

ผลของการเสริมไรรำนางฟ้าผงต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารปลา ที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน

Effect of Fairy Shrimps (*Branchinella thailandensis*) Powder Supplementation in Difference Packaging on Antioxidation in Fish Feed

จิตรา สิมาวาน^{1*}, ร่วมฤดี พานจันทร์², โฆษิต ศรีภูธร¹ และ สมศักดิ์ ระยัน¹

Jitra Simawan^{1*}, Ruamruedee Panchan², Kosit Sriphuthorn¹ and Somsak Raya¹

¹ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160

Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon campus,

Sakon Nakhon Province 47160.

² สาขาวิชาประมง ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 44150

Fisheries Science, Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University,

Mahasarakham Province 44150.

*Corresponding author: jitra203@hotmail.com, jitra203@gmail.com

บทคัดย่อ

การเสริมไรรำนางฟ้าผงที่มีสารสีกลุ่มแคโรทีนอยด์ลงในอาหารปลา เพื่อทดสอบปฏิกิริยาออกซิเดชันและความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารปลาที่เก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาแตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial Experiment in CRD จำนวน 3 ซ้ำ โดยเสริมไรรำนางฟ้าผงที่ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวม 0 และ 100 มก./กก.อาหาร บรรจุในถุง Polyethylene ซุญญากาศและถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่า การเสริมไรรำนางฟ้าผงที่มีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวม 100 มก./กก.อาหาร และบรรจุอาหารในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศเป็นเวลานาน 6 เดือน ส่งผลให้ค่า TBARS ในอาหารมีแนวโน้มลดลงต่ำสุดและพบค่าความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผงที่ไม่เสริมไรรำนางฟ้าและเก็บรักษาในถุง Polyethylene ซุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารปลานานขึ้นส่งผลต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารปลาสูงขึ้น ดังนั้น การเสริมไรรำนางฟ้าผงที่ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวม 100 มก./กก.ในอาหารปลาและการเก็บรักษาอาหารในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารปลาได้ดีและเพิ่มความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารได้สูงสุดเช่นกัน

คำสำคัญ: ไรรำนางฟ้า, ปฏิกิริยาออกซิเดชัน, อาหารปลาชนิดผง, แคโรทีนอยด์

Abstract

Fairy shrimp (*Branchinella thailandensis*) powder containing carotenoids was supplemented to powder fish feed to study the anti-oxidation (TBARS) and total carotenoids stability in different package and time periods of preservation. The experimental design was a 2x2 Factorial Experiment in CRD with 3 replications. Fairy shrimp powder was combined in powder feed with carotenoids levels concentration 0 and 100 mg./Kg.feed. The powder feed were preserved in two types of package namely, polyethylene vacuum bag and aluminum foil vacuum bag, then stored in ambient temperature for 6 months. The results showed that 100 mg./Kg.feed of carotenoids in Fairy Shrimp powder supplemented into the powder feed and stored in aluminum foil vacuum bags for 6 months caused the least in TBARS value reduction and the highest of total carotenoids stability. There was significant difference ($p>0.05$) with powder feed stored in polyethylene vacuum bag. Increasing preservation period affected to oxidation reaction and total carotenoid stability in supplemented powder feed. Therefore, 100 mg./Kg.feed of carotenoids in Fairy Shrimp powder contained in the powder feed and preserved in aluminum foil vacuum bags could reduce the TBARS value and increase total carotenoids stability.

Keywords: Fairy shrimps (*Branchinella thailandensis*), Antioxidant, Powder feed, Carotenoids

บทนำ

ไร่น้ำนางฟ้า (Fairy Shrimps) หรือคนอีสานเรียกว่า “ตัวเหนียว” “แมงอ่อนช้อย” “แมงหางแดง” “แมงแวง” หรือ “แมงน้ำฝน” เป็นสัตว์น้ำจืดขนาดเล็กมีรูปร่างคล้ายกุ้งขนาดเล็ก พบในประเทศไทยมี 3 ชนิด ได้แก่ ไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร (*Streptocephalus sirindhornae*) ไร่น้ำนางฟ้าสยาม (*Streptocephalus siamensis*) และไร่น้ำนางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) ซึ่งตัวเต็มวัยมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีโปรตีน 64.94 %, ไขมัน 5.07 %, คาร์โบไฮเดรต 17.96 % และอินทรีย์วัตถุ 8.40 % ของน้ำหนักแห้ง มีสารสีแคโรทีนอยด์สูงซึ่งในไร่น้ำนางฟ้าสิรินธร และไร่น้ำนางฟ้าไทยมีปริมาณ 66.84 ± 1.57 และ 75.72 ± 1.49 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ (Kosit, 2009) โดยแคโรทีนอยด์หลักที่พบในไร่น้ำนางฟ้าเป็นสารสีแอสตาแซนทิน ซึ่งมีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้มากถึง 10 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มแคโรทีนอยด์ชนิดอื่นๆ เช่น Zeaxanthin, Lutein, Canthaxanthin และ β -carotene เป็นต้น (Miki, 1991) โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) เกิดจากโมเลกุลหรืออะตอมมีการสูญเสียอิเล็กตรอนจากวงโคจรให้กับโมเลกุลที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเกิดอนุมูลอิสระของสารต่างๆ ได้หลายชนิด และอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอื่นๆ เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป (Garces, 2006) ซึ่งมีรายงานว่าสารต้านออกซิเดชันในกลุ่มที่สามารถทำลายปฏิกิริยาลูกโซ่ ได้แก่ วิตามินอี, วิตามินซี, β -carotene, Ubiquinone, Uric acid, Bilirubin, Albumin และ Sulfhydryl groups ในกรดอะมิโน Cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เป็นต้น (Monsiri, 1997)

โดยทั่วไปอาหารสัตว์น้ำมักพบการเสื่อมเสียคุณภาพ มีกลิ่นเหม็น เปลี่ยนสี และสูญเสียคุณค่าทางอาหาร มีผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหารปลา ปัจจัยที่มีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารให้ยาวนานมากขึ้น ได้แก่ ลักษณะบรรจุภัณฑ์ ระยะเวลาและอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันจากสารสังเคราะห์ เช่น Butylated Hydroxyl Anisole (BHA), Butylated Hydroxyl Toluene (BHT), Tertiary Butyl Hydroquinone (TBHQ) และ Propyl Gallate (PG) เป็นต้น แม้สารสังเคราะห์เหล่านี้จะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี แต่มีผลให้เกิดสารพิษในคนและในสัตว์ได้ หากใช้ในปริมาณที่เกินกฎหมายกำหนด (Siwaporn, 2003) อาหารสัตว์น้ำที่มีความชื้นอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำได้ โดยทำให้เกิดสภาวะ Oxidative Stress ส่งผลทำให้ร่างกายไม่สามารถควบคุมและป้องกันปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับปกติ ซึ่งจะทำให้สัตว์น้ำเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ได้ เช่น โรคกล้ามเนื้อเสื่อม (Muscular Dystrophy) การแตกตัวของเม็ดเลือด (Hemolysis) และโรคดีซ่าน (Jaundice) ส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตลดลง อัตราการรอดตายต่ำและสีซีดในสัตว์น้ำ (Supis, 1992) โดยพบสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถพบได้ในร่างกายและจัดเป็นเอนไซม์ เช่น เอนไซม์ Catalase และ เอนไซม์ Superoxide dismutase ในปลา Gilthead seabream เพิ่มสูงขึ้น (Mourete *et al.*, 2002) ดังนั้น ระบบภูมิคุ้มกันของปลาจึงได้รับอิทธิพลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหารปลาดังกล่าว จากสาเหตุดังกล่าวทำให้นักวิจัยเห็นความสำคัญของคุณภาพอาหารสัตว์น้ำมากขึ้น จึงหาแนวทางการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอาหารสัตว์น้ำโดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในธรรมชาติเพื่อควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์น้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดย Kanyana (2010) ทดลองใช้ประโยชน์ของสารไลโคปีนจากมะเขือเทศพันธุ์ลูกท้อเพื่อลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารปลาแฟนซีคาร์ฟ พบที่ระดับความเข้มข้นของสารไลโคปีน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมที่เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศนาน 24 สัปดาห์ มีค่ากรดไทโอบาร์บิวทริก (TBARS) ต่ำสุดเฉลี่ย 0.33 ± 0.06 มิลลิกรัมมัลลัลไดแอลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมของอาหาร เมื่อเทียบกับการทดลองกลุ่มอื่นๆ ($p < 0.05$) และ Hernandez *et al.* (2014) พบอาหารปลาผสมสารสกัดธรรมชาติจากโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) 600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีเช่นเดียวกับอาหารปลาผสม BHT 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 สัปดาห์ ซึ่งสารสกัดจากโรสแมรี่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันเหมือนกับสาร BHT และมีความสำคัญในขบวนการผลิตและการเก็บรักษาอาหารปลาเช่นกัน

ดังนั้น ไร่น้ำนางฟ้าที่มีโปรตีนและสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์สูงอาจใช้เป็นสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารปลาสวยงามได้เป็นอย่างดี การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมไร่น้ำนางฟ้าแดงต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่ออายุการเก็บรักษาเพื่อเป็นแนวทางเลือกการใช้สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากธรรมชาติและลดการใช้สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้จากการสังเคราะห์

อุปกรณ์และวิธีการ

นำโรน้านางฟ้าไทย (*Branchinella thailandensis*) ที่อบแห้งมาสกัดหาปริมาณแคโรทีนอยด์ต่อน้ำหนัก 1 กรัมแห้ง จากนั้นผสมโรน้านางฟ้าผงในอาหารปลาชนิดผงยี่ห้อโปรเกรด (Pro grade) วางแผนการทดลองแบบ 2x2 Factorial Experiment in CRD ปัจจัยที่ 1 คือ ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวมจากโรน้านางฟ้า 0 และ 100 มก./กก.อาหาร ดัดแปลงจากการศึกษาของ Kanyana (2010) และปัจจัยที่ 2 บรรจุภัณฑ์ Polyethylene (PE) สูญญากาศและอลูมิเนียมฟอยล์สูญญากาศ โดยบรรจุอาหารทดลองจำนวน 50 กรัม/ถุง (จำนวน 3 ซ้ำ) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน ระหว่างการทดลองทุกๆ 2 เดือน ทำการวิเคราะห์ค่าการเหินของอาหาร โดยวัดค่ากรดไทโอบาร์บิวริก (Thiobarbituric Acid Reactive Substance : TBARS) ตามวิธีของ AOAC (2000) และวิเคราะห์ค่าแคโรทีนอยด์รวมในอาหารตามวิธีการดัดแปลงจาก Khajornkiat (n.d.) และ Sommer (1992) นำข้อมูลที่วัดได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 19

ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ค่า TBARS และค่าความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารทดลองที่เสริมและไม่เสริมโรน้านางฟ้าผง และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องในบรรจุภัณฑ์และระยะเวลาต่างกัน พบว่า การเสริมโรน้านางฟ้าผงที่ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวม 100 มก./กก.อาหาร ร่วมกับการเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สูญญากาศ พบค่า TBARS มีแนวโน้มลดลงต่ำสุด (0.101 ± 0.001 มก.MDA/กก.อาหาร) ในเดือนที่ 4 และ 6 ($p > 0.05$) ดังใน Table 1 และพบความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารสูงสุด (77.18 ± 0.82 มค.ก./ก.) อย่างแตกต่างกันในทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มอาหารปลาที่ไม่เสริมโรน้านางฟ้าผงและบรรจุในถุง PE สูญญากาศ (เดือนที่ 6) ดังใน Table 2 และเมื่อทำการเก็บรักษาอาหารปลาเป็นเวลานานขึ้นส่งผลทำให้พบค่าแคโรทีนอยด์รวมในอาหารที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบ มีค่าลดลงอย่างแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) และอาหารปลาที่ไม่เสริมโรน้านางฟ้าผงและบรรจุในถุง PE สูญญากาศมีค่าลดลงต่ำสุดในเดือนที่ 6 (ค่าแคโรทีนอยด์รวมในอาหารปลาเท่ากับ 22.68 ± 0.93 มค.ก./ก.) และยังพบค่า TBARS ในอาหารปลาสูงสุดเช่นกัน (0.116 ± 0.001 มก.MDA/กก.อาหาร) อาหารปลาที่เสริมโรน้านางฟ้าผงและเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สูญญากาศและถุง PE สูญญากาศมีค่า TBARS ลดต่ำลงอย่างแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น แต่การบรรจุอาหารปลาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สูญญากาศพบค่า TBARS มีแนวโน้มลดลงต่ำสุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในเดือนที่ 4 และ 6 โดยมีค่า TBARS เท่ากับ 0.101 ± 0.001 มก.MDA/กก.อาหาร ($p > 0.05$) ดังนั้น เก็บรักษาอาหารปลาที่มีโรน้านางฟ้าผงที่ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวม 100 มก./กก.อาหาร ในบรรจุภัณฑ์อลูมิเนียมฟอยล์สูญญากาศสามารถ

ลดอัตราการหืนในอาหารปลาได้ และส่งผลต่อความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารสูงสุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือน

การอภิปรายผล

การเสริมโรน้านางฟ้าผงในอาหารที่ความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ 100 มก./กก.อาหาร สามารถลดค่า TBARS ในอาหารได้ นอกจากนี้การเก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมพอยล์สุญญากาศช่วยลด TBARS ให้ต่ำลงมากยิ่งขึ้น โดยในเดือนที่ 6 พบค่า TBARS มีแนวโน้มลดต่ำสุดเท่ากับ 0.101 ± 0.001 มก.MDA/กก.อาหาร และพบการคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมสูงที่สุดเท่ากับ 77.18 ± 0.82 มค.ก./ก.เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ($p < 0.05$) โดย Crawley (1993) รายงานว่า อัตราการสูญเสียแคโรทีนอยด์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณของออกซิเจน ความเข้มของแสงและอุณหภูมิ Katri and Marina (1994) พบว่าภายใต้แสงฟลูออเรสเซนซ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถใช้เบต้า-แคโรทีน (20 ก./ก.) ร่วมกับแกมมา-โทโคฟีรอล (20-50 มค.ก./ก.) เพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน Rapeseed บริสุทธิ์ในอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ค่า TBARS ของอาหารทดลองที่บรรจุในถุง PE สุญญากาศจึงมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับการบรรจุอาหารในถุงอลูมิเนียมพอยล์สุญญากาศ เนื่องจากอาหารในถุง PE มีโอกาสสัมผัสกับแสงโดยตรง โดยพบค่า TBARS สูงสุดเท่ากับ 0.116 ± 0.001 มก.MDA/กก.อาหาร (ในเดือนที่ 6) อีกทั้ง การบรรจุอาหารในระบบแก๊สเฉื่อยและระบบสุญญากาศยังช่วยลดการทำปฏิกิริยาระหว่างอาหารปลากับออกซิเจนลงได้ (Bauernfeind, 1981) นอกจากนี้การเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์แบบที่บดแสงยังมีส่วนช่วยในการลดการเกิดปฏิกิริยาได้ดียิ่งขึ้น (Morais *et al.*, 2001) จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า สารสีแคโรทีนอยด์จากโรน้านางฟ้าสามารถลดปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันในอาหารลงได้ อาจเนื่องจากสารสีแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติช่วยป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอนุมูลอิสระ โดยเข้าไปดักจับกับสารอนุมูลอิสระโดยตรงและให้อนุมูล H^+ แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น (Jenjira and Prasong, 2011) หรืออาจยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับกับไอออนของโลหะที่เป็นตัวเร่งของการเกิดปฏิกิริยาเริ่มต้น (Sies *et al.*, 1992) หรืออาจเป็นสารที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ดี จึงทำให้สารอนุมูลอิสระที่เกิดจากขบวนการเร่งปฏิกิริยาโดยแสงและอุณหภูมิ นั้นทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้น้อยลง เช่นเดียวกับการใช้สารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศพันธุ์ลูกท้อที่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติผสมในอาหารปลาแฟนซีคาร์ฟ 100 มก./กก. บรรจุด้วยถุงอะลูมิเนียมพอยล์สุญญากาศนาน 24 สัปดาห์ มีผลทำให้พบค่า TBARS ในอาหารลดต่ำลง (0.33 ± 0.06 มก.MDA/กก.อาหาร) อย่างแตกต่างกันในทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารที่ไม่เสริมสารไลโคปีน (Kanyana, 2010) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Hernandez *et al.* (2014) พบสารสกัดธรรมชาติจากโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis*) 600 มก./กก. ส่งผลทำให้พบค่า TBARS ในอาหารลดต่ำลง (9.9 มก.MDA/กก.อาหาร) เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 12 สัปดาห์ ($p < 0.05$)

อาหารปลาที่ไม่เสริมโรน้านางฟ้าและเก็บรักษาในถุง PE สุญญากาศ จึงพบค่า TBARS เพิ่มสูงสุดและพบการเสื่อมของแคโรทีนอยด์รวมสูงสุด และเมื่ออาหารปลาเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อการเสื่อมของอาหารมากขึ้นอีกด้วย โดยในเดือนที่ 6 พบค่า TBARS (0.116 ± 0.001 มก.MDA/กก.อาหาร)

และพบการเสื่อมของแคโรทีนอยด์รวม (22.68 ± 0.93 มค.ก./ก.) สูงสุดเช่นกัน ($p < 0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากการออกซิไดซ์ของไขมันและโปรตีนที่มีอยู่ในอาหารทดลองที่ถูกกระตุ้นมาจากหลายปัจจัย โดย Ghulam *et al.*, (2002) พบว่า เมื่อเพิ่มระดับไขมันในอาหาร 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษานานเป็นเวลา 42 วัน ในอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ส่งผลทำให้ค่า TBARS สูงขึ้น (0.745, 0.817 และ 0.952 มก.MDA/กก.อาหารตามลำดับ) ตามระดับการเพิ่มขึ้นของไขมันในอาหาร ($p < 0.05$) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนอกจากจะเป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการหืนแล้วยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์มากขึ้น การสลายตัวของแคโรทีนอยด์กลายเป็นโมเลกุลเล็กทำให้ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลงตามไปด้วย (Porjai, 2000; Crouzet and Kanasawud, 1992) ดังนั้น กลุ่มอาหารทดลองที่เสริมโรน้านางฟ้าที่ระดับเข้มข้นของแคโรทีนอยด์ 100 มค.ก./กก.อาหาร และเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบ พบค่า TBARS และค่าแคโรทีนอยด์รวมในอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้น และอาหารที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศพบค่า TBARS มีแนวโน้มต่ำสุด และพบค่าความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่น ($p < 0.05$)

สรุปผล

การเสริมโรน้านางฟ้าลงในอาหารปลาที่มีความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์รวม 100 มค.ก./กก.อาหาร และการเก็บรักษาอาหารปลาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ มีแนวโน้มทำให้ลดอัตราการหืนในอาหารได้ดี (ค่า TBARS ต่ำสุด) นาน 4-6 เดือน โดยไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับอาหารที่บรรจุในถุง PE สุญญากาศ และเก็บรักษาอาหารปลาที่เสริมโรน้านางฟ้าลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ ยังส่งผลต่อความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมในอาหารปลาที่ดีที่สุด (ค่าแคโรทีนอยด์รวมสูงสุด) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารปลาในกลุ่มที่ไม่เสริมโรน้านางฟ้าและเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 แบบ ($p < 0.05$) ดังนั้น สารสีแคโรทีนอยด์จากโรน้านางฟ้าสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารปลาได้ดี ส่งผลทำให้อาหารปลามีความคงตัวของแคโรทีนอยด์รวมสูงสุด เมื่อทำการเก็บรักษาอาหารในถุงอลูมิเนียมฟอยล์สุญญากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- Bauernfeind, J.C. 1981. Carotenoids as colorants and vitamin A precursors. Academic Press. New York.19-41.

- Crawley, H. 1993. Natural occurrence of vitamins in food. The technology of vitamins in food. Blackie Academic and professional. Glasgow. England.
- Crouzet, J. and Kanasawud, P. 1992. Formation of volatile compounds by thermal degradation of carotenoids. *Methods in Enzymology*. 213 : 54-62.
- Garces, J. 2006. Oxidation. [Online]. Available from <http://www.kangenwaterreport.com/what-is-redox/> [2008, April 11].
- Ghulam, M., Fawag, A., Arfan, Y. and Asad, U.H. 2002. Comparative efficiency of different antioxidants on fat stability in broiler rations: thiobarbituric acid values. *Journal of Pakistan veterinary*. 22 (2) : 6.
- Hernándezza, A. García García, B. Jordánb, M.J. and Hernándezza, M.D. 2014. Natural antioxidants in extruded fish feed: Protection at different storage temperatures. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. [Online] Available from <http://www.sciencedirect.com/> [2014, August 1]
- Jenjira, J. and Prasong, S. 2011. Oxidants and antioxidants: Sources and mechanism. *Academic Journal of Kalasin Rajabhat University*. 1 (1) : 59-70. [in Thai]
- Katri, H. and Marina, H. 1994. Action of β -Carotene on Purified Rapeseed Oil During Light Storage. *Journal of Food Science and Technology*. 27 (6) : 573–577.
- Kanyana, T. 2010. Utilization of lycopene from tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as natural antioxidant in fancy carp (*Cyprinus carpio* Linn.) feed. Master's Thesis. King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang. Bangkok. 89. [in Thai]
- Khajornkiat, S. N.d. Algae Culture. [Online] Available from <http://www.fishtech.mju.ac.th/FishNew1/OSS/files/Hqxury3Thu30034.pdf> [2014, January 10]
- Kosit, S. 2009. The Development of fairy shrimp cultures, *Branchinella thailandensis* and *Streptocephalus sirindhornae* for commercial purposes and using as food for giant freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. Doctoral Thesis. Khon Kaen University. Khon Kaen. 204 p. [in Thai]
- Miki, Y. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. *Pure Applied Chemistry* 63 : 141-146.
- Monsiri, W. 1997. Newly developed health food ingredients. *Journal of Srinakharinwirot Research and Development*. 13 (2): 69-75. [in Thai]
- Morais, F., Kuhn, K., Steward D.H., Barber, J., Brudvig, G.W. and Nixon, P.J. 2001. *Journal of Biological Chemistry*. 276: 31986-31993.

- Mourente, G., Diaz-Salvago, E., Bell, J.G. and Tocher, D.R. 2002. Increased activities of hepatic antioxidant defence enzymes in juvenile gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed dietary oxidised oil: attenuation by dietary vitamin E. *Journal of Aquaculture* 214 (1): 343–361.
- Porjai, T. 2000. Lycopene. *Journal of King Mongkut's Agricultural*. 18 : 68-76. [in Thai]
- Sies, H., Stahl, W. and Sundquist, A. 1992. Antioxidant functions of vitamins, vitamin E and C, beta-carotene and other carotenoids. *Annals of the New York Academy of sciences*. 368 : 7-19.
- Siwaporn, S. 2003. Food additive. National Agricultural Extension and Training Center. Kasetsart University Kamphaeng Sean Campus. Nakhon Pathom. 380. [in Thai]
- Sommer, T. R., D'Souza, F. M. L. and Morrissey, N. m. 1992. Pigmentation of adult rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* using the green alga *Haematococcus pluvialis*. *Journal of Aquaculture*. 106: 63–74.
- Supis, T. 1992. Importance of fat in aquatic animal diet. *Journal of Thai Fisheries Gazette*. 45 (4): 943- 950. [in Thai]

Table 1 Effects of Fairy Shrimps powder supplementation in different packaging on the concentration of TBARS (mg.MDA /Kg.feed) in powder feed.

Time	Concentration of TBARS (mg.MDA /Kg.feed)				P-value		
	Carotenoids 0 mg./Kg.feed		Carotenoids 100 mg./Kg.feed		Type of package	Level of total Carotenoids in feed	Level of total Carotenoids in feed * Type of package
	Polyethylene vacuum bag	Aluminum foil vacuum bag	Polyethylene vacuum bag	Aluminum foil vacuum bag			
0 month	0.111±0.001 ^{aB}	0.111±0.001 ^{aC}	0.106±0.001 ^{bA}	0.106±0.001 ^{bA}	1.000	0.000	1.000
2 month	0.115±0.000 ^{aA}	0.116±0.001 ^{aA}	0.104±0.000 ^{bB}	0.103±0.000 ^{bB}	0.008	0.000	0.000
4 month	0.116±0.001 ^{aA}	0.113±0.001 ^{bB}	0.103±0.001 ^{cB}	0.101±0.001 ^{cC}	0.000	0.000	0.826
6 month	0.116±0.001 ^{aA}	0.113±0.001 ^{bB}	0.103±0.001 ^{cB}	0.101±0.001 ^{cC}	0.000	0.000	0.669

^{a-c} Means with different letters within a row of each group are significantly different at p<0.05.

^{A-D} Means with different letters within a column of each group are significantly different at p<0.05.

Table 2 Effects of Fairy Shrimps powder supplementation in different packaging on the concentration of total Carotenoids ($\mu\text{g/g}$) in powder feed.

Time	Concentration of total Carotenoids ($\mu\text{g/g}$)				P-value		
	Carotenoids 0 mg./Kg.feed		Carotenoids 100 mg./Kg.feed		Type of package	Level of total Carotenoids in feed	Level of total Carotenoids in feed * Type of package
	Polyethylene vacuum bag	Aluminum foil vacuum bag	Polyethylene vacuum bag	Aluminum foil vacuum bag			
0 month	26.85 \pm 0.61 ^{ba}	26.85 \pm 0.61 ^{ba}	113.48 \pm 0.82 ^{aA}	113.48 \pm 0.82 ^{aA}	1.000	0.000	1.000
2 month	24.33 \pm 0.40 ^{bb}	24.63 \pm 0.61 ^{bb}	98.47 \pm 0.46 ^{aB}	98.39 \pm 0.73 ^{aB}	0.626	0.000	0.414
4 month	23.47 \pm 0.67 ^{cc}	23.71 \pm 0.65 ^{cc}	77.18 \pm 0.31 ^{bC}	86.05 \pm 0.63 ^{aC}	0.000	0.000	0.000
6 month	22.68 \pm 0.93 ^{cc}	22.70 \pm 0.96 ^{cd}	72.87 \pm 0.46 ^{bd}	77.18 \pm 0.82 ^{ad}	0.000	0.000	0.000

^{a-c} Means with different letters within a row of each group are significantly different at $p < 0.05$.

^{A-D} Means with different letters within a column of each group are significantly different at $p < 0.05$.