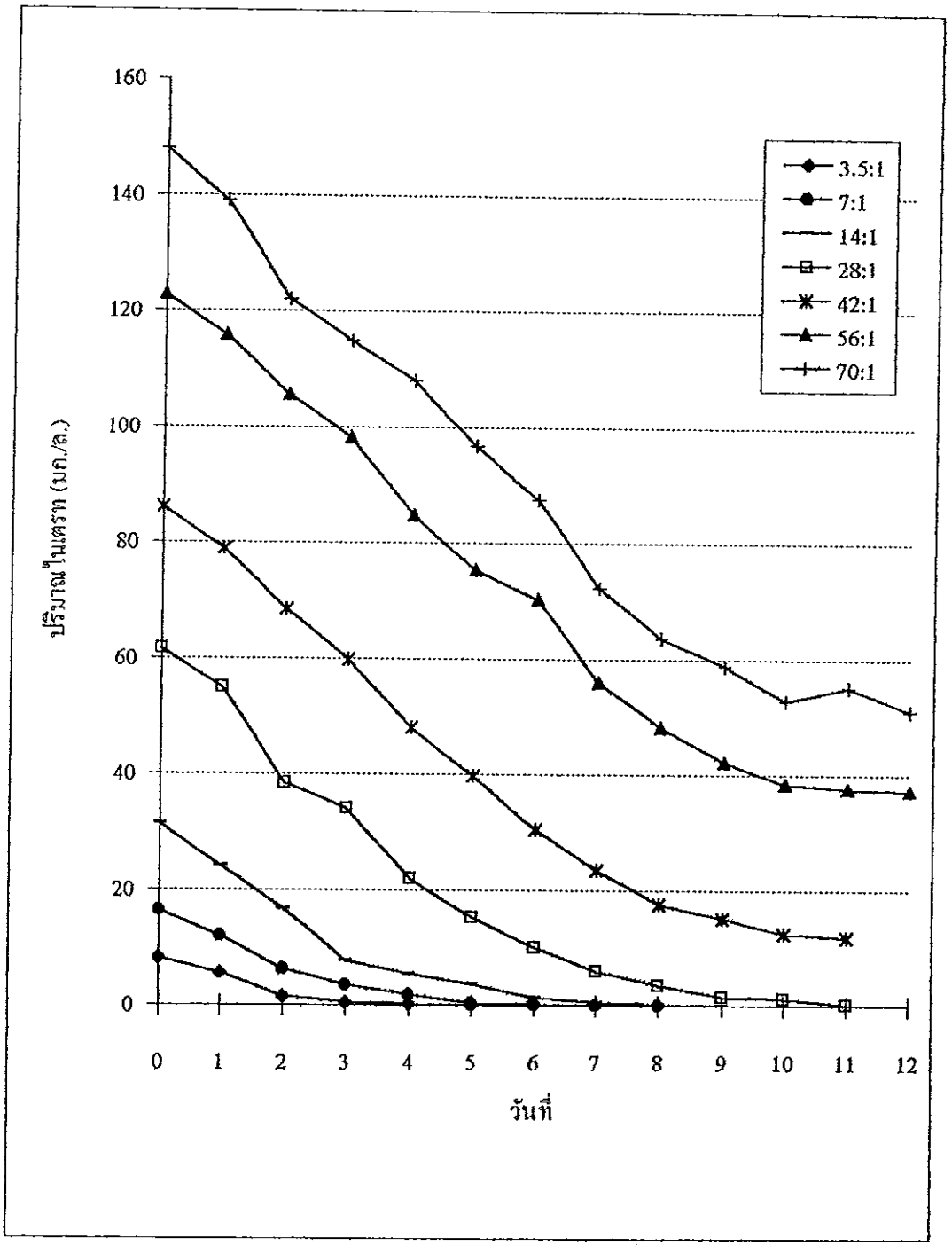
ในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรมีปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

ปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำตลอดการเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีค่าแตกต่างกัน ($P<0.01$) ตามปริมาณไนเตรทที่ใช้ในอาหารแต่ละสูตร ไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทุกชุดการทดลองลดปริมาณลงเป็นลำดับตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่นานขึ้น ปริมาณไนเตรทที่มีในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 7 สูตรในช่วง 5 วันแรกมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในระหว่างชุดการทดลองเกือบทุกชุดการทดลองและในระหว่างในชุดการทดลองเดียวกันในวันที่แตกต่างกัน ตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ปริมาณไนเตรทที่มีในน้ำเหลืออยู่ในปริมาณน้อยมากใกล้เคียงกันและเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปมีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 ในปริมาณใกล้เคียงกัน ซึ่งต่ำกว่าปริมาณไนเตรทที่มีเหลือในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ใช้อาหารสูตรอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันและวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในทั้งสามชุดการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 11)

ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ปริมาณไนเตรทที่มีเหลืออยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาแตกต่างกันเป็นลำดับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งจบการทดลอง ซึ่งผันแปรโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีในอาหารแต่ละสูตรเช่นเดียวกัน มีปริมาณไนเตรทในน้ำเหลืออยู่มากที่สุดในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 เท่ากับ 51.0±1.07 มิลลิกรัม/ลิตร และน้อยที่สุดในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 เท่ากับ 0.15± 0.02 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลามีค่าเกือบน้อยที่สุดในวันที่คลอเรลลามีมีความหนาแน่นสูงที่สุดในทุกชุดการทดลอง ปริมาณไนเตรทในน้ำในวันดังกล่าวในเกือบทุกชุดการทดลองมีค่าต่ำกว่าปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในน้ำก่อนหน้านั้น 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 ที่ในน้ำมีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในสองวันดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 8 และ ตารางที่ 11)

ปริมาณไนเตรทในน้ำในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดระหว่างทั้ง 7 ชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติในทำนองเดียวกันทั้ง 2 วัน ($P<0.01$) ในวันทั้งสองมีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 ในปริมาณที่สูงกว่าไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารในทุกชุดการทดลองที่เหลือ ซึ่งมีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำในปริมาณที่ลดหลั่นลงไปตามปริมาณไนเตรทที่มีในสูตรอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 ในวันทั้งสองมีค่า 63.5±1.23 และ 58.8±1.48 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-28:1 มีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำในวันทั้งสองในปริมาณที่ต่ำกว่าไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 อย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 14:1 มีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำในปริมาณที่ต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 0.06±0.08, 0.29±0.03 และ 1.25±0.12 มิลลิกรัม/ลิตรในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน และ 0.017±0.01, 0.10±0.05 และ 0.54±0.08 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ (ตารางที่ 14)



ภาพที่ 8 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{G}8.20\pm0.07^{a}$	$^{F}16.3\pm0.10^{a}$	$^{E}31.3\pm1.21^{a}$	$^{D}61.5\pm1.19^{a}$	$^{C}86.0\pm3.51^{a}$	$^{B}122.7\pm0.87^{a}$	$^{A}148.0\pm0.42^{a}$
1	$^{G}5.62\pm0.07^{b}$	$^{F}12.0\pm0.30^{b}$	$^{E}24.0\pm0.85^{b}$	$^{D}54.8\pm1.07^{b}$	$^{C}78.9\pm1.31^{b}$	$^{B}115.7\pm2.04^{b}$	$^{A}139.0\pm1.51^{b}$
2	$^{G}1.52\pm0.04^{c}$	$^{F}6.20\pm0.09^{c}$	$^{E}16.7\pm1.18^{c}$	$^{D}38.4\pm0.89^{c}$	$^{C}68.4\pm2.36^{c}$	$^{B}115.7\pm2.04^{c}$	$^{A}122.0\pm1.30^{c}$
3	$^{F}0.54\pm0.07^{d}$	$^{EF}3.44\pm0.08^{d}$	$^{E}7.70\pm0.67^{d}$	$^{D}33.9\pm2.46^{d}$	$^{C}59.8\pm2.17^{d}$	$^{B}98.1\pm1.99^{d}$	$^{A}114.7\pm4.57^{d}$
4	$^{F}0.19\pm0.08^{e}$	$^{F}1.84\pm0.12^{e}$	$^{E}5.33\pm0.09^{e}$	$^{D}21.8\pm1.60^{e}$	$^{C}48.0\pm2.10^{e}$	$^{B}84.8\pm1.77^{e}$	$^{A}108.0\pm1.87^{d}$
5	$^{F}0.060\pm0.08^{f}$	$^{F}0.29\pm0.03^{f}$	$^{E}3.54\pm0.10^{f}$	$^{D}15.2\pm0.55^{f}$	$^{C}39.6\pm0.82^{f}$	$^{B}75.3\pm0.91^{f}$	$^{A}96.6\pm2.54^{e}$
6	$^{E}0.017\pm0.01^{f}$	$^{E}0.10\pm0.05^{f}$	$^{E}1.25\pm0.12^{g}$	$^{D}9.98\pm0.19^{g}$	$^{C}30.4\pm0.70^{g}$	$^{B}70.2\pm2.69^{g}$	$^{A}87.3\pm8.10^{f}$
7	$^{E}0^{f}$	$^{E}0.069\pm0.02^{f}$	$^{E}0.54\pm0.08^{g}$	$^{D}5.84\pm0.26^{h}$	$^{C}23.4\pm0.67^{h}$	$^{B}55.9\pm1.32^{h}$	$^{A}72.1\pm1.45^{g}$
8	$^{E}0^{f}$	$^{E}0^{f}$	$^{E}0.091\pm0.01^{g}$	$^{D}3.40\pm0.11^{i}$	$^{C}17.4\pm0.70^{i}$	$^{B}48.1\pm1.60^{i}$	$^{A}63.5\pm1.23^{h}$
9	-	-	$^{D}0^{g}$	$^{D}1.52\pm0.11^{hi}$	$^{C}15.0\pm0.30^{hi}$	$^{B}42.1\pm1.84^{j}$	$^{A}58.8\pm1.48^{hi}$
10	-	-	-	$^{D}1.08\pm0.05^{hi}$	$^{C}12.4\pm0.31^{ij}$	$^{B}38.3\pm1.80^{jk}$	$^{A}52.7\pm2.63^{hi}$
11	-	-	-	$^{D}0.15\pm0.02^{i}$	$^{C}11.7\pm0.21^{ij}$	$^{B}37.5\pm1.03^{k}$	$^{A}55.1\pm1.97^{hi}$
12	-	-	-	-	-	$^{B}37.2\pm1.12^{k}$	$^{A}51.0\pm1.07^{j}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด ในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

2.1.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน

ไนไตรท์ในน้ำเมื่อเริ่มต้นทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) เกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อช่วงเวลาต่างกัน มีไนไตรท์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดการทดลองต่าง ๆ ในปริมาณที่แตกต่างกันและเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงจนมีค่าสูงที่สุดในวันที่ต่างกัน ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำลดลงตั้งแต่เริ่มต้นหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเฉพาะในช่วงแรก ส่วนในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดการเพาะเลี้ยงหรือเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยง

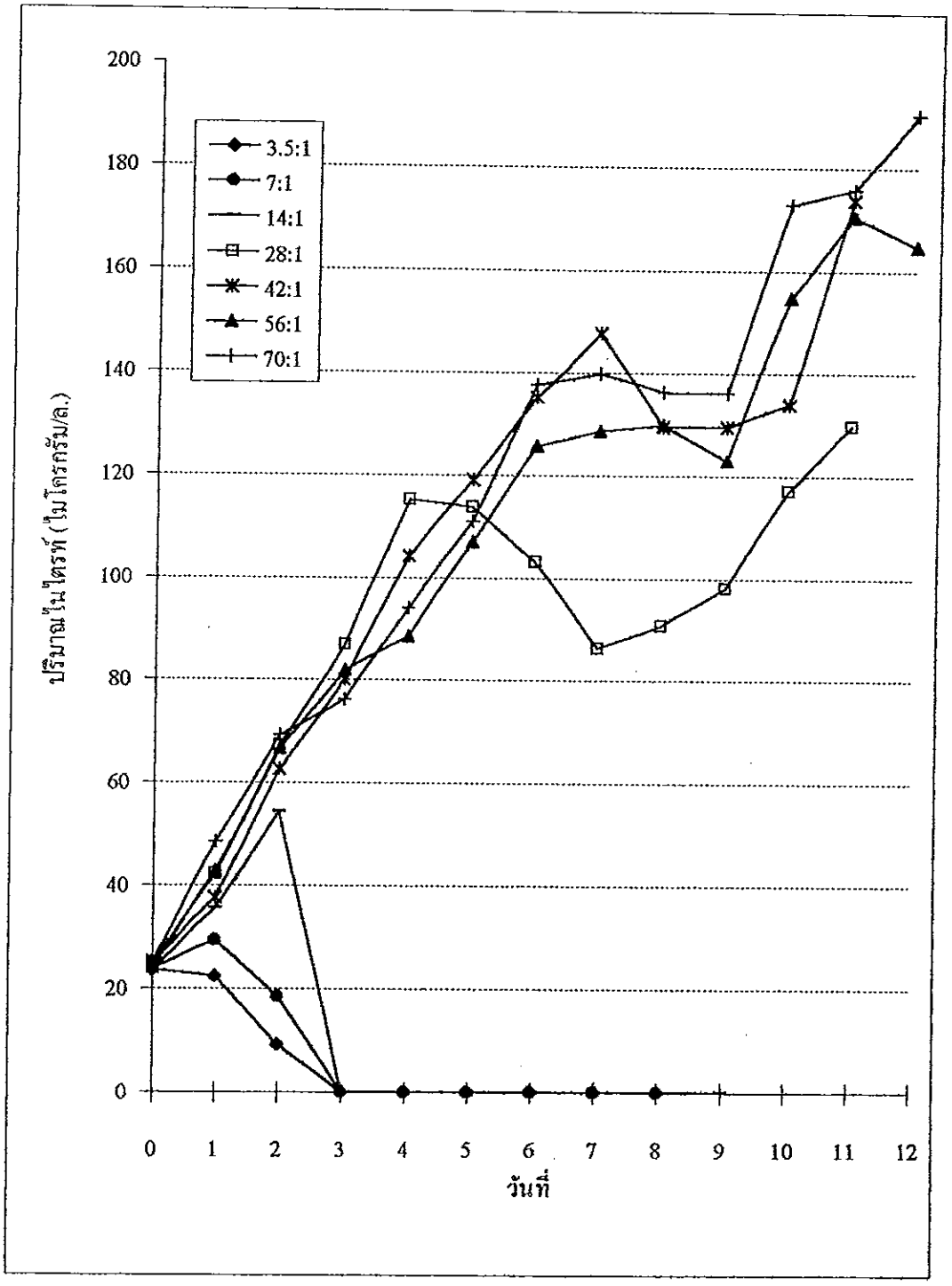
ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีไนไตรท์ในน้ำเหลืออยู่ในปริมาณน้อยมากใกล้เคียงกัน ค่าดังกล่าวต่ำกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตรอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 14) ในชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำลดลงจากเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 3 เป็นต้นไปตรวจพบปริมาณไนไตรท์ในน้ำน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/ลิตร และตรวจไม่พบไนไตรท์ในที่สุดหลังจากคลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 14:1 ปริมาณไนไตรท์มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่าง 1-2 วันแรกของการเพาะเลี้ยง ตั้งแต่วันที่ 3 เป็นต้นไปตรวจพบปริมาณไนไตรท์ในน้ำน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/ลิตร และตรวจไม่พบไนไตรท์ในที่สุดหลังจากคลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดเช่นเดียวกัน ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทดลองทั้งสามชุดการทดลองนี้ทั้งในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและก่อนหน้านั้น 1 วันมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในชุดการทดลองเดียวกัน (ตารางที่ 12) และในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกัน (ตารางที่ 14)

ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนวันของการเพาะเลี้ยงแตกต่างกันในระหว่างชุดการทดลอง ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีค่าเพิ่มมากขึ้นในระยะต้นและมีค่าลดลงตั้งแต่วันที่ 5 และวันที่ 8 ตามลำดับ จนถึงวันที่คลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นมากที่สุด หลังจากนั้นปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นอีกครั้งจนมีค่าสูงที่สุดในวันสุดท้ายของการทดลอง ส่วนในชุด

การทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 ปริมาณไนไตรท์เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาของการเพาะเลี้ยง ปริมาณไนไตรท์ในน้ำมีค่าสูงที่สุดในวันสุดท้ายของการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกัน ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1, 56:1 และ 70:1 มีปริมาณไนไตรท์ในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดใกล้เคียงกัน เฉพาะชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 ที่ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์เหลืออยู่ในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุดสูงกว่าในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุดสูงอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนไตรท์ในชุดการทดลองนี้มีค่าคงที่ในวันถัดไปหลังจากนั้นค่าของไนไตรท์ในน้ำมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ กระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ปริมาณไนไตรท์มีค่าลดลงเล็กน้อย หลังจากนั้นค่าของไนไตรท์ในน้ำในทั้งสองชุดการทดลองก็เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ กระทั่งมีค่าสูงที่สุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 9 และ ตารางที่ 12)

ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดของทั้งสี่ชุดการทดลองนี้มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 56:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 และ 70:1 ทั้งสองวันแตกต่างกันทางสถิติ ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 มีปริมาณไนไตรท์ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดสูงกว่าในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารชุดควบคุมที่ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์ในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

ก่อนวันที่คลอเรลลาจะมีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีค่าสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในทุกชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1, 56:1 และ 28:1 ตามลำดับ ส่วนในวันคลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 มีปริมาณไนไตรท์ในน้ำสูงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ชุดควบคุม), 56:1 และ 28:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 14)



ภาพที่ 9 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	23.6±0.90^{a}	23.9±1.01^{b}	23.7±1.10^{c}	24.9±0.21^{g}	25.1±0.72^{j}	24.0±1.03^{h}	25.1±0.51^{h}
1	^{E}22.4±2.30^{a}	^{D}29.3±0.80^{a}	^{C}35.7±1.60^{b}	^{C}42.2±1.74^{f}	^{B}37.6±0.78^{i}	^{B}42.8±2.19^{g}	^{A} 48.5±1.00^{g}
2	^{E}9.14±0.84^{b}	^{D}18.5±1.11^{c}	^{C}54.3±1.71^{a}	^{B}67.3±2.00^{e}	^{AB}62.6±1.97^{h}	^{A}66.6±1.80^{f}	^{A} 69.2±2.36^{f}
3	^{D}0.01±0.01^{c}	^{D}0.01±0.01^{d}	^{D}0.05±0.01^{d}	^{A}86.8±3.20^{d}	^{BC}80.0±2.65^{g}	^{B}81.9±1.56^{e}	^{C}76.2±2.01^{f}
4	^{D}0.03±0.01^{c}	^{D}0.01±0.01^{d}	^{D}0.02±0.01^{d}	^{A}115.1±4.18^{b}	^{B}104.2±5.57^{f}	^{C}88.5±1.98^{e}	^{C}94.0±1.35^{e}
5	^{C}0.05±0.01^{c}	^{C}0.07±0.01^{d}	^{C}0.03±0.01^{d}	^{AB}113.6±2.83^{b}	^{A}119.0±4.60^{e}	^{B}106.9±3.66^{d}	^{B}111.0±2.91^{d}
6	^{D}0.04±0.01^{c}	^{D}0.05±0.01^{d}	^{D}0.03±0.01^{d}	^{C}103.1±3.15^{c}	^{A}135.2±2.54^{d}	^{B}125.6±2.63^{c}	^{A}137.6±3.52^{c}
7	^{E}0^{c}	^{E}0^{d}	^{E}0.02±0.01^{d}	^{D}86.4±1.33^{d}	^{A}147.7±5.46^{c}	^{C}128.5±1.99^{c}	^{B}139.8±3.31^{c}
8	^{D}0^{c}	^{D}0^{d}	^{D}0^{d}	^{C}90.7±2.53^{d}	^{B}129.4±1.05^{d}	^{B}129.9±3.26^{c}	^{A}136.3±1.87^{c}
9	-	-	^{D}0^{d}	^{C}98.1±3.82^{c}	^{A}129.4±1.05^{d}	^{B}122.8±2.56^{c}	^{A}136.0±3.27^{c}
10	-	-	-	^{C}117±3.27^{b}	^{B}133.8±3.47^{b}	^{B}154.6±3.73^{b}	^{A}172.8±4.48^{b}
11	-	-	-	^{B}129.7±1.59^{a}	^{A}173.8±3.18^{a}	^{A}170.5±3.63^{a}	^{A}175.8±3.87^{b}
12	-	-	-	-	-	^{B}164.7±6.25^{a}	^{A}190.3±7.07^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด ในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

2.1.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 7 สูตรมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำแตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง ($P<0.05$, <0.01) ทั้งในชุดการทดลองเดียวกันในช่วงเวลาที่ต่างกันและในระหว่างชุดการทดลองที่แตกต่างกันในช่วงเวลาเดียวกัน ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทดลองทั้ง 7 ชุดเมื่อเริ่มต้นมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดการทดลองเดียวกันทุกชุดมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงจนมีค่าสูงที่สุดในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1, ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันสุดท้ายของการทดลองในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 3.5:1-7:1 และ 28:1-70:1 ตามลำดับ

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันที่ 1 ถึงวันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยงแตกต่างกันไม่มากนัก แต่เป็นปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำของชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-7:1 ลดลงในสองวันแรกของการเพาะเลี้ยง หลังจากนั้นจึงเพิ่มมากขึ้นจนมีค่าสูงที่สุดในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่า 15.4±0.79 และ 26.4±3.54 ไมโครกรัม/ลิตร แล้วจึงลดลงอีกครั้งหลังจากนั้น ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงตลอดการเพาะเลี้ยง แอมโมเนียมีค่ามากที่สุด 22.5±2.84 ไมโครกรัม/ลิตรในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน

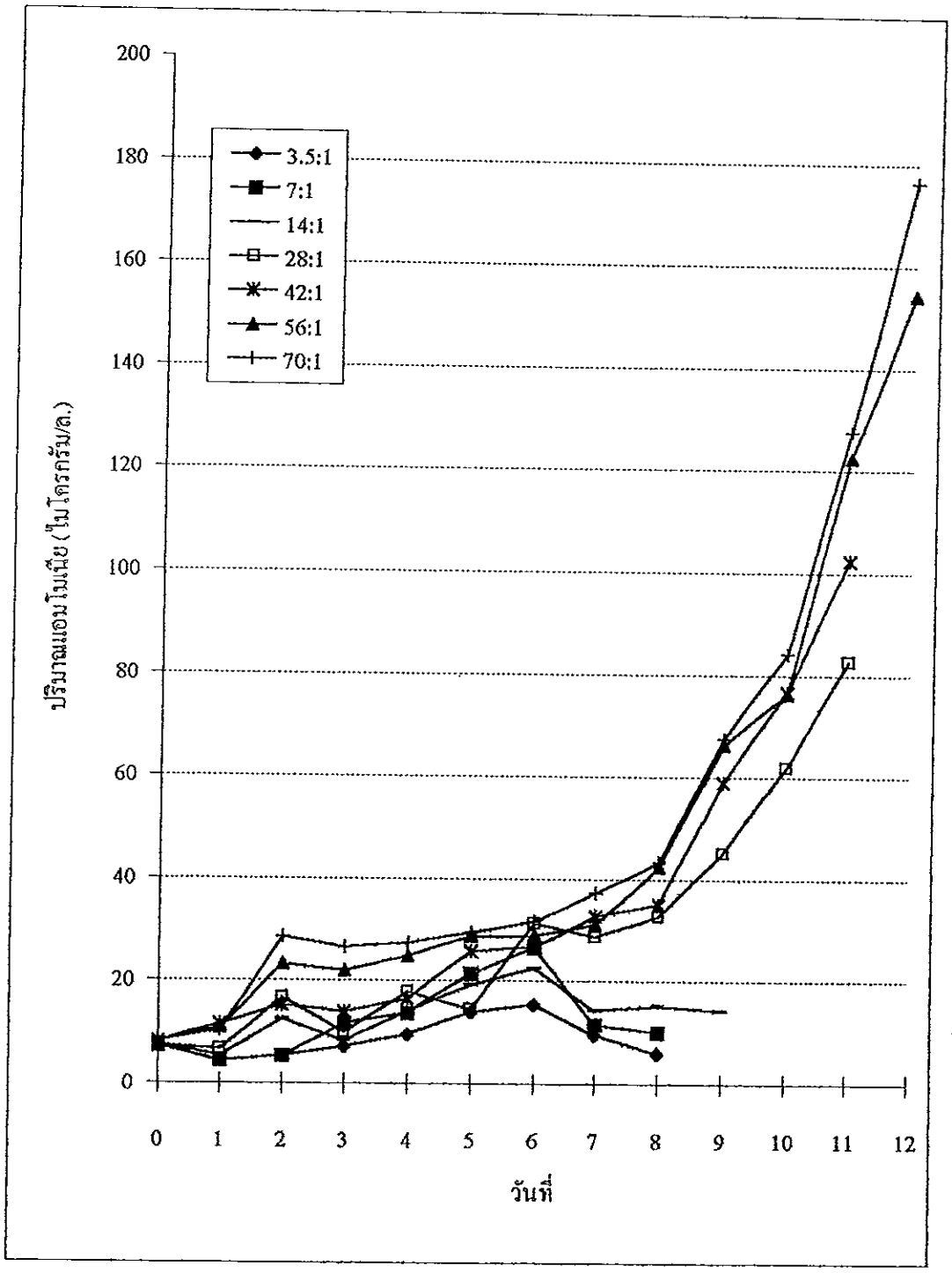
ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำแตกต่างกันทั้งในชุดการทดลองที่ต่างกันและในชุดทดลองเดียวกันเมื่อต่างช่วงเวลากัน ส่วนมากปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่วัดได้ในแต่ละวันมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลงและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลากระทั่งจบการทดลอง โดยมากปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีค่าต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 และมีค่าสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันที่ 5 ที่ในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 และ 56:1 และในวันที่ 6 ของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยง

คลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีแอมโมเนียในน้ำสูงที่สุดในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 82.6±2.13 และ 102.3±2.15 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ส่วนการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 ส่วนมากมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียที่มีในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หรือในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 มีแอมโมเนียสูงกว่าในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 อย่างมีนัยสำคัญ ในน้ำมีแอมโมเนียสูงที่สุดในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 154.2±7.55 และ 176.2±3.92 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-70:1 มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนหน้าวันดังกล่าว 1 วันแตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกชุดการทดลอง โดยส่วนใหญ่มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมากกว่าในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ชุดควบคุม) มีแอมโมเนียในน้ำในวันทั้งสองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10 และ ตารางที่ 13)

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันระหว่างชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-70:1 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยให้ผลในทำนองเดียวกันทั้งสองวันเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นแอมโมเนียในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดของชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 14:1 ที่มีปริมาณแตกต่างกันคือ 26.4±3.54 และ 14.3±1.12 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกับในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันที่ปริมาณแอมโมเนียในทั้งสองชุดการทดลองมีค่า (21.4-22.5ไมโครกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 และ 56:1 มีแอมโมเนียในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 42.2-43.3 และ 66.2-67.6 ไมโครกรัม/ลิตรในวันก่อน 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ และเป็นปริมาณที่สูงกว่า

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 และ 28:1 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 28.7-32.7 และ 32.7-35.1 ไมโครกรัม/ลิตรในวันก่อน 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟ 3.5:1-14:1 มีแอมโมเนียในน้ำต่ำกว่าแอมโมเนียในชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญคือ 13.9-22.5 และ 14.3-26.4 ไมโครกรัม/ลิตรในวันก่อน 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ (ตารางที่ 14)



ภาพที่ 10 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	^{BC}7.41±0.30^{d}	^{C}7.23±0.29^{ef}	^{ABC}7.66±0.13^{de}	^{BC}7.38±0.19^{g}	^{AB}8.03±0.20^{g}	^{A}8.03±0.68^{i}	^{A}8.21±0.27^{i}
1	^{D}4.28±0.11^{g}	^{D}4.37±0.16^{f}	^{D}5.29±0.13^{e}	^{C}6.58±5.29^{g}	^{A}11.5±0.70^{fg}	^{AB}10.8±0.60^{i}	^{AC}10.3±0.65^{i}
2	^{F}5.27±0.09^{fg}	^{F}5.34±0.06^{f}	^{E}12.5±0.46^{c}	^{C}16.6±0.42^{f}	^{D}15.1±0.56^{f}	^{B}23.2±0.67^{gh}	^{A}28.5±0.65^{gh}
3	^{F}7.12±0.07^{de}	^{D}11.6±0.36^{cd}	^{F}8.17±0.08^{d}	^{E}9.80±0.79^{g}	^{C}13.8±0.40^{f}	^{B}21.9±0.56^{h}	^{A}26.4±0.46^{h}
4	^{F}9.42±0.026^{c}	^{E}13.6±0.85^{c}	^{DE}14.1±0.60^{c}	^{C}17.9±1.73^{f}	^{CD}16.4±1.03^{f}	^{B}24.8±0.67^{fgh}	^{A}27.3±1.11^{gh}
5	^{D}13.9±1.25^{b}	^{C}21.4±1.80^{b}	^{C}19.2±1.45^{b}	^{D}14.4±0.92^{f}	^{B}25.7±1.14^{e}	^{AB}28.6±0.92^{fg}	^{A}29.4±0.83^{gh}
6	^{C}15.4±0.79^{a}	^{AB}26.4±3.54^{a}	^{B}22.5±2.84^{a}	^{A}31.2±1.94^{de}	^{AB}26.7±2.31^{e}	^{A}28.9±0.91^{fg}	^{A}31.5±1.04^{g}
7	^{E}9.55±0.09^{c}	^{DC}11.5±0.92^{cd}	^{D}14.3±1.12^{c}	^{C}28.7±1.63^{e}	^{B}32.7±1.96^{d}	^{BC}31.1±1.82^{f}	^{A}37.3±0.80^{f}
8	^{D}5.88±0.80^{ef}	^{D}9.99±0.32^{de}	^{C}15.2±0.56^{c}	^{B}32.7±3.56^{d}	^{B}35.1±2.62^{d}	^{A}42.4±2.35^{e}	^{A}43.3±3.07^{e}
9	-	-	^{D}14.2±0.70^{c}	^{C}45.1±1.72^{c}	^{B}58.9±3.91^{c}	^{A}66.2±3.81^{d}	^{A}67.6±2.42^{d}
10	-	-	-	^{C}61.9±1.63^{b}	^{B}76.7±3.56^{b}	^{B}76.3±1.86^{c}	^{A}84.1±1.51^{c}
11	-	-	-	^{D}82.6±2.13^{a}	^{C}102.3±2.15^{a}	^{B}112.5±2.85^{b}	^{A}127.5±3.47^{b}
12	-	-	-	-	-	^{A}154.2±7.55^{a}	^{A}176.2±3.92^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; วันที่ 0, $P<0.05$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด ในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) และแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)

ปริมาณไนเตรท :	ไนเตรท		ไนไตรท์		แอมโมเนีย	
ฟอสเฟตในอาหาร	Dmax-1	Dmax	Dmax-1	Dmax	Dmax-1	Dmax
3.5:1	0.060±0.08^{e}	0.017±0.01^{e}	0.049±0.01^{e}	0.039±0.01^{e}	13.9±1.25^{d}	15.4±0.79^{d}
7:1	0.290±0.03^{e}	0.100±0.05^{e}	0.071±0.01^{e}	0.052±0.01^{e}	21.4±1.80^{c}	26.4±3.54^{c}
14:1	1.25±0.12^{e}	0.540±0.08^{e}	0.034±0.01^{e}	0.024±0.01^{e}	22.5±2.84^{c}	14.3±1.12^{d}
28:1	5.84±0.26^{d}	3.40±0.11^{d}	86.4±1.33^{d}	90.7±2.53^{d}	28.7±1.63^{b}	32.7±3.56^{bc}
42:1	23.4±0.67^{c}	17.4±0.70^{c}	147.7±5.46^{a}	129.4±1.05^{b}	32.7±1.96^{b}	35.1±2.62^{b}
56:1	48.1±1.60^{b}	42.1±1.84^{b}	129.9±3.26^{c}	122.8±2.58^{c}	42.2±2.35^{a}	66.2±3.81^{a}
70:1	63.5±1.23^{a}	58.8±1.48^{a}	136.3±1.87^{b}	136.0±3.27^{a}	43.3±3.07^{a}	67.6±2.42^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

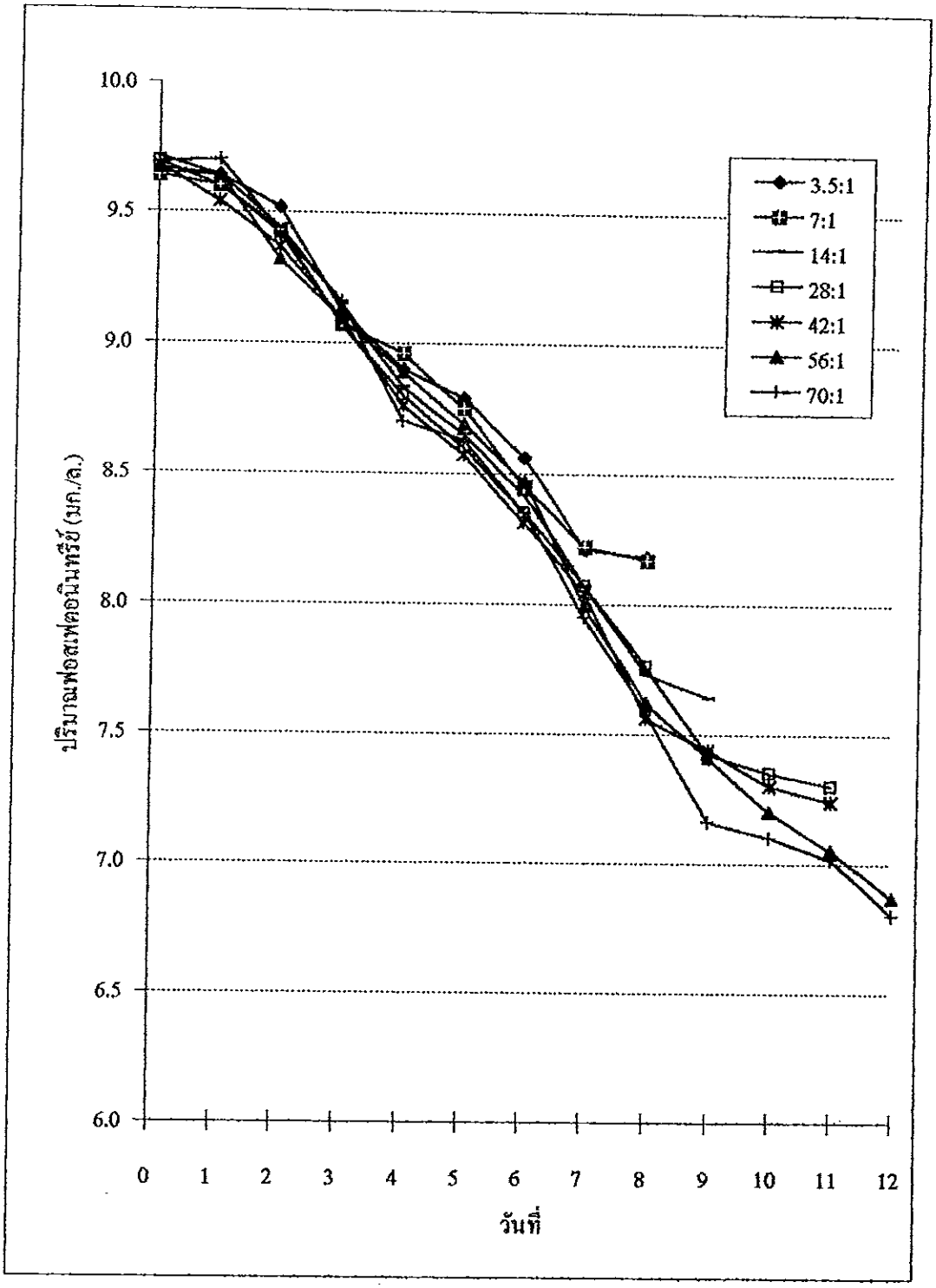
2.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 7 สูตรในวันเริ่มต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือมีค่า 9.64-9.71 มิลลิกรัม/ลิตร หลังจากนั้นความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$)ของปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เกิดขึ้นเกือบทุกวันทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่แตกต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดทดลองเดียวกันในวันที่ต่างกัน ส่วนมากฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในทุกชุดการทดลองลดปริมาณลงตามจำนวนวันที่เพาะเลี้ยงจนมีค่าน้อยที่สุดในวันสุดท้ายของการทดลอง

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกสูตรมีปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์ในน้ำใน 2 วันแรกแตกต่างกันน้อยมากและไม่แตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยง หลังจากนั้นจนถึงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีความแตกต่างของฟอสเฟตอนินทรีย์ในแต่ละชุดการทดลองมากขึ้น โดยทั่วไปปริมาณปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีปริมาณสูงกว่าที่มีในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองที่มีปริมาณ ไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-70:1 ส่วนมากมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติในวันที่คลอเรลลาในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่เหลือในวันเดียวกันที่มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 ส่วนมากมีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำตลอดการเพาะเลี้ยงน้อยมากและไม่แตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกวันยกเว้นในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (วันที่ 9) ในวันที่คลอเรลลาในชุดการทดลองที่ 4 และในวันที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์สูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-42:1 (ภาพที่ 11)

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันที่คลอเรลลาในทุกชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าต่ำกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวันก่อนวันที่ คลอเรลลาในทุกชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันในชุดการทดลองเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 15) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่เหลืออยู่ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนวันดังกล่าว 1 วันในระหว่าง 7 ชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในทำนองเดียวกัน ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 8.75-8.79 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์ 8.42±0.04 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำ, ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 42:1 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำ 8.04-8.07 มิลลิกรัม/ลิตร และในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ 7.59-7.62 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์ในน้ำระหว่างในชุดการทดลอง 2 คู่หลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 8.45-8.56 มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณสูงกว่าปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์ ในน้ำในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 28:1 และ 42:1 ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำ 8.42±0.04, 8.07±0.05 และ 8.04±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มากกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 อย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างสองชุดการทดลองดังกล่าว มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 เท่ากับ 7.62±0.09 และ 7.59±0.05 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ (ตารางที่ 17)



ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	9.65±0.06^{a}	9.64±0.05^{a}	9.71±0.03^{a}	9.69±0.03^{a}	9.68±0.04^{a}	9.67±0.03^{a}	9.69±0.04^{a}
1	^{A}9.64±0.02^{ab}	^{A}9.60±0.03^{a}	^{A}9.64±0.04^{a}	^{A}9.60±0.08^{a}	^{B}9.54±0.06^{b}	^{A}9.64±0.06^{a}	^{A}9.70±0.05^{a}
2	^{A}9.52±0.04^{b}	^{AB}9.43±0.04^{b}	^{AB}9.44±0.05^{b}	^{AB}9.42±0.06^{b}	^{B}9.37±0.07^{c}	^{B}9.32±0.03^{b}	^{AB}9.42±0.05^{b}
3	9.12±0.05^{c}	9.07±0.03^{c}	9.15±0.05^{c}	9.07±0.04^{c}	9.09±0.02^{d}	9.09±0.06^{c}	9.16±0.04^{c}
4	^{AB}8.90±0.07^{d}	^{A}8.96±0.03^{d}	^{BC}8.83±0.04^{d}	^{BC}8.80±0.04^{d}	^{CD}8.76±0.03^{e}	^{AB}8.89±0.02^{d}	^{D}8.70±0.04^{d}
5	^{A}8.79±0.05^{d}	^{AB}8.75±0.05^{e}	^{BC}8.65±0.05^{e}	^{C}8.60±0.03^{e}	^{C}8.57±0.08^{f}	^{ABC}8.69±0.03^{e}	^{BC}8.63±0.06^{d}
6	^{A}8.56±0.04^{c}	^{ABC}8.45±0.04^{f}	^{BC}8.42±0.04^{f}	^{BC}8.35±0.05^{f}	^{C}8.31±0.06^{g}	^{AB}8.47±0.06^{f}	^{BC}8.35±0.06^{e}
7	^{A}8.21±0.09^{f}	^{A}8.22±0.04^{g}	^{B}8.07±0.03^{g}	^{B}8.07±0.05^{g}	^{BC}8.04±0.06^{h}	^{BC}7.99±0.08^{g}	^{C}7.95±0.04^{f}
8	^{A}8.18±0.05^{f}	^{A}8.17±0.03^{g}	^{BC}7.73±0.05^{h}	^{B}7.76±0.04^{h}	^{D}7.56±0.07^{i}	^{CD}7.62±0.09^{h}	^{D}7.59±0.05^{g}
9	-	-	^{A}7.64±0.11^{h}	^{A}7.42±0.04^{i}	^{A}7.44±0.09^{i}	^{A}7.41±0.09^{i}	^{B}7.16±0.10^{h}
10	-	-	-	^{A}7.35±0.04^{i}	^{A}7.30±0.04^{j}	^{BC}7.20±0.05^{j}	^{C}7.10±0.04^{hi}
11	-	-	-	^{A}7.30±0.03^{i}	^{A}7.24±0.08^{j}	^{B}7.05±0.07^{k}	^{B}7.02±0.10^{i}
12	-	-	-	-	-	6.87±0.03^{l}	6.80±0.05^{j}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; วันที่ 1, $P<0.05$))

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด ในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

2.1.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

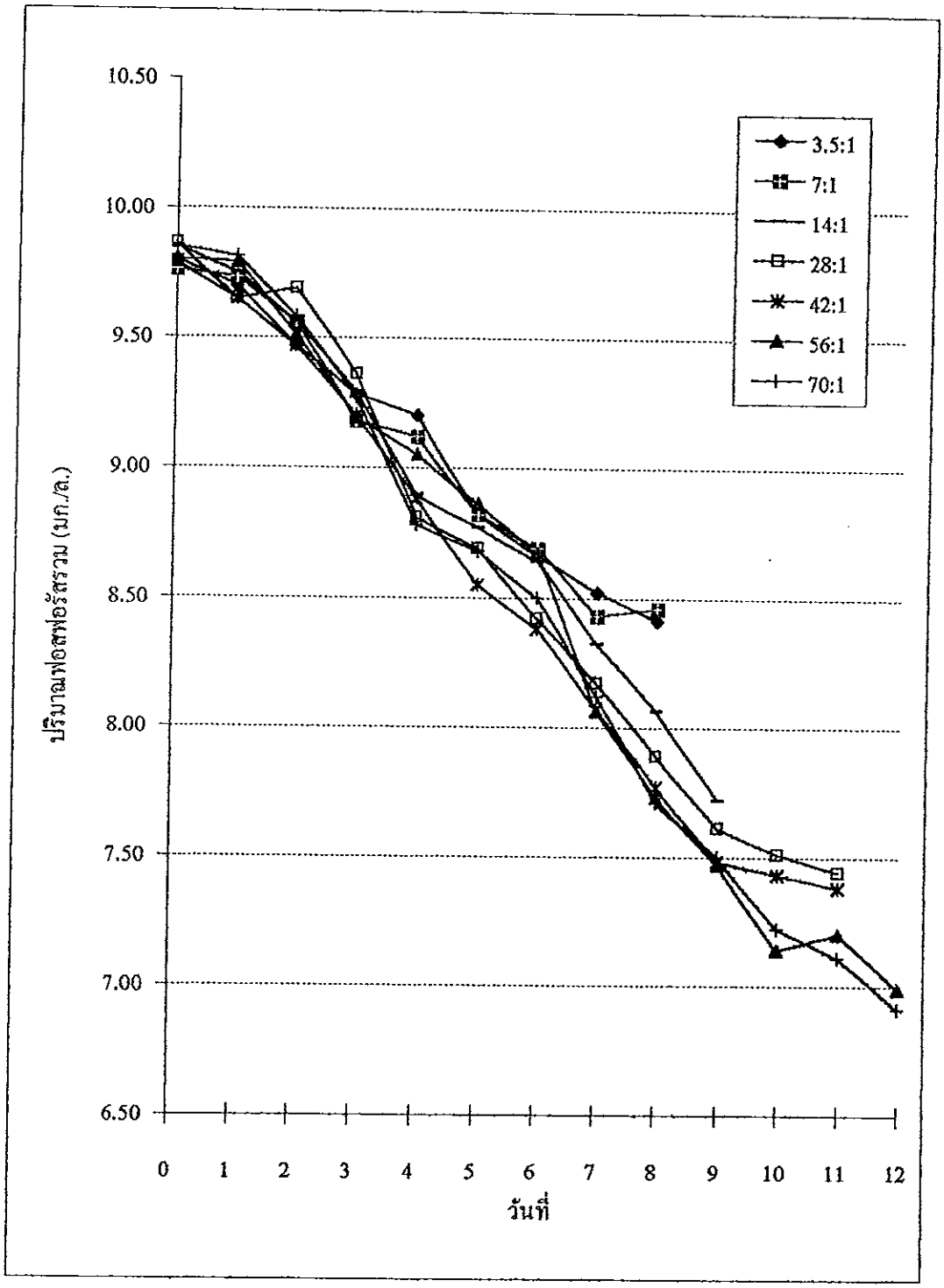
ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองลดปริมาณลงเป็นลำดับตามจำนวนวันที่เพาะเลี้ยงในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ ในวันเริ่มต้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 7 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติคือมีค่า 9.76-9.86 มิลลิกรัม/ลิตร หลังจากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันเกือบทุกวัน ยกเว้นในวันที่ 2 และวันที่ 6 ที่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรทต่างกันมีฟอสฟอรัสรวมใกล้เคียงกัน

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุดคือ 8.64-8.69 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนในวันที่ 7 ที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาทั้งสามชุดการทดลองมีฟอสฟอรัสรวมสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 มีค่าใกล้เคียงกันเกือบทุกวันยกเว้นในวันที่ 1, วันที่ 3 และวันที่ 5 ที่มีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเท่ากับ 7.71-7.89 และ 7.47-7.61 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่คลอเรลลาในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-42:1 และ 56:1-70:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่เหลืออยู่ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่เหลืออยู่ในน้ำในวันก่อนหน้านี้ 1 วันในชุดการทดลองเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลองยกเว้นในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 28:1 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในทั้งสองวันดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12 และ ตารางที่ 16)

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่เหลืออยู่ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันของทั้ง 7 ชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในระหว่างชุดการทดลองเช่นเดียวกันในทั้งสองวัน กล่าวคือมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่ตรวจพบในชุดการทดลองในวันที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 เท่ากับ 8.82 และ 8.66-8.69 มิลลิกรัม/ลิตรในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความ

หนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน และในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาทั้งสองชุดการทดลองในทั้งสองวันสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ในน้ำมีฟอสฟอรัสรวม 8.64±0.08 และ 8.32±0.13 มิลลิกรัม/ลิตรในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ, การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีฟอสฟอรัสรวมในน้ำ 8.07-8.17 และ 7.77-7.89 มิลลิกรัม/ลิตรในวันก่อน 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสุงที่สุดตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีอยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 อย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในทุกชุดการทดลองที่ได้กล่าวมาข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญ และไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในสองชุดการทดลองดังกล่าวมีค่า 7.71-7.73 และ 7.47-7.50 มิลลิกรัม/ลิตรในวันก่อนและวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดตามลำดับ (ตารางที่ 17)



ภาพที่ 12 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	9.80±0.08^{a}	9.76±0.05^{a}	9.85±0.06^{a}	9.86±0.02^{a}	9.79±0.06^{a}	9.80±0.05^{a}	9.85±0.04^{a}
1	^{BC}9.70±0.03^{a}	^{AB}9.73±0.07^{a}	^{ABC}9.75±0.05^{a}	^{C}9.65±0.04^{ab}	^{C}9.65±0.09^{a}	^{AB}9.79±0.06^{a}	^{A}9.81±0.05^{a}
2	9.47±0.05^{b}	9.56±0.09^{b}	9.56±0.07^{b}	9.69±0.07^{ab}	9.47±0.09^{b}	9.51±0.07^{b}	9.58±0.05^{b}
3	^{AB}9.28±0.06^{c}	^{B}9.18±0.04^{c}	^{AB}9.29±0.04^{c}	^{A}9.36±0.06^{bc}	^{B}9.20±0.05^{c}	^{B}9.19±0.05^{c}	^{AB}9.27±0.07^{c}
4	^{A}9.20±0.06^{c}	^{A}9.12±0.06^{c}	^{A}8.89±0.09^{d}	^{B}8.81±0.08^{c}	^{B}8.88±0.04^{d}	^{B}9.05±0.06^{c}	^{B}8.78±0.06^{d}
5	^{ABC}8.82±0.08^{d}	^{AB}8.82±0.06^{d}	^{ABC}8.77±0.04^{de}	^{BC}8.69±0.06^{d}	^{D}8.55±0.06^{e}	^{A}8.86±0.05^{d}	^{CD}8.68±0.04^{d}
6	8.66±0.07^{e}	8.69±0.04^{d}	8.64±0.08^{e}	8.42±0.05^{de}	8.38±0.07^{f}	8.67±0.07^{e}	8.50±0.06^{e}
7	^{A}8.52±0.07^{e}	^{AB}8.43±0.06^{e}	^{BC}8.32±0.13^{f}	^{D}8.17±0.06^{ef}	^{D}8.07±0.04^{g}	^{D}8.06±0.06^{f}	^{D}8.12±0.05^{f}
8	^{A}8.41±0.10^{e}	^{A}8.46±0.05^{e}	^{B}8.06±0.08^{g}	^{BC}7.89±0.06^{fg}	^{C}7.77±0.07^{h}	^{C}7.73±0.09^{g}	^{C}7.71±0.04^{g}
9	-	-	^{A}7.72±0.07^{h}	^{AB}7.61±0.02^{g}	^{B}7.48±0.07^{i}	^{B}7.47±0.08^{h}	^{B}7.50±0.09^{h}
10	-	-	-	^{A}7.51±0.06^{g}	^{AB}7.43±0.06^{i}	^{C}7.14±0.11^{i}	^{BC}7.22±0.09^{i}
11	-	-	-	^{A}7.44±0.08^{g}	^{A}7.38±0.06^{i}	^{B}7.20±0.07^{i}	^{B}7.11±0.06^{i}
12	-	-	-	-	-	6.99±0.06^{j}	6.91±0.03^{j}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด ในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร	ฟอสเฟตอนินทรีย์		ฟอสฟอรัสรวม	
	Dmax-1	Dmax (X)	Dmax-1	Dmax
3.5:1	8.79±0.05[a]	8.56±0.04[a] (6)	8.82±0.08[a]	8.66±0.07[a]
7:1	8.75±0.05[a]	8.45±0.04[a] (6)	8.82±0.06[a]	8.69±0.04[a]
14:1	8.42±0.04[b]	8.07±0.03[b] (7)	8.64±0.08[b]	8.32±0.13[b]
28:1	8.07±0.05[c]	7.76±0.04[c] (8)	8.17±0.06[c]	7.89±0.06[c]
42:1	8.04±0.06[c]	7.56±0.07[d] (8)	8.07±0.04[c]	7.77±0.07[c]
56:1	7.62±0.09[d]	7.41±0.09[d] (9)	7.73±0.09[d]	7.47±0.08[d]
70:1	7.59±0.05[d]	7.16±0.10[e] (9)	7.71±0.04[d]	7.50±0.09[d]

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2. (X) แสดงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์

2.2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1, 14:1, 28:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 ในสภาพการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับหัวข้อ 2.1; หน้า 44 ดังต่อไปนี้

2.2.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร มีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นของเซลล์ ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า รวมทั้งขนาดเซลล์มีค่าและผลจากการเปรียบเทียบทางสถิติทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันและในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อต่างช่วงเวลากันใกล้เคียงกับผลจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในการทดลองในหัวข้อที่ 2.1.1; หน้า 44 (ตารางที่ 1-3 ในภาคผนวก ค) ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1, 14:1, 28:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 ในวันที่กำหนดว่าจะนำไปเลี้ยงโรติเฟอร์ (วันก่อนวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุด; ผลจากการทดลองในหัวข้อที่ 2.1.1) คือวันที่ 5, 5, 6, 7, 7, 8 และ 8 มีค่าเท่ากับ $9.76\pm0.00\times10^6$, $8.17\pm0.99\times10^6$, $10.27\pm1.97\times10^6$, $11.95\pm1.36\times10^6$, $14.20\pm1.11\times10^6$, $17.40\pm1.45\times10^6$ และ $16.86\pm1.09\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 และ 3.5:1-14:1-28:1 ในวันดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 ในวันดังกล่าวให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตสูงกว่าในชุดการทดลองที่เหลือ คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 ค่าความหนาแน่นดังกล่าวกับความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 และความหนาแน่นของคลอเรลลาในชุดควบคุมไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองเกือบทุกสูตรในวันที่เก็บเกี่ยวไปเลี้ยงโรติเฟอร์ส่วนมากมีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.890-2.273 วัน ยกเว้นระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ที่มีค่าสั้นกว่าค่าระยะเวลาดังกล่าวของคลอเรลลาในชุดการทดลอง อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญคือ 1.704±0.00 วัน อย่างไรก็ตามค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ

7:1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขนาดเซลล์ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 7 สูตรในวันที่จะนำไปเลี้ยงโรติเฟอร์มีค่าใกล้เคียงกันทุกชุดการทดลองคือ 4.36-4.60 ไมครอน (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (x10^6 เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร (วันที่ของการเพาะเลี้ยง)	คลอเรลลา		
	ความหนาแน่น	G	ขนาดเซลล์
3.5:1 (5)	9.76±0.00^{cd}	1.704±0.00^{b}	4.37±0.00
7:1 (5)	8.17±0.99^{d}	1.890±0.15^{ab}	4.60±0.41
14:1 (6)	10.27±1.97^{cd}	2.065±0.16^{a}	4.36±0.18
28:1 (7)	11.95±1.36^{bc}	2.273±0.01^{a}	4.48±0.19
42:1 (7)	14.20±1.11^{ab}	2.031±0.07^{a}	4.49±0.30
56:1 (8)	17.40±1.45^{a}	2.135±0.05^{a}	4.40±0.46
70:1 (8)	16.86±1.09^{a}	2.214±0.05^{a}	4.47±0.32

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2.2.1.2 คุณภาพน้ำ

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในระหว่างชุดทดลองเกือบทุกชุดการทดลองและในชุดทดลองเดียวกันเมื่อต่างช่วงเวลากันทำนองเดียวกับผลในหัวข้อที่ 2.1.2; หน้า 54 (ตารางที่ 4-8 ในภาคผนวก ค)

ปริมาณไนเตรทในน้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลองมีค่าสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทในอาหาร ปริมาณไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาทั้ง 7 ชุดการทดลองลดลงเป็นลำดับจากวันเริ่มต้นที่มีค่ามากที่สุดและแตกต่างกันทางสถิติ จนเหลือปริมาณไนเตรทน้อยที่สุดในวันในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ ในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการ

เลี้ยงโรติเฟอร์น้อยมาก (0.04-1.21มิลลิกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และต่ำกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ชุดควบคุม) มีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำในวันดังกล่าวสูงกว่าในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 แต่ต่ำกว่าในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 อย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนเตรทในน้ำของ 4 ชุดทดลองหลังนี้มีค่า 5.80±0.18, 22.2±1.89, 44.7±3.90 และ 61.2±2.35 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

ปริมาณไนไตรท์ในวันเริ่มต้นทำการทดลองเพาะเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 7 ชุดการทดลองคือ 17.9-20.6 ไมโครกรัม/ลิตร ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์มีปริมาณไนไตรท์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 14:1 ลดลงจากวันเริ่มต้นจนมีค่าน้อยที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 0, 0.07±0.01 และ 0.06±0.02 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 มีปริมาณไนไตรท์ในน้ำสูงที่สุดในวันที่ 1 เท่ากับ 19.3±0.62 ไมโครกรัม/ลิตรพร้อมกับในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 ที่มีปริมาณไนไตรท์สูงที่สุดเท่ากับ 25.5±1.73 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณไนไตรท์ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 มีค่าต่ำกว่าในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีปริมาณไนไตรท์ในน้ำสูงกว่าในสองการทดลองแรกมากคือ 47.2±4.15 ไมโครกรัม/ลิตรในวันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงตั้งแต่วันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปปริมาณไนไตรท์ในน้ำในทั้ง 3 ชุดการทดลองมีค่าต่ำกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์เพิ่มมากขึ้น ปริมาณไนไตรท์ในทั้งสองชุดารทดลองนี้มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 127.6±2.68 และ 150.7±5.39 ไมโครกรัม/ลิตรก่อนวันที่จะนำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ 2 และ 1 วันตามลำดับ ไนไตรท์ในน้ำในสองชุดการทดลองนี้ลดปริมาณลงเล็กน้อยในวันที่นำ คลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ ส่วนการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1-70:1 มีปริมาณไนไตรท์ในน้ำเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในระหว่างการเพาะเลี้ยงและมีค่าสูงที่สุดในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์เท่ากับ 143.2±2.98 และ 151.0±3.16 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติและสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ชุดควบคุม) รวมทั้งใน

ชุดการทดลองอื่นที่เหลือในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ ในวันนี้ปริมาณไนไตรท์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-28:1 ที่มีค่าต่ำกว่าปริมาณไนตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ไนไตรท์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและเป็นค่าที่ต่ำที่สุดคือ 0, 0.07±0.01 และ 0.07±0.02 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ

ส่วนปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันเริ่มต้นมีค่าแตกต่างกันในระหว่างบางชุดการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียมีค่ามากที่สุดในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และมีค่าต่ำที่สุดในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลา 6 ใน 7 ชุดการทดลอง (ยกเว้นชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1) ในแต่ละวันปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นจนถึงในวันที่เก็บเกี่ยวคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติ ตั้งแต่วันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา กระทั่งวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำส่วนใหญ่มีค่าแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์มีแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 น้อยที่สุดคือ 13.9±0.00 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองนี้มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่มีค่า 18.1±1.28 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 60.2±4.67 ไมโครกรัม/ลิตรในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 28:1, 42:1 และ 56:1 มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำ 18.1±1.28, 40.2±1.50, 48.0±2.05 และ 54.3±1.87 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ

ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์ในวันเริ่มต้นใกล้เคียงกันคือ 9.75-9.85 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันเริ่มต้นเป็นลำดับจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์ตั้งแต่วันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นต้นไปมีฟอสเฟตอนินทรีย์เหลืออยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารทดลองส่วนมากในปริมาณที่แปรผกผันกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ในน้ำมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์แตกต่างกันทางสถิติในวันที่เก็บเกี่ยวคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์ ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท :

ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ใกล้เคียงกันคือ 8.60-8.61 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าดังกล่าวสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ในน้ำมีฟอสเฟตอนินทรีย์ 8.35± 0.06 มิลลิกรัม/ลิตร ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีค่าฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเหลืออยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกันคือ 7.94-8.00 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์น้อยที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีการเปลี่ยนแปลงและมีผลการเปรียบเทียบทางสถิติในทำนองเดียวกันกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ข้างต้น กล่าวคือปริมาณฟอสฟอรัสรวมในวันเริ่มต้นของทุกสูตรอาหารมีค่าใกล้เคียงกันคือ 9.86-9.92 มิลลิกรัม/ลิตร หลังจากนั้นปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าลดลงในทุกชุดการทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่าต่ำที่สุดใกล้เคียงกันในวันที่เก็บเกี่ยวคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์ 7.70±0.05 และ 7.72±0.11 มิลลิกรัม/ลิตรเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในวันดังกล่าวมีค่าสูงที่สุด 8.77-8.81 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 รองลงมาได้แก่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่มีค่าฟอสฟอรัสรวม 8.43±0.04 มิลลิกรัม/ลิตร และในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีปริมาณฟอสฟอรัสรวม 8.15±0.05 และ 8.16±0.07 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันเริ่มต้นและในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

คุณภาพน้ำ	วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
		3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
ไนเตรท	1	$^{G}8.25\pm0.04^{a}$	$^{F}16.4\pm0.15^{a}$	$^{E}33.5\pm1.11^{a}$	$^{D}63.5\pm0.65^{a}$	$^{C}86.1\pm1.91^{a}$	$^{B}123.1\pm1.46^{a}$	$^{A}144.2\pm1.65^{a}$
	2	$^{E}0.04\pm0.00^{e}$	$^{E}0.25\pm0.04^{e}$	$^{DE}1.21\pm0.17^{e}$	$^{D}5.80\pm0.18^{h}$	$^{C}22.2\pm1.89^{g}$	$^{B}44.7\pm3.99^{i}$	$^{A}61.2\pm2.35^{i}$
ไนไตรท์	1	18.0 ± 1.34^{a}	18.5 ± 0.80^{b}	20.1 ± 2.00^{c}	18.6 ± 1.50^{e}	18.0 ± 1.53^{g}	20.6 ± 1.70^{h}	17.9 ± 2.26^{f}
	2	$^{D}0^{c}$	$^{D}0.07\pm0.01^{c}$	$^{D}0.07\pm0.02^{d}$	$^{C}101.6\pm4.59^{b}$	$^{B}126.8\pm8.32^{b}$	$^{A}143.2\pm2.98^{a}$	$^{A}151.0\pm3.16^{a}$
แอมโมเนีย	1	$^{C}8.87\pm0.09$	$^{AB}9.11\pm0.10^{c}$	$^{A}9.16\pm0.06^{c}$	$^{BC}8.94\pm0.14^{e}$	$^{ABC}9.03\pm0.15^{f}$	$^{C}8.89\pm0.14^{f}$	$^{BC}8.93\pm0.09^{f}$
	2	$^{F}13.9\pm0.00$	$^{E}24.4\pm0.70^{a}$	$^{F}18.1\pm1.28^{a}$	$^{D}40.2\pm1.50^{a}$	$^{C}48.0\pm2.05^{a}$	$^{B}54.3\pm1.87^{a}$	$^{A}60.2\pm4.67^{a}$
ฟอสเฟต-อนินทรีย์	1	9.75 ± 0.03^{a}	9.79 ± 0.04^{a}	9.83 ± 0.05^{a}	9.84 ± 0.03^{a}	9.79 ± 0.03^{a}	9.82 ± 0.06^{a}	9.85 ± 0.06^{a}
	2	$^{A}8.61\pm0.00^{f}$	$^{A}8.60\pm0.05^{e}$	$^{B}8.35\pm0.06^{f}$	$^{C}8.00\pm0.05^{h}$	$^{C}7.94\pm0.06^{h}$	$^{D}7.58\pm0.08^{g}$	$^{D}7.59\pm0.11^{h}$
ฟอสฟอรัสรวม	1	9.86 ± 0.08^{a}	9.90 ± 0.05^{a}	9.91 ± 0.04^{a}	9.90 ± 0.04^{a}	9.87 ± 0.03^{a}	9.87 ± 0.03^{a}	9.92 ± 0.04^{a}
	2	$^{A}8.77\pm0.00^{f}$	$^{A}8.81\pm0.06^{e}$	$^{B}8.43\pm0.04^{g}$	$^{C}8.15\pm0.05^{h}$	$^{C}8.16\pm0.07^{h}$	$^{D}7.70\pm0.05^{i}$	$^{D}7.72\pm0.11^{h}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. วันที่ 1 = วันเริ่มต้นเพาะเลี้ยงคลอเรลลา, วันที่ 2 = ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

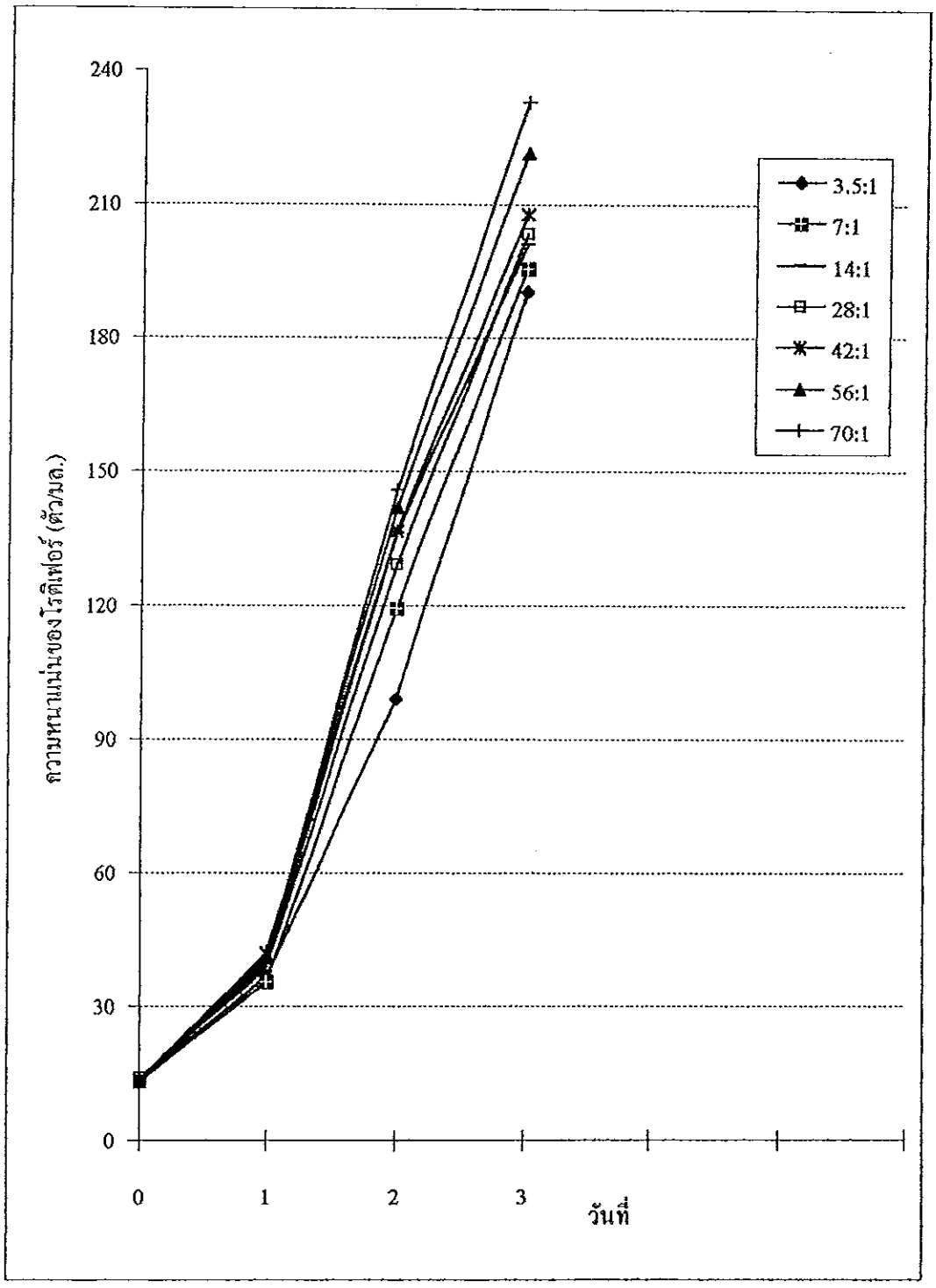
2.2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77) ใช้คลอเรลลาเริ่มต้น $4.5x10^6$ เซลล์/โรติเฟอร์ 15 ตัว/มิลลิลิตร เลี้ยงโรติเฟอร์ในที่มืดที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส และความเป็นกรดเป็นด่าง 8±0.3 ได้ผลดังนี้

2.2.2.1 การเจริญของโรติเฟอร์

2.2.2.1.1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์

ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร โรติเฟอร์เพิ่มจำนวนได้ความหนาแน่นมากเป็นลำดับเมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์นานวันขึ้นความแตกต่าง ($P<0.01$) ของปริมาณโรติเฟอร์ในแต่ละชุดการทดลองเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการเลี้ยงเป็นต้นไป ในวันที่ 2 โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 มีความหนาแน่นเฉลี่ย (136.2-145.8 ตัว/มิลลิลิตร) มากกว่าโรติเฟอร์ในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 มีความหนาแน่นน้อยที่สุด (99.0±0.00 ตัว/มิลลิลิตร) ในวันที่ 3 โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีความหนาแน่นเฉลี่ย (221.4-232.9 ตัว/มิลลิลิตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมากกว่าความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุด 232.9±12.24 ตัว/มิลลิลิตร โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1, 28:1 และ 14:1 มีความหนาแน่นไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 207.7±6.66, 203.3 ±10.26 และ 201.0±4.00 ตัว/มิลลิลิตรตามลำดับ ไม่ปรากฏความแตกต่างทางสถิติระหว่างความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ให้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 42:1 โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ 190.3±0.00 และ 195.6±5.61 ตัว/มิลลิลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกับค่าความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-42:1 (ภาพที่ 13 และ ตารางที่ 20)



ภาพที่ 13 ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

2.2.2.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 7 ชุดการทดลองดังกล่าวมีค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในวันที่ 2 และ 3 ของการเลี้ยงแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยทั่วไปโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่ามีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าที่ยาวนานกว่าโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ในทั้งสองวัน ในวันที่ 2 โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่ายาวนานที่สุดคือ 0.690±0.00 วัน โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 ใช้เวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและสั้นกว่าโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในทุกสูตรอาหารที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของโรติเฟอร์ในกลุ่มนี้มีค่า 0.586-0.592 วัน ในวันที่ 3 ของการเลี้ยง โรติเฟอร์ที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและสั้นกว่าโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรที่เหลือคือ 0.734-0.759 วัน ส่วนในชุดการทดลองอื่นที่โรติเฟอร์ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 28:1 มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและยาวนานกว่าโรติเฟอร์ในชุดการทดลองอื่นคือ 0.772-0.782 วัน (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (ตัว/มล.) และระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต	ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ - วันที่				G - วันที่		
	0	1	2	3	1	2	3
3.5:1	^{D}13.3±0.00	^{C}36.7±0.00	^{B}99.0±0.00^{d}	^{A}190.3±0.00^{c}	^{C}0.683±0.00	^{B}0.690±0.00^{a}	^{A}0.782±0.00^{a}
7:1	^{D}13.3±0.65	^{C}35.5±4.61	^{B}119.3±3.21^{c}	^{A}195.6±5.61^{c}	^{AB}0.696±0.07	^{B}0.632±0.02^{b}	^{A}0.774±0.02^{ab}
14:1	^{D}13.0±0.58	^{C}39.4±2.98	^{B}136.2±0.68^{ab}	^{A}201.0±4.00^{bc}	^{B}0.628±0.06	^{B}0.590±0.01^{c}	^{A}0.759±0.007^{abc}
28:1	^{D}13.8±0.92	^{C}38.5±7.40	^{B}129.1±4.66^{bc}	^{A}203.3±10.26^{bc}	0.689±0.10	0.640±0.03^{b}	0.772±0.01^{ab}
42:1	^{D}12.9±0.51	^{C}42.0±1.87	^{B}136.7±4.34^{ab}	^{A}207.7±6.66^{bc}	^{B}0.588±0.04	^{B}0.587±0.02^{c}	^{A}0.748±0.02^{bc}
56:1	^{D}13.7±0.65	^{C}41.1±2.76	^{B}141.8±4.62^{a}	^{A}221.4±8.94^{ab}	^{B}0.630±0.01	^{C}0.592±0.003^{c}	^{A}0.746±0.003^{bc}
70:1	^{D}13.7±0.35	^{C}40.3±6.37	^{B}145.8±7.21^{a}	^{A}232.9±12.24^{a}	^{AB}0.654±0.09	^{B}0.586±0.09^{c}	^{A}0.734±0.01^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ (P<0.01; ค่า G ของชุดทดลองที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 70:1, P<0.05)

2.2.2.1.3 ขนาดของตัวโรติเฟอร์

ขนาดของโรติเฟอร์ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 7 สูตรในช่วงสองวันแรกของการเลี้ยงแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในวันที่ 1 โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 70:1 มีขนาดของเกราะหุ้มลำตัว (106.2±0.00 และ 106.2±2.22 ไมครอนตามลำดับ) แคบกว่าโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-42:1 (116.5-119.9 ไมครอน) อย่างมีนัยสำคัญ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 56:1 มีความกว้างของเกราะหุ้มลำตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติและไม่แตกต่างจากความกว้างของเกราะหุ้มลำตัวของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรที่เหลือ ส่วนในวันที่ 2 ทั้งความกว้างและความยาวของเกราะหุ้ม ลำตัวของโรติเฟอร์แตกต่างกัน โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 28:1 มีเกราะหุ้มลำตัว (106.2-108.4 ไมครอน) แคบกว่าของโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 (117.8-119.9 ไมครอน) อย่างมีนัยสำคัญ ความยาวของเกราะหุ้มลำตัวของโรติเฟอร์ในทั้ง 2 ชุดการทดลองนี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่แตกต่างกับของโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรอื่นที่เหลือเกือบทุกสูตร ยกเว้นความยาวของเกราะหุ้มลำตัวของโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 ที่มีเกราะหุ้มลำตัว (111.4±2.22 ไมครอน) สั้นกว่าของโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรอื่น (106.2-119.9 ไมครอน) ทุกสูตรอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความกว้าง-ความยาวของเกราะหุ้มตัว (ไมครอน) ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต	ความกว้าง วันที่				ความยาว วันที่			
	0	1	2	3	0	1	2	3
3.5:1	^{A}121.6±0.00	^{C}106.2±0.00^{b}	^{AB}117.8±0.00^{ab}	^{B}113.9±0.00	179.2±0.00	166.4±0.00	163.8±0.00^{ab}	176.6±0.00
7:1	^{A}121.6±8.96	^{AB}113.1±1.48^{ab}	^{A}119.9±3.70^{a}	^{B}107.1±4.86	162.1±16.21	160.9±12.60	171.1±3.22^{a}	171.1±6.31
14:1	^{A}121.2±5.17	^{A}117.8±0.00^{a}	^{B}106.2±3.84^{c}	^{AB}110.5±1.48	^{A}174.5±1.48	^{AB}165.5±3.22	^{B}163.0±6.05^{ab}	^{B}160.9±7.05
28:1	^{A}119.5±4.85	^{A}119.9±4.50^{a}	^{B}108.4±1.96^{c}	^{AB}112.2±4.50	^{A}181.8±4.62	^{B}160.9±5.33	^{B}160.4±6.57^{ab}	^{AB}169.0±4.62
42:1	114.8±6.57	116.5±5.58^{a}	108.8±3.39^{bc}	118.2±3.70	^{A}181.3±9.61	^{C}158.7±8.39	^{BC}164.3±7.50^{ab}	^{AB}174.1±4.62
56:1	115.2±3.39	110.9±4.50^{ab}	113.5±6.05^{abc}	110.1±5.57	172.8±5.87	155.3±3.22	151.5±1.10^{b}	159.1±10.73
70:1	^{A}122.0±5.77	^{C}106.2±2.22^{b}	^{C}111.4±2.22^{abc}	^{AB}116.1±5.77	^{A}170.2±0.00	^{A}157.9±6.57	^{B}134.4±7.79^{c}	^{A}157.0±15.40

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2.2.2.1.4 จำนวนไข่โรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่ลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรมีปริมาณไข่ที่สร้างเฉพาะในวันที่ 1 แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เพียงวันเดียว กล่าวคือโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีการสร้างไข่โดยเฉลี่ยมากกว่าโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่เลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 จำนวนเฉลี่ยของไข่โรติเฟอร์ในทั้งสองชุดการทดลองแรกเท่ากับ 66.8±1.65 และ 68.0±0.89 ฟอง/มิลลิลิตรตามลำดับ ในสองชุดการทดลองหลังโรติเฟอร์มีการสร้างไข่ 40.3±0.00 และ 48.2±8.96 ฟอง/มิลลิลิตรตามลำดับ โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 28:1 และ 42:1 มีจำนวนไข่ที่สร้าง (52.3-55.7 ฟอง/มิลลิลิตร) ไม่แตกต่างกับของโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 (ตารางที่ 22)

2.2.2.1.5 ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ

มีคลอเรลลาเหลืออยู่ในแต่ละชุดการทดลองในแต่ละวันตลอดช่วงการเลี้ยงโรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$, <0.05) ในวันที่ 1 โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีคลอเรลลาเหลืออยู่ไม่แตกต่างทางสถิติกับโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1, 28:1, 42:1 และ 70:1 มีความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 2 มีปริมาณคลอเรลลาเหลือมากที่สุดในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-42:1 ที่ยังคงมีคลอเรลลาเหลืออยู่ในน้ำในปริมาณใกล้เคียงกัน มีคลอเรลลาเหลืออยู่น้อยที่สุดในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 3.5:1 ในวันที่ 3 ของการเลี้ยงโรติเฟอร์มีคลอเรลลาเหลืออยู่น้อยมากในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 ไม่มีคลอเรลลาเหลืออยู่เลย (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่นของไข่โรติเฟอร์ (ฟอง/มล.) และความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือ ($x10^5$ เซลล์/มล.) เมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต	ความหนาแน่นของไข่โรติเฟอร์ วันที่				ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือ วันที่		
	0	1	2	3	1	2	3
3.5:1	$^{B}3.00\pm0.00$	$^{A}40.3\pm0.00^{c}$	$^{A}54.0\pm0.00$	$^{B}10.0\pm0.00$	$^{A}3.80\pm0.00^{abc}$	$^{B}0.55\pm0.00^{c}$	$^{C}0^{c}$
7:1	$^{B}4.00\pm0.30$	$^{A}48.2\pm8.96^{bc}$	$^{A}51.3\pm3.18$	$^{B}6.77\pm1.75$	$^{A}3.74\pm0.13^{abc}$	$^{B}0.55\pm0.05^{c}$	$^{C}0^{c}$
14:1	$^{B}3.67\pm0.85$	$^{A}55.7\pm2.76^{b}$	$^{A}48.4\pm7.95$	$^{B}9.13\pm1.25$	$^{A}3.55\pm0.16^{c}$	$^{B}0.73\pm0.05^{b}$	$^{C}0^{c}$
28:1	$^{B}4.87\pm1.40$	$^{A}52.3\pm3.61^{b}$	$^{A}49.3\pm5.86$	$^{B}7.20\pm2.15$	$^{A}3.67\pm0.07^{bc}$	$^{B}0.78\pm0.06^{b}$	$^{C}0.007\pm0.01^{bc}$
42:1	$^{C}5.43\pm1.91$	$^{A}54.8\pm1.01^{b}$	$^{B}46.4\pm3.21$	$^{C}7.03\pm0.58$	$^{A}3.63\pm0.07^{bc}$	$^{B}0.81\pm0.08^{b}$	$^{C}0.04\pm0.01^{ab}$
56:1	$^{C}5.43\pm1.86$	$^{A}66.8\pm1.65^{a}$	$^{B}51.4\pm3.09$	$^{C}7.67\pm0.58$	$^{A}3.98\pm0.13^{a}$	$^{B}1.20\pm0.06^{a}$	$^{C}0.03\pm0.03^{ab}$
70:1	$^{C}4.43\pm1.03$	$^{A}68.0\pm0.89^{a}$	$^{B}55.0\pm2.17$	$^{C}7.77\pm1.86$	$^{A}3.89\pm0.08^{ab}$	$^{B}1.29\pm0.04^{a}$	$^{C}0.03\pm0.03^{ab}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; ค่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เหลือในวันที่ 3, $P<0.05$)

2.2.2.2 คุณภาพน้ำ

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในแต่ละวันมีค่าและผลของความแตกต่าง ($P<0.01$) จากการเปรียบเทียบทางสถิติ (ตารางที่ 23-27) สอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อ 2.2.1; หน้า 77 ผลจากการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำมีดังต่อไปนี้

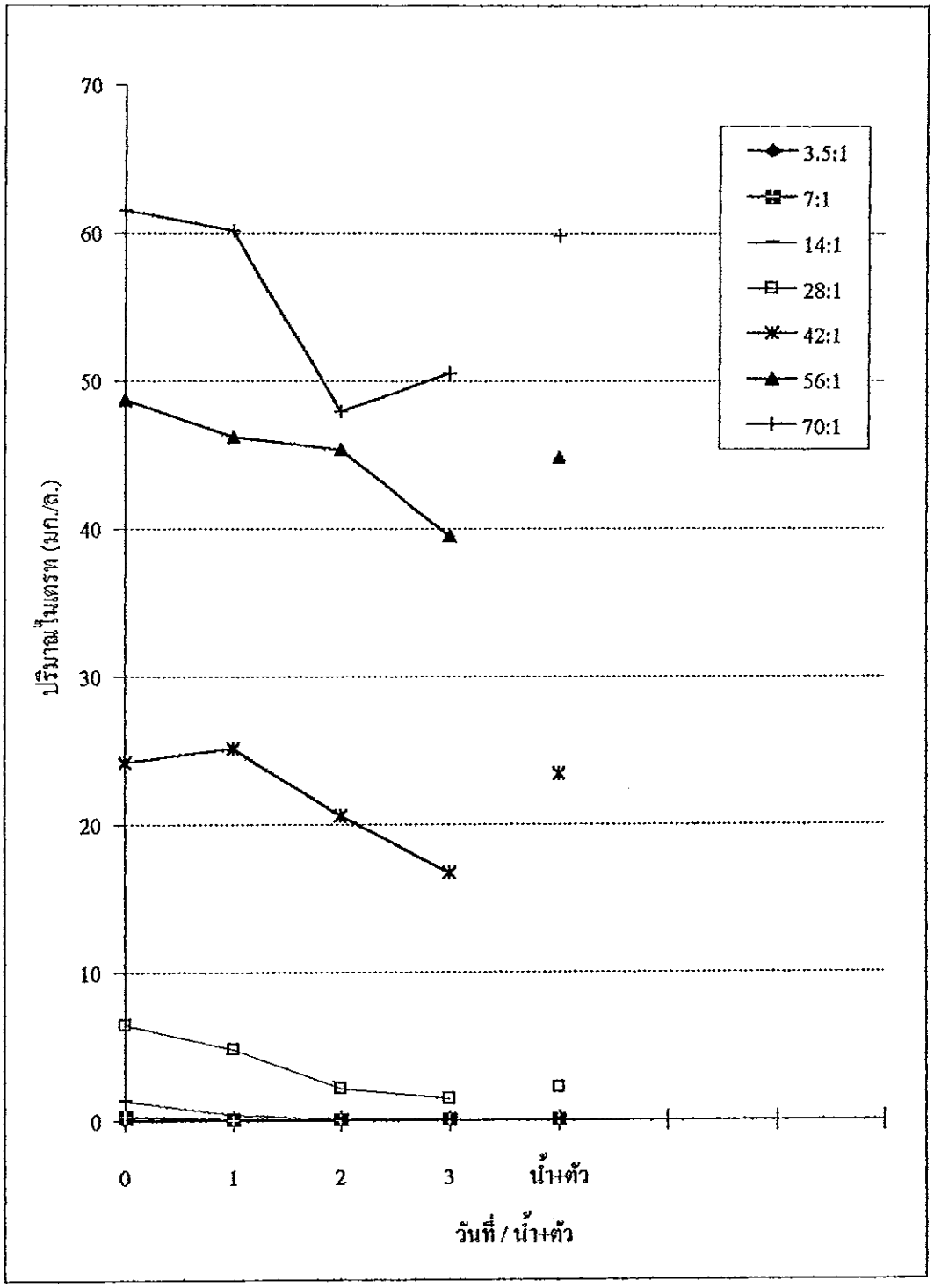
2.2.2.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

ปริมาณไนเตรทในน้ำในทุกชุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในวันเริ่มต้นและลดลงเป็นลำดับตามจำนวนวันของการเลี้ยงจนมีค่าต่ำที่สุดในวันที่ 3 เกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ที่ในน้ำมีปริมาณไนเตรทน้อยมากในวันเริ่มต้นและตรวจไม่พบไนเตรทในน้ำหลังจากนั้น ไนเตรทที่พบในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จาก

การเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1-70:1 มีปริมาณแปรผันตรงกับปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ในวันเริ่มต้นปริมาณไนเตรทในน้ำของชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีค่าใกล้เคียงกันและต่ำกว่าปริมาณไนเตรทในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญคือ 0.09-1.34 มิลลิกรัม/ลิตร ตลอดการเลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดการทดลองดังกล่าวในน้ำมีไนเตรทใกล้เคียงกันจนไม่เหลือไนเตรทในน้ำเลี้ยงในวันที่ 3 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการทดลองเหมือนกันทั้ง 3 ชุดทดลอง ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ปริมาณไนเตรทในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีปริมาณไนเตรทมากกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 อย่างมีนัยสำคัญ ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 เหลือปริมาณไนเตรทน้อยกว่าในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 ทั้งในวันเริ่มต้นและในวันที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณไนเตรทรวมเฉลี่ยที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำเลี้ยงในระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทำนองเดียวกับปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบในน้ำในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ในวันที่ 2 และในวันที่ 3 กล่าวคือตรวจไม่พบไนเตรทหลงเหลืออยู่ทั้งในน้ำเลี้ยงรวมกับตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 14:1 ส่วนปริมาณไนเตรทรวมเฉลี่ยที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่ใช้ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเช่นเดียวกันคือ 2.21± 0.06, 23.4±2.01, 44.8±1.48 และ 59.8±1.57 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

ปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ดังกล่าวมีค่าสูงกว่าปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำในวันที่ 3 ของชุดการทดลองเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ที่มีปริมาณไนเตรทในน้ำในวันที่ 3 และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 14 และตารางที่ 23)



ภาพที่ 14 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{E}0.09\pm0.00$	$^{E}0.25\pm0.02^{a}$	$^{E}1.34\pm0.02^{a}$	$^{D}6.48\pm0.07^{a}$	$^{C}24.2\pm0.75^{a}$	$^{B}48.7\pm1.29^{a}$	$^{A}61.5\pm1.50^{a}$
1	$^{E}0$	$^{E}0^{b}$	$^{E}0.36\pm0.06^{b}$	$^{D}4.81\pm0.04^{b}$	$^{C}25.1\pm1.35^{a}$	$^{B}46.2\pm1.10^{ab}$	$^{A}60.1\pm2.41^{a}$
2	$^{D}0$	$^{D}0^{b}$	$^{D}0.08\pm0.01^{c}$	$^{D}2.17\pm0.08^{c}$	$^{C}20.6\pm0.96^{b}$	$^{B}45.3\pm1.11^{ab}$	$^{A}57.9\pm2.51^{a}$
3	$^{D}0$	$^{D}0^{b}$	$^{D}0^{d}$	$^{D}1.44\pm0.12^{c}$	$^{C}16.7\pm0.95^{c}$	$^{B}39.5\pm1.35^{c}$	$^{A}50.5\pm1.91^{b}$
ตัว+น้ำ	$^{D}0$	$^{D}0^{b}$	$^{D}0^{d}$	$^{D}2.21\pm0.06^{c}$	$^{C}23.4\pm2.01^{ab}$	$^{B}44.8\pm1.48^{b}$	$^{A}59.8\pm1.57^{a}$

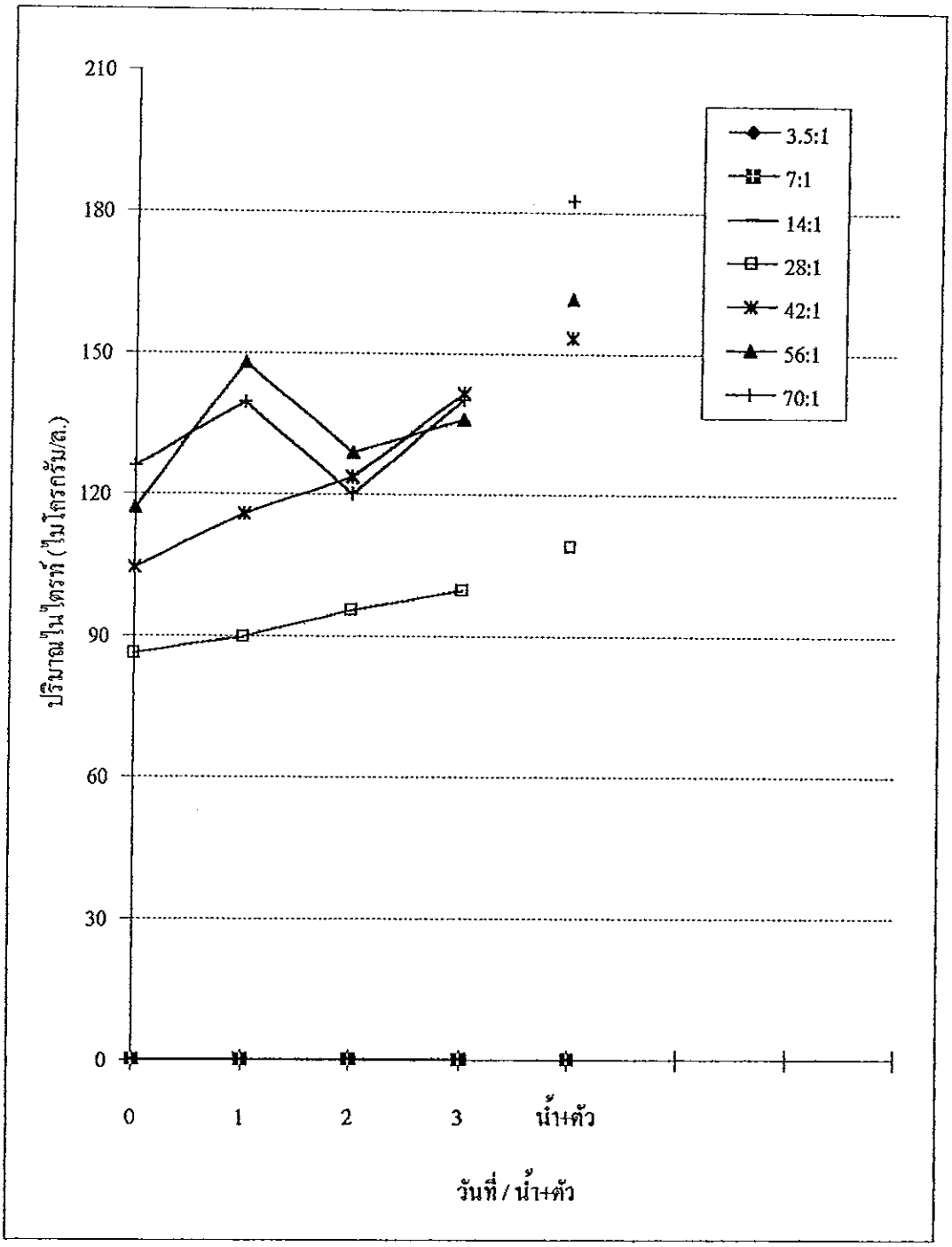
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2.2.2.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน

ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในวันเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์ในทั้ง 7 ชุดการทดลองมีค่า แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) สัมพันธ์กับปริมาณไนไตรท์ในน้ำในวันที่เก็บเกี่ยวคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1.2; หน้า 78) ที่ปริมาณไนไตรท์ที่มีอยู่ในน้ำแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่ใช้ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ปริมาณไนไตรท์ตลอดการเลี้ยงโรติเฟอร์เกือบทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เลี้ยงโรติเฟอร์ ยกเว้นในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 ที่ในน้ำมีค่าไนไตรท์ตลอดการเลี้ยงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตรวจไม่พบปริมาณไนไตรท์ในน้ำตลอดการเลี้ยง โรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ตรวจพบไนไตรท์ในน้ำในปริมาณน้อยมาก ปริมาณไนไตรท์ตั้งแต่ในวันเริ่มต้นจนกระทั่งจบการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าต่ำกว่าค่าไนไตรท์ที่พบในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 อย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณไนไตรท์ทั้งที่มีอยู่ในน้ำและที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 มีค่าต่ำกว่า 1 ไมโครกรัม/ลิตร ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเกือบทุกวันและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในชุดการทดลองที่ให้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 และ 70:1 แก่โรติเฟอร์พบปริมาณไนไตรท์ในน้ำสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 141.6±2.38 และ 140.2±0.95 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ รองลงมาได้แก่ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 28:1 ที่ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์ในน้ำและที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำเท่ากับ 136.0±1.30 และ 99.5±2.41 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ตรวจไม่พบไนไตรท์ในน้ำและที่มีในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 -70:1 ปริมาณไนไตรท์ที่มีอยู่ในน้ำรวมกับที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติและแปรผันตามปริมาณไนเตรทในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาคือมีค่า 109.1±3.15, 153.3±3.54, 161.7±2.06 และ 182.5±2.26 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์ที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำของสี่ชุดการทดลองนี้มีค่าสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในวันที่ 3 ของชุดการทดลองเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทุกชุดการทดลอง (ภาพที่ 15 และ ตารางที่ 24)



ภาพที่ 15 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนไตรท์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณไนไตรท์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{E}0$	$^{E}0$	$^{E}0.02\pm0.01$	$^{D}86.1\pm1.21^{d}$	$^{C}104.3\pm2.24^{e}$	$^{B}117.0\pm3.32^{e}$	$^{A}125.9\pm3.22^{c}$
1	$^{E}0$	$^{E}0$	$^{E}0.03\pm0.01$	$^{D}89.8\pm2.43^{cd}$	$^{C}115.8\pm1.36^{d}$	$^{B}147.9\pm2.58^{b}$	$^{A}139.6\pm2.39^{b}$
2	$^{D}0$	$^{D}0$	$^{D}0.04\pm0.02$	$^{C}95.4\pm1.91^{bc}$	$^{B}123.7\pm2.51^{c}$	$^{A}128.8\pm2.50^{d}$	$^{B}120.1\pm3.82^{c}$
3	$^{D}0$	$^{D}0$	$^{D}0.04\pm0.017$	$^{C}99.5\pm2.41^{b}$	$^{A}141.6\pm2.38^{b}$	$^{B}136.0\pm1.30^{c}$	$^{A}140.2\pm0.95^{b}$
ในตัว+ในน้ำ	$^{E}0$	$^{E}0$	$^{E}0.07\pm0.03$	$^{D}109.1\pm3.15^{a}$	$^{C}153.3\pm3.54^{a}$	$^{B}161.7\pm2.05^{a}$	$^{A}182.5\pm2.26^{a}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2.2.2.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

พบความแตกต่างของปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 7 สูตร ทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันและในชุดทดลองเดียวกันในช่วงเวลาต่างกัน ปริมาณแอมโมเนียในน้ำระหว่างชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นแตกต่างกันสอดคล้องกับผลของปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันสุดท้าย (ผลจากการทดลองในหัวข้อที่ 2.2.1.2; หน้า 78) โดยปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 14:1 มีค่าใกล้เคียงกันและต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ตั้งแต่วันที่ 2 ของการเลี้ยงโรติเฟอร์เป็นต้นไปในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ในทุกชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในน้ำรวมทั้งในส่วนของปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์แปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ให้แก่โรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติ

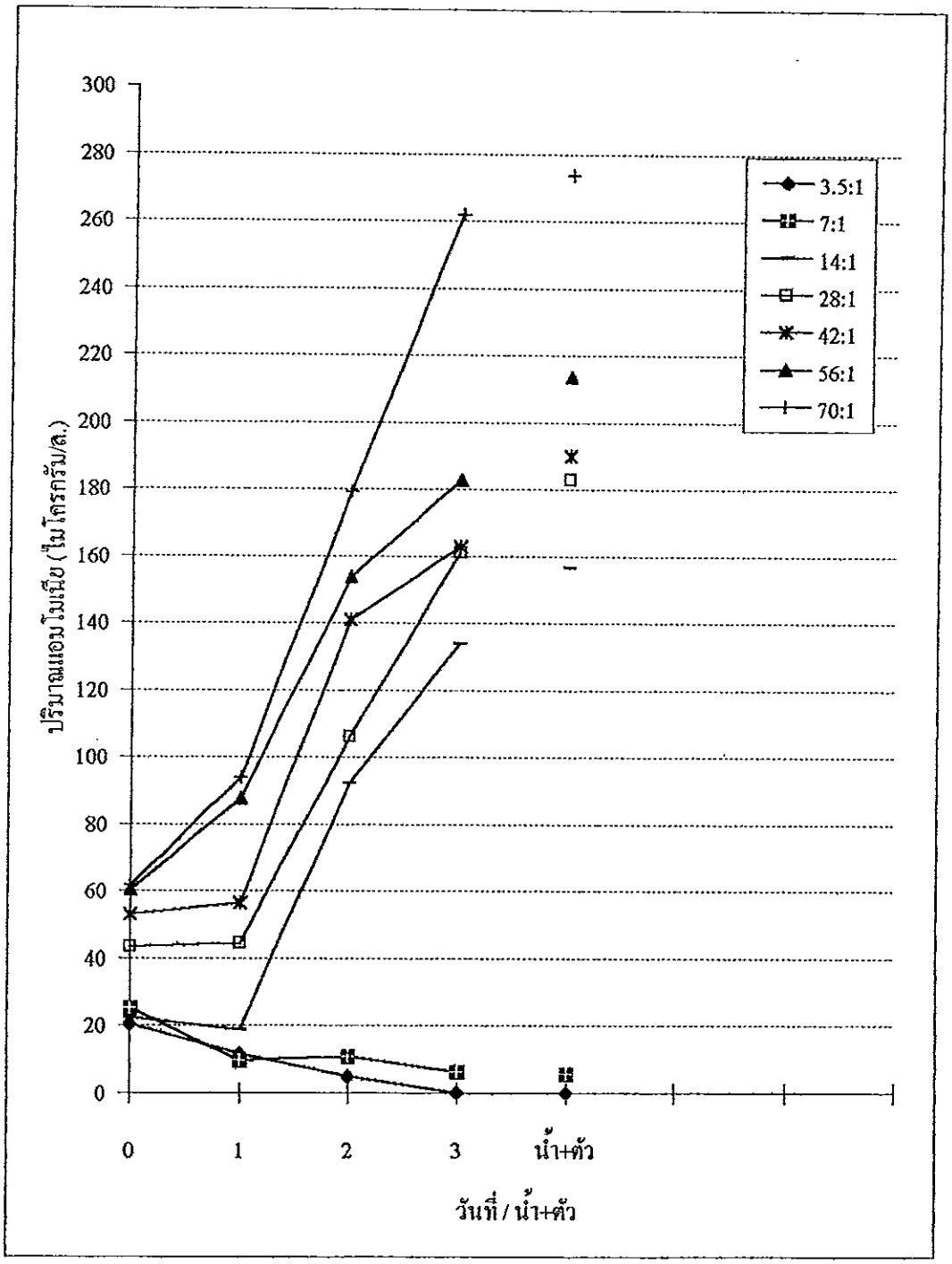
ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ในแต่ละชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันแตกต่างกันคือในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-7:1 มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำลดลงตามระยะเวลาของการเลี้ยงในขณะที่ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 28:1 และ 42:1 มีแอมโมเนียในน้ำในช่วงวันแรกในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ ปริมาณแอมโมเนียในชุดการทดลองเหล่านี้เพิ่มขึ้นในวันที่ 2-3 แตกต่างกับปริมาณแอมโมเนียในช่วง 2 วันข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1, 56:1 และ 70:1 ในน้ำมีแอมโมเนียในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นทุกวัน ปริมาณแอมโมเนียในแต่ละชุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกวัน

ในวันที่ 3 ซึ่งเป็นวันสิ้นสุดการทดลอง ตรวจไม่พบปริมาณแอมโมเนียในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 เป็นต้นไปมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็นลำดับตามสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้น มีแอมโมเนียในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 และ 56:1 (261.8±1.55 และ 186.6±2.07 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ) ในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (162.9±1.93 ไมโครกรัม/ลิตร) ในชุดทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีแอมโมเนียในน้ำ (161.0±2.32 ไมโครกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำรวมกับที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ต่างกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกันกับความแตกต่างของปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในน้ำในวันที่ 3 ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 70:1 มีปริมาณแอมโมเนียดังกล่าวมากที่สุดคือ 273.7±6.12 ไมโครกรัม/ลิตร รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 เพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีแอมโมเนีย 213.6±5.53 ไมโครกรัม/ลิตรในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 ที่มีปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ (190.1±1.53 ไมโครกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์

ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 (182.8±2.27 ไมโครกรัม/ลิตร) แต่สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1 และ 14:1 (0-156.4 ไมโครกรัม/ลิตร) อย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ตรวจไม่พบแอมโมเนียในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำในวันที่ 3 ในเกือบทุกชุดการทดลองมีค่าต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียรวมเฉลี่ยจากการตรวจในน้ำและในตัวโรติเฟอร์อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นปริมาณของแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 16 และ ตารางที่ 25)



ภาพที่ 16 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 25 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{D}20.3\pm0.00^{a}$	$^{D}25.2\pm1.61^{a}$	$^{D}22.3\pm0.55^{d}$	$^{C}43.5\pm1.63^{d}$	$^{B}53.0\pm2.36^{d}$	$^{A}60.5\pm5.01^{e}$	$^{A}61.9\pm1.26^{e}$
1	$^{F}11.6\pm0.00^{b}$	$^{F}9.53\pm1.09^{b}$	$^{E}18.6\pm1.05^{d}$	$^{D}44.6\pm1.95^{d}$	$^{C}56.3\pm3.63^{d}$	$^{B}87.6\pm0.79^{d}$	$^{A}93.9\pm1.42^{d}$
2	$^{G}4.79\pm0.00^{c}$	$^{F}10.8\pm0.67^{b}$	$^{E}92.1\pm1.61^{c}$	$^{D}106.0\pm2.69^{c}$	$^{C}141.0\pm1.20^{c}$	$^{B}153.8\pm2.26^{c}$	$^{A}179.1\pm3.60^{c}$
3	$^{F}0^{d}$	$^{E}6.25\pm0.18^{c}$	$^{D}133.9\pm1.11^{b}$	$^{C}161.0\pm2.31^{b}$	$^{C}162.9\pm1.93^{b}$	$^{B}182.6\pm2.07^{b}$	$^{A}261.8\pm1.55^{b}$
ตัว+น้ำ	$^{F}0^{d}$	$^{E}5.69\pm0.55^{c}$	$^{D}156.4\pm2.51^{a}$	$^{C}182.8\pm2.27^{a}$	$^{C}190.1\pm1.53^{a}$	$^{B}213.6\pm5.53^{a}$	$^{A}273.7\pm6.12^{a}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

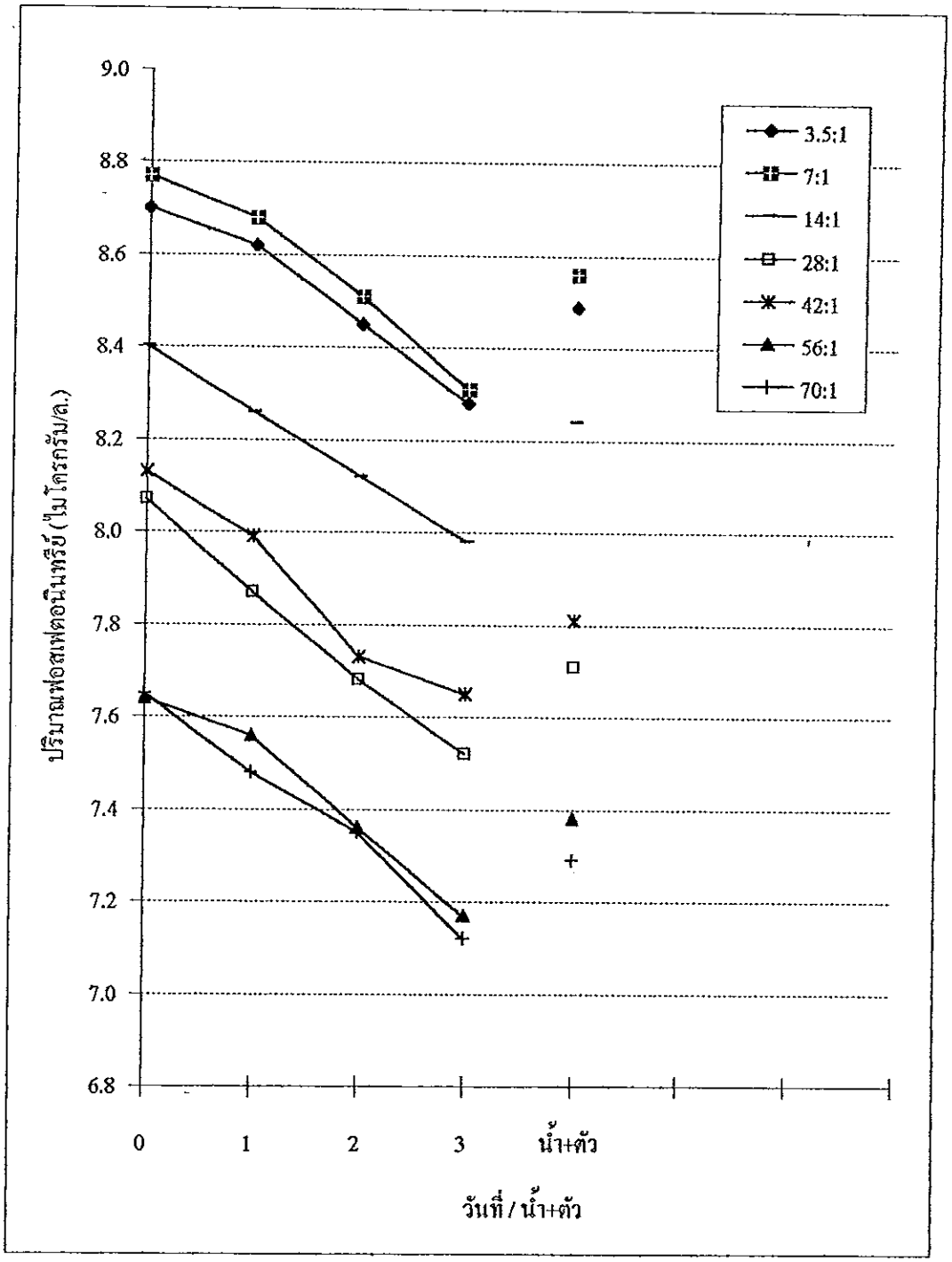
2.2.2.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ตรวจพบในน้ำมีอยู่ในปริมาณที่แปรผกผันกับปริมาณไนเตรทที่ใช้ในอาหารที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลา ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์นานขึ้น ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในทุกชุดการทดลองมีค่าและผลจากการเปรียบเทียบทางสถิติแตกต่างกัน ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองบางชุดการทดลองและในชุดทดลองเดียวกันในบางวัน ความแตกต่างของปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในวันเริ่มต้นเป็นผลมาจากปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาจากการทดลองในหัวข้อที่ 2.1 ของการทดลองชุดที่ 1 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ทั้งที่มีอยู่เฉพาะในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์และเมื่อตรวจในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีค่าสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 28:1 และ 42:1, 56:1 และ 70:1 ตามลำดับ ความแตกต่างในส่วนของปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ดังกล่าวเป็นไปในทำนองเดียวกันตลอดการทดลอง

ในวันที่ 3 ของการเลี้ยงโรติเฟอร์ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 มีค่ามากที่สุด ทั้งที่ตรวจพบในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำคือ

8.31±0.06 และ 8.56±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ดังกล่าวใกล้เคียงกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 ที่มีค่า 8.28±0.00 และ 8.49±0.00 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ รองลงมาได้แก่ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์ 7.98±0.04 และ 8.24±0.04 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ชุดควบคุม) ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในวันที่ 3 คือ 7.65±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ที่มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำ 7.81±0.10 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำและในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าต่ำกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญคือ 7.12-7.17 และ 7.29-7.38 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์และในน้ำมีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ตรวจพบเฉพาะในน้ำในวันเก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ (วันที่ 3) อย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 ที่ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์และในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 17 และตารางที่ 26)



ภาพที่ 17 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารมีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{A}8.70\pm0.00^{a}$	$^{A}8.77\pm0.05^{a}$	$^{B}8.40\pm0.10^{a}$	$^{C}8.07\pm0.03^{a}$	$^{C}8.13\pm0.07^{a}$	$^{D}7.64\pm0.05^{a}$	$^{D}7.65\pm0.09^{a}$
1	$^{A}8.62\pm0.00^{b}$	$^{A}8.68\pm0.08^{ab}$	$^{B}8.26\pm0.07^{ab}$	$^{C}7.87\pm0.06^{b}$	$^{C}7.99\pm0.04^{ab}$	$^{D}7.56\pm0.09^{a}$	$^{D}7.48\pm0.04^{b}$
2	$^{A}8.45\pm0.00^{d}$	$^{A}8.51\pm0.05^{c}$	$^{B}8.12\pm0.05^{bc}$	$^{C}7.68\pm0.07^{c}$	$^{C}7.73\pm0.08^{c}$	$^{D}7.36\pm0.10^{b}$	$^{D}7.35\pm0.04^{bc}$
3	$^{A}8.28\pm0.00^{e}$	$^{A}8.31\pm0.06^{d}$	$^{B}7.98\pm0.04^{c}$	$^{C}7.52\pm0.07^{d}$	$^{C}7.65\pm0.09^{c}$	$^{D}7.17\pm0.05^{c}$	$^{D}7.12\pm0.05^{d}$
ตัว+น้ำ	$^{A}8.49\pm0.00^{c}$	$^{A}8.56\pm0.06^{bc}$	$^{B}8.24\pm0.04^{ab}$	$^{C}7.71\pm0.07^{c}$	$^{C}7.81\pm0.10^{bc}$	$^{D}7.38\pm0.03^{b}$	$^{D}7.29\pm0.08^{c}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2.2.2.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

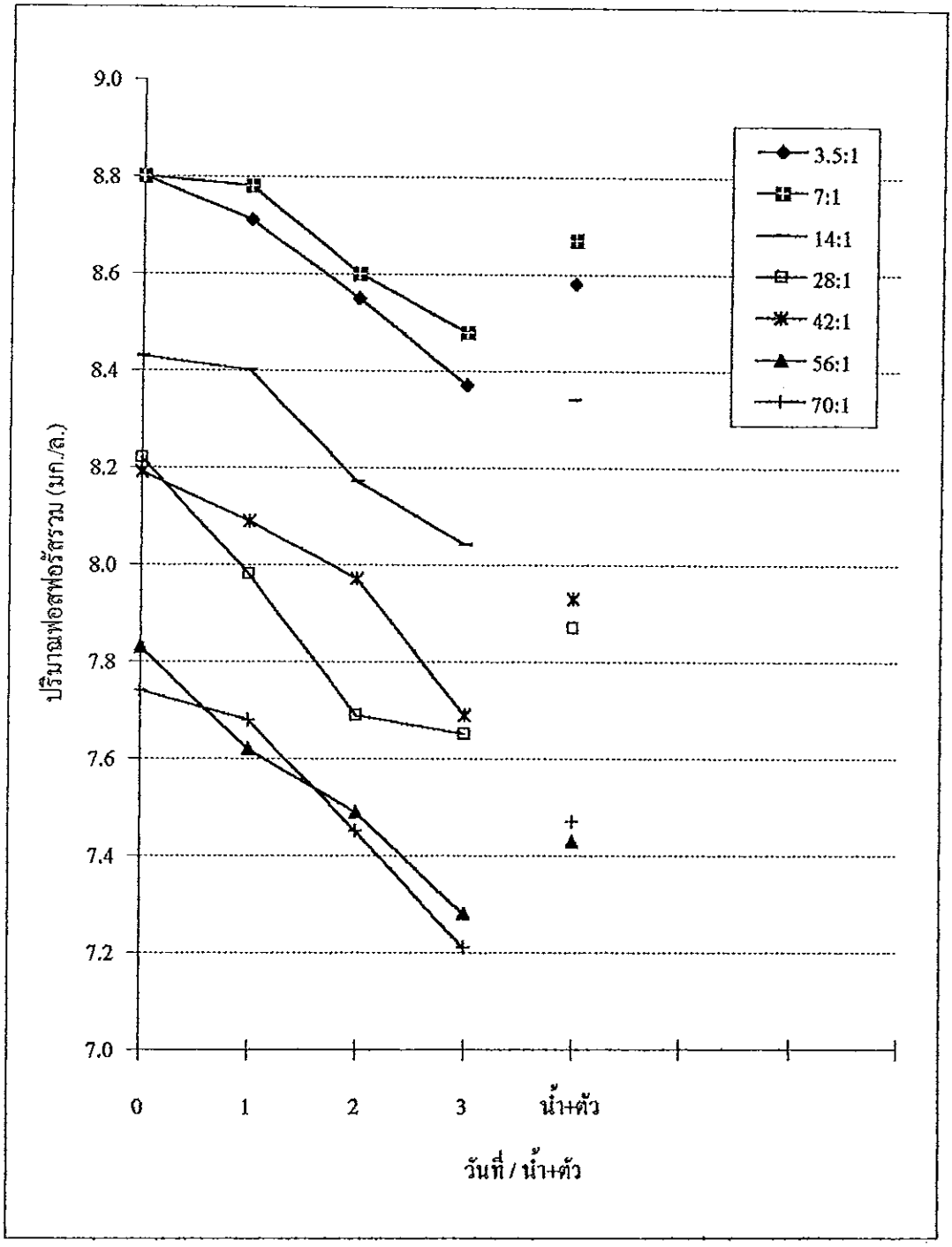
ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ตรวจพบในน้ำที่มีในน้ำแปรผกผันกับปริมาณไนเตรทในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาให้แก่โรติเฟอร์ในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟต-อนินทรีย์ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 7 สูตรในวันเริ่มต้นมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ($P<0.01$) อันเป็นผลมาจากปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันสุดท้ายของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา (จากการทดลองในหัวข้อที่ 2.2.1.2; หน้า 78) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำตลอดการเลี้ยงโรติเฟอร์มีค่าลดลงเป็นลำดับเมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์นานขึ้น ในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ระหว่างชุดการทดลองส่วนมากยังคงมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในชุดทดลองเดียวกันในบางวันสอดคล้องกับความแตกต่างที่เกิดขึ้นในระหว่างค่าของปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในแต่ละชุดการทดลองที่มีความแตกต่างกัน

ในวันที่ 3 ของการเลี้ยงโรติเฟอร์ ในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีฟอสฟอรัสรวมในน้ำ (8.37-8.48 มิลลิกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่

ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ในน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัส-รวม 8.04±0.03 มิลลิกรัม/ลิตร ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 ที่มีฟอสฟอรัสรวมในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.65-7.69 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่าต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 คือ 7.21-7.28 มิลลิกรัม/ลิตร

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำของชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีค่าใกล้เคียงกันคือ 8.58-8.67 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมดังกล่าวสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์มีฟอสฟอรัสรวม 8.34±0.08 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีอยู่ในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.87-7.93 มิลลิกรัม/ลิตร แต่สูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 ที่มีค่า 7.43- 7.47 มิลลิกรัม/ลิตรอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่ตรวจพบเฉพาะในน้ำในวันที่ 3 มีค่าต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์อย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1 และ 56:1 ที่ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำ แม้มีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 18 และ ตารางที่ 27)



ภาพที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ตารางที่ 27 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร (หัวข้อ 2.2.2; หน้า 83)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{A}8.80\pm0.00^{a}$	$^{A}8.80\pm0.06^{a}$	$^{B}8.43\pm0.06^{a}$	$^{C}8.22\pm0.06^{a}$	$^{C}8.19\pm0.08^{a}$	$^{D}7.83\pm0.09^{a}$	$^{D}7.74\pm0.09^{a}$
1	$^{A}8.71\pm0.00^{b}$	$^{A}8.78\pm0.06^{a}$	$^{B}8.40\pm0.06^{a}$	$^{C}7.98\pm0.06^{b}$	$^{C}8.09\pm0.04^{ab}$	$^{D}7.62\pm0.08^{b}$	$^{D}7.68\pm0.07^{a}$
2	$^{A}8.55\pm0.00^{d}$	$^{A}8.60\pm0.09^{ab}$	$^{B}8.17\pm0.07^{b}$	$^{D}7.69\pm0.09^{cd}$	$^{C}7.97\pm0.04^{b}$	$^{E}7.49\pm0.0^{b}$	$^{E}7.45\pm0.06^{b}$
3	$^{A}8.37\pm0.00^{e}$	$^{A}8.48\pm0.10^{b}$	$^{B}8.04\pm0.03^{b}$	$^{C}7.65\pm0.08^{d}$	$^{C}7.69\pm0.07^{c}$	$^{D}7.28\pm0.05^{c}$	$^{D}7.21\pm0.06^{c}$
ตัว+น้ำ	$^{A}8.58\pm0.00^{c}$	$^{A}8.67\pm0.06^{ab}$	$^{B}8.34\pm0.08^{a}$	$^{C}7.87\pm0.08^{bc}$	$^{C}7.93\pm0.05^{b}$	$^{D}7.43\pm0.06^{bc}$	$^{D}7.47\pm0.06^{b}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

วิจารณ์

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

ในช่วง 5 วันแรกของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นช่วงที่คลอเรลลากำลังอยู่ในช่วงของการปรับตัวรวมทั้งในช่วงต้น ๆ ที่คลอเรลลาเริ่มมีการเจริญทวีจำนวนอย่างรวดเร็ว ปริมาณไนเตรทที่มีในอาหาร 3.5 - 70 ส่วน (8.3-166.2 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ; ตารางภาคผนวกที่ ก2. หน้า 202) ไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของคลอเรลลา คลอเรลลาสามารถเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ความหนาแน่นตลอดช่วงเวลานี้ใกล้เคียงกันเมื่อมีปริมาณความหนาแน่นเริ่มต้นเท่ากัน (Smith *et al.*, 1993; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) เฉพาะในระยะเจริญทวีจำนวนได้อย่างรวดเร็วที่ความหนาแน่นของคลอเรลลาแตกต่างกัน แปรผันโดยตรงตามปริมาณไนเตรทที่มีในอาหารเพาะเลี้ยง การเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนในรูปของไนเตรทในอาหารเพาะเลี้ยงมีผลต่อการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาโดยตรง (Oviatt *et al.*, 1995; Taylor *et al.*, 1995; สุวรรณา ภานุตระกูล, 2540) ความแตกต่างของความหนาแน่นของคลอเรลลาเกิดขึ้นจนถึงระยะที่คลอเรลลาเริ่มลดลง (Smith *et al.*, 1993)

คลอเรลลาใช้เวลาในการเจริญทวีจำนวนจนได้ความหนาแน่นสูงที่สุดในอาหารเพาะเลี้ยงแต่ละสูตรนานวันขึ้นตามปริมาณไนเตรทที่มีปริมาณมากขึ้นในอาหาร คือ 6 วันสำหรับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1, 7 วันสำหรับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1, 8 วันสำหรับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 และ 9 วันสำหรับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 3.5:1-14:1 ใช้ไนเตรทที่มีในอาหารในการเพิ่มจำนวนเซลล์หมดก่อนแล้วในระยะต้นของการทดลอง คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 3.5:1-14:1 จึงมีการขาดแคลนอาหารทราบได้จากปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาดังกล่าวที่มีปริมาณลดลงจนไม่สามารถวัดค่าได้ (ภาพที่ 8 และ ตารางที่ 11) คลอเรลลาจึงไม่สามารถเพิ่มจำนวนต่อไปได้อีก ในขณะที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทสูงกว่ายังคงสามารถเพิ่มจำนวนต่อไปได้เรื่อยจนกระทั่งสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมอีกต่อไป คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 แม้ว่าจะมีไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงในปริมาณที่เพียงพอแต่คลอเรลลาก็ไม่สามารถเพิ่มจำนวนต่อไปได้ ในส่วนนี้ควรจะเกิดจากการเสียสภาพสมดุลของความเป็นกรดเป็นด่างที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากจากการที่มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่าสูงมากเนื่องมาจากสาเหตุดังที่ได้กล่าวถึงมาแล้ว นอกจากนี้คลอเรลลาเองยังมีการสร้างสารที่ยับยั้ง

การเจริญเติบโตออกมาในระหว่างการเจริญทวีจำนวนด้วย (Shilo, 1967; Marsot *et al.*, 1991; Torkelson *et al.*, 1995) เป็นเหตุให้สภาวะแวดล้อมในน้ำเพาะเลี้ยงไม่เหมาะสมต่อการดูดซึมสารอาหารไปใช้อีกต่อไป (Smith, 1993; ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539)

ความหนาแน่นในวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารแต่ละสูตรมีความหนาแน่นสูงมากที่สุดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารทดลองเช่นเดียวกัน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 (8.3 และ 16.6 มิลลิกรัม/ลิตร) มีความหนาแน่นเฉลี่ยเกือบทุกวันไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าคลอเรลลาใช้ไนเตรทในอาหาร 8.31 และ 16.6 มิลลิกรัม/ลิตรในการเจริญทวีจำนวนได้ไม่แตกต่างกัน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองทั้งสองมีความหนาแน่นสูงที่สุด (10.18×10^6 และ 10.43×10^6 เซลล์/มิลลิลิตรในวันที่ 6 ตามลำดับ หรือ 66 และ 67 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุมตามลำดับ, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ต่ำกว่าความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนเตรทในน้ำเลี้ยงในทั้งสองชุดการทดลองตั้งแต่วันที่ 5 เหลืออยู่เพียง 0.06 และ 0.29 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ หลังจากวันที่คลอเรลลาทั้งสองชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่สามารถวัดปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในน้ำได้ นอกจากนี้ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 คลอเรลลาหลังการเพาะเลี้ยงได้ 1-2 วันมักตาย มีจำนวนครั้งที่เพาะเลี้ยงได้สำเร็จต่ำกว่าครึ่งโดยยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่นอน เป็นไปได้ว่าเกิดจากการที่ในอาหารเพาะเลี้ยงมีไนเตรทน้อยเกินไป เนื่องมาจากเซลล์คลอเรลลาที่ได้รับไนเตรทในปริมาณที่ต่ำหรือน้อยมากทำให้คลอเรลลามักเกิดสภาพขาดไนโตรเจนได้ง่าย เนื่องจากปริมาณรงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงที่มีลดลง ทำให้คลอเรลลาสังเคราะห์แสงได้ลดลง (Russell-Hunter, 1970; Raymont, 1980) ในอาหารเพาะเลี้ยงจึงควรมีปริมาณไนเตรทมากกว่า 8.3 มิลลิกรัม/ลิตร ในสภาวะที่คลอเรลลาปรับตัวได้ก็จะยังสามารถดูดซึมหรือใช้ไนเตรทหรือสารประกอบไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเช่นเดิม (Borowitzka and Borowitzka, 1998 อ้างถึง Fisher, 1953) และสามารถเจริญทวีจำนวนเช่นปรกติได้ ด้วยเหตุที่มีไนเตรทอยู่น้อยในอาหารจึงทำให้ถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทต่ำจึงมีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนจนมีความหนาแน่นสูงที่สุดสั้นกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดอื่น

ปริมาณไนไตรท์ที่เคยมีรวมทั้งที่เกิดขึ้นในน้ำตั้งแต่วันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้งสองสูตรนี้ถูกคลอเรลลาดึงเอาไปใช้ทดแทนไนเตรทจนเหลืออยู่ในปริมาณที่ไม่สามารถตรวจวัดค่าได้หลังจากวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุดเช่นเดียวกับการลดลงของปริมาณไนเตรทในน้ำที่มีค่าลดลงในปริมาณที่มากจนมีค่าต่ำกว่า 1 มิลลิกรัม/ลิตรตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในน้ำมีไนไตรท์เพียง 0.04--0.05 ไมโครกรัม/ลิตร ในวันนี้ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่าสูงที่สุดคือ 15.4 และ 26.4 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียจึงมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 มีช่วงเวลาการลดลงที่ต่างกัน กล่าวคือไนเตรทลดลงทุกวันตั้งแต่เริ่มต้น ไนไตรท์เริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 2 และแอมโมเนียเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยง ชี้ให้เห็นว่าคลอเรลลาในชุดการทดลองทั้งสองใช้ไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักและเป็นแหล่งแรกในการเจริญทวีจำนวน ต่อเมื่อไนเตรทในอาหารลดลงจนถึงระดับที่ไม่เพียงพอกับความต้องการ คลอเรลลาจึงใช้ไนไตรท์เป็นแหล่งไนโตรเจนทดแทน/เพิ่มเติมจากที่ได้รับเฉพาะจากแหล่งของไนเตรทโดยตรง โดยเปลี่ยนไนไตรท์มาเป็นไนเตรทผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) (Russell-Hunter, 1970; Raymont, 1980)หลังจากวันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาใช้ทั้งไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารและไนไตรท์ที่เกิดขึ้นไปใช้ในการเจริญทวีจำนวน ไม่สามารถตรวจวัดค่าทั้งสองในวันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยง และคลอเรลลาใช้แอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนเพิ่มเติมเป็นแหล่งที่สองต่อจากแหล่งของไนไตรท์ ผลของการดึงไนโตรเจนทั้งสามรูปมาใช้ของคลอเรลลาในทั้งสองชุดการทดลองนี้จึงขัดแย้งกับที่สุมาลี สุทธิประดิษฐ์ (2536) และ Raymont (1980) รายงานไว้ว่าคลอเรลลาใช้ไนเตรทและแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจนอันดับแรก

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 จึงมีระดับของทั้งไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่คงมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำอยู่ในระดับที่เป็นพิษ (Boyd, 1990) คือมีฟอสเฟตอนินทรีย์ 8.45-8.56 ไมโครกรัม/ลิตร และฟอสฟอรัสรวม 8.66-8.69 ไมโครกรัม/ลิตร พบว่าในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรทสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตทั้งสองรูปอยู่ในน้ำมีอยู่ในปริมาณที่มากกว่า จากการที่ปริมาณไนเตรทในอาหารที่มีอยู่มีผลต่อการนำฟอสเฟตในอาหารไปใช้โดยตรงของคลอเรลลา (สุวรรณา ภาณุตระกูล, 2540)

ในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 (ไนเตรท 33.2 มิลลิกรัม/ลิตร) คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุด $12.69x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ต่ำกว่าความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุม (82 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุม, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ช้ากว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรทต่ำกว่า 1 วันคือวันที่ 7 แต่เร็วกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุม (ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1) 1 วันเช่นกัน ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมี ไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำ 0.54 มิลลิกรัม/ลิตร คลอเรลลาในชุดการทดลองดังกล่าวใช้ไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารในการเพิ่มจำนวนเซลล์จนเกือบหมด เหลือไนเตรทในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 0.54 มิลลิกรัม/ลิตร คลอเรลลาส่วนใหญ่ไม่มีการเจริญแพร่พันธุ์ต่อไป บางส่วนเริ่มมีการตายเกิดขึ้น (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) ตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงปริมาณไนไตรท์ในน้ำได้ถูกคลอเรลลาดึงไปใช้ ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียที่มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละวันไม่แน่นอน แอมโมเนียมีค่า 14.3 ไมโครกรัม/ลิตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ในระหว่างการเพาะเลี้ยงมีการลดลงของแอมโมเนีย แต่น้อยกว่าการลดลงของแอมโมเนียในน้ำเพาะลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรทต่ำกว่า สอดคล้องกับปริมาณไนเตรทที่มีเหลืออยู่ในน้ำที่มีมากกว่าที่มีค่าลดลงมากในวันท้าย ๆ ของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าคลอเรลลาที่เพาะลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีปริมาณไนเตรทในอาหารในปริมาณที่พอเพียงกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1 และ 7:1 คลอเรลลาจึงมีการดึงไนไตรท์และแอมโมเนียมาใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าและในวันที่ช้ากว่า ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีไนเตรทไนไตรท์ และแอมโมเนียในน้ำอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Boyd and Tucker, 1992) แต่ยังคงมีฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในระดับที่เป็นพิษกับธรรมชาติ (Boyd and Tucker, 1992) คือมีค่า 8.07-8.32 มิลลิกรัม/ลิตร (สูงกว่าชุดควบคุมอยู่ 6.7 และ 7.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง)

ส่วนคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุดต่ำกว่าชุดควบคุมเล็กน้อยคือ $14.17x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร (91 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุม, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ในระยะเวลาที่เท่ากับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุด ควบคุมคือ 8 วัน โดยมีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าใกล้เคียงกัน คลอเรลลาใช้ไนเตรทในอาหารเมื่อ เริ่มต้นคือ 66.5 มิลลิกรัม/ลิตรจนเหลือ 3.40 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (ใช้ไป 94 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนเตรทเมื่อเริ่มต้น, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ในระหว่างการเพาะเลี้ยงมีปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนีย

เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันของการเพาะเลี้ยง มีไนไตรท์ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 9.7 ไมโครกรัม/ลิตร มีแอมโมเนีย 32.7 ไมโครกรัม/ลิตร หลังนั้นแอมโมเนียในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมากกว่าการเพิ่มขึ้นของไนไตรท์ โดยเฉพาะในระยะที่คลอเรลลาเริ่มตาย อย่างไรก็ตามในน้ำยังคงมีระดับของสารทั้งสามชนิดในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุดอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเช่นเดียวกับในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 3.5:1-14:1

ส่วนฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเหลือมีอยู่ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดใกล้เคียงกับที่มีในน้ำในชุดควบคุม (7.76 และ 7.89 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 102.6 และ 101.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในชุดควบคุม, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิตในน้ำเช่นเดียวกับที่พบในสามชุดการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532; คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992)

จากสี่ชุดการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้ว พบว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาเพิ่มขึ้นตามปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารและปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนียจะถูกนำไปใช้แทนไนเตรทในชุดการทดลองที่มีไนเตรทต่ำ แต่จะมีไนไตรท์และแอมโมเนียเพิ่มขึ้นในวันท้าย ๆ ของการทดลองเมื่อในอาหารเพาะเลี้ยงมีไนเตรทในปริมาณที่สูงขึ้น ปริมาณของทั้งไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในสี่ชุดการทดลองดังกล่าวที่ระดับนี้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อทั้งสิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่และจะไม่อยู่ในสภาพที่จะเป็นตัวเพิ่มสภาวะที่เป็นมลพิษให้แก่แหล่งน้ำเมื่อต้องปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติต่อไป (Richmond, 1986; Borowitzka and Borowitzka, 1988; Boyd, 1990) แต่ฟอสเฟตอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัย (Boyd, 1990)

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรทและฟอสเฟต 42:1 ซึ่งเป็นชุดควบคุม ในการทดลองในช่วงที่สองนี้ได้ผลการทดลองโดยทั่วไปทุกด้านไม่แตกต่างกับผลจากการทดลองที่ทำในครั้งแรก (ในชุดที่ 1) คือคลอเรลลาเจริญทวีจำนวนได้สูงที่สุดในวันที่ 8 เซลล์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 15.54×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร (ภาพที่ 7 และ ตารางที่ 10) ไนเตรทที่มีในอาหารถูกใช้ไป 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนเตรทเมื่อเริ่มต้น (ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ยังเหลือปริมาณไนเตรทในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุด 17.4 มิลลิกรัม/ลิตร มีไนไตรท์และแอมโมเนียเพิ่มขึ้นตามจำนวนวันของการเพาะเลี้ยงมีค่า 129.4 และ 35.1 ไมโครกรัม/ลิตร เหลือฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวม 7.56 และ 7.77 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ระดับแอมโมเนียที่พบในน้ำอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย แต่มีไนเตรท ไนไตรท์ ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมอยู่ในระดับที่ไม่

เป็นมิตรกับธรรมชาติทั้งสิ้นอันเป็นเหตุที่ต้องมีการลดการใช้ไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาลง

*ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 คลอเรลลาสามารถเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ย 18.82×10^6 และ 19.57×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร สูงกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองชุดอื่นทุกชุดที่มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ยของคลอเรลลาในสองชุดการทดลองนี้สูงกว่าความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองชุดควบคุม (มากกว่า 21 และ 26 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุมตามลำดับ, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) คลอเรลลามีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่นานกว่าชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทต่ำ เพราะมีจำนวนเซลล์และจำนวนวันที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนสูงที่สุดมากกว่า แม้จะสามารถเพิ่มผลผลิตของคลอเรลลาได้ด้วยการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทสูง แต่ผลจากการศึกษาปริมาณสารที่เหลือ/เกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาแสดงให้เห็นว่าในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในน้ำในระหว่างการเพาะเลี้ยงรวมทั้งในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด สูงกว่าที่พบว่ามีอยู่ในน้ำในชุดการทดลองชุดควบคุมมากและมากกว่าชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าหลายเท่าตัวดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) คือมีไนเตรท 42.1 และ 58.8 มิลลิกรัม/ลิตร, และไนไตรท์ 122.8 และ 136.0 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ (ไนเตรทมีค่า 141 และ 237 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนเตรทในชุดควบคุม และไนไตรท์มีค่า 94.9 และ 105 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนไตรท์ในชุดควบคุม, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992) อย่างไรก็ตามในน้ำพบว่ามีแอมโมเนียอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำแม้ว่าจะมีค่าสูงมากก็ตามคือมีค่า 66.2 - 67.6 ไมโครกรัม/ลิตร (สิริ ทุกขวิวาศ, 2528; มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532; Boyd and Tucker, 1992) (แอมโมเนียมีค่า 188.6 และ 192.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแอมโมเนียในชุดควบคุม, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนียที่เกิดขึ้นเป็นผลโดยตรงมาจากการใส่ไนเตรทในอาหารมากเกินความจำเป็น ส่วนฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 แม้จะมีค่าต่ำกว่าทุกชุดการทดลองอื่นที่ได้กล่าวมาแล้วคือมีค่าฟอสเฟตอนินทรีย์เพียง 7.41 และ 7.16 มิลลิกรัม/ลิตร และฟอสฟอรัสรวม 7.47 และ 7.50 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นมิตรต่อธรรมชาติเช่นเดียวกับทุกชุดการ

ทดลองที่ได้กล่าวมาแล้ว จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าไนเตรท (ไนโตรเจน) เป็น first limiting facter เพราะมีปริมาณการนำไปใช้ในการเจริญของคลอเรลลามาก ส่วนฟอสเฟต (ฟอสฟอรัส) เป็น secound limiting facter เพราะมีปริมาณการใช้รองลงมา แต่ limiting facter ไม่ได้มีเฉพาะไนเตรทและฟอสเฟตเท่านั้น ยังอาจมีหรืออาจเป็นผลของสารอาหารชนิดอื่นอีก เนื่องจากในการทดลองนี้นำน้ำทะเลมาเจือจางจนเหลือความเค็ม 15 ส่วนในพันในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา เพื่อใช้คลอเรลลาที่ได้นำมาใช้เลี้ยงโรติเฟอร์ จึงทำให้สารอาหารหรือธาตุอาหารบางตัวลดปริมาณลง ส่งผลต่อการเจริญของคลอเรลลาและการนำคลอเรลลาไปใช้เลี้ยงโรติเฟอร์ได้ จำเป็นต้องทำการศึกษาและทดลองเพิ่มเติมต่อไปในเรื่องของธาตุอาหารตัวอื่น แต่การทดลองนี้พิจาราณาเฉพาะไนเตรทและฟอสเฟตเท่านั้น

คลอเรลลาใช้ไนเตรทในอาหารในการเพิ่มจำนวนเซลล์มากกว่าฟอสเฟต คลอเรลลาใช้ไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารไปในการเจริญทวีจำนวน 60-99.8 เปอร์เซ็นต์ของที่มี ส่วนฟอสเฟต-อนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมถูกใช้ไป 11.3-26.1 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากกว่า (สุวรรณา ภานุตระกูล, 2540; Raymont, 1986) มีบทบาทต่อกระบวนการสร้างและสลายสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ (Richmond, 1986) เช่น การสร้างเอไมด์และกรดอะมิโนต่าง ๆ ในกระบวนการเกิดโปรตีนภายในเซลล์ (Raymont, 1986 และ Russell-Hunter, 1970) คลอเรลลาใช้ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเพิ่มตามปริมาณไนเตรทในอาหารที่มีมากขึ้นในอาหาร สอดคล้องกับที่สุวรรณา ภานุตระกูล (2540) เคยรายงานไว้ในการสำรวจ ปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารที่ระดับหนึ่งมีผลต่อความสามารถในการนำฟอสเฟตที่มีอยู่ไปใช้ เช่นเดียวกันที่ปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ระดับหนึ่งก็มีผลต่อความสามารถในการนำไนเตรทที่มีอยู่ไปใช้เช่นกัน (สุวรรณา ภานุตระกูล, 2540) เช่นที่ไนเตรท 75 ไมโครกรัม/ลิตร และฟอสเฟต 5.35 ไมโครกรัม/ลิตร (สุวรรณา ภานุตระกูล, 2540) ระดับฟอสเฟตที่มีค่าสูงในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนใหญ่มีผลในทางอ้อมมากกว่ามีผลโดยตรงเช่นเดียวกับไนเตรทคือเป็นส่วนที่ส่งเสริมให้เกิดความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำมากเกินไปจนทำให้น้ำเน่าเสียและสัตว์น้ำตายในที่สุด

การใช้ไนเตรทในอาหารที่มากเกินไปนอกจากจะทำให้เกิดสภาพความเป็นพิษในน้ำดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นต่อทั้งคลอเรลลาเอง ไนไตรท์และแอมโมเนียรวมทั้งของเสียอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นยังก่อให้เกิดปัญหาที่ส่งผล กระทบต่อคุณภาพและคุณสมบัติของน้ำในธรรมชาติตามมาเมื่อมีการปล่อยน้ำดังกล่าวลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เป็นส่วนที่ทำให้เกิดความสมบูรณ์ของแหล่งน้ำมากเกินไป (eutrophication) ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของน้ำในแหล่งน้ำได้ในที่สุด (Sawyer, 1966;

Schinedller, 1974) ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายลง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา, 2538; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992) นอกจากนี้ไนไตรท์ยังเปลี่ยนฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงให้เป็นเมทธีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้เม็ดเลือดเป็นสีชาแก่หรือเข้มขึ้นเพราะขาดออกซิเจนและทำให้สัตว์น้ำตายลงในที่สุด ส่วนแอมโมเนียมีผลโดยตรงต่อการว่ายน้ำและมีผลทางอ้อมต่อการเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดเป็นด่างภายในเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชเกิดจากการซึมผ่านของโมเลกุลแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จนเป็นเนื้อเดียวกันกับของเหลวภายในเซลล์ (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2532; คณิต ไชยาคำ และคณะ, 2537; Richmond, 1986; Yu and Hirayama, 1986; Boyd, 1990; Boyd and Tucker, 1992)

เทียบกับการใช้อาหารเพาะเลี้ยงสูตรซาโตะและเซริกาวาปรกติ จึงนับได้ว่าการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 28:1 ได้ผลทั้งในด้านที่เกี่ยวกับผลผลิตและคุณภาพน้ำทั้งในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ที่ดีกว่าผลจากชุดการทดลองอื่นที่เหลือ (เมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน) แต่ในสภาพการเลี้ยงคลอเรลลาทั่วไปพบว่าคลอเรลลาเจริญได้ดีที่สุดที่ความเค็ม 25 ส่วนในพัน ถ้าเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ความเค็มนี้คลอเรลลาน่าจะใช้ไนเตรทและฟอสเฟตในแต่ละสูตรอาหารได้มากกว่านี้ ส่งผลให้ผลผลิตคลอเรลลาและโรติเฟอร์มีค่ามากกว่านี้ด้วย ดังนั้นสมควรทำการทดลองต่อไป

การเลี้ยงโรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 56:1 และ 70:1 มีความหนาแน่นและมีจำนวนไข่ในวันที่ 1 ที่สูงกว่าโรติเฟอร์ในทุกชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ในขณะที่โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-42:1 มีความหนาแน่นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ด้วยเหตุที่คลอเรลลาที่ยังเหลือจากการกินของโรติเฟอร์ในทั้งสองชุดการทดลองยังสามารถแพร่ขยายพันธุ์ต่อไปได้ (ตารางที่ 22; หน้า 90) เนื่องจากในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดการทดลองทั้งสองยังมีไนเตรทอยู่เหลือในน้ำในวันเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์ในปริมาณที่สูงมาก (48.7 และ 61.5 มิลลิกรัม/ลิตร) สังเกตุได้จากการที่ปริมาณไนเตรทในน้ำยังคงลดปริมาณลงทุกวันในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์และเหลือไนเตรทในวันสุดท้ายของการเลี้ยงโรติเฟอร์ 39.5 และ 50.5 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ นอกจากนี้อุณหภูมิในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ในการทดลองครั้งนี้ไม่สูงเกินไปสำหรับ คลอเรลลาที่จะเจริญต่อไปได้ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2539) แม้ว่าในน้ำที่ผ่านการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในทั้งสองชุดการทดลองจะมีแอมโมเนียในปริมาณที่สูงแต่คลอเรลลาก็สามารถทนต่อระดับแอมโมเนียในน้ำ

ที่สูงได้ดี (บัญญัติ มนเทียรอาสน์, 2533) นอกจากนี้คลอเรลลาที่มีเหลือในน้ำเลี้ยงยังช่วยรักษาคุณภาพน้ำให้โรติเฟอร์อันมีส่วนส่งเสริมให้โรติเฟอร์เจริญได้ดีอีกด้วย (ธิดา เพชรมณี และคณะ, 2529)

ในขณะที่ชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 ได้โรติเฟอร์หนาแน่นน้อยกว่าโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรทสูง ในชุดการทดลองเหล่านี้แม้จะเหลือคลอเรลลาจากการกินของโรติเฟอร์อยู่บ้าง แต่มีไนเตรทในน้ำเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์น้อยมาก (0.09-1.34 มิลลิกรัม/ลิตร) และตรวจไม่พบไนเตรทในน้ำเลยในวันสุดท้าย คลอเรลลาที่เหลืออยู่จึงไม่สามารถเพิ่มจำนวนต่อไปได้เหมือนกับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในชุดการทดลองอื่นที่เหลือยังมีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำ พบว่าปริมาณไนเตรทที่ต่ำที่สุดสำหรับการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาที่เหลือจากการกินต่อไปได้ในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์คือ 8.3 มิลลกรัม/ลิตร (หน้า 202)

ส่วนการใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทดลองที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ได้โรติเฟอร์มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุมคือ 203 ตัว/มิลลิลิตร (ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารชุดควบคุม 208 ตัว/มิลลิลิตร) ในชุดการทดลองนี้มีปริมาณไนเตรทในน้ำเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์ 6.48 มิลลิกรัม/ลิตร เหลือไนเตรทในน้ำในวันสุดที่เลี้ยงโรติเฟอร์ในระดับที่ปลอดภัยคือ 1.44 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่ในชุดควบคุมเหลือไนเตรทในน้ำในวันสุดท้ายถึง 16.7 มิลลิกรัม/ลิตร อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในน้ำในทั้งสองชุดการทดลองยังคงมีค่าต่ำกว่าปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 56 และ 70 ส่วน

ไม่พบไนไตรท์ในน้ำเลี้ยงตลอดการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 3.5 และ 7 ส่วน ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 14 ส่วนเหลือไนไตรท์ในน้ำอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิต คือ <1 ไมโครกรัม/ลิตรตั้งแต่เริ่มต้น ในทำนองเดียวกันในวันสุดท้ายมีแอมโมเนียเกิดขึ้นในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 3.5:1 และ 7 ส่วน <1 มิลลิกรัม/ลิตร ในส่วนนี้เป็นผลมาจากการใช้ไนไตรท์และแอมโมเนียของคลอเรลลาที่ให้เป็นอาหารแก่โรติเฟอร์ทดแทนการใช้ไนเตรทที่มีอยู่ในปริมาณที่ไม่พอเพียง ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีนเตรท 14 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันสุดท้าย >1 มิลลิกรัม/ลิตรซึ่งจัดว่าอยู่ใน

ระดับที่เป็นอันตรายเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในน้ำในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรทสูงกว่าทุกสูตรที่เหลือ ที่ในน้ำมีไนไตรท์และแอมโมเนียในวันสุดท้ายของการเลี้ยงโรติเฟอร์เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการขับถ่ายของเสียและการตายของโรติเฟอร์ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยมีปริมาณแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่ใช้เพาะเลี้ยงคลอเรลลา คือมีไนไตรท์ 99.5-141.6 ไมโครกรัม/ลิตร (วันเริ่มต้นมี 86.1-125.9 ไมโครกรัม/ลิตร) และมีแอมโมเนีย 161-261.8 ไมโครกรัม/ลิตร (วันเริ่มต้นมี 43.5-61.9 ไมโครกรัม/ลิตร) จากปริมาณผลผลิตของโรติเฟอร์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าไนไตรท์และแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำในปริมาณในปริมาณที่ได้กล่าวถึงเมื่อเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์ไม่มีผลต่อการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาที่ใช้เป็นอาหารแก่โรติเฟอร์และต่อตัวโรติเฟอร์โดยตรง

ในส่วนของปริมาณฟอสเฟต ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เหลืออยู่ในทุกชุดการทดลองอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ การเลี้ยงโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 56 และ 70 ส่วน เหลือฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นที่ใช้อาหารที่มีไนเตรทต่ำกว่าเนื่องจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเกี่ยวกับการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ ปริมาณฟอสเฟตทั้งสองรูปถูกดึงไปใช้ในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ 0.04-0.05 มิลลิกรัม/ลิตรเท่านั้น ปริมาณฟอสเฟตถูกดึงเอาไปใช้ในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพียง 2.0-2.5 มิลลิกรัม/ลิตรเท่านั้นจากปริมาณที่ใส่เมื่อเริ่มต้น 10 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสเฟตที่ใช้อยู่มากเกินความต้องการของแพลงก์ตอนที่เพาะเลี้ยง ฟอสเฟตที่เหลือทั้งหมดนี้ก็จะต้องถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในที่สุด ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวเนื่องก็จะเกิดตามมา

การตรวจวัดปริมาณ ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำของทุกชุดการทดลองเป็นการประมาณการปริมาณสารดังกล่าวที่มีสะสมอยู่ในตัวโรติเฟอร์โดยอ้อม เนื่องจากขาดอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดสารปริมาณน้อย ๆ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณของไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียโดยประมาณในตัวโรติเฟอรในวันสุดท้ายของเลี้ยงมีค่าแปรผันตามปริมาณไนเตรทที่ใช้ในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ไม่พบไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในตัวโรติเฟอร์ที่ได้จากการเลี้ยงคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 3.5 ส่วน โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 42, 56 และ 70 ส่วน มีไนเตรทโดยประมาณในตัวโรติเฟอร์ 6.7, 5.3 และ 9.3 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ไนเตรทปริมาณดังกล่าวเป็นเป็นมาณที่ไม่มีผลต่อลูกสัตว์น้ำที่จะกินโรติเฟอร์ (Boyd and Tucker, 1992) การนำโรติเฟอร์ไปเลี้ยงลูกสัตว์น้ำปรกติกรองเอาเฉพาะตัวโรติเฟอร์ไปใช้ ส่วนปริมาณฟอสเฟต-

อนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในตัวโรติเฟอร์ทั้ง 7 ชุดการทดลองในวันสุดท้ายของการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันคือ 0.16-0.21 และ 0.15-0.26 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับซึ่งมีผลต่อลูกสัตว์น้ำที่จะได้รับโรติเฟอร์ในทำนองเดียวกับไนเตรทเนื่องจากฟอสเฟตระดับที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำเมื่อมีค่า > 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร (Boyd, 1990)

การใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรทแตกต่างกันเลี้ยงโรติเฟอร์ไม่มีผลต่อขนาดของตัวโรติเฟอร์ แต่ปริมาณไนเตรทอาจเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของคลอเรลลาที่เลี้ยง และอาจมีผลต่อคุณภาพของโรติเฟอร์ที่กินคลอเรลลานั้น ในส่วนนี้ควรได้มีการศึกษาต่อไป การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของทั้งคลอเรลลา และโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จะทำให้สามารถยืนยันผลการทดลองได้แน่ชัดยิ่งขึ้น

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทั้งในส่วนของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท 3.5-70 ส่วน และการนำคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารแต่ละสูตรมาเลี้ยงโรติเฟอร์โดยการพิจารณาผลในทั้งสองช่วงประกอบกันทั้งในส่วนของผลผลิตและคุณสมบัติของน้ำทิ้ง แม้ไม่อาจตัดสินได้ว่าการใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาสูตรใดที่ให้ผลที่ดีที่สุดในทุกด้านเนื่องจากสามารถพิจารณาได้ในประเด็นที่แตกต่างกัน ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้อาหารเพาะเลี้ยงแต่ละสูตรมีทั้งข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับประเด็นหลักที่จะนำมาประกอบการพิจารณา ในความตระหนักถึงสภาวะเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่จำเป็นอย่างยิ่งยวดที่จะต้องนำมาประกอบการพิจารณาประกอบกับความจำเป็นในอันที่จะต้องพยายามดำรงผลผลิตที่ได้ให้คงเดิมถ้ายังเป็นไปได้ หรือลดต่ำลงในระดับที่สามารถดำเนินการต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่าการใช้อาหารเพาะเลี้ยงที่มีไนเตรท 14, และ 28 ส่วน ให้ผลที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าสูตรที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก (ไนเตรท 42 ส่วน) และได้ผลผลิตในระดับที่ยังสามารถรับได้ในขณะนี้ระดับหนึ่ง จากการใช้อาหารเพาะเลี้ยงทั้งสองสูตรมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น (หน้า 112,113 และ 117) ในการทดลองส่วนต่อไปจึงพิจารณาการใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาทั้งสองสูตรนี้เป็นหลัก ทดลองควบคู่กับอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนที่เป็นสูตรดั้งเดิม โดยนำเอาคุณสมบัติที่ยังจัดว่าใช้ไม่ได้ของอาหารทั้งสองสูตรที่เหมือนกันได้แก่ การที่ในอาหารทั้งสองสูตรยังคงมีปริมาณฟอสเฟตที่เกินความต้องการใช้ของคลอเรลลา (หน้า 70-76 และ 102-106 จากส่วนของผลการทดลอง และหน้า 112, 113, 116 และ 117 จากวิจารณ์ผลการทดลอง) มาเป็นเนื้อหาทำการทดลองต่อไป โดยกำหนดปริมาณฟอสเฟตเท่าเดิมเป็นระดับสูงที่สุด

3. การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกัน และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้

3.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 14:0.25, 14:0.5, 14:0.75, 14:1, 28:0.25, 28:0.5, 28:0.75, 28:1, 42:0.25, 42:0.5, 42:0.75 และ 42:1 ความหนาแน่นเริ่มต้นของคลอเรลลา $1.3x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร เพาะเลี้ยงในแสงสว่างความเข้ม 5,000 ลักซ์ 12 ชั่วโมง/วัน ที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ความเค็ม 15 ส่วนในพัน และความเป็นกรดเป็นด่าง 6.3±0.3 ได้ผลดังต่อไปนี้

3.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา

3.1.1.1 ความหนาแน่นของคลอเรลลา

ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองเดียวกันในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรแตกต่างกันทุกวันจนกระทั่งถึงวันที่คลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด ในระยะ 4 วันแรกของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทุกสูตร คลอเรลลามีความหนาแน่นในแต่ละวันไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีการเพิ่มจำนวนเซลล์เฉลี่ยประมาณวันละ 1 ล้านเซลล์/มิลลิลิตร ตั้งแต่วันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปความหนาแน่นของคลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ในระยะนี้กระทั่งถึงวันที่คลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงมากที่สุดซึ่งคลอเรลลามีการเพิ่มเฉลี่ยประมาณวันละ 2 ล้านเซลล์/มิลลิลิตร ความหนาแน่นของคลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองแปรผันโดยตรงตามปริมาณของทั้งไนเตรทและฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยง

ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกันมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ $10.29x10^6$-$10.67x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรพร้อมกันในวันที่ 7 ความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาทั้ง 4 ชุดทดลองดังกล่าวต่ำกว่าความหนาแน่นในวันเดียวกันของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นเฉลี่ยในวันนี้เท่ากับ $11.64x10^6$-$12.06x10^6$ และ $12.02x10^6$-$13.12x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนมีค่าลดลงตั้งแต่

วันที่ 8 เป็นต้นไป ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตเท่ากัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสูตรอาหาร

ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วน ในช่วงก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ความหนาแน่นของคลอเรลลาในชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟตใกล้เคียงกันมากกว่ามักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในวันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีความหนาแน่นสูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาในอีก 3 ชุดการทดลองที่มีฟอสเฟต 0.75-0.25 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่คลอเรลลาในกลุ่มการทดลองนี้มีความหนาแน่นสูงที่สุด คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 มีความหนาแน่นสูงที่สุด ($13.17\pm0.09\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร) สูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยงอีก 3 สูตรที่มีไนเตรทเท่ากันแต่มีฟอสเฟตต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.75, 28:0.5 และ 28:0.25 คลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุด ($12.90\pm0.06\times10^6$, $12.75\pm0.12\times10^6$ และ $12.75\pm0.05\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วน ที่ในวันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยง คลอเรลลาในชุดการทดลองที่มีฟอสเฟต 1 ส่วนมีความหนาแน่นสูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาในอีก 3 ชุดการทดลองที่เหลือที่มีฟอสเฟตต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 6-7 มีเพียงในระหว่างคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.25 และ 1 ส่วนที่เจริญได้ความหนาแน่นแตกต่างกันทางสถิติ ความแตกต่างของความหนาแน่นสูงที่สุดในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่มีในอาหารเพาะเลี้ยง ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟต 1 ส่วน ($13.99\pm0.11\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร) มีค่าสูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.75-0.25 ส่วน (13.42×10^6-13.71×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร) อย่างมีนัยสำคัญ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.75-0.5 ส่วนและ 0.5-0.25 ส่วนมีความหนาแน่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 19, ตารางที่ 28 และ ตารางที่ 31)

ความหนาแน่นของคลอเรลลาในทุกชุดการทดลองในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าสูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันในชุดการทดลองเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 28)

ความหนาแน่นของคลอเรลลาในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและความหนาแน่นในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองมีความหนาแน่นเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ $9.02x10^6$-$9.45x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ความหนาแน่นของคลอเรลลาทั้ง 4 ชุดทดลองดังกล่าวต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาในชุดการทดลองอื่นที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าที่เหลือในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนที่ทั้ง 4 ชุดการทดลองมีความหนาแน่นเฉลี่ยในวันนี้ ($11.64x10^6$-$12.06x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติและต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5-42:1 ที่มีค่า $12.52x10^6$-$13.12x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 ความหนาแน่นของคลอเรลลาไม่แตกต่างกับความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองทางสถิติ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วน ความหนาแน่นของคลอเรลลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยง เฉพาะคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตใกล้เคียงกันมากกว่า ที่มีความหนาแน่นที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีความหนาแน่นในวันนี้สูงมากที่สุด $13.12\pm0.15x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร และคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 มีความหนาแน่นต่ำที่สุดเท่ากับ $12.02\pm0.19x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร

ในวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกันมีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($13.43x10^6$-$13.99x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร) และสูงกว่าชุดการทดลองอื่นที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลอง ($P<0.01$) ยกเว้นคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ที่คลอเรลลาสามารถเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดที่ไม่แตกต่างจากคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 คลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุด $13.16\pm0.09x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ไม่แตกต่างกับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.75 ที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดเท่ากับ $12.90\pm0.06x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร แต่สูงกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.5 และ 0.25 ส่วน

อย่างมีนัยสำคัญ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.5 และ 28:0.75 มีความหนาแน่นสูงที่สุด $12.75\pm0.12\times10^6$ และ $12.75\pm0.05\times10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ โดยความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนที่มีฟอสเฟต 0.75, 0.5 และ 0.25 ส่วนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วน คลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดต่ำกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนส่วนทั้ง 4 ชุดที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 10.29×10^6-10.67×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร (ตารางที่ 31)

3.1.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า

ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ตั้งแต่วันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสูตรอาหาร คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนใช้ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่ายาวนานกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟตเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟตเท่ากัน คลอเรลลามีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกวัน ยกเว้นในวันที่ 6 ที่ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 และ 42:0.25 มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาเกือบทุกชุดการทดลองในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าสูงกว่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 (ตารางที่ 29)

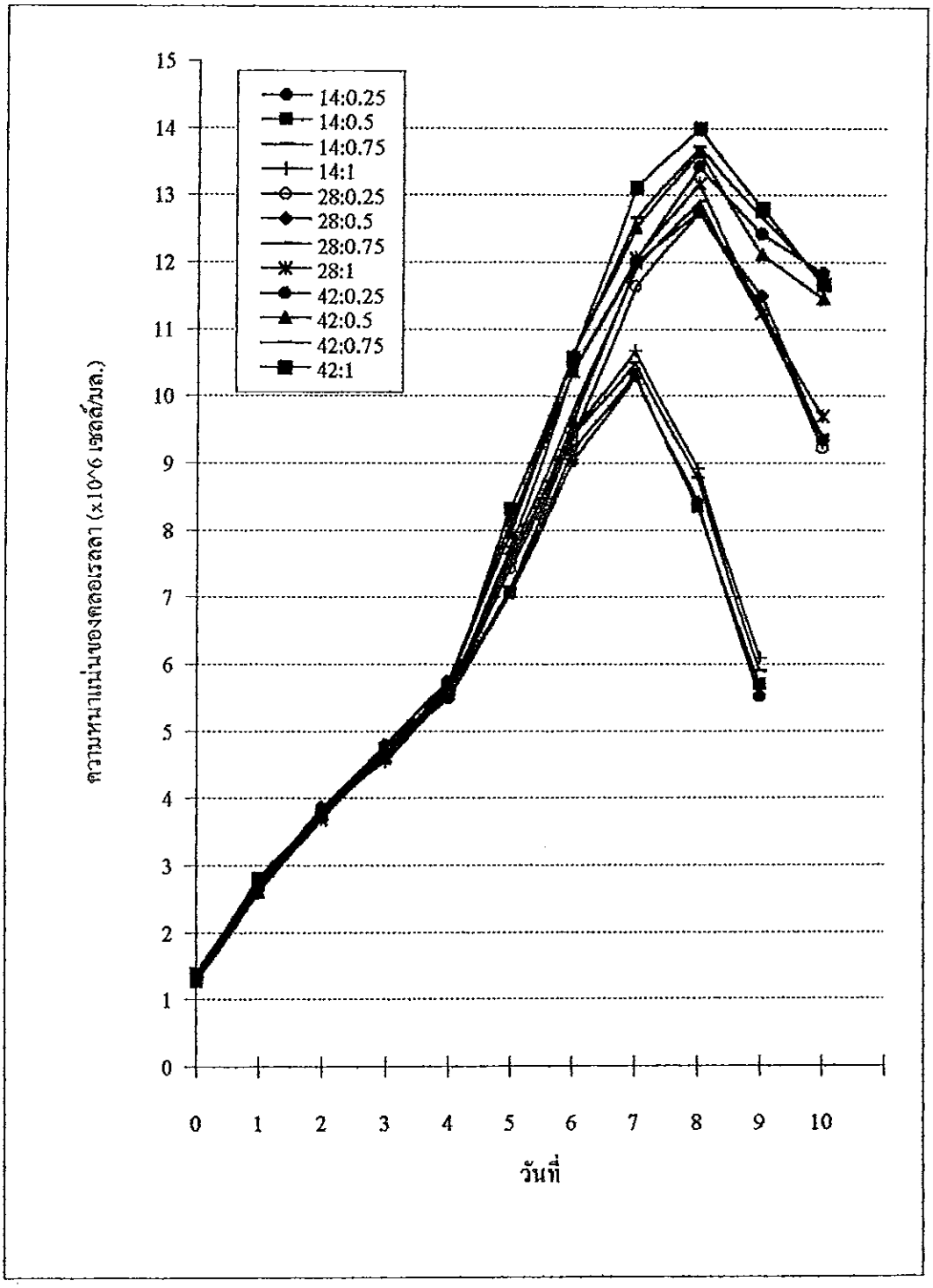
ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกันในวันก่อนวันที่คลอเรลลาในทุกชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในวันนี้มีค่า 2.111-2.237 วัน ส่วนในวันที่คลอเรลลาในทุกชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยของคลอเรลลาแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทเท่ากันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนทุกชุด

การทดลองและคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5 มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและสั้นกว่าค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดอื่น ยกเว้นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1, 42:0.25, 42:0.5 และ 42:1 (ตารางที่ 31)

3.1.1.3 ขนาดเซลล์

ในระหว่างการทดลองขนาดของเซลล์คลอเรลลาในแต่ละชุดการทดลองมีขนาดเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงขึ้น-ลง ในวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 5 ขนาดเซลล์เฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 3.54-4.30 ไมครอน เซลล์คลอเรลลามีขนาดใหญ่ที่สุดหรือเกือบใหญ่ที่สุดในระหว่างก่อนและวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด เฉพาะในวันที่ 6 และ 7 ของการเพาะเลี้ยงที่คลอเรลลามีขนาดเซลล์แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนมากคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรททั้ง 3 ระดับมีเซลล์ขนาดเล็กกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในสูตรอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตในปริมาณที่มากกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณ ไนเตรท 14 ส่วนมีขนาดเซลล์ในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน และในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกตางกันทางสถิติ ส่วนคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วน ส่วนมากมีขนาดเซลล์ในทั้งสองวันแตกต่างกันทางสถิติ เซลล์ของคลอเรลลาในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีขนาดเซลล์เล็กว่าขนาดเซลล์ของคลอเรลลาในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 30 และ ตารางที่ 31)

ขนาดเซลล์ของคลอเรลลาในทุกชุดการทดลองในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.5 และ 28:0.75 มีขนาดเซลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติและใหญ่กว่าขนาดเซลล์ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 42:0.5-42:1 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนขนาดของเซลล์คลอเรลลาในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองมีขนาดเซลล์ใหญ่กว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทสูงกว่าทุกชุดการทดลอง เซลล์ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนทุกชุดการทดลองมีขนาดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 31)



ภาพที่ 19 ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	1.35±0.08^{i}	1.29±0.06^{i}	1.31±0.06^{i}	1.34±0.06^{h}	1.33±0.09^{j}	1.30±0.06^{j}	1.34±0.07^{k}	1.33±0.04^{k}	1.29±0.05^{l}	1.27±0.07^{k}	1.36±0.04^{j}	1.38±0.04^{k}
1	2.73±0.11^{h}	2.68±0.09^{h}	2.65±0.09^{i}	2.70±0.06^{g}	2.73±0.07^{i}	2.74±0.14^{i}	2.64±0.06^{j}	2.71±0.15^{j}	2.68±0.12^{l}	2.59±0.07^{j}	2.67±0.67^{j}	2.80±0.08^{j}
2	3.82±0.03^{g}	3.80±0.06^{g}	3.79±0.15^{h}	3.86±0.02^{f}	3.85±0.04^{h}	3.73±0.05^{h}	3.69±0.09^{i}	3.69±0.09^{i}	3.81±0.05^{h}	3.72±0.06^{i}	3.71±0.11^{h}	3.78±0.03^{i}
3	4.74±0.09^{f}	4.58±0.16^{f}	4.63±0.09^{g}	4.55±0.12^{e}	4.68±0.11^{g}	4.71±0.10^{g}	4.69±0.11^{h}	4.73±0.09^{h}	4.79±0.07^{g}	4.62±0.07^{h}	4.80±0.08^{g}	4.71±0.12^{h}
4	5.50±0.07^{e}	5.59±0.12^{e}	5.51±0.13^{f}	5.54±0.05^{d}	5.49±0.13^{f}	5.64±0.06^{f}	5.58±0.08^{g}	5.56±0.15^{g}	5.73±0.14^{f}	5.69±0.15^{g}	5.72±0.11^{f}	5.63±0.11^{g}
5	^{F}7.04±0.08^{d}	^{F}7.08±0.07^{d}	^{F}7.12±0.07^{e}	^{DE}7.54±0.07^{c}	^{E}7.42±0.05^{e}	^{DE}7.52±0.05^{e}	^{CD}7.65±0.10^{f}	^{C}7.72±0.07^{f}	^{B}8.12±0.08^{e}	^{B}7.96±0.09^{f}	^{B}8.11±0.08^{e}	^{A}8.32±0.07^{f}
6	^{F}9.02±0.11^{b}	^{EF}9.18±0.09^{b}	^{DE}9.40±0.08^{c}	^{D}9.45±0.13^{b}	^{DE}9.33±0.13^{d}	^{CD}9.58±0.11^{d}	^{C}9.75±0.06^{d}	^{B}10.37±0.18^{d}	^{B}10.35±0.09^{d}	^{AB}10.61±0.14^{e}	^{AB}10.59±0.11^{d}	^{A}10.58±0.66^{e}
7	^{E}10.29±0.07^{a}	^{E}10.32±0.10^{a}	^{E}10.50±0.03^{a}	^{E}10.67±0.09^{a}	^{D}11.64±0.14^{b}	^{CD}11.98±0.59^{b}	^{CD}11.92±0.06^{b}	^{BCD}12.06±0.15^{b}	^{CD}12.02±0.19^{c}	^{AC}12.52±0.12^{b}	^{AB}12.66±0.13^{b}	^{A}13.12±0.15^{b}
8	^{G}8.41±0.10^{c}	^{G}8.34±0.12^{c}	^{F}8.78±0.06^{d}	^{F}8.92±0.13^{b}	^{E}12.75±0.05^{a}	^{E}12.75±0.12^{a}	^{E}12.90±0.06^{a}	^{D}13.17±0.09^{a}	^{C}13.42±0.10^{a}	^{BC}13.64±0.09^{a}	^{B}13.71±0.10^{a}	^{A}13.99±0.11^{a}
9	^{H}5.51±0.10^{e}	^{GH}5.69±0.11^{e}	^{FG}5.89±0.13^{b}	^{F}6.08±0.05^{d}	^{DE}11.34±0.12^{c}	^{D}11.50±0.13^{d}	^{E}11.19±0.08^{c}	^{E}11.23±0.15^{c}	^{B}12.42±0.08^{b}	^{C}12.11±0.09^{c}	^{A}12.67±0.11^{b}	^{A}12.81±0.09^{c}
10	-	-	-	-	^{D}9.23±0.11^{d}	^{D}9.34±0.15^{d}	^{D}9.40±0.07^{e}	^{C}9.70±0.13^{e}	^{A}11.83±0.10^{c}	^{B}11.45±0.12^{d}	^{A}11.74±0.05^{c}	^{A}11.67±0.08^{d}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	1.35±0.08^{i}	1.29±0.06^{i}	1.31±0.06^{i}	1.34±0.06^{h}	1.33±0.09^{i}	1.30±0.06^{i}	1.34±0.07^{k}	1.33±0.04^{k}	1.29±0.05^{j}	1.27±0.07^{k}	1.36±0.04^{j}	1.38±0.04^{k}
1	2.73±0.11^{h}	2.68±0.09^{h}	2.65±0.09^{i}	2.70±0.06^{g}	2.73±0.07^{i}	2.74±0.14^{i}	2.64±0.06^{j}	2.71±0.15^{i}	2.68±0.12^{i}	2.59±0.07^{j}	2.67±0.67^{i}	2.80±0.08^{j}
2	3.82±0.03^{g}	3.80±0.06^{g}	3.79±0.15^{h}	3.86±0.02^{f}	3.85±0.04^{h}	3.73±0.05^{h}	3.69±0.09^{i}	3.69±0.09^{i}	3.81±0.05^{h}	3.72±0.06^{i}	3.71±0.11^{h}	3.78±0.03^{i}
3	4.74±0.09^{f}	4.58±0.16^{f}	4.63±0.09^{g}	4.55±0.12^{e}	4.68±0.11^{g}	4.71±0.10^{g}	4.69±0.11^{h}	4.73±0.09^{h}	4.79±0.07^{g}	4.62±0.07^{h}	4.80±0.08^{g}	4.71±0.12^{h}
4	5.50±0.07^{e}	5.59±0.12^{e}	5.51±0.13^{f}	5.54±0.05^{d}	5.49±0.13^{f}	5.64±0.06^{f}	5.58±0.08^{g}	5.56±0.15^{g}	5.73±0.14^{f}	5.69±0.15^{g}	5.72±0.11^{f}	5.63±0.11^{g}
5	^{F}7.04±0.08^{d}	^{F}7.08±0.07^{d}	^{F}7.12±0.07^{e}	^{DE}7.54±0.07^{c}	^{E}7.42±0.05^{e}	^{DE}7.52±0.05^{e}	^{CD}7.65±0.10^{f}	^{C}7.72±0.07^{f}	^{B}8.12±0.08^{e}	^{B}7.96±0.09^{f}	^{B}8.11±0.08^{e}	^{A}8.32±0.07^{f}
6	^{F}9.02±0.11^{b}	^{EF}9.18±0.09^{b}	^{DE}9.40±0.08^{c}	^{D}9.45±0.13^{b}	^{DE}9.33±0.13^{d}	^{CD}9.58±0.11^{d}	^{C}9.75±0.06^{d}	^{B}10.37±0.18^{d}	^{B}10.35±0.09^{d}	^{AB}10.61±0.14^{e}	^{AB}10.59±0.11^{d}	^{A}10.58±0.66^{e}
7	^{E}10.29±0.07^{c}	^{E}10.32±0.10^{a}	^{E}10.50±0.03^{a}	^{E}10.67±0.09^{a}	^{D}11.64±0.14^{b}	^{CD}11.98±0.59^{b}	^{CD}11.92±0.06^{b}	^{BCD}12.06±0.15^{b}	^{CD}12.02±0.19^{c}	^{AC}12.52±0.12^{b}	^{AB}12.66±0.13^{b}	^{A}13.12±0.15^{b}
8	^{G}8.41±0.10^{c}	^{G}8.34±0.12^{c}	^{F}8.78±0.06^{d}	^{F}8.92±0.13^{b}	^{E}12.75±0.05^{a}	^{E}12.75±0.12^{a}	^{E}12.90±0.06^{a}	^{D}13.17±0.09^{a}	^{C}13.42±0.10^{a}	^{BC}13.64±0.09^{a}	^{B}13.71±0.10^{a}	^{A}13.99±0.11^{a}
9	^{H}5.51±0.10^{e}	^{GH}5.69±0.11^{e}	^{FG}5.89±0.13^{b}	^{F}6.08±0.05^{d}	^{DE}11.34±0.12^{d}	^{D}11.50±0.13^{d}	^{E}11.19±0.08^{c}	^{E}11.23±0.15^{c}	^{B}12.42±0.08^{b}	^{C}12.11±0.09^{c}	^{A}12.67±0.11^{b}	^{A}12.81±0.09^{c}
10	-	-	-	-	^{D}9.23±0.11^{d}	^{D}9.34±0.15^{d}	^{D}9.40±0.07^{e}	^{C}9.70±0.13^{e}	^{A}11.83±0.10^{c}	^{B}11.45±0.12^{d}	^{A}11.74±0.05^{c}	^{A}11.67±0.08^{d}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 30 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	1.35 ± 0.08^{l}	1.29 ± 0.06^{l}	1.31 ± 0.06^{l}	1.34 ± 0.06^{h}	1.33 ± 0.09^{j}	1.30 ± 0.06^{l}	1.34 ± 0.07^{k}	1.33 ± 0.04^{k}	1.29 ± 0.05^{l}	1.27 ± 0.07^{k}	1.36 ± 0.04^{j}	1.38 ± 0.04^{k}
1	2.73 ± 0.11^{h}	2.68 ± 0.09^{h}	2.65 ± 0.09^{i}	2.70 ± 0.06^{g}	2.73 ± 0.07^{i}	2.74 ± 0.14^{l}	2.64 ± 0.06^{j}	2.71 ± 0.15^{l}	2.68 ± 0.12^{i}	2.59 ± 0.07^{j}	2.67 ± 0.67^{i}	2.80 ± 0.08^{l}
2	3.82 ± 0.03^{g}	3.80 ± 0.06^{g}	3.79 ± 0.15^{h}	3.86 ± 0.02^{f}	3.85 ± 0.04^{h}	3.73 ± 0.05^{h}	3.69 ± 0.09^{i}	3.69 ± 0.09^{i}	3.81 ± 0.05^{h}	3.72 ± 0.06^{i}	3.71 ± 0.11^{h}	3.78 ± 0.03^{i}
3	4.74 ± 0.09^{f}	4.58 ± 0.16^{f}	4.63 ± 0.09^{g}	4.55 ± 0.12^{e}	4.68 ± 0.11^{g}	4.71 ± 0.10^{g}	4.69 ± 0.11^{h}	4.73 ± 0.09^{h}	4.79 ± 0.07^{g}	4.62 ± 0.07^{h}	4.80 ± 0.08^{g}	4.71 ± 0.12^{h}
4	5.50 ± 0.07^{e}	5.59 ± 0.12^{e}	5.51 ± 0.13^{f}	5.54 ± 0.05^{d}	5.49 ± 0.13^{f}	5.64 ± 0.06^{f}	5.58 ± 0.08^{g}	5.56 ± 0.15^{g}	5.73 ± 0.14^{f}	5.69 ± 0.15^{g}	5.72 ± 0.11^{f}	5.63 ± 0.11^{g}
5	$^{F}7.04\pm0.08^{d}$	$^{F}7.08\pm0.07^{d}$	$^{F}7.12\pm0.07^{e}$	$^{DE}7.54\pm0.07^{c}$	$^{E}7.42\pm0.05^{e}$	$^{DE}7.52\pm0.05^{e}$	$^{CD}7.65\pm0.10^{f}$	$^{C}7.72\pm0.07^{f}$	$^{B}8.12\pm0.08^{e}$	$^{B}7.96\pm0.09^{f}$	$^{B}8.11\pm0.08^{e}$	$^{A}8.32\pm0.07^{f}$
6	$^{F}9.02\pm0.11^{b}$	$^{EF}9.18\pm0.09^{b}$	$^{DE}9.40\pm0.08^{c}$	$^{D}9.45\pm0.13^{b}$	$^{DE}9.33\pm0.13^{d}$	$^{CD}9.58\pm0.11^{d}$	$^{C}9.75\pm0.06^{d}$	$^{B}10.37\pm0.18^{d}$	$^{B}10.35\pm0.09^{d}$	$^{AB}10.61\pm0.14^{e}$	$^{AB}10.59\pm0.11^{d}$	$^{A}10.58\pm0.66^{e}$
7	$^{E}10.29\pm0.07^{a}$	$^{E}10.32\pm0.10^{a}$	$^{E}10.50\pm0.03^{a}$	$^{E}10.67\pm0.09^{a}$	$^{D}11.64\pm0.14^{b}$	$^{CD}11.98\pm0.59^{b}$	$^{CD}11.92\pm0.06^{b}$	$^{BCD}12.06\pm0.15^{b}$	$^{CD}12.02\pm0.19^{c}$	$^{AC}12.52\pm0.12^{b}$	$^{AB}12.66\pm0.13^{b}$	$^{A}13.12\pm0.15^{b}$
8	$^{G}8.41\pm0.10^{c}$	$^{G}8.34\pm0.12^{c}$	$^{F}8.78\pm0.06^{d}$	$^{F}8.92\pm0.13^{b}$	$^{E}12.75\pm0.05^{a}$	$^{E}12.75\pm0.12^{a}$	$^{E}12.90\pm0.06^{a}$	$^{D}13.17\pm0.09^{a}$	$^{C}13.42\pm0.10^{a}$	$^{BC}13.64\pm0.09^{a}$	$^{B}13.71\pm0.10^{a}$	$^{A}13.99\pm0.11^{a}$
9	$^{H}5.51\pm0.10^{e}$	$^{GH}5.69\pm0.11^{e}$	$^{FG}5.89\pm0.13^{b}$	$^{F}6.08\pm0.05^{d}$	$^{DE}11.34\pm0.12^{c}$	$^{D}11.50\pm0.13^{d}$	$^{E}11.19\pm0.08^{c}$	$^{E}11.23\pm0.15^{c}$	$^{B}12.42\pm0.08^{b}$	$^{C}12.11\pm0.09^{c}$	$^{A}12.67\pm0.11^{b}$	$^{A}12.81\pm0.09^{c}$
10	-	-	-	-	$^{D}9.23\pm0.11^{d}$	$^{D}9.34\pm0.15^{d}$	$^{D}9.40\pm0.07^{e}$	$^{C}9.70\pm0.13^{e}$	$^{A}11.83\pm0.10^{c}$	$^{B}11.45\pm0.12^{d}$	$^{A}11.74\pm0.05^{c}$	$^{A}11.67\pm0.08^{d}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)

ปริมาณไนเตรท :	ความหนาแน่นเซลล์		G		ขนาดเซลล์	
ฟอสเฟตในอาหาร	Dmax-1	Dmax (X)	Dmax-1	Dmax	Dmax-1	Dmax
14:0.25	9.02±0.11^{e}	10.29±0.07^{e} (7)	2.193±0.06	2.390±0.07^{ab}	4.57±0.04^{abc}	4.51±0.09^{a}
14:0.5	9.18±0.09^{e}	10.32±0.10^{e} (7)	2.121±0.05	2.334±0.05^{b}	4.52±0.09^{abc}	4.56±0.09^{a}
14:0.75	9.40±0.08^{e}	10.50±0.03^{ef} (7)	2.111±0.06	2.328±0.05^{b}	4.50±0.08^{abc}	4.56±0.16^{a}
14:1	9.45±0.13^{e}	10.67±0.09^{e} (7)	2.125±0.03	2.334±0.05^{b}	4.40±0.08^{c}	4.52±0.10^{a}
28:0.25	11.64±0.14^{d}	12.75±0.05^{d} (8)	2.237±0.08	2.455±0.07^{a}	4.57±0.06^{abc}	4.28±0.09^{b}
28:0.5	11.98±0.59^{d}	12.75±0.12^{d} (8)	2.183±0.07	2.401±0.05^{a}	4.62±0.05^{a}	4.28±0.03^{b}
28:0.75	11.92±0.06^{d}	12.90±0.06^{cd} (8)	2.219±0.05	2.455±0.06^{a}	4.61±0.05^{ab}	4.25±0.04^{b}
28:1	12.06±0.15^{cd}	13.16±0.09^{bc} (8)	2.197±0.03	2.415±0.03^{ab}	4.44±0.07^{bc}	4.19±0.04^{b}
42:0.25	12.02±0.19^{cd}	13.43±0.10^{ab} (8)	2.181±0.03	2.377±0.03^{ab}	4.45±0.10^{abc}	4.19±0.01^{b}
42:0.5	12.52±0.12^{bc}	13.64±0.09^{a} (8)	2.120±0.04	2.334±0.05^{b}	4.41±0.06^{c}	4.26±0.10^{b}
42:0.75	12.66±0.13^{ab}	13.71±0.10^{a} (8)	2.171±0.02	2.395±0.02^{ab}	4.42±0.06^{c}	4.26±0.07^{b}
42:1	13.12±0.15^{a}	13.99±0.11^{a} (8)	2.178±0.08	2.396±0.04^{ab}	4.41±0.12^{c}	4.22±0.04^{b}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$; ค่า G ใน Dmax, $P<0.05$)

2. (X) แสดงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

3.1.2 คุณภาพน้ำ

ระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร ในน้ำมีปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวมแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

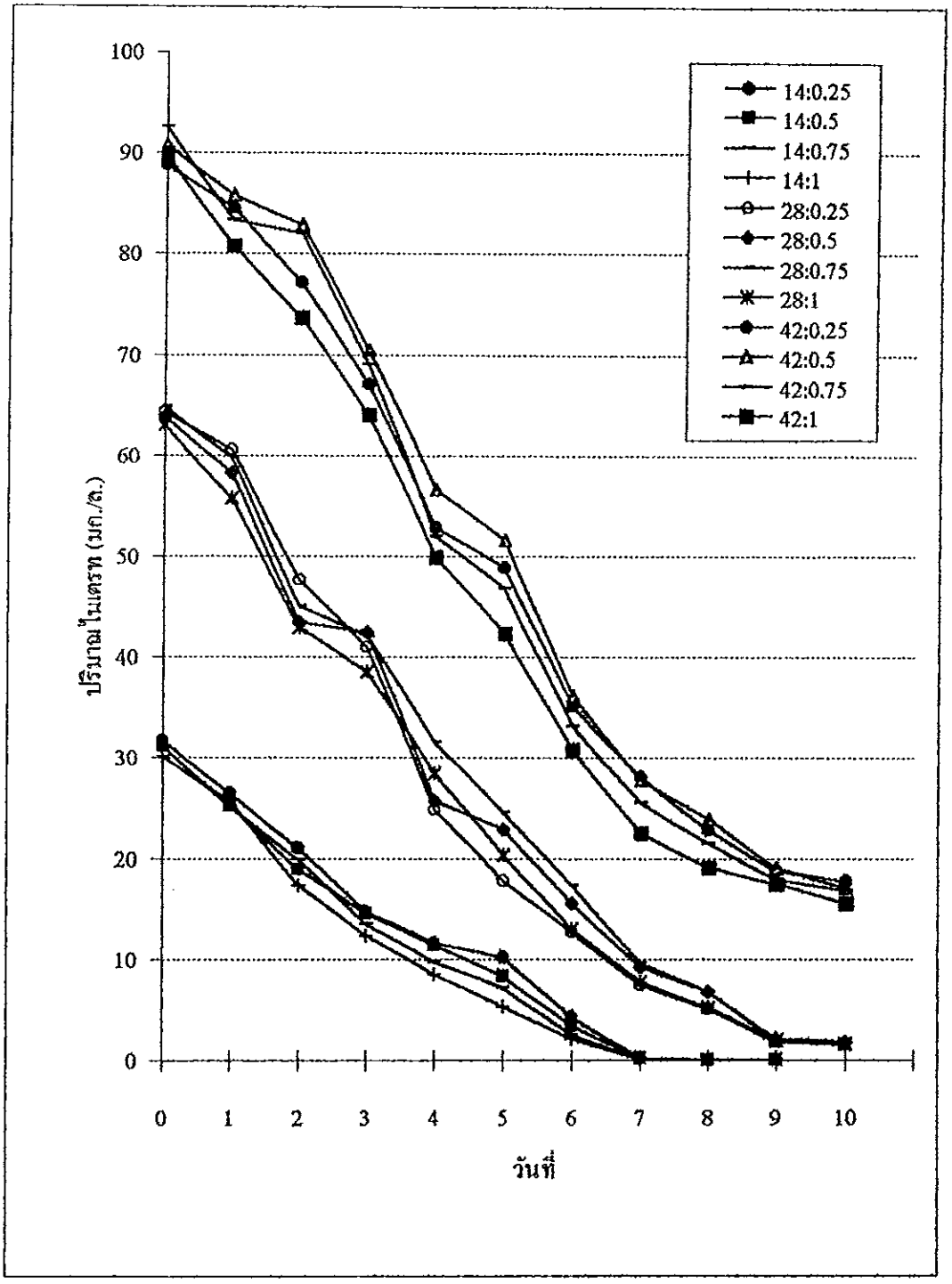
ปริมาณไนเตรทที่ตรวจวัดได้ในน้ำในวันเริ่มต้นของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วน มีค่า 30.1-31.7, 63.0-64.8 และ

88.8-92.6 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวแตกต่างกันทางสถิติตามปริมาณไนเตรทที่ให้ในสูตรอาหาร ไนเตรทในทุกชุดการทดลองมีปริมาณลดลงเป็นลำดับตามระยะเวลาที่ทำการเพาะเลี้ยง ความแตกต่างทางสถิติและปริมาณไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 12 สูตร เกิดขึ้นทั้งในระหว่างชุดการทดลองเกือบทุกชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดทดลองเดียวกันในวันที่ต่างกัน สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาแต่ละสูตรเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง ส่วนมากปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในแต่ละชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันกระทั่งถึงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงมากที่สุดผกผันกับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในสูตรอาหาร

ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25-14:1 มีปริมาณไนเตรทในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลองในช่วงวันเดียวกันตลอดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไนเตรทมีค่าเกือบต่ำที่สุดในวันที่ 7 ที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ตรวจไม่พบไนเตรทในน้ำหลังจากนั้น ส่วนในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดทดลองที่ใช้ปริมาณไนเตรท 28 ส่วนทั้ง 4 สูตรที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกัน มีปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลองในวันเดียวกันตลอดการทดลองแตกต่างกันไม่มากนักและมีความแตกต่างกันในเพียงบางวัน ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในน้ำมีไนเตรทเกือบต่ำที่สุดคือ 5.07-6.81 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนเตรทในน้ำมีค่าต่ำที่สุดในวันสุดท้ายของการทดลองคือ 1.50-1.81 มิลลิกรัม/ลิตร ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วน ส่วนใหญ่ปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในระหว่างการทดลองกระทั่งวันสิ้นสุดการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกับผลใน 8 ชุดการทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ยกเว้นในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดที่ปริมาณไนเตรทในน้ำในชุดการทดลองที่มีฟอสเฟตในอาหารสูงกว่ามีค่าน้อยกว่าในชุดการทดลองที่มีฟอสเฟตในอาหารต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีฟอสเฟต 0.25 และ 0.5 ส่วนที่ในวันทั้งสองมีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีไนเตรทในน้ำ 19.1-23.9 มิลลิกรัม/ลิตร (ภาพที่ 20)

ปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ในน้ำของทั้ง 12 ชุดการทดลองในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติเพียงในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25-14:0.75 และ 42:0.25 ที่ในน้ำมีปริมาณไนเตรทในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดต่ำกว่าปริมาณไนเตรทในวันก่อนหน้าวันดังกล่าว 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 32)

ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนหน้านั้น 1 วัน เหลือปริมาณไนเตรทอยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนมากกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วน และในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนมากกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 42 ส่วนมีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำค่อนข้างผกผันกับปริมาณฟอสเฟตที่มีในสูตรอาหารในทั้งสองวัน ปริมาณไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 และ 0.5 ส่วนมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและสูงกว่าอีก 2 ชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญคือมีค่า 22.8±2.17 และ 23.9±1.18 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด และ 28.1±1.18 และ 27.8±1.35 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน รองลงมาได้แก่สูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42:0.75 ที่มีไนเตรท 21.5±1.10 และ 25.5±1.51 มิลลิกรัม/ลิตร และในสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42:1 ที่ในน้ำมีปริมาณไนเตรท 19.1±0.93 และ 22.5±1.99 มิลลิกรัม/ลิตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและในวันก่อนหน้า 1 วันตามลำดับ (ตารางที่ 35)



ภาพที่ 20 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.50	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.50	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.50	42:0.75	42:1
0	$^{C}31.7\pm0.85^{a}$	$^{C}31.2\pm1.16^{a}$	$^{C}31.2\pm1.72^{a}$	$^{C}30.1\pm1.81^{a}$	$^{B}64.3\pm1.71^{a}$	$^{B}63.8\pm1.97^{a}$	$^{B}64.8\pm0.95^{a}$	$^{B}63.0\pm1.14^{a}$	$^{A}88.8\pm1.15^{a}$	$^{A}90.8\pm1.42^{a}$	$^{A}92.6\pm2.73^{a}$	$^{A}89.7\pm3.29^{a}$
1	$^{E}26.5\pm0.78^{b}$	$^{E}25.2\pm1.39^{b}$	$^{E}25.1\pm0.55^{b}$	$^{E}25.7\pm0.93^{b}$	$^{C}60.5\pm1.51^{b}$	$^{CD}58.3\pm2.10^{b}$	$^{C}59.8\pm2.33^{b}$	$^{D}55.7\pm1.14^{b}$	$^{AB}84.6\pm1.63^{a}$	$^{A}85.8\pm1.63^{b}$	$^{AB}83.3\pm2.83^{b}$	$^{B}80.8\pm1.51^{b}$
2	$^{E}21.0\pm1.90^{c}$	$^{E}18.9\pm1.15^{c}$	$^{E}19.9\pm0.85^{c}$	$^{E}17.3\pm1.44^{c}$	$^{D}47.6\pm1.97^{c}$	$^{D}43.4\pm2.52^{c}$	$^{D}45.0\pm2.23^{c}$	$^{D}42.9\pm2.38^{c}$	$^{BC}77.1\pm2.17^{b}$	$^{A}82.9\pm3.20^{b}$	$^{AB}82.0\pm2.95^{b}$	$^{C}73.6\pm2.69^{c}$
3	$^{D}14.7\pm1.85^{d}$	$^{D}14.5\pm1.76^{d}$	$^{D}13.5\pm1.08^{d}$	$^{D}12.3\pm1.40^{d}$	$^{C}41.0\pm1.88^{d}$	$^{C}42.5\pm2d35^{c}$	$^{C}42.1\pm2.68^{c}$	$^{C}38.5\pm1.20^{d}$	$^{AB}67.0\pm1.52^{c}$	$^{A}70.4\pm2.21^{c}$	$^{AB}69.0\pm3.13^{c}$	$^{B}64.0\pm3.24^{d}$
4	$^{E}11.6\pm1.42^{e}$	$^{E}11.4\pm1.58^{e}$	$^{E}9.67\pm0.58^{e}$	$^{E}8.51\pm0.35^{e}$	$^{D}24.9\pm2.45^{e}$	$^{D}25.7\pm2.70^{d}$	$^{C}31.5\pm2.72^{d}$	$^{CD}28.4\pm1.81^{e}$	$^{AB}52.8\pm2.93^{d}$	$^{A}56.6\pm2.51^{d}$	$^{AB}52.0\pm1.63^{d}$	$^{B}49.9\pm2.01^{e}$
5	$^{E}10.2\pm1.61^{e}$	$^{E}8.29\pm0.29^{f}$	$^{E}7.18\pm0.65^{f}$	$^{E}5.28\pm0.11^{f}$	$^{D}17.8\pm1.98^{f}$	$^{C}22.9\pm2.54^{d}$	$^{C}24.6\pm3.02^{e}$	$^{CD}20.3\pm1.72^{f}$	$^{A}48.9\pm2.83^{d}$	$^{A}51.6\pm2.30^{e}$	$^{AB}46.8\pm2.43^{d}$	$^{B}42.4\pm2.07^{f}$
6	$^{D}4.25\pm1.02^{f}$	$^{D}3.42\pm0.30^{g}$	$^{D}2.43\pm0.34^{g}$	$^{D}2.11\pm0.15^{g}$	$^{C}12.7\pm2.05^{g}$	$^{C}15.5\pm2.32^{e}$	$^{C}17.3\pm2.19^{f}$	$^{C}13.0\pm1.57^{g}$	$^{AB}35.1\pm2.17^{e}$	$^{A}36.2\pm2.77^{f}$	$^{AB}33.1\pm2.77^{e}$	$^{B}30.8\pm2.47^{g}$
7	$^{E}0.15\pm0.02^{g}$	$^{E}0.15\pm0.03^{h}$	$^{E}0.12\pm0.03^{h}$	$^{E}0.09\pm0.02^{g}$	$^{D}7.48\pm0.16^{h}$	$^{D}9.20\pm0.71^{f}$	$^{D}9.58\pm0.98^{g}$	$^{D}7.72\pm0.23^{h}$	$^{A}28.1\pm1.18^{f}$	$^{A}27.8\pm1.35^{g}$	$^{B}25.5\pm1.51^{f}$	$^{C}22.5\pm1.99^{h}$
8	$^{E}0^{g}$	$^{E}0^{h}$	$^{E}0^{h}$	$^{E}0^{g}$	$^{D}5.07\pm0.06^{hi}$	$^{D}6.81\pm0.24^{f}$	$^{D}6.78\pm0.25^{g}$	$^{D}5.14\pm0.11^{h}$	$^{AB}22.8\pm2.17^{g}$	$^{A}23.9\pm1.88^{g}$	$^{B}21.5\pm1.10^{fg}$	$^{C}19.1\pm0.93^{hi}$
9	$^{C}0^{g}$	$^{C}0^{h}$	$^{C}0^{h}$	$^{C}0^{g}$	$^{B}1.81\pm0.09^{i}$	$^{B}2.06\pm0.12^{g}$	$^{B}1.95\pm0.11^{h}$	$^{B}2.00\pm0.06^{i}$	$^{A}18.7\pm1.46^{gh}$	$^{A}19.0\pm0.89^{h}$	$^{A}17.9\pm1.80^{g}$	$^{A}17.4\pm0.90^{hi}$
10	-	-	-	-	$^{B}1.50\pm0.17^{i}$	$^{B}1.81\pm0.17^{g}$	$^{B}1.71\pm0.17^{h}$	$^{B}1.57\pm0.14^{i}$	$^{A}17.7\pm1.17^{h}$	$^{A}17.0\pm0.86^{h}$	$^{A}16.8\pm1.55^{g}$	$^{A}15.5\pm1.18^{i}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

3.1.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน

ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 12 สูตรมีปริมาณไนไตรท์เมื่อเริ่มต้น 17.3-18.7 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในน้ำในแต่ละชุดการทดลองมีปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่ทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและมีค่ามากที่สุดในวันที่ 2, 5 และ 7 ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วนตามลำดับ ปริมาณไนไตรท์ในน้ำทั้งในระหว่างชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันและระหว่างต่างช่วงเวลาในชุดการทดลองเดียวกันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ตั้งแต่วันที่ 3 ของการทดลองเป็นต้นไป ตั้งแต่วันที่ 6 เป็นต้นไปปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสูตรอาหาร

ในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25-14:1 ปริมาณไนไตรท์ที่มีอยู่ในน้ำเพิ่มขึ้นในช่วงสองวันแรกและมีค่ามากที่สุด 43.5-48.8 ไมโครกรัม/ลิตรในวันที่ 2 ในการเพาะเลี้ยงทั้ง 4 ชุดการทดลองและมีค่าลดลงจนเหลือน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/ลิตรตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ตั้งแต่วันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดเป็นต้นไป ไนไตรท์ในทุกชุดการทดลองมีปริมาณลดลงจนไม่สามารถตรวจพบได้ มีความแตกต่างทางสถิติของปริมาณไนไตรท์ระหว่างชุดการทดลองเฉพาะเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองและในช่วงสองวันแรก

ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วน ปริมาณไนไตรท์ในทุกชุดการทดลองเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากเริ่มทำการทดลองจนกระทั่งมีค่าสูงที่สุด 5 และ 7 วันตามลำดับหลังจากนั้น ส่วนมากปริมาณไนไตรท์ในแต่ละวันในชุดการทดลองเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในระหว่างชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันแตกต่างกันตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นต้นไป ในวันที่ 3- 4 ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนและตั้งแต่วันที่ 3 เป็นต้นไปในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วน ที่สองชุดการทดลองมีปริมาณฟอสเฟตในอาหารต่ำกว่ามีไนไตรท์ในน้ำสูงกว่าในชุดทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟตในอาหารในปริมาณที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

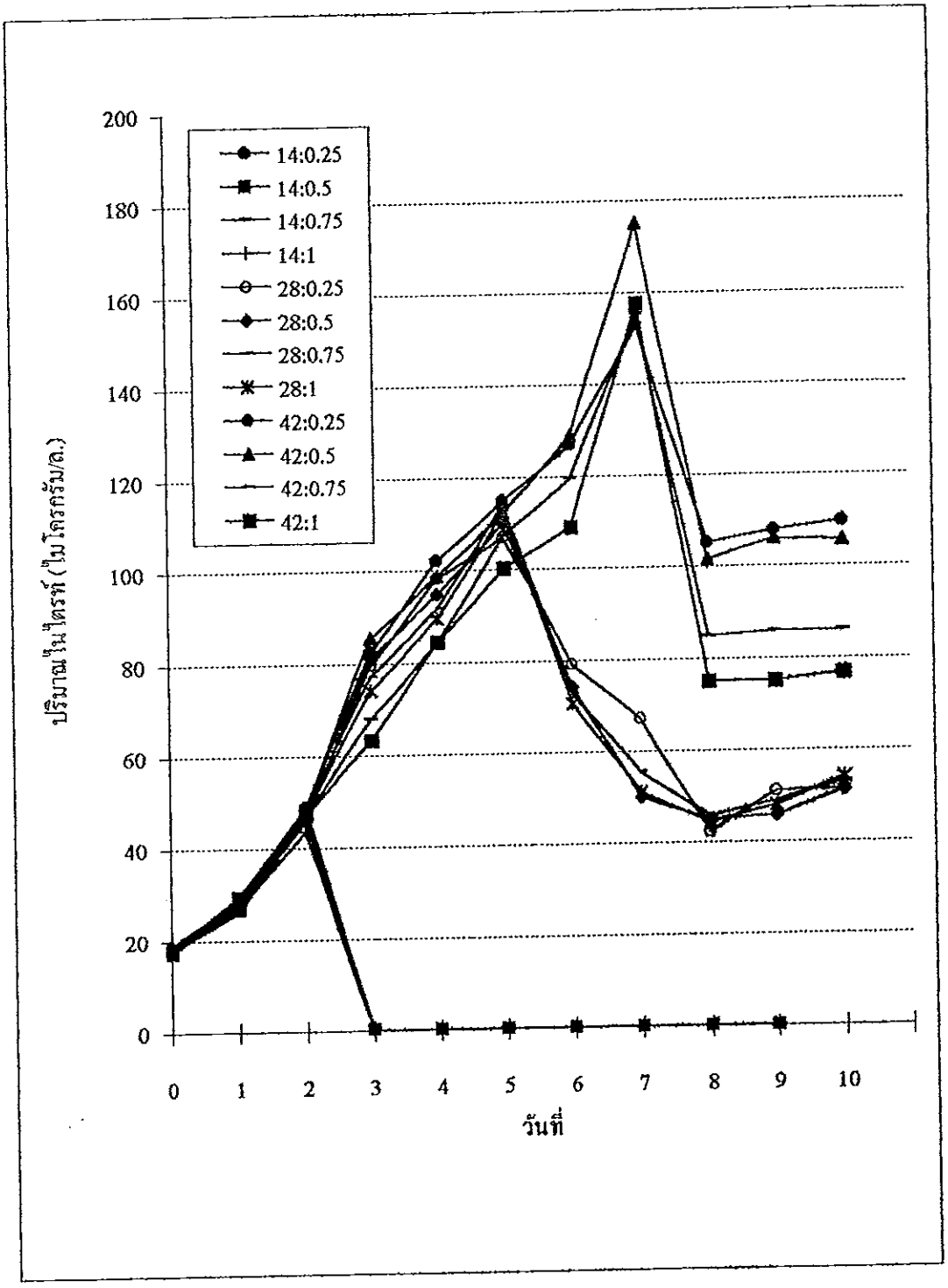
ในวันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ปริมาณไนไตรท์ที่พบในน้ำของทั้งชุดการทดลองที่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25-0.5 ส่วนในวันที่ 3-5 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปในชุดการทดลองที่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนมีปริมาณไนไตรท์ในน้ำสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนอย่างมี

นัยสำคัญ ยกเว้นในวันที่ปริมาณไนไตรท์ในน้ำมีค่าสูงที่สุด และในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในทั้ง 4 ชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วน และ 3 ใน 4 การทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนที่ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์ใกล้เคียงกัน ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท 28 ส่วนมีค่าสูงที่สุด 107.0-114.2 ไมโครกรัม/ลิตร 3 วันก่อนที่คลอเรลลาจะมีความหนาแน่นสูงที่สุดพร้อมกันทุกชุดการทดลอง ส่วนในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วน ไนไตรท์มีค่าสูงที่สุด 153.0-172.5 ไมโครกรัม/ลิตรในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (ภาพที่ 21)

ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เฉพาะในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 และ 28:0.75 และทั้ง 4 ชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 42 ส่วน ส่วนในชุดทดลองที่เหลือมีปริมาณไนไตรท์ในวันทั้งสองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 33)

ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรททั้งสามกลุ่มการทดลองมีปริมาณไนไตรท์ทั้งในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในทั้งสองวันปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีค่าสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วน และปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนมีค่าสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท 14 ส่วนไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างปริมาณไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 14 ส่วนทั้งสองวัน ตรวจไม่พบไนไตรท์ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด คล้ายกับผลในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท 28 ส่วนที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างปริมาณไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกันในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดและ 3 ใน 4 ชุดการทดลองในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 42 ส่วน ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.5 ส่วนมีปริมาณไนไตรท์ในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในอีก 3 ชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ และในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีไนไตรท์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.25 และ 0.5 ส่วน (105.3±4.88

และ 101.5±4.63 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติและสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในอีก 2 ชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟต 1 ส่วนมีปริมาณไนไตรท์ในน้ำต่ำที่สุดเท่ากับ 75.1±4.86 ไมโครกรัม/ลิตร (ตารางที่ 35)



ภาพที่ 21 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 33 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	18.7±0.42^{c}	17.3±0.71^{c}	17.3±0.51^{c}	18.7±0.56^{c}	17.2±0.35^{h}	17.4±1.00^{h}	17.7±1.32^{h}	18.1±0.83^{g}	17.4±0.67^{f}	17.5±0.87^{h}	17.6±0.80^{g}	17.5±0.85^{i}
1	28.2±1.81^{b}	29.4±0.90^{b}	29.2±1.32^{b}	26.9±0.46^{b}	27.4±0.89^{g}	26.7±1.48^{g}	27.2±0.85^{g}	26.9±1.57^{f}	26.8±1.63^{f}	28.0±0.50^{g}	26.0±2.31^{g}	26.9±0.55^{h}
2	48.8±1.60^{a}	47.7±1.44^{a}	45.9±1.99^{a}	43.5±3.26^{a}	46.8±2.33^{ef}	45.8±0.91^{f}	48.1±2.67^{ef}	47.8±1.15^{de}	48.6±1.45^{e}	48.5±1.37^{f}	46.9±3.06^{f}	47.1±0.95^{g}
3	^{E}0.14±0.01^{d}	^{E}0.11±0.01^{d}	^{E}0.09±0.01^{d}	^{E}0.07±0.01^{d}	^{ABC}79.6±2.75^{c}	^{AB}81.2±4.02^{c}	^{BC}77.1±2.62^{c}	^{C}74.0±3.16^{c}	^{AB}82.4±2.48^{d}	^{A}85.4±2.99^{e}	^{D}67.9±2.94^{e}	^{D}63.1±2.81^{f}
4	^{F}0.10±0.01^{d}	^{F}0.07±0.01^{d}	^{F}0.06±0.01^{d}	^{F}0.05±0.01^{d}	^{ABC}98.2±1.59^{b}	^{BCD}94.7±1.80^{b}	^{CD}91.8±0.96^{b}	^{DE}89.5±1.15^{b}	^{A}102.1±5.89^{c}	^{AB}98.7±3.78^{d}	^{E}84.2±3.32^{d}	^{E}84.4±4.78^{d}
5	^{C}0.07±0.03^{d}	^{C}0.04±0.01^{d}	^{C}0.03±0.01^{d}	^{C}0.03±0.01^{d}	^{A}107.0±9.80^{a}	^{A}110.0±2.94^{a}	^{A}114.2±3.28^{a}	^{A}112.5±3.85^{a}	^{A}115.0±6.88^{bc}	^{A}112.4±3.30^{c}	^{AB}107.5±4.95^{c}	^{B}100.3±3.99^{c}
6	^{F}0.06±0.01^{d}	^{F}0.04±0.01^{d}	^{F}0.03±0.01^{d}	^{F}0.02±0.01^{d}	^{D}79.1±3.27^{c}	^{DE}74.3±1.86^{d}	^{DE}72.7±2.55^{c}	^{E}70.6±3.79^{c}	^{AB}127.0±5.74^{b}	^{A}129.0±4.93^{b}	^{B}119.7±6.54^{b}	^{C}109.0±3.00^{b}
7	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{C}67.1±2.06^{d}	^{D}49.9±2.07^{ef}	^{CD}55.5±2.80^{d}	^{D}51.0±5.35^{de}	^{B}153.0±1.35^{a}	^{A}175.2±5.31^{a}	^{B}155.4±8.21^{a}	^{B}157.5±6.13^{a}
8	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{D}42.3±1.87^{f}	^{D}44.8±1.43^{f}	^{D}45.6±2.51^{f}	^{D}44.3±3.64^{e}	^{A}105.3±4.88^{c}	^{A}101.5±4.63^{d}	^{B}84.9±4.53^{d}	^{C}75.1±4.86^{e}
9	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{E}0^{d}	^{D}50.9±4.37^{e}	^{D}45.7±1.40^{f}	^{D}49.0±1.70^{ef}	^{D}47.9±1.91^{de}	^{A}107.9±5.12^{c}	^{A}106.1±6.86^{cd}	^{B}85.9±4.85^{d}	^{C}75.0±4.50^{e}
10	-	-	-	-	^{D}51.4±1.19^{e}	^{D}51.2±2.24^{e}	^{D}53.1±2.17^{de}	^{D}54.1±2.81^{d}	^{A}109.6±2.47^{c}	^{A}105.6±2.61^{cd}	^{B}86.1±4.83^{d}	^{C}76.6±3.38^{de}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

3.1.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเมื่อเริ่มต้นเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 12 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่า 9.59-10.5 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในทุกชุดการทดลองมีเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรท ยกเว้นในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนที่แอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลามีค่าลดลงตั้งแต่วันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป ความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ของปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 12 สูตรเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงทั้งในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อต่างเวลากันและในระหว่างชุดการทดลองต่างกัน

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25-14:1 มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเริ่มมีค่าสูงในวันที่ 3 และมีค่าสูงสุดในทั้ง 4 ชุดการทดลองในวันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยงคือ 22.6-28.9 ไมโครกรัม/ลิตร หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียในน้ำทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่าลดลงจนมีค่าต่ำที่สุดในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (วันที่ 7) 7.11-9.26 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในน้ำในชุดการทดลองที่มีฟอสเฟตแตกต่างกันในทั้งสองวันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.11-9.26 ไมโครกรัม/ลิตร หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอีกครั้ง ปริมาณแอมโมเนียในน้ำของชุดการทดลองที่ในอาหารมีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 ชุดนี้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในวันก่อนและวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วน ในน้ำมีปริมาณแอมโมเนียเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาคล้ายคลึงกับในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรทในอาหาร 14 ส่วน ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในช่วงเวลาเดียวกันของทั้งสองชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันมาก แต่มีค่าสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในชุดการทดลองในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 4 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นต้นไป ตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงจนถึงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียที่มีในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนมีแอมโมเนียในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 34.9-

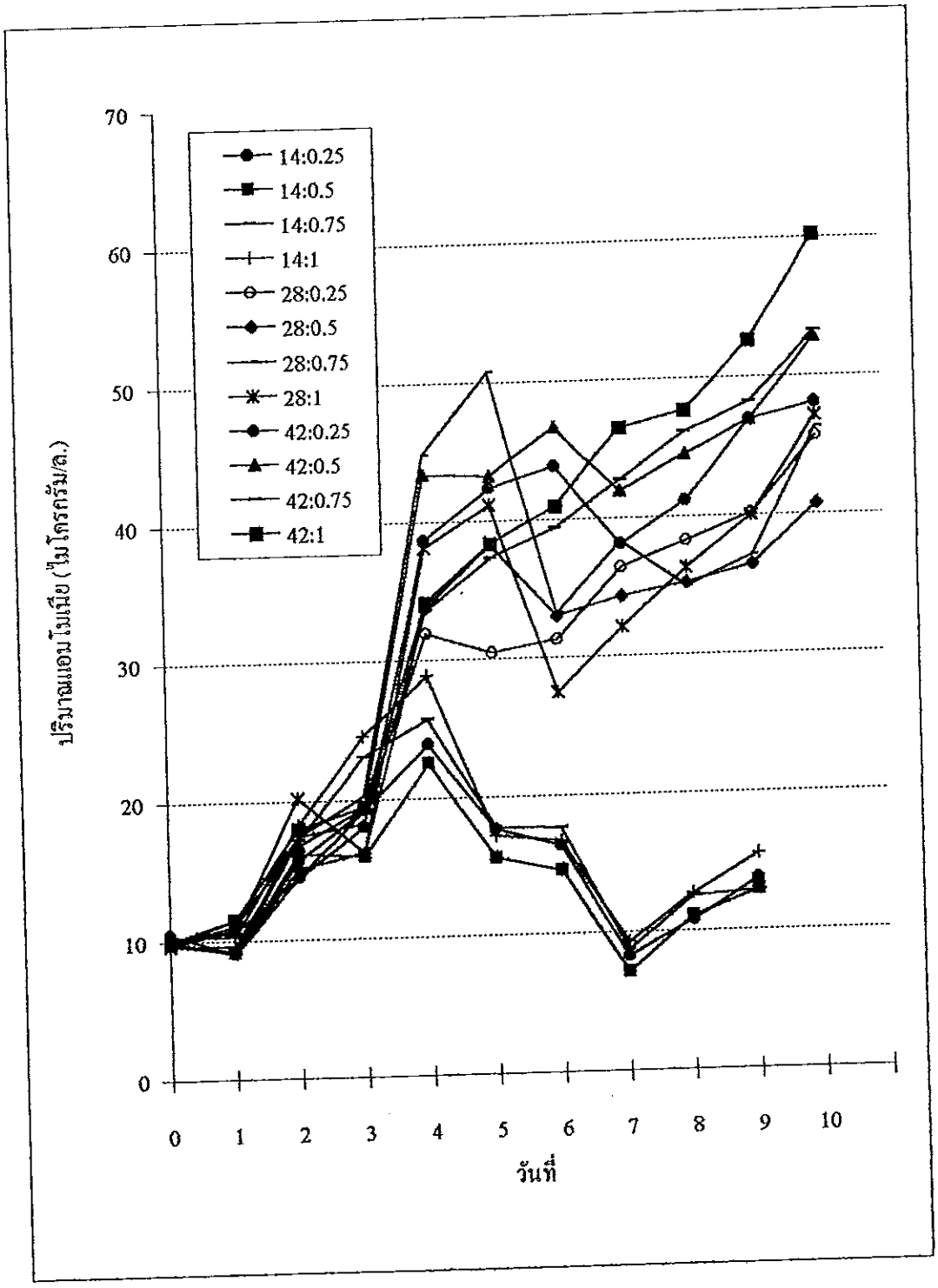
38.2 ไมโครกรัม/ลิตร การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตใกล้เคียงกันมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 42 ส่วนมีแอมโมเนียในน้ำในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันมีค่า 38.1-46.5 ไมโครกรัม/ลิตร ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (ภาพที่ 22)

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 14 ส่วนในวันก่อนที่คลอเรลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันมีค่าสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันที่คลอเรลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในทั้ง 4 ชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 28 และ 42 ส่วนในน้ำมีแอมโมเนียในวันทั้งสองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 34)

ในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลาในทั้ง 12 ชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลามีแอมโมเนียในปริมาณที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนมีแอมโมเนียต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองที่มีไนเตรท 28 และ 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25-28:0.75 และ 42:0.25-42:0.5 มีแอมโมเนียในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟตต่างกันทั้งในสูตรอาหารที่มีไนเตรท 14 และ 42 ส่วน

ในวันที่คลอเรลลาในทั้ง 12 ชุดการทดลองมีความหนาแน่นสูงที่สุด ในน้ำที่เพาะเลี้ยงมีแอมโมเนียในปริมาณที่แตกต่างกัน ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีแอมโมเนียสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียที่มีในน้ำเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรทในปริมาณ 28 และ 14 ส่วน และในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนมีแอมโมเนียสูงกว่าในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25, 28:1 และ 28:0.25 มีปริมาณแอมโมเนียเกิดขึ้นในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนที่มีฟอสเฟต 1 ส่วน มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มี

ฟอสเฟต 0.25 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในอีกสองชุดการทดลองที่เหลือที่ซึ่งมีฟอสเฟต 0.5 และ 0.75 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียเกิดขึ้นในน้ำไม่แตกต่างกันและไม่แตกต่างกับปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในชุดการทดลองที่ใช้ฟอสเฟต 1 และ 0.25 ส่วน การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 14 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกันมีแอมโมเนียในน้ำเกิดขึ้นในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 35)



ภาพที่ 22 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	10.5±0.79^{d}	9.71±0.17^{ef}	9.81±0.29^{cde}	10.3±0.74^{d}	9.93±0.29^{g}	9.92±0.09^{e}	9.59±0.56^{f}	9.65±0.67^{g}	9.88±0.13^{f}	9.97±0.14^{d}	9.90±0.18^{h}	9.91±0.26^{g}
1	^{C}9.10±0.38^{d}	^{C}9.13±0.54^{ef}	^{C}9.23±0.45^{de}	^{ABC}10.3±1.10^{d}	^{C}9.04±0.18^{g}	^{C}9.11±0.36^{e}	^{BC}9.60±0.18^{f}	^{ABC}10.8±1.43^{g}	^{ABC}10.6±0.87^{ef}	^{A}11.4±1.42^{d}	^{AB}11.0±1.46^{h}	^{A}11.5±1.35^{g}
2	^{B}15.7±1.39^{bc}	^{B}16.2±0.31^{b}	^{AB}17.2±1.40^{b}	^{AB}18.3±1.71^{b}	^{B}14.5±1.86^{f}	^{B}15.1±1.35^{d}	^{AB}17.5±0.35^{e}	^{A}20.2±2.18^{f}	^{B}14.5±1.36^{de}	^{AB}16.8±1.55^{cd}	^{AB}17.5±1.40^{g}	^{AB}18.0±1.40^{f}
3	^{AB}19.3±1.10^{ab}	^{D}15.9±0.53^{b}	^{C}23.1±1.55^{a}	^{C}24.6±1.10^{a}	^{AB}19.3±1.45^{e}	^{BC}16.2±1.23^{d}	^{A}20.3±1.80^{e}	^{BC}16.2±0.85^{f}	^{AB}18.1±1.51^{d}	^{AB}19.4±1.14^{d}	^{AB}18.3±1.64^{g}	^{AB}19.5±1.06^{f}
4	^{F}23.9±1.32^{a}	^{F}22.6±2.40^{a}	^{EF}25.7±1.91^{a}	^{DEF}28.9±2.16^{a}	^{CDE}31.9±1.56^{d}	^{CD}33.7±1.86^{bc}	^{A}44.8±1.50^{b}	^{BC}38.1±2.36^{bc}	^{AB}38.6±1.96^{c}	^{AB}43.4±4.41^{b}	^{CD}33.5±2.65^{f}	^{CD}34.1±3.50^{e}
5	^{D}17.7±1.15^{b}	^{D}15.6±1.08^{bc}	^{D}17.8±1.69^{b}	^{D}17.2±1.14^{b}	^{C}30.4±2.15^{cd}	^{BC}38.3±1.57^{ab}	^{A}50.7±2.64^{a}	^{BC}41.1±2.15^{b}	^{B}42.3±1.40^{bc}	^{B}43.2±5.18^{b}	^{BC}37.3±2.01^{ef}	^{BC}38.3±4.51^{de}
6	^{F}16.4±1.61^{bc}	^{F}14.6±0.90^{bc}	^{F}17.7±2.06^{b}	^{F}16.7±1.25^{b}	^{DE}31.3±1.36^{d}	^{D}33.0±2.46^{bc}	^{D}33.2±3.36^{d}	^{E}27.5±0.90^{e}	^{AB}43.8±2.38^{ab}	^{A}46.6±3.21^{ab}	^{C}39.4±2.44^{de}	^{BC}40.9±2.62^{d}
7	^{F}8.24±0.66^{d}	^{F}7.11±0.80^{f}	^{F}8.76±0.34^{e}	^{F}9.26±1.02^{d}	^{DE}36.4±2.20^{bc}	^{DE}34.3±3.13^{bc}	^{CD}38.3±2.15^{c}	^{E}32.1±1.70^{d}	^{CD}38.1±1.46^{c}	^{BC}41.9±2.81^{b}	^{AB}42.7±1.53^{cd}	^{A}46.5±1.83^{c}
8	^{E}10.8±1.57^{d}	^{E}11.1±1.01^{de}	^{E}12.5±0.91^{cd}	^{E}12.7±2.05^{cd}	^{CD}38.2±1.96^{bc}	^{D}35.2±3.39^{bc}	^{D}34.9±0.55^{cd}	^{CD}36.3±2.96^{cd}	^{BC}41.1±3.24^{bc}	^{AB}44.5±4.78^{b}	^{AB}46.1±1.11^{bc}	^{A}47.6±1.42^{bc}
9	^{D}13.7±1.75^{c}	^{D}12.9±1.97^{cd}	^{D}12.8±1.90^{c}	^{D}15.5±2.12^{bc}	^{C}40.1±2.70^{b}	^{C}36.4±1.56^{abc}	^{C}37.1±1.58^{cd}	^{C}40.0±1.80^{bc}	^{B}46.9±1.00^{a}	^{B}46.9±1.32^{ab}	^{B}48.2±2.00^{b}	^{A}52.6±2.06^{b}
10	-	-	-	-	^{DE}45.6±1.81^{a}	^{E}40.7±2.20^{a}	^{DE}46.2±1.72^{b}	^{CD}47.1±1.52^{a}	^{BCD}48.0±3.08^{a}	^{BC}52.8±2.60^{a}	^{B}53.2±2.88^{a}	^{A}60.2±2.19^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; วันที่ 1, $P<0.05$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 35 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) และแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)

ปริมาณไนเตรท :	ไนเตรท		ไนไตรท์		แอมโมเนีย	
ฟอสเฟตในอาหาร	Dmax-1	Dmax (X)	Dmax-1	Dmax	Dmax-1	Dmax
14:0.25	4.25±1.02^{e}	0.146±0.02^{e} (7)	0.063±0.01^{e}	0^{e}	16.4±1.61^{d}	8.24±0.66^{e}
14:0.5	3.42±0.30^{e}	0.146±0.03^{e} (7)	0.042±0.01^{e}	0^{e}	14.6±0.90^{d}	7.11±0.80^{e}
14:0.75	2.43±0.34^{e}	0.118±0.03^{e} (7)	0.031±0.01^{e}	0^{e}	17.7±2.06^{d}	8.76±0.34^{e}
14:1	2.11±0.15^{e}	0.090±0.02^{e} (7)	0.022±0.01^{e}	0^{e}	16.7±1.25^{d}	9.26±1.02^{e}
28:0.25	7.48±0.16^{d}	5.07±0.06^{d} (8)	67.1±2.06^{c}	42.3±1.87^{d}	36.4±2.20^{bc}	38.2±1.98^{cd}
28:0.5	9.20±0.71^{d}	6.81±0.24^{d} (8)	49.9±2.07^{d}	44.8±1.43^{d}	34.3±3.13^{bc}	35.2±3.39^{d}
28:0.75	9.58±0.98^{d}	6.78±0.25^{d} (8)	55.5±2.80^{cd}	45.6±2.51^{d}	38.3±2.15^{ab}	34.9±0.55^{d}
28:1	7.72±0.23^{d}	5.14±0.11^{d} (8)	51.0±5.35^{d}	44.3±3.64^{d}	32.1±1.70^{c}	36.3±2.96^{cd}
42:0.25	28.1±1.18^{a}	22.8±2.17^{ab} (8)	153.0±1.35^{b}	105.3±4.88^{a}	38.1±1.46^{ab}	41.1±3.24^{bc}
42:0.5	27.8±1.35^{ab}	23.9±1.88^{a} (8)	175.2±5.31^{a}	101.5±4.63^{a}	41.9±2.81^{ab}	44.5±4.78^{ab}
42:0.75	25.5±1.51^{b}	21.5±1.10^{b} (8)	155.4±8.21^{b}	84.9±4.53^{b}	42.7±1.53^{a}	46.1±1.11^{ab}
42:1	22.5±1.99^{c}	19.1±0.93^{c} (8)	157.5±6.13^{b}	75.1±4.86^{c}	46.5±1.83^{a}	47.6±1.42^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2. (X) แสดงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

3.1.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาเมื่อเริ่มต้นแตกต่างกันตามปริมาณฟอสเฟต 4 ระดับคือ 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 ส่วนในสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรททั้งสามส่วน ปริมาณของฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในทุกชุดการทดลองลดลงเป็นลำดับเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลานานขึ้น ในน้ำที่เพาะเลี้ยงมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำทั้งในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อเวลาต่างกันและในระหว่างชุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติทุกวัน ($P<0.01$) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟตในอาหารเท่ากันในกลุ่มการทดลองที่ในอาหารมีปริมาณไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วนในช่วงเวลาเดียวกันส่วนมากไม่แตกต่าง

กันทางสถิติ ยกเว้นในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์มีค่าลดลงมากตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไปเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีอยู่ในสูตรอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 ในช่วงเวลาเดียวกันจึงมีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในระหว่างชุดการทดลองส่วนใหญ่มีค่าแตกต่างกันตั้งแต่วันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงเป็นต้นไป (ภาพที่ 23)

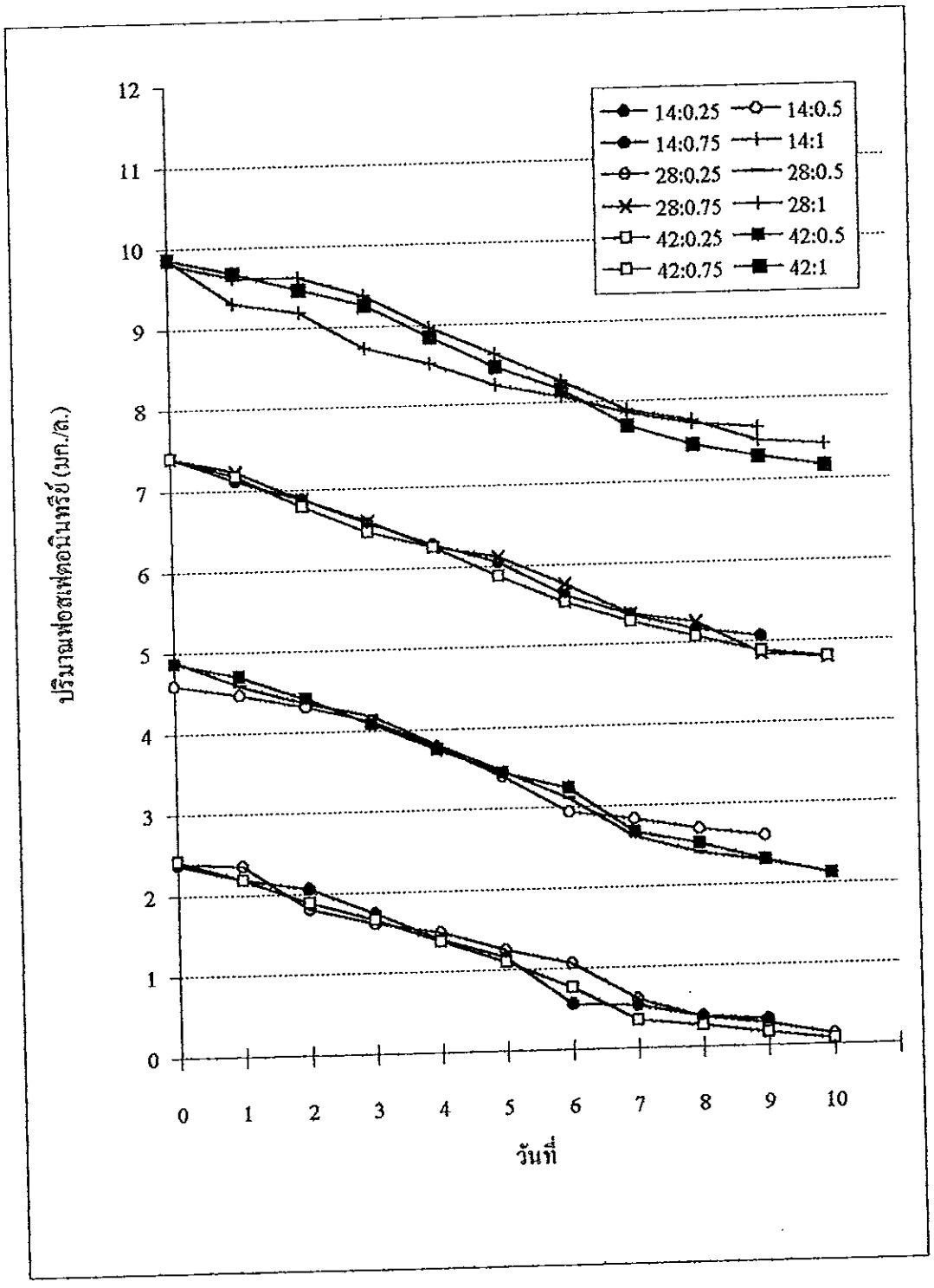
เฉพาะในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรทในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา 14 และ 42 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.75 และ 1 ส่วน และในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท 28 ส่วนมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวันทั้งสองในชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 และ 0.5 ส่วนที่ในน้ำมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 36)

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีเหลืออยู่ในน้ำของทุกชุดการทดลองทั้งในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในทำนองเดียวกันทั้งสองวัน ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันดังกล่าวผกผันกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหาร แต่สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีในอาหารเพาะเลี้ยงทุกสูตร ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตเท่ากันที่มีปริมาณไนเตรทใกล้เคียงกันมากกว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติหรือมีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรทในอาหารต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วนที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำ (0.34±0.08 มิลลิกรัม/ลิตร) ต่ำกว่าฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 และ 14:0.25 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (0.56-0.61 มิลลิกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์สูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟต 1 ส่วนที่มีปริมาณไนเตรท 14 กับ 28 ส่วน และ 28 กับ 42 ส่วนมีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ฟอสเฟต-

อนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนมีค่าสูงกว่าในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วนที่มีฟอสเฟต 1 ส่วนมีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำ 8.07±0.06, 7.89±0.05 และ 7.70±0.10 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ การทดลองเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันต่ำที่สุดและต่ำกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ตรวจพบในชุดการทดลองอื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด การใช้อาหารเพาะเลี้ยงที่ปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วน มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่มีไนเตรท 14 กับ 28 ส่วน และ 28 กับ 42 ส่วนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในทั้งสองชุดการทดลองมีค่า 0.53±0.09, 0.36±0.11 และ 0.26±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนในสูตรอาหารที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วนมีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำ (7.85±0.05 และ 7.74±0.06 มิลลิกรัม/ลิตร) สูงกว่าในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วน (7.45±0.10 มิลลิกรัม/ลิตร) อย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 28:1 มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เหลืออยู่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่เหลืออยู่ในน้ำในทั้งสองชุดการทดลองมีค่ามากกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 มีฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำต่ำที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ตรวจพบในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 (ตารางที่ 38)



ภาพที่ 23 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.50	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.50	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.50	42:0.75	42:1
0	$^{D}2.38\pm0.04^{a}$	$^{C}4.91\pm0.02^{a}$	$^{B}7.41\pm0.04^{a}$	$^{A}9.88\pm0.04^{a}$	$^{D}2.39\pm0.03^{a}$	$^{C}4.90\pm0.05^{a}$	$^{B}7.40\pm0.03^{a}$	$^{A}9.81\pm0.04^{ab}$	$^{D}2.42\pm0.05^{a}$	$^{C}4.86\pm0.06^{a}$	$^{B}7.40\pm0.05^{a}$	$^{A}9.86\pm0.06^{a}$
1	$^{F}2.18\pm0.09^{b}$	$^{E}4.47\pm0.06^{b}$	$^{C}7.11\pm0.03^{b}$	$^{B}9.31\pm0.11^{b}$	$^{F}2.35\pm0.09^{a}$	$^{DE}4.58\pm0.07^{b}$	$^{C}7.23\pm0.09^{a}$	$^{A}9.62\pm0.08^{b}$	$^{F}2.18\pm0.03^{a}$	$^{D}4.69\pm0.10^{a}$	$^{C}7.17\pm0.08^{b}$	$^{A}9.68\pm0.08^{ab}$
2	$^{E}2.06\pm0.09^{b}$	$^{D}4.31\pm0.08^{c}$	$^{C}6.87\pm0.04^{c}$	$^{B}9.18\pm0.02^{b}$	$^{F}1.80\pm0.16^{b}$	$^{D}4.35\pm0.04^{c}$	$^{C}6.87\pm0.09^{b}$	$^{A}9.61\pm0.09^{c}$	$^{EF}1.88\pm0.07^{b}$	$^{D}4.41\pm0.09^{b}$	$^{C}6.78\pm0.10^{c}$	$^{A}9.46\pm0.08^{bc}$
3	$^{E}1.74\pm0.07^{c}$	$^{D}4.11\pm0.06^{d}$	$^{C}6.56\pm0.07^{d}$	$^{B}8.72\pm0.13^{c}$	$^{E}1.61\pm0.10^{bc}$	$^{D}4.18\pm0.09^{c}$	$^{C}6.59\pm0.07^{c}$	$^{A}9.37\pm0.07^{d}$	$^{E}1.66\pm0.07^{c}$	$^{D}4.08\pm0.09^{c}$	$^{C}6.45\pm0.04^{d}$	$^{A}9.26\pm0.13^{c}$
4	$^{E}1.39\pm0.08^{d}$	$^{D}3.78\pm0.05^{e}$	$^{C}6.28\pm0.06^{e}$	$^{B}8.52\pm0.11^{c}$	$^{E}1.48\pm0.11^{cd}$	$^{D}3.80\pm0.10^{d}$	$^{C}6.25\pm0.08^{d}$	$^{A}8.96\pm0.06^{e}$	$^{E}1.37\pm0.08^{d}$	$^{D}3.74\pm0.09^{d}$	$^{C}6.25\pm0.06^{e}$	$^{A}8.85\pm0.05^{d}$
5	$^{F}1.15\pm0.12^{e}$	$^{E}3.39\pm0.05^{f}$	$^{CD}6.04\pm0.03^{f}$	$^{B}8.23\pm0.06^{d}$	$^{F}1.25\pm0.11^{de}$	$^{E}3.46\pm0.10^{e}$	$^{C}6.11\pm0.10^{d}$	$^{A}8.62\pm0.04^{f}$	$^{F}1.10\pm0.14^{e}$	$^{E}3.44\pm0.10^{e}$	$^{D}5.87\pm0.07^{f}$	$^{A}8.46\pm0.06^{e}$
6	$^{G}0.56\pm0.09^{f}$	$^{E}2.93\pm0.09^{g}$	$^{BC}5.62\pm0.09^{g}$	$^{A}8.07\pm0.06^{d}$	$^{F}1.06\pm0.06^{e}$	$^{DE}3.11\pm0.06^{f}$	$^{B}5.75\pm0.05^{e}$	$^{A}8.27\pm0.09^{g}$	$^{G}0.77\pm0.09^{e}$	$^{D}3.23\pm0.16^{e}$	$^{C}5.53\pm0.04^{g}$	$^{A}8.16\pm0.09^{f}$
7	$^{DE}0.53\pm0.09^{fg}$	$^{C}2.83\pm0.07^{gh}$	$^{B}5.36\pm0.06^{h}$	$^{A}7.85\pm0.05^{e}$	$^{D}0.61\pm0.16^{f}$	$^{C}2.61\pm0.18^{g}$	$^{B}53.7\pm0.13^{f}$	$^{A}7.89\pm0.05^{h}$	$^{E}0.34\pm0.08^{f}$	$^{C}2.67\pm0.15^{f}$	$^{B}5.27\pm0.03^{h}$	$^{A}7.70\pm0.10^{g}$
8	$^{F}0.38\pm0.07^{gh}$	$^{D}2.70\pm0.05^{hi}$	$^{C}5.16\pm0.07^{i}$	$^{A}7.71\pm0.10^{e}$	$^{F}0.36\pm0.11^{g}$	$^{E}2.4\pm0.12^{h}$	$^{C}5.25\pm0.12^{f}$	$^{A}7.74\pm0.06^{hi}$	$^{F}0.26\pm0.06^{fg}$	$^{DE}2.51\pm0.12^{fg}$	$^{C}5.07\pm0.06^{i}$	$^{B}7.45\pm0.10^{h}$
9	$^{FD}0.32\pm0.05^{h}$	$^{D}2.59\pm0.06^{i}$	$^{C}5.06\pm0.06^{i}$	$^{A}7.64\pm0.12^{e}$	$^{F}0.27\pm0.10^{g}$	$^{B}2.28\pm0.11^{h}$	$^{C}4.84\pm0.12^{g}$	$^{AB}7.48\pm0.08^{ij}$	$^{F}0.16\pm0.05^{gh}$	$^{E}2.30\pm0.11^{gh}$	$^{C}4.88\pm0.16^{j}$	$^{B}7.28\pm0.15^{hi}$
10	-	-	-	-	$^{E}0.12\pm0.03^{g}$	$^{D}2.11\pm0.06^{h}$	$^{C}4.78\pm0.15^{g}$	$^{A}7.42\pm0.09^{j}$	$^{E}0.07\pm0.03^{h}$	$^{D}21.1\pm0.05^{h}$	$^{C}4.80\pm0.10^{j}$	$^{B}7.16\pm0.12^{j}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

3.1.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

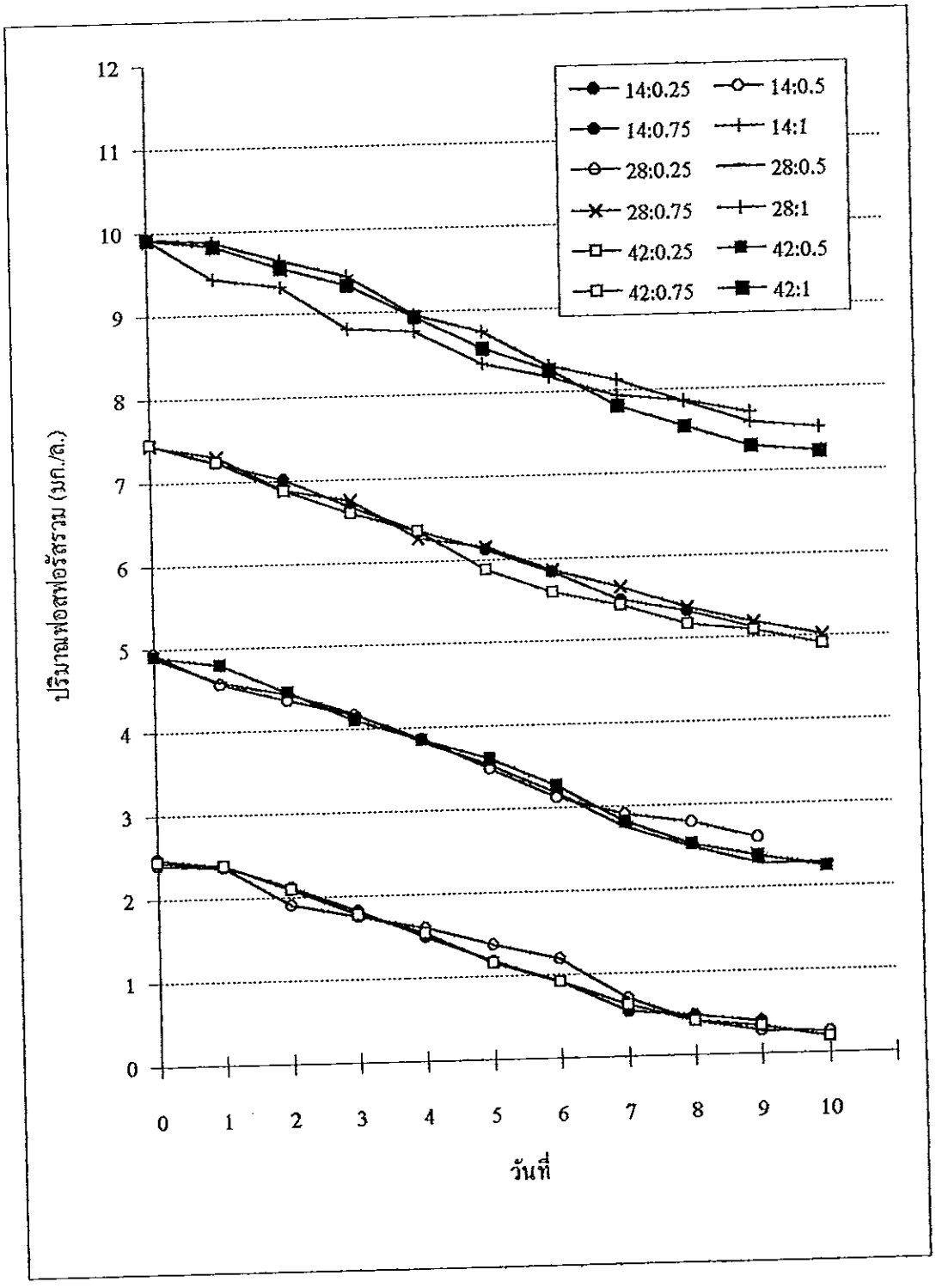
ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในทุกชุดการทดลองในวันเริ่มต้นแตกต่างกัน ($P<0.01$) ตามปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในสูตรอาหารในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาลดปริมาณลงเป็นลำดับในทุกชุดการทดลองเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลานานวันขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำทั้งในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อต่างช่วงเวลากันและในระหว่างชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในช่วงเวลาเดียวกันของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในระหว่างวันที่ 1 จนถึงวันก่อนวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีความหนาแน่นมากที่สุด (วันที่ 6) ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟตในอาหารเท่ากันส่วนมากมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในระหว่างวันที่ 1-3 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ที่ในน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมน้อยกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีอยู่ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 อย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 26)

ในน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในปริมาณที่ผกผันกับปริมาณไนเตรทที่มีในอาหารเพาะเลี้ยงแต่ละสูตร แต่สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในระหว่างทั้งสองวันของชุดการทดลองเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติในเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นเฉพาะในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.75 ที่ฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 37)

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีอยู่ในน้ำระหว่างชุดการทดลองทั้งในวันก่อนและในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตแตกต่างกันเป็นไปในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ ในวันก่อนที่คลอเรลลาจะมีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมสูงที่สุด ค่าดังกล่าวสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ พบปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมีค่าต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 แต่เป็นปริมาณที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในชุดการทดลองที่มีปริมาณไนเตรท

: ฟอสเฟต 28:0.25 ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วนที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันนี้ (0.62±0.12 มิลลิกรัม/ลิตร) ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วน (0.69±0.08 มิลลิกรัม/ลิตร) แต่มีค่าต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วน (0.91-0.08 มิลลิกรัม/ลิตร) อย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วนมีฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 8.17±0.10 และ 8.12±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนที่มีค่า 7.81±0.11 มิลลิกรัม/ลิตรอย่างมีนัยสำคัญ

ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 42:0.25 มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำสูงที่สุดและต่ำที่สุดตามลำดับเช่นเดียวกับในวันก่อนที่คลอเรลลาจะมีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองทั้งสองมีค่า 7.93±0.04 และ 0.41±0.09 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วนที่มีไนเตรทแตกต่างกันทั้ง 3 ระดับมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างทางสถิติคือ 0.41-0.54 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีฟอสฟอรัสรวมในน้ำ 7.54±0.07 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณฟอสฟอรัสรวมดังกล่าวต่ำกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14 และ 28 ส่วนมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.84-7.93 มิลลิกรัม/ลิตร (ตารางที่ 38)



ภาพที่ 24 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.50	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.50	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.50	42:0.75	42:1
0	$^{D}2.48\pm0.07^{a}$	$^{C}4.94\pm0.03^{a}$	$^{B}7.45\pm0.02^{a}$	$^{A}9.92\pm0.03^{a}$	$^{D}2.41\pm0.09^{a}$	$^{C}4.90\pm0.03^{a}$	$^{B}7.44\pm0.04^{a}$	$^{A}9.92\pm0.03^{a}$	$^{D}2.44\pm0.04^{a}$	$^{C}4.91\pm0.03^{a}$	$^{B}7.45\pm0.03^{a}$	$^{A}9.91\pm0.04^{a}$
1	$^{F}2.38\pm0.07^{a}$	$^{E}4.57\pm0.05^{b}$	$^{C}7.21\pm0.06^{b}$	$^{B}9.43\pm0.06^{b}$	$^{F}2.37\pm0.08^{a}$	$^{E}4.59\pm0.08^{b}$	$^{C}7.29\pm0.15^{a}$	$^{A}9.87\pm0.06^{a}$	$^{F}2.39\pm0.08^{a}$	$^{D}4.80\pm0.06^{a}$	$^{C}7.23\pm0.12^{a}$	$^{A}9.82\pm0.13^{a}$
2	$^{E}2.11\pm0.06^{b}$	$^{D}4.36\pm0.04^{c}$	$^{C}7.01\pm0.10^{c}$	$^{B}9.32\pm0.09^{b}$	$^{F}1.90\pm0.10^{b}$	$^{D}4.43\pm0.05^{b}$	$^{C}6.87\pm0.15^{b}$	$^{A}9.63\pm0.07^{b}$	$^{EF}2.09\pm0.06^{b}$	$^{D}4.46\pm0.08^{b}$	$^{C}6.87\pm0.06^{b}$	$^{A}9.55\pm0.09^{b}$
3	$^{E}1.81\pm0.04^{c}$	$^{D}4.17\pm0.05^{d}$	$^{C}6.66\pm0.06^{d}$	$^{B}8.80\pm0.09^{c}$	$^{E}1.75\pm0.13^{bc}$	$^{D}4.18\pm0.09^{c}$	$^{C}6.74\pm0.10^{b}$	$^{A}9.44\pm0.05^{c}$	$^{E}1.77\pm0.08^{c}$	$^{D}4.10\pm0.07^{c}$	$^{C}6.59\pm0.14^{c}$	$^{A}9.33\pm0.10^{b}$
4	$^{D}1.48\pm0.10^{d}$	$^{C}3.86\pm0.06^{e}$	$^{B}6.36\pm0.06^{e}$	$^{A}8.76\pm0.07^{c}$	$^{D}1.59\pm0.19^{cd}$	$^{C}3.83\pm0.12^{d}$	$^{B}6.27\pm0.18^{c}$	$^{A}8.95\pm0.03^{d}$	$^{D}1.53\pm0.12^{d}$	$^{C}3.85\pm0.08^{d}$	$^{B}6.36\pm0.09^{c}$	$^{A}8.93\pm0.19^{b}$
5	$^{FG}1.18\pm0.07^{e}$	$^{E}3.49\pm0.08^{f}$	$^{C}6.12\pm0.05^{f}$	$^{B}8.35\pm0.08^{d}$	$^{F}1.37\pm0.07^{de}$	$^{E}3.53\pm0.12^{e}$	$^{C}6.15\pm0.03^{c}$	$^{A}8.73\pm0.08^{e}$	$^{G}1.15\pm0.06^{e}$	$^{E}3.61\pm0.10^{e}$	$^{D}5.87\pm0.15^{d}$	$^{AB}8.54\pm0.12^{c}$
6	$^{F}0.91\pm0.08^{f}$	$^{D}3.12\pm0.10^{g}$	$^{B}5.83\pm0.08^{g}$	$^{A}8.17\pm0.10^{d}$	$^{E}1.19\pm0.03^{e}$	$^{D}3.18\pm0.11^{f}$	$^{B}5.85\pm0.09^{d}$	$^{A}8.30\pm0.06^{f}$	$^{F}0.91\pm0.07^{f}$	$^{D}3.27\pm0.13^{f}$	$^{C}5.59\pm0.13^{e}$	$^{A}8.26\pm0.09^{d}$
7	$^{F}0.54\pm0.07^{g}$	$^{E}2.90\pm0.06^{h}$	$^{CD}5.48\pm0.08^{h}$	$^{AB}7.93\pm0.04^{e}$	$^{F}0.69\pm0.08^{f}$	$^{E}2.75\pm0.08^{g}$	$^{C}5.63\pm0.13^{d}$	$^{A}8.12\pm0.06^{g}$	$^{F}0.62\pm0.12^{g}$	$^{E}2.82\pm0.09^{g}$	$^{D}5.41\pm0.06^{ef}$	$^{B}7.81\pm0.11^{e}$
8	$^{F}0.47\pm0.10^{g}$	$^{D}2.79\pm0.09^{h}$	$^{C}5.32\pm0.09^{i}$	$^{A}7.85\pm0.05^{ef}$	$^{F}0.41\pm0.04^{g}$	$^{E}2.50\pm0.15^{h}$	$^{C}5.37\pm0.07^{e}$	$^{A}7.84\pm0.06^{h}$	$^{F}0.41\pm0.09^{h}$	$^{E}2.53\pm0.09^{h}$	$^{C}5.17\pm0.11^{fg}$	$^{B}7.54\pm0.07^{f}$
9	$^{F}0.39\pm0.07^{g}$	$^{D}2.60\pm0.02^{h}$	$^{C}5.12\pm0.06^{i}$	$^{A}7.70\pm0.14^{f}$	$^{F}0.28\pm0.11^{g}$	$^{B}2.29\pm0.12^{h}$	$^{C}5.18\pm0.09^{ef}$	$^{A}7.58\pm0.08^{i}$	$^{F}0.33\pm0.08^{hi}$	$^{E}2.38\pm0.11^{hi}$	$^{C}5.08\pm0.09^{gh}$	$^{B}7.29\pm0.11^{fg}$
10	-	-	-	-	$^{D}0.25\pm0.09^{g}$	$^{C}2.28\pm0.15^{h}$	$^{B}5.02\pm0.04^{f}$	$^{A}7.50\pm0.09^{i}$	$^{D}0.19\pm0.03^{i}$	$^{C}2.23\pm0.16^{i}$	$^{B}4.91\pm0.16^{h}$	$^{A}7.22\pm0.16^{g}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. ส่วนที่มีเงาเข้ม แสดงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลามีค่าสูงที่สุดในแต่ละชุดการทดลอง

3. - แสดงการสิ้นสุดการทดลอง

ตารางที่ 38 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.)ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (Dmax) และในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน (Dmax-1)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร	ฟอสเฟตอนินทรีย์		ฟอสฟอรัรวม	
	Dmax-1	Dmax (X)	Dmax-1	Dmax
14:0.25	0.56±0.09^{g}	0.53±0.09^{g} (7)	0.91±0.08^{g}	0.54±0.07^{g}
14:0.5	2.93±0.09^{e}	2.83±0.07^{e} (7)	3.12±0.10^{e}	2.90±0.06^{e}
14:0.75	5.62±0.09^{c}	5.36±0.06^{c} (7)	5.83±0.08^{c}	5.48±0.08^{c}
14:1	8.07±0.06^{a}	7.85±0.05^{a} (7)	8.17±0.10^{a}	7.93±0.04^{a}
28:0.25	0.61±0.16^{g}	0.36±0.11^{gh} (8)	0.69±0.08^{h}	0.41±0.04^{g}
28:0.5	2.61±0.18^{f}	2.34±0.12^{f} (8)	2.75±0.08^{f}	2.50±0.15^{f}
28:0.75	5.37±0.13^{d}	5.25±0.12^{cd} (8)	5.63±0.13^{c}	5.37±0.07^{c}
28:1	7.89±0.05^{ab}	7.74±0.06^{a} (8)	8.12±0.06^{a}	7.84±0.06^{a}
42:0.25	0.34±0.08^{h}	0.26±0.06^{h} (8)	0.62±0.12^{h}	0.41±0.09^{g}
42:0.5	2.67±0.15^{f}	2.51±0.12^{f} (8)	2.82±0.09^{f}	2.53±0.09^{f}
42:0.75	5.27±0.03^{d}	5.07±0.06^{d} (8)	5.41±0.06^{d}	5.17±0.11^{d}
42:1	7.70±0.10^{b}	7.45±0.10^{b} (8)	7.81±0.11^{b}	7.54±0.07^{b}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

2. (X) แสดงวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

3.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์

3.2.1 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25, 14:0.5, 14:0.75, 14:1, 28:0.25, 28:0.5, 28:0.75, 28:1, 42:0.25, 42:0.5, 42:0.75 และ 42:1 ในสภาพการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 2.2.1; หน้า 77 จนถึงวันที่จะนำไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (วันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน, ผลจากการทดลองในหัวข้อที่ 3.1.1; หน้า 118 คือวันที่ 6, 7 และ 7 สำหรับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วนตามลำดับ ผลดังนี้

3.2.1.1 การเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลา

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกันทั้ง 12 ชุดการทดลองสามารถเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นของเซลล์ ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า ตลอดจนขนาดของเซลล์คลอเรลลามีค่าและผลจากการเปรียบเทียบทางสถิติที่ใกล้เคียงกับผลจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในการทดลองในหัวข้อที่ 3.2.1 (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 10-12 ในภาคผนวก ค) ความหนาแน่นเฉลี่ยของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14 ส่วนในวันที่ 6 มีค่าใกล้เคียงกันคือ $9.30x10^6$-$10.05x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารดังกล่าวต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วน คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดในวันที่ 7 เท่ากับ $11.39x10^6$-$12.38x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตร ความหนาแน่นของคลอเรลลาดังกล่าวนี้ต่ำกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดทดลองที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5-42:1 และ 42:1 (ชุดควบคุม) ที่มีค่า $13.40x10^6$-$13.84x10^6$ เซลล์/มิลลิลิตรอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงได้ไม่แตกต่างทางสถิติกับความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.5-28:1

ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลอง คลอเรลลาใช้ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเฉลี่ยในวันที่จะนำคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์ 2.173-2.246 วัน และยาวนานกว่าคลอเรลลาในชุดการทดลองอื่น ระยะเวลาดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติและไม่แตกต่างทางสถิติกับค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 และ 42:0.25 ที่มีค่า 2.155±0.02 และ 2.150±0.02

วันตามลำดับ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 42:1 มีระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเท่ากันและสั้นที่สุดคือ 2.053±0.02 วัน ไม่แตกต่างทางสถิติกับค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.5, 14:0.75, 42:0.5 และ 42:0.75 ที่มีค่า 2.096-2.145 วัน

ขนาดเซลล์ของคลอเรลลาในวันที่จะนำคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างบางชุดการทดลอง คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนมีเซลล์ขนาด (4.17-4.40 ไมครอน) ใหญ่กว่าคลอเรลลาในชุดการทดลองที่เหลือ (3.63-3.88 ไมครอน) อย่างมีนัยสำคัญ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในระหว่างชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วน ส่วนมากมีขนาดเซลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.75 มีขนาดเซลล์เฉลี่ยเล็กที่สุด (ตารางที่ 39)

ตารางที่ 39 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร (วันที่ของการเพาะเลี้ยง)	คลอเรลลา		
	ความหนาแน่น	G	ขนาดเซลล์
14:0.25 (6)	9.30±0.22^{e}	2.155±0.02^{ab}	4.40±0.22^{a}
14:0.5 (6)	9.48±0.17^{e}	2.120±0.03^{bc}	4.38±0.18^{a}
14:0.75 (6)	9.59±0.37^{e}	2.096±0.05^{bc}	4.22±0.09^{ab}
14:1 (6)	10.05±0.31^{e}	2.053±0.02^{c}	4.17±0.05^{ab}
28:0.25 (7)	11.39±0.18^{d}	2.246±0.02^{a}	3.74±0.14^{c}
28:0.5 (7)	11.88±0.41^{cd}	2.235±0.03^{a}	3.86±0.05^{bc}
28:0.75 (7)	112.00±0.38^{cd}	2.230±0.04^{a}	3.63±0.05^{c}
28:1 (7)	12.38±0.90^{cd}	2.173±0.09^{ab}	3.74±0.19^{c}
42:0.25 (7)	12.60±0.22^{bc}	2.150±0.02^{abc}	3.77±0.14^{c}
42:0.5 (7)	13.40±0.46^{ab}	2.145±0.02^{bc}	3.74±0.03^{c}
42:0.75 (7)	13.53±0.59^{ab}	2.110±0.03^{bc}	3.78±0.16^{c}
42:1 (7)	13.84±0.22^{a}	2.053±0.02^{c}	3.88±0.24^{bc}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน ($P<0.01$)

3.2.1.2 คุณภาพน้ำ

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารทั้ง 12 สูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ในระหว่างเกือบทุกชุดการทดลองเมื่อเวลาเดียวกันและในชุดทดลองเดียวกันเมื่อต่างช่วงเวลากันในทำนองเดียวกับผลในหัวข้อที่ 2.1 (รายละเอียดแสดงในตารางภาคผนวกที่ ค13-ค18) ปริมาณไนเตรท ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวมในน้ำของทุกชุดการทดลองมีค่าสูงที่

สุดในวันเริ่มต้นแตกต่างกันตามปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่ใช้ในอาหารเพาะเลี้ยงและลดปริมาณลงตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยง ในขณะที่ปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนียในน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารชุดทดลองที่ใช้ไนเตรทในปริมาณสูง ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรทในปริมาณที่ต่ำปริมาณไนไตรท์และแอมโมเนียเพิ่มขึ้นไม่มากนักในช่วงแรก ๆ และลดปริมาณลงหลังจากนั้นเป็นลำดับ

ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณไนเตรทแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทและแปรค่อนข้างผกผันกับปริมาณฟอสเฟตในสูตรอาหาร ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนมีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำ 4.50-6.55 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าดังกล่าวต่ำกว่าปริมาณไนเตรทในชุดการทดลองอื่นที่เหลืออยู่ในวันเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนมีปริมาณไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำ (8.59-13.1 มิลลิกรัม/ลิตร) ต่ำกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ มีปริมาณไนเตรทที่เหลืออยู่ระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในชุดการทดลองส่วนมากที่ในอาหารทดลองมีปริมาณฟอสเฟตต่ำกว่า มากกว่าในชุดการทดลองที่ในอาหารมีปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าเมื่อมีไนเตรทอยู่ในอาหารในปริมาณที่เท่ากันมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 มีไนเตรทเหลืออยู่ในปริมาณสูงกว่าในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 อย่างมีนัยสำคัญ ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 ตรวจพบปริมาณไนเตรทในน้ำ 33.6±2.10 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณไนเตรทที่มีในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5 แต่สูงกว่าในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.75 และ 42:1 ที่มีไนเตรทในน้ำ 30.3±2.58 และ 25.0±1.36 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.5 และ 0.75 ส่วนในวันที่นำคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์ในวันเริ่มต้นในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติคือมีค่า 22.2-25.8 ไมโครกรัม/ลิตร ปริมาณไนไตรท์ที่มีอยู่ในน้ำในวันที่นำคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงได้ทั้ง 12 ชุดการทดลองไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์แตกต่างกัน ($P<0.01$) โดยมีค่าแปรผันตามปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาแต่ไม่แปรผันตามปริมาณ

ฟอสเฟตที่มีในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนมีปริมาณไนไตรท์ต่ำกว่าปริมาณไนไตรท์ในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนและปริมาณไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนมีค่าต่ำกว่าปริมาณไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่มีไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองที่ปริมาณไนไตรท์ในน้ำลดลงและอยู่ในระดับต่ำที่สุด (1.44-1.89 มิลลิกรัม/ลิตร) ตั้งแต่วันที่ 3 ของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นต้นไป ในกลุ่มการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 และ 42 ส่วน ตรวจพบไนไตรท์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ฟอสเฟต 1 ส่วนในปริมาณที่สูงกว่าในชุดการทดลองที่ใช้ฟอสเฟตต่ำกว่าเมื่อมีไนเตรทในอาหารในปริมาณเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณไนไตรท์ในชุดการทดลองที่ในอาหารเพาะเลี้ยงมีฟอสเฟต 0.25-0.75 ส่วนที่มีปริมาณไนเตรทในอาหารเท่ากันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในวันเริ่มต้นในทุกชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกันคือมีค่า 7.71-8.04 ไมโครกรัม/ลิตร ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณแอมโมเนียคล้ายคลึงกับปริมาณไนไตรท์ที่มีคือมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 14 ส่วนต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดทดลองที่ใช้ไนเตรท 28 และ 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาด้วยอาหารที่มี ไนเตรท 28 และ 42 ส่วนที่มีฟอสเฟตในปริมาณที่เท่ากัน และในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในสูตรอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองมีปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ (63.8-82.7 ไมโครกรัม/ลิตร) ยกเว้นในชุดทดลองที่ใช้อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 ที่มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (66.5±1.63 ไมโครกรัม/ลิตร) ต่ำกว่าอีกสามชุดการทดลองที่มีไนเตรทในสูตรอาหารเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนที่มีฟอสเฟต 0.25-1 ส่วนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับตามปริมาณฟอสเฟตในอาหารและมีค่าจากการเปรียบเทียบทางสถิติแตกต่างกันเป็นลำดับ ในชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ในน้ำมีแอมโมเนียในวันที่นำคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์สูงที่สุดคือ 22.5±1.75 ไมโครกรัม/ลิตร การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 มีแอมโมเนียในน้ำในปริมาณที่ต่ำที่สุดคือ 9.94±0.33 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้อาหารมีไนเตรท 28 และ 42 ส่วน ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีแอมโมเนียเหลืออยู่เฉลี่ยมากที่สุดคือ 38.1±1.62 ไมโครกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท :

ฟอสเฟต 42:0.5, 42:0.75, 28:1 และ 28:0.75 การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำมีค่าต่ำที่สุดจากการใช้อาหารที่มีไนเตรท 28 และ 42 ส่วนเพาะเลี้ยงคลอเรลลาคือ 27.3±2.83 ไมโครกรัม/ลิตร ไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25, 28:0.5 และ 14:1

ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในทุกชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองแตกต่างกันเป็นลำดับตามปริมาณฟอสเฟตที่กำหนดในสูตรอาหารคือ 2.40-9.92 มิลลิกรัม/ลิตร หลังจากนั้นจึงมีค่าลดลงในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นลำดับจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ โดยมีปริมาณแปรผันโดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตและผกผันกับปริมาณไนเตรทในสูตรอาหาร ในวันที่นำคลอเรลลาไปเลี้ยงโรติเฟอร์พบปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรททั้ง 3 ค่ามีมากที่สุดในอาหารทุกชุดที่มีฟอสเฟต 1 ส่วน และมีค่าลดลงเป็นลำดับตามปริมาณฟอสเฟต ในชุดการทดลองที่ใช้ฟอสเฟตเท่ากัน ในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 และ 28 ส่วนมีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์สูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 42 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ มีฟอสเฟตอนินทรีย์มากที่สุดในน้ำที่เพาะเลี้ยง คลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 เท่ากับ 8.36±0.12 มิลลิกรัม/ลิตร และน้อยที่สุดในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 เท่ากับ 0.44±0.09 มิลลิกรัม/ลิตร

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำให้ผลในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำทั้งในวันเริ่มต้นและในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำแปรผันตามปริมาณฟอสเฟตในสูตรอาหารทดลองและส่วนมากแปรผกผันกับปริมาณไนเตรทในสูตรอาหาร เมื่อเริ่มต้นทำการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ 2.41-9.94 มิลลิกรัม/ลิตร และมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำมากที่สุดในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์เท่ากับ 8.44±0.09 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และต่ำที่สุด 0.62±0.14 มิลลิกรัม/ลิตรในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันเริ่มต้นและในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

คุณภาพน้ำ	วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
		14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
ไนเตรท	1	$^{C}32.5\pm0.70^{a}$	$^{C}32.1\pm1.19^{a}$	$^{C}31.7\pm0.85^{a}$	$^{C}31.9\pm1.16^{a}$	$^{B}62.0\pm1.72^{a}$	$^{B}64.1\pm1.66^{a}$	$^{B}63.3\pm1.51^{a}$	$^{B}63.2\pm2.08^{a}$	$^{A}87.0\pm1.38^{a}$	$^{A}87.7\pm1.55^{a}$	$^{A}88.0\pm2.61^{a}$	$^{A}87.3\pm1.44^{a}$
	2	$^{FGH}6.55\pm0.15^{e}$	$^{GH}5.66\pm0.32^{g}$	$^{GH}5.39\pm0.24^{d}$	$^{H}4.50\pm0.37^{d}$	$^{D}13.1\pm1.16^{e}$	$^{DE}11.3\pm1.52^{g}$	$^{EF}9.68\pm0.25^{f}$	$^{EFG}8.59\pm0.21^{g}$	$^{A}33.6\pm2.10^{f}$	$^{B}30.3\pm2.58^{f}$	$^{B}30.3\pm2.58^{g}$	$^{C}25.0\pm1.36^{g}$
ไนไตรท์	1	23.2 ± 2.67^{c}	24.8 ± 0.95^{c}	23.5 ± 2.38^{c}	24.1 ± 1.93^{c}	22.2 ± 2.27^{f}	24.5 ± 2.66^{g}	25.2 ± 1.29^{g}	23.6 ± 3.40^{g}	24.0 ± 3.91^{g}	24.4 ± 0.82^{g}	24.9 ± 1.44^{e}	25.8 ± 1.51^{f}
	2	$^{E}0.04\pm0.01^{d}$	$^{E}0.04\pm0.01^{d}$	$^{E}0.04\pm0.01^{d}$	$^{E}0.04\pm0.01^{d}$	$^{D}66.5\pm1.63^{c}$	$^{D}63.8\pm3.22^{cd}$	$^{D}71.7\pm2.52^{bc}$	$^{C}82.7\pm2.49^{c}$	$^{B}130.6\pm4.52^{a}$	$^{AB}138.2\pm4.65^{a}$	$^{B}134.6\pm4.19^{a}$	$^{A}145.4\pm9.10^{a}$
แอมโมเนีย	1	7.72 ± 0.23^{e}	8.04 ± 0.26^{e}	7.99 ± 0.13^{d}	7.71 ± 0.18^{e}	7.77 ± 0.17^{d}	8.04 ± 0.24^{e}	7.92 ± 0.09^{e}	7.80 ± 0.10^{f}	7.90 ± 0.10^{e}	7.96 ± 0.15^{d}	7.81 ± 0.18^{e}	7.96 ± 0.16^{e}
	2	$^{F}9.94\pm0.33^{de}$	$^{EF}12.4\pm1.78^{bc}$	$^{E}16.7\pm0.61^{b}$	$^{D}22.5\pm1.75^{a}$	$^{BC}32.0\pm1.91^{a}$	$^{BC}31.8\pm4.12^{a}$	$^{AB}34.1\pm2.59^{b}$	$^{AB}37.5\pm2.51^{a}$	$^{CD}27.3\pm2.83^{abc}$	$^{AB}37.3\pm1.75^{a}$	$^{AB}37.6\pm3.17^{a}$	$^{A}38.1\pm1.62^{ab}$
ฟอสเฟตอนินทรีย์	1	$^{D}2.41\pm0.05^{a}$	$^{C}4.88\pm0.03^{a}$	$^{B}7.40\pm0.06^{a}$	$^{A}9.92\pm0.06^{a}$	$^{D}2.40\pm0.05^{a}$	$^{C}4.93\pm0.04^{a}$	$^{B}7.38\pm0.03^{a}$	$^{A}9.87\pm0.06^{a}$	$^{D}2.41\pm0.06^{a}$	$^{C}4.87\pm0.03^{a}$	$^{B}7.40\pm0.04^{a}$	$^{A}9.88\pm0.03^{a}$
	2	$^{G}0.84\pm0.09^{f}$	$^{E}3.08\pm0.05^{f}$	$^{C}5.72\pm0.09^{g}$	$^{A}8.36\pm0.12^{e}$	$^{G}0.74\pm0.11^{e}$	$^{EF}2.84\pm0.11^{f}$	$^{C}5.62\pm0.21^{e}$	$^{AB}8.09\pm0.07^{g}$	$^{H}0.44\pm0.09^{e}$	$^{F}2.63\pm0.25^{d}$	$^{D}5.28\pm0.07^{e}$	$^{B}7.87\pm0.10^{f}$
ฟอสฟอรัสรวม	1	$^{D}2.44\pm0.02^{a}$	$^{C}4.93\pm0.04^{a}$	$^{B}7.46\pm0.03^{a}$	$^{A}9.94\pm0.02^{a}$	$^{D}2.41\pm0.03^{a}$	$^{C}4.94\pm0.04^{a}$	$^{B}7.46\pm0.03^{a}$	$^{A}9.92\pm0.05^{a}$	$^{D}2.45\pm0.04^{a}$	$^{C}4.91\pm0.04^{a}$	$^{B}7.42\pm0.03^{a}$	$^{A}9.92\pm0.04^{a}$
	2	$^{F}1.06\pm0.05^{e}$	$^{E}3.21\pm0.05^{f}$	$^{C}5.81\pm0.11^{e}$	$^{A}8.44\pm0.09^{e}$	$^{G}0.72\pm0.05^{g}$	$^{E}3.08\pm0.09^{e}$	$^{CD}5.63\pm0.12^{f}$	$^{A}8.28\pm0.15^{d}$	$^{D}0.62\pm0.14^{d}$	$^{E}3.16\pm0.16^{e}$	$^{D}5.41\pm0.04^{f}$	$^{B}7.90\pm0.23^{f}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$) (ผลจากตารางภาคผนวก ค ที่ 13-17)

2. วันที่ 1 = วันเริ่มต้นเพาะเลี้ยงคลอเรลลา, วันที่ 2 = วันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

3.2.2 การเลี้ยงโรติเฟอร์

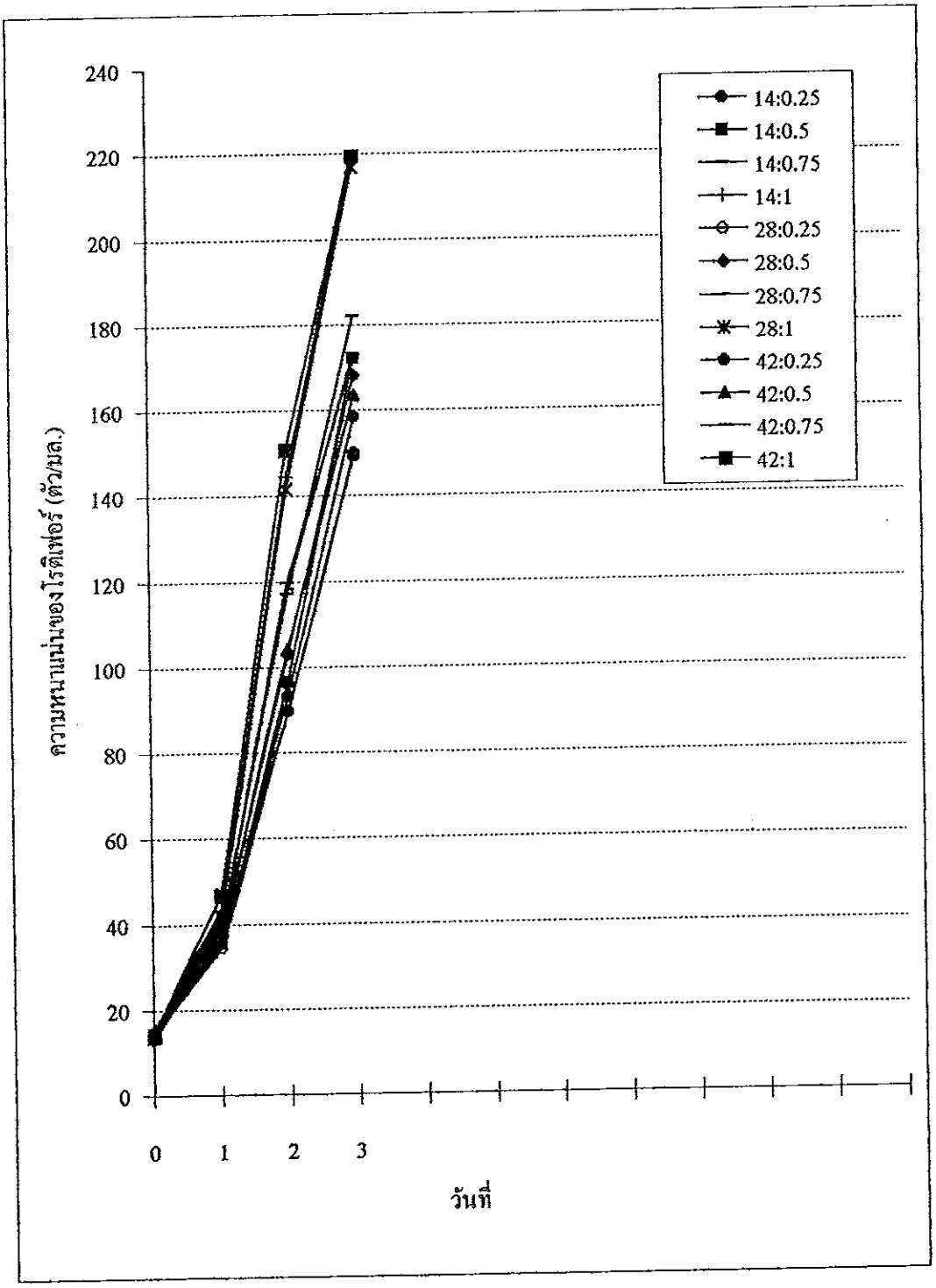
โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.1) ใช้คลอเรลลาเริ่มต้น $4.5x10^6$ เซลล์/โรติเฟอร์ 15 ตัว/มิลลิลิตร เลี้ยงโรติเฟอร์ในที่มืดที่ความเค็ม 15 ส่วนในพัน อุณหภูมิ 28-32 องศาเซลเซียส และความเป็นกรดเป็นด่าง 8±0.3 ได้ผลดังนี้

3.2.2.1 การเจริญของโรติเฟอร์

3.2.2.1.1 ความหนาแน่นของโรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 12 สูตรมีความหนาแน่นแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เกิดขึ้นทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดทดลองเดียวกันเมื่อช่วงเวลาต่างกันตั้งแต่วันที่ 1 ของการเลี้ยงเป็นต้นไป ความหนาแน่นของโรติเฟอร์แปรผันโดยตรงกับระยะเวลาของการเลี้ยงและปริมาณของฟอสเฟตในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในทุกชุดการทดลองมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 3 อันเป็นวันสุดท้ายของการทดลอง โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาจากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตเท่ากันในสูตรอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีความหนาแน่นในแต่ละวันที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนในสูตรอาหารที่มีไนเตรททั้ง 3 กลุ่มมีความหนาแน่นสูงกว่าความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตต่ำกว่าเกือบทุกสูตรตั้งแต่วันที่ 2 ของการเลี้ยงเป็นต้นไปอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.75 ที่มีความหนาแน่นในวันที่ 3 ไม่แตกต่างกับความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ได้จากการเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนทั้ง 3 สูตร ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ใน 3 ชุดการทดลองที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนในวันสุดท้ายมีค่า 216.7-219.3 ตัว/มิลลิลิตร ส่วนความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.75 เท่ากับ 181.9±15.6 ตัว/มิลลิลิตร ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่เหลือในวันที่ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 149.2-173.0 ตัว/มิลลิลิตร (ภาพที่ 25 และ ตารางที่ 41)



ภาพที่ 25 ความหนาแน่นเฉลี่ยของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

3.2.2.1.2 ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทั้ง 12 สูตรมีค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดทดลองเดียวกันเมื่อช่วงเวลาต่างกัน ส่วนใหญ่ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของโรติเฟอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงจนมีค่าสูงที่สุดในวันที่ 3 ของการเลี้ยง ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนในทั้ง 3 กลุ่มการทดลองที่มีไนเตรทในอาหารแตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และส่วนมากสั้นกว่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วน ยกเว้นระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในวันที่ 1 ของโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 และ 42 ส่วนที่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 มีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่ายาวนานที่สุดคือ 0.783±0.10, 0.753±0.05 และ 0.887±0.08 วันในวันที่ 1, 2 และ 3 ของการเลี้ยงตามลำดับ การเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าในวันที่ 1 และวันที่ 2 สั้นที่สุดคือ 0.579±0.02 และ 0.584±0.01 วันตามลำดับ (ตารางที่ 41)

3.2.2.1.3 จำนวนไข่โรติเฟอร์

โรติเฟอร์มีปริมาณไข่ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โรติเฟอร์มีการสร้างไข่เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 2 หลังจากนั้นปริมาณไข่มีปริมาณลดลง จำนวนไข่ทั้งหมดในแต่ละวันของโรติเฟอร์ในชุดการทดลองเดียวกันแตกต่างกัน ($P<0.01$) ปริมาณไข่ทั้งหมดที่โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรสร้างขึ้นในวันที่ 1 แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตในสูตรอาหารเท่ากันและมีปริมาณไนเตรทต่างกันมีการสร้างไข่ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ จำนวนไข่ที่ได้จากการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.25 ส่วนในทั้ง 3 กลุ่มการทดลองที่มีปริมาณไนเตรทในอาหารแตกต่างกันเฉลี่ยมีน้อยกว่าจำนวนไข่ที่โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟต 1 ส่วนในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 และ 42 ส่วน

อย่างมีนัยสำคัญ และเป็นค่าที่ต่ำที่สุดคือ 34.4-37.1 ฟอง/มิลลิลิตร ส่วนในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองเลี้ยงโรติเฟอร์ โรติเฟอร์มีปริมาณไข่ในวันที่ 3 ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 7.00-11.7 ฟอง/มิลลิลิตร (ตารางที่ 41)

3.2.2.1.4 ขนาดของตัวโรติเฟอร์

โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตรที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรมีขนาดความกว้างและความยาวของเกราะหุ้มลำตัวเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โรติเฟอร์มีความกว้างของเกราะหุ้มลำตัว 109.7-133.1 ไมครอน และความยาว 160.9-185.9 ไมครอน (ตารางที่ 42)

3.2.2.1.5 ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ

มีปริมาณคลอเรลลาเหลือตลอดการเลี้ยงโรติเฟอร์ลดลงเป็นลำดับตามระยะเวลาของการเลี้ยง เหลือคลอเรลลาอยู่ในแต่ละวันจากการเลี้ยงโรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดทดลองเดียวกันเมื่อช่วงเวลาต่างกันตั้งแต่วันที่ 1 ของการเลี้ยงเป็นต้นไป

ในวันที่ 1 โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วนและในอาหารสูตรที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.75, 42:1 เหลือปริมาณคลอเรลลาไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีปริมาณคลอเรลลาที่เหลือในการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตเท่ากันและมีปริมาณไนเตรทต่างกันไม่แตกต่างกันในวันที่ 2 และวันที่ 3 โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารชุดทดลองที่ใช้ฟอสเฟต 1 ส่วนที่มีปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารแตกต่างกัน เหลือคลอเรลลาในปริมาณที่น้อยที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ เหลือคลอเรลลาในวันที่ 3 ซึ่งเป็นวันสิ้นสุดการทดลองน้อยที่สุด (ตารางที่ 42)

ตารางที่ 41 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น (ตัว/มล.) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) และความหนาแน่นของไข่โรติเฟอร์ (ฟอง/มล.) ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)

ค่า	วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
		14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
ตัวโรติเฟอร์	0	14.2±0.17^{d}	14.3±0.65^{d}	15.3±0.65^{d}	15.0±1.18^{c}	14.1±0.72^{c}	13.2±1.15^{c}	13.8±1.36^{d}	13.5±0.68^{d}	13.7±1.19^{c}	14.6±1.03^{d}	15.3±0.85^{d}	14.0±0.89^{c}
	1	^{BC}35.8±2.50^{c}	^{BC}35.5±1.97^{c}	^{ABC}40.2±0.50^{c}	^{AB}43.1±5.61^{c}	^{C}34.5±2.66^{c}	^{BC}37.5±1.66^{c}	^{ABC}39.1±2.30^{c}	^{ABC}41.9±2.38^{c}	^{BC}36.1±1.59^{c}	^{BC}38.5±4.02^{c}	^{ABC}40.0±0.30^{c}	^{A}46.6±5.31^{c}
	2	^{C}89.7±4.16^{b}	^{C}96.4±1.80^{b}	^{B}117.1±4.55^{b}	^{A}144.4±8.24^{b}	^{C}89.6±8.61^{b}	^{BC}103.1±7.57^{b}	^{B}118.2±12.2^{b}	^{A}141.6±6.99^{b}	^{C}93.1±4.87^{b}	^{BC}104.2±6.86^{b}	^{B}119.7±11.2^{b}	^{A}150.7±8.08^{b}
	3	^{B}149.2±9.36^{a}	^{B}172.0±13.3^{a}	^{AB}181.9±15.6^{a}	^{A}218.9±18.0^{a}	^{B}150.0±26.9^{a}	^{B}168.2±17.6^{a}	^{B}173.0±12.1^{a}	^{A}216.7±18.1^{a}	^{B}158.5±16.5^{a}	^{B}163.6±15.1^{a}	^{B}172.1±7.31^{a}	^{A}219.3±23.4^{a}
G	1	^{AB}0.753±0.05^{b}	^{AB}0.766±0.01^{b}	^{ABC}0.719±0.04^{b}	^{ABC}0.667±0.09^{ab}	^{A}0.783±0.10	^{ABC}0.669±0.08^{b}	^{ABC}0.669±0.08^{b}	^{BC}0.612±0.02^{b}	^{ABC}0.716±0.07^{b}	^{ABC}0.716±0.03^{b}	^{ABC}0.723±0.04^{b}	^{C}0.579±0.02^{b}
	2	^{A}0.752±0.02^{b}	^{AB}0.727±0.02^{c}	^{BC}0.682±0.01^{b}	^{DE}0.613±0.03^{b}	^{A}0.753±0.05	^{BCD}0.676±0.04^{b}	^{CDE}0.646±0.03^{b}	^{E}0.590±0.01^{b}	^{AB}0.723±0.03^{b}	^{ABC}0.705±0.01^{b}	^{BCD}0.666±0.03^{b}	^{E}0.584±0.01^{b}
	3	^{A}0.885±0.02^{a}	^{ABCD}0.836±0.02^{a}	^{ABC}0.842±0.02^{a}	^{BCD}0.777±0.03^{a}	^{A}0.887±0.08	^{ABCD}0.819±0.06^{a}	^{ABCD}0.823±0.03^{a}	^{D}0.749±0.01^{a}	^{AB}0.848±0.02^{a}	^{AB}0.861±0.01^{a}	^{AB}0.859±0.02^{a}	^{CD}0.757±0.02^{a}
ไข่โรติเฟอร์	0	6.90±0.72^{c}	7.43±0.51^{c}	7.67±0.65^{b}	7.33±0.65^{b}	7.33±0.55^{b}	8.00±0.89^{b}	6.90±0.72^{b}	7.90±0.17^{b}	7.23±0.50^{b}	8.10±1.56^{b}	8.23±1.08^{b}	7.90±1.59^{b}
	1	^{C}35.9±3.50^{b}	^{ABC}45.0±1.87^{b}	^{AB}50.4±4.46^{a}	^{A}51.8±8.65^{a}	^{C}34.4±3.01^{a}	^{ABC}38.8±2.34^{a}	^{ABC}44.9±8.77^{a}	^{ABC}46.6±4.45^{a}	^{BC}37.1±1.31^{a}	^{ABC}41.4±6.79^{a}	^{ABC}42.5±8.49^{a}	^{A}52.8±4.84^{a}
	2	52.0±2.86^{a}	54.1±4.07^{a}	54.7±13.3^{a}	50.4±3.80^{a}	46.2±8.39^{a}	45.5±4.63^{a}	46.5±4.21^{a}	49.3±4.93^{a}	47.0±12.2^{a}	42.5±4.51^{a}	43.7±8.21^{a}	51.0±3.61^{a}
	3	9.00±1.00^{c}	7.87±1.50^{c}	7.00±1.18^{b}	8.67±2.03^{b}	11.7±2.99^{b}	11.6±5.03^{b}	9.03±3.21^{b}	9.10±2.31^{b}	11.5±2.66^{b}	7.00±0.89^{b}	7.63±1.23^{b}	8.77±2.14^{b}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนของค่าพารามิเตอร์เดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; ค่า G ในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.5 ในแนวตั้ง, $P<0.05$)

ตารางที่ 42 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดความกว้าง-ความยาวของเกราะหุ้มลำตัวของโรติเฟอร์ (ไมครอน) และปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ ($x10^6$ เซลล์/มล.) ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)

ค่า	วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
		14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
ความกว้างเกราะหุ้มตัว	0	125.9±15.0	123.3±5.76	125.9±5.14	127.6±1.99^{a}	119.9±3.70^{a}	118.6±8.36	125.0±5.81	123.3±4.81	121.2±9.41	119.9±3.33	133.1±3.35^{a}	118.6±2.94
	1	118.2±10.7	117.3±3.23	122.9±1.30	121.2±3.22^{ab}	125.9±2.65^{b}	117.8±2.19	115.4±8.16	119.5±6.09	120.7±16.0	125.9±2.65	113.9±3.38^{b}	116.1±0.75
	2	119.9±7.47	116.1±10.3	112.2±10.4	109.7±2.65^{c}	112.2±3.92^{ab}	121.6±5.57	122.0±5.20	114.3±12.3	110.9±3.92	116.5±4.63	113.1±6.56^{b}	116.5±8.37
	3	126.7±7.76	122.5±7.39	121.2±4.47	117.3±5.14^{bc}	116.1±3.71^{ab}	122.9±6.77	126.7±5.55	116.5±7.79	114.8±4.12	118.6±5.76	119.9±3.22^{b}	120.7±8.36
ความยาวเกราะหุ้มตัว	0	175.8±8.96	172.8±5.61	173.2±9.61	172.8±7.14	173.2±0.75	174.1±2.59	174.5±3.22	158.3±5.37	185.2±5.76	175.4±5.61^{ab}	185.9±3.95	180.5±2.19
	1	178.8±5.36	170.7±1.50	180.1±3.23	171.1±4.83	176.6±4.63	174.1±11.2	178.3±6.44	175.4±5.61	175.4±8.37	181.8±3.38^{a}	180.1±5.32	175.4±4.63
	2	179.2±12.3	178.3±4.47	173.2±7.06	160.9±13.5	171.1±2.94	177.5±10.3	172.4±13.6	164.3±14.8	172.4±9.41	168.5±16.1^{b}	173.2±8.70	179.2±4.59
	3	171.5±6.40	177.5±6.03	177.9±2.55	176.2±3.22	172.4±2.34	177.9±5.10	157.8±11.9	176.6±14.3	171.1±11.5	172.4±3.92^{ab}	172.8±5.86	180.1±4.86
ปริมาณคลอเรลลาที่เหลือ	1	^{C}3.70±0.21b^{a}	^{ABC}3.77±0.08^{a}	^{BC}3.67±0.06^{a}	^{BC}3.63±0.07^{a}	^{ABC}3.80±0.09^{a}	^{ABC}3.76±0.07^{a}	^{BC}3.70±0.10^{a}	^{C}3.59±0.03^{a}	^{AB}3.84±0.04^{a}	^{A}3.94±0.12^{a}	^{C}3.68±0.01^{a}	^{BC}3.62±0.04^{a}
	2	^{A}1.30±0.04^{b}	^{B}1.15±0.02^{b}	^{CD}0.74±0.02^{b}	^{D}0.68±0.04^{b}	^{A}1.38±0.11^{b}	^{B}1.11±0.06b^{b}	^{CD}0.73±0.04^{b}	^{CD}0.69±0.01^{b}	^{A}1.30±0.05^{b}	^{B}1.14±0.04^{b}	^{C}0.81±0.07^{b}	^{D}0.67±0.06^{b}
	3	^{ABC}0.047±0.02^{c}	^{BC}0.033±0.02^{c}	^{BCD}0.030±0.02^{c}	^{D}0.010±0.01^{c}	^{A}0.073±0.01^{c}	^{AB}0.063±0.01^{c}	^{ABC}0.050±0.01^{c}	^{BCD}0.030±0.02^{c}	^{ABC}0.060±0.02^{c}	^{AB}0.063±0.01^{c}	^{BCD}0.027±0.02^{c}	^{CD}0.023±0.01^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนของค่าพารามิเตอร์เดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; ความยาวของเกราะหุ้มตัวในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5 ในวันที่ต่างกัน, $P<0.05$)

3.2.2.2 คุณภาพน้ำ

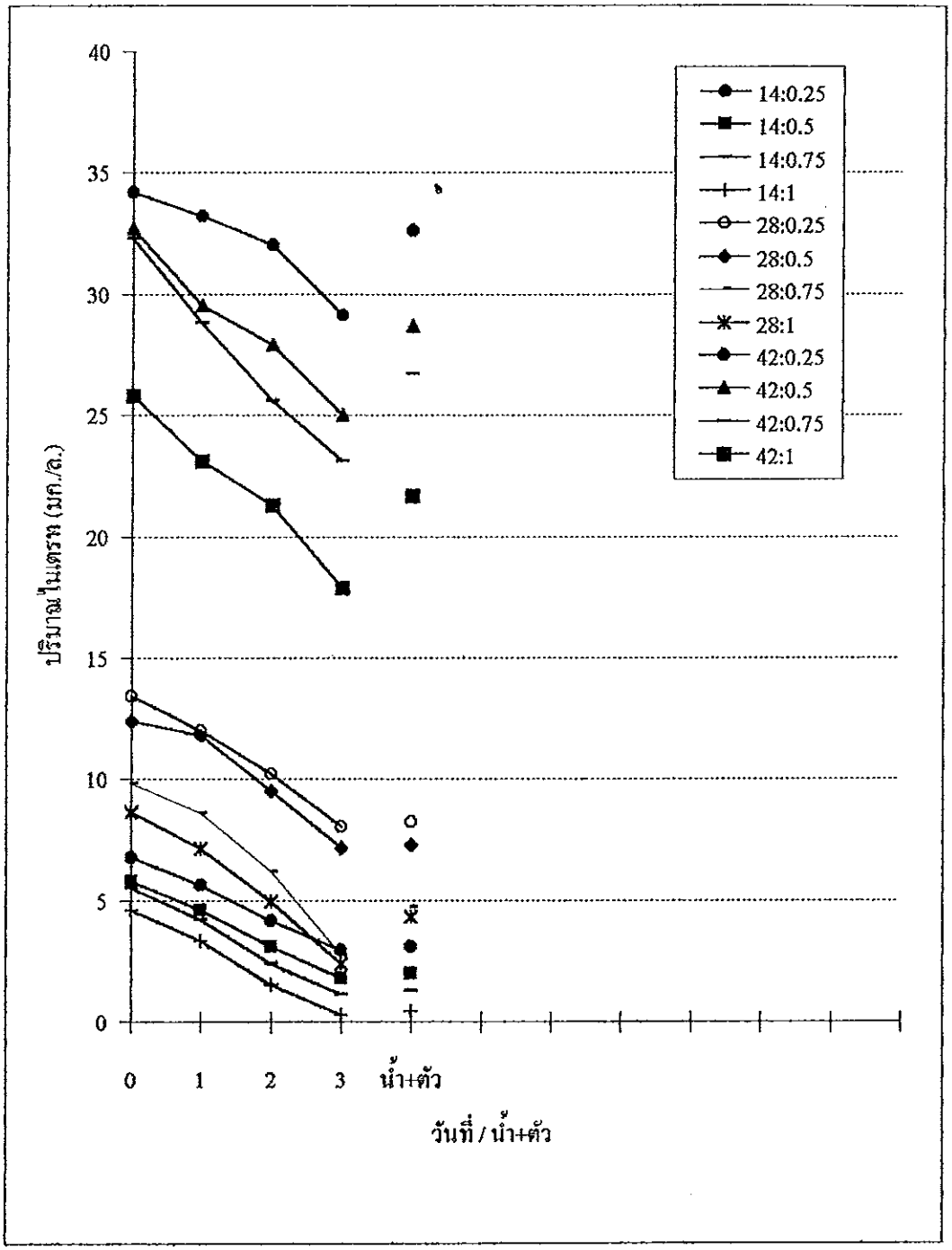
ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในน้ำระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรมีค่าและผลของความแตกต่างจากการเปรียบเทียบทางสถิติ ($P<0.01$) สอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อ 3.2.1; หน้า 152 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.2.2.1 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำเมื่อเริ่มต้นในแต่ละชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกัน ($P<0.01$) ตามปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเป็นผลมาจากปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในหัวข้อ 3.2.1; หน้า 152 ที่มีค่าแตกต่างกัน ปริมาณไนเตรทในน้ำเกือบทุกชุดการทดลองลดปริมาณลงเป็นลำดับในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ ปริมาณไนเตรทในน้ำและในส่วนที่รวมกับในตัวโรติเฟอร์ในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองบางชุดในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดการทดลองเดียวกันในบางวัน ปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบในน้ำยังมีปริมาณที่แปรผันตามปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาและแปรผกผันกับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในสูตรอาหารที่มีไนเตรทเท่ากัน

ไนเตรทในน้ำและที่มีในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนมีค่าสูงกว่าปริมาณไนเตรทในน้ำและที่มีในน้ำรวมกับตัวโรติเฟอร์จากชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนและชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วนมีค่าสูงกว่าชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มการทดลองที่มีปริมาณไนเตรทในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาเท่ากันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วน ในน้ำและในน้ำรวมกับตัวโรติเฟอร์ที่โรติเฟอร์เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสเฟตในปริมาณที่ต่ำกว่า พบว่ามีไนเตรทในน้ำสูงกว่าที่มีในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีฟอสเฟตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นในน้ำและในน้ำรวมกับตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีปริมาณฟอสเฟตใกล้เคียงกันในกลุ่มการทดลองที่มีไนเตรท 28 และ 14 ส่วน อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรททั้งในน้ำและที่มีในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ในทั้งสองกลุ่มการทดลองก็มีค่าสัมพันธ์เช่นเดียวกัน

ปริมาณไนเตรทในน้ำและที่มีในน้ำรวมกับตัวโรติเฟอร์มีค่าสูงที่สุดในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 คือ 29.1±0.75 และ 32.6±0.75 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 เท่ากับ 0.28±0.09 และ 0.44±0.08 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปรมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.75-42:1 มีปริมาณไนเตรทเฉพาะในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในวันที่ 3 ต่ำกว่าปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนในชุดการทดลองอื่นที่เหลือมีปริมาณไนเตรททั้งสองค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 26 และ ตารางที่ 43)



ภาพที่ 26 ปริมาณไนเตรทเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนเตรทที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

3.2.2.2.2 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน

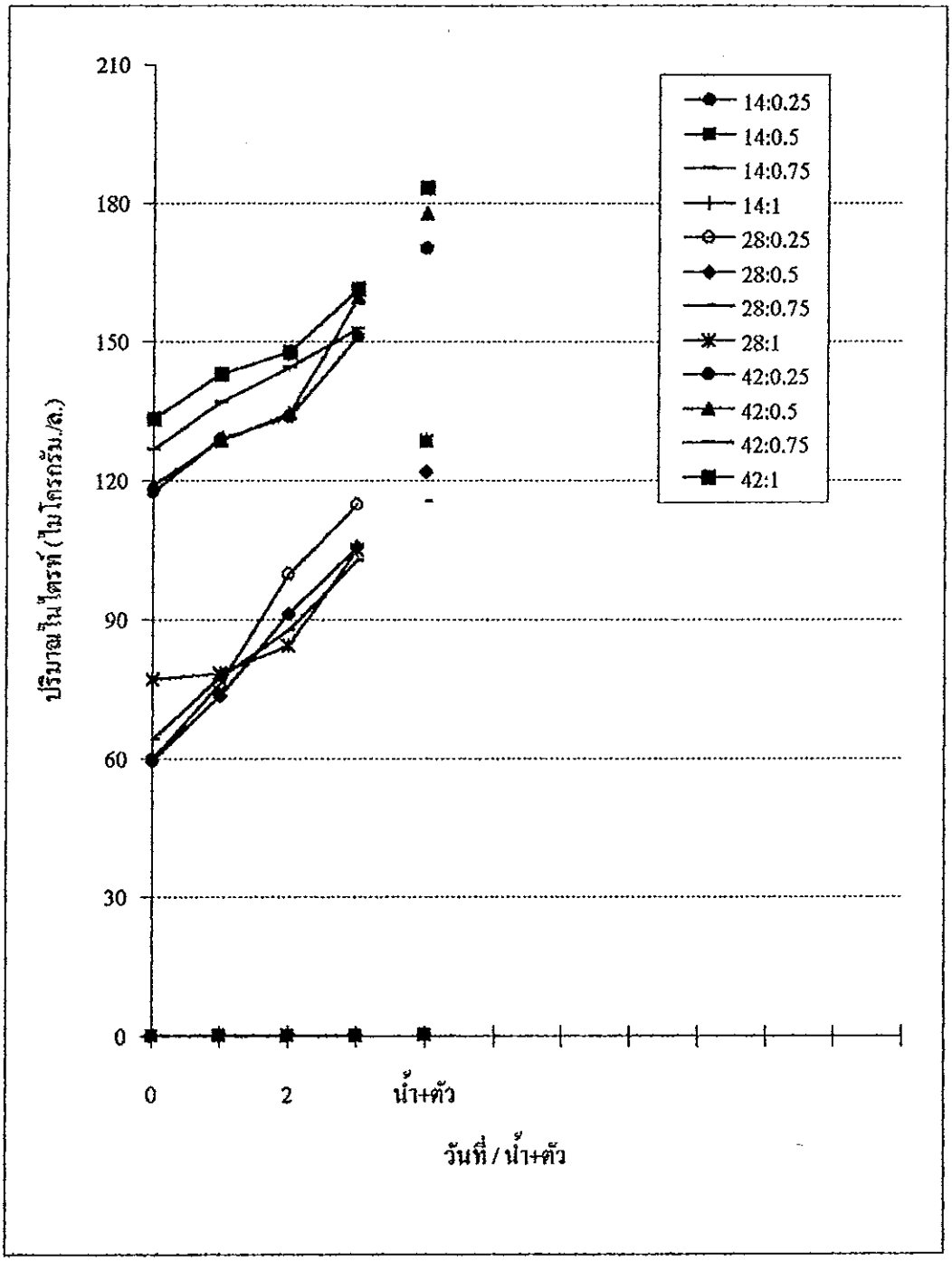
ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำในวันเริ่มต้นเลี้ยงโรติเฟอร์ในทั้ง 12 ชุดการทดลองมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) เป็นผลมาจากความแตกต่างของปริมาณไนไตรท์ในน้ำในวันสุดท้ายของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152) ปริมาณไนไตรท์ในน้ำทุกชุดการทดลองเพิ่มปริมาณขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยงโรติเฟอร์ ปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจพบในน้ำและที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำยังคงแปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ให้แก่โรติเฟอร์และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อช่วงเวลาต่างกัน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนมีไนไตรท์เกิดขึ้นในน้ำและที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ทั้งสองค่าที่วัดได้ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 14 ส่วนและในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนมีปริมาณไนไตรท์ดังกล่าวสูงกว่าในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนอย่างมีนัยสำคัญ

มีปริมาณไนไตรท์ทั้งในน้ำและในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำมีค่าสูงที่สุดในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 คือ 161.3±3.00 และ 183.3±7.75 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ มีปริมาณไนไตรท์ทั้งสองค่าดังกล่าวมีค่าต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 42 ส่วนเท่ากันในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในชุดทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 ที่ในน้ำมีปริมาณไนไตรท์ 151.1±2.04 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์มีไนไตรท์ 170.1±2.70 ไมโครกรัม/ลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปริมาณไนไตรท์ทั้งสองค่าในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5 และ 42:0.75 ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25, 28:0.5 และ 28:1 มีปริมาณไนไตรท์ทั้งที่มีในน้ำและที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ 105.0-114.9 และ 122.0-128.6 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ส่วนการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในชุดทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.75 มีปริมาณไนไตรท์ทั้งสองค่าดังกล่าวต่ำที่สุดในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 28 ส่วนเท่ากัน เท่ากับ 102.7±1.95 และ 115.5±2.90 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ในชุด

การทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 ชุดการทดลองมีปริมาณไนไตรท์ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในช่วงเวลาเดียวกันและปริมาณไนไตรท์ที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำตลอดการเลี้ยงไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีอยู่ในปริมาณที่ต่ำที่สุดคือ 0.075-0.100 และ 0.264-0.319 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ

ปริมาณไนไตรท์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำมีค่าสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ที่มีในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์เกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 ที่ปริมาณไนไตรท์ทั้งสองค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 27 และตารางที่ 43)



ภาพที่ 27 ปริมาณไนไตรท์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณไนไตรท์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

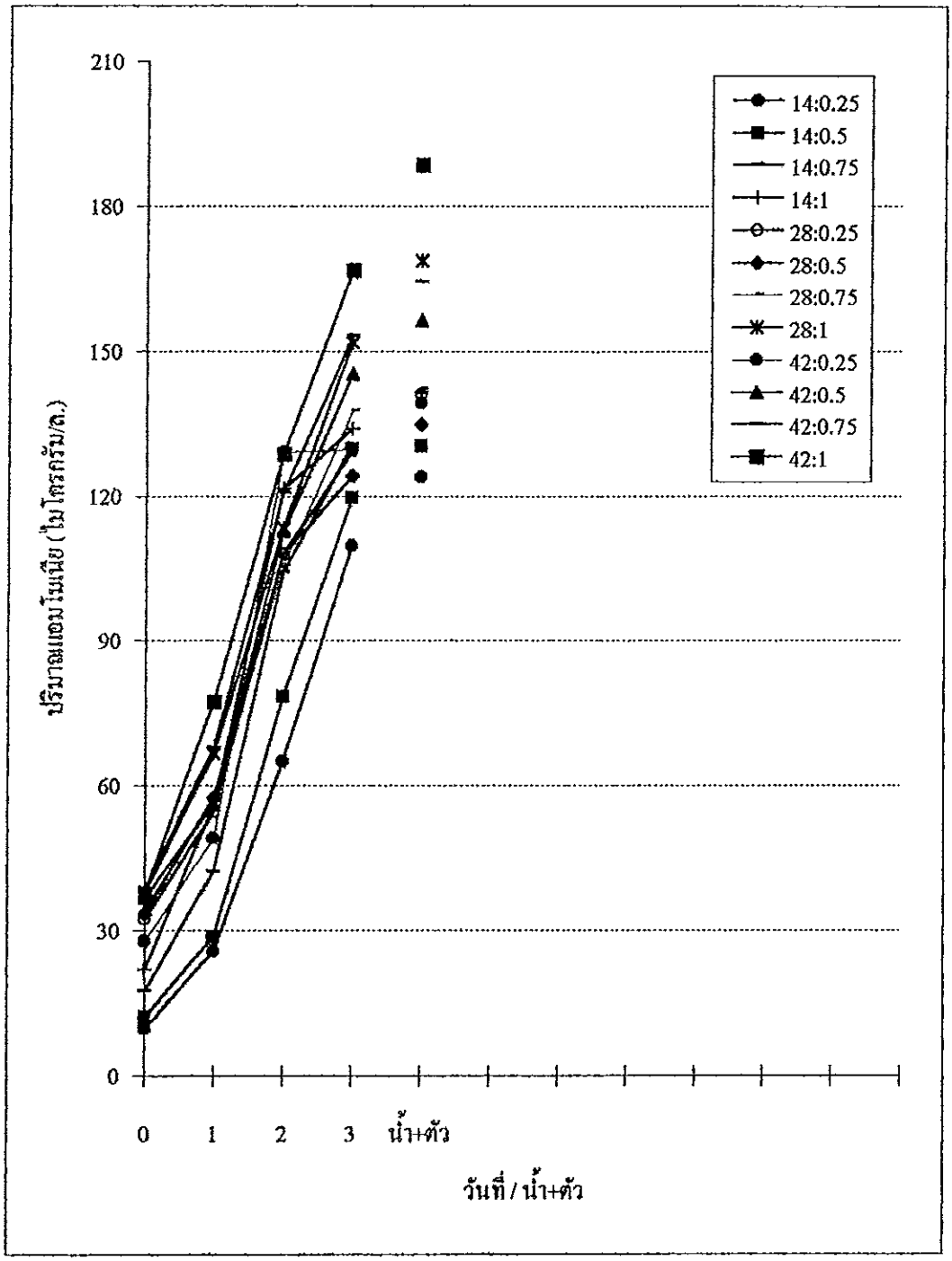
3.2.2.2.3 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดการทดลองเดียวกันในช่วงเวลาที่ต่างกัน ความแตกต่างกันของปริมาณแอมโมเนียในน้ำระหว่างชุดการทดลองเมื่อเริ่มต้นสอดคล้องกับปริมาณแอมโมเนียจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในวันสุดท้าย (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152) มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเพิ่มปริมาณขึ้นเป็นลำดับตามระยะเวลาของการเลี้ยงโรติเฟอร์และส่วนใหญ่แปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่มีอยู่ในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

ในวันที่เก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีแอมโมเนียมากที่สุดเท่ากับ 166.7±2.51 ไมโครกรัม/ลิตรซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่ตรวจพบในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1, 42:0.5 และ 42:0.75 ที่มีค่า 145.1-153.2 ไมโครกรัม/ลิตร ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 42 ส่วนเท่ากัน โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.5 และ 0.75 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำและที่มีในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำและในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วนที่มีปริมาณแอมโมเนียในน้ำ 129.7±9.78 และ 139.3±10.6 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับอย่างมีนัย-สำคัญปริมาณแอมโมเนียมีค่าน้อยที่สุดในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 เท่ากับ 109.5±3.75 ไมโครกรัม/ลิตร ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.5 แต่สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14 ส่วนอีก 2 สูตรที่เหลือ (14:0.75 และ 14:1) ส่วนในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 28 ส่วน ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 1 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียทั้งสองค่าเท่ากับ 151.7±3.77 และ 168.7±5.18 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ สูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณ

ฟอสเฟตอีก 3 สูตรที่เหลือที่มีไนเตรทเท่ากัน (28:0.75, 28:0.5 และ 28:0.25) อย่างมีนัยสำคัญ ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25-28:0.75 มีปริมาณแอมโมเนียทั้งในน้ำและที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณแอมโมเนียในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 ไม่แตกต่างกับปริมาณแอมโมเนียที่ได้ในชุดกการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.5 และ 42:0.75 ในชุดการทดลองที่ใช้คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 ส่วนที่มีปริมาณไนเตรท 28 และ 42 ส่วนและในชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 28 ส่วนที่มีปริมาณฟอสเฟต 0.25 และ 0.5 ส่วนมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดการทดลองส่วนมากมีค่าสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำเลี้ยงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ในชุดการทดลองที่ปริมาณแอมโมเนียในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์สูงกว่าแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำ แต่ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติได้แก่ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 28:0.25, 28:0.75, 42:0.25 และ 42:0.5 (ภาพที่ 28 และ ตารางที่ 43)



ภาพที่ 28 ปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณแอมโมเนียที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 43 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (NO_3^-, มก./ล.) ไนไตรท์ (NO_2^-, ไมโครกรัม/ล.) และแอมโมเนีย (NH_3, ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)

คุณภาพน้ำ	วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
		14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
NO_3^-	0	$^{F}6.77\pm0.06^{a}$	$^{F}5.78\pm0.08^{a}$	$^{F}5.51\pm0.13^{a}$	$^{F}4.58\pm0.06^{a}$	$^{D}13.4\pm0.06^{a}$	$^{D}12.4\pm0.35^{a}$	$^{E}9.83\pm0.07^{a}$	$^{E}8.64\pm0.09^{a}$	$^{A}34.2\pm1.25^{a}$	$^{AB}32.7\pm1.30^{a}$	$^{B}32.3\pm0.10^{a}$	$^{C}25.8\pm1.20^{a}$
	1	$^{G}5.60\pm0.13^{b}$	$^{GH}4.58\pm0.14^{b}$	$^{GH}4.18\pm0.02^{b}$	$^{H}3.33\pm0.12^{b}$	$^{D}12.0\pm0.60^{b}$	$^{D}11.8\pm0.60^{a}$	$^{E}8.60\pm0.09^{b}$	$^{F}7.13\pm0.06^{b}$	$^{A}33.2\pm0.57^{a}$	$^{B}29.5\pm1.05^{ab}$	$^{B}28.8\pm0.68^{b}$	$^{C}23.1\pm1.30^{ab}$
	2	$^{GH}4.14\pm0.13^{c}$	$^{HI}3.07\pm0.10^{c}$	$^{IJ}2.35\pm0.10^{c}$	$^{J}1.51\pm0.11^{c}$	$^{E}10.2\pm0.20^{c}$	$^{E}9.49\pm0.12^{b}$	$^{F}6.18\pm0.11^{c}$	$^{FG}4.95\pm0.06^{c}$	$^{A}32.0\pm0.71^{a}$	$^{B}27.9\pm1.33^{bc}$	$^{B}25.6\pm1.27^{c}$	$^{C}21.3\pm0.86^{b}$
	3	$^{F}2.91\pm0.10^{d}$	$^{FGH}1.78\pm0.14^{d}$	$^{GH}1.09\pm0.07^{d}$	$^{H}0.28\pm0.09^{d}$	$^{E}8.04\pm0.12^{d}$	$^{E}7.15\pm0.12^{c}$	$^{F}2.72\pm0.08^{e}$	$^{FG}2.38\pm0.11^{e}$	$^{A}29.1\pm0.75^{b}$	$^{B}25.0\pm1.41^{c}$	$^{C}23.1\pm0.70^{d}$	$^{D}17.9\pm0.90^{c}$
	น้ำ+ตัว	$^{GH}3.07\pm0.07^{d}$	$^{HI}1.99\pm0.09^{d}$	$^{IJ}1.28\pm0.09^{d}$	$^{J}0.44\pm0.08^{d}$	$^{E}8.23\pm0.11^{d}$	$^{E}7.29\pm0.15^{c}$	$^{F}4.70\pm0.06^{d}$	$^{FG}4.32\pm0.06^{d}$	$^{A}32.6\pm0.75^{a}$	$^{B}28.7\pm1.00^{b}$	$^{C}26.7\pm0.83^{bc}$	$^{D}21.7\pm1.30^{b}$
NO_2^-	0	$^{E}0.04\pm0.01^{c}$	$^{E}0.03\pm0.01^{c}$	$^{E}0.03\pm0.01^{c}$	$^{E}0.03\pm0.01^{c}$	$^{D}59.8\pm4.21^{d}$	$^{D}59.4\pm5.24^{e}$	$^{CD}64.0\pm4.20^{e}$	$^{C}77.1\pm2.21^{c}$	$^{B}117.6\pm11.7^{d}$	$^{AB}118.9\pm12.7^{c}$	$^{AB}126.7\pm6.57^{d}$	$^{A}133.4\pm6.69^{c}$
	1	$^{D}0.05\pm0.01^{bc}$	$^{D}0.05\pm0.02^{bc}$	$^{D}0.05\pm0.01^{c}$	$^{D}0.05\pm0.02^{c}$	$^{C}75.9\pm4.84^{c}$	$^{C}73.4\pm1.21^{d}$	$^{C}77.5\pm2.72^{d}$	$^{C}78.2\pm9.83^{c}$	$^{B}129.0\pm1.66^{cd}$	$^{B}128.5\pm3.10^{c}$	$^{AB}136.9\pm1.75^{c}$	$^{A}142.9\pm2.46^{bc}$
	2	$^{F}0.07\pm0.02^{bc}$	$^{F}0.07\pm0.02^{bc}$	$^{F}0.08\pm0.01^{b}$	$^{F}0.07\pm0.01^{bc}$	$^{C}99.8\pm4.47^{b}$	$^{D}91.2\pm1.29^{c}$	$^{DE}87.6\pm1.95^{c}$	$^{E}84.4\pm2.05^{c}$	$^{B}133.8\pm2.97^{c}$	$^{B}134.5\pm3.95^{c}$	$^{A}144.5\pm2.65^{bc}$	$^{A}147.8\pm1.36^{b}$
	3	$^{F}0.08\pm0.02^{b}$	$^{F}0.08\pm0.01^{b}$	$^{F}0.09\pm0.01^{b}$	$^{F}0.10\pm0.02^{b}$	$^{D}114.9\pm7.12^{ab}$	$^{E}105.6\pm2.95^{b}$	$^{E}102.7\pm1.95^{b}$	$^{E}105.0\pm3.71^{b}$	$^{C}151.1\pm2.04^{b}$	$^{B}159.4\pm4.26^{b}$	$^{BC}152.8\pm2.65^{b}$	$^{AB}161.3\pm3.00^{b}$
	น้ำ+ตัว	$^{E}0.27\pm0.02^{a}$	$^{E}0.26\pm0.01^{a}$	$^{E}0.29\pm0.01^{a}$	$^{E}0.32\pm0.03^{a}$	$^{C}128.4\pm7.95^{a}$	$^{CD}122.0\pm1.64^{a}$	$^{D}115.5\pm2.90^{ac}$	$^{C}128.6\pm1.67^{a}$	$^{B}170.1\pm2.70^{a}$	$^{AB}177.6\pm1.72^{a}$	$^{B}170.5\pm2.79^{a}$	$^{A}183.3\pm7.75^{a}$
NH_3	0	$^{H}9.83\pm0.13^{e}$	$^{H}12.1\pm0.71^{e}$	$^{G}17.5\pm1.47^{e}$	$^{F}21.9\pm1.55^{d}$	$^{D}32.5\pm1.65^{d}$	$^{CD}33.4\pm1.70^{e}$	$^{BCD}34.8\pm1.25^{d}$	$^{AB}37.7\pm1.18^{e}$	$^{E}27.8\pm1.92^{d}$	$^{ABC}36.7\pm1.63^{d}$	$^{A}38.4\pm0.87^{a}$	$^{AB}37.7\pm1.54^{e}$
	1	$^{E}25.7\pm1.70^{d}$	$^{E}28.7\pm1.72^{d}$	$^{D}42.1\pm1.35^{d}$	$^{C}55.8\pm6.11^{c}$	$^{C}54.5\pm4.11^{c}$	$^{C}57.5\pm2.44^{d}$	$^{C}56.9\pm3.84^{c}$	$^{B}66.7\pm3.51^{d}$	$^{CD}49.1\pm3.86^{c}$	$^{C}56.1\pm5.28^{c}$	$^{B}67.9\pm2.87^{d}$	$^{A}77.3\pm2.30^{d}$
	2	$^{G}65.0\pm3.07^{c}$	$^{F}78.4\pm2.78^{c}$	$^{E}104.2\pm2.08^{c}$	$^{AB}121.5\pm3.54^{b}$	$^{DE}108.0\pm4.10^{b}$	$^{DE}108.0\pm3.24^{c}$	$^{DE}105.5\pm4.11^{b}$	$^{CD}113.4\pm4.53^{c}$	$^{A}129.0\pm3.39^{b}$	$^{CDE}112.6\pm3.80^{b}$	$^{ABC}120.7\pm4.52^{c}$	$^{A}128.6\pm2.20^{c}$
	3	$^{G}109.5\pm3.75^{b}$	$^{FG}119.5\pm3.62^{b}$	$^{DEF}130.7\pm3.59^{b}$	$^{CDE}133.9\pm2.39^{a}$	$^{DEF}129.3\pm7.11^{a}$	$^{EF}124.0\pm3.33^{b}$	$^{CD}137.6\pm7.52^{a}$	$^{B}151.7\pm3.77^{b}$	$^{DEF}129.7\pm9.78^{ab}$	$^{BC}145.1\pm4.46^{a}$	$^{B}153.2\pm1.91^{b}$	$^{A}166.7\pm2.51^{b}$
	น้ำ+ตัว	$^{D}123.8\pm2.75^{a}$	$^{CD}130.3\pm3.85^{a}$	$^{C}141.3\pm3.18^{a}$	$^{C}141.1\pm3.38^{a}$	$^{C}140.9\pm4.67^{a}$	$^{CD}134.9\pm3.19^{a}$	$^{C}142.2\pm9.27^{a}$	$^{B}168.7\pm5.18^{a}$	$^{C}139.3\pm10.6^{a}$	$^{B}156.4\pm5.16^{a}$	$^{B}164.2\pm3.39^{a}$	$^{A}188.6\pm1.41^{a}$

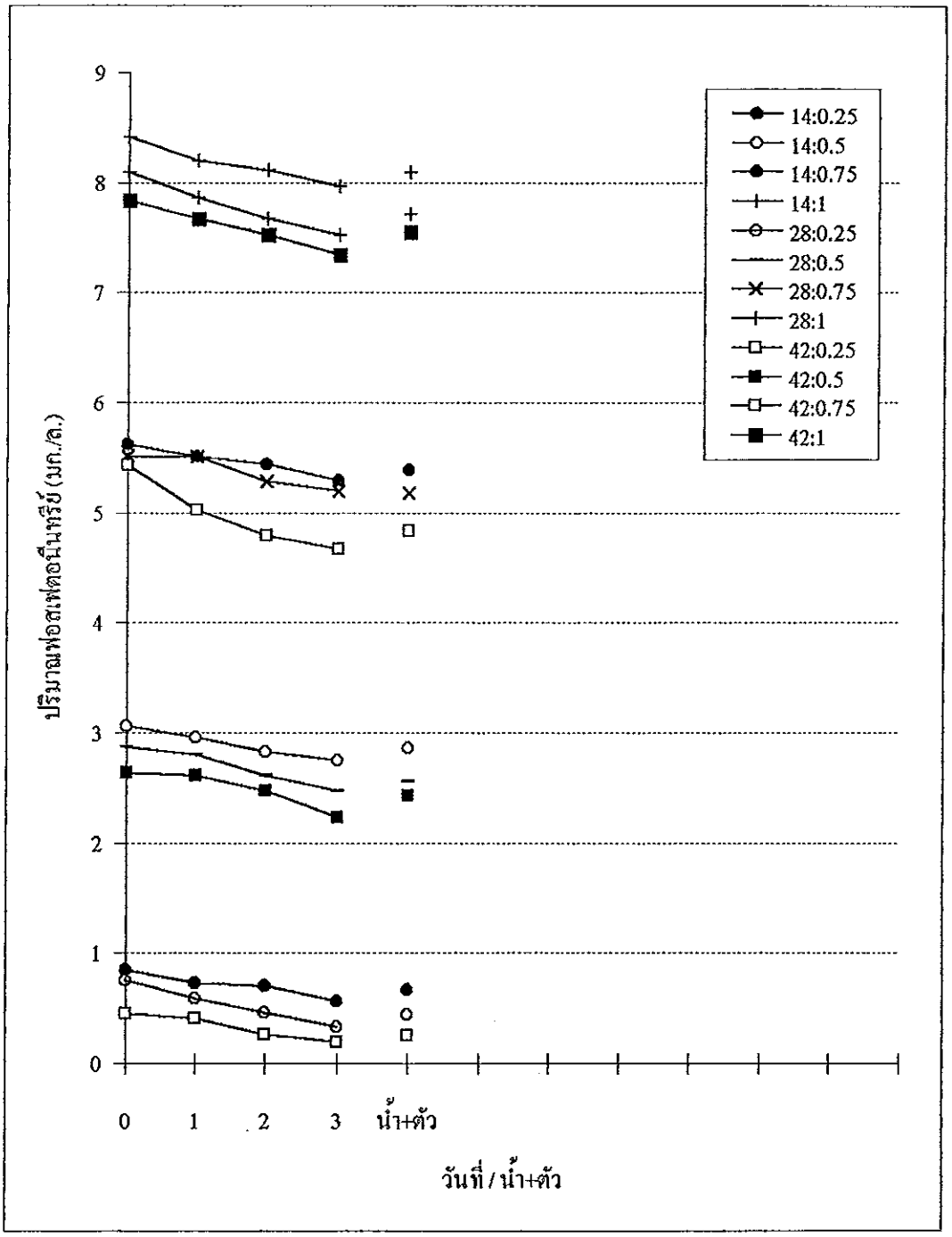
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนของค่าพารามิเตอร์เดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

3.2.2.2.4 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองแตกต่างกันตามปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152) และลดลงเป็นลำดับตามระยะเวลาของการเลี้ยงโรติเฟอร์ ฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ตรวจพบระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกันมีอยู่ในปริมาณที่แปรผันตามปริมาณฟอสเฟต แต่แปรผกผันกับปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ให้แก่โรติเฟอร์ในทำนองเดียวกับเมื่อทำการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่ตรวจพบในทั้งในน้ำและในน้ำรวมกับในตัวโรติเฟอร์แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดการทดลองเดียวกันเมื่อช่วงเวลาแตกต่างกัน ยกเว้นในชุดทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 ที่ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ตลอดการเลี้ยงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณ ไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำและที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำตลอดการเลี้ยงมากที่สุดคือ 7.96±0.11 และ 8.09±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในชุดการทดลองอื่นในช่วงเวลาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์ทั้งสองเท่ากับ 7.34-7.52 และ 7.55-7.70 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาเป็นลำดับได้แก่ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำและในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทต่ำไปในชุดการทดลองที่มีไนเตรทสูงกว่า ที่มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์มากไปค่าต่ำกว่าเป็นลำดับ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 มีปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำและที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำน้อยที่สุดคือ 0.28±0.09 และ 0.38±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดการทดลองเดียวกันมีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเกือบทุกชุดการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่มีการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่ใช้ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:0.25 ที่ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำมีค่าต่ำกว่าปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 29 และ ตารางที่ 44)



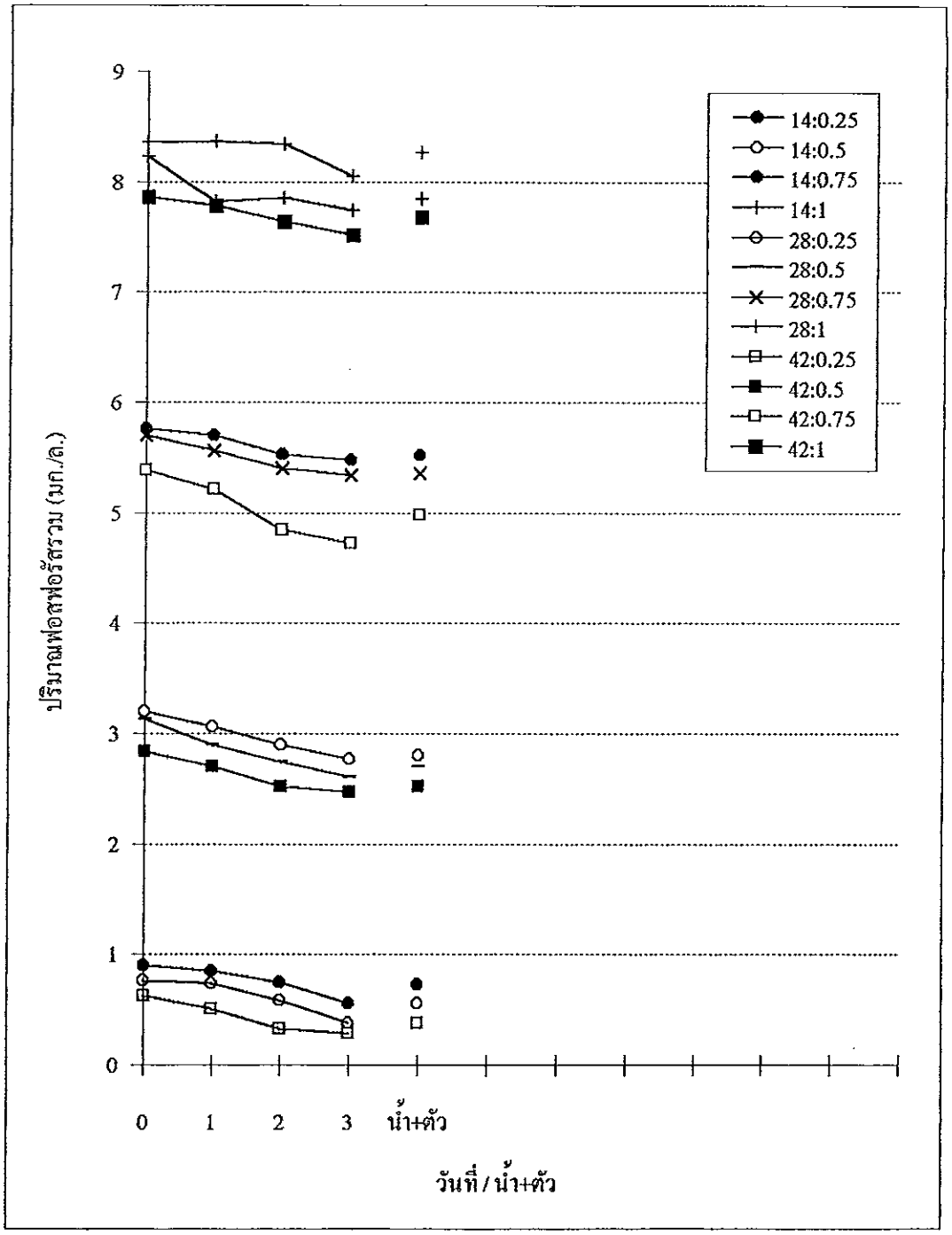
ภาพที่ 29 ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์เฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

3.2.2.2.5 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

ฟอสฟอรัสรวมที่ตรวจพบมีอยู่ในปริมาณที่แปรผันตามปริมาณฟอสเฟตและแปรผกผันกับปริมาณไนเตรทในสูตรอาหารที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ให้แก่โรติเฟอร์ในทำนองเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ เมื่อเริ่มต้นมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำแตกต่างกัน ($P<0.01$) อันเป็นผลมาจากปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่เหลือในน้ำในวันสุดท้ายของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมลดลงตามระยะเวลาของการเลี้ยงโรติเฟอร์และมีปริมาณแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งในระหว่างชุดการทดลองที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันและในชุดการทดลองเดียวกันในวันที่ต่างกันในทำนองเดียวกับเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งที่มีอยู่ในน้ำและที่มีอยู่ในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำตลอดการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 มีค่ามากที่สุดคือ 8.05±0.05 และ 8.26±0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ ค่าดังกล่าวสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ในชุดทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1 และ 42:1 ที่มีฟอสฟอรัสรวมทั้งสองค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 7.52-7.74 และ 7.68-7.84 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ รองลงมาเป็นลำดับได้แก่ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำและในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำในชุดการทดลองที่เลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทต่ำไปในชุดการทดลองที่มีไนเตรทสูงกว่า ที่ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์ที่ได้รับคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในแต่ละสูตรอาหารมีค่าสูงไปหาค่าที่ต่ำกว่าเป็นลำดับเช่นเดียวกับปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งในน้ำและในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำต่ำที่สุดคือ 0.28-0.09 และ 0.38-0.06 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับในน้ำเลี้ยงโรติเฟอร์มีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีอยู่เฉพาะในน้ำในชุดการทดลองเดียวกัน แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติเพียงในชุดการทดลองที่โรติเฟอร์เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 และ 42:0.75 (ภาพที่ 30 และ ตารางที่ 44)



ภาพที่ 30 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมเฉลี่ยในน้ำ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำ ระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ตารางที่ 44 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (OP, มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (TP, มก./ล.) ในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ และที่มีในตัวโรติเฟอร์รวมกับที่มีอยู่ในน้ำระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร (หัวข้อ 3.2.2; หน้า 159)

คุณภาพน้ำ	วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
		14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
OP	0	$^{G}0.85\pm0.14$	$^{E}3.06\pm0.05^{a}$	$^{D}5.62\pm0.10^{a}$	$^{A}8.41\pm0.08^{a}$	$^{G}0.75\pm0.05^{a}$	$^{F}2.87\pm0.11^{a}$	$^{D}5.52\pm0.07^{a}$	$^{B}8.09\pm0.09^{a}$	$^{G}0.45\pm0.13^{a}$	$^{F}2.64\pm0.13^{a}$	$^{D}5.43\pm0.07^{a}$	$^{C}7.83\pm0.09^{a}$
	1	$^{G}0.73\pm0.10$	$^{E}2.96\pm0.11^{ab}$	$^{C}5.51\pm0.10^{ab}$	$^{A}8.20\pm0.09^{ab}$	$^{GH}0.59\pm0.12^{ab}$	$^{EF}2.80\pm0.08^{a}$	$^{C}5.51\pm0.10^{a}$	$^{B}7.86\pm0.07^{ab}$	$^{H}0.41\pm0.09^{ab}$	$^{F}2.61\pm0.14^{a}$	$^{D}5.02\pm0.08^{b}$	$^{B}7.67\pm0.08^{ab}$
	2	$^{G}0.70\pm0.11$	$^{E}2.83\pm0.10^{bc}$	$^{C}5.44\pm0.05^{abc}$	$^{A}8.11\pm0.08^{bc}$	$^{H}0.46\pm0.06^{bc}$	$^{F}2.61\pm0.07^{ab}$	$^{C}5.28\pm0.09^{b}$	$^{B}7.67\pm0.10^{bc}$	$^{I}0.26\pm0.07^{ab}$	$^{F}2.47\pm0.08^{ab}$	$^{D}4.79\pm0.10^{bc}$	$^{B}7.52\pm0.05^{bc}$
	3	$^{H}0.56\pm0.16$	$^{E}2.75\pm0.11^{c}$	$^{C}5.29\pm0.04^{c}$	$^{A}7.96\pm0.11^{c}$	$^{HI}0.33\pm0.08^{c}$	$^{F}2.47\pm0.04^{b}$	$^{C}5.20\pm0.09^{b}$	$^{B}7.52\pm0.12^{c}$	$^{I}0.19\pm0.07^{b}$	$^{G}2.23\pm0.14^{b}$	$^{D}4.67\pm0.09^{c}$	$^{B}7.34\pm0.10^{c}$
	น้ำ+ตัว	$^{H}0.67\pm0.11$	$^{F}2.86\pm0.13^{bc}$	$^{C}5.39\pm0.04^{bc}$	$^{A}8.09\pm0.06^{bc}$	$^{I}0.44\pm0.05^{b}$	$^{G}2.56\pm0.07^{b}$	$^{D}5.18\pm0.08^{b}$	$^{B}7.70\pm0.09^{bc}$	$^{J}0.25\pm0.04^{ab}$	$^{G}2.43\pm0.07^{ab}$	$^{E}4.83\pm0.09^{bc}$	$^{B}7.55\pm0.07^{bc}$
TP	0	$^{G}0.90\pm0.05^{a}$	$^{E}3.20\pm0.05^{a}$	$^{C}5.76\pm0.09^{a}$	$^{A}8.36\pm0.06^{a}$	$^{GH}0.76\pm0.08^{a}$	$^{E}3.13\pm0.05^{a}$	$^{C}5.70\pm0.05^{a}$	$^{A}8.23\pm0.08^{a}$	$^{H}0.63\pm0.08^{a}$	$^{F}2.84\pm0.15^{a}$	$^{D}5.38\pm0.09^{a}$	$^{B}7.86\pm0.08^{a}$
	1	$^{G}0.85\pm0.07^{a}$	$^{E}3.06\pm0.06^{ab}$	$^{C}5.70\pm0.09^{ab}$	$^{A}8.37\pm0.13^{a}$	$^{G}0.74\pm0.10^{a}$	$^{EF}2.90\pm0.07^{b}$	$^{C}5.56\pm0.07^{ab}$	$^{B}7.82\pm0.15^{b}$	$^{H}0.51\pm0.09^{ab}$	$^{F}0.70\pm0.10^{ab}$	$^{D}5.21\pm0.04^{a}$	$^{B}7.78\pm0.08^{ab}$
	2	$^{H}0.75\pm0.06^{ab}$	$^{F}2.90\pm0.0b9^{bc}$	$^{D}5.53\pm0.07^{bc}$	$^{A}8.34\pm0.05^{a}$	$^{H}0.58\pm0.07^{ab}$	$^{F}2.74\pm0.08^{bc}$	$^{D}5.40\pm0.10^{bc}$	$^{B}7.85\pm0.05^{b}$	$^{I}0.33\pm0.08^{bc}$	$^{G}2.52\pm0.07^{b}$	$^{E}4.84\pm0.12^{bc}$	$^{C}7.64\pm0.07^{bc}$
	3	$^{H}0.56\pm0.09^{b}$	$^{F}2.77\pm0.08^{c}$	$^{D}5.48\pm0.04^{c}$	$^{A}8.05\pm0.05^{b}$	$^{I}0.38\pm0.11^{b}$	$^{FG}2.61\pm0.08^{c}$	$^{D}5.34\pm0.07^{c}$	$^{B}7.74\pm0.04^{b}$	$^{I}0.28\pm0.09^{c}$	$^{G}2.47\pm0.08^{b}$	$^{E}4.72\pm0.08^{c}$	$^{C}7.52\pm0.08^{c}$
	น้ำ+ตัว	$^{G}0.73\pm0.11^{ab}$	$^{E}2.80\pm0.12^{c}$	$^{C}5.52\pm0.05^{bc}$	$^{A}8.26\pm0.06^{a}$	$^{G}0.56\pm0.07^{ab}$	$^{E}2.70\pm0.07^{c}$	$^{C}5.36\pm0.03^{c}$	$^{B}7.84\pm0.09^{b}$	$^{H}0.38\pm0.06^{bc}$	$^{F}2.52\pm0.06^{b}$	$^{D}4.98\pm0.06^{b}$	$^{B}7.68\pm0.06^{abc}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

วิจารณ์

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วน (33.2, 66.5 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร, ภาคผนวก ก; หน้า 203) ที่มีฟอสเฟต 0.25, 0.5, 0.75 และ 1.0 ส่วน (2.5, 5, 7.5 และ 10 มิลลิกรัม/ลิตร, ภาคผนวก ก; หน้า 203) ในช่วง 4 วันแรกคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรมีความหนาแน่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความแตกต่างเกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 5 เป็นต้นไป ในส่วนนี้คล้ายกับผลจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหาร 7 สูตรที่ผ่านมาที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรเจริญทวีจำนวนได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติในช่วง 5 วันแรกของการเพาะเลี้ยง ในส่วนนี้จึงยืนยันได้อีกครั้งหนึ่งว่าปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่แตกต่างกันในอาหารเพาะเลี้ยงไม่มีผลต่อการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาในช่วง 4-5 วันแรกของการเพาะเลี้ยงเมื่อความหนาแน่นเริ่มต้นเท่ากัน (Fox, 1983; Smith *et al.*, 1993) ระยะที่คลอเรลลาเจริญทวีจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ความหนาแน่นของคลอเรลลาแตกต่างกันตามปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่มีในอาหารเช่นเดียวกัน โดยมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงเป็นหลัก ปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารมีอิทธิพลต่อความสามารถในการใช้ไนเตรทที่มีในการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาด้วยเมื่อในอาหารเพาะเลี้ยงมีปริมาณไนเตรทสูงอยู่ในระดับหนึ่ง (66.5-100 มิลลิกรัม/ลิตร)

ในการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วน (100 มิลลิกรัม/ลิตร) ได้คลอเรลลาที่มีความหนาแน่นสูงกว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารทดลองชุดอื่นที่มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่า (Oviatt *et al.*, 1995) เช่นเดียวกับผลที่ได้จากการทดลองเมื่อใช้อาหารเพาะเลี้ยง 7 สูตร การใช้ฟอสเฟต 0.25-1.0 ส่วนในอาหารเพาะเลี้ยงทำให้คลอเรลลาแพร่ขยายพันธุ์ออกไปได้หนาแน่นแตกต่างกันทางสถิติ ความหนาแน่นของ คลอเรลลามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีในอาหาร จากผลที่ปรากฏเมื่อทดลองเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนที่มีระดับฟอสเฟตเท่ากัน ประกอบกับผลในส่วนนี้แสดงให้เห็นว่าสำหรับคลอเรลลา นอกจากปริมาณไนเตรทที่มีในอาหารจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเจริญของคลอเรลลาแล้ว ปริมาณไนเตรทที่มีในอาหารเพาะเลี้ยงปริมาณหนึ่ง (ในที่นี้มีค่าระหว่าง 66.5-100 มิลลิกรัม/ลิตร, ในอาหารที่มีไนเตรท 28 และ 42 ส่วนตามลำดับ) ยังมีอิทธิพลในการกำหนดปริมาณการใช้ฟอสเฟตที่จะมีผลต่อการเจริญทวีจำนวนของคลอเรลลาโดยตรงอีกด้วย อย่างไรก็ตามการเจริญของคลอเรลลาขึ้นกับปริมาณไนเตรทในอาหารมากกว่าฟอสเฟตที่มี (Capenter and Capone, 1983; สุวรรณา ภานุตระกูล, 2540)

ในวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารแต่ละสูตรมีความหนาแน่นสูงมากที่สุด ในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วน ความหนาแน่นของคลอเรลลาที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุด 10.29-10.67 เซลล์/มิลลิลิตร (74-76 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท :ฟอสเฟต 42:1, ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง หน้า 225) คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 สูตรเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นมากที่สุดเร็วกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 28 และ 42 ส่วนทุกสูตร 1 วัน เช่นเดียวกับผลในการทดลองช่วงแรก ไนเตรทที่มีอยู่เกือบทั้งหมดในน้ำเมื่อเริ่มต้นถูกดึงเอาไปใช้จนทำให้เหลือไนเตรทในวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลาสูงที่สุดในน้ำ <1 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณไนไตรท์ที่เคยมีเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองรวมทั้งที่เกิดขึ้นในน้ำในระหว่างการเพาะเลี้ยงถูกดึงเอาไปใช้จนเหลืออยู่ในปริมาณที่ไม่สามารถตรวจวัดค่าได้ในวันที่คลอเรลลาหนาแน่นมากที่สุด คล้ายคลึงกันกับที่เกิดขึ้นกับแอมโมเนียที่มี/ที่เกิดขึ้นในน้ำที่เหลือเพียง 7.11-9.26 ไมโครกรัม/ลิตร กระทั่งถึงวันที่ความหนาแน่นของคลอเรลลาสูงที่สุด ปรากฏความแตกต่างของปริมาณสารที่ได้กล่าวมาในน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟตทั้งสี่ระดับน้อยมาก กระทั่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเลยในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด (วันที่ 7) ปริมาณที่แตกต่างกันของฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีไนเตรท 14 ส่วนไม่ได้ทำให้ผลผลิตของคลอเรลลาแตกต่างกัน (Oviatt et al, 1995; Taylor et al, 1995)

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25, 14:0.5 14:0.75 และ 14:1 (ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส 25:1, 12.6:1, 8.4:1 และ 6.3:1 ตามลำดับ, หัวข้อที่ 2.1.2.2 หน้าที่ 21) ได้คลอเรลลา 74-76 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาในชุดควบคุม (ตารางที่ 3 ในภาคผนวก ง หน้า 227) ในวันที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดมีปริมาณไนเตรท ไนไตรท์และแอมโมเนียเหลืออยู่ในน้ำไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือมีไนเตรทเหลืออยู่ในน้ำเพียง 0.15, 0.15, 0.12 และ 0.09 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ มีปริมาณแอมโมเนีย 8.24, 7.11, 8.76 และ 9.26 ไมโครกรัม/ลิตร (17.3, 14.9, 18.4 และ 19.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแอมโมเนียในชุดควบคุม) ตามลำดับ ในขณะมีเพียงชุดการทดลองที่ใช้ฟอสเฟต 0.25 ส่วนเท่านั้นที่มีฟอสเฟต-อนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 0.53 และ 0.54 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนอีกสามชุดการทดลองที่ใช้ไนเตรท 14 ส่วนเท่ากันมีฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในระดับที่เป็นอันตรายมากขึ้นตามปริมาณฟอสเฟตที่ใช้ การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 มีฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมที่เหลืออยู่ในน้ำ

ต่ำกว่าชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:1 ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ แต่มีผลผลิตต่ำกว่าเพียง 2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (ตารางที่ 3 ในภาคผนวก ง)

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วน ที่มีปริมาณฟอสเฟตสี่ระดับ ไนเตรท 64.3-73.5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่ใส่ลงไปถูกนำไปใช้กระทั่งคลอเรลลาเจริญได้ความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งมีค่าสูงกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท 14 ส่วน แต่ความหนาแน่นสูงที่สุดของคลอเรลลาเจริญทวีจำนวนในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วนทั้ง 4 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ เพียงแต่มีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่าการใช้อาหารชุดนี้คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าเจริญทวีจำนวนได้ดีกว่าในอาหารที่มีฟอสเฟตต่ำกว่า ในขณะที่ในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วน พบว่านอกจากความหนาแน่นของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงได้ในอาหารที่มีฟอสเฟตทั้งสี่ระดับจะมีความหนาแน่นสูงกว่าคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรทต่ำกว่าทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญแล้ว ความหนาแน่นคลอเรลลาที่ได้ยังแปรผันโดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตที่มีในอาหารอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการใช้ฟอสเฟตที่มีในอาหารของคลอเรลลาสำหรับการเจริญทวีจำนวนถูกจำกัดด้วยปริมาณไนเตรทที่มีด้วย ในที่นี้คลอเรลลาจะสามารถใช้ฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารในการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันก่อนวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุด 1 วัน และ ในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นมากที่สุด เมื่อในอาหารมีไนเตรทตั้งแต่ 66.5 มิลลิกรัม/ลิตร (ไนเตรท 28 ส่วน) เป็นต้นไป

ในอาหารที่มีไนเตรท 28 ส่วน มีไนไตรท์ และแอมโมเนียที่เกิดขึ้นของในระหว่างการเพาะเลี้ยงยังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วย ปริมาณไนไตรท์ที่เกิดขึ้นถูกคลอเรลลาดึงเอาไปใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตเมื่อปริมาณไนเตรทในน้ำเพาะเลี้ยงลดต่ำลงเหลือ 17.8-24.6 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นในเวลาเดียวกันกับที่แอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำเพาะเลี้ยงลดลง ปริมาณไนเตรทดังกล่าวถือได้ว่าเป็นปริมาณต่ำที่สุดในสภาวะนั้น ๆ ที่เมื่อมีไนเตรทในน้ำในระดับที่ต่ำกว่าจะเกิดภาวะขาดแคลนสำหรับคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยง

เมื่ออาหารมีฟอสเฟต 0.5-1 ส่วน (5-10 มิลลิกรัม/ลิตร) มีแอมโมเนียในน้ำเกิดเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการเพาะเลี้ยงจนกระทั่งถึงวันที่ 5 แล้วจึงลดปริมาณลง การลดปริมาณลงของแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ใช้อาหารที่มีฟอสเฟต 0.5 ส่วน (5 มิลลิกรัม/ลิตร) น้อยกว่าแอมโมเนียที่ลดลงในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีฟอสเฟต 0.25 ส่วนที่ยังคงเพิ่มปริมาณไปเรื่อย ๆ แม้ว่าในวันที่คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงมีความหนาแน่นสูงจะมีปริมาณแอมโมเนียในน้ำ (34.9-38.2 ไมโครกรัม/ลิตร) ที่เกือบไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตาม ผลในส่วนนี้ชี้ให้เห็นอิทธิพลโดย

ตรงของปริมาณฟอสเฟตที่มีต่อการดึงเอาสารประกอบไนโตรเจนไปใช้ของคลอเรลลา ถึงแม้ว่าในที่สุดทั้งไนไตรท์และแอมโมเนียที่เหลือในน้ำไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Boyd, 1990) ก็ตาม ส่วนที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าเริ่มมีความแตกต่างเกิดขึ้นในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา เมื่อในอาหารเพาะเลี้ยงมีไนเตรท 28 ส่วน (66.5 มิลลิกรัม/ลิตร) และมีฟอสเฟตในปริมาณ 0.25-1.0 ส่วน (2.5-10 มิลลิกรัม/ลิตร) ความสำคัญของปริมาณฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาจึงถูกจำกัดโดยตรงด้วยปริมาณไนเตรทที่มีด้วยอัตราการนำสารละลายฟอสฟอรัสไปใช้ของคลอเรลลาแปรผันตามทั้งความเข้มข้นของสารละลายฟอสฟอรัสเองและความเข้มข้นของไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงที่จะต้องอยู่ในระดับที่สูงพอ (สุวรรณา ภานุตระกูล, 2540)

การใช้ฟอสเฟตในอาหาร 0.5-1 ส่วนที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วนเพาะเลี้ยงคลอเรลลามีฟอสเฟตตกค้างในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด สูงกว่าปริมาณฟอสเฟตในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีฟอสเฟต 0.25 ส่วน 26.57-99.07 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง) ในขณะที่ได้คลอเรลลาหนาแน่นมากกว่ากันเพียง 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลา 0.5-1.0 ส่วน (5-10 มิลลิกรัม/ลิตร) จึงเป็นปริมาณที่มากเกินความจำเป็นที่คลอเรลลาจะสามารถดึงเอาไปใช้ ที่ล้วนเป็นเหตุหนึ่งที่นอกเหนือจะเป็นการสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังทำให้มีฟอสเฟตลงมาปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติมากเกินความจำเป็นในที่สุด

ไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 42 ส่วนสูงกว่าในระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วนในทำนองเดียวกับในการทดลองชุดแรก การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารเพาะเลี้ยงที่ไนเตรท 42 ส่วนที่มีฟอสเฟตทั้ง 4 ระดับเหลือไนเตรทอยู่ในน้ำในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุดสูง 19-22 มิลลิกรัม/ลิตร การใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 และ 42:0.5 มีไนไตรท์เกิดขึ้นในน้ำ 105.3 และ 101.5 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ การใช้อาหารที่มีไนเตรทเท่ากันที่มีฟอสเฟต 0.75 และ 1.0 ส่วนมีไนไตรท์ในน้ำ 84.9 และ 75.1 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ที่อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ แสดงให้เห็นว่าแม้คลอเรลลาจะสามารถใช้ฟอสเฟตที่มีอยู่อย่างเหลือเฟือในอาหารได้เพียงเล็กน้อย ปริมาณฟอสเฟตที่นอกจากจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อการใช้ไนเตรทที่มีแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อการที่ไนไตรท์ที่เกิดขึ้น ซึ่งรวมถึงแอมโมเนียที่จะถูกดึงเอาไปใช้โดยตรงอีกด้วย ในชุดการทดลองกลุ่มนี้มีแอมโมเนียในน้ำในระดับที่จัดว่าปลอดภัยคือ 7.11-47.6 ไมโครกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมเหลืออยู่ในน้ำในปริมาณมาก

อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิตที่ต้องอาศัยอยู่ในน้ำ ยกเว้นชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 ที่มีฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมในระดับที่ปลอดภัย การใช้อาหารเพาะเลี้ยงที่มีไนเตรท 42 ส่วน ส่วนมากจึงยังคงทำให้เกิดไนเตรทและไนไตรท์เกินมาตราฐานน้ำทิ้ง ส่วนแอมโมเนียในน้ำแม้จะไม่อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำแต่ก็มีปริมาณมาก

การเลี้ยงโรติเฟอร์

การนำคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหาร 12 สูตรไปใช้เลี้ยงโรติเฟอร์ โรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรทและฟอสเฟตในระดับที่สูงกว่าสามารถเจริญได้ดีกว่า ทำให้มีความหนาแน่นมาก และยังมีการสร้างไข่ได้มากกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ในการทดลองเลี้ยงโรติเฟอร์ในช่วงแรก กล่าวคือโรติเฟอร์ที่เลี้ยงด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 มีความหนาแน่นมากและมีการสร้างไข่ได้มากที่สุด ในขณะที่ความหนาแน่นของโรติเฟอร์ที่ด้วยด้วยคลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 มีความหนาแน่นต่ำที่สุดและมีการสร้างไข่ในระหว่างการเลี้ยงน้อยที่สุด ความแตกต่างของปริมาณโรติเฟอร์ที่เลี้ยงได้และไข่ที่โรติเฟอร์สร้าง เนื่องจากเหตุผลในทำนองเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในชุดการทดลองที่ 1 (หน้า 83 และ 89) ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่ต่างกันในสูตรอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงคลอเรลลาไม่มีผลต่อขนาดของตัวของโรติเฟอร์ แต่มีผลต่อระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของคลอเรลลาบ้าง

ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียที่เหลืออยู่ในน้ำและที่ควรจะเป็นส่วนที่มีในตัวโรติเฟอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของไนเตรทและฟอสเฟตในอาหาร ในขณะที่ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมที่มีในน้ำที่เลี้ยงโรติเฟอร์ที่ได้มาจากขั้นตอนการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่ให้โรติเฟอร์กินรวมทั้งส่วนที่ควรจะมีสะสมในตัวของโรติเฟอร์ ลดปริมาณลงเมื่อมีไนเตรทในอาหารเพิ่มมากขึ้นและเมื่อลดฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาลง ผลในส่วนนี้ยืนยันอิทธิพลและความสัมพันธ์ที่ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารมีต่อกันที่ ณ ปริมาณหนึ่งของไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารเพาะเลี้ยงที่คลอเรลลาจะสามารถใช้ฟอสเฟตที่มีอยู่ในการเจริญทวีจำนวนได้อย่างมีประสิทธิภาพดังที่ได้รายงานมาแล้วครั้งหนึ่ง (หน้า 113) จากการที่มีสารตกค้างในน้ำเพาะเลี้ยงและในตัวของโรติเฟอร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบไนโตรเจนสูงกว่าเมื่อเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยอาหารที่มีไนเตรทมากกว่า แม้ว่าจะมีปริมาณสารที่สะสมในตัวของโรติเฟอร์ไม่มากนัก เมื่อพิจารณาคุณภาพน้ำที่จะระบายทิ้งหลังจากการเลี้ยงโรติเฟอร์เป็นประเด็นสำคัญเช่นเดียวกับในช่วงของการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

แม้ผลของการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 (ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส 19:1) จะดีที่สุดที่คลอเรลลาสำหรับการนำไปใช้ในการเจริญเติบโต แต่ในเวลาเดียวกันผลก็ได้ชี้ให้เห็นผลพลอยได้ที่ไม่พึงปรารถนาที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำทิ้ง ตลอดจนส่วนที่มีสะสมอยู่ในแพลงก์ตอนที่เพาะเลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของน้ำหลังจากการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำจึงไม่เหมาะสมจะนำมาใช้กันอีกต่อไป ผลการทดลองแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการที่จะลดปริมาณการใช้ทั้งไนเตรทและฟอสเฟตที่เคยใช้ในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาลง ด้วยเหตุผลและข้อมูลที่ได้จากการทดลองและที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งในด้านที่เกี่ยวกับผลผลิต คุณภาพน้ำที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลา ต้นทุนการผลิต (ตารางที่ 3 ในภาคผนวก ง) และที่สำคัญที่สุดในขณะนี้คือความพยายามที่จะชะลอหรือลดการเพิ่มขึ้นของมลพิษที่จะเกิดขึ้นกับแหล่งน้ำธรรมชาติลง จะเห็นได้ว่าสามารถใช้อาหารทดลองที่มี ไนเตรท 14 ส่วนทั้ง 4 สูตร หรือการใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28 : 0.25 ส่วนสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาขึ้นอยู่กับสิ่งที่ผู้ใช้จะนำมาพิจารณาเป็นเบื้องต้น เช่น ปัจจัยหลักเกี่ยวกับสารที่ต้องการจำกัดว่าเป็นกลุ่มใด แทนปริมาณสารที่ใช้กันอยู่ในอาหารสูตรปัจจุบันได้ โดยที่จะสามารถให้ผลในแง่ของการอนุรักษ์ที่ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด เชื่อว่าในอนาคตหากได้มีการศึกษาปรับปรุงต่อไปในรายละเอียดของการใช้อาหารเพาะเลี้ยง มีการปรับพัฒนาเกี่ยวกับเรื่องของการจัดการผลผลิตที่ต้องการได้ครบวงจรประกอบกันไป ควรจะเกิดมลภาวะจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงอาหารมีชีวิตในส่วนนี้ลงได้มากกว่าที่ทำกันอยู่ในปัจจุบันมาก จะเป็นการช่วยสนับสนุนการอนุรักษ์สภาวะแวดล้อมในปัจจุบันที่เป็นสิ่งที่จำเป็นมากที่ทุกฝ่ายต้องให้ความสนใจและให้ความร่วมมือโดยเร่งด่วนได้ทางหนึ่ง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. <u>การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้</u>

คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวามีความหนาแน่นสูงที่สุดในวันที่ 8 คือ 15.26×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร และได้โรติเฟอร์สูงที่สุด 198.3 ตัว/มิลลิลิตรในวันที่ 3 เหลือไนเตรทไนไตรท์ ฟอสเฟตอนินทรีย์และฟอสฟอรัสรวมทั้งในวันที่เก็บเกี่ยวคลอเรลลาและโรติเฟอร์อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ส่วนแอมโมเนียระหว่างการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาอยู่ในระดับที่ปลอดภัย คลอเรลลาใช้ไนเตรทและฟอสเฟตที่มีในอาหารไปในการเจริญทวีจำนวนประมาณ 80 และ 20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

2. <u>การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรทแตกต่างกัน และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้</u>

คลอเรลลาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรได้แก่ อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1, 7:1, 14:1, 28:1, 42:1, 56:1 และ 70:1 พบว่าความหนาแน่นของคลอเรลลาและโรติเฟอร์ที่ได้แปรผันโดยตรงกับปริมาณไนเตรทที่มีอยู่ในอาหารและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ผลผลิตของทั้งคลอเรลลา โรติเฟอร์ และคุณภาพน้ำใกล้เคียงหรือดีกว่าชุดควบคุมเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท 14 และ 28 ส่วน คลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงได้มีความหนาแน่นมากที่สุด 10.18×10^6, 10.43×10^6, 12.69×10^6, 14.17×10^6, 15.54×10^6, 18.89×10^6 และ 19.57×10^6 เซลล์/มล.ในวันที่ 6, 6, 7, 8, 8, 9 และ 9 ส่วนโรติเฟอร์ที่กินคลอเรลลาที่ได้หนาแน่นมากที่สุด 190.3, 195.6, 201.0, 203.3, 207.7, 221.4 และ 232.9 ตัว/มล.พร้อมกันในวันที่ 3 ตามลำดับ ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียในวันที่คลอเรลลาหนาแน่นมากที่สุดและในวันที่เก็บเกี่ยวโรติเฟอร์แปรผกผันตามปริมาณไนเตรท ส่วนฟอสเฟตแปรผกผันกับปริมาณไนเตรทในอาหาร เหลือปริมาณไนเตรทในวันที่คลอเรลลาหนาแน่นมากที่สุดและในวันที่เก็บเกี่ยวโรติเฟอร์ต่ำมากถึงขั้นเกือบตรวจวัดไม่ได้ถึงตรวจวัดไม่ได้ในชุดทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 คือ 0.02-0.54 และ 0 มิลลิกรัม/ลิตร เหลือแอมโมเนีย 14.3-26.4 และ 0-133.9 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ ในขณะที่การใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 เหลือไนเตรทในน้ำ 3.40-58.8 และ 1.44-50.5 มิลลิกรัม/ลิตร และเหลือแอมโมเนีย 32.7-67.6 และ

161.0-261.8 ไมโครกรัม/ลิตรตามลำดับ แอมโมเนียในน้ำมีปริมาณลดลงในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 3.5:1-14:1 แต่จะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 28:1-70:1 ปริมาณฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาและในระหว่างการเลี้ยงโรติเฟอร์ทั้งเจ็ดชุดการทดลองมีปริมาณลดลงตามจำนวนวันของการเลี้ยง แต่ยังคงเหลือฟอสเฟตในทั้งสองช่วงอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิตในน้ำ คือ 7.16-8.56 และ 7.12-8.28 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ

การใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วน (33.2, 66.5 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตรตามลำดับ) ได้ผลผลิตคลอเรลลาและโรติเฟอร์ที่กินคลอเรลลา และในน้ำเหลือไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียค่อนข้างต่ำเมื่อพิจารณาทั้งผลผลิตและคุณภาพน้ำประกอบกัน จึงใช้อาหารทดลองที่มีไนเตรททั้งสามระดับนี้ในการทดลองต่อไป

3. <u>การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกัน และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้</u>

การเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณฟอสเฟตแตกต่างกัน ใช้อาหารทดลอง 12 สูตร ได้แก่อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25,14:0.5, 14:0.75, 14:1.0, 28:0.25, 28:0.5, 28:0.75, 28:1.0, 42:0.25, 42:0.5, 42:0.75 และ 42:1.0 (ชุดควบคุม) (N:P 25:1, 12.6:1, 8.4:1, 6.3:1, 50.5:1, 25:1, 16.8:1, 12.6:1, 76:1, 38:1, 13.3:1 และ 19:1 ตามลำดับ) พบว่าปริมาณฟอสเฟตในอาหารเพาะเลี้ยงมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของคลอเรลลาเมื่อในอาหารมีไนเตรทตั้งแต่ 28 ส่วนเป็นต้นไป ความหนาแน่นของคลอเรลลาและโรติเฟอร์แปรผันโดยตรงตามปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่มีอยู่ในอาหารและแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) คลอเรลลาและโรติเฟอร์เจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดในอาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:1 เท่ากับ 13.99×10^6 เซลล์/มล. ในวันที่ 8 และ 219.3 ตัว และต่ำที่สุดเมื่อในอาหารมีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 เท่ากับ 10.29×10^6 เซลล์/มล.ในวันที่ 7 และ 149.2 ตัว/มล.ตามลำดับ ปริมาณไนเตรทและไนไตรท์ที่เหลือในน้ำในวันที่คลอเรลลาและโรติเฟอร์หนาแน่นมากที่สุดแปรผันตามปริมาณไนเตรท แต่แปรผกผันกับปริมาณฟอสเฟตที่ใส่ในอาหาร แอมโมเนียแปรผันตามทั้งไนเตรทและฟอสเฟต ส่วนฟอสเฟตที่เหลือแปรผันตามปริมาณฟอสเฟตในอาหารแต่แปรผกผันกับไนเตรท เหลือฟอสเฟตอนินทรีย์ในน้ำต่ำและสูงที่สุดเมื่อใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 42:0.25 และ 14:1 ตามลำดับ การใช้อาหารเพาะเลี้ยงคลอเรลลาที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 14:0.25 และการเลี้ยงโรติเฟอร์ด้วยคลอเรลลาที่ได้ ได้ผลผลิตที่เพียงพอ โดยที่เหลือปริมาณสารตกค้างที่เกิดในระหว่างการเพาะเลี้ยงทั้งสองช่วงต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. กรุงเทพฯ : คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 62-239.

กองควบคุมและพัฒนาอาหารสัตว์น้ำ. 2541. วิกฤตการณ์การขาดแคลนอาร์ทีเมีย (*Artemia*) ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อนและแนวทางแก้ไข. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรกลยุทธ์ในการอนุบาลสัตว์น้ำในยุคอาร์ทีเมียขาดแคลน ณ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา วันที่ 23 มกราคม 2541 หน้า 14-19.

คณิต ไชยาคำ, สิริ ทุกข์วินาศ, ยงยุทธ ปรีดาสัมพะบุตร, พุทธ ส่องแสงจินดา และ ดุสิต ตันวิไลย. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 109 หน้า.

โชติมา วนโกสุม, ครรชิต เพ็ชรจำรัส, สุชาติ พิลาเดช และ จารุรินทร์ กุลทนันท์. 2533. การผลิตแพลงก์ตอนเพื่อการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อนในสถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง. เอกสารวิชาการสถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดระยอง กรมประมง จังหวัดระยอง. หน้า 118-121.

ถนอม พิมลจินดา. 2529. โรติเฟอร์. เอกสารวิชาการสถานีประมงน้ำกร่อยจังหวัดภูเก็ต กรมประมง จังหวัดภูเก็ต. 21 หน้า.

ธิดา เพชรมณี. 2523. ศึกษาวงจรชีวิตของโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis*. การประชุมวิชาการประมงน้ำกร่อย กรมประมง. 5 หน้า.

ธิดา เพชรมณี. 2526ก. การทดลองเพาะเลี้ยงโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* O.F. Muller ด้วยอาหารชนิดต่าง ๆ. รายงานผลงานทางวิชาการปี 2526 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. หน้า 157-180.

ธิดา เพชรมณี. 2526ข. ศึกษาปริมาณโรติเฟอร์ที่จะให้ลูกปลากะพงขาวในระยะเริ่มกินอาหาร. รายงานผลงานทางวิชาการปี 2536 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. หน้า 193-204.

ธิดา เพชรมณี. 2529. การทดลองเลี้ยงโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* O.F. Muller ด้วยอาหารชนิดต่างๆ. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 15 หน้า.

ธิดา เพชรมณี. 2530. โรติเฟอร์-อาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการเรื่องการวิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจของประเทศไทย โรงแรมเมอร์ลิน เมืองพัทยา ชลบุรี วันที่ 15-17 กรกฎาคม 2530 หน้า 1-5.

ธิดา เพชรมณี. 2531. ความเป็นไปได้ในการใช้โรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* เป็นอาหารระยะแรกของลูกปลากะรัง *Epinephelus malabaricus*. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2531 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 10 หน้า.

ธิดา เพชรมณี. 2534. อาหารสัตว์น้ำวัยอ่อน. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. หน้า 2-10.

ธิดา เพชรมณี. 2541. การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนอื่นเพื่อใช้แทนอาร์ทีเมีย. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรกลยุทธ์ในการอนุบาลสัตว์น้ำในยุคอาร์ทีเมียขาดแคลน ณ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา วันที่ 23 มกราคม 2541 หน้า 11-13.

ธิดา เพชรมณี และ มาวิทย์ อัศวอารีย์. 2536. คุณค่าทางโภชนาการของโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* เมื่อให้กิน emulsified oils ที่อุดมไปด้วย ω-3 HUFA. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. หน้า 521-525.

ธิดา เพชรมณี และ มาวิทย์ อัศวอารีย์. 2537. การตกตะกอนคลอเรลลาน้ำเค็มเพื่อนำไปเพาะเลี้ยงในบ่อกุ้งกุลาดำ. รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ บางเขน กรมประมง ระหว่างวันที่ 19-21 กันยายน 2537 หน้า 35-37.

ธิดา เพชรมณี และ มาวิทย์ อัศวอารีย์. 2539. ปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของไรน้ำกร่อย *Diaphanosoma* sp. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 18 หน้า.

บัญญัติ มณเฑียรอาสน์. 2533. แพลงก์ตอนวิทยาเบื้องต้น. เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 303 หน้า.

พิศมัย สมสืบ และ สุธีวัฒน์ สมสืบ. 2534. ผลของความเค็มต่ออัตราการเจริญเติบโตของโรติเฟอร์. ว. การประมง 44(5):447-452.

ภาณุ เทวรัตน์มณีกุล, ทวี วิพุทธานุมาศ, วีระ วัชรกรโยธิน และ ทัศนีย์ สุขสวัสดิ์. 2532. การเพาะไรแดง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 9/2532 การถ่ายทอดเทคโนโลยี โครงการวิจัยการเพาะเลี้ยงปลาบู่ สถานีประมงน้ำจืดจังหวัดปทุมธานี กองประมงน้ำจืด กรมประมง จังหวัดปทุมธานี. 14 หน้า.

มนูวดี หังสพฤกษ์. 2532. สมุทรศาสตร์เคมี. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 329 หน้า.

มาวิทย์ อัศวอารีย์, และ ธิดา เพชรมณี. 2534. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของคลอเรลลาในห้องปฏิบัติการ. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 10 หน้า.

มาวิทย์ อัศวอารีย์, และ ธิดา เพชรมณี. 2538. ขนาดของโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* สายพันธุ์ต่างๆ ที่พบในประเทศไทย. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 10 หน้า.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และ ไพพรรณ พรประภา. 2538. การจัดการคุณภาพน้ำ (เล่ม 1)กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ .319 หน้า.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และ จารุวรรณ สมศิริ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. ฝ่ายวิจัยสิ่งแวดล้อมสัตว์น้ำ สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. หน้า 62-82.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2523. แพลงก์ตอนวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 329 หน้า.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2538. แพลงก์ตอนสัตว์. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 671 หน้า.

ลัดดา วงศ์รัตน์. 2539. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์. 131 หน้า.

วิทย์ ธารชลานุกิจ. 2538. ไข่อาร์ทีเมีย. เอกประกอบคำบรรยายการสัมมนาวิชาการ แนวทางการแก้ไขวิกฤตการณ์อาร์ทีเมีย. โรงแรมมารวยการ์เดน กรุงเทพฯ วันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2538. หน้า 1-12.

สาธิต โกวิทวที และ อรนุช ดีช่วย. 2531. ผลตอบสนองของจำนวนโรติเฟอร์ *Brachionus plicatilis* (Muller) ที่เลี้ยงด้วยสาหร่าย *Chlorella* sp., *Chaetoceros* sp., ยีสต์ขนมปัง และมูลไก่. เอกสารวิชาการสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน. 25 หน้า.

สิริ ทุกข์วินาศ. 2528. การวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. เอกสารเผยแพร่ฉบับที่ 4/2528 สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. หน้า 115-142.

สันติชัย รังสิยาภิรมย์ และ ทวีป แก้วเกลี้ยง. 2537. การใช้ *Chlorella* sp. บำบัดน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปอาหารทะเล. เอกสารวิชาการสถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง จังหวัดสงขลา. 28 หน้า.

สุนีย์ สุวภีพันธ์. 2516. อิทธิพลของแสงต่อการเจริญเติบโตของโรติเฟอร์, *Brachionus plicatilis*. ว.การประมง 26(3):353-360.

สุพิศ ทองรอด และ อนันต์ ตันสุตะพานิช. 2541. การใช้อาหารสำเร็จรูปเลี้ยงกุ้งกุลาดำวัยอ่อนโดยใช้เครื่องกวนอาหารอัตโนมัติ. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรกลยุทธ์ในการอนุบาลสัตว์น้ำในยุคอาร์ทีเมียขาดแคลน สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดสงขลา วันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2541. หน้า 11-13.

สุมาลี สุทธิประดษฐ์. 2536. เอกสารคำสอนวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาธรณีศาสตร์. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา. 349 หน้า.

สุวรรณา ภาณุตระกูล. 2540. ผลของสารละลายฟอสฟอรัสและไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของ *Chlorella* sp. ในน้ำทะเลชายฝั่ง. เอกสารวิชาการฉบับที่ 10/2540 สถาบันวิจัยชีววิทยาและประมงทะเล ภูเก็ต กรมประมง. 16 หน้า.

Becker, E. W. and L. V. Venkataraman. 1982. Biotechnology and Exploitation of Algal - The Indian Approach. Eschborn : German Agency for Technical Cooperation (GTE). 216 p.

Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Pond for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment University, Aubum University, Alabama : Birmingham Publishing Co., Ltd. 482 p.

Boyd, C. E. and C. S. Tucker. 1992. Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture. Alabama : Aubur n University. 183 p.

Boonyaratpalin, M. 1987. Larval feed. Songklanakarin J. Sci. Technol. 9(2):285-291.

Borowitzka, M. A. and L. J. Borowitzka. 1988. Micro-Algal Biotechnology. New York : Cambridge University Press. 476 p.

Capenter, E. J., D. G. Capone. 1983. Nitrogen in the Marine Environment. Academic. 900 p.

Cohen, D., A. Finkiland and M. Sussman. 1976. On the role of algae in larviculture of *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 8:199-207.

Cole, G. A. 1994. Text Book of Limnology (4 ed). Illinois : Waveland Press Inc. 381 p.

Darley, W. M. 1982. Algal Biology : A physiological approach. In Basic Microbiology. (ed. J. F. Wilkinson),vol. IX, pp. 1-168. Oxford : Blackwell Scientific Publications.

Dhesprasith, D., T. Pechmanee and M. Iizawa. 1986. Effect of food density on food consumption of juvenile seabass, *Lates calcarifer*. Report Thailand and Japan Joint Coastal Aquaculture Research Project, Songkhla, Thailand, Apr. 1984 -Jan. 1986 pp.12-19.

Ducan, D. W. 1955. Multiple-range and multiple F-tests. Biometrics 11:1-42.

Fermin, A. C. and Ma. E. C. Bolivar. 1994. Feeding live or frozen *Moina macrocopa* (Strauss) to Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch), larvae. ISR. J. Agua. Bamidgeh 46(3):132-139.

Fogg, G. E. 1966. Algal Cultures and Phytoplankton Ecology. Wisconsin : The University of Wisconsin Press, Ltd. 126 p.

Fogg, G. E. 1975. Algal Cultures and Phytoplankton Ecology (2nd ed). The United States of America : The University of Wisconsin Press, Ltd. 175 p.

Fu, Y., K. Hirayama and Y. Natsukari. 1991a. Morphological differences between two types of the rotifer *Brachionus plicatilis* O.F. Muller. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 151:29-41.

Fu, Y., K. Hirayama and Y. Natsukari. 1991b. Genetic divergence between S and L type Strains of the rotifer *Brachionus plicatilis* O.F. Muller. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 151:43-56.

Fukusho, K. and H. Iwamoto. 1982. Strain and size of the rotifer, *B. plicatilis*, being cultured in Southeast Asian Countries. Bull. Natl. Res. Inst. Aqua. 3:107-109.

Gatesoupe, J. F. and P. Lequet. 1981. Practical diet for mass culture the rotifer, *Brachionus plicatilis* : Application to larval rearing of seabass, *Dicentrachus labrax*. Aquaculture 22:145-163.

Gilbert, J. J. and P. L. Starkweather. 1977. Feeding in the rotifer (*Brachionus calyciflorus*). Oecologia. 28:125-131.

Hagiwara, A., T. Kotani, T. W. Snell, M. Assava-Aree and K. Hirayama. 1995. Morphology, reproduction, genetics, and mating behavior of small, tropical marine *Brachionus* strains (Rotifera). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 194:25-37.

Helm, M. M. and P. F. Millican. 1977. Experiments in the hatchery rearing of Pacific oyster larvae (*Crassostrea gigas* Thunberg). Aquaculture 11:1-12.

Hino, A. and R. Hirano. 1977. Ecological studies on the mechanism of bisexual reproduce in the rotifer, *Brachionus plicatilis* II - Effect of cumulative parthenogenetic generation on the frequency of bisexual reproduction. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 43(10):1147-1155.

Hirata, H. 1974. An attempt to apply an experimental microcosm for the mass culture of marine rotifer, *Brachionus plicatilis* Muller. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 33:163-172.

Hirata, H. 1980. Culture methods of marine rotifer, *Brachionus plicatilis*. Min. Rev. Data File Fish. Res. 1:27-46.

Hirayama, K. and T. Kusano. 1972. Fundamental studies on physiology of rotifer for its mass culture-II - influence of water temperature on population growth of rotifer. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 38(12):1357-1363.

Hirayama, K. and I. F. M. Rumengan. 1993. The fecundity patterns of S and L type rotifers of *Brachionus plicatilis*. Hydrobiol. 255/226:153-157.

Hirayama, K. and K. Takagi and H. Kimura. 1978. Nutritional effect of eight species of marine phytoplankton on population growth of rotifer, *Brachionus plicatilis*. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 45(1):11-16.

Hirayama, K. and K. Watanabe. 1973. Fundamental studies on the physiology of rotifer in mass culture-IV, nutritional effect of yeast on population growth of rotifers. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 39:1129-1133.

Ito, S., H. Sakamoto, M. Hori, K. Hirayama. 1981. Morphological characteristic and suitable temperature for the growth of several strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Bull. of the Faculty of Fisheries, Nagasaki Uni. Japan. 51:1-16.

James, M. C. and T. S. Abu-Rezeq. 1989. An intensive premostat culture system for the production of rotifer for aquaculture. Aquaculture 81:291-301.

Juario, J. V. and V. Storch. 1984. Biological evaluation of phytoplankton, *Chlorella* sp., *Tetraselmis* sp. and *Isochrysis galbana* as food for milkfish, *Chanos chanos* fry. Aquaculture 40:193-198.

Kaplan, D., A. E. Richmond, Z. Dubinsky and S. Aaronson. 1986. Algal nutrition. In CRC Handbook of Microalgal Mass Culture. (ed. A. Richmond), pp. 147-198 Florida : CRC Press.

Kitajima, C., S. Fujita, F. Oowa, Y. Yone and T. Watanbe. 1979. Improvement of dietary value of red seabream larvae of rotifer, *Brachionus plicatilis* cultured with baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae*. J. Bull. Japan. Soc. Fish. 45:469-471.

Kitajima, C, M. Yoshida and T. Watanabe. 1980. Dietary value for Ayu, *Plecoglossue altivelis* to rotifer, *Brachionus plicatilis* cultured with baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* supplemented with cuttle fish liver oil. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 46 (1):47-50.

Kumar, H. D. and H. N. Singh. 1971. A Textbook on Algae. New Delhi, India : Affiliated East - West Press PVT. Ltd. 200 p.

Malis-Arad, S. and R. E. Mc Gowan. 1982. Alkalinity-induced aggregation in *Chlorella vulgaris* II changs in the cell wall during the cell cycle. Plant and Cell Physiol. 23 (1):11-17.

Marsot, P., A. D. Cembella and J. C. Colombo. 1991. Intracellular and extracellular amino acid pools of the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum* (Bacillariophyceae) grown on unenriched seawater in high-cell-density dialysis culture. J. Phycol. 27:478-491.

Mitchell, S. S. and J. H. B. Joubert. 1986. Effect of elevated pH on the survival and reproduction of *Brachionus calyciflorus*. Aquaculture 55:215-220.

Nakamura, Y. and S. Miyachi. 1982. Effect of temperature on starch degradation in *Chlorella vulgaris* 11 cell. Plant and Cell Physiol. 23(2):333-341.

Nyonjie, B. and J. Radull. 1991. The effect of feeding freshwater, Chlorella, baker's yeast and culture selco on the culture of rotifer, *Brachionus* sp. In Larvi' 91 - Fish & Crustacean Larviculture (eds. P. Lavens, P. Sorgeloss, E. Jaspers and F. Ollevier) No.XV, pp.106-109.Gent, Belgium : European Aquaculture Society.

Oviatt, C., P. Doering, B. Norwicki, L. Reed, J. Cole, J. Frithsen. 1995. An ecosystem level experiment on limitation in temperate coastal marine environments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 116:171-179.

Pechmanee, T. and M. Assavaaree. 1996. Factors affecting the population growth of new strain rotifer, *Brachionus plicatilis*, for feeding Grouper larvae, *Epinephelus malabaricus*. (ed., R. E. Creswell) The 1996 Annual Meeting of The World Aquaculture Soceity, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, January 29 - February 2 1996 pp. 302.

Raymont, J. E. G. 1980. Plankton and Productivity in the Oceans. (2^{nd} ed.) vol. I : Phytoplankton. London : Pergamon Press Ltd. 477 p.

Richmond, A. 1986. Microalgae of economic potential. In CRC Handbook of Microalgal Mass Culture (ed., A. Richmond), pp. 199-212. Florida : CRC Press.

Ruangpanit, N. 1993. Technical Manual for Seed Production of Gouper (*Epinephelus malabaricus*). Songkhla, Thailand : Mongkol. 46 p.

Russell-Hunter, W. D. 1970. Aquatic Productivity : An Introduction to Some Basic Aspects of Biological Oceanography and Limnology. New York : Collier - Macmillan Ltd., p. 153-182.

Sadakane, H., K. Ishibashi, M. Yoshimato and S. Hatano. 1981. Effect of low temperature, light and O_2 on chlilling-sensitive and resistant strain in *Chlorella ellipsoidea*. Plant and Cell Physiol. 22(4):657-666.

Sato, T. and M. Serikawa. 1978. Mass culture of marine diatom, *Nitzschia closterium*. Bull. Plankton Soc. Japan 15(1):13-16.

Sawyer, C. N. 1966. Basic concepts of eutrophication. J. WPCF. 38(4):737-744.

Schindller, D. W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lake, implication for lake management. Science. 84:897-898.

Scott, A. P. and S. M. Baynes. 1978. Effect of algae diet and temperature on the biochemical composition of the rotifer, *Brachionus plicatilis.* Aquaculture 14:237-260.

Segers, H. 1995. Nomenchatural consequences of some recent studies on *Brachionus plicatilis* (Rotifera, Brachionidae). Hydrobiol. (in press).

Shilo, M. 1967. Formation and mode of action of algal toxin. Bact. rev. 31:180-193.

Smith, L. L., J. M. Fox and D. Treece. 1993. Intensive algal culture techniques. In CRC Handbook of Mariculture ; Crustacean Aquaculture, 2nd ed. vol. 1 (ed. McVey, J. P.), pp. 3-13. Florida : CRC Press, Inc.

Snell, T. W. and K. Carrillo. 1984. Body size variation among strain of rotifer, *Brachionus plicatilis.* Aquaculture 37:359-367.

Taylor, D., S. Nixon, S. Granger, B. Buckley. 1995. Nutrient limitation and the eutrophication of coastal lagoons. Mar. Ecol. Prog. Ser. 127:235-244.

Theilacker, G. H. and M. F. Mc-Master. 1971. Mass culture of the rotifer, *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. Marine Biology International Journal on Life in Oceans and Coastal Water. 10(2):183-188.

Thinh, L. V. and D. J. Griffiths. 1975. Amino acid composition of autrotrophic and heterotrophic cultures of the emerson strain of *Chlorella.* Plant and Cell Physiol. 17:193-196.

Torkelson, J. D., J. A. Lynnes and H. G. Weger. 1995. Extracellular peroxidase-mediated oxygen consumption in *Chamydomonas reinhardtii* (Chlorophyta). J. Phycol. 31:562-567.

Walpole, R. E. and R. H. Myers. 1978. Probability and Statistics for Engineers and Scientists (2nd Ed). New York : Macmillan Publishing Co., Inc. 580 p.

Watanabe, T., C. Kitajima, T. Arakawa, K. Fukusho and S. Fujita. 1978. Nutritional quality of rotifer, *Brachionus plicatilis*, as a living food from the view point of essential fatty acids for fish. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 44:1109-1114.

Watanabe, T. 1988. Nutrition and Mariculture. Tokyo : Department of Aquatic Biosceinces, Tokyo University of Fisheries. 146 p.

Weisz, H. and B. Paul. 1968. Elements of Zoology. New Yor : Mcgraw-Hill Black Company. 486 p.

Yu, J.P. and K. Hirayama. The effect of Un-ionized ammonia on the population growth of the rotifer in mass culture. J. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 52(9):1509-1513.

Zmora, O. 1991. Management, production and disease interaction in rotifer culture.In Larvi' 91 - Fish & Crustacean Larviculture (eds., P. Lavens, P. Sorgeloss, E. Jaspers and F. Ollevier) No.XV, pp.104-105 Gent, Belgium : European Aquaculture Society.

ภาคผนวก

ก. สูตรอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงคลอเรลลา

1 : <u>อาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (Sato & Serikawa Medium, 1978)</u>

อาหารเหลวสูตรซาโตะและเซริกาวามีส่วนประกอบสำหรับอาหารปริมาตร 1 ลิตร ดังต่อไปนี้ คือ

1) โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)	100	มิลลิกรัม
2) โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)	168	"
3) ไดโซเดียมเมธาซิลิเกตแอนไฮดรัส (Na_2SiO_3)	4	"
4) ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4.12H_2O$)	10	"
5) ไดโซเดียมเอทธิลีนไดอะมีนเตตระอะซิเตรท (Na_2EDTA)	3	"
6) เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3.6H_2O$)	0.24	"
7) สังกะสีคลอไรด์ ($ZnCl_2$)	0.03	"
8) แมงกานีสคลอไรด์ ($MnCl_2.4H_2O$)	2.70	ไมโครกรัม
9) ทองแดงซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	0.40	"
10) กรดบอริก (H_3BO_3)	3.44	มิลลิกรัม

1.1 การเตรียมชุดสารละลายอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา

การเตรียมชุดสารละลายดังกล่าวจะประกอบด้วย 5 ชุดสารละลาย คือ

สารละลายชุดที่ 1 โซเดียมไนเตรท 50 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

สารละลายชุดที่ 2 โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 16.8 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

สารละลายชุดที่ 3 ไดโซเดียมเมธาซิลิเกตแอนไฮดรัส 2 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

สารละลายชุดที่ 4 ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 5 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

สารละลายชุดที่ 5 ประกอบด้วย

1) เอทธิลินไดอะมีนเตตระอะซิติกแอซิก	3	กรัม
2) เฟอริกคลอไรด์	0.24	"
3) ซิงค์คลอไรด์	0.03	"
4) แมงกานีสคลอไรด์	0.27	มิลลิกรัม
5) คอปเปอร์ซัลเฟต	0.40	"
6) กรดบอริก	3.44	กรัม

เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร

1.2 วิธีการเตรียมอาหาร

ใช้สารละลายชุดที่ 1, 3 และ 4 ชนิดละ 2 มิลลิลิตร สารละลายชุดที่ 2 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร และสารละลายชุดที่ 5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมลงในน้ำทะเลที่ผ่านการกรองและมีความเค็ม 15 ส่วนในพัน ต่อปริมาตร 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งไฟฟ้าอัตโนมัติที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2 : <u>อาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร</u>

นำอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาจากภาคผนวก ก ข้างต้น (หน้า 200) มาเปลี่ยนแปลงปริมาณของโซเดียม ไนเตรทให้แตกต่างกัน 7 ระดับ (มีทั้งปริมาณไนเตรทที่เพิ่มขึ้นและลดลงจากปริมาณไนเตรทเดิมที่มีในสูตรซาโตะและเซริกาวา) จึงได้เป็นอาหารที่มีปริมาณโซเดียมไนเตรท : ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแตกต่างกัน 7 สูตร คือ 3.5:1, 7:1, 14:1, 28:1, 42:1, 56:1 และ 70:1

ใช้สารที่เป็นองค์ประกอบของอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวาเกือบทุกตัวเช่นเดิม ยกเว้นโซเดียมไนเตรทที่จะมีปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามสูตรอาหารทดลอง ดังต่อไปนี้

1) อาหารทดลองสูตรที่	1	(3.5:1)	ใช้โซเดียมไนเตรท	8.31	มิลลิกรัม/ลิตร
2) "----------	2	(7:1)	"----------	16.62	"
3) "----------	3	(14:1)	"----------	33.24	"
4) "----------	4	(28:1)	"----------	66.48	"
5) "----------	5	(42:1)	"----------	100.00	"
6) "----------	6	(56:1)	"----------	132.96	"
7) "----------	7	(70:1)	"----------	166.20	"

2.1 <u>การเตรียมอาหารทดลอง</u>

ใช้สารละลายชุดที่ 2, 3, 4 และ 5 เช่นเดียวกับการเตรียมอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา ยกเว้นสารละลายชุดที่ 1 ที่ใช้โซเดียมไนเตรทในอาหารแต่ละสูตรดังนี้

1) อาหารทดลองสูตรที่	1	ใช้โซเดียมไนเตรท	4.155	กรัม/ 1 ลิตร
2) "----------	2	"----------	8.31	"
3) "----------	3	"----------	16.62	"
4) "----------	4	"----------	33.24	"
5) "----------	5	"----------	50.00	"
6) "----------	6	"----------	66.48	"
7) "----------	7	"----------	83.10	"

2.2 <u>วิธีการเตรียมอาหาร</u>

ปริมาณการใช้สารละลายทั้ง 5 ชุด วิธีการเตรียมเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ของภาคผนวก ก (หน้า 201) เตรียมอาหารทดลองตามปริมาณที่กำหนด

3 : <u>อาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร</u>

ในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร ใช้สารที่เป็นองค์ประกอบของอาหารสูตรซาโตะและเชริกาวาเกือบทุกตัวเช่นเดิม ยกเว้นปริมาณไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เปลี่ยนแปลงไปตามสูตรอาหารทดลองดังต่อไปนี้

	ไนเตรท:ฟอสเฟต	โซเดียมไนเตรท (มิลลิกรัม/ลิตร)	ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (มิลลิกรัม/ลิตร)
1.	14:0.25	33.24	2.5
2.	14:0.5	33.24	5.0
3.	14:0.75	33.24	7.5
4.	14:1	33.24	10.0
5.	28:0.25	66.48	2.5
6.	28:0.5	66.48	5.0
7.	28:0.75	66.48	7.5
8.	28:1	66.48	10.0
9.	42:0.25	100.0	2.5
10.	42:0.5	100.0	5.0
11.	42:0.75	100.0	7.5
12.	42:1	100.0	10.0

3.1 การเตรียมอาหารทดลอง

ใช้สารละลายชุดที่ 2, 3 และ 5 เช่นเดียวกับการเตรียมอาหารสูตรซาโตะและเซริกาวา (หน้า 200) และใช้สารละลายชุดที่ 1 เช่นเดียวกับการเตรียมอาหารที่มีไนเตรท 14, 28 และ 42 ส่วน (หน้า 202) ยกเว้นสารละลายชุดที่ 4 ที่ใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตในอาหารทดลองแต่ละสูตรดังต่อไปนี้

1) อาหารสูตรที่ 1 (14:0.25) ใช้ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.25 กรัม/ 1 ลิตร
2) "---------- 2 (14:0.5) "---------- 2.5 "
3) "---------- 3 (14:0.75) "---------- 3.75 "
4) "---------- 4 (14:1) "---------- 5.0 "
5) "---------- 5 (28:0.25) "---------- 1.25 "
6) "---------- 6 (28:0.5) "---------- 2.5 "
7) "---------- 7 (28:0.75) "---------- 3.75 "
8) "---------- 8 (28:1) "---------- 5.0 "
9) "---------- 9 (42:0.25) "---------- 1.25 "
10) "---------- 10 (42:0.5) "---------- 2.5 "
11) "---------- 11 (42:0.75) "---------- 3.75 "
12) "---------- 12 (42:1) "---------- 5.0 "

3.2 วิธีการเตรียมอาหาร

ปริมาณการใช้สารละลายทั้ง 5 ชุด วิธีการเตรียมเช่นเดียวกับข้อ 1.2 ของภาคผนวก ก (หน้า 201) เตรียมอาหารทดลองตามปริมาณที่กำหนด

ข. สารเคมีและวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ

1 : <u>สารเคมี</u>

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน

1.1.1 แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl)
1.1.2 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH)
1.1.3 เกล็ดแคดเมียม (Cadmium granule)
1.1.4 ทองแดงซัลเฟต ($CuSO_4$)
1.1.5 ไดโซเดียมเอทธิลีนไดอะมีนเตตระอะซิเตรท (NaEDTA)
1.1.6 กรดเกลือ (HCl)
1.1.7 โปตัสเซียมไนเตรท (KNO_3)

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน

1.2.1 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์
1.2.2 กรดเกลือ
1.2.3 N-(1-แนฟทิล) เอทธิลลีนไดอะมีนไดไฮโดคลอไรด์
(n-(1-naphthy) ethylenedlamine dihydrochloride)
1.2.4 กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)
1.2.5 โซเดียมไนไตรท์ (Na_2NO_2)
1.2.6 ซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide)

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

1.3.1 ฟีนอล (Phenol, C_6H_5OH)
1.3.2 เอธิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH)
1.3.3 โซเดียมไนโตรฟรัสไซด์ [Sodium nitroprusside, $Na_2Fe(CN)_5NO.2H_2O$]
1.3.4 ไตรโซเดียมซิเตรท [$C_3H_4OH(COONa)_3.2H_2O$]
1.3.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์
1.3.6 โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaOCl)
1.3.7 โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)
1.3.8 โปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI)
1.3.9 กรดเกลือ
1.3.10 แอมโมเนียมซัลเฟต [$(NH_4)_2SO_4$]
1.3.11 คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์

1.4.1 แอมโมเนียมโมลิบเดท [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$]
1.4.2 วิตามินซี (Ascorbic acid)
1.4.3 คลอโรฟอร์ม
1.4.4 เอทธิลแอลกอฮอลล์
1.4.5 ฟีนอล์ฟทาลีน $C_6H_4COOC(C_6H_4\text{-}4\text{-}OH)_2$
1.4.6 โปตัสเซียมแอนติโมนิลตราเตรท [$K(SbO)C_4H_4O_6.1/2H_2O$]
1.4.7 โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
1.4.8 โซเดียมไฮดรอกไซด์
1.4.9 กรดกำมะถัน (H_2SO_4)

1.5. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสรวม

1.5.1 โปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$)
1.5.2 วิตามินซี
1.5.3 เอทธิลแอลกอฮอลล์
1.5.4 ฟีนอฟทาลีน
1.5.5 โปตัสเซียมแอนติโมนิลตราเตรท
1.5.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์
1.5.7 กรดกำมะถัน
1.5.8 แอมโมเนียมโมลิบเดท

2 : <u>การเตรียมสารละลายและวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำ</u>

ตามวิธีการของ Boyd and Tucker (1992)

ค. ตารางผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	1.28±0.02^{f}	1.29±0.06^{d}	1.34±0.05^{d}	1.32±0.06^{e}	1.30±0.03^{f}	1.29±0.02^{g}	1.37±0.04^{g}
1	2.55±0.10^{e}	2.52±0.14^{cd}	2.51±0.14^{cd}	2.52±0.09^{de}	2.57±0.17^{ef}	2.45±0.21^{g}	2.46±0.36^{fg}
2	3.16±0.48^{d}	3.30±0.58^{c}	3.24±0.18^{cd}	2.98±0.30^{de}	3.24±0.59^{de}	3.02±0.23^{fg}	3.41±0.38^{ef}
3	5.46±0.00^{c}	4.36±1.15^{bc}	4.21±0.67^{bc}	4.02±0.66^{cd}	4.79±0.08^{cd}	4.52±0.41^{ef}	4.68±0.35^{de}
4	6.29±0.00^{b}	5.78±0.77^{b}	5.86±0.76^{b}	5.52±0.15^{c}	5.75±0.80^{c}	5.58±0.24^{e}	5.91±0.32^{d}
5	9.76±0.00^{a}	8.17±0.99^{a}	9.16±1.31^{a}	8.88±0.78^{b}	9.70±0.70^{b}	9.75±0.51^{d}	9.76±0.86^{c}
6	-	-	10.27±1.97^{a}	10.44±0.87^{ab}	11.22±1.22^{b}	11.56±1.18^{c}	11.26±1.72^{c}
7	-	-	-	^{B}11.95±1.36^{a}	^{AB}14.20±1.11^{a}	^{A}15.33±1.01^{b}	^{AB}14.66±0.79^{b}
8	-	-	-	-	-	17.40±1.45^{a}	16.86±1.09^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (G, วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	0^{d}	0^{e}	0^{d}	0^{d}	0^{d}	0^{g}	0^{f}
1	1.007 ± 0.05^{c}	1.048 ± 0.16^{b}	1.105 ± 0.05^{c}	1.086 ± 0.14^{c}	1.029 ± 0.10^{c}	1.095 ± 0.13^{f}	1.231 ± 0.24^{e}
2	2.037 ± 1.37^{ab}	1.529 ± 0.27^{ab}	1.576 ± 0.08^{b}	1.715 ± 0.12^{b}	1.577 ± 0.30^{b}	1.646 ± 0.18^{e}	1.532 ± 0.14^{d}
3	1.431 ± 0.00^{b}	1.799 ± 0.42^{a}	1.860 ± 0.29^{ab}	1.917 ± 0.29^{ab}	1.596 ± 0.02^{b}	1.667 ± 0.10^{de}	1.696 ± 0.07^{cd}
4	1.737 ± 0.00^{a}	1.865 ± 0.20^{a}	1.891 ± 0.12^{ab}	1.938 ± 0.04^{ab}	1.889 ± 0.18^{ab}	1.890 ± 0.05^{bcd}	1.899 ± 0.08^{bc}
5	1.704 ± 0.00^{ab}	1.890 ± 0.15^{a}	1.814 ± 0.10^{ab}	1.824 ± 0.10^{b}	1.728 ± 0.07^{ab}	1.717 ± 0.03^{cde}	1.766 ± 0.07^{bcd}
6	-	-	2.065 ± 0.16^{a}	2.019 ± 0.10^{ab}	1.937 ± 0.10^{ab}	1.899 ± 0.07^{bc}	1.987 ± 0.13^{ab}
7	-	-	-	$^{A}2.273\pm0.01^{a}$	$^{B}2.031\pm0.07^{a}$	$^{B}1.963\pm0.04^{ab}$	$^{B}2.044\pm0.04^{ab}$
8	-	-	-	-	-	2.135 ± 0.05^{a}	2.214 ± 0.05^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	3.68 ± 0.09^{c}	3.70 ± 0.30^{c}	4.00 ± 0.18^{bc}	3.63 ± 0.16^{c}	3.92 ± 0.16^{b}	3.95 ± 0.08^{bc}	3.91 ± 0.16^{b}
1	3.69 ± 0.17^{c}	3.82 ± 0.18^{bc}	3.89 ± 0.12^{c}	3.96 ± 0.20^{bc}	3.91 ± 0.22^{b}	3.67 ± 0.08^{c}	3.95 ± 0.10^{b}
2	3.91 ± 0.20^{bc}	3.91 ± 0.16^{bc}	4.04 ± 0.10^{bc}	4.06 ± 0.09^{b}	4.13 ± 0.05^{ab}	4.31 ± 0.33^{ab}	4.17 ± 0.10^{ab}
3	4.20 ± 0.00^{ab}	4.25 ± 0.27^{ab}	4.26 ± 0.24^{ab}	4.05 ± 0.14^{b}	4.10 ± 0.18^{ab}	4.28 ± 0.23^{ab}	4.02 ± 0.14^{ab}
4	$^{B}4.07\pm0.00^{abc}$	$^{AB}4.19\pm0.09^{abc}$	$^{B}4.08\pm0.03^{bc}$	$^{B}4.09\pm0.07^{b}$	$^{B}4.06\pm0.03^{ab}$	$^{AB}4.32\pm0.14^{ab}$	$^{A}4.43\pm0.30^{ab}$
5	4.37 ± 0.00^{a}	4.60 ± 0.41^{a}	4.09 ± 0.13^{abc}	4.04 ± 0.12^{b}	4.26 ± 0.05^{ab}	4.40 ± 0.28^{ab}	4.22 ± 0.22^{ab}
6	-	-	4.36 ± 0.18^{a}	4.63 ± 0.23^{a}	4.46 ± 0.35^{a}	4.46 ± 0.27^{a}	4.47 ± 0.18^{a}
7	-	-	-	4.48 ± 0.19^{a}	4.49 ± 0.30^{a}	4.31 ± 0.04^{ab}	4.53 ± 0.23^{a}
8	-	-	-	-	-	4.40 ± 0.46^{ab}	4.47 ± 0.32^{a}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; ขนาดเซลล์ของคลอเรลลาในชุดการทดลองที่ใช้อาหารที่มีไนเตรท : ฟอสเฟต 7:1, 14:1, 42:1 และ 56:1 และขนาดเซลล์ของคลอเรลลาทั้ง 7 ชุดการทดลองในวันที่ 4, $P<0.05$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{G}8.25\pm0.04^{a}$	$^{F}16.4\pm0.15^{a}$	$^{E}33.5\pm1.11^{a}$	$^{D}63.5\pm0.65^{a}$	$^{C}86.1\pm1.91^{a}$	$^{B}123.1\pm1.46^{a}$	$^{A}144.2\pm1.65^{a}$
1	$^{G}5.42\pm0.08^{b}$	$^{F}16.1\pm0.25^{a}$	$^{E}32.1\pm1.23^{a}$	$^{D}56.0\pm2.15^{b}$	$^{C}85.8\pm1.27^{a}$	$^{B}114.1\pm1.25^{b}$	$^{A}136.3\pm1.20^{b}$
2	$^{G}1.37\pm0.06^{c}$	$^{F}6.13\pm0.06^{b}$	$^{E}15.9\pm0.92^{b}$	$^{D}36.4\pm0.31^{c}$	$^{C}65.3\pm1.10^{b}$	$^{B}102.3\pm2.31^{c}$	$^{A}119.0\pm1.35^{c}$
3	$^{F}0.47\pm0.00^{d}$	$^{F}3.49\pm0.17^{c}$	$^{E}7.05\pm0.03^{c}$	$^{D}32.2\pm1.77^{d}$	$^{C}57.2\pm1.06^{c}$	$^{B}97.3\pm1.11^{d}$	$^{A}109.7\pm2.46^{d}$
4	$^{E}0.18\pm0.00^{e}$	$^{E}1.52\pm0.08^{d}$	$^{E}5.10\pm0.10^{d}$	$^{D}19.0\pm0.31^{e}$	$^{C}42.9\pm1.59^{d}$	$^{B}87.6\pm2.06^{e}$	$^{A}100.6\pm2.67^{e}$
5	$^{F}0.04\pm0.00^{e}$	$^{F}0.25\pm0.04^{e}$	$^{E}3.51\pm0.04^{d}$	$^{D}13.9\pm1.07^{f}$	$^{C}37.1\pm1.76^{e}$	$^{B}72.4\pm1.89^{f}$	$^{A}87.2\pm1.60^{f}$
6	-	-	$^{C}1.21\pm0.17^{e}$	$^{C}9.84\pm0.09^{g}$	$^{B}31.8\pm1.45^{f}$	$^{A}66.6\pm1.37^{g}$	$^{A}81.7\pm1.63^{g}$
7	-	-	-	$^{D}5.80\pm0.18^{h}$	$^{C}22.2\pm1.89^{g}$	$^{B}52.9\pm1.07^{h}$	$^{A}72.8\pm1.72^{h}$
8	-	-	-	-	-	$^{B}44.7\pm3.99^{i}$	$^{A}61.2\pm2.35^{i}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	18.0 ± 1.34^{a}	18.5 ± 0.80^{b}	20.1 ± 2.00^{c}	18.6 ± 1.50^{e}	18.0 ± 1.53^{g}	20.6 ± 1.70^{h}	17.9 ± 2.26^{f}
1	$^{E}19.3\pm0.62^{a}$	$^{D}25.5\pm1.73^{a}$	$^{CD}30.1\pm2.19^{b}$	$^{BC}33.1\pm3.16^{d}$	$^{CD}30.2\pm1.75^{f}$	$^{AB}37.3\pm1.42^{g}$	$^{A}38.4\pm1.80^{e}$
2	$^{D}12.0\pm1.51^{b}$	$^{D}18.8\pm2.87^{b}$	$^{C}47.2\pm4.15^{a}$	$^{AB}59.1\pm2.40^{c}$	$^{B}54.5\pm3.47^{e}$	$^{A}62.7\pm2.81^{f}$	$^{AB}60.6\pm2.75^{d}$
3	$^{D}0^{c}$	$^{D}0.054\pm0.01^{c}$	$^{D}0.123\pm0.06^{d}$	$^{A}101.7\pm4.95^{b}$	$^{B}85.5\pm3.90^{d}$	$^{B}81.1\pm2.93^{e}$	$^{C}66.2\pm3.67^{d}$
4	$^{D}0^{c}$	$^{D}0.090\pm0.01^{c}$	$^{D}0.063\pm0.005^{d}$	$^{A}120.5\pm4.76^{a}$	$^{AB}113.5\pm4.56^{c}$	$^{C}101.9\pm3.40^{d}$	$^{BC}106.1\pm5.64^{c}$
5	$^{D}0^{c}$	$^{D}0.072\pm0.01^{c}$	$^{D}0.088\pm0.01^{d}$	$^{B}127.6\pm2.68^{a}$	$^{A}137.5\pm4.50^{b}$	$^{C}119.5\pm3.34^{c}$	$^{C}113.2\pm3.03^{c}$
6	-	-	$^{D}0.065\pm0.02^{d}$	$^{C}110.0\pm5.73^{b}$	$^{A}150.7\pm5.39^{a}$	$^{B}130.7\pm4.78^{b}$	$^{A}143.8\pm4.20^{b}$
7	-	-	-	$^{B}101.6\pm4.59^{b}$	$^{A}126.8\pm8.32^{b}$	$^{A}136.2\pm2.35^{ab}$	$^{A}138.4\pm2.01^{ab}$
8	-	-	-	-	-	$^{A}143.2\pm2.98^{a}$	$^{A}151.0\pm3.16^{a}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	$^{C}8.87\pm0.09$	$^{AB}9.11\pm0.10^{c}$	$^{A}9.16\pm0.06^{c}$	$^{BC}8.94\pm0.14^{e}$	$^{ABC}9.03\pm0.15^{f}$	$^{C}8.89\pm0.14^{f}$	$^{BC}8.93\pm0.09^{f}$
1	$^{C}4.82\pm0.12$	$^{C}4.65\pm0.08^{e}$	$^{C}6.21\pm0.17^{d}$	$^{AB}10.7\pm0.72^{e}$	$^{A}12.2\pm1.31^{ef}$	$^{A}12.2\pm0.87^{f}$	$^{B}9.68\pm0.73^{f}$
2	$^{C}5.89\pm0.12$	$^{C}5.85\pm0.12^{d}$	$^{B}16.6\pm0.68^{ab}$	$^{B}18.4\pm1.17^{d}$	$^{B}17.5\pm1.05^{cd}$	$^{A}24.2\pm2.08^{de}$	$^{A}23.5\pm1.85^{e}$
3	$^{D}7.37\pm0.00$	$^{D}8.17\pm0.11^{c}$	$^{C}15.3\pm0.35^{b}$	$^{C}16.4\pm1.00^{d}$	$^{C}15.9\pm0.91^{de}$	$^{A}28.6\pm1.46^{de}$	$^{B}24.5\pm1.19^{de}$
4	$^{E}10.7\pm0.00$	$^{D}14.3\pm0.67^{b}$	$^{CD}17.2\pm0.80^{ab}$	$^{BC}18.0\pm1.50^{d}$	$^{B}20.7\pm1.59^{c}$	$^{A}28.8\pm1.95^{d}$	$^{A}28.5\pm1.31^{d}$
5	$^{D}13.9\pm0.00$	$^{C}24.4\pm0.70^{a}$	$^{D}16.4\pm1.21^{ab}$	$^{C}24.3\pm1.90^{c}$	$^{B}30.3\pm2.54^{b}$	$^{A}39.2\pm3.21^{bc}$	$^{A}36.0\pm1.32^{c}$
6	-	-	$^{C}18.1\pm1.28^{a}$	$^{AB}35.2\pm2.41^{b}$	$^{B}33.4\pm3.30^{b}$	$^{A}40.7\pm0.55^{bc}$	$^{A}40.3\pm2.21^{c}$
7	-	-	-	$^{B}40.2\pm1.50^{a}$	$^{A}48.0\pm2.05^{a}$	$^{A}48.5\pm0.55^{ab}$	$^{A}48.5\pm1.20^{b}$
8	-	-	-	-	-	$^{A}54.3\pm1.87^{a}$	$^{A}60.2\pm4.67^{a}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	9.75±0.03^{a}	9.79±0.04^{a}	9.83±0.05^{a}	9.84±0.03^{a}	9.79±0.03^{a}	9.82±0.06^{a}	9.85±0.06^{a}
1	^{B}9.58±0.04^{b}	^{A}9.70±0.05^{a}	^{AB}9.63±0.03^{b}	^{AB}9.65±0.05^{b}	^{B}9.60±0.07^{b}	^{AB}9.62±0.04^{b}	^{A}9.70±0.03^{a}
2	^{AB}9.37±0.06^{c}	^{A}9.51±0.09^{b}	^{A}9.51±0.08^{b}	^{A}9.47±0.03^{c}	^{B}9.27±0.05^{c}	^{A}9.46±0.11^{b}	^{AB}9.43±0.05^{b}
3	^{DE}9.02±0.00^{d}	^{BC}9.16±0.05^{c}	^{AB}9.21±0.04^{c}	^{A}9.30±0.04^{d}	^{CDE}9.06±0.05^{d}	^{E}8.97±0.06^{c}	^{CD}9.10±0.05^{c}
4	^{AB}8.80±0.00^{e}	^{A}8.90±0.03^{d}	^{A}8.87±0.03^{d}	^{AB}8.78±0.08^{e}	^{AB}8.77±0.07^{e}	^{B}8.69±0.09^{d}	^{B}8.69±0.04^{d}
5	^{A}8.61±0.00^{f}	^{A}8.60±0.05^{e}	^{BC}8.49±0.06^{e}	^{AB}8.56±0.06^{f}	^{C}8.45±0.06^{f}	^{BC}8.46±0.07^{e}	^{BC}8.47±0.08^{e}
6	-	-	^{A}8.35±0.06^{f}	^{AB}8.33±0.09^{g}	^{C}8.19±0.03^{g}	^{C}8.18±0.07^{f}	^{BC}8.21±0.08^{f}
7	-	-	-	^{A}8.00±0.05^{h}	^{AB}7.94±0.06^{h}	^{BC}7.85±0.08^{g}	^{C}7.80±0.09^{g}
8	-	-	-	-	-	7.58±0.08^{g}	7.59±0.11^{h}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 2.2.1; หน้า 77)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร						
	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
0	9.86±0.08^{a}	9.90±0.05^{a}	9.91±0.04^{a}	9.90±0.04^{a}	9.87±0.03^{a}	9.87±0.03^{a}	9.92±0.04^{a}
1	^{AB}9.72±0.06^{b}	^{A}9.80±0.04^{a}	^{AB}9.77±0.04^{b}	^{AB}9.77±0.03^{b}	^{B}9.66±0.06^{b}	^{AB}9.70±0.04^{b}	^{A}9.82±0.06^{a}
2	^{C}9.33±0.10^{c}	^{A}9.61±0.08^{b}	^{A}9.56±0.03^{c}	^{A}9.64±0.06^{c}	^{BC}9.39±0.05^{c}	^{AB}9.52±0.04^{c}	^{AB}9.53±0.04^{b}
3	^{CD}9.18±0.00^{d}	^{AB}9.34±0.07^{d}	^{AB}9.34±0.04^{d}	^{A}9.43±0.05^{d}	^{CD}9.14±0.05^{d}	^{D}9.06±0.07^{d}	^{BC}9.25±0.07^{c}
4	^{A}8.96±0.00^{e}	^{A}8.95±0.02^{d}	^{A}8.95±0.03^{e}	^{A}8.94±0.03^{e}	^{AB}8.85±0.06^{e}	^{B}8.78±0.07^{e}	^{AB}8.86±0.09^{d}
5	^{A}8.77±0.00^{f}	^{A}8.81±0.06^{e}	^{AB}8.73±0.05^{f}	^{ABC}8.69±005^{f}	^{CD}8.57±0.03^{f}	^{D}8.46±0.07^{f}	^{BC}8.62±0.09^{e}
6	-	-	^{A}8.43±0.04^{g}	^{AB}8.41±0.06^{g}	^{AB}8.37±0.04^{g}	^{B}8.28±0.06^{g}	^{AB}8.32±0.04^{f}
7	-	-	-	^{A}8.15±0.05^{h}	^{A}8.16±0.07^{h}	^{B}7.99±0.06^{h}	^{B}7.86±0.04^{g}
8	-	-	-	-	-	7.70±0.05^{i}	7.72±0.11^{g}

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; วันที่ 1 และวันที่ 6, $P<0.05$)

2. - แสดงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในหัวข้อ 2.2.1; หน้า 77

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร (วันที่ของการเพาะเลี้ยง)	ไนเตรท	ไนไตรท์	แอมโมเนีย	ฟอสเฟตอนินทรีย์	ฟอสฟอรัสรวม
3.5:1 (5)	$^{E}0.04\pm0.00^{e}$	$^{E}0^{d}$	$^{D}13.9\pm0.00^{f}$	$^{A}8.61\pm0.00^{a}$	$^{A}8.77\pm0.00^{a}$
7:1 (5)	$^{E}0.25\pm0.04^{e}$	$^{E}0.072\pm0.008^{d}$	$^{C}24.4\pm0.70^{e}$	$^{A}8.60\pm0.05^{a}$	$^{A}8.81\pm0.06^{a}$
14:1 (6)	$^{E}1.21\pm0.17^{de}$	$^{E}0.065\pm0.02^{d}$	$^{C}18.1\pm1.28^{f}$	$^{B}8.35\pm0.06^{b}$	$^{B}8.43\pm0.04^{b}$
28:1 (7)	$^{D}5.80\pm0.18^{d}$	$^{D}101.6\pm4.59^{c}$	$^{B}40.2\pm1.50^{d}$	$^{C}8.00\pm0.05^{c}$	$^{C}8.15\pm0.05^{c}$
42:1 (7)	$^{C}22.2\pm1.89^{c}$	$^{A}126.8\pm8.32^{b}$	$^{B}48.0\pm2.05^{c}$	$^{C}7.94\pm0.06^{c}$	$^{C}8.18\pm0.07^{c}$
56:1 (8)	$^{B}44.7\pm3.90^{b}$	$^{C}143.2\pm2.98^{a}$	$^{A}54.3\pm1.87^{b}$	$^{D}7.58\pm0.08^{d}$	$^{D}7.70\pm0.05^{c}$
70:1 (8)	$^{A}61.2\pm2.35^{a}$	$^{B}143.2\pm2.98^{a}$	$^{A}60.2\pm4.67^{a}$	$^{D}7.59\pm0.11^{d}$	$^{D}7.72\pm0.11^{d}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ระหว่างค่าเฉลี่ย

-ในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วัน ในหัวข้อ 2.1.1; หน้า 44

-ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ ในหัวข้อ 2.2.1; หน้า 77 ตามลำดับ

2. ค่าตัวเลขในช่องคุณภาพน้ำทั้งห้าค่าเป็นค่าของผลจากการทดลองในหัวข้อ 2.2.1; หน้า 77

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ความหนาแน่น ($x10^6$ เซลล์/มล.) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	1.35±0.01^{f}	1.31±0.04^{f}	1.32±0.02^{f}	1.32±0.03^{g}	1.33±0.02^{h}	1.35±0.05^{h}	1.35±0.02^{g}	1.32±0.05^{g}	1.31±0.01^{g}	1.36±0.01^{h}	1.36±0.02^{g}	1.31±0.03^{h}
1	2.94±0.20^{e}	2.98±0.06^{e}	2.83±0.36^{e}	2.64±0.02^{f}	2.96±0.23^{g}	2.74±0.14^{g}	2.99±0.26^{f}	2.72±0.21^{f}	2.88±0.26^{f}	2.72±0.30^{g}	2.72±0.21^{f}	2.89±0.17^{g}
2	3.36±0.15^{e}	3.54±0.05^{e}	3.36±0.24^{e}	3.49±0.16^{e}	3.37±0.20^{f}	3.35±0.15^{f}	3.36±0.08^{f}	3.43±0.14^{ef}	3.52±0.16^{e}	3.58±0.07^{f}	3.49±0.20^{ef}	3.57±0.05^{f}
3	3.99±0.08^{d}	4.43±0.19^{d}	4.07±0.16^{d}	4.30±0.20^{d}	4.28±0.13^{e}	4.41±0.05^{e}	4.33±0.11^{e}	4.22±0.29^{e}	3.93±0.35^{e}	4.45±0.13^{e}	4.89±0.58^{e}	4.35±0.29^{e}
4	5.44±0.12^{c}	5.09±0.63^{c}	5.48±0.35^{c}	5.32±0.19^{c}	5.42±0.08^{d}	5.32±0.12^{d}	5.49±0.34^{d}	5.63±0.53^{d}	5.51±0.26^{d}	5.52±0.14^{d}	5.81±0.32^{d}	5.70±0.14^{d}
5	^{CD}7.47±0.28^{b}	^{D}7.43±0.18^{b}	^{CD}7.53±0.11^{b}	^{CD}7.88±0.17^{b}	^{CD}7.49±0.12^{c}	^{CD}7.50±0.22^{c}	^{CD}7.55±0.41^{c}	^{CD}7.91±0.26^{c}	^{CD}7.63±0.14^{c}	^{BC}8.08±0.14^{c}	^{AB}8.60±0.31^{c}	^{A}8.73±0.31^{c}
6	^{E}9.30±0.22^{a}	^{E}9.48±0.17^{a}	^{E}9.59±0.37^{a}	^{DE}10.05±0.31^{a}	^{E}9.58±0.09^{b}	^{E}9.69±0.39^{b}	^{BC}10.84±0.24^{b}	^{BC}10.87±0.63^{b}	^{CD}10.54±0.11	^{ABC}11.19±0.32^{b}	^{AB}11.47±0.18^{b}	^{A}11.76±0.28^{b}
7	-	-	-	-	^{C}11.39±0.18^{a}	^{C}11.88±0.41^{a}	^{C}12.00±0.38^{a}	^{BC}12.38±0.90^{a}	^{BC}12.60±0.22^{a}	^{AB}13.40±0.46^{a}	^{AB}13.53±0.59^{a}	^{A}13.84±0.22^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ระยะเวลาการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า (วัน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
1	0.900 ± 0.08^{d}	0.840 ± 0.01^{d}	0.931 ± 0.14^{d}	1.002 ± 0.04^{c}	0.875 ± 0.11^{c}	0.980 ± 0.06^{c}	0.886 ± 0.12^{c}	0.982 ± 0.18^{d}	0.894 ± 0.10^{d}	1.023 ± 0.19^{c}	1.009 ± 0.09^{c}	0.879 ± 0.05^{c}
2	$^{AB}1.530\pm0.08^{c}$	$^{B}1.389\pm0.02^{c}$	$^{AB}1.491\pm0.11^{c}$	$^{AB}1.431\pm0.06^{d}$	$^{A}1.500\pm0.16^{d}$	$^{AB}1.532\pm0.09^{d}$	$^{AB}1.527\pm0.06^{d}$	$^{AB}1.458\pm0.12^{c}$	$^{B}1.408\pm0.06^{c}$	$^{B}1.423\pm0.03^{d}$	$^{AB}1.474\pm0.09^{b}$	$^{B}1.385\pm0.02^{d}$
3	1.922 ± 0.04^{b}	1.701 ± 0.03^{b}	1.849 ± 0.08^{b}	1.768 ± 0.04^{c}	1.783 ± 0.06^{c}	1.761 ± 0.05^{c}	1.793 ± 0.06^{c}	1.796 ± 0.15^{b}	1.910 ± 0.16^{b}	1.755 ± 0.05^{c}	2.021 ± 0.30^{a}	1.735 ± 0.08^{c}
4	1.989 ± 0.03^{b}	2.054 ± 0.14^{a}	1.953 ± 0.09^{ab}	1.998 ± 0.03^{ab}	1.972 ± 0.07^{b}	2.026 ± 0.06^{b}	1.989 ± 0.12^{b}	1.925 ± 0.15^{ab}	1.963 ± 0.02^{b}	1.976 ± 0.05^{ab}	1.915 ± 0.07^{a}	1.884 ± 0.02^{b}
5	$^{A}2.030\pm0.04^{b}$	$^{A}1.993\pm0.01^{a}$	$^{A}1.993\pm0.02^{ab}$	$^{AB}1.942\pm0.03^{b}$	$^{A}2.007\pm0.04^{b}$	$^{A}2.016\pm0.04^{b}$	$^{A}2.022\pm0.08^{b}$	$^{AB}1.940\pm0.08^{ab}$	$^{AB}1.972\pm0.03^{ab}$	$^{AB}1.942\pm0.03^{b}$	$^{BC}1.882\pm0.03^{a}$	$^{C}1.828\pm0.02^{b}$
6	$^{A}2.155\pm0.02^{a}$	$^{AB}2.100\pm0.02^{a}$	$^{AB}2.096\pm0.05^{a}$	$^{BC}2.053\pm0.02^{a}$	$^{AB}2.105\pm0.03^{b}$	$^{AB}2.110\pm0.03^{b}$	$^{CD}2.002\pm0.03^{b}$	$^{DE}1.946\pm0.04^{ab}$	$^{CD}1.998\pm0.02^{ab}$	$^{D}1.972\pm0.03^{ab}$	$^{DE}1.950\pm0.01^{a}$	$^{E}1.897\pm0.01^{b}$
7	-	-	-	-	$^{A}2.246\pm0.02^{a}$	$^{AB}2.235\pm0.03^{a}$	$^{AB}2.230\pm0.04^{a}$	$^{ABC}2.173\pm0.09^{a}$	$^{BCD}2.150\pm0.02^{a}$	$^{BCD}2.145\pm0.02^{a}$	$^{CD}2.110\pm0.03^{a}$	$^{D}2.057\pm0.02^{a}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ขนาดเซลล์ (ไมครอน) ของคลอเรลลาที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรจนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	4.26 ± 0.14^{ab}	4.38 ± 0.10^{a}	4.21 ± 0.23^{a}	4.38 ± 0.21^{a}	4.43 ± 0.08^{a}	4.31 ± 0.16^{a}	4.15 ± 0.07^{a}	4.19 ± 0.19^{ab}	4.19 ± 0.05^{a}	4.28 ± 0.21^{a}	4.18 ± 0.04^{a}	4.26 ± 0.12^{a}
1	$^{A}4.09\pm0.03^{abc}$	$^{A}4.11\pm0.05^{ab}$	$^{A}4.11\pm0.20^{a}$	$^{AB}4.10\pm0.07^{ab}$	$^{ABC}3.73\pm0.15^{b}$	$^{C}3.61\pm0.11^{b}$	$^{C}3.47\pm0.15^{c}$	$^{ABC}3.73\pm0.11^{c}$	$^{ABC}3.71\pm0.12^{b}$	$^{ABC}3.88\pm0.04^{bc}$	$^{ABC}3.80\pm0.16^{ab}$	$^{BC}3.66\pm0.11^{cd}$
2	3.91 ± 0.15^{cd}	3.63 ± 0.21^{c}	3.75 ± 0.09^{ab}	3.75 ± 0.27^{bc}	3.47 ± 0.33^{b}	3.53 ± 0.18^{b}	3.50 ± 0.12^{c}	3.56 ± 0.11^{c}	3.63 ± 0.13^{b}	3.55 ± 0.06^{d}	3.26 ± 0.16^{c}	3.48 ± 0.07^{d}
3	3.69 ± 0.12^{d}	3.67 ± 0.09^{c}	3.58 ± 0.14^{b}	3.56 ± 0.22^{c}	3.84 ± 0.13^{b}	3.73 ± 0.21^{b}	3.65 ± 0.12^{bc}	3.70 ± 0.09^{c}	3.69 ± 0.08^{b}	3.68 ± 0.09^{cd}	3.67 ± 0.29^{bc}	3.72 ± 0.10^{cd}
4	$^{A}4.02\pm0.08^{bcd}$	$^{CD}3.61\pm0.22^{c}$	$^{ABCD}3.62\pm0.24^{b}$	$^{CD}3.73\pm0.10^{bc}$	$^{ABCD}3.85\pm0.21^{b}$	$^{ABCD}3.88\pm0.11^{b}$	$^{D}3.49\pm0.05^{c}$	$^{ABCD}3.87\pm0.12^{bc}$	$^{AB}3.91\pm0.06^{ab}$	$^{ABC}3.94\pm0.09^{bc}$	$^{D}3.69\pm0.18^{bc}$	$^{CD}3.76\pm0.12^{cd}$
5	4.00 ± 0.03^{bcd}	3.78 ± 0.18^{bc}	3.80 ± 0.17^{ab}	3.85 ± 0.23^{bc}	3.85 ± 0.13^{b}	3.72 ± 0.14^{b}	3.89 ± 0.20^{ab}	3.90 ± 0.15^{bc}	3.96 ± 0.08^{ab}	3.85 ± 0.16^{c}	3.89 ± 0.08^{ab}	3.84 ± 0.12^{bcd}
6	4.40 ± 0.22^{a}	4.38 ± 0.18^{a}	4.22 ± 0.09^{a}	4.17 ± 0.05^{a}	4.59 ± 0.17^{a}	4.47 ± 0.15^{a}	4.15 ± 0.06^{a}	4.28 ± 0.12^{a}	4.45 ± 0.06^{a}	4.15 ± 0.12^{ab}	4.39 ± 0.42^{ab}	4.14 ± 0.15^{ab}
7	-	-	-	-	3.74 ± 0.14^{b}	3.86 ± 0.05^{b}	3.63 ± 0.05^{bc}	3.74 ± 0.19^{c}	3.77 ± 0.14^{b}	3.74 ± 0.03^{cd}	3.78 ± 0.16^{ab}	3.88 ± 0.24^{bc}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$; ในวันที่ 4, $P<0.05$)

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.50	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.50	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.50	42:0.75	42:1
0	$^{C}32.5\pm0.70^{a}$	$^{C}32.1\pm1.19^{a}$	$^{C}31.7\pm0.85^{a}$	$^{C}31.9\pm1.16^{a}$	$^{B}62.0\pm1.72^{a}$	$^{B}64.1\pm1.66^{a}$	$^{B}63.3\pm1.51^{a}$	$^{B}63.2\pm2.08^{a}$	$^{A}87.0\pm1.38^{a}$	$^{A}87.7\pm1.55^{a}$	$^{A}88.0\pm2.61^{a}$	$^{A}87.3\pm1.44^{a}$
1	$^{C}28.9\pm1.39^{b}$	$^{C}29.9\pm1.46^{b}$	$^{C}27.1\pm1.46^{b}$	$^{C}27.6\pm1.66^{ab}$	$^{B}51.8\pm1.48^{b}$	$^{B}53.0\pm2.48^{b}$	$^{B}52.6\pm1.78^{b}$	$^{B}55.5\pm2.03^{b}$	$^{A}85.3\pm1.96^{a}$	$^{A}86.2\pm1.37^{a}$	$^{A}85.4\pm1.72^{b}$	$^{A}85.2\pm1.32^{a}$
2	$^{D}26.3\pm1.08^{b}$	$^{D}24.2\pm0.95^{c}$	$^{D}24.4\pm3.98^{b}$	$^{D}24.3\pm3.57^{b}$	$^{C}51.2\pm1.99^{b}$	$^{C}51.0\pm4.88^{c}$	$^{C}50.5\pm2.52^{b}$	$^{C}52.4\pm1.81^{b}$	$^{AB}78.9\pm2.58^{b}$	$^{A}82.1\pm2.82^{a}$	$^{B}76.4\pm2.05^{c}$	$^{B}75.1\pm1.30^{b}$
3	$^{D}18.6\pm1.15^{c}$	$^{D}18.7\pm0.55^{d}$	$^{D}17.3\pm2.04^{c}$	$^{D}14.7\pm3.61^{c}$	$^{C}50.3\pm2.60^{b}$	$^{C}49.8\pm3.06^{bc}$	$^{C}49.8\pm3.91^{b}$	$^{C}48.2\pm1.70^{c}$	$^{A}70.7\pm2.43^{c}$	$^{A}72.6\pm2.21^{b}$	$^{A}71.9\pm1.29^{c}$	$^{B}63.5\pm4.55^{c}$
4	$^{D}17.9\pm1.56^{c}$	$^{DE}15.9\pm0.70^{e}$	$^{DE}15.2\pm0.47^{c}$	$^{E}12.6\pm1.96^{c}$	$^{C}37.1\pm2.48^{c}$	$^{C}41.2\pm1.17^{d}$	$^{C}40.4\pm1.35^{c}$	$^{C}38.4\pm2.10^{d}$	$^{A}64.8\pm3.60^{c}$	$^{A}65.7\pm2.77^{c}$	$^{AB}61.2\pm1.42^{d}$	$^{B}57.7\pm1.91^{d}$
5	$^{E}11.7\pm0.95^{d}$	$^{EF}9.59\pm0.34^{f}$	$^{EF}9.37\pm0.24^{d}$	$^{F}6.69\pm0.46^{d}$	$^{D}27.7\pm1.86^{d}$	$^{D}27.8\pm2.17^{e}$	$^{D}26.5\pm2.46^{d}$	$^{D}23.6\pm1.81^{e}$	$^{AB}54.8\pm1.96^{d}$	$^{A}57.3\pm3.20^{d}$	$^{B}55.2\pm2.84^{e}$	$^{C}47.1\pm1.70^{e}$
6	$^{E}6.55\pm0.15^{e}$	$^{E}5.66\pm0.32^{g}$	$^{E}5.39\pm0.24^{d}$	$^{E}4.50\pm0.37^{d}$	$^{C}22.7\pm2.45^{d}$	$^{CD}19.9\pm2.46^{f}$	$^{CD}19.2\pm1.17^{e}$	$^{D}16.9\pm0.75^{f}$	$^{A}43.6\pm3.50^{e}$	$^{B}37.9\pm1.32^{e}$	$^{B}35.5\pm2.17^{f}$	$^{B}38.1\pm1.47^{f}$
7	-	-	-	-	$^{D}13.1\pm1.16^{e}$	$^{DE}11.3\pm1.52^{g}$	$^{DE}9.68\pm0.25^{f}$	$^{E}8.59\pm0.21^{g}$	$^{A}33.6\pm2.10^{f}$	$^{AB}30.3\pm2.58^{f}$	$^{BC}30.3\pm2.58^{g}$	$^{C}25.0\pm1.36^{g}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนไตรท์ (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	23.2 ± 2.67^{e}	24.8 ± 0.95^{e}	23.5 ± 2.38^{e}	24.1 ± 1.93^{e}	22.2 ± 2.27^{f}	24.5 ± 2.66^{g}	25.2 ± 1.29^{g}	23.6 ± 3.40^{g}	24.0 ± 3.91^{g}	24.4 ± 0.82^{g}	24.9 ± 1.44^{e}	25.8 ± 1.51^{f}
1	$^{B}32.3\pm2.12^{b}$	$^{AB}37.7\pm1.12^{b}$	$^{AB}35.0\pm1.91^{b}$	$^{A}41.8\pm2.30^{b}$	$^{A}40.9\pm3.27^{c}$	$^{AB}36.0\pm2.45^{f}$	$^{AB}35.1\pm1.88^{f}$	$^{A}39.3\pm3.00^{f}$	$^{AB}36.6\pm3.05^{f}$	$^{A}40.3\pm4.08^{f}$	$^{A}40.8\pm3.71^{d}$	$^{AB}36.8\pm1.32^{ef}$
2	46.8 ± 1.93^{a}	50.5 ± 1.92^{a}	52.0 ± 1.57^{a}	51.2 ± 1.89^{a}	53.5 ± 3.52^{d}	52.1 ± 2.86^{e}	51.7 ± 4.00^{e}	54.5 ± 1.51^{e}	50.7 ± 3.95^{e}	49.7 ± 3.27^{e}	51.2 ± 3.58^{d}	47.2 ± 2.00^{de}
3	$^{D}1.44\pm0.18^{d}$	$^{D}1.89\pm0.14^{d}$	$^{D}1.76\pm0.14^{d}$	$^{D}1.83\pm0.14^{d}$	$^{AB}66.4\pm1.92^{c}$	$^{C}57.9\pm2.21^{de}$	$^{BC}60.0\pm2.11^{d}$	$^{A}70.6\pm2.49^{d}$	$^{A}69.6\pm7.02^{d}$	$^{ABC}63.6\pm3.06^{d}$	$^{ABC}65.6\pm2.44^{c}$	$^{ABC}63.0\pm5.85^{d}$
4	$^{E}1.05\pm0.04^{d}$	$^{E}1.21\pm0.08^{d}$	$^{E}1.07\pm0.06^{d}$	$^{E}1.13\pm0.07^{d}$	$^{BC}74.5\pm2.93^{b}$	$^{D}66.9\pm2.82^{c}$	$^{CD}68.1\pm2.40^{c}$	$^{BC}74.0\pm2.20^{d}$	$^{A}84.6\pm4.02^{c}$	$^{BC}74.4\pm2.76^{c}$	$^{B}76.4\pm5.10^{c}$	$^{A}87.3\pm2.85^{c}$
5	$^{C}0.088\pm0.01^{d}$	$^{C}0.082\pm0.01^{d}$	$^{C}0.065\pm0.02^{d}$	$^{C}0.060\pm0.03^{d}$	$^{B}85.9\pm1.25^{a}$	$^{B}83.7\pm1.78^{a}$	$^{B}89.5\pm3.96^{a}$	$^{A}104.3\pm4.80^{a}$	$^{A}106.8\pm5.29^{b}$	$^{A}112.6\pm4.20^{b}$	$^{A}113.3\pm9.30^{b}$	$^{A}116.4\pm13.1^{b}$
6	$^{D}0.043\pm0.01^{d}$	$^{D}0.042\pm0.01^{d}$	$^{D}0.040\pm0.01^{d}$	$^{D}0.036\pm0.01^{d}$	$^{C}73.8\pm3.57^{b}$	$^{C}73.5\pm1.47^{b}$	$^{C}75.3\pm2.81^{b}$	$^{B}91.7\pm2.64^{b}$	$^{A}117.3\pm4.96^{b}$	$^{A}117.4\pm6.27^{b}$	$^{A}119.5\pm6.07^{b}$	$^{A}116.3\pm9.92^{b}$
7	-	-	-	-	$^{D}66.5\pm1.63^{c}$	$^{D}63.8\pm3.22^{cd}$	$^{D}71.7\pm2.52^{bc}$	$^{C}82.7\pm2.49^{c}$	$^{B}130.6\pm4.52^{a}$	$^{AB}138.2\pm4.65^{a}$	$^{AB}134.6\pm4.19^{a}$	$^{A}145.4\pm9.10^{a}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณแอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
0	7.72±0.23^{e}	8.04±0.26^{e}	7.99±0.13^{d}	7.71±0.18^{e}	7.77±0.17^{d}	8.04±0.24^{e}	7.92±0.09^{e}	7.80±0.10^{f}	7.90±0.10^{e}	7.96±0.15^{d}	7.81±0.18^{e}	7.96±0.16^{e}
1	^{C}11.2±0.95^{cd}	^{C}10.9±1.40^{bc}	^{BC}12.5±1.50^{c}	^{ABC}15.8±1.62^{b}	^{C}11.7±1.17^{d}	^{BC}12.9±2.18^{de}	^{ABC}15.8±2.78^{d}	^{ABC}15.9±0.66^{e}	^{AB}17.4±0.95^{d}	^{A}20.8±2.14^{c}	^{AB}16.9±1.71^{b}	^{A}20.6±4.03^{d}
2	^{D}13.5±0.79^{bc}	^{CD}15.2±1.92^{ab}	^{BCD}16.9±1.46^{b}	^{AB}23.0±2.72^{a}	^{BCD}17.4±1.53^{c}	^{ABCD}18.6±2.15^{cd}	^{ABC}20.2±2.10^{cd}	^{A}24.8±3.12^{d}	^{AB}23.2±2.62^{c}	^{A}24.9±1.65^{bc}	^{AB}22.1±1.87^{b}	^{A}24.2±5.17^{cd}
3	^{D}14.9±1.47^{ab}	^{D}13.1±2.25^{b}	^{CD}15.7±1.31^{b}	^{AB}24.9±1.61^{a}	^{AB}24.3±2.29^{b}	^{AB}24.5±2.81^{bc}	^{AB}26.3±2.26^{c}	^{AB}25.1±2.50^{d}	^{AB}25.6±3.20^{bc}	^{A}28.1±2.19^{b}	^{BC}20.8±2.82^{b}	^{AB}23.4±3.06^{cd}
4	^{F}17.2±1.00^{a}	^{F}18.0±1.44^{a}	^{EF}21.5±1.18^{a}	^{DE}26.9±1.55^{a}	^{CD}30.1±2.00^{a}	^{CD}30.7±2.77^{ab}	^{AB}39.9±4.37^{ab}	^{D}27.6±2.25^{cd}	^{CD}32.0±1.31^{a}	^{A}42.5±3.05^{a}	^{BC}35.8±2.46^{a}	^{CD}30.8±2.40^{bc}
5	^{E}13.7±1.37^{bc}	^{E}15.0±1.35^{ab}	^{E}18.1±1.47^{b}	^{D}25.1±1.03^{a}	^{C}31.0±2.36^{a}	^{BC}33.3±3.15^{a}	^{A}42.2±2.70^{a}	^{BC}32.3±2.06^{bc}	^{CD}3.00±3.50^{ab}	^{A}4.11±3.08^{a}	^{AB}36.9±1.76^{a}	^{A}39.1±3.30^{a}
6	^{G}9.94±0.33^{de}	^{FG}12.4±1.78^{bc}	^{F}16.7±0.61^{b}	^{E}22.5±1.75^{a}	^{BC}34.7±1.85^{a}	^{CD}31.6±2.46^{a}	^{BC}36.3±3.38^{ab}	^{BC}36.7±1.74^{ab}	^{D}28.6±1.89^{abc}	^{AB}39.4±2.70^{a}	^{AB}38.8±1.34^{a}	^{A}42.0±3.16^{a}
7	-	-	-	-	^{AB}32.0±1.91^{a}	^{AB}31.8±4.12^{a}	^{AB}34.1±2.59^{b}	^{A}37.5±2.51^{a}	^{B}27.3±2.83^{abc}	^{A}37.3±1.75^{a}	^{A}37.6±3.17^{a}	^{A}38.1±1.62^{ab}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.50	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.50	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.50	42:0.75	42:1
0	$^{D}2.41\pm0.05^{a}$	$^{C}4.88\pm0.03^{a}$	$^{B}7.40\pm0.06^{a}$	$^{A}9.92\pm0.06^{a}$	$^{D}2.40\pm0.05^{a}$	$^{C}4.93\pm0.04^{a}$	$^{B}7.38\pm0.03^{a}$	$^{A}9.87\pm0.06^{a}$	$^{D}2.41\pm0.06^{a}$	$^{C}4.87\pm0.03^{a}$	$^{B}7.40\pm0.04^{a}$	$^{A}9.88\pm0.03^{a}$
1	$^{F}2.12\pm0.08^{b}$	$^{D}4.46\pm0.11^{b}$	$^{B}7.17\pm0.05^{b}$	$^{A}9.79\pm0.09^{a}$	$^{EF}2.36\pm0.17^{a}$	$^{CD}4.73\pm0.10^{ab}$	$^{B}7.17\pm0.06^{a}$	$^{A}9.69\pm0.10^{ab}$	$^{E}2.51\pm0.33^{a}$	$^{C}4.82\pm0.10^{a}$	$^{B}7.15\pm0.07^{a}$	$^{A}9.63\pm0.15^{a}$
2	$^{F}2.00\pm0.05^{b}$	$^{E}4.23\pm0.12^{c}$	$^{C}6.91\pm0.09^{c}$	$^{A}9.80\pm0.13^{a}$	$^{F}2.00\pm0.14^{b}$	$^{DE}4.49\pm0.07^{bc}$	$^{C}6.78\pm0.14^{b}$	$^{B}9.39\pm0.05^{bc}$	$^{F}2.11\pm0.17^{ab}$	$^{D}4.60\pm0.13^{a}$	$^{C}6.68\pm0.25^{b}$	$^{B}9.36\pm0.08^{b}$
3	$^{E}1.63\pm0.10^{c}$	$^{D}3.92\pm0.09^{d}$	$^{B}6.63\pm0.08^{d}$	$^{A}9.36\pm0.10^{b}$	$^{E}1.83\pm0.13^{bc}$	$^{C}4.28\pm0.11^{c}$	$^{B}6.71\pm0.09^{bc}$	$^{A}9.24\pm0.16^{cd}$	$^{E}1.74\pm0.16^{bc}$	$^{CD}4.13\pm0.13^{b}$	$^{B}6.56\pm0.17^{bc}$	$^{A}9.10\pm0.08^{b}$
4	$^{D}1.44\pm0.08^{d}$	$^{C}3.64\pm0.13^{e}$	$^{B}6.36\pm0.06^{e}$	$^{A}8.92\pm0.03^{c}$	$^{D}1.53\pm0.12^{cd}$	$^{C}3.78\pm0.16^{d}$	$^{B}6.47\pm0.09^{c}$	$^{A}8.98\pm0.24^{de}$	$^{C}1.52\pm0.13^{cd}$	$^{D}3.86\pm0.09^{b}$	$^{B}6.34\pm0.04^{c}$	$^{A}8.83\pm0.16^{c}$
5	$^{E}1.21\pm0.05^{e}$	$^{D}3.28\pm0.09^{f}$	$^{BC}5.93\pm0.09^{f}$	$^{A}8.61\pm0.11^{d}$	$^{E}1.25\pm0.15^{d}$	$^{D}3.55\pm0.15^{de}$	$^{B}6.17\pm0.14^{d}$	$^{A}8.68\pm0.10^{ef}$	$^{E}1.17\pm0.12^{d}$	$^{D}3.52\pm0.08^{c}$	$^{C}5.76\pm0.15^{d}$	$^{A}8.53\pm0.14^{d}$
6	$^{D}0.84\pm0.09^{f}$	$^{C}3.08\pm0.05^{f}$	$^{B}5.72\pm0.09^{g}$	$^{A}8.36\pm0.12^{e}$	$^{D}0.88\pm0.10^{e}$	$^{C}3.30\pm0.15^{e}$	$^{B}5.81\pm0.10^{e}$	$^{A}8.36\pm0.17^{fg}$	$^{D}0.70\pm0.14^{e}$	$^{C}3.31\pm0.15^{c}$	$^{B}5.68\pm0.09^{d}$	$^{A}8.19\pm0.08^{e}$
7	-	-	-	-	$^{E}0.74\pm0.11^{e}$	$^{D}2.84\pm0.11^{f}$	$^{B}5.62\pm0.21^{e}$	$^{A}8.09\pm0.07^{g}$	$^{E}0.44\pm0.09^{e}$	$^{D}2.63\pm0.25^{d}$	$^{C}5.28\pm0.07^{e}$	$^{A}7.87\pm0.10^{f}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร จนถึงวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ (หัวข้อ 3.2.1; หน้า 152)

วันที่	ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร											
	14:0.25	14:0.50	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.50	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.50	42:0.75	42:1
0	$^{D}2.44\pm0.02^{a}$	$^{C}4.93\pm0.04^{a}$	$^{B}7.46\pm0.03^{a}$	$^{A}9.94\pm0.02^{a}$	$^{D}2.41\pm0.03^{a}$	$^{C}4.94\pm0.04^{a}$	$^{B}7.46\pm0.03^{a}$	$^{A}9.92\pm0.05^{a}$	$^{D}2.45\pm0.04^{a}$	$^{C}4.91\pm0.04^{a}$	$^{B}7.42\pm0.03^{a}$	$^{A}9.92\pm0.04^{a}$
1	$^{D}2.28\pm0.09^{ab}$	$^{C}46.2\pm0.13^{b}$	$^{B}7.18\pm0.09^{b}$	$^{A}9.84\pm0.09^{a}$	$^{D}2.34\pm0.06^{a}$	$^{C}4.80\pm0.08^{a}$	$^{B}7.31\pm0.08^{ab}$	$^{A}9.79\pm0.04^{a}$	$^{D}2.20\pm0.14^{a}$	$^{C}4.83\pm0.07^{a}$	$^{B}7.11\pm0.08^{b}$	$^{A}9.75\pm0.06^{a}$
2	$^{F}2.05\pm0.04^{b}$	$^{E}4.45\pm0.06^{b}$	$^{C}7.11\pm0.07^{b}$	$^{A}9.75\pm0.05^{ab}$	$^{F}2.11\pm0.07^{b}$	$^{E}4.65\pm0.18^{ab}$	$^{C}7.09\pm0.08^{bc}$	$^{B}9.41\pm0.05^{b}$	$^{G}1.81\pm0.15^{b}$	$^{E}4.55\pm0.07^{b}$	$^{D}6.80\pm0.18^{c}$	$^{B}9.43\pm0.04^{b}$
3	$^{E}1.75\pm0.13^{c}$	$^{D}4.14\pm0.07^{c}$	$^{C}6.72\pm0.17^{c}$	$^{A}9.51\pm0.13^{b}$	$^{E}1.88\pm0.10^{c}$	$^{D}4.37\pm0.12^{b}$	$^{C}6.85\pm0.12^{c}$	$^{AB}9.32\pm0.13^{b}$	$^{E}1.75\pm0.14^{b}$	$^{D}4.37\pm0.17^{b}$	$^{C}6.56\pm0.10^{cd}$	$^{B}9.15\pm0.08^{bc}$
4	$^{D}1.49\pm0.08^{d}$	$^{C}3.72\pm0.10^{d}$	$^{B}6.44\pm0.07^{c}$	$^{A}9.02\pm0.17^{c}$	$^{D}1.62\pm1.33^{d}$	$^{C}3.99\pm0.21^{c}$	$^{B}6.46\pm0.10^{d}$	$^{A}9.16\pm0.11^{b}$	$^{D}1.51\pm0.10^{bc}$	$^{C}3.92\pm0.05^{c}$	$^{B}6.35\pm0.13^{d}$	$^{A}8.88\pm0.12^{cd}$
5	$^{E}1.16\pm0.16^{e}$	$^{D}3.46\pm0.06^{e}$	$^{B}6.87\pm0.11^{d}$	$^{A}8.76\pm0.08^{d}$	$^{E}1.33\pm0.10^{e}$	$^{D}3.67\pm0.20^{cd}$	$^{C}6.26\pm0.18^{d}$	$^{A}8.82\pm0.13^{c}$	$^{E}1.25\pm0.08^{c}$	$^{D}3.73\pm0.12^{c}$	$^{C}6.06\pm0.05^{e}$	$^{A}8.63\pm0.12^{d}$
6	$^{D}1.06\pm0.05^{e}$	$^{C}3.21\pm0.05^{f}$	$^{B}5.81\pm0.11^{e}$	$^{B}8.44\pm0.09^{e}$	$^{D}0.95\pm0.03^{f}$	$^{C}3.38\pm0.15^{de}$	$^{B}5.93\pm0.14^{e}$	$^{A}8.59\pm0.13^{c}$	$^{D}0.81\pm0.14^{d}$	$^{C}3.45\pm0.13^{d}$	$^{B}5.59\pm0.18^{f}$	$^{A}8.35\pm0.12^{e}$
7	-	-	-	-	$^{E}0.72\pm0.05^{g}$	$^{D}3.08\pm0.09^{e}$	$^{C}5.63\pm0.12^{f}$	$^{A}8.28\pm0.15^{d}$	$^{E}0.62\pm0.14^{d}$	$^{D}3.16\pm0.16^{e}$	$^{C}5.41\pm0.04^{f}$	$^{B}7.90\pm0.23^{f}$

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง-นอนเดียวกันตามลำดับ ($P<0.01$)

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย (mean±SD) ปริมาณไนเตรท (มก./ล.) ไนไตรท์ (ไมโครกรัม /ล.) แอมโมเนีย (ไมโครกรัม/ล.) ฟอสเฟตอนินทรีย์ (มก./ล.) และฟอสฟอรัสรวม (มก./ล.) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในหัวข้อ 3.2.1; หน้า 152

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟตในอาหาร (วันที่ของการเพาะเลี้ยง)	ไนเตรท	ไนไตรท์	แอมโมเนีย	ฟอสเฟตอนินทรีย์	ฟอสฟอรัสรวม
14:0.25 (6)	$^{E}6.65\pm0.15^{fgh}$	$^{E}0.043\pm0.01^{e}$	$^{D}9.94\pm0.33^{f}$	$^{G}0.84\pm0.09^{g}$	$^{G}1.06\pm0.05^{f}$
14:0.5 (6)	$^{E}5.66\pm0.32^{gh}$	$^{E}0.042\pm0.01^{e}$	$^{D}12.4\pm1.78^{ef}$	$^{E}3.08\pm0.05^{e}$	$^{E}3.21\pm0.05^{e}$
14:0.75 (6)	$^{E}5.39\pm0.24^{gh}$	$^{E}0.040\pm0.01^{e}$	$^{D}16.7\pm0.61^{e}$	$^{C}5.72\pm0.09^{c}$	$^{C}5.81\pm0.11^{c}$
14:1 (6)	$^{E}4.50\pm0.37^{h}$	$^{E}0.036\pm0.01^{e}$	$^{D}22.5\pm1.75^{d}$	$^{A}8.36\pm0.12^{a}$	$^{A}8.44\pm0.09^{a}$
28:0.25 (7)	$^{D}13.1\pm1.16^{d}$	$^{C}66.5\pm1.63^{d}$	$^{BC}32.0\pm1.91^{bc}$	$^{G}0.74\pm0.11^{g}$	$^{H}0.72\pm0.05^{g}$
28:0.5 (7)	$^{D}11.3\pm1.52^{de}$	$^{D}63.8\pm3.22^{d}$	$^{BC}31.8\pm4.12^{bc}$	$^{F}2.84\pm0.11^{ef}$	$^{F}3.08\pm0.09^{e}$
28:0.75 (7)	$^{D}9.68\pm0.25^{ef}$	$^{CD}71.7\pm2.52^{d}$	$^{AB}34.1\pm2.59^{ab}$	$^{D}5.62\pm0.21^{c}$	$^{C}5.63\pm0.12^{cd}$
28:1 (7)	$^{D}8.59\pm0.21^{efg}$	$^{D}82.7\pm2.49^{c}$	$^{C}37.5\pm2.51^{ab}$	$^{AB}8.09\pm0.07^{ab}$	$^{A}8.28\pm0.15^{a}$
42:0.25 (7)	$^{A}33.6\pm2.10^{a}$	$^{B}130.6\pm4.52^{b}$	$^{AB}27.3\pm2.83^{cd}$	$^{H}0.44\pm0.09^{h}$	$^{H}0.62\pm0.14^{g}$
42:0.5 (7)	$^{AB}30.3\pm2.58^{b}$	$^{A}138.2\pm4.65^{ab}$	$^{AB}37.3\pm1.75^{ab}$	$^{F}2.63\pm0.25^{f}$	$^{F}3.16\pm0.16^{e}$
42:0.75 (7)	$^{B}30.3\pm2.58^{b}$	$^{B}134.6\pm4.19^{b}$	$^{A}37.6\pm3.17^{ab}$	$^{D}5.28\pm0.07^{d}$	$^{D}5.41\pm0.04^{d}$
42:1 (7)	$^{C}25.0\pm1.36^{c}$	$^{B}145.4\pm9.10^{a}$	$^{A}38.1\pm1.62^{a}$	$^{B}7.87\pm0.10^{b}$	$^{B}7.90\pm0.23^{b}$

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก-ใหญ่ที่ต่างกันกำกับ แสดงความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.01$) ระหว่างค่าเฉลี่ย

-ในวันก่อนที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด 1 วันในหัวข้อที่ 3.1.1; หน้า 118

-ในวันที่นำคลอเรลลาไปใช้ในการเลี้ยงโรติเฟอร์ในหัวข้อที่ 3.2.1; หน้า 152 ตามลำดับ

2. ค่าตัวเลขในช่องคุณภาพน้ำทั้งห้าค่าเป็นผลจากการทดลองในหัวข้อที่ 3.2.1; หน้า 152

ง : ตารางเปรียบเทียบผลผลิตและคุณภาพน้ำ

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตคลอเรลลา และการเปลี่ยนแปลงของไนเตรท (NO_3^-), ไนไตรท์ (NO_2^-), แอมโมเนีย (NH_3), ฟอสเฟตอนินทรีย์ (OP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต		3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
ผลผลิต		66	67	82	91	100	121	126
NO_3^-	ปริมาณที่มี [1]	9.5	19	36.4	71.5	100	142.7	172.1
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	9.48	18.9	35.8	67.5	79.8	93.7	103.7
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	99.8	99.4	98.3	94.5	79.8	65.7	60.3
NO_2^-	ปริมาณที่มี [1]	94	95.2	94.4	99.2	100	95.6	100
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	↓ 93.8	↓ 95	↓ 94.3	72 ↑	415.5 ↑	393.5 ↑	441.8 ↑
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	↓ 99.8	↓ 99.78	↓ 99.91	264.3 ↑	415.5 ↑	411.7 ↑	441.8 ↑
NH_3	ปริมาณที่มี [1]	92.3	90.0	95.4	91.9	100	100	102.2
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	↓ 102.8	↓ 238.6	↓ 82.7	315.3 ↑	337.1 ↑	724.4 ↑	723.3 ↑
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	↓ 107.8	↓ 265.1	↓ 86.7	343.1 ↑	337.1 ↑	724.4 ↑	723.4 ↑
OP	ปริมาณที่มี [1]	99.7	99.6	100.3	100.1	100	99.9	100.1
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	11.30	12.30	16.94	19.94	21.90	23.35	26.14
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	11.30	12.34	16.89	19.92	21.90	23.37	26.11
TP	ปริมาณที่มี [1]	100.1	99.69	100.6	100.7	100	100.1	100.6
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	11.64	10.93	15.63	20.12	20.63	23.80	24.0
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	11.63	10.96	15.53	19.98	20.63	23.78	23.86

หมายเหตุ 1) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของสารที่มีหรือที่เหลืออยู่ในชุดการทดลองนั้น ๆ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

2) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของสารที่ถูกใช้ไปในชุดการทดลองนั้น ๆ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

3) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของสารที่ถูกใช้ไปเมื่อเทียบกับปริมาณที่ให้ในวันเริ่มต้น

ตารางที่ 2 ราคาต้นทุนและเปอร์เซ็นต์ต้นทุนของอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 7 สูตร

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต	3.5:1	7:1	14:1	28:1	42:1	56:1	70:1
ราคาต้นทุนอาหารเพาะเลี้ยง (บาท/ตัน)	66.8	71.2	80.8	97.6	115.4	132.9	150.5
เปอร์เซ็นต์ต้นทุนอาหารเพาะเลี้ยง (เปอร์เซ็นต์)	57.9	61.7	70.0	84.6	100	115.2	130.4

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ผลผลิตคลอเรลลา และการเปลี่ยนแปลงของไนเตรท (NO_3^-), ไนไตรท์ (NO_2^-), แอมโมเนีย (NH_3), ฟอสเฟตอนินทรีย์ (OP) และฟอสฟอรัสรวม (TP) ในน้ำเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในอาหารที่มีปริมาณไนเตรทแตกต่างกัน 12 สูตรในวันที่คลอเรลลามีความหนาแน่นสูงที่สุด

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต		14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
ผลผลิต		74	74	75	76	91	91	92	94	96	97	98	100
NO_3^-	ปริมาณที่มี [1]	35.3	34.8	35.9	33.6	71.1	71.1	72.2	70.2	99.0	101.2	103.2	100
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	35.1	34.6	35.8	33.5	60.0	63.5	64.7	64.5	73.6	74.6	79.2	78.7
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	99.53	99.52	99.60	99.70	92.1	89.3	89.5	91.8	74.3	73.68	76.78	78.7
NO_2^-	ปริมาณที่มี [1]	106.9	98.9	98.9	106.9	98.3	99.4	101.1	103.4	99.4	100	100.6	100
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	106.9	98.9	98.9	106.9	143.4	156.5	159.4	149.7	502.1	480	384.7	329.1
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	100	100	100	100	145.9	157.5	157.6	144.8	505.2	480	382.4	329.1
NH_3	ปริมาณที่มี [1]	106	98.0	99.0	103.9	100.2	100.1	96.8	97.4	99.7	100.6	99.9	100
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	22.8	26.2	10.6	10.5	285.3	255.1	247.7	269.0	315.0	348.4	365.3	380.3
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	21.5	26.8	10.7	10.1	284.7	254.8	263.8	276.2	316.0	346.3	365.7	380.3
OP	ปริมาณที่มี [1]	24.1	49.8	75.2	100.2	24.2	49.7	75.1	99.5	24.5	49.3	75.1	100
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	18.7	21.1	20.8	20.6	20.6	25.4	21.8	21.0	21.9	23.8	23.6	24.4
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	77.7	42.4	27.7	20.5	84.9	51.0	29.1	21.1	89.3	48.4	31.5	24.4
TP	ปริมาณที่มี [1]	25.0	49.8	75.2	100.1	24.3	49.4	75.1	100.1	24.6	49.5	75.2	100
	ถูกใช้ไปของชุดควบคุม [2]	19.6	20.6	19.9	20.08	20.2	24.2	20.9	21.0	20.5	24.0	23.0	23.9
	ถูกใช้ไปจากที่มีอยู่เมื่อเริ่มต้น [3]	78.2	41.3	26.4	20.06	83.0	49.0	27.8	21.0	83.2	48.5	30.6	23.9

หมายเหตุ 1) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของสารที่มีหรือที่เหลืออยู่ในชุดการทดลองนั้น ๆ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

2) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของสารที่ถูกใช้ไปในชุดการทดลองนั้น ๆ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

3) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของสารที่ถูกใช้ไปเมื่อเทียบกับปริมาณที่ให้ในวันเริ่มต้น

ตารางที่ 4 ราคาต้นทุนและเปอร์เซ็นต์ต้นทุนของอาหารเพาะเลี้ยงที่มีปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตแตกต่างกัน 12 สูตร

ปริมาณไนเตรท : ฟอสเฟต	14:0.25	14:0.5	14:0.75	14:1	28:0.25	28:0.5	28:0.75	28:1	42:0.25	42:0.5	42:0.75	42:1
ราคาต้นทุนอาหารเพาะเลี้ยง (บาท/ตัน)	77.4	78.6	79.7	80.4	93.2	99.3	96.2	97.6	112.0	113.2	114.3	115.4
เปอร์เซ็นต์ต้นทุนอาหารเพาะเลี้ย (เปอร์เซ็นต์)	67.1	68.1	69.1	69.7	80.8	86.0	83.4	84.6	97.1	98.1	99.0	100

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายจักรพงษ์ ศรีพนมยม

วัน เดือน ปีเกิด 10 กันยายน 2515

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (การประมง)	สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้	2538