บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลองที่ 1

1. การศึกษาอัตราการเจริญทวีจำนวนของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่ไข่ น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ และน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำหมักมูลไก่ไข่ น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำและน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา ความหนาแน่นเริ่มต้นของสาหร่าย 0.6 (OD, 560 $_{นม.}$) ให้แสงสว่างความเข้ม 3,500-4,000 ลักซ์ วันละ 16 ชั่วโมง ระหว่างเวลา 06.00 – 22.00 น อุณหภูมิ 27±5 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด – ด่าง 8-11 และให้อากาศตลอดวันได้ผลดังต่อไปนี้

3.1.1 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ในน้ำหมักจากมูลไก่ไข่ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0% และในอาหารสูตร Zarrouk เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และพร้อมกันในวันที่ 7 ของการทดลองความหนาแน่นสูงสุดของสาหร่าย *Spirulina* sp. ในวันดังกล่าวมีค่าเฉลี่ย 1.18±0.12 - 1.34±0.10 (OD 560$_{นม}$) ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกชนิดก่อนถึงวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุดแตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 2 ($p<0.01$), วันที่ 4 ($p<0.05$) และวันที่ 6 ($p<0.05$) สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำหมักมูลไก่ไข่ระดับความเข้มข้น 7.5% มีความหนาแน่นเฉลี่ยในวันที่ 2 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.71 ± 0.02 และ 0.78± 0.02 (OD 560$_{นม}$) มากกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk มีค่าเท่ากับ 0.58 ± 0.02 และ 0.71 ± 0.09 (OD 560$_{นม}$) ส่วนในวันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยง ค่าความหนาแน่นสูงสุดของสาหร่าย *Spirulina* sp. เพาะเลี้ยงในน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 7.5% มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk ($p>0.05$) (ตาราง 6 ภาพ 2)

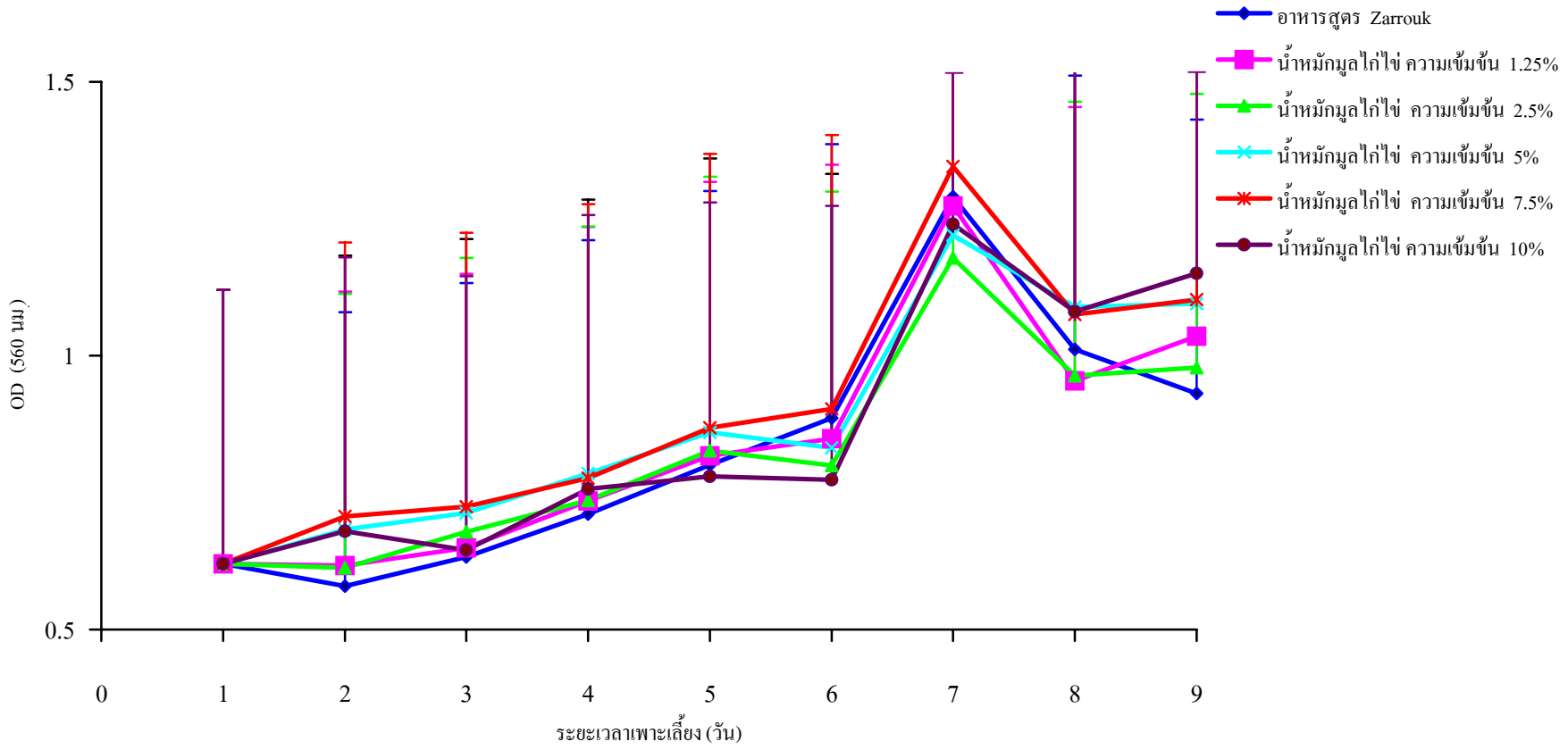
ตาราง 6 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$ OD, $560_{นม.}$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่ไข่ที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับอาหารสูตร Zarrouk

สูตรอาหาร	□□ □□□□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □								
	1 ^{NS}	**2****	**3** ^{NS}	**4***	**5** ^{NS}	**6***	**7** ^{NS}	**8**	**9**
1. อาหารสูตร Zarrouk	0.62±0.01	0.58±0.02^{a}	0.63±0.02	0.71±0.09^{a}	0.80±0.09	0.89±0.09^{cd}	1.29±0.42	1.01±0.20	0.93±0.26
2. น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 1.25%	0.62±0.01	0.62±0.03^{b}	0.65±0.01	0.73±0.02^{ab}	0.82±0.04	0.85±0.03^{bcd}	1.27±0.13	0.95±0.08	1.04±0.05
3. น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 2.5%	0.62±0.01	0.61±0.01^{b}	0.68±0.05	0.74±0.07^{ab}	0.83±0.07	0.80±0.07^{ab}	1.18±0.12	0.96±0.10	0.98±0.06
4. น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 5.0%	0.62±0.02	0.68±0.03^{c}	0.71±0.03	0.79±0.01^{b}	0.86±0.01	0.83±0.07^{abc}	1.22±0.26	1.09±0.16	1.09±0.12
5. น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 7.5%	0.62±0.02	0.71±0.02^{c}	0.72±0.01	0.78±0.02^{b}	0.87±0.05	0.90±0.08^{d}	1.34±0.10	1.08±0.12	1.10±0.15
6. น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 10%	0.62±0.02	0.68±0.04^{c}	0.65±0.18	0.76±0.04^{ab}	0.78±0.10	0.77±0.06^{a}	1.24±0.25	1.08±0.04	1.15±0.08

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), NS ไม่แตกต่างทางสถิติ

2) แถบที่แรเงา หมายถึง ความหนาแน่นสูงที่สุดของสาหร่ายในแต่ละชุดการทดลอง



ภาพ 2 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่ไข่ที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับอาหารสูตร Zarrouk

3.1.2 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ

สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำที่ระดับความเข้มข้น 12.5, 25, 50, 75, 100% และในอาหารสูตร Zarrouk ใช้ความหนาแน่นเริ่มต้น 0.6 (OD, 560 $_{นม.}$) เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ความหนาแน่นสูงสุดของสาหร่ายเกิดขึ้นพร้อมกันในวันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยง (ตาราง 7 ภาพ 3) กล่าวคือสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk เจริญได้ความหนาแน่นสูงสุดเท่ากับ 1.13$\pm$0.03 (OD, 560 $_{นม.}$) สูงกว่าความหนาแน่นสูงที่สุดของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 12.5, 25, 75 และ 100% อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความหนาแน่นสูงที่สุดของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่การเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% ที่สาหร่าย *Spirulina* sp. เจริญได้ความหนาแน่นสูงสุดเฉลี่ย 0.98$\pm$0.15 (OD, 560 $_{นม.}$) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 12.5 และ 50% ได้ความหนาแน่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ความหนาแน่นมากที่สุดในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 12.5, 25 และ 100% เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.97$\pm$0.05, 0.85$\pm$0.09 และ 0.83$\pm$0.09 (OD 560$_{นม}$) ตามลำดับ ส่วนสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำที่ความเข้มข้น 25, 75 และ 100% เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นมากที่สุดต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.85$\pm$0.09, 0.77$\pm$0.05 และ 0.83$\pm$0.09 (OD 560$_{นม}$) ตามลำดับ

ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกชนิด ก่อนถึงวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) เริ่มตั้งแต่วันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk เจริญได้สูงกว่าค่าความหนาแน่นสูงสุดเฉลี่ยของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำเกือบทุกความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญยกเว้นในการเพาะเลี้ยงที่ใช้น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% ในทำนองเดียวกันกับในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุด (ตาราง 7 ภาพ 3)

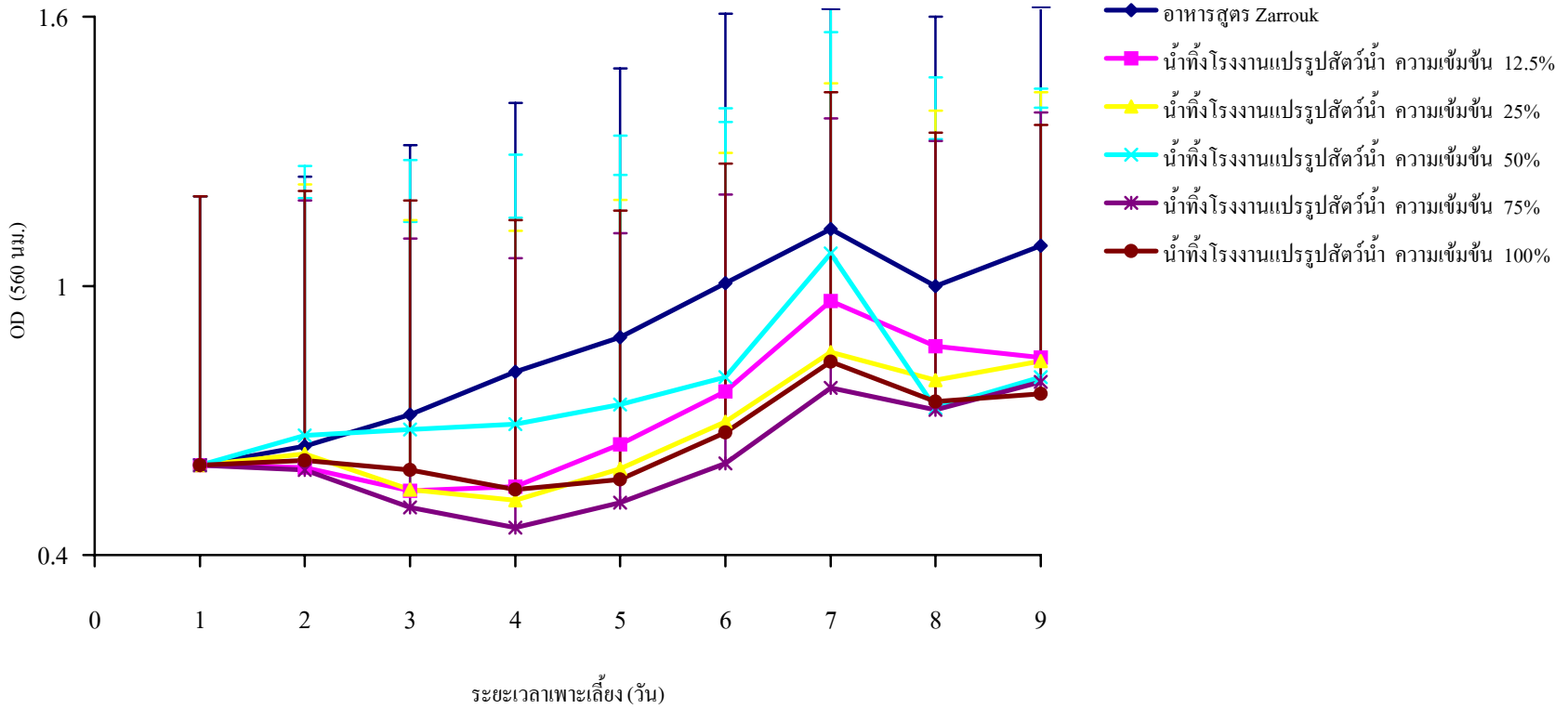
ตาราง 7 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$ OD, $560_{นม.}$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งที่ได้จากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับอาหารสูตร Zarrouk

สูตรอาหาร	□□ □□□□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □								
	1[NS]	**2****	**3****	**4****	**5****	**6****	**7****	**8**	**9**
1. อาหารสูตร Zarrouk	0.60±0.02	0.64±0.05[bc]	0.71±0.06[c]	0.81±0.03[d]	0.89±0.11[d]	1.01±0.11[e]	1.13±0.03[d]	1.00±0.14	1.10±0.34
2. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 12.5%	0.60±0.02	0.59±0.02[a]	0.54±0.04[ab]	0.55±0.04[b]	0.65±0.04[b]	0.76±0.05[cd]	0.97±0.05[bc]	0.86±0.05	0.84±0.11
3. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 25%	0.60±0.02	0.63±0.03[ab]	0.55±0.04[ab]	0.52±0.06[ab]	0.59±0.03[ab]	0.70±0.11[bc]	0.85±0.09[ab]	0.79±0.06	0.83±0.04
4. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 50%	0.60±0.01	0.67±0.06[c]	0.68±0.14[c]	0.69±0.18[c]	0.73±0.14[c]	0.80±0.11[d]	0.98±0.15[cd]	0.83±0.11	0.80.±0.05
5. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 75%	0.60±0.01	0.59±0.01[a]	0.51±0.01[a]	0.46±0.02[a]	0.52±0.03[a]	0.60±0.05[a]	0.77±0.05[a]	0.72±0.04	0.79±0.03
6. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 100%	0.60±0.01	0.61±0.00[ab]	0.59±0.05[b]	0.55±0.05[b]	0.57±0.03[a]	0.67±0.03[ab]	0.83±0.09[ab]	0.74±0.08	0.76±0.09

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), NS ไม่แตกต่างทางสถิติ

2) แถบที่แรเงา หมายถึง ความหนาแน่นสูงที่สุดของสาหร่ายในแต่ละชุดการทดลอง



ภาพ 3 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับอาหารสูตร Zarrouk

3.1.3 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา

สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราทุกความเข้มข้นไม่มีการเจริญทวีจำนวนตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยง 7 วัน จึงทำการปรับปรุงอาหารทดลองสูตรนี้โดยคงปริมาณน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราในอาหารทดลองทุกสูตรเท่ากันคือ 40, 60, 80 และ 100%

การปรับปรุงอาหารทดลองทำโดยการเติมอาหารอย่างง่าย คือ โซเดียมไนเตรท ไดโพแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนตลงไปในอาหารทดลองทุกชุดในปริมาณเท่ากับปริมาณที่มีในอาหารทดลองสูตร Zarrouk คือ 2.5, 0.5 และ 16.8 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ใช้อาหารทดลองหลังจากการปรับปรุงในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. เปรียบเทียบกับการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk การเรียกชื่ออาหารทดลองทุกสูตรคงเดิม

ผลการทดลองพบว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุดแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) การเจริญทวีจำนวนเกิดขึ้นพร้อมกันในวันที่ 7 สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40 และ 60% เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุดดีที่สุด เท่ากับ 1.79 ± 0.40 และ 1.74 ± 0.49 (OD, $560_{นม.}$) ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk และสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา ความเข้มข้น 80% ที่มีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งความหนาแน่นสูงที่สุดของ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้งสองชนิดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 ± 0.15 และ 1.19 ± 0.16 (OD, $560_{นม.}$) ตามลำดับ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา ความเข้มข้น 100% มีความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ยต่ำกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่เหลือทุกสูตรคือ เท่ากับ 0.78 ± 0.15 (OD, $560_{นม.}$)

ระยะก่อนที่สาหร่าย *Spirulina* sp. จะมีการเจริญทวีจำนวนสูงสุด (วันที่ 2-6 ของการเพาะเลี้ยง) สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกชนิด มีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ทุกวันเช่นเดียวกัน กล่าวคือ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 60% เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นเฉลี่ยสูงกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรที่เหลือในวันที่ 2 และ 3 ของการเพาะเลี้ยง แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา ความเข้มข้น 40 และ 80% ในวันที่ 4, 5 และ 6 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพารา ความเข้มข้น 100% เจริญทวีจำนวนได้ต่ำกว่าในอาหารทดลองทุกสูตรในทุกวันของการทดลอง (ตาราง 8 ภาพ 4)

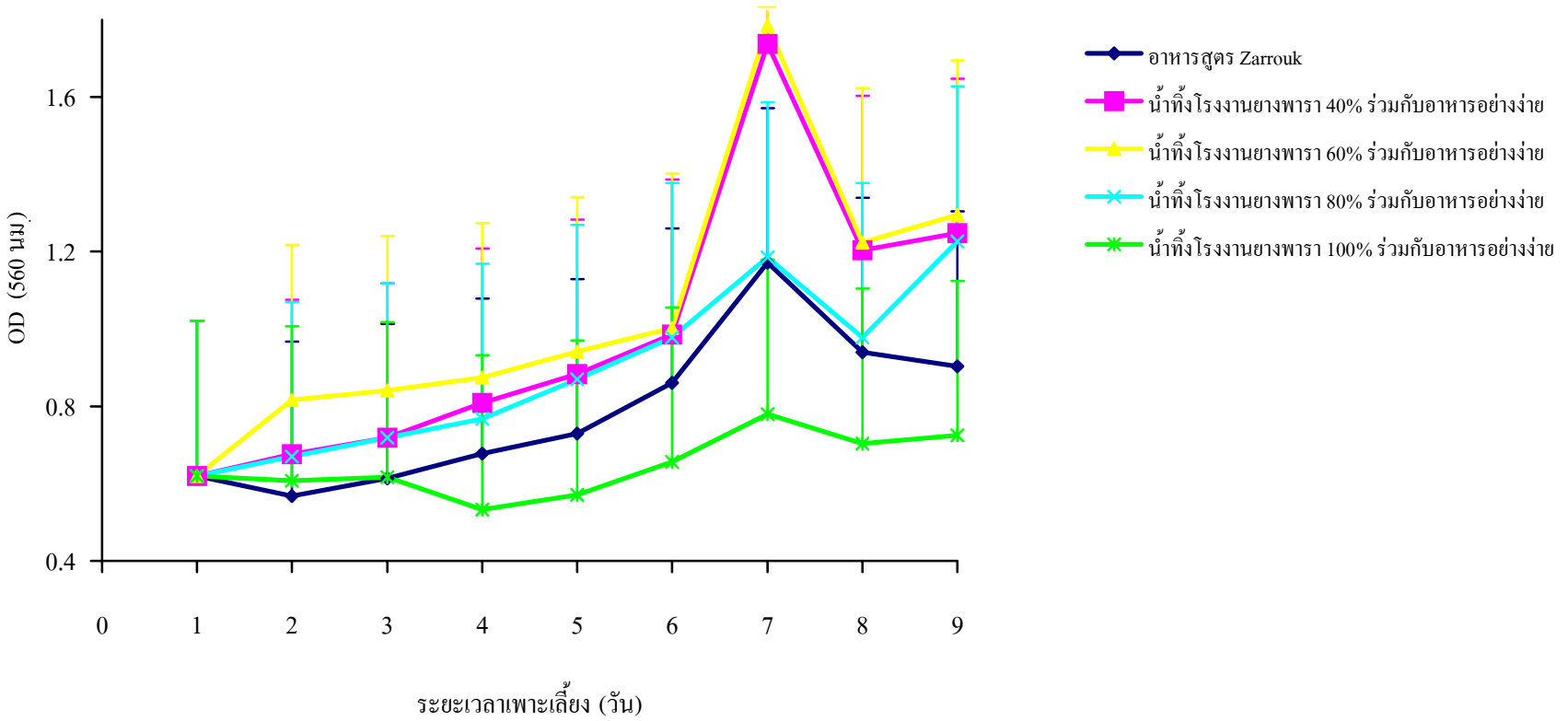
ตาราง 8 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$ OD, $560_{นม.}$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราร่วมกับอาหารอย่างง่าย ที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับอาหารสูตร Zarrouk

สูตรอาหาร	□□ □□□□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □								
	1[NS]	**2****	**3****	**4****	**5****	**6****	**7****	**8**	**9**
1. อาหารสูตร Zarrouk	0.62±0.03	0.57±0.03[a]	0.61±0.05[a]	0.68±0.07[b]	0.73±0.08[b]	0.86±0.10[b]	1.17±0.15[b]	0.94±0.05	0.90±0.06
2. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 40%	0.62±0.03	0.68±0.09[b]	0.72±0.12[b]	0.81±0.09[cd]	0.88±0.13[c]	0.99±0.19[bc]	1.74±0.49[c]	1.20±0.15	1.25±0.23
3. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 60%	0.62±0.04	0.82±0.07[c]	0.84±0.08[c]	0.87±0.09[d]	0.94±0.11[c]	1.00±0.09[c]	1.79±0.40[c]	1.22±0.08	1.29±0.12
4. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 80%	0.62±0.01	0.67±0.05[b]	0.72±0.08[b]	0.77±0.12[c]	0.87±0.13[c]	0.98±0.18[bc]	1.19±0.16[b]	1.14±0.35	1.23±0.42
5. น้ำทิ้ง ความเข้มข้น 100%	0.62±0.02	0.61±0.02[a]	0.62±0.02[a]	0.53±0.02[a]	0.57±0.02[a]	0.66±0.04[a]	0.78±0.15[a]	0.70±0.11	0.73±0.09

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), NS ไม่แตกต่างทางสถิติ

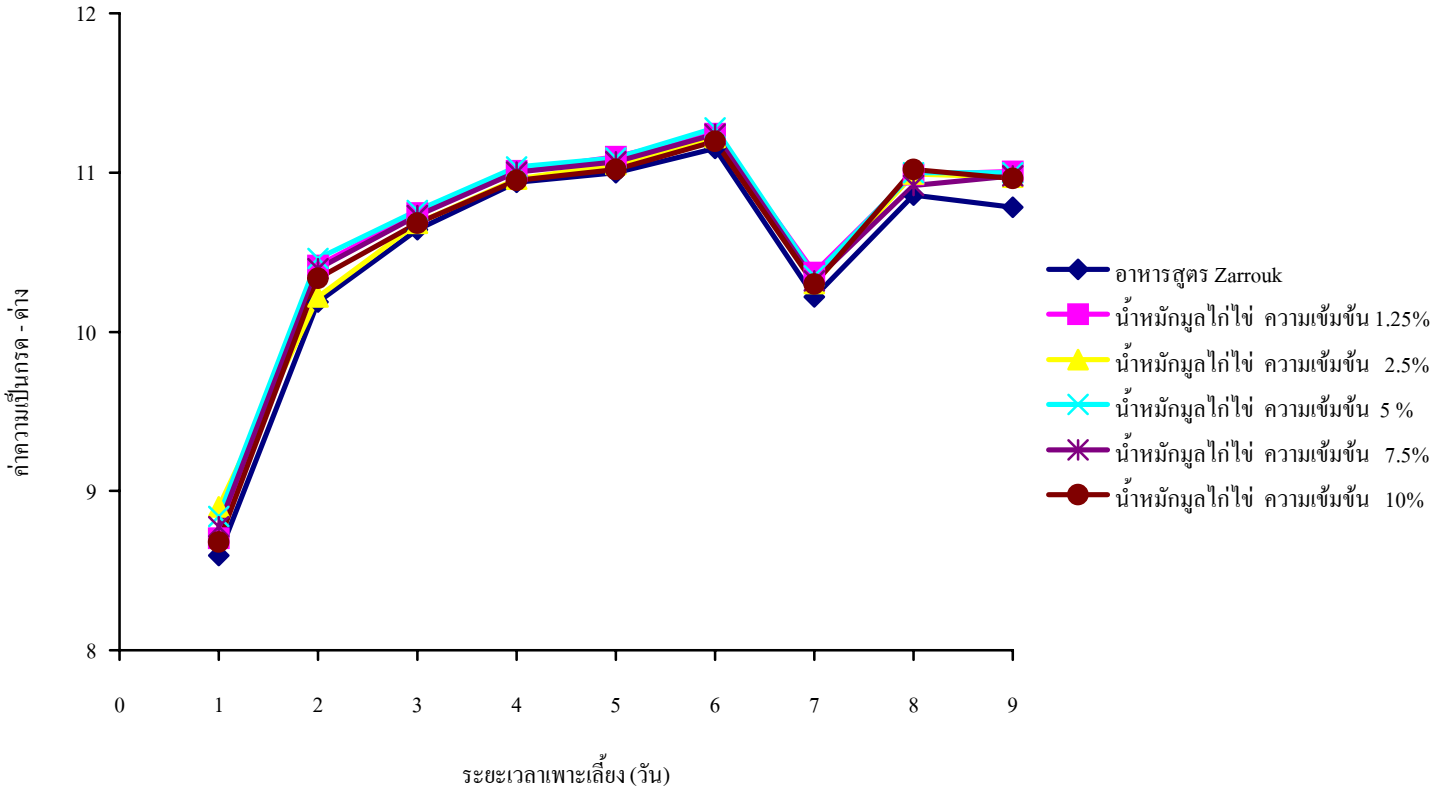
2) แถบที่แรเงา หมายถึง ความหนาแน่นสูงที่สุดของสาหร่ายในแต่ละชุดการทดลอง



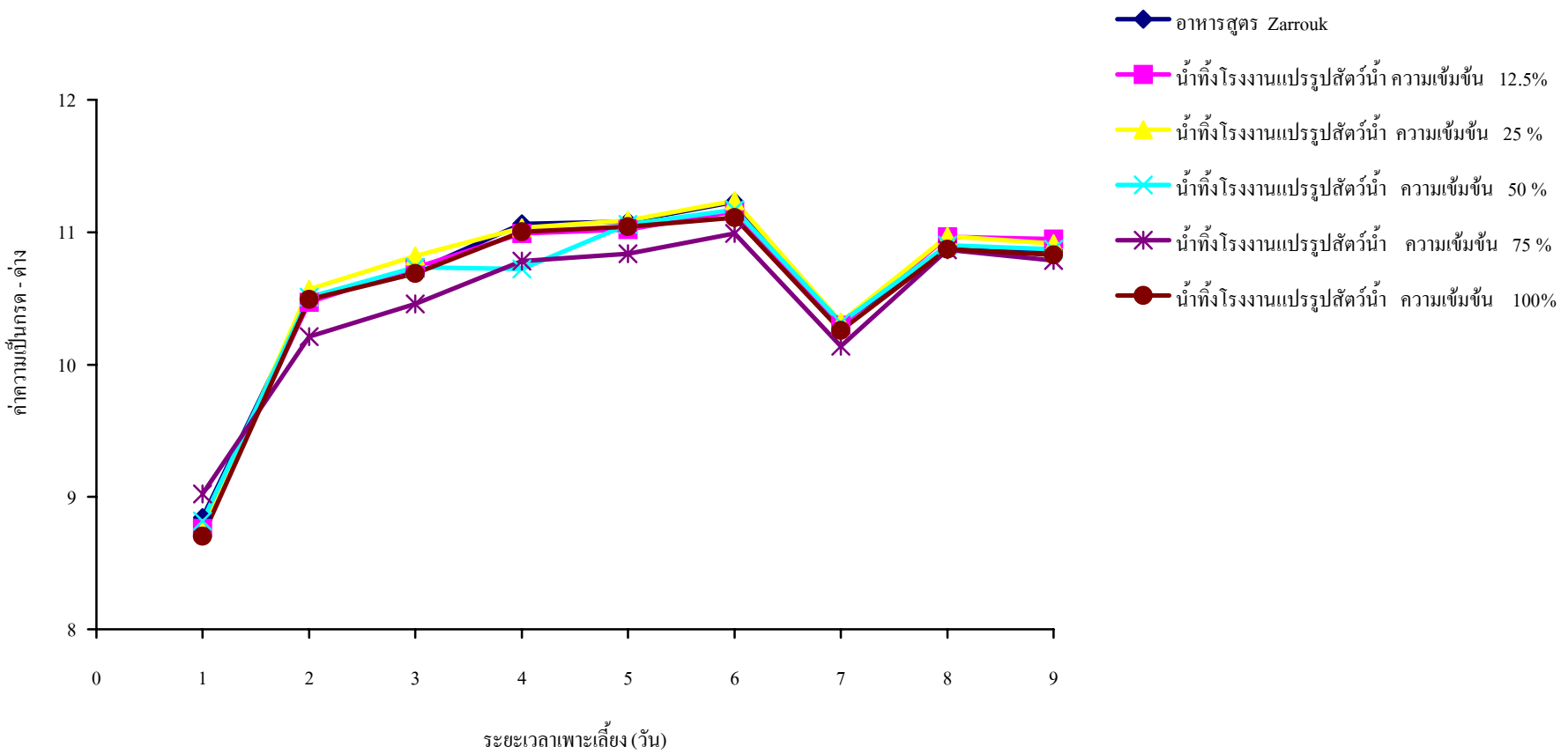
ภาพ 4 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราที่ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับอาหารอย่างง่ายเปรียบเทียบกับอาหารสูตร Zarrouk

3.1.4 ค่าความเป็นกรด - ด่าง

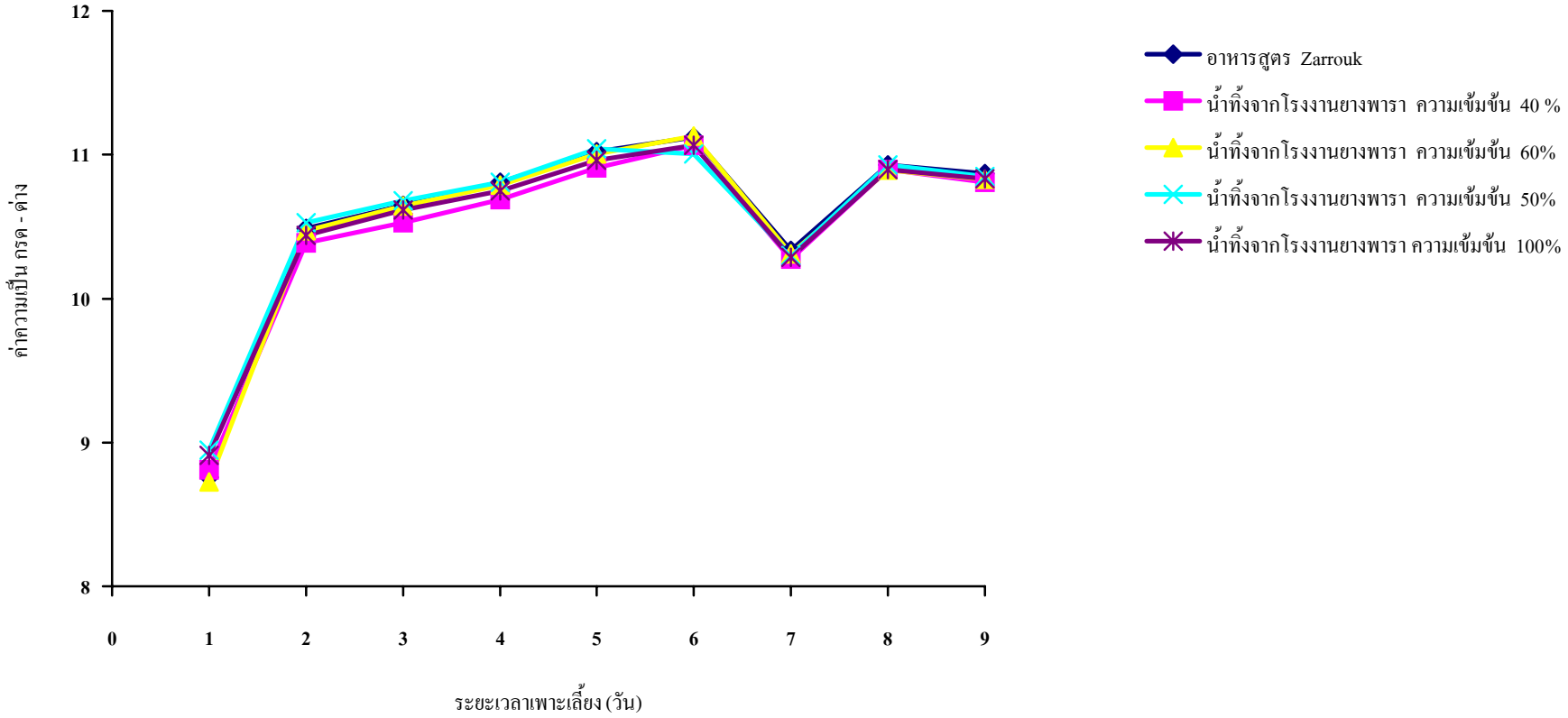
ค่าความเป็นกรด –ด่างของอาหารสูตร Zarrouk น้ำหมักมูลไก่ไข่ น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ และอาหารที่ได้จากน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราร่วมกับอาหรอย่างง่าย มีดังนี้ ค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารในทุกสูตรทุกความเข้มข้น เมื่อเริ่มทำการเพาะเลี้ยงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างอาหารทดลองทุกสูตรในวันเดียวกัน ตลอดการทดลอง ($p>0.05$) มีค่าอยู่ระหว่าง 8.59 ± 0.11 - 8.90 ± 0.09 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในระยะก่อนที่จะมีการเจริญทวีจำนวนสูงสุดตั้งแต่วันที่ 2-6 ค่าความเป็นกรด – ด่างมีค่าเพิ่มมากขึ้นทุกวัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) จนกระทั่งถึงวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นสูงสุด ค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารทุกชุดการทดลอง มีค่าลดลง ค่าความเป็นกรด – ด่างเพิ่มสูงสุดในวันที่ 6 ของการเพาะเลี้ยงมีค่าเฉลี่ย 10.99 ± 0.14 – 11.21 ± 0.10 ในวันที่ 7 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีความหนาแน่นสูงที่สุด ค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารลดลงและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.25 ± 0.02 – 10.32 ± 0.04 (ภาพ 5, 6, 7)



ภาพ 5 ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่ไข่ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และในอาหารสูตร Zarrouk



ภาพ 6 ค่าความเป็นกรด- ด่าง ของน้ำเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่ได้จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ที่ความเข้มข้นต่างๆ และในอาหารสูตร Zarrouk



ภาพ 7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่ได้จากน้ำทิ้งโรงงานยางพาราร่วมกับอาหารอย่างง่าย ที่ความเข้มข้นต่างๆ และในอาหารสูตร Zarrouk

3.2 การทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ในอาหารที่ได้จากเศษเหลือการเกษตร การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ในอาหารทดลอง 5 ชนิด

1. อาหารสูตร Zarrouk
2. อาหารทดลองอย่างง่าย ที่ประกอบด้วย โซเดียมไนเตรท 2.5 กรัมต่อลิตร ไดโพแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.5 กรัมต่อลิตร โซเดียมไบคาร์บอเนต 16.8 กรัมต่อลิตร
3. น้ำหมักมูลไก่ไข่ ความเข้มข้น 1.25% (ผลจากการทดลองที่ 1 ข้อ 3.1.1 หน้า 30)
4. น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ ความเข้มข้น 50% (ผลจากการทดลองที่ 1 ข้อ 3.1.2 หน้า 33)
5. น้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย หน้า 24, และผลจากการทดลองที่ 1 ข้อ 3.1.3 หน้า 36)

3.2.1 การเจริญทวีจำนวนของสาหร่าย *Spirulina* sp.

สาหร่าย *Spirulina* sp.ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกสูตรเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุด และใช้เวลาในการเจริญทวีจำนวนจนมีความหนาแน่นสูงที่สุดแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุด สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk มีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 1.53 ± 0.06 (OD, $560_{นม.}$) มากกว่าความหนาแน่นสูงสุดของสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกสูตรที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงไปได้แก่ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.38 ± 0.04 (OD, $560_{นม.}$) รองลงมา ได้แก่ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารจากน้ำทิ้งโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่ายที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.13 ± 0.10 (OD, $560_{นม.}$) สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% มีความหนาแน่นสูงสุดต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.93 ± 0.06 และ 0.91 ± 0.02 (OD, $560_{นม.}$) ตามลำดับพร้อมกัน (ตาราง 9 ภาพ 8, 9) อิทธิพลของอาหารทดลองทั้ง 5 ชนิดต่อปริมาณสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เกิดขึ้นในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองแต่ละชนิด มีความหนาแน่นมากที่สุด เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันในระยะ 7 วันก่อนสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกชนิดมีความหนาแน่นมากที่สุด (ตาราง 10 ภาพ 9)

สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายใช้ระยะเวลาในการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นมากที่สุด นานที่สุด คือเฉลี่ย 26.67 ± 0.58 วัน รองลงมาคือ สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงใน

อาหารสูตร Zarrouk ที่ใช้เวลาเฉลี่ย 23.67±0.58 วัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับระยะเวลาที่สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายเจริญได้ความหนาแน่นมากที่สุด สาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่ายใช้เวลาเจริญทวีจำนวนจนได้ความหนาแน่นมากที่สุดเฉลี่ย 15.33±1.15 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk แต่ต่ำกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp.ที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายอย่างมีนัยสำคัญ สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุด เร็วที่สุด และไม่แตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 8.33±0.58 และ 8.67± 0.69 วันตามลำดับ และไม่แตกต่างทางสถิติกับสาหร่ายที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย (ตาราง 9, 10 ภาพ 8, 9)

ก่อนที่สาหร่าย *Spirulina* sp. เจริญหนาแน่นมากที่สุดในระยะเดียวกัน สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารต่างชนิดกันมีการเจริญทวีจำนวนแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) เกือบทุกวันเริ่มตั้งแต่วันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยง ยกเว้นวันที่ 11-13 สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย มีความหนาแน่นเฉลี่ยในช่วง 9 วันแรกเพิ่ม ต่ำกว่ามากโดยต่ำกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% จากน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และจากอาหารสูตร Zarrouk แต่ใกล้เคียงกับสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่าย ส่วนในน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25%, น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงเจริญทวีจำนวนได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และความแตกต่างที่เกิดขึ้นไม่มีนัยสำคัญในระหว่างวันที่ 11-13 สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk และน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย เจริญได้ความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 2 เท่าของปริมาณเมื่อเริ่มต้นหลังจากเพาะเลี้ยงไปได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ในขณะที่สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายมีความหนาแน่นต่ำที่สุด คือ มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 50% ของความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้น ปริมาณสาหร่าย *Spirulina* sp. ในชุดการทดลองที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลองหลังจากเพาะเลี้ยงไปได้ 21 วัน ก่อนที่จะเจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุดในวันที่ 27 ของการเพาะเลี้ยง ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร Zarrouk สาหร่าย *Spirulina* sp. เจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นมากที่สุดเมื่อเพาะเลี้ยงไปได้ 24 วัน ได้ความหนาแน่นมากที่สุดเพิ่มมากขึ้นกว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองประมาณ 1.3 เท่าก่อนความหนาแน่นจะลดลงไปในวันที่ 25

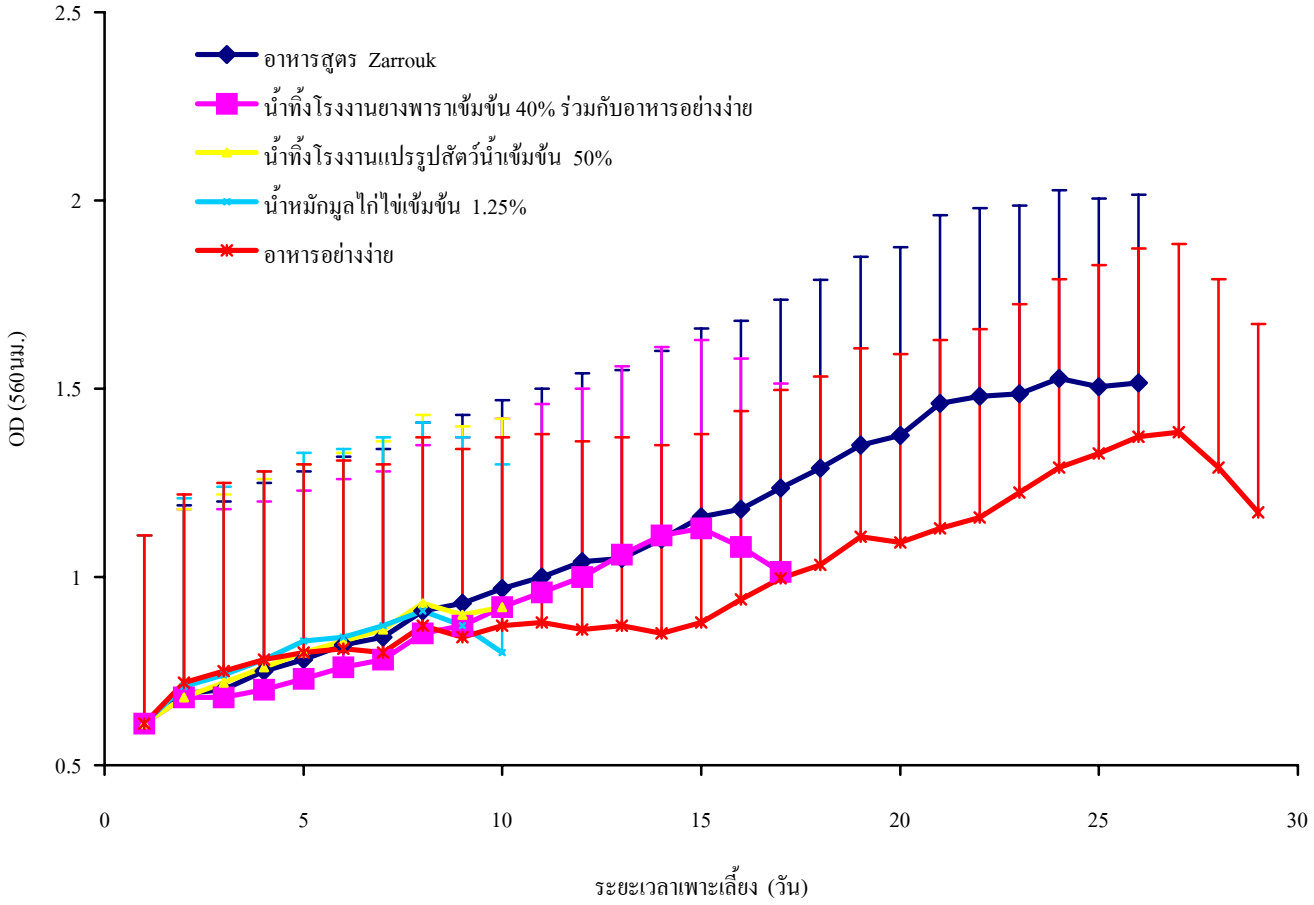
การเจริญทวีจำนวนของสาหร่ายในวันที่มีความหนาแน่นสูงที่สุดของสาหร่าย *Spirulina* sp. มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกสูตร ในอาหารสูตร Zarrouk มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.53 ± 0.06 และ 1.38 ± 0.04 ตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย ที่มีค่าเฉลี่ย 1.13 ± 0.10 ส่วนสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และอาหารที่ได้จากน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% มีค่าความหนาแน่นไม่แตกต่างกันทางสถิติและมีค่าต่ำกว่าสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทุกชุดการทดลองซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.93 ± 0.06 และ 0.91 ± 0.02 ตามลำดับ (ตาราง 9, 10 ภาพ 8, 9)

ตาราง 9 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm$ SD OD, $560_{นม.}$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร □□ □□	อาหารสูตร Zarrouk	น้ำทิ้งโรงงานยางพารา 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย	น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50 %	น้ำหมักมูลไก่ไข่ 1.25%	อาหารอย่างง่าย
1[NS]	0.67±0.01	0.67±0.01	0.67±0.01	0.67±0.02	0.67±0.01
2*	0.69±0.02[a]	0.68±0.02[a]	0.68±0.02[a]	0.71±0.04[b]	0.72±0.03[b]
3**	0.70±0.01[b]	0.68±0.03[a]	0.72±0.01[bc]	0.74±0.03[cd]	0.75±0.02[d]
4*	0.75±0.01[b]	0.70±0.02[a]	0.76±0.04[b]	0.78±0.04[b]	0.78±0.03[b]
5*	0.78±0.01[b]	0.76±0.03[a]	0.78±0.04[bc]	0.79±0.05[bc]	0.82±0.02[c]
6*	0.82±0.02[b]	0.78±0.04[a]	0.83±0.04[b]	0.84±0.05[b]	0.81±0.01[b]
7**	0.84±0.01[b]	0.80±0.06[a]	0.86±0.05[b]	0.87±0.04[b]	0.80±0.02[a]
8*	0.91±0.02[b]	0.85±0.06[a]	0.93±0.06[b]	0.91±0.02[b]	0.87±0.04[a]
9*	0.93±0.02[b]	0.87±0.09[ab]	0.90±0.09[ab]	0.87±0.08[ab]	0.84±0.02[a]
10*	0.97±0.04[b]	0.92±0.07[b]	0.92±0.10[b]	0.80±0.20[a]	0.87±0.02[ab]
11[NS]	1.00±0.05	0.96±0.06	-	-	0.88±0.08
12[NS]	1.04±0.05	1.00±0.06	-	-	0.86±0.09
13[NS]	1.05±0.08	1.06±0.06	-	-	0.87±0.11
14*	1.10±0.08[b]	1.11±0.06[b]	-	-	0.85±0.10[a]
15*	1.16±0.15[b]	1.13±0.10[b]	-	-	0.88±0.11[a]
16*	1.18±0.10[b]	1.08±0.21[ab]	-	-	0.94±0.06[a]
17*	1.24±0.10[b]	1.01±0.35[a]	-	-	1.00±0.06[a]
18*	1.29±0.06[b]	-	-	-	1.03±0.04[a]
19*	1.35±0.08[b]	-	-	-	1.11±0.13[a]
20*	1.38±0.07[b]	-	-	-	1.09±0.07[a]
21*	1.46±0.09[b]	-	-	-	1.13±0.06[a]
22*	1.48±0.07[b]	-	-	-	1.16±0.07[a]
23*	1.49±0.05[b]	-	-	-	1.22±0.08[a]
24*	1.53±0.06[b]	-	-	-	1.29±0.08[a]
25*	1.51±0.06[b]	-	-	-	1.33±0.03[a]
26*	1.51±0.07[b]	-	-	-	1.37±0.04[a]
27	-	-	-	-	1.38±0.04
28	-	-	-	-	1.29±0.15
29	-	-	-	-	1.17±0.29
***	1.53±0.06[c]	1.13±0.10[b]	0.93±0.06[a]	0.91±0.02[a]	1.38±0.04[c]

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ต่างกันในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), NS ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
2) *** ค่า OD ($560_{นม.}$) สูงสุดของทุกชุดการทดลอง
3) – จบการทดลอง



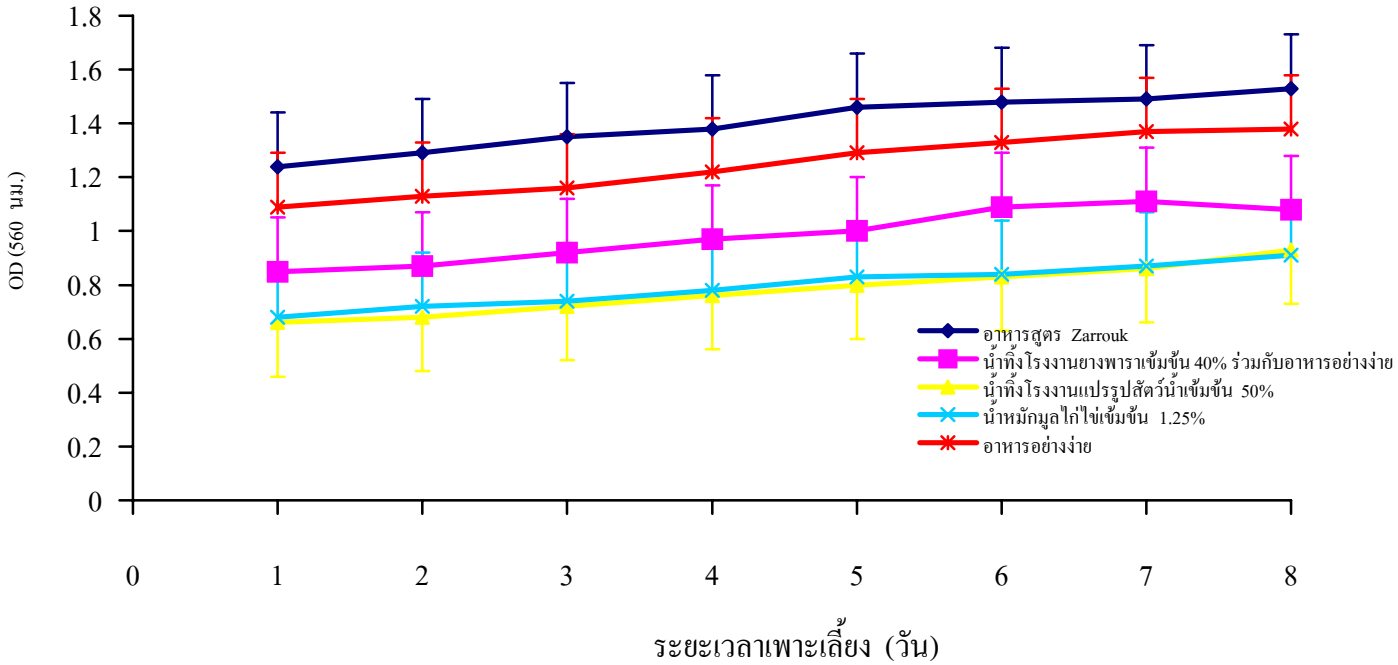
ภาพ 8 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$) ที่เพาะเลี้ยงด้วยอาหารสูตรต่างๆ

ตาราง 10 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$ OD, $560_{นม.}$) ก่อนวันที่ความหนาแน่นมีค่าสูงที่สุด 7 วัน ของการเพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร □□ □□	อาหารสูตร Zarrouk	น้ำทิ้งโรงงานยางพารา 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย	น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50%	น้ำหมักมูลไก่ไข่ 1.25%	อาหารอย่างง่าย
7*	1.24 ± 0.10^{d}	0.85 ± 0.06^{b}	0.66 ± 0.01^{a}	0.68 ± 0.02^{a}	1.09 ± 0.07^{c}
6**	1.29 ± 0.02^{d}	0.87 ± 0.02^{b}	0.68 ± 0.02^{a}	0.72 ± 0.04^{a}	1.13 ± 0.06^{c}
5**	1.35 ± 0.08^{d}	0.92 ± 0.07^{b}	0.72 ± 0.01^{a}	0.74 ± 0.03^{a}	1.16 ± 0.07^{c}
4**	1.38 ± 0.07^{d}	0.97 ± 0.06^{b}	0.76 ± 0.04^{a}	0.78 ± 0.04^{a}	1.22 ± 0.08^{c}
3**	1.46 ± 0.09^{d}	1.00 ± 0.02^{b}	0.80 ± 0.04^{a}	0.83 ± 0.05^{a}	1.29 ± 0.08^{c}
2**	1.48 ± 0.07^{d}	1.09 ± 0.03^{b}	0.83 ± 0.04^{a}	0.84 ± 0.05^{a}	1.33 ± 0.03^{c}
1**	1.49 ± 0.05^{d}	1.11 ± 0.06^{b}	0.86 ± 0.05^{a}	0.87 ± 0.04^{a}	1.37 ± 0.04^{c}
0**	1.53 ± 0.06^{d}	1.08 ± 0.10^{b}	0.93 ± 0.06^{a}	0.91 ± 0.02^{a}	1.38 ± 0.04^{c}

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ต่างกันในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกันกำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$)
2) วันที่ 0 หมายถึง วันที่สาหร่ายมีการเจริญทวีจำนวนสูงที่สุด



ภาพ 9 ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. ($\bar{X} \pm SD$) ก่อนวันที่ความหนาแน่นมีค่าสูงที่สุด 7 วัน ของการเพาะเลี้ยงโดยใช้อาหารสูตรต่างๆ

3.2.2 ปริมาณไนเตรท (ตาราง 11, ภาพ 10)

ปริมาณไนเตรทที่มีในอาหารทดลองเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ทุกชนิดมีไนเตรทแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ตลอดการทดลอง รวมทั้งในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทดลองทุกชนิดเจริญได้ความหนาแน่นมากที่สุด เมื่อเริ่มต้นการทดลองในอาหารสูตร Zarrouk อาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราเข้มข้นความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย และอาหารอย่างง่ายมีไนเตรทสูงกว่าในอาหารในชุดการทดลองที่เหลือ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ มีค่าปริมาณไนเตรทอยู่ระหว่าง 374.30±0.79 - 381.70±0.40 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าในอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% ที่มีค่าปริมาณไนเตรทเริ่มต้นเฉลี่ย 23.45±5.66 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างมีนัยสำคัญ การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% มีปริมาณไนเตรทต่ำกว่าในอาหารทดลองทุกชนิด คือ มีไนเตรทเริ่มต้นเฉลี่ย 0.84±0.21 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในวันที่ 2 ปริมาณไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ตรวจพบปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นเล็กน้อยก่อนที่จะลดปริมาณลงในวันที่ 3 การเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50% ตรวจพบว่ามีปริมาณไนเตรทในช่วงก่อนวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุดแปรปรวนอยู่ระหว่าง 15.88-19.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และคงเหลือไนเตรท 13.09±1.89 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 8 ซึ่งมีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ปริมาณไนเตรทลดลงเรื่อยๆ จากวันที่ 2 ของการเพาะเลี้ยงจนเหลือเท่ากับ 0.03±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 8 ที่สาหร่ายมีความหนาแน่นมากที่สุด

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ในอาหารสูตร Zarrouk หลังจากเริ่มทำการทดลองปริมาณไนเตรทมีค่าอยู่ระหว่าง 74.70±4.10 – 101.37±5.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 24 ที่สาหร่าย *Spirulina* sp.เจริญได้ความหนาแน่นสูงที่สุด ตรวจพบไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงในชุดการทดลองนี้เฉลี่ย 84.91±5.84 มิลลิกรัมต่อลิตร การเพาะเลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย ปริมาณไนเตรทมีค่าอยู่ระหว่าง 61.28±2.34 – 72.56±3.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 15 สาหร่าย *Spirulina* sp. เจริญความหนาแน่นมากที่สุดยังคงมีไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยงเฉลี่ย 66.56±4.02 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารอย่างง่ายที่สาหร่าย *Spirulina* sp. เจริญได้ความหนาแน่นมากที่สุด ช้าที่สุด (วันที่ 27) ในระหว่างการเพาะเลี้ยงปริมาณไนเตรทมีค่าอยู่ระหว่าง 71.26±13.82 – 98.06±2.35 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในวันที่ความหนาแน่นของสาหร่าย *Spirulina* sp. มีค่ามากที่สุดยังคงมีไนเตรทในน้ำที่เพาะเลี้ยง 74.53±4.10 มิลลิกรัมต่อลิตร

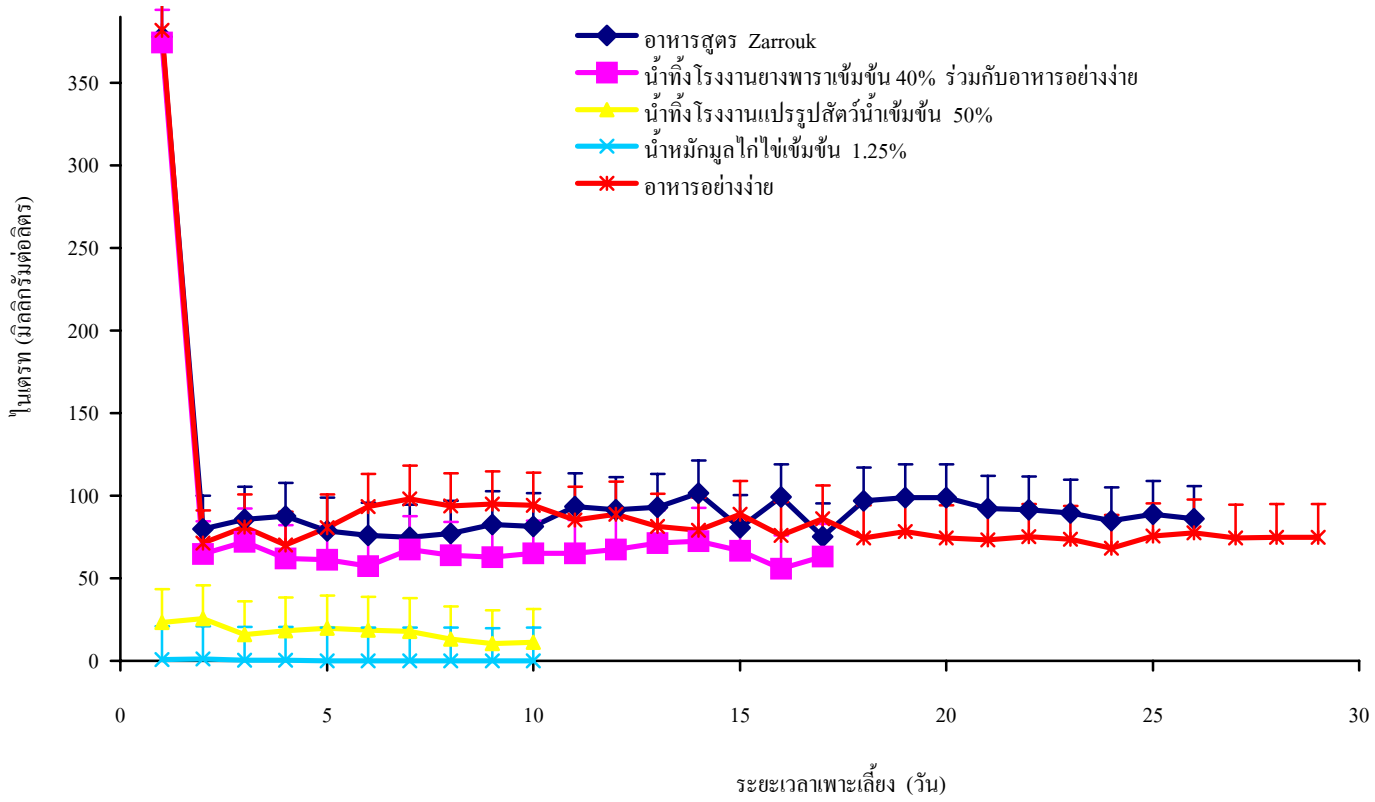
ในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุดมีปริมาณไนเตรทที่ยังคงมีอยู่ในทุกชุดการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตร Zarrouk ตรวจพบว่ามีปริมาณไนเตรทคงเหลืออยู่ในน้ำเพาะเลี้ยงมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับปริมาณไนเตรทที่ตรวจพบในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่มีน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย และในอาหารอย่างง่าย ที่มีไนเตรทเฉลี่ย 84.91±5.84, 66.56±4.02 และ 74.53 ±4.10 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าปริมาณไนเตรท จากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50% และในน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% มีปริมาณไนเตรทต่ำที่สุดในวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นมากที่สุดคือ 13.09±1.89 และ 0.03±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตาราง 11 ภาพ 10)

ตาราง 11 ปริมาณไนเตรท ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร วันที่	อาหารสูตร Zarrouk	น้ำทิ้งโรงงานยางพารา 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย	น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50%	น้ำหมักมูลไก่ไข่ 1.25%	อาหารอย่างง่าย
1**	378.00±0.35^{c}	374.30±0.79^{c}	23.45±5.66^{b}	0.84±0.21^{a}	381.70±0.40^{c}
2**	79.86±10.23^{c}	64.65±3.18^{c}	25.78±3.57^{b}	1.00±0.09^{a}	71.26±13.82^{c}
3**	85.53±13.91^{c}	72.11±2.42^{c}	15.88±2.93^{b}	0.51±0.15^{a}	80.92±15.08^{c}
4**	87.62±12.08^{d}	62.12±2.07^{c}	18.18±2.95^{b}	0.55±0.23^{a}	70.18±6.56^{c}
5**	78.79±7.01^{d}	61.28±2.35^{c}	19.58±2.26^{b}	0.06±0.05^{a}	80.82±2.33^{d}
6**	75.83±4.93^{d}	57.19±2.85^{c}	18.76±2.96^{b}	0.07±0.06^{a}	93.32±8.33^{c}
7**	74.70±4.10^{c}	67.43±2.80^{c}	17.95±1.74^{b}	0.07±0.04^{a}	98.06±2.35^{d}
8**	77.03±2.94^{d}	63.95±2.67^{c}	13.09±1.89^{b}	0.03±0.03^{a}	93.16±2.35^{c}
9**	82.61±5.10^{c}	62.78±2.54^{c}	10.53±1.80^{a}	0.05±0.03^{a}	94.86±4.91^{d}
10**	81.43±4.07^{c}	65.02±3.58^{b}	11.25±1.36^{a}	0.02±0.01^{a}	94.15±5.76^{c}
11**	93.52±3.52^{b}	65.13±3.49^{a}	-	-	85.44±4.62^{b}
12**	91.30±4.18^{b}	67.41±3.41^{a}	-	-	88.67±3.07^{b}
13**	93.07±60.6^{b}	71.28±3.99^{a}	-	-	81.22±4.52^{a}
14**	101.37±5.40^{b}	72.56±3.86^{a}	-	-	79.00±5.35^{a}
15**	80.58±8.57^{b}	66.56±4.02^{a}	-	-	88.80±5.58^{b}
16**	99.09±2.85^{c}	55.91±3.79^{a}	-	-	76.06±4.58^{b}
17**	75.29±6.58^{a}	63.05±3.99^{a}	-	-	86.16±3.71^{b}
18**	96.90±2.34^{b}	-	-	-	74.25±2.90^{a}
19*	99.00±4.88^{b}	-	-	-	78.47±5.73^{a}
20*	98.82±3.03^{b}	-	-	-	74.38±5.64^{a}
21*	92.22±4.34^{b}	-	-	-	73.44±3.97^{a}
22*	91.66±5.48^{b}	-	-	-	75.08±3.62^{a}
23*	89.54±4.71^{b}	-	-	-	73.69±3.98^{a}
24*	84.91±5.84^{b}	-	-	-	68.26±4.00^{a}
25*	88.04±3.17^{b}	-	-	-	75.42±4.44^{a}
26*	85.98±2.85^{b}	-	-	-	77.62±3.42^{a}
27	-	-	-	-	74.53±4.10
28	-	-	-	-	74.93±2.32
29	-	-	-	-	74.95±2.19
วันที่ ***	84.91±5.84^{c}	66.56±4.02^{c}	13.09±1.89^{b}	0.03±0.03^{a}	74.53±4.10^{c}

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ต่างกันในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$)
2) *** หมายถึง ปริมาณไนเตรทในวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นมากที่สุด
3) - จบการทดลอง



ภาพ 10 ปริมาณไนเตรท ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ

3.2.3 ปริมาณไนไตรท์

ปริมาณไนไตรท์ในระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ด้วยอาหารทดลองสูตร Zarrouk, อาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย อาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50%, อาหารที่ประกอบด้วยน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% และอาหารอย่างง่ายเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ในน้ำที่เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ด้วยอาหารอย่างง่าย และในอาหารสูตร Zarrouk มีปริมาณไนไตรท์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูงกว่าปริมาณไนไตรท์ที่มีในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ทุกสูตรที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 6.99 ± 0.07 – 7.02 ± 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจพบในระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่ายมีค่าเฉลี่ย 3.96 ± 0.04 ไม่แตกต่างทางสถิติจากปริมาณที่มีในอาหารสูตร Zarrouk แต่ต่ำกว่าปริมาณไนไตรท์ที่พบในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยอาหารอย่างง่ายอย่างมีนัยสำคัญ ในอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีปริมาณไนไตรท์ต่ำกว่าปริมาณที่ตรวจพบในการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารชุดที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ คือ มีค่าปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย 0.19 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร การใช้น้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% สำหรับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายมีปริมาณไนไตรท์ต่ำมาก จนไม่สามารถตรวจวัดค่าได้ตลอดการทดลอง

ในระหว่างวันที่ 2 ถึงวันที่ 10 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสาหร่าย *Spirulina* sp. ปริมาณไนไตรท์ในอาหารทุกสูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ในวันที่สองในอาหารเพาะเลี้ยงสูตร Zarrouk ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย และในอาหารอย่างง่ายมีปริมาณไนไตรท์ลดลงประมาณ 85% ของค่าปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจพบเมื่อเริ่มทดลอง เหลือไนไตรท์เฉลี่ยในการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารทั้งสองชนิดดังกล่าว 0.40 ± 0.54 และ 0.15 ± 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% ปริมาณไนไตรท์เพิ่มขึ้นกว่า 6 เท่าของปริมาณไนไตรท์เมื่อเริ่มต้นการเพาะเลี้ยงสาหร่ายคือมีค่าเฉลี่ย 5.48 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์ในชุดการทดลองนี้เพิ่มปริมาณขึ้นจนมีค่าเฉลี่ย 11.02 ± 1.87 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่ 5 ของการเพาะเลี้ยงก่อนที่จะลดปริมาณลงเรื่อยๆ เป็นลำดับ จนถึงวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุดที่ตรวจพบปริมาณไนไตรท์ในน้ำเลี้ยงสาหร่ายเฉลี่ย 10.07 ± 4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ด้วยอาหารสูตร Zarrouk ด้วย

น้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย และด้วยอาหารอย่างง่าย ปริมาณไนไตรท์ที่พบในน้ำเลี้ยงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในระหว่างวันที่ 11-17 ปริมาณไนไตรท์ที่ตรวจพบในทุกชุดการทดลองที่เหลือไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากนี้จนกระทั่งวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุด ตรวจพบปริมาณไนไตรท์ต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตร Zarrouk ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณที่ตรวจพบในชุดการทดลองที่เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ด้วยอาหารอย่างง่าย ซึ่งมีปริมาณไนไตรท์เพิ่มมากขึ้นทุกวันจนมีค่า 4.04±2.74 มิลลิกรัมต่อลิตรในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุดในวันที่ 27

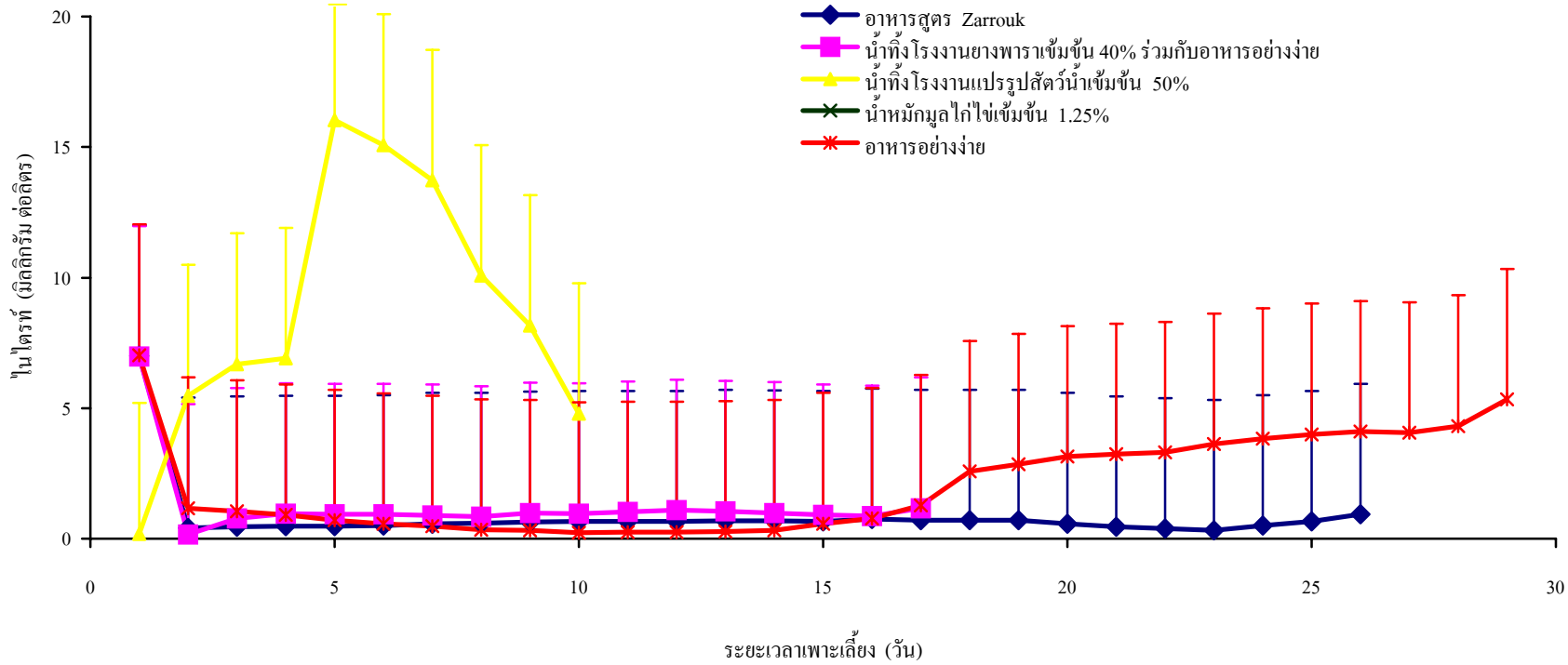
ในวันที่สาหร่ายมีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุด ตรวจพบว่าปริมาณไนไตรท์ที่ยังคงมีในน้ำที่เพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.01$) ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีปริมาณไนไตรท์สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 10.07±4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าปริมาณไนไตรท์ในอาหารทดลองทุกชุดการทดลอง รองลงมาคือในอาหารอย่างง่ายที่มีปริมาณไนไตรท์เฉลี่ย 4.04±2.74 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณไนไตรท์ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย และอาหารสูตร Zarrouk มีปริมาณไนไตรท์ไม่แตกต่างกันในวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.91±0.55 และ 0.50±0.09 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ (ตาราง 12 ภาพ 11)

ตาราง 12 ปริมาณไนไตรท์ ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร □□ □□	อาหารสูตร Zarrouk	น้ำทิ้งโรงงานยางพารา 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย	น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50%	น้ำหมักมูลไก่ไข่ 1.25%	อาหารอย่างง่าย
1**	6.99 ± 0.07^{bc}	6.96 ± 0.04^{b}	0.19 ± 0.01^{a}	-	7.02 ± 0.06^{c}
2**	0.40 ± 0.54^{b}	0.15 ± 0.04^{a}	5.48 ± 0.09^{d}	-	1.16 ± 0.05^{c}
3**	0.45 ± 0.49^{a}	0.77 ± 0.23^{c}	6.69 ± 0.17^{b}	-	1.06 ± 0.04^{d}
4**	0.47 ± 0.42^{a}	0.96 ± 0.29^{b}	6.89 ± 0.09^{c}	-	0.91 ± 0.05^{b}
5**	0.46 ± 0.37^{ab}	0.93 ± 0.29^{a}	16.02 ± 1.87^{c}	-	0.70 ± 0.11^{ab}
6**	0.50 ± 0.34^{a}	0.92 ± 0.27^{a}	15.08 ± 2.70^{b}	-	0.57 ± 0.15^{a}
7**	0.57 ± 0.29^{a}	0.89 ± 0.30^{a}	13.71 ± 3.50^{b}	-	0.47 ± 0.17^{a}
8**	0.58 ± 0.25^{a}	0.84 ± 0.24^{a}	10.07 ± 4.82^{b}	-	0.34 ± 0.18^{a}
9**	0.64 ± 0.21^{a}	0.97 ± 0.32^{a}	8.15 ± 6.21^{b}	-	0.32 ± 0.19^{a}
10**	0.64 ± 0.14^{a}	0.96 ± 0.39^{a}	4.79 ± 4.02^{b}	-	0.22 ± 0.13^{a}
11^{NS}	0.66 ± 0.09	1.01 ± 0.48	-	-	0.23 ± 0.11
12^{NS}	0.65 ± 0.04	1.08 ± 0.57	-	-	0.25 ± 0.08
13^{NS}	0.69 ± 0.06	1.04 ± 0.60	-	-	0.26 ± 0.16
14^{NS}	0.67 ± 0.16	0.99 ± 0.59	-	-	0.31 ± 0.37
15^{NS}	0.66 ± 0.28	0.91 ± 0.55	-	-	0.58 ± 0.67
16^{NS}	0.74 ± 0.51	0.87 ± 0.54	-	-	0.77 ± 0.67
17^{NS}	0.71 ± 0.48	1.17 ± 0.94	-	-	1.26 ± 0.96
18*	0.70 ± 0.47^{a}	-	-	-	2.56 ± 2.17^{b}
19*	0.70 ± 0.48^{a}	-	-	-	2.85 ± 2.27^{b}
20*	0.57 ± 0.45^{a}	-	-	-	3.15 ± 2.49^{b}
21*	0.45 ± 0.30^{a}	-	-	-	3.23 ± 2.61^{b}
22*	0.39 ± 0.22^{a}	-	-	-	3.30 ± 2.52^{b}
23*	0.31 ± 0.14^{a}	-	-	-	3.62 ± 2.74^{b}
24*	0.50 ± 0.09^{a}	-	-	-	3.82 ± 2.73^{b}
25*	0.65 ± 0.25^{a}	-	-	-	3.99 ± 2.80^{b}
26*	0.93 ± 0.85^{a}	-	-	-	4.10 ± 2.87^{b}
27	-	-	-	-	4.04 ± 2.74^{b}
28	-	-	-	-	4.32 ± 2.38
29	-	-	-	-	5.32 ± 1.04
วันที่ ***	0.50 ± 0.09^{a}	0.91 ± 0.55^{a}	10.07 ± 4.82^{c}	-	4.04 ± 2.74^{b}

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ต่างกันในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), NS ไม่แตกต่างทางสถิติ
2) *** หมายถึง ปริมาณไนไตรท์ในวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นมากที่สุด
3) - จบการทดลอง



ภาพ 11 ปริมาณไนไตรท์ ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ

3.2.4 ปริมาณแอมโมเนีย

แอมโมเนียเมื่อเริ่มต้นการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารทดลองทุกชุดมีปริมาณแอมโมเนียแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีปริมาณแอมโมเนียในวันเริ่มต้นการเพาะเลี้ยงเฉลี่ย 5.64±3.77 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าสูงที่สุดและสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียในอาหารทุกชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ ปริมาณแอมโมเนียที่พบในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ด้วยอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย มีปริมาณแอมโมเนียจากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. เฉลี่ย 3.64±0.49 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในอาหารเพาะเลี้ยงสาหร่ายสาหร่าย *Spirulina* sp. สูตร Zarrouk อาหารที่ประกอบด้วยน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% และอาหารอย่างง่ายมีค่าปริมาณแอมโมเนียต่ำกว่าปริมาณที่ตรวจพบในชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีและไม่แตกต่างกัน มีค่าปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย 0.11±0.01 และ 1.36±0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ในระหว่างวันที่ 2 ถึงวันที่ 11 ปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในอาหารทดลองทุกชุดยังคงแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$, <0.05) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตร Zarrouk และอาหารอย่างง่ายมีปริมาณแอมโมเนียเพิ่มขึ้นช้าๆ และลดปริมาณลงในวันที่สาหร่ายมีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุด เหลือแอมโมเนียเฉลี่ย 1.71±0.22 และ 0.94±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วนการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ปริมาณแอมโมเนียส่วนใหญ่ลดลงในช่วง 2-3 วันแรกจากปริมาณที่มีในวันเริ่มต้น วันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุดเหลือปริมาณแอมโมเนียเฉลี่ย 1.42±0.09, 0.92±0.13 และ 0.04±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ในวันที่สาหร่ายมีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงที่สุด ปริมาณแอมโมเนียที่ตรวจพบในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตร Zarrouk มีแอมโมเนียในน้ำเพาะเลี้ยงมากกว่าปริมาณที่มีในทุกชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างกับปริมาณแอมโมเนียที่มีในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย คือมีค่าแอมโมเนียเฉลี่ย 1.71±0.22 และ 1.42±0.09 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ รองลงมาคือ ปริมาณแอมโมเนียจากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% และในอาหารอย่างง่ายไม่แตก

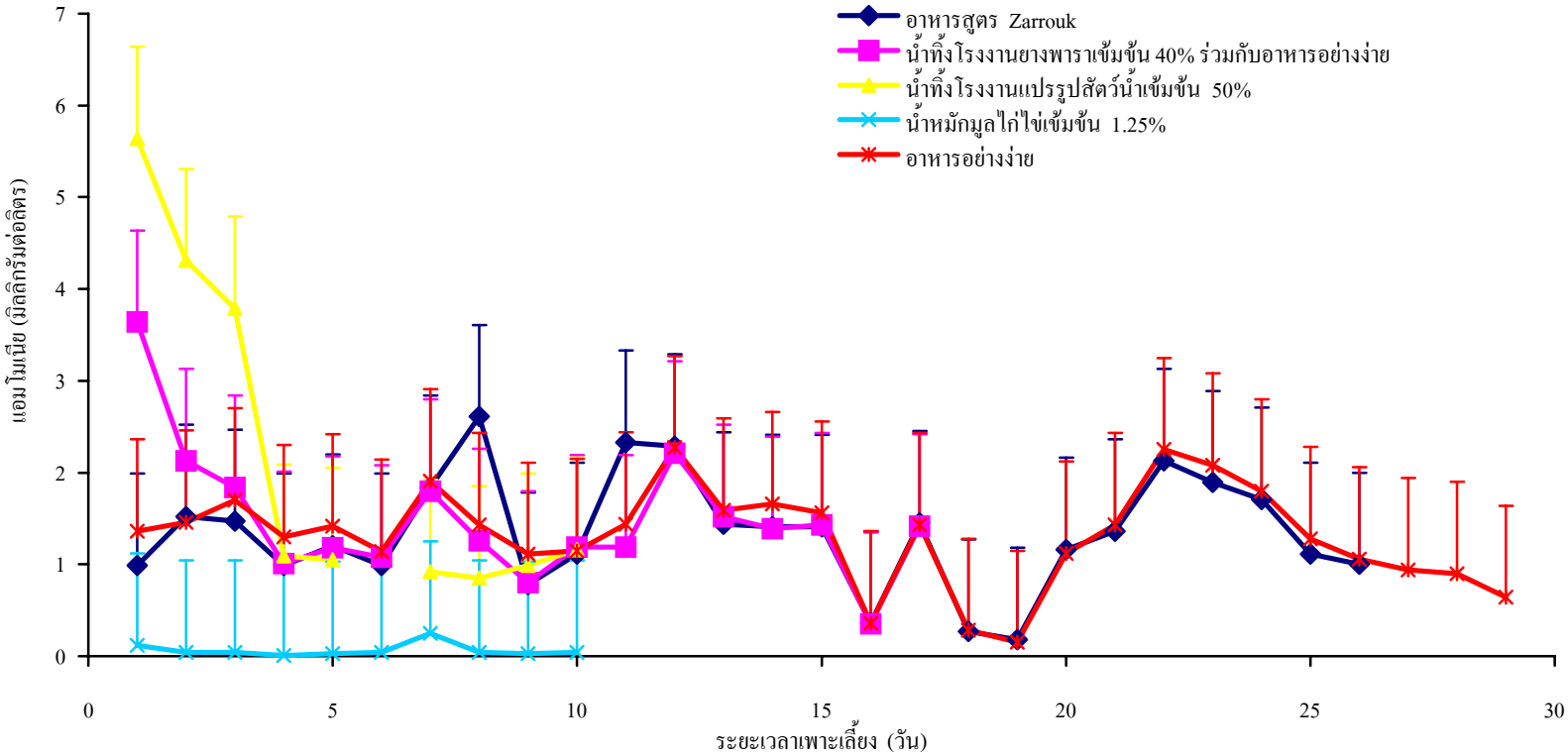
ค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีค่าเท่ากับ 0.92 ±0.13 และ 0.94±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% มีแอมโมเนียในวันที่สาหร่ายหนาแน่นมากที่สุดเฉลี่ย 0.04±0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียที่ยังคงเหลืออยู่ในทุกชุดการทดลองที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ (ตาราง 13 ภาพ 12)

ตาราง 13 ปริมาณแอมโมเนีย ($\overline{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร □□ □□	อาหารสูตร Zarrouk	น้ำทิ้งโรงงานยางพารา 40 % ร่วมกับอาหารอย่างง่าย	น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50%	น้ำหมักมูลไก่ไข่ 1.25%	อาหารอย่างง่าย
1**	0.99 ± 0.30^{a}	3.64 ± 0.49^{b}	5.64 ± 3.77^{c}	0.11 ± 0.01^{a}	1.36 ± 0.39^{a}
2**	1.52 ± 0.15^{b}	2.12 ± 0.27^{c}	4.30 ± 0.76^{d}	0.03 ± 0.01^{a}	1.45 ± 0.23^{b}
3**	1.47 ± 0.22^{b}	1.83 ± 0.24^{b}	3.79 ± 0.90^{c}	0.03 ± 0.01^{a}	1.70 ± 0.30^{b}
4**	0.98 ± 0.16^{b}	1.00 ± 0.16^{b}	1.08 ± 0.07^{b}	0.01 ± 0.00^{a}	1.30 ± 0.20^{c}
5**	1.19 ± 0.08^{b}	1.17 ± 0.20^{b}	1.04 ± 0.25^{b}	0.03 ± 0.01^{a}	1.41 ± 0.30^{c}
6**	0.99 ± 0.10^{c}	1.07 ± 0.12^{cd}	0.82 ± 0.17^{b}	0.04 ± 0.01^{a}	1.14 ± 0.11^{d}
7**	1.84 ± 0.18^{c}	1.80 ± 0.22^{c}	1.53 ± 0.14^{b}	0.25 ± 0.45^{a}	1.91 ± 0.19^{c}
8**	2.60 ± 4.14^{b}	1.26 ± 0.17^{ab}	0.92 ± 0.13^{ab}	0.04 ± 0.01^{a}	1.42 ± 0.11^{ab}
9**	0.78 ± 0.17^{b}	0.80 ± 0.08^{b}	0.85 ± 0.08^{b}	0.03 ± 0.00^{a}	1.10 ± 0.21^{c}
10**	1.10 ± 0.10^{c}	1.18 ± 0.10^{c}	0.98 ± 0.19^{b}	0.03 ± 0.01^{a}	1.15 ± 0.13^{c}
11*	2.33 ± 3.39^{b}	1.19 ± 0.31^{ab}	-	-	1.44 ± 0.13^{ab}
12^{NS}	2.29 ± 0.32	2.21 ± 0.15	-	-	2.27 ± 0.21
13^{NS}	1.43 ± 0.11	1.52 ± 0.24	-	-	1.58 ± 0.17
14^{NS}	1.40 ± 0.18	1.39 ± 0.32	-	-	1.66 ± 0.22
15^{NS}	1.40 ± 0.18b	1.42 ± 0.09	-	-	1.56 ± 0.16
16^{NS}	0.35 ± 0.05	0.34 ± 0.03	-	-	0.35 ± 0.05
17^{NS}	1.44 ± 0.21	1.42 ± 0.23	-	-	1.43 ± 0.18
18^{NS}	0.27 ± 0.03	-	-	-	0.28 ± 0.03
19^{NS}	0.18 ± 0.04	-	-	-	0.14 ± 0.02
20^{NS}	1.15 ± 0.09	-	-	-	1.11 ± 0.10
21^{NS}	1.35 ± 0.24^{a}	-	-	-	1.43 ± 0.24^{a}
22*	1.84 ± 0.23^{a}	-	-	-	2.24 ± 0.27^{b}
23^{NS}	1.89 ± 0.35^{a}	-	-	-	2.08 ± 0.26^{a}
24*	1.71 ± 0.22^{a}	-	-	-	1.80 ± 0.12^{b}
25*	1.10 ± 0.08^{a}	-	-	-	1.27 ± 0.22^{b}
26^{NS}	0.99 ± 0.15^{a}	-	-	-	1.06 ± 0.11^{a}
27	-	-	-	-	0.94 ± 0.14^{a}
28	-	-	-	-	0.89 ± 0.14
29	-	-	-	-	0.64 ± 0.13
วันที่ ***	1.71 ± 0.22^{c}	1.42 ± 0.09^{c}	0.92 ± 0.13^{b}	0.04 ± 0.01^{a}	0.94 ± 0.14^{b}

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ต่างกันในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), NS ไม่แตกต่างทางสถิติ
2) *** หมายถึง ปริมาณแอมโมเนียในวันที่สาหร่ายหนาแน่นมากที่สุด
3) - จบการทดลอง



ภาพ 12 ปริมาณแอมโมเนีย ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ

3.2.5 ปริมาณฟอสเฟต

ปริมาณฟอสเฟตในระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ด้วยอาหารทดลองสูตร Zarrouk อาหารจากน้ำทิ้งโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย อาหารจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% อาหารน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% และอาหารอย่างง่าย เมื่อเริ่มต้นการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ในน้ำที่เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ด้วยอาหารสูตร Zarrouk น้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย และอาหารอย่างง่าย มีปริมาณฟอสเฟต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตในอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ทุกสูตรที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญ คือมีค่าอยู่ระหว่าง 53.21±1.50-55.75±0.87 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาได้แก่ปริมาณฟอสเฟตที่ตรวจพบในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% ที่มีค่าเฉลี่ย 8.31±0.15 มิลลิกรัมและปริมาณฟอสเฟตในน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ที่มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ย 0.85±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งเป็นปริมาณฟอสเฟตที่ต่ำที่สุด

ในระหว่างวันที่ 2 ถึงวันที่ 18 ของการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ปริมาณฟอสเฟตในอาหารทุกชุดการทดลองยังคงแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ในอาหารทดลองทุกชุดการทดลองจะมีปริมาณฟอสเฟตลดลงจากวันเริ่มต้นการทดลอง ยกเว้นในชุดการทดลองที่ใช้น้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ที่มีปริมาณฟอสเฟตเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นการทดลองจนกระทั่งถึงวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นสูงที่สุดที่มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 1.17±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณฟอสเฟตในอาหารทดลองทุกชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในวันที่ 19, 20, 22, 25, 26 มีค่าเฉลี่ย 39.58±0.72 – 46.65±2.64 มิลลิกรัมต่อลิตร

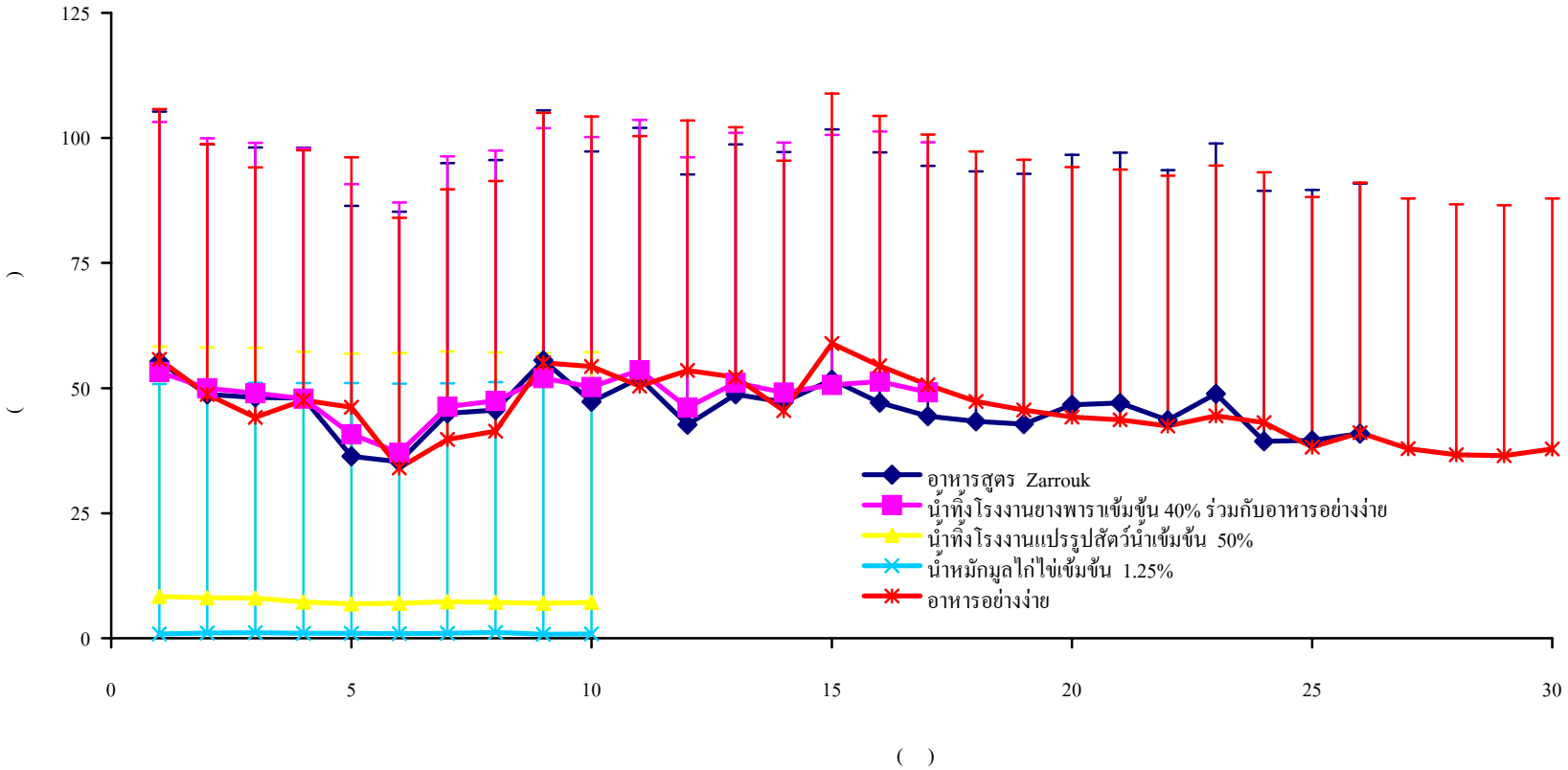
ในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นสูงที่สุด มีปริมาณฟอสเฟตยังคงเหลืออยู่ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่ายด้วยอาหารทุกสูตรแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) ในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย มีปริมาณฟอสเฟตเหลืออยู่สูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 50.64±11.67 มิลลิกรัมต่อลิตรและสูงกว่าปริมาณฟอสเฟตที่มีในอาหารในทุกชุดการทดลอง รองลงมาได้แก่ในอาหารสูตร Zarrouk และอาหารอย่างง่ายที่มีปริมาณฟอสเฟตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ย 39.39±2.75 และ 37.87±0.69 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ รองลงมาคือปริมาณฟอสเฟตในอาหารจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีค่าเท่ากับ 7.17±0.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสเฟตในน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ที่มีปริมาณฟอสเฟตเฉลี่ยเท่ากับ 1.17±0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าฟอสเฟตต่ำที่สุดในวันที่สาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นสูงที่สุด (ตาราง 14 ภาพ 13)

ตาราง 14 ปริมาณฟอสเฟต ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ในอาหารสูตรต่างๆ

สูตรอาหาร □□ □□	อาหารสูตร Zarrouk	น้ำทิ้งโรงงานยางพารา 40 % ร่วมกับอาหารอย่างง่าย	น้ำทิ้งโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำ 50%	น้ำหมักมูลไก่ไข่ 1.25%	อาหารอย่างง่าย
1**	55.29±5.17^{c}	53.21±1.50^{c}	8.31±0.15^{b}	0.85±0.04^{a}	55.75±0.87^{c}
2**	48.72±3.62^{c}	49.96±3.36^{c}	8.10±0.73^{b}	1.05±0.31^{a}	48.78±4.89^{c}
3**	48.12±1.71^{c}	49.02±1.48^{c}	8.04±0.53^{b}	1.08±0.28^{a}	44.13±0.97^{c}
4**	48.03±1.74^{c}	47.91±1.95^{c}	7.23±0.29^{b}	1.01±0.35^{a}	47.55±1.40^{c}
5**	36.38±1.64^{c}	40.76±1.60^{d}	6.87±0.25^{b}	1.01±0.18^{a}	46.17±1.93^{c}
6**	35.27±2.16^{c}	37.09±1.98^{d}	7.01±0.38^{b}	0.91±0.23^{a}	34.03±1.60^{c}
7**	44.97±3.95^{d}	46.31±1.87^{d}	7.29±0.24^{b}	0.96±0.21^{a}	39.73±1.50^{c}
8**	45.62±2.71^{d}	47.47±5.69^{d}	7.17±0.30^{b}	1.17±0.14^{a}	41.37±1.07^{c}
9**	55.53±2.53^{c}	52.00±2.22^{c}	7.01±0.54^{b}	0.81±0.24^{a}	55.05±1.69^{c}
10**	47.30±2.73^{c}	50.19±6.47^{c}	7.18±0.33^{b}	0.86±0.15^{a}	54.30±2.90^{d}
11*	52.01±2.46^{ab}	53.60±3.59^{b}	-	-	50.38±1.12^{a}
12*	42.71±3.48^{a}	46.14±2.84^{a}	-	-	53.52±1.39^{b}
13*	48.74±1.29^{a}	51.07±1.22^{b}	-	-	52.18±2.15^{b}
14*	47.19±1.24^{a}	49.08±3.16^{b}	-	-	45.49±1.24^{b}
15*	51.70±9.48^{a}	50.64±11.67^{a}	-	-	58.89±1.67^{b}
16*	47.11±3.50^{a}	51.30±5.58^{b}	-	-	54.42±2.17^{b}
17*	44.42±3.29^{a}	49.18±5.86^{b}	-	-	50.67±0.60^{b}
18*	43.34±3.37^{a}	-	-	-	47.32±2.48^{b}
19^{NS}	42.83±2.86	-	-	-	45.64±3.91
20^{NS}	46.65±2.64	-	-	-	44.19±0.74
21*	47.05±1.00^{b}	-	-	-	43.69±1.04^{a}
22^{NS}	43.57±1.98	-	-	-	42.45±0.66
23*	48.87±2.04^{b}	-	-	-	44.49±1.63^{a}
24*	39.39±2.75^{a}	-	-	-	43.13±1.47^{b}
25^{NS}	39.58±0.72	-	-	-	38.20±1.81
26^{NS}	40.90±1.13	-	-	-	41.07±1.54
27	-	-	-	-	37.87±0.69
28	-	-	-	-	36.71±1.12
29	-	-	-	-	36.52±0.95
วันที่ ***	39.39±2.75^{c}	50.64±11.67^{d}	7.17±0.30^{b}	1.17±0.14^{a}	37.87±0.69^{c}

หมายเหตุ

1) ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ต่างกันในแถวเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน กำกับแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), $_{NS}$ ไม่แตกต่างทางสถิติ
2) *** หมายถึง ปริมาณฟอสเฟตในวันที่สาหร่ายหนาแน่นมากที่สุด
3) - จบการทดลอง



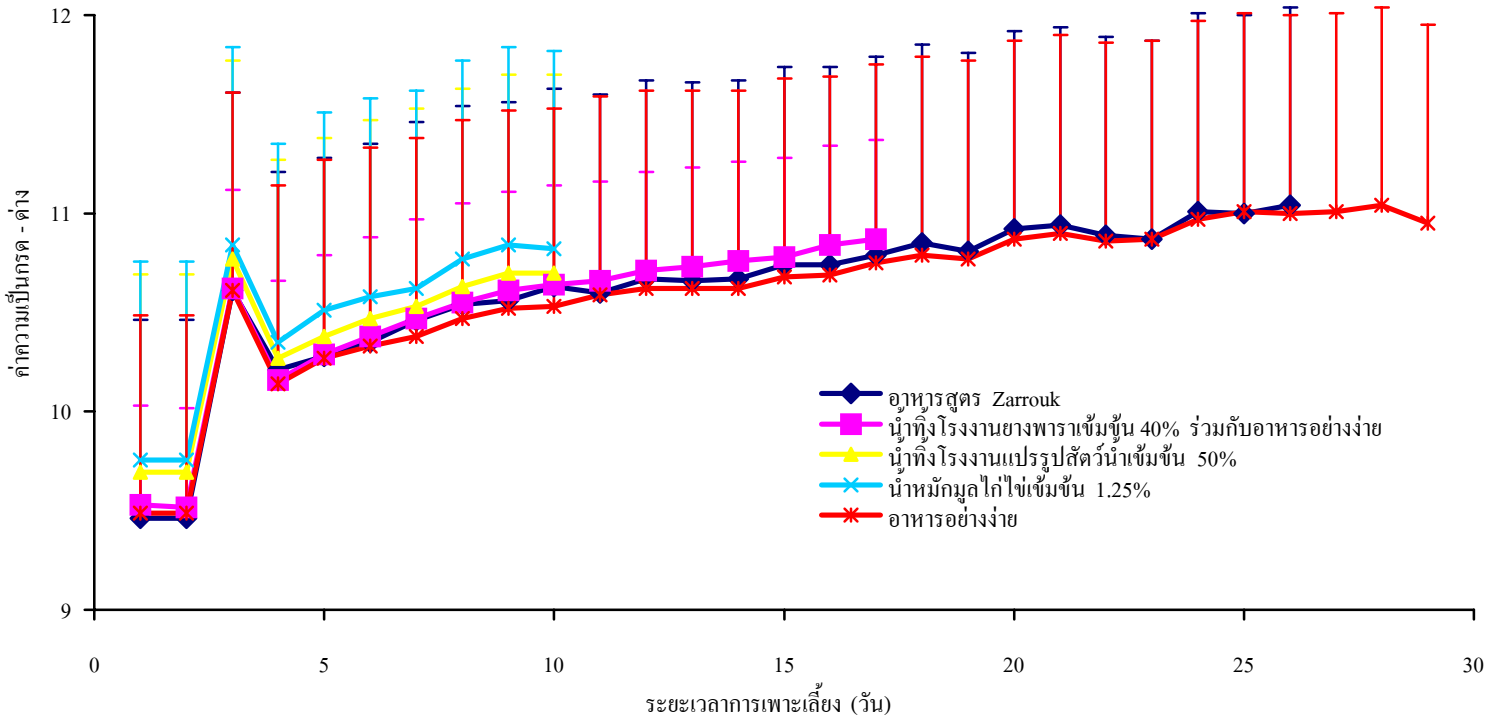
ภาพ 13 ปริมาณฟอสเฟต ($\bar{X} \pm SD$, มิลลิกรัมต่อลิตร)ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp.ในอาหารสูตรต่างๆ

2.6 ค่าความเป็นกรด - ด่าง

การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารทดลองทุกชุดค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารทดลองในระหว่างการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเพาะเลี้ยง ค่าความเป็นกรด – ด่างจาก 9.5 เป็นประมาณ 11 เมื่อสาหร่าย *Spirulina* sp. มีความนาแน่นมากที่สุด การเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารทดลองที่ต่างกันทั้ง 5 สูตรมีค่าความเป็นกรด – ด่าง ส่วนมากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในวันที่ 1-2 และวันที่ 9 และ 10 ที่ค่าความเป็นกรด– ด่าง แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ในระหว่างสองวันแรกเมื่อเริ่มต้นการทดลองในอาหารที่ประกอบด้วยน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีค่าความเป็นกรด – ด่างสูงกว่าค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารชุดอื่นๆ ที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญคือมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 9.75 ± 0.14 ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่างของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีค่าเท่ากับ 9.69 ± 0.09 ไม่แตกต่างกับค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่ายที่มีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 9.53 ± 0.14 ในอาหารสูตร Zarrouk อาหารอย่างง่าย และอาหารที่มีน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่าย มีค่าความเป็นกรด – ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติคือเฉลี่ย 9.46 ± 0.06 – 9.51 ± 0.10

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ในวันที่สาหร่ายมีการเจริญทวีจำนวนได้ความหนาแน่นสูงสุดมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.01$) การเพาะเลี้ยงสาหร่ายในอาหารสูตร Zarrouk และอาหารอย่างง่ายมีค่าความเป็นกรด - ด่างสูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติเท่ากับ 11.00 ± 0.02 และ 11.01 ± 0.02 ตามลำดับ รองลงมาคือ ในน้ำทิ้งจากโรงงานยางพาราความเข้มข้น 40% ร่วมกับอาหารอย่างง่ายและน้ำหมักมูลไก่ไข่ความเข้มข้น 1.25% ที่มีค่าความเป็นกรด – ด่างในวันที่สาหร่ายสาหร่าย *Spirulina* sp. มีความหนาแน่นมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 10.78 ± 0.05 และ 10.77 ± 0.14 ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นกรด – ด่างของอาหารที่ประกอบด้วยน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปสัตว์น้ำความเข้มข้น 50% มีค่าความเป็นกรด – ด่างต่ำกว่าในอาหารอื่นทุกชุดการทดลองในวันที่สาหร่ายมีความหนาแน่นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 10.63 ± 0.16 (ภาพ 14)



ภาพ 14 ความเป็นกรด-ด่าง ($\bar{X} \pm SD$) ในน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirulina* sp. ในอาหารสูตรต่างๆ