# ผลของซิงเกิลเซลล์โปรตีนในอาหารปลานิล

# Effects of dietary single-cell protein in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

**นรธัช ประชุม[1*], สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์[1], ปวีณา ทวีกิจการ[1], บุปผา จงพัฒน์[1] และ บัณฑิต ยวงสร้อย[2]**

**Noratat Prachom[1*], Suneerat Ruangsomboon[1], Paveena Taveekijakan[1], Buppha Jongpat[1] and Bundit Yuangsoi[2]**

---

**บทคัดย่อ:** การศึกษาผลของการใช้ซิงเกิลเซลล์โปรตีนในอาหารปลานิลที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9% โดยทำการเลี้ยงปลานิล น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มต้น 32.58 กรัม/ตัว ในบ่อคอนกรีตขนาด 0.90 x 0.90 x 1 เมตร ที่ความหนาแน่น 15 ตัว/บ่อ และมีการให้อาหารที่อัตรา 4% ต่อน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การใช้โปรตีนในอาหาร อัตรารอด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนปลานิลที่ได้รับอาหารที่มีระดับซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ 9% มีปริมาณเนื้อสูงที่สุด (41.15±0.58%, $P < 0.05$) ปริมาณโปรตีนในเนื้อปลานิลกลุ่มที่ได้รับซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับ 6% มีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปลากลุ่มอื่น ($P < 0.05$) และปริมาณไขมันในปลาทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าซิงเกิลเซลล์โปรตีนสามารถใช้ได้ถึง 9% ในอาหารปลานิล โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการใช้โปรตีนในอาหาร และส่งผลให้ปริมาณเนื้อปลานิลเพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ** : ปลานิล, ซิงเกิลเซลล์โปรตีน, การเจริญเติบโต, ปริมาณเนื้อ

**ABSTRACT**: The effect of using single-cell protein in Nile tilapia diet with 0, 3, 6 and 9% replacement levels was studied. The fish with average initial weight of 32.58 g were raised in 0.90 x 0.90 x 1 meter concrete tank for at the density of 15 fish per tank. Fish were fed with 4% of body weight per day for 6 weeks. The results showed no statistical differences on growth performance, feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER) and survival rate. Tilapia fed with dietary single- cell protein level of 9% was higher in fillet yield than other groups (41.15±0.58%, $P < 0.05$). The maximum protein content in carcass was found in fish fed with single-cell proteins at the level of 6% ($P < 0.05$) and crude fat content in all groups were not significantly different ($P > 0.05$). These results indicated that dietary single-cell proteins at 9% showed no adverse effect on growth performance, feed utilization, protein utilization and beneficial effects on fillet yield.

**Keywords**: Nile Tilapia, single cell protein, growth, fillet yield

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ
Department of Animal Production Technology and Fishery, Faculty of Agricultural Technology ,King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok.

[2] สาขาวิชาประมง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น
Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, KhonKean University, KhonKean.

* Corresponding author: noratat.pr@kmitl.ac.th

แก่นเกษตร 46 (4) : 733-738 (2561).

## บทนำ

ปลานิล (Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*) เป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของไทย เนื่องจากเลี้ยงง่าย เติบโตเร็ว และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ผลผลิตร้อยละ 70 ของปลานิลที่ผลิตได้ทั้งหมดใช้บริโภคภายในประเทศ (อัจฉรี และคณะ, 2558) ในการผลิตอาหารสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ มีการใช้ปลาป่นเป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญเนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารจำเป็นชนิดต่าง ๆ เช่น โปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ ในปริมาณที่สูง อีกทั้งสามารถช่วยเพิ่มความน่ากินในอาหารให้กับสัตว์น้ำได้ ปัจจุบันแนวโน้มการผลิตปลาป่นนั้นคงที่ไม่สอดคล้องต่อความต้องการใช้ที่สูงขึ้นในอนาคต (Tacon and Metian, 2008; นรธัช และคณะ 2560; Prachom et al., 2013) ส่งผลให้ราคาปลาป่นสูงขึ้น เมื่อเทียบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น และได้มีการหาแหล่งของวัตถุดิบที่เป็นโปรตีนทางเลือกเพื่อใช้ทดแทนปลาป่น (Boonyaratpalin et al., 1998) ซิงเกิลเซลล์โปรตีน (Single-cell protein) หรือโปรตีนเซลล์เดียว เป็นโปรตีนที่ได้จากจุลินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้ (by-products) จากกระบวนการผลิตอาหารมนุษย์ ได้แก่ การผลิตผงชูรส แอลกอฮอล์ หรือกรดอะมิโนสังเคราะห์ เป็นต้น ปัจจุบันมีการใช้โปรตีนชนิดนี้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์บก รวมถึงสัตว์น้ำ โดยนิยมมาทดแทนปลาป่น เพื่อลดต้นทุนในการผลิตอาหาร หรือนำมาใช้เพิ่มระดับของโปรตีนในสูตรอาหาร (Olvera-Novoa et al., 2002; Adedayo et al., 2011) การศึกษาผลของการใช้ซิงเกิลเซลล์โปรตีนในสูตรอาหารในระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของสัตว์เศรษฐกิจของประเทศไทย รวมถึงสัตว์น้ำนั้นยังมีน้อย ดังนั้นการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลของการใช้ซิงเกิลเซลล์โปรตีนในสูตรอาหารที่ระดับต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต และผลของซิงเกิลเซลล์โปรตีนต่อคุณภาพซากของปลานิล

## วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยอาศัยข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ของซิงเกิลเซลล์โปรตีน (**Table 1**) ใช้ซิงเกิลเซลล์โปรตีน (บริษัทโพรเกรสอิมพอร์ท) ที่ระดับต่างๆ กันในสูตรอาหารปลานิล จำนวน 4 ชุดการทดลอง โดยทำการทดลองชุดละ3 ซ้ำ

อาหารชุดควบคุม (Control) ระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ 0 กรัม/กิโลกรัม (0%)

อาหารชุดทดลองที่ 1 (SPC 3) ระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ 30 กรัม/กิโลกรัม (3%)

อาหารชุดทดลองที่ 2 (SPC 6) ระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ 60 กรัม/กิโลกรัม (6%)

อาหารชุดทดลองที่ 3 (SPC 9) ระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ 90 กรัม/กิโลกรัม (9%)

ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ณ ห้องปฏิบัติการ หลักสูตรวิทยาศาสตร์การประมง สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

**Table 1** Comparison of nutrient and amino acid contents among protein sources (g/kg as dry basis)

| Ingredient | SCP [1] | Fish meal [2] | Poultry meal [2] | Soybean meal [2] |
|---|---|---|---|---|
| Dry matter | 932 | 917 | 890 | 900 |
| Crude protein | 761 | 653 | 559 | 485 |
| Crude Lipid | 8 | 89 | 136 | 9 |
| Ash | 81 | 162 | 145 | 5.8 |
| *Essential amino acid* | | | | |
| Arginine | 41.1 | 30.7 | 49.9 | 36.0 |
| Histidine | 15.3 | 13.1 | 11.7 | 13.0 |
| Isoleucine | 33.3 | 20.4 | 23.8 | 26.0 |
| Leucine | 56.0 | 40.0 | 41.4 | 38.0 |
| Lysine | 94.8 | 36.9 | 34.4 | 22.4 |
| Methionine | 17.1 | 13.5 | 12.4 | 7.0 |
| Phenylalanine | 28.8 | 22.0 | 16.3 | 27.0 |
| Threonine | 32.0 | 20.6 | 23.9 | 20.0 |
| Valine | 39.4 | 24.5 | 30.3 | 27.0 |

[1] SCP; single-cell protein (Analytical results), [2] NRC (2011)

**การเตรียมอาหารทดลอง**

อาหารทดลองคำนวณให้มีระดับโปรตีน (Isoproteic) และไขมัน (Isolipidic) ใกล้เคียงกันในแต่ละสูตรอาหาร โดยให้มีระดับของปลาป่นในสูตรอาหาร (Fishmeal inclusion levels) 10 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงสอดคล้องกับสภาพการณ์ปัจจุบัน โดยอ้างอิงจากประเทศต่างๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (Tacon and Metian, 2008) โดยปลาป่นที่ใช้ในสูตรอาหารอยู่ที่ 0 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นปรับระดับของแร่ธาตุ วิตามิน และกรดอะมิโนจำเป็น โดยใช้โมโนแคลเซียมฟอสเฟต (Mono-calcium phosphate) วิตามินแร่ธาตุรวม (Vitamins-minerals mix) และกรดอะมิโนสังเคราะห์ (L-lysine HCl และ DL-methionine) (NRC, 2011) (**Table 2**)

**Table 2** Feed formulation and chemical composition of experimental diets (g/kg as dry basis)

| Ingredients | Control | SCP 3 | SCP 6 | SCP 9 |
|---|---|---|---|---|
| Local fishmeal grade 55% protein | 100 | 70 | 40 | 10 |
| Single cells protein | 0 | 30 | 60 | 90 |
| Poultry by-products meal | 65 | 65 | 65 | 65 |
| Soybean meal | 370 | 370 | 370 | 370 |
| Wheat flour | 380 | 380 | 380 | 380 |
| Fish solubles | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Crude marine fish oil | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Crude Rice bran oil | 20 | 20 | 20 | 20 |
| NaCl | 5 | 5 | 5 | 5 |
| L-lysine | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Mono-calcium phosphate | 10 | 10 | 10 | 10 |
| $CaCO_3$ | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Vitamins-minerals mix[1] | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Antioxidant[2] | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Antimicrobial agent[3] | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Total | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Chemical composition by analysis (g/kg as dry matter) | | | | |
| Dry matter | 992.00 | 978.90 | 985.50 | 976.90 |
| Crude protein | 364.40 | 366.30 | 377.90 | 386.50 |
| Crude Lipid | 90.60 | 85.60 | 70.70 | 58.50 |
| Ash | 112.01 | 110.10 | 104.90 | 109.00 |

Note: [1]Vitamins (unit/kg): vitamin A 12,000,000 IU; vitamin D3 2,200,000 IU; vitamin E 100,000 mg; vitamin K3 12,000 mg; vitamin B1 25,000 mg; vitamin B2 25,000 mg; vitamin B6 23,000 mg; vitamin B12 43 mg; Pantothenic 75,000 mg; Niacin 125,000 mg; Folic 4,000 mg; Biotin 800 mg, vitamin 150,000 mg; [2]Minerals (mg/kg): Potassium 8,000; Magnesium 600; Cobalt 0.05; Copper 5; Iron 50; Iodine 5; Manganese 5; Selenium 0.3; Zinc 37; [2]Antioxidant: ethoxyquin and butylated hydroxytoluene; [3]Antimicrobial agent (%): formic acid 63; propionic acid 32; benzoic acid 5;

**การเตรียมสัตว์ทดลอง**

นำลูกปลานิล ขนาดความยาวลำตัวเฉลี่ย 7 นิ้ว จำนวน 500 ตัว จากสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology, AIT) จังหวัดปทุมธานี นำมาปรับสภาพในห้องปฏิบัติการระยะเวลา 7 วัน ในระบบการเลี้ยงแบบน้ำไหลผ่าน (Water flow-through system) ในบ่อคอนกรีต แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 0.90 x 0.90 x 1 เมตร ระหว่างการปรับสภาพเป็นระยะเวลา 7 วันโดยใช้อาหารสำเร็จรูปสำหรับปลานิล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ด ระหว่าง 2–3 มิลลิเมตร (โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 32, ไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 3, เยื่อใย ไม่เกินร้อยละ 5) โดยให้อาหารแบบเต็มอิ่ม (Visual satiation) ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (10:00 และ 16:00 น.) จากนั้นทำการอดอาหารปลาที่จะทำการทดลอง 24 ชั่วโมงก่อนเริ่มต้นสุ่มปลาลงในแต่ละหน่วยทดลอง โดยใช้น้ำหนักปลาเริ่มต้นเฉลี่ย 32.58 กรัม/ตัว ปล่อยเลี้ยงที่ความหนาแน่น 15 ตัว/บ่อ แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ

**การดำเนินการทดลอง**

ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ในระบบน้ำแบบไหลผ่าน (Freshwater flow-through system) พร้อมกับให้อากาศด้วยหัวทรายตลอดเวลา ให้อาหารทดลองแบบเต็มอิ่ม ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง (10:00 และ 16:00 น.) และมีการตรวจเช็คคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรดด่าง และอุณหภูมิ วันละ 2 ครั้ง ตลอดระยะการทดลอง

**การเก็บข้อมูล**

ก่อนเริ่มการทดลองทำการสุ่มปลา วัตถุดิบอาหารสัตว์ (ปลาป่น และซิงเกิลเซลล์โปรตีน) และอาหารทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเริ่มต้น (ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า) ในระหว่างการศึกษา ทำการชั่งน้ำหนักปลา เพื่อหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปลาในแต่ละชุดการทดลอง และปริมาณอาหารที่ใช้ พร้อมทำการบันทึกจำนวนปลาตาย เพื่อใช้ในการคำนวณ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (Body weight gain) ปริมาณอาหารที่กิน (Feed intake) อัตราแลกเนื้อ (Feed conversion ratio) และอัตรารอด (Survival rate) ตรวจวัดคุณภาพน้ำ (อุณหภูมิ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ และพีเอช) ทุกวัน วันละสองครั้งก่อนให้อาหาร ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุ่มปลาในแต่ละหน่วยทดลอง เพื่อเก็บตัวอย่างจากนั้นนำมาประเมินคุณภาพซาก (Carcass quality) ได้แก่ Hepatosomatic index, Fillet yield และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลา

**การวิเคราะห์ทางเคมี**

องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง ประกอบไปด้วย ความชื้น (อบที่ 105 องศาเซลเซียส ด้วย hot air oven drying) โปรตีน (Kjeldahl method) ไขมัน (Ether extraction) เยื่อใย (Acid-alkali digestion) และเถ้า (เผาที่ 550 องศาเซลเซียส ด้วย Muffle furnace) ตามวิธี AOAC (1993)

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การประเมินหาค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (Analysis of Variance, one-way ANOVA) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ Post-hoc เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Tukey's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

## ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเจริญเติบโตของปลานิลน้ำหนักปลาเริ่มต้นเฉลี่ยที่ 32.58 กรัม/ตัว ($P > 0.05$) ที่ได้รับอาหารที่มีซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับต่างๆ กัน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (**Table 3**) พบว่าน้ำหนักสุดท้ายของปลาที่ได้รับอาหารที่มีซิงเกิลเซลล์โปรตีน 3% (SPC 3), 6% (SPC 6) และ 9% (SPC 9) ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารชุดควบคุม (Control) ($P > 0.05$) และพบว่าอัตราแลกเนื้อในแต่ละกลุ่มปลานั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

**Table 3** Growth performance of Nile tilapia fed with single-cell protein diets for 6 weeks (mean±SD)

| Parameters | Different levels of single-cell proteins (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Control | SCP 3 | SCP 6 | SCP 9 |
| Initial body weight (g) | 32.58±0.00 | 32.58±0.00 | 32.58±0.00 | 32.58±0. |
| Final body weight (g) | 59.55±2.78 | 62.93±0.64 | 59.58±3.41 | 62.88±0.87 |
| FI (g/fish) | 76.67±0.22 | 78.8±1.66 | 74.81±1.83 | 73.5±2.50 |
| weight gain (g) | 26.97±2.02 | 30.05±1.73 | 27.02±1.44 | 30.31±2.90 |
| SGR(%/day) | 1.43±0.08 | 1.55±0.07 | 1.44±0.06 | 1.43±0.11 |
| Feed Conversion Rate, FCR | 2.35±0.20 | 2.31±0.09 | 2.26±0.08 | 2.03±0.15 |
| Protein efficiency ratio; PER | 1.0±0.08 | 1.0±0.03 | 1.0±0.04 | 1.1±0.06 |
| Survival rate (%) | 100±0.00 | 100±0.00 | 100±0.00 | 97.78±2.22 |

Means in the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05).

**Table 4** Body index of Nile tilapia fed with single-cell protein diets for 6 weeks (mean±SD)

| Parameter | Different levels of single-cell proteins (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Control | SCP 3 | SCP 6 | SCP 9 |
| Hepatosomatic index (%) | 1.36±0.22 | 1.54±0.05 | 1.62±0.01 | 1.56±0.12 |
| Fillet yield (%) | 35.45±0.39$^{a}$ | 35.64±2.83$^{a}$ | 36.39±0.38$^{ab}$ | 41.15±0.58$^{b}$ |

Means in the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05).

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ซากของปลานิล เมื่อเพิ่มระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9% (**Table 4**) เปอร์เซ็นต์ซากของปลานิลแยกออกเป็นเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนที่บริโภคได้ และตับ จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีตับของทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.36 – 1.62% แต่เปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนที่บริโภคได้ของปลากลุ่มที่ได้รับซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับ 9% มีเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนกินได้ที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P < 0.05) มีค่าเท่ากับ 41.15±0.58 % ซึ่งสูงกว่าปลานิลที่ได้รับซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับ 0 และ 3 แต่ไม่มีความแตกต่างที่ระดับ 6% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35.45±0.39, 35.64±2.83 และ 36.39±0.38% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จุฑามาศ และคณะ (2545) และรุ่งกานต์ และคณะ (2546) ที่พบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนที่บริโภคได้ของปลานิล มีค่าอยู่ในช่วง 22.53 - 36.69% เปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนที่บริโภคได้ของปลานิลที่ได้รับอาหารเพิ่มระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนในการศึกษานี้มีค่าระหว่าง 35.64 - 41.15% ซึ่งมีค่าสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากในการศึกษาปลานิลมีขนาดสิ้นสุดการทดลองค่อนข้างใหญ่ ซึ่งปลาที่มีขนาดใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อส่วนกินได้สูงกว่าปลาขนาดเล็ก (ธวัช และคณะ, 2554)

**Table 5** Body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed single-cell protein diets for 6 weeks (% as dry basis)

| Parameter | Different levels of single-cell proteins (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Control | SCP 3 | SCP 6 | SCP 9 |
| Moisture (%) | 10.92 | 8.00 | 7.86 | 11.84 |
| Crude protein (%) | 55.32±0.25$^{a}$ | 58.64±0.60$^{bc}$ | 59.35±0.53$^{c}$ | 56.07±1.07$^{ab}$ |
| Crude lipid (%) | 13.01±2.42$^{a}$ | 10.88±0.94$^{a}$ | 13.48±1.91$^{a}$ | 13.71±2.11$^{a}$ |
| Ash (%) | 20.75±1.09$^{b}$ | 22.48±0.26$^{b}$ | 19.31±0.04$^{b}$ | 18.38±1.25$^{b}$ |

Means in the same row with different superscripts are significantly different (P < 0.05).

ผลการวิจัยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อปลานิล เมื่อเพิ่มระดับของซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9% แสดงใน Table 5 จากการวิเคราะห์ค่าทางเคมีพบว่าโปรตีนของปลานิลที่ได้รับซิงเกิลเซลล์โปรตีนที่ระดับ 6% มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับปลานิลกลุ่มควบคุม (control) โดยระดับของโปรตีนมีการเพิ่มขึ้นจากปลานิลกลุ่มเริ่มต้น (Initial) และจากการวิเคราะห์ไขมันพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าซิงเกิลเซลล์โปรตีนสามารถใช้ได้มากสุดถึง 9% ในอาหารปลานิล โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร การใช้โปรตีนในอาหาร และส่งผลให้ปริมาณเนื้อส่วนที่บริโภคได้พิ่มขึ้น

## สรุป

การศึกษาครั้งนี้ศึกษาผลของการใช้ซิงเกิลเซลล์โปรตีนในสูตรอาหารในระดับต่างๆ (0 – 9%) ต่อการเจริญเติบโตของปลานิล พบว่าว่าซิงเกิลเซลล์โปรตีนสามารถใช้ได้สูงถึง 9% ในอาหารปลานิล โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต อัตรารอด ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และการใช้โปรตีนในอาหาร และส่งผลให้ปริมาณเนื้อปลานิลเพิ่มขึ้น

## เอกสารอ้างอิง


จุฑามาศ นรชาญ, อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และส่งศรี มหาสวัสดิ์. 2545.การใช้เนื้อหอยเชอรี่บดแห้งทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิล. น. 650-657. ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40 (สาขาสัตว์สัตวแพทยศาสตร์ สาขาประมง), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ธวัช ตันกูล, อรพินท์ จินตสถาพร ,ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ และฉัตรชัย ไทยทุ่งฉิน. 2554.การเสริมเมทไธโอนีนในอาหารปลานิล (*Oreochromis niloticus*) ที่มีปลาป่นน้อย. น. 309-316.ใน: รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. (สาขาสัตว์สัตวแพทยศาสตร์สาขาประมง), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

นรธัช ประชุม, สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์, บุปผา จงพัฒน์, ปวีณา ทวีกิจการ และบัณฑิต ยวงสร้อย. 2560. การทดแทนปลาป่นด้วยเนื้อและกระดูกป่นและกากถั่วเหลืองสกัดน้ำมันชนิดไม่กะเทาะเปลือกในอาหารปลากะพงขาว. แก่นเกษตร 45: 439-444.

รุ่งกานต์ กล้าหาญ, อรพินท์ จินตสถาพร, ประทักษ์ ตาบทิพย์วรรณ, ส่งศรี มหาสวัสดิ์ และศรีน้อย ชุ่มค้า. 2546. ผลของใบกวาวเครือขาวต่อการเจริญเติบโต และระบบสืบพันธุ์ปลานิล, น. 103 – 110. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขาประมง), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อัจฉรี เรืองเดช, นงนุช เลาหะวิสุทธิ์ และบุปผา จงพัฒน์. 2558. การใช้โปรตีนไฮโดรไลเสตที่ได้จากเศษเครื่องในปลานิลเพื่อทดแทนการใช้ปลาป่นในอาหารปลาดุกลูกผสม. แก่นเกษตร . 43 ฉบับพิเศษ 1: 603-608.

Adedayo M.R., E.A. Ajiboye, J.K. Akintunde, and A. Odaibo. 2011. Single Cell Proteins: As Nutritional Enhancer. Advances in Applied Science Research. 2: 396-409

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1993. Office methods and Recommended Practices, 4th edn. Vol. 11, 568 pp. Champaign, IL, USA.

Boonyaratpalin, M., P. Suraneiranat, and T. Tunpibal. 1998. Replacement of fish meal with various types of soybean meal products in diets for the Asian sea bass, Lates calcarifer. Aquaculture. 161: 67-78.

National Research Council (NRC). 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National. Acad. Press, Washington, DC.

Olvera-Novoa, M. A., C. A. Martinez-Palacios, and L. Olivera-Castillo. 2002. Utilization of torula yeast (*Candida utilis*) as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*) fry. Aquaculture Nutrition. 8: 257–264.

Prachom, N., Y. Haga, and S. Satoh. 2013. Impact of dietary high protein distillers dried grains on amino acid utilization, growth response, nutritional health status and waste output in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition. 19: 62-71.

Tacon, A. G. J., and M. Metian. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture. 285: 146-158.