



ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และองค์ประกอบทางเคมีในปลานิล

ชนิดา แสงศาลาศรี¹ อรประพันธ์ ส่งเสริม^{1,*} สุกัญญา รัตนทัพบิมทอง¹ และสุชาติ อิงธรรมจิตร²

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

²ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

บทคัดย่อ: การเพิ่มระดับไอโอดีนในปลาน้ำจืดเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารของเนื้อปลาและลดปัญหาการขาดไอโอดีนในประชากรไทย วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และองค์ประกอบทางเคมีในปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยใช้ปลาที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 90 กรัม จำนวน 1,200 ตัว ทำการสุ่มปลาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 100 ตัว ต่อกระชังในบ่อดิน เลี้ยงเป็นระยะเวลา 120 วัน ปลานิลทั้ง 4 กลุ่มได้รับอาหาร ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารปลาอัดเม็ดลอยน้ำทางการค้า ระดับโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไอโอดีนเฉลี่ย 3.53 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม กลุ่มที่ 2-4 ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนด้วยโพแทสเซียมไอโอเตท (KIO_3) 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในช่วงเวลาที่ต่างกัน คือ 60, 30 และ 15 วันก่อนการสิ้นสุดการทดลอง ตามลำดับ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ผลการทดลองพบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และองค์ประกอบทางเคมีในปลานิล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปลาที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่ 60, 30 และ 15 วัน ก่อนสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณไอโอดีนในเนื้อหนังมากกว่าปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีน ($P<0.01$) ประมาณ 2 เท่า ในขณะที่ปริมาณไอโอดีนในเนื้อหนังปลาที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นการเสริมไอโอดีนในอาหารปลานิล 15 วัน ก่อนการจับขายเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลานิล

คำสำคัญ: ไอโอดีน ปลานิล สมรรถภาพการเจริญเติบโต การเสริมไอโอดีนในอาหาร

*ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2563. 15(2): 113-121.

E-mail address: agropp@ku.ac.th

Optimal Period for Iodine Supplementation in Diet on Growth Performance,
Carcass Composition and Chemical Compositions of Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Chanida Saengsalasai¹, Ornprapun Songserm^{1,#}, Sukanya Rattanatabtimong¹,
and Suchart Ingthamjitr²

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140; ²Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

Abstract: Increasing iodine level in freshwater fish is an alternative to increase the nutritional value of flesh and reduce iodine deficiency problems in Thai population. The objective of the research is to study on optimal period for iodine supplementation in diet on growth performance, carcass composition and chemical composition of tilapia (*Oreochromis niloticus*). One thousand and two hundred tilapia with the average weight of 90 g/fish were randomly divided into 4 groups with 3 replications. One hundred fish replicate were raised in a cage in the earthen pond for a period of 120 days. All groups of tilapia received the following diets: Group 1 commercial fish floating diet with at least 30% protein and the average amount of iodine is 3.53 mg/kg. Group 2-4 received diet supplemented with potassium iodate (KIO₃) 30 mg/kg at different periods (60, 30 and 15 days prior to the end of the experiment). The experiment was conducted with completely randomized design (CRD). The results found that growth performance, carcass composition and chemical composition of tilapia were not significantly differences ($P>0.05$). Fish that received iodine supplementation at 60, 30 and 15 days prior to the end of the experiment had doubled flesh iodine content comparing to fish without iodine supplementation ($P<0.01$), while flesh iodine content of the other groups were not significantly differences ($P>0.05$). Therefore, providing iodine supplemented diet for 15 days before harvesting is optimal for increasing the amount of iodine in tilapia flesh.

Keywords: Iodine, Tilapia, Growth performance, Iodine supplementation

#Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2020 15(2): 113-121.

E-mail address: agropp@ku.ac.th

บทนำ

ไอโอดีนเป็นสารอาหารที่ร่างกายต้องการใช้ในปริมาณน้อยแต่นับเป็นสารที่จำเป็นต่อร่างกายมาก โดยร่างกายจะนำไปใช้ในการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมนของต่อมไทรอยด์ ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีหน้าที่สำคัญต่อร่างกายหลาย

ประการ (Thianthavorn, 1989) โรคขาดสารไอโอดีนเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญและมีผลกระทบโดยตรงต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากไอโอดีนมีความสัมพันธ์กับสติปัญญาของมนุษย์ ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของเด็กไทยที่จะเติบโตเป็น

กำลังสำคัญของประเทศชาติในอนาคต โดยเป็นสารตั้งต้นในการสร้างไทรอยด์ฮอร์โมนซึ่งมีผลต่อการสร้างไขมันและการเจริญเติบโตของร่างกาย หากทารกที่เกิดมาขาดสารไอโอดีนอาจปัญญาอ่อนหรือมีผลกระทบต่อสภาพร่างกายได้ โรคขาดสารไอโอดีนมีผลกระทบต่อประชากรทุกกลุ่มวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทารกที่อยู่ในครรภ์มารดาจนถึงอายุ 3 ปี หากขาดสารไอโอดีนจะทำให้สมองเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ลดความเฉลียวฉลาดหรือระดับสติปัญญาของเด็ก (Bureau of Nutrition, 2015)

อาหารที่เป็นแหล่งไอโอดีน เช่น เนื้อ นม ไข่ และปลา สำหรับปลานั้นเป็นแหล่งของสารอาหารที่ดีสามารถหาได้ง่ายตามแหล่งน้ำธรรมชาติ รวมทั้งมีการเพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่าย ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางอาหาร เนื้อนิ่ม มีผู้นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวาง และเนื้อปลานิลนอกจากจะมีคุณภาพและปริมาณของโปรตีนสูงแล้ว ตามลักษณะโดยธรรมชาติของเนื้อปลายังพบว่ามีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อยมากเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์อย่างอื่น ดังนั้นเนื้อปลาจึงมีลักษณะอ่อนนุ่ม เหมาะสำหรับเป็นอาหารทารก ผู้สูงอายุ และผู้ป่วย (Supakitjananon et al., 2014) ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารให้กับปลานิล ซึ่งจะช่วยให้เกิดองค์ความรู้ในการเสริมไอโอดีนในปลานิล เพื่อเพิ่มทางเลือกในการผลิตอาหารที่มีปริมาณไอโอดีน ทำให้ผู้บริโภคที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งปลาน้ำจืดสามารถได้รับปริมาณไอโอดีนเพิ่มขึ้นจากการบริโภคอาหารที่มีปลาน้ำจืดเป็นวัตถุดิบ การศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารปลานิล ในการเลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อปลาไอโอดีนสูง สามารถต่อยอดขยายผลไปสู่การปฏิบัติได้ อย่างไรก็ตามการเสริมไอโอดีนลงในอาหารต้องทำอย่างระมัดระวังเนื่องด้วยโพแทสเซียมไอโอเดตเป็นวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร (prohibit substances) ยกเว้นการใช้เพื่อปรับสภาพโภชนาการเกี่ยวกับการขาดสารไอโอดีน ตาม

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 151 (พ.ศ. 2536) เรื่องวัตถุที่ห้ามใช้ในอาหาร ตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Ministry of Public Health, 1993)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ปลานิล (*Oreochromis niloticus*) น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 90 กรัม จำนวนรวมทั้งสิ้น 1,200 ตัว จัดเตรียมกระชัง 12 กระชัง โดยใช้กระชังขนาด 2 x 2 x 2.5 เมตร (กว้าง x ยาว x ลึก) ในบ่อดิน โดยแต่ละกระชังปล่อยปลาจำนวน 100 ตัว

การเตรียมอาหารทดลอง

ปลานิลทุกกลุ่มทดลองถูกเลี้ยงด้วยอาหารปลาคุณภาพการค้า (กลุ่มควบคุม) ซึ่งเป็นอาหารอัดเม็ดลอยน้ำ มีโปรตีนในอาหารไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไอโอดีนเฉลี่ย 3.53 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนด ปลานิลในกลุ่มทดลองที่ 2-4 จะถูกเปลี่ยนมาเลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมไอโอดีนในรูปของโพแทสเซียมไอโอเดต (potassium iodate, KIO_3) เพื่อเพิ่มระดับของไอโอดีนในอาหารที่ 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การเตรียมอาหารเสริมไอโอดีน เตรียมโดยนำอาหารปลาคุณภาพการค้าไปบดเป็นผงโดยเครื่องบดแบบ hammer mill แล้วทำการผสมกับโพแทสเซียมไอโอเดตที่ละลายน้ำโดยใช้อัตราส่วนของโพแทสเซียมไอโอเดต 1.014 กรัมกับน้ำ 7 ลิตร ผสมกับอาหารที่บดเป็นผง 20 กิโลกรัมต่อการผสม 1 ครั้ง ด้วยเครื่องผสมอาหารแนวนอนเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นอัดเม็ดเป็นอาหารลอยน้ำด้วยเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (extruder) อาหารทดลองเสริมไอโอดีนที่เตรียมได้จะมีระดับไอโอดีนที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการในอาหารทดลองดังแสดงใน Table 1

Table 1 Proximate analysis of the experimental diets

	Diet	
	Control	KIO ₃
Protein, % ww	30.36	30.79
Fat, % ww	4.45	2.95
Gross energy (GE), kcal/kg	4,373.35	4,718.67
Iodine (mg/kg DM)	3.53	18.63

การทดลอง

ทำการเลี้ยงปลานิลด้วยอาหารทดลองที่มีการเสริมไอโอดีนในช่วงเวลาที่ต่างกัน (60, 30 และ 15 วัน ก่อนสิ้นสุดการทดลอง) รวมระยะการเลี้ยงทั้งสิ้น 120 วัน ทดสอบช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้อาหารเสริมไอโอดีนเพื่อเพิ่มการสะสมของไอโอดีนในเนื้อปลา โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลอง ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุม ให้อาหารที่ไม่เสริมโพแทสเซียมไอโอเดต ตลอดการเลี้ยง 120 วัน (Control)

กลุ่มทดลองที่ 2 ให้อาหารที่ไม่เสริมโพแทสเซียมไอโอเดต ตลอดการเลี้ยง 60 วันแรก และให้อาหารที่เสริมไอโอดีนในรูปโพแทสเซียมไอโอเดตหลังจากวันที่ 61 ถึงสิ้นสุดการทดลอง (60 d)

กลุ่มทดลองที่ 3 ให้อาหารไม่เสริมโพแทสเซียมไอโอเดต ตลอดการเลี้ยง 90 วันแรก และให้อาหารที่เสริมไอโอดีนในรูปโพแทสเซียมไอโอเดตหลังจากวันที่ 91 ถึงสิ้นสุดการทดลอง (30 d)

กลุ่มทดลองที่ 4 ให้อาหารที่ไม่เสริมโพแทสเซียมไอโอเดต ตลอดการเลี้ยง 105 วันแรก และให้อาหารที่เสริมไอโอดีนในรูปโพแทสเซียมไอโอเดตหลังจากวันที่ 106 ถึงสิ้นสุดการทดลอง (15 d)

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาและปริมาณไอโอดีน

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาและปริมาณไอโอดีนในอาหารทดลองและเนื้อรวมหนังปลา ทำโดยการสุมตัวอย่างอาหารทดลองหลังผ่านกระบวนการผลิต และเก็บตัวอย่างเนื้อรวมหนัง กระดูกพร้อมหัว และอวัยวะภายในของปลานิลหลังสิ้นสุดการทดลองที่ 120 วัน เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนา ดังนี้ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และพลังงานตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) และวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลา กระดูกพร้อมหัว และอวัยวะภายในด้วยวิธีการของ Moxon and Dixon (1980)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$

ผลการทดลองและวิจารณ์**สมรรถภาพการเจริญเติบโต**

จากการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารปลา เพื่อการผลิตเนื้อปลานิลที่มีระดับไอโอดีนสูง โดยให้ปลานิลเริ่มกินอาหารเสริมไอโอดีนในช่วงเวลาที่ต่างกัน (60, 30 และ 15 วัน ก่อนสิ้นสุดการทดลอง) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีน พบว่าปลานิลที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 กลุ่ม มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันทางสถิติดังแสดงใน Table 2

ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของ Ribeiro et al. (2015) ที่ทำการทดลองในปลากะพงที่มีขนาด 252 กรัม โดยให้อาหารควบคุมที่มีไอโอดีน 3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาหารที่เสริมโพแทสเซียมไอโอเดต (KI) ที่ระดับ 26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กับ ethylenediamine-dihydroiodide ที่ระดับ 22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ

Table 2 Effects of dietary iodine supplementation periods on growth performance and feed cost per gain of tilapia

Parameter	Dietary treatments				P-value
	Control	60 d	30 d	15 d	
Initial weight (g/fish)	89.63 ± 1.86	85.52 ± 2.62	89.15 ± 4.75	88.36 ± 6.24	0.652
Final body weight (g/fish)	344.65 ± 21.20	329.42 ± 14.04	336.46 ± 22.56	329.00 ± 10	0.758
Average daily gain (g/d/fish)	2.13 ± 0.18	2.03 ± 0.10	2.06 ± 0.18	2.00 ± 0.23	0.855
Feed conversion ratio	3.1 ± 0.14	3.00 ± 0.11	3.07 ± 0.26	3.18 ± 0.28	0.736
Feed intake (g/d/fish)	6.59 ± 0.03	6.08 ± 0.13	6.32 ± 0.14	6.36 ± 0.06	0.228
Specific growth rate (%/d)	1.12 ± 0.06	1.12 ± 0.03	1.10 ± 0.06	1.10 ± 0.12	0.946
Feed efficiency (%)	32.21 ± 1.40	33.42 ± 1.25	32.62 ± 2.91	31.52 ± 2.30	0.784
Survival rate (%)	92.67 ± 3.21	92.00 ± 4.00	90.33 ± 4.04	92.00 ± 3.61	0.884
Feed cost per gain ¹ (baht/kg BW)	69.96 ± 3.09	67.38 ± 2.48	69.32 ± 5.89	71.77 ± 6.47	0.738

¹Feed prices; commercial feed 22.5 baht/kg and iodine supplemented feed 23.03 baht/kg

อาหารที่เสริมสาหร่าย *Laminaria digitata* 10 เปอร์เซ็นต์ (มีปริมาณไอโอดีน 426 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) รวมระยะเวลาการเลี้ยงทั้งสิ้น 118 วัน พบว่าระดับไอโอดีนในอาหารนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ต่อปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต รวมถึงประสิทธิภาพของอาหาร และการทดลองของ Valente et al. (2015) ได้ทำการศึกษาการเพิ่มปริมาณไอโอดีนของหนึ่งปลาเรนโบว์เทราโดยการเสริมอาหารด้วยสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* ที่ระดับ 0 (อาหารกลุ่มควบคุม), 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* มีปริมาณไอโอดีนที่ 105.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ทำการศึกษาเป็นเวลา 91 วัน พบว่าปลาที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และอาหารที่เสริมสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 225 และ 214 กรัม ตามลำดับ) ไม่พบความแตกต่างกันของประสิทธิภาพการเติบโตและปริมาณการกิน แต่พบว่าอาหารเสริมสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* 10 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักลดลงอย่างเห็นได้ชัด (น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 167 กรัม) และมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปลาที่เลี้ยงด้วยอาหารกลุ่ม

ควบคุม และอาหารที่เสริมสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 225 และ 214 กรัม ตามลำดับ) โดยให้เหตุผลว่าอาหารเสริมสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* 10 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อสัญญาณวิทยาของลำไส้ปลาเรนโบว์เทรา โดยทำให้ลำไส้เล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กที่สุดและความสูงของวิลโลตต่ำสุด อย่างไรก็ตามการศึกษาก่อนหน้านี้รายงานความเป็นไปได้ของการใช้ *Gracilaria* sp. สูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ในปลากระพงยุโรปโดยไม่มีผลเสียต่อการเจริญเติบโต (Valente et al., 2006) แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์ของปลาทนต่ออาหารที่เสริมสาหร่ายแดง *Gracilaria vermiculophylla* ได้แตกต่างกัน Julshamn et al. (2006) ได้ศึกษาการเสริมโพแทสเซียมไอโอดิไดในอาหารปลาแซลมอนแอตแลนติก ที่มีความเข้มข้น 10, 54 และ 86 มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุดิบให้อาหารเป็นระยะเวลา 150 วัน พบว่าไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและอัตราการรอดชีวิตในปลาแซลมอนแอตแลนติก

องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อหนังปลานิล

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสุ่มตัวปลาเพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อหนังปลานิล

(dry matter) พบว่าในการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารปลานิล เพื่อการผลิตเนื้อปลานิลที่มีระดับไอโอดีนสูง (60, 30 และ 15 วันก่อนสิ้นสุดการทดลอง) เนื้อรวมหนังปลานิลทุกกลุ่มมีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ปริมาณไอโอดีนในเนื้อรวมหนังปลานิลที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่ 60, 30 และ 15 วันก่อนการสิ้นสุดการทดลอง มีปริมาณไอโอดีนที่ 91.14, 93.14 และ 94.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับปริมาณไอโอดีนในเนื้อรวมหนังปลานิลที่ไม่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีน (กลุ่มควบคุม) ซึ่งมีปริมาณไอโอดีนที่ 46.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ปริมาณไอโอดีนในเนื้อรวมหนังปลานิล อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) และเมื่อคำนวณเป็นปริมาณไอโอดีนในเนื้อรวมหนังปลานิลสดที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่ 60, 30 และ 15 วันก่อนสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีปริมาณไอโอดีนที่ 19.82, 20.71 และ 20.63 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับปริมาณไอโอดีนในเนื้อรวมหนังปลานิลสดที่ไม่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีน (กลุ่มควบคุม) มีปริมาณไอโอดีนที่ 11.13 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงไว้ใน Table 3

ผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานของ Schmid et al. (2003) ทำการศึกษาการใช้สาหร่ายทะเลเป็นแหล่งธรรมชาติของไอโอดีนในอาหารปลาน้ำจืด โดยใช้ปลาสกุลปลาคาร์ (Chars ได้แก่ ปลาคาร์, ปลาทวายแดง และปลาเทราต์ เป็นต้น) โดยกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารการค้ำที่มีปริมาณไอโอดีน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และกลุ่มที่ได้รับสาหร่าย (*Laminaria digitata*) มีปริมาณไอโอดีน 32 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยให้อาหารเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่าปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลากลุ่มที่ได้รับอาหารการค้ำที่มีปริมาณไอโอดีน 143 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และกลุ่มที่ได้รับสาหร่าย (*Laminaria digitata*) มีปริมาณไอโอดีน 539 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเสริมอาหารด้วยสาหร่ายทำให้ปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า หลังจากกินอาหารเป็นเวลา 9 เดือน สามารถเพิ่มปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลาน้ำจืดได้ โดยทำให้ปลาน้ำจืดมีปริมาณไอโอดีนที่ใกล้เคียงกับปลาทะเลหลายชนิด เช่น ปลาทูน่า (500 ไมโครกรัม/กิโลกรัม) และปลาแฮลิบัต (400 ไมโครกรัม/กิโลกรัม) เป็นต้น การเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนในส่วนต่างๆ ของปลาน้ำจืด พบว่าโดยเฉพาะหนังปลาจะอุดมไปด้วยไอโอดีน โดยที่เนื้อปลาที่มีหนังจะมีไอโอดีนเป็น 2 เท่ากว่าเนื้อปลาที่ไม่มีหนัง การบริโภคเนื้อปลาที่มีหนังจึงเป็นสิ่งแนะนำเพื่อเพิ่มปริมาณไอโอดีน

Table 3 Chemical composition of tilapia flesh (dry matter)

Chemical Composition	Dietary treatments				P-value
	Control	60 d	30 d	15 d	
Dry matter (%)	75.79 ± 0.15	81.67 ± 3.48	77.85 ± 5.61	75.51 ± 3.68	0.244
Crude protein (%)	71.62 ± 1.64	72.28 ± 0.90	72.38 ± 4.06	71.26 ± 2.61	0.941
Crude fat (%)	13.12 ± 4.32	12.66 ± 0.82	12.21 ± 3.29	12.97 ± 1.75	0.980
Gross energy (kcal/kg)	5798.66 ± 78.06	5813 ± 61.04	5722.88 ± 63.28	5806.11 ± 73.94	0.404
Iodine (µg/100 g dry matter)	46.77 ^b ± 2.09	91.14 ^a ± 1.06	93.14 ^a ± 5.46	94.85 ^a ± 5.33	0.004
Iodine (µg/100 g fresh weight)	11.13 ^b ± 0.52	19.82 ^a ± 0.53	20.71 ^a ± 0.71	20.63 ^a ± 3.65	0.007

^{a,b} Different superscripts within rows represent significant differences between treatments ($P<0.05$).

ให้กับร่างกาย Ribeiro et al. (2015) ได้ทำการศึกษาอาหารที่เสริมโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ที่ระดับ 26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กับ ethylenediamine dihydroiodide ที่ระดับ 22 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และอาหารที่เสริมสาหร่าย *Laminaria digitata* 10 เปอร์เซ็นต์ (มีปริมาณไอโอดีน 426 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ให้อาหารเป็นระยะเวลา 118 วันพบปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลากะพงที่เสริมโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) กับ ethylenediamine dihydroiodide ที่ 0.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และอาหารที่เสริมสาหร่าย *Laminaria digitata* 10 เปอร์เซ็นต์ ที่ 0.84 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยให้เหตุผลว่าการเพิ่มขึ้นของไอโอดีนในเนื้อปลาขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายทะเลที่ใช้และระยะเวลาการกินของการเสริมไอโอดีน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในปลาแซลมอนแอตแลนติกที่กินอาหารสด (ปลาสดและแซทเทียร์) ที่เสริมด้วย KI ที่ 40 และ 80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ติดต่อกันมากกว่า 150 วัน พบว่าหลังจาก 150 วันความเข้มข้นของไอโอดีนในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ (0.52 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และ 60 เปอร์เซ็นต์ (0.90 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในปลาที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่ 40 และ 80 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อเทียบกับอาหารที่ไม่ได้เสริมไอโอดีน (0.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) โดยพบว่าระดับไอโอดีนในเนื้อปลามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของไอโอดีนในตับและไตหลังจากการกินอาหารเสริมไอโอดีนเป็นเวลา 90 และ 150 วัน (Julshamn et al., 2006) ซึ่งปริมาณไอโอดีนในตัวปลามีความแตกต่างกันไม่เพียงขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ แต่ยังมีความแตกต่างกันระหว่างปลาที่มีขนาดเดียวกันและวิธีการเก็บตัวอย่าง โดยปริมาณไอโอดีนในหนังปลามีมากกว่าในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อประมาณสิบเท่า (Karl et al., 2001; Erkan, 2011)

Salasawat (2019) ได้ทำการทดลองแปรรูปปลานิลเพื่อศึกษาการสูญเสียไอโอดีน ปริมาณไอโอดีนในเนื้อ

ปลานิล หลังจากผ่านการปรุงสุก และระยะเวลาในการปรุงสุกด้วยวิธีต่างกัน ในวิธีการต้ม การนึ่ง การย่าง ที่ระยะเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที และการทอด การตากแห้งทอด ที่ระยะเวลา 2.5, 5, 7.5 และ 10 นาที พบว่าปริมาณไอโอดีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทุกวิธีการปรุงและทุกช่วงเวลาในการปรุง แสดงว่าวิธีการปรุงและระยะเวลาในการปรุงสุกมีผลทำให้ปริมาณไอโอดีนลดลงไปจากเนื้อปลา โดยเฉพาะเมื่อใช้เวลาปรุงสุกที่นานขึ้นมีการสูญเสียไอโอดีนมากที่สุด ถึง 72.42 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 20 นาที ของวิธีการย่าง ในขณะที่การใช้เวลาในการปรุงสุกที่สั้น ที่ 5 นาที มีการสูญเสียปริมาณไอโอดีนน้อยที่สุด เพียง 34.29 เปอร์เซ็นต์ ในวิธีการนึ่ง โดยเปรียบเทียบปริมาณไอโอดีนในเนื้อปลานิลก่อนปรุงสุกที่ 114.33 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม ทั้งนี้ในการปรุงสุกจำเป็นต้องใช้ความร้อนในการประกอบอาหาร Demaeyer et al. (1979) อธิบายว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นและการใช้น้ำในขั้นตอนการประกอบอาหาร จะส่งผลต่อการสูญเสียไอโอดีน ซึ่งน้ำและไอน้ำทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการนำความร้อนไปสู่วัตถุดิบ ทำให้ไอโอดีนสามารถละลายออกมากับน้ำในระหว่างขั้นตอนการประกอบอาหารได้ (Mcdowell, 1992) และอาหารที่ถูกปรุงด้วยวิธีการย่าง จะทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าวิธีการอื่น เพราะการปิ้งหรือการย่างจะทำให้ไขมันในวัตถุดิบแห้งและหมดไป รวมไปถึงวิตามินต่างๆ (Gokoglu et.al, 2004)

องค์ประกอบซาก

ในองค์ประกอบซากของปลานิลจากการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเสริมธาตุไอโอดีนในอาหารปลานิล เพื่อการผลิตเนื้อปลานิลที่มีระดับไอโอดีนสูง มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงไว้ใน Table 4

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเสริม

Table 4 Carcass composition of tilapia with different dietary of iodine supplementation periods

carcass composition %	Dietary treatments				P-value
	Control	60 d	30 d	15 d	
Edible flesh	42.02 ± 1.19	40.93 ± 1.19	40.58 ± 1.44	41.30 ± 1.43	0.678
Bone	48.38 ± 2.06	47.82 ± 1.11	49.18 ± 1.62	48.10 ± 0.84	0.714
Visceral	9.60 ± 0.23	10.90 ± 1.82	9.82 ± 0.93	9.41 ± 0.67	0.391

ธาตุไอโอดีนในอาหารปลานิล เพื่อการผลิตเนื้อปลานิลที่มีระดับไอโอดีนสูง พบว่าระยะเวลาที่ปลาได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่แตกต่างกัน (60, 30 และ 15 วันก่อนการสิ้นสุดการทดลอง) ไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และองค์ประกอบทางเคมีในเนื้อรวมหนังปลานิล ยกเว้นปริมาณไอโอดีนในเนื้อหนังปลาที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่ 60, 30 และ 15 วัน ซึ่งมีปริมาณไอโอดีนที่มากกว่าเนื้อหนังปลาที่ไม่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีน ในขณะที่ปริมาณไอโอดีนในเนื้อหนังปลาที่ได้รับอาหารเสริมไอโอดีนที่ 60, 30 และ 15 วัน ไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสามารถให้อาหารที่เสริมไอโอดีนก่อนการจับขาย 15 วัน เพื่อเพิ่มปริมาณไอโอดีนในเนื้อหนังปลานิลได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน): สวก. ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัย ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และ ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

A.O.A.C. 1990. Association of official, chemists, official methods of analysis 15th Edition. Washington DC, U.S.A.

Bureau of Nutrition. 2015. Guidelines for the control and prevention of iodine Deficiency Disorders. Department of Health, Ministry of Public Health, Bangkok. 50 p. (in Thai)

Demaeyer, E. M., F. M. Lowenstein, and C. H. Thilly. 1979. The Control of Endemic Goitre. WHO, Geneva. 20 p.

Erkan, N. 2011. Iodine content of cooked and processed fish in Turkey. Int. J. Food Sci. Technol. 46: 1734–1738.

Gokoglu, N., P.Yerlikaya, and E. Cengiz. 2004. Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Chem. 84(1): 19-22.

Julshamn, K., A. Maage, R. Waagb, and A. K. Lundebye. 2006. A preliminary study on tailoring of fillet iodine concentrations in adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) through dietary supplementation. Aquacult. Nutr. 12: 45–51.

Karl, H., W. Munkner, S. Krause, and I. Bagge. 2001. Determination, Spatial Variation and Distribution of Iodine in Fish. Behr's Verlag, Hamburg, Allemagne.

- McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press Inc., San Diego, California.
- Ministry of Public Health. 1993. Notification of the Ministry of Public Health No.151 (1993) Re: Prescription of prohibit substances in food. Available Source: http://food.fda.moph.go.th/law/data/announ_moph/P151.pdf. June 3, 2020. (in Thai)
- Moxon, R. E. D. and E. J. Dixon. 1980. Semi-automatic method for the determination of total iodine in food. *Analyt.* 105: 344-352.
- Ribeiro, A. R., A. Gonçalves, R. Colen, M. L. Nunes, M. T. Dinis, and J. Dias. 2015. Dietary macroalgae is a natural and effective tool to fortify gilthead seabream fillets with iodine: Effects on growth, sensory quality and nutritional value. *Aquaculture*. 437: 51–59.
- Salasawat, N. 2019. Evaluation of iodine losses according to different cooking procedures in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with iodine supplementation. M.E. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Schmid, S., D. Ranz, M. L. He, S. Burkard, M. V. Lukowicz, R. Reiter, R. Arnold, H. Le Deit, M. David, and W. A. Rambeck. 2003. Marine algae as natural source of iodine in the feeding of freshwater fish a new possibility to improve iodine supply of man. *Rev. Méd. Vét.* 154(10): 645-648.
- Supakitjananon, T., K. Meng-amber, and D. Amornlertphisan. 2014. Development of increased value-added products from hybrid catfish: Technology for aquaculture to increase production for commercial purpose and improve the competition ability. Maejo University, Chiang Mai. p. 49 (in Thai)
- Valente, L.M.P., A. Gouveia, P. Rema, J. Matos, E.F. Gomes, and I.S. Pinto. 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*. 252: 85–91.
- Valente, L. M. P., P. Rema, V. Ferraro, M. Pintado, I. S. Pinto, L. M. Cunha, M. B. Oliveira, and M. Araújo. 2015. Iodine enrichment of rainbow trout flesh by dietary supplementation with the red seaweed *Gracilaria vermiculophylla*. *Aquaculture*. 446: 132–139.
- Thianthavorn, W. 1989. The health effects of iodine deficiency disorder. Proceedings of the Nutrition Conference 1989: Update on Nutrition for Health, 13-15th December 1989, Mahidol University, Bangkok. p. 89-86 (in Thai)

