การยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์และไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์ปลาร้าจากสารต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร

INHIBITION OF NITRATE/NITRITE AND NITROSAMINE IN FERMENTED FISH BY THE ANTIOXIDANT EFFECT FROM HERBAL PLANT

เศรษฐา เรืองไชย[1], วิวรรธน์ แก่นสา[2,*] และ สุขสันติ ประกอบวงษ์[2]
Sedtha Ruangchai[1], Wiwat Kaensa[2,*] and Suksanti Prakobwong[2]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
[2] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
[1] Department of Science Education, Graduate School, Udon Thani Rajabhat University
[2] Department of Biology, Faculty of Science, Udon Thani Rajabhat University

Received: 16 December 2022 Revised: 4 January 2023 Accepted: 20 March 2023

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสารไนโตรซามีนในปลาร้าที่วางขายในตลาดจังหวัดอุดรธานี ทำการตรวจระดับสารฟีโนลิก และสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH assay และฤทธิ์ยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้าด้วยสมุนไพร 5 ชนิด ได้แก่ ติ้ว (*Cratoxylum formosum*) กระโดน (*Careya sphaerica*) สะเดา (*Azadirachta indica*) ชะมวง (*Garcinia cowa*) และย่านาง (*Tiliacora triandra*) ผลการวิจัยไม่พบการปนเปื้อนของสารไนโตรซามีนในตัวอย่างปลาร้า (30 ตัวอย่าง) ใบย่านางมีสารฟีโนลิกและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างน้อย 1,900 mgGAE/100 กรัม และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 72.28 ตามลำดับ การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในปลาร้า พบว่าใบย่านางมีระดับการยับยั้งการปนเปื้อนได้ดีกว่าสมุนไพรชนิดอื่น

คำสำคัญ: ไนเตรท/ไนเตรท์, ไนโตรซามีน, ปลาร้า, สารต้านอนุมูลอิสระ

* Corresponding author: วิวรรธน์ แก่นสา
E-mail: wiwat.ka@udru.ac.th

Abstract

This study aimed to determine the nitrosamine in fermented fish purchased from markets in Udon Thani Province. The total phenolic compound and the antioxidant effects were determined by DPPH assay. The inhibition of nitrate/nitrite formation in fermented fish using five herbal plants consisted of *Cratoxylum formosum*, *Careya sphaerica*, *Azadirachta indica*, *Garcinia cowa, Tiliacora triandra*. The nitrosocompound was not detected in 30 samples in markets in Udon Thani Province. The high level of total phenolic (at least 1900 mgGAE/100 g.), antioxidant effect (72.28%) and the reduction in fermented fish were found in *Tiliacora triandra*.

Keywords: nitrate/nitrite, nitrosamine, fermented fish, antioxidant

บทนำ

ปลาร้าเป็นอาหารและส่วนประกอบของอาหารที่คนในภาคอีสานนิยมบริโภคในชีวิตประจำวัน ในน้ำปลาร้ามักตรวจพบการปนเปื้อนของสารไนเตรท/ไนไตรท์และสารไนโตรซามีนจากกระบวนการหมักและเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคมะเร็งหลายชนิด (ศิริพร ตันจอ, 2560) ซึ่งปัจจุบันนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ปลาร้าในทุกภาคของประเทศ และมีการผลิตเพื่อจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ผลิตภัณฑ์ปลาร้าเป็นผลผลิตจากการหมักของจุลินทรีย์ทนเค็ม โดยมีการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและรูปของสารอาหารที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้ง่ายขึ้น มีรสชาติ สี และกลิ่นเป็นที่นิยมในการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น (ดวงตะวัน ธนะเวช และหนึ่งฤทัย เฮ้าบุญ, 2561) การหมักปลาร้าในชุมชนมักพบการหมักเพื่อบริโภคเป็นเวลานาน ซึ่งจะทำให้เกิดการสะสมของสารไนไตรท/ไนไตรท์ นอกจากนี้สารไนเตรท/ไนไตรท์ยังเป็นวัตถุกันเสียจากการเติมของผู้ค้าเพื่อชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ โดยไม่คำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค (ชลธิดา ภูบาลี และคณะ, 2557)

สารไนไตรท์เมื่อทำปฏิกิริยากับสารกลุ่มเอมีนและเอไมด์จะเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรซามีน (Nitrosamine) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาในอาหารขณะที่ปรุงอุณหภูมิสูง ไนโตซามีนเป็นสารก่อมะเร็งที่มักพบเป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งท่อน้ำดี (Pinlaor et al.,

2004) ซึ่งมีอุบัติการณ์สูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย (Sripa & Pairojkul, 2008) สารไนเตรทในอาหารสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ได้โดยแบคทีเรียหรือปฏิกิริยาเคมี จากการศึกษาในเบื้องต้นจากตัวอย่างปลาร้าในตลาดทั่วไปในจังหวัดอุดรธานี พบว่าปลาร้าที่วางจำหน่ายมีการปนเปื้อนของสารดังกล่าวเกินเกณฑ์มาตรฐานจำนวนมาก (ไม่เกิน 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทั้งอาจเกิดจากการผสมสารไนเตรทลงไปในอาหารของผู้จำหน่ายหรืออาจเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งหากร่างกายได้รับสารไนเตรท/ไนไตรท์มากเกินไปจะทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ สารไนเตรทจะถูกแบคทีเรียในกระเพาะอาหารและลำไส้เปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์ ทำให้ระดับฮีโมโกลบินซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนในเม็ดเลือดแดงผิดปกติ ไม่สามารถขนส่งออกซิเจนไปใช้ได้ ทำให้เซลล์ขาดออกซิเจน และเกิดความรุนแรงตามมา (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) นอกจากนี้หากได้รับสารไนเตรท/ไนไตรท์ในปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะเกิดพิษเรื้อรัง และมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง (Thamavit et al., 1978)

สมุนไพรท้องถิ่นที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านสารอนุมูลอิสระ เป็นที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อาหาร ยารักษาโรค สารต้านอนุมูลอิสระส่วนใหญ่เป็นสารฟีโนลิก วิตามินซี และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น รายงานการวิจัยของ วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล (2553) พบว่า วิตามินซี สามารถลดปริมาณไนเตรท/ไนเตรท์ที่ความเข้มข้น 40-90 mg/100g นอกจากนี้การศึกษาของนันทวัน เอื้อวงศ์กูล และคณะ (2560) พบว่ามีปริมาณวิตามินซีในสมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ ยอดสะเดา ใบย่านางและใบชะมวงในปริมาณ 20.81, 7.19, 29.0 mg/100g ตามลำดับ จากการศึกษาผลของสมุนไพรนี้ พบว่ามีฤทธิ์ในการลดปริมาณไนเตรท/ไนไตรท์ ในผลิตภัณฑ์ปลาร้า (กนกวรรณ เชิงหอม, 2560) งานวิจัยนี้จึงศึกษาปริมาณสารไนโตรซามีนในปลาร้าจากตลาด รวมทั้งตรวจปริมาณสารฟีโนลิกและการยับยั้งสารอนุมูลอิสระในสมุนไพร 5 ชนิด และประเมินฤทธิ์ยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้า

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจระดับสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์ปลาร้าที่จำหน่ายในตลาดเทศบาลนครอุดรธานี

2. เพื่อตรวจระดับสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด และการต้านอนุมูลอิสระ จากสารสกัดใบพืชสมุนไพร 5 ชนิด

3. เพื่อตรวจระดับการยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ ปลาร้าจากสารสกัดใบพืชสมุนไพร 5 ชนิด

วิธีดำเนินงานวิจัย

ตรวจระดับสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์ปลาร้าที่จำหน่ายในตลาด

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลาร้าที่จำหน่ายในตลาดในเทศบาลนคร และในเขตรอบเมืองอุดรธานี จำนวน 10 แหล่ง แหล่งละ 3 ตัวอย่าง นำน้ำปลาร้ามาปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 10,000 รอบ/นาที

เตรียมตัวอย่างใน cartridge เติม methylene chloride แช่ตัวดูดซับประมาณ 1 นาที ในสภาพสุญญากาศเพื่อดูด methylene chloride ให้ไหลผ่าน cartridge จนหมด นำสารสกัดมากำจัดน้ำด้วยคอลัมน์ที่มี anhydrous sodium sulfate นำสารสกัดที่ผ่านการกำจัดน้ำออกมาทำการระเหย methylene chloride ออกด้วยแก๊สไนโตรเจน นำไปปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิลิตร ด้วย methylene chloride และนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Nitrogen Phosphorus Detector (GC-NPD) (Pereira et al., 2012)

การหาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด

นำใบของสมุนไพร 5 ชนิด (ติ้ว (*Cratoxylum formosum*) กระโดน (*Careya sphaerica*) สะเดา (*Azadirachta indica*) ชะมวง (*Garcinia cowa*) และย่านาง (*Tiliacora triandra*)) มาสกัดเพื่อตรวจหาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมดในตัวอย่างสมุนไพร โดยนำใบมาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง บดด้วยโกร่ง นำสมุนไพรแต่ละชนิดมาสกัดด้วยเมทานอลในสัดส่วน 1 กรัม/มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรองระเหยตัวทำละลาย ชั่งน้ำหนักตะกอนและละลายด้วยเมทานอล การหาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ปิเปตสารสกัดสมุนไพรชนิดละ 50 ไมโครลิตร เติมสารละลายโฟลิน (Folin - Ciocateu) ความเข้มข้น 1:10 และสารละลาย โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 10% (w/v) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (กัลยา วัฒนธีรางกูร, 2551)

การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างสมุนไพร

การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างสมุนไพรด้วยวิธี DPPH assay โดยนำสารสกัดสมุนไพร 5 ชนิด ปิเปตสารสกัดสมุนไพรชนิดละ 50 ไมโครลิตร เติมสารละลาย 2, 2-Diphenyl-1, 2-picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานวิตามินซี คำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระและร้อยละการเหลืออยู่ของอนุมูลอิสระ (กัลยา วัฒนธีรางกูร, 2551)

ฤทธิ์ยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้าจากพืชสมุนไพร

นำใบสมุนไพร 5 ชนิด มาสกัดเพื่อประเมินหาประสิทธิภาพในการลดปริมาณไนโตรซามีน โดยนำสมุนไพรมาล้างด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 75 % v/v แล้วนำมาอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง บดด้วยโกร่ง ผสมปลาร้ากับพืชสมุนไพรและนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยความเข้มข้นของสมุนไพรที่ใช้ในการศึกษา คือ 200 mg/kg แล้วบรรจุในขวดพลาสติก หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน

ประเมินโดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท/ไนไตรท์ด้วย วิธี UV–VIS Spectroscopy โดยนำน้ำหมักและปลาที่หมักได้มาสับและปั่นให้ละเอียดและกรองส่วนของเหลว ปิเปตของเหลวจากผลิตภัณฑ์ปลาส้มปริมาตร 250 ไมโครลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที ปิเปตส่วนใสลงใน 96 well plate เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ (Sulfanilamide) ตามด้วยสารละลาย (N-1-Napthylethylene

diamine dihydrochloride, NED และ Vanadium (III) chloride, VCl_3 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร (กัลยา วัฒนธีรางกูร, 2551)

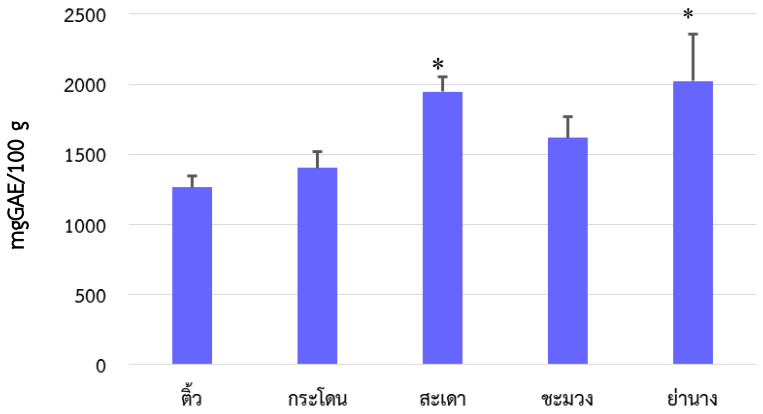
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ระดับสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์ปลาร้าที่จำหน่ายในตลาดวิเคราะห์ในเชิงปริมาณและคุณภาพโดยใช้สารละลายมาตรฐานไนโตรซามีนเปรียบเทียบในวิธีการดำเนินการวิจัย ปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด และฤทธิ์ยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้าจากสารต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพรรายงานข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์สมมุติฐานทางสถิติใช้โปรแกรมวิเคราะห์สำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 23.0

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตรวจระดับสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์ปลาร้า

จากการเก็บตัวอย่างปลาร้าหมักและน้ำปลาร้าที่วางจำหน่ายในตลาดสดในเขตเทศบาลนครและเขตรอบเมืองจังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 ตัวอย่าง ผลการตรวจหาปริมาณสารไนโตรซามีนไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่างปลาร้าหมักและน้ำปลาร้า ทั้งนี้อาจเกิดจากการจำหน่ายในเขตเมืองที่มีกำลังซื้อมาก ทำให้การหมุนเวียนผลิตภัณฑ์มาก ระยะเวลาในการหมักมักอยู่ระหว่าง 3-4 เดือน จึงทำให้ไม่สามารถตรวจพบการปนเปื้อนในพื้นที่ตามขอบเขตที่ศึกษา ทั้งนี้การตรวจวัดสารไนโตรซามีนที่เป็นสารมาตรฐานในวิธีขั้นตอนการศึกษา สามารถตรวจพบได้ด้วยเทคนิคและวิธีการตามระเบียบวิธีวิจัย



รูปที่ 1 ปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดในสมุนไพร 5 ชนิด

การหาปริมาณสารประกอบฟีโนลิกทั้งหมด

การตรวจปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดในสมุนไพร 5 ชนิด โดยใช้วิตามินซี เป็นสารละลายมาตรฐาน พบว่าในใบย่านางและสะเดาเป็นสมุนไพรที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไม่พบระดับที่แตกต่างกันระหว่างสมุนไพรทั้งสองชนิดนี้ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งมีปริมาณสารฟีโนลิกมากกว่า 1,900 mgGAE/100 กรัม ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับรายงานการวิจัยของ Makinde et al. (2019) ซึ่งสกัดด้วยแอลกอฮอล์

และเฮกเซน ในขณะที่ติ้วและกระโดนมีปริมาณน้อยที่สุด 1,264 และ 1,410 mgGAE/100 กรัม ตามลำดับ

การทดสอบสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างสมุนไพร

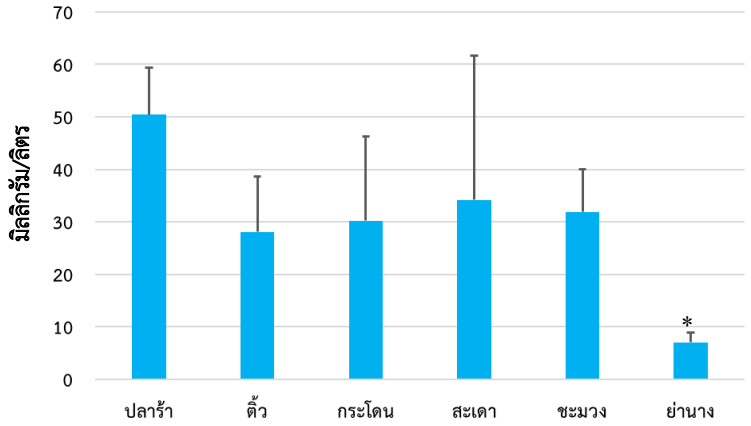
จากการตรวจระดับการต้านอนุมูลอิสระในสมุนไพร 5 ชนิด ด้วยวิธี DPPH assay และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร พบร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในใบย่านาง ที่ร้อยละ 72.28 รองลงมาคือกระโดนที่มีค่าการยับยั้งที่ร้อยละ 62.73 ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลสัมพันธ์กับประมาณสารฟิโนลิกทั้งหมด (รูปที่ 1) ในขณะที่ใบติ้วมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดการต้านอนุมูลอิสระในสมุนไพร 5 ชนิด

สมุนไพร	ค่าดูดกลืนแสง		%Inhibition	%Remaining
	$A_{control}$	A_{sample}		
ติ้ว	0.178	0.088	50.56	46.67
กระโดน		0.066	62.73	36.11
สะเดา	0.178	0.076	56.93	40.56
ชะมวง		0.072	59.18	43.89
ย่านาง		0.049	72.28	25.56

ฤทธิ์ยับยั้งสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้าจากสารต้านอนุมูลอิสระในพืชสมุนไพร

การตรวจระดับสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้าจำนวน 3 ตัวอย่าง ที่มีอายุการหมักมากกว่า 6 เดือน ที่เก็บจากตลาดในเขตเทศบาลนครอุดรธานี พบว่ามีสารไนเตรท/ไนไตรท์เฉลี่ย 50.38±9.06 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งระดับการปนเปื้อนในปลาร้าจากตลาดอยู่ในระดับที่ไม่เกินกว่ากฎหมายกำหนด หรือไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553) การทดสอบฤทธิ์ยับยั้ง การปนเปื้อนสารไนเตรท/ไนไตรท์ในปลาร้าของพืชสมุนไพร 5 ชนิด พบว่าย่านางมีระดับการยับยั้งการปนเปื้อนได้ดีกว่าสมุนไพรชนิดอื่นๆ และสามารถยับยั้งได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การศึกษาฤทธิ์ยังยั้งการสะสมไนเตรท/ไนไตรท์ในปลาร้า ด้วยพืชสมุนไพร 5 ชนิด

สรุปผลการวิจัย

สารไนโตรซามีนเป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดจากกระบวนการทางเคมีในสิ่งมีชีวิต การปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารเป็นความเสี่ยงของผู้บริโภค การตรวจปริมาณสารไนโตรซามีนในปลาร้าที่วางจำหน่ายในเขตเทศบาลนครและเขตรอบเมืองจังหวัดอุดรธานี จำนวน 30 ตัวอย่าง ไม่พบการปนเปื้อนในตัวอย่างปลาร้าหมักและน้ำปลาร้า ทั้งนี้อาจเกิดจากระยะเวลาการหมักที่ยังไม่นานเพียงพอ การสะสมปริมาณสารอยู่ในระดับที่ตรวจไม่พบด้วยวิธีการที่ศึกษา (Pereira et al., 2012)

ปริมาณสารฟีโนลิกทั้งหมดในสมุนไพร 5 ชนิด โดยใช้วิตามินซี เป็นสารละลายมาตรฐาน พบว่าในใบย่านางและสะเดาเป็นสมุนไพรที่มีสารต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด ซึ่งพบร้อยละของการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในใบย่านาง (ร้อยละ 72.28) การตรวจระดับสารไนเตรท/ไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์ปลาร้า พบว่ามีสารไนเตรท/ไนไตรท์เฉลี่ย 50.38±9.06 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งอยู่ในระดับที่กฎหมายกำหนดการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการปนเปื้อนสารไนเตรท/ไนไตรท์ในปลาร้าของพืชสมุนไพร 5 ชนิด พบว่าย่านางมีระดับการยับยั้งการปนเปื้อนได้ดีกว่าสมุนไพรชนิดอื่น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ภายใต้งบประมาณสนับสนุนกลุ่มวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ เชิงหอม. (2560). *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสมุนไพรในการลดปริมาณไนเตรต/ไนไตรต์ในปลาส้ม*. (โครงงานวิจัยปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา), มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี).

กัลยา วัฒนธีรางกูร. (2551). *ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากกากเมล็ดสบู่ดำ* (*Jatropha curcas* Linn.). (การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *อันตรายจากสารไนโตรซามีน*. (โครงการประมวลสารสนเทศพร้อมใช้ สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี).

ชัยณรงค์ คันธพนิต. (2529). *วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์*. กรุงเทพฯ: กรุงเทพวัฒนาพานิช. 276น.

ชลธิดา ภูบาลี, พรพิมล ประสานวงษ์ และ เสาวลักษณ์ โผดนอก. (2557). *การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ในแฮมและเบคอน โดยใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี*. (โครงงานวิจัยปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา).

ดวงตะวัน ธนะเวช และ หนึ่งฤทัย เฮ้าบุญ. (2561). *การวิเคราะห์ปริมาณไนไตรทและไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์แหนมหมู โดยเทคนิคยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตเมทรี*. (โครงงานวิจัยปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์), มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี).

นันทวัน เอื้อวงศ์กูล, ชนาพร รัตนมาลี และ ศักดา ดาดวง. (2560). การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซีในผักและผลไม้พื้นบ้าน จังหวัดนครพนม. *วารสารมหาวิทยาลัยสวนดุสิต*, *10*(1), 153-169.

วัชราภรณ์ ประภาสะโนบล. (2553). วิตามินต้านอนุมูลอิสระ. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, *7*(1), 56-63.

ศิริพร ตันจอ. (2560). ไนโตรซามีน สารก่อมะเร็งในอาหาร. *อาหาร*, *47*(1), 20-28.

Makinde, E. A., Radenahmad, N., Adekoya, A. E., & Olatunji, O. J. (2020). *Tiliacora triandra* extract possesses antidiabetic effects in high fat diet/ streptozotocin-induced diabetes in rats. *Journal of Food Biochemistry*, e13239.

Pereira, E. A, Petruci, J. F. S. & Cardoso, A. A. (2012). Determination of nitrite and nitrate in brazilian meats using high shear homogenization. *Food Anal Methods,* 5, 637 - 642.

Pinlaor, S., Hiraku, Y., Ma, N., Yongvanit, P., Semba, R., Oikawa, S., Murata, M., Sripa, B., Sithithaworn, P. & Kawanishi, S. (2004). Mechanism of NO-mediated oxidative and nitrative DNA damage in hamsters infected with *Opisthorchis viverrini:* a model of inflammation-mediated carcinogenesis. *Nitric Oxide, 11*(2), 175-183.

Sripa, B., & Pairojkul, C. (2008). Cholangiocarcinoma: lessons from Thailand. *Current Opinion in Gastroenterology, 24*(3), 349-356.

Thamavit, W., Bhamarapravati, N., Sahaphong, S., Vajrasthira, S., & Angsubhakorn, S. (1978). Effects of dimethylnitrosamine on induction of cholangiocarcinoma in *Opisthorchis viverrini*-infected Syrian golden hamsters. *Cancer Research, 38*(12), 4634-4639.