

การลดสีและกลิ่นของน้ำมันปลาที่ได้จากกระบวนการผลิตปลาป่น Color and Odor Reduction of Fish Oil Obtained from Fish Meal Production

ชวันนท์ กวีวุฒ¹ วันชัย วรวัฒน์เมธีกุล¹ มารุจ ลิ้มปะวัฒนะ² และ วรณวิมล คล้ายประดิษฐ์^{1*}
Chavanan Kaveewut¹, Wanchai Worawattanamatekul¹, Maruj Limpawattana² and Wanwimol Klaypradit^{1*}

Received: June 27, 2020

Revised: November 9, 2020

Accepted: December 12, 2020

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตปลาป่นจะมีส่วนเหลือที่สำคัญคือน้ำมันปลาดิบซึ่งมีปริมาณมาก อย่างไรก็ตามพบว่าปัญหาสำคัญในการนำน้ำมันปลาดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตปลาป่นไปใช้ประโยชน์คือน้ำมันปลาดิบมีสีคล้ำและมีกลิ่นคาวปลาที่รุนแรง ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการลดสีและกลิ่นของน้ำมันปลาดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตปลาป่นให้เป็นน้ำมันปลาบริสุทธิ์ โดยนำน้ำมันปลาดิบมาผ่านขั้นตอนการกำจัดยางตะกอน การกำจัดกรดไขมันอิสระ ทำการฟอกสีโดยใช้ activated carbon เปรียบเทียบกับ activated bleaching earth ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 4, 5 และ 6 (w/v ของน้ำมัน) จากนั้นนำน้ำมันปลาที่ผ่านการฟอกสีไปวิเคราะห์ค่าสี ค่าความเป็นกรด ค่าเพอร์ออกไซด์ และชนิดและปริมาณกรดไขมัน ผลการทดลองพบว่าน้ำมันปลาที่ได้จากสภาวะการกำจัดสีที่เหมาะสม (activated bleaching earth 5% w/v) มีค่า L* สูง และค่า Gardner scale ต่ำ หรือน้ำมันปลาที่มีความสว่างและสีเหลืองใสเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้ activated carbon รวมทั้งสามารถลดค่าความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ลงมากกว่า และยังคงปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วนที่สูง เมื่อนำน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดสีจากสภาวะที่เหมาะสมไปทำการกำจัดกลิ่นโดยใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 170 องศาเซลเซียสเป็นระดับที่เพียงพอในการช่วยกำจัดกลิ่นของน้ำมันปลา เนื่องจากการใช้อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในปริมาณของกรดไขมัน รวมทั้งกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สำคัญในองค์ประกอบของน้ำมันปลา และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นพบว่ามีความใกล้เคียงของความเข้มของกลิ่นน้ำมันปลาใกล้เคียงกับน้ำมันปลาทางการค้า

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือ น้ำมันปลา ปลาป่น กรดไขมัน

ABSTRACT

In the process of fish meal production, a large amount of crude fish oil as waste is obtained. However, utilization of crude fish oil is limited due to its dark color and intense fishy odor. This study was aimed to determine the optimum purification condition for bleaching and deodorization of crude fish oil obtained from fish meal production. The crude fish oil was purified by degumming, neutralization and bleaching with activated carbon compared with activated bleaching earth at 4, 5 and 6% (w/v of the oil). The purified oils were subject to color, acid value, peroxide value and fatty acid profile evaluation. It was found that bleached fish oils obtained from the optimum condition (activated bleaching earth at 5% (w/v)) showed a higher L* value and a lower Gardner scale than that did with activated carbon. In addition, redness (a*) and yellowness (b*) was decreased and the content of polyunsaturated fatty acid was highly maintained. The bleached fish oil selected was further deodorized at 170, 180 and 190 °C and subject to fatty acid profile analysis and sensory evaluation. Results revealed that major fatty acid composition including palmitic acid, linoleic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid was not affected by deodorization process. Deodorization process at 170 °C was sufficient to decrease fishy odor of crude fish oil. Sensory evaluation revealed that purified fish oil showed the mean intensity of fishy odor close to that of commercial fish oil.

Keywords: waste utilization, fish oil, fish meal, fatty acid

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

²ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

บทนำ

ปลาแป้นเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและปศุสัตว์ เนื่องจากอุดมไปด้วย สารอาหารในกลุ่มโปรตีนที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ของสัตว์ทุกประเภท เช่น ไลซีน (lysine) เมไทโอนีน (methionine) และทริปโตเฟน (tryptophan) นอกจากนี้ ยังประกอบไปด้วยแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส รวมทั้งวิตามิน เช่นวิตามิน บี [1] กำลังการผลิตปลาแป้นของประเทศไทยในปี 2561 และ 2562 มี รายงานอยู่ที่ 50,111.23 และ 46,651.67 ตัน ตามลำดับ [2] โดยปกติปลาแป้นจะผลิตจากปลาขนาดเล็กที่ไม่นิยม นำมาบริโภคหรือส่วนเหลือจากกระบวนการผลิตของ โรงงานอุตสาหกรรมอาหาร โดยในกระบวนการผลิต ปลาแป้นจะมีส่วนเหลือจากการผลิต ได้แก่ น้ำมันปลาดิบ (crude fish oil) ที่ได้จากขั้นตอนการบีบวัตถุดิบปลาซึ่ง มีสัดส่วนสูงมากถึงปริมาณร้อยละ 12 [1] ซึ่งส่วนเหลือ ดังกล่าวยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ มากขึ้น โดยปกติน้ำมันปลาดิบจะจำหน่ายในราคาต่ำ เพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับนำไปใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร สัตว์ ดังนั้นหากสามารถนำน้ำมันปลาดิบซึ่งเป็นส่วน เหลือจากกระบวนการผลิตปลาแป้นมาผลิตเป็นน้ำมัน ปลาบริสุทธิ์สำหรับบริโภค จะสามารถช่วยเพิ่มมูลค่า ให้กับน้ำมันปลาดิบได้ ทั้งนี้ขั้นตอนการทำบริสุทธิ์น้ำมัน ปลาที่สำคัญ ได้แก่ ขั้นตอนการกำจัดยางตะกอน (degumming) การกำจัดกรดไขมันอิสระ (neutralization) การฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (deodorization) ซึ่งขั้นตอนการกำจัดยางตะกอนเป็นขั้นตอนหลักในการ กำจัดสารกลุ่มฟอสฟาไทด์ในน้ำมันปลา ขั้นตอนการกำจัด กรดไขมันอิสระเป็นการเติมด่างเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยา สaponification ระหว่างด่างกับกรดไขมันอิสระในน้ำมัน ส่วนการฟอกสีมีจุดประสงค์หลักเพื่อการปรับปรุง คุณภาพด้านสีของน้ำมัน โดยการจัดตรงครัตูต่างๆ ที่มีในวัตถุดิบเริ่มต้น และกำจัดเศษเหลือของสบู่ และฟอส ฟาไทด์ที่อาจหลงเหลืออยู่จากขั้นตอนการกำจัดยาง ตะกอนและการกำจัดกรดไขมันอิสระ การฟอกสีมีหลาย วิธีเช่น การให้ความร้อน การใช้สารดูดซับ หรือการใช้ตัว ทำละลาย เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนการฟอกสีในงานวิจัยนี้ได้

ใช้สารดูดซับ 2 ชนิด ได้แก่ activated carbon และ activated bleaching earth โดยสารทั้ง 2 ชนิดมีรูพรุน สูง พื้นที่ผิวมาก จึงมีส่วนช่วยในการดูดซับสาร ประกอบ อินทรีย์ต่างๆ สำหรับขั้นตอนการกำจัดกลิ่นเป็นขั้นตอน การกำจัดสารที่ระเหยได้ เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน ไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น ได้มีการศึกษาสภาวะที่ เหมาะสมในการฟอกสีน้ำมันปลาแป้นโดยใช้ activated clay พบว่าการใช้ activated clay ที่ความ เข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ส่งผลให้ค่าสีมีคุณภาพดีขึ้น [3] นอกจากนี้มี การศึกษาผลของการทำบริสุทธิ์ และการกำจัดกลิ่นโดย ใช้เครื่องระเหยสุญญากาศและไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ต้ององค์ประกอบของกรด ไขมันของน้ำมันจากเศษเหลือปลาแป้น พบว่าน้ำมันปลา หลังผ่านการทำบริสุทธิ์ยังคงมีองค์ประกอบของกรด ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในสัดส่วนที่สูง [4]

ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาส่วนใหญ่ ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่สำคัญ ได้แก่ กรดไขมันโอโคซาเพนตาอีโนอิก (eicosapentaenoic acid, EPA) และกรดไขมันโดโคซาเฮกซาอีโนอิก (docosa hexaenoic acid, DHA) ซึ่งกรดไขมัน EPA มีส่วนสำคัญ ในการช่วยลดไตรกลีเซอไรด์ และ คอเลสเตอรอลชนิด ความหนาแน่นต่ำ (low-density lipoprotein cholesterol) จึงมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและ หลอดเลือด สำหรับ DHA เป็นส่วนประกอบในเซลล์ สมองและเซลล์ประสาทจึงมีส่วนช่วยในการพัฒนาการ เรียนรู้และการเจริญเติบโตของสมองในเด็ก [5]

อย่างไรก็ตามปัญหาสำคัญของน้ำมันปลาดิบที่ ได้จากกระบวนการผลิตปลาแป้นคือ มีสีที่คล้ำมากและมี กลิ่นคาวปลาที่รุนแรง เนื่องจากในน้ำมันปลาดิบยังคงมี สารอินทรีย์ต่างๆ ปนอยู่ในปริมาณมาก อาทิ รงควัตถุ ต่างๆ กรดไขมันอิสระ กลุ่มฟอสโฟลิพิด รวมถึงสารประกอบ ที่ระเหยได้ [6] จึงมีผลทำให้การนำไปใช้ประโยชน์ สำหรับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทำได้ยาก จากปัญหาดังที่กล่าว ข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มมูลค่าการใช้ ประโยชน์น้ำมันปลาดิบจากกระบวนการผลิตปลาแป้น โดยการลดสีด้วยการใช้สารดูดซับ activated carbon

*Corresponding author: ffwiswak@ku.ac.th

¹ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

²ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

เปรียบเทียบกับ activate bleaching earth และลดกลิ่นโดยใช้อุณหภูมิสูง และทำให้น้ำมันปลาดิบที่ได้เป็นน้ำมันปลาบริสุทธิ์

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบน้ำมันปลาดิบได้รับจากบริษัท ปัตตานีปลาปน (1988) จำกัด โดยน้ำมันปลาดิบบรรจุในถังพลาสติกปิดผนึก ทำการขนส่งมายังห้องปฏิบัติการภาคการผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำการทดลองต่อไป

ตัวอย่างน้ำมันปลาทูน่าทางการค้าที่ผ่านขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ได้รับจากบริษัท ที.ซี.ยู.เนี่ยน โอโกรเทค จำกัด

2. สารเคมีสำหรับทำบริสุทธิ์น้ำมันปลา และวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันปลา

สารฟอกสี activated carbon ได้รับจากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด และ activated bleaching earth ได้รับจาก บริษัท ไจแอนท์ ลีโอ อินเตอร์เทรด จำกัด โดยสารทั้ง 2 ชนิดเป็น food grade

ไอโซออกเทน (Carlo Erba), โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Ajax), โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Ajax), เมทานอล (RCI Labscan) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Carlo Erba) โทลูอีน (Carlo Erba) ไอโซโพรพานอล (Carlo Erba) โบรอนไตรฟลูออไรด์ (Sigma Aldrich) และสารมาตรฐาน 37 component FAME Mix (Supelco) โดยสารเคมีทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองเป็น Analytical grade

3. วิธีการ

3.1 การทำบริสุทธิ์น้ำมันปลาดิบ

3.1.1 การกำจัดยางตะกอนและการกำจัดกรดไขมันอิสระ

น้ำมันปลาดิบได้นำไปผ่านกระบวนการกำจัดยางตะกอน ทำโดยนำน้ำมันปลาดิบปริมาณ 3,000 มิลลิลิตร บรรจุในภาชนะขวดรูปชมพู่ขนาด 4,000 มิลลิลิตร ไปให้

ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วเติมกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.3 (w/v) ลงในน้ำมันปลาดิบ โดยกำหนดส่วนกรดซิตริกต่อน้ำมันปลาดิบเท่ากับ 1:100 และกวนบน hot plate stirrer เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อน้ำมันที่ได้เย็นลงแล้วนำไปใส่ในขวดเซนทริฟิวจขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นจึงปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาผ่านขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส โดยรวบรวมปริมาณน้ำมันปลาจากการกำจัดยางตะกอนให้ได้ปริมาณ 3,000 มิลลิลิตร บรรจุในภาชนะขวดรูปชมพู่ขนาด 4,000 มิลลิลิตร และค่อยๆ เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 20 องศาโบเม ที่ excesses of 40% และคนด้วยแท่งแก้วเป็นเวลา 60-90 นาที ซึ่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผงเมื่อทำการเติมลงในน้ำมันปลาจะเกิดปฏิกิริยาเป็นสบู่ จากนั้นปล่อยให้สบู่รวมตัวตกตะกอนทำให้สิ่งปนเปื้อนในน้ำมันถูกดูดซับ และสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นกรดทำปฏิกิริยากับด่างทำให้เกิดเป็นสารที่ละลายน้ำ และถูกกำจัดออกจากระบบน้ำมันปลาโดยแยกออกจากน้ำมันโดยนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นจึงไปล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราส่วนน้ำต่อน้ำมันเท่ากับ 1:3 จำนวน 3 ครั้งหรือจนกว่าต่างในน้ำมันจะหมด

3.1.2 การฟอกสี

น้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ โดยน้ำมันปลาปริมาณ 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุในภาชนะขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปผ่านการฟอกสีโดยใช้ activated carbon ที่มีขนาดอนุภาค 0.045 มิลลิเมตร พื้นที่ผิว (surface area) 1000 m²/g และ activated bleaching earth ที่มีขนาดอนุภาค 0.074 มิลลิเมตร ที่ความเข้มข้น 3 ระดับได้แก่ ร้อยละ 4 5 และ 6 (w/v ของน้ำหนักน้ำมัน) ทำการผสมกันในขวดรูปชมพู่ และนำไปกวนบน hot plate stirrer ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

บนเครื่องกรองสุญญากาศ น้ำมันที่ผ่านการกรองแล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 g ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที

3.1.3 การกำจัดกลิ่น

น้ำมันปลาที่ผ่านการฟอกสีจากสถานะที่เหมาะสมนำไปทำการกำจัดกลิ่น โดยใช้เครื่องระเหยสารแบบสุญญากาศ ยี่ห้อ BUCHI รุ่น R-124 ที่มีอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบใช้น้ำมัน ซึ่งในการกำจัดกลิ่นได้ใช้อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันปลาปริมาณ 100 มิลลิลิตร บรรจุในขวดก้นกลมขนาด 300 มิลลิลิตร เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ที่ความดัน 75 มิลลิบาร์และน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกลิ่นทำการเก็บในขวดอะลูมิเนียมและพ่นก๊าซไนโตรเจน ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมัน และค่าสีต่อไป

3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมันปลา

3.2.1 ค่าสี

น้ำมันปลาดิบและน้ำมันปลาที่ผ่านการทำบริสุทธิ์นำไปวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี HunterLab รุ่น Ultrascan VIS (U.S.A.) รายงานผลค่าสีเป็นค่า L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาว แต่ถ้าค่า L^* เข้าใกล้ 0 แสดงถึงตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีดำ ส่วนค่า a^* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างไปทางสีแดงและถ้าค่า a^* ที่เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างไปทางสีเขียว และค่า b^* ที่เป็นบวกแสดงว่าตัวอย่างไปทางสีเหลือง แต่ถ้าค่า b^* เป็นลบแสดงว่าตัวอย่างไปทางสีน้ำเงิน นอกจากนี้ได้รายงานเป็นค่า Gardner Scale ซึ่งหมายถึงค่าที่ใช้วัดสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลในตัวอย่างที่มีคุณสมบัติโปร่งแสง โดยมีสเกล 1-18 ถ้าสเกลเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลืองอ่อน และถ้าสเกลเข้าใกล้ 18 แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำตาลเข้ม

3.2.2 ค่าความเป็นกรด (acid value: AV)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดดำเนินการตามวิธีของ American Oil Chemists' Society method Cd 3d-63 [7] โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันใส่ขวดรูปชมพู่ น้ำมันปลาดิบ น้ำหนัก 1 กรัม และน้ำมันปลาที่ผ่านการทำบริสุทธิ์ น้ำหนัก 20 กรัม จากนั้นเติม isopropanol : toluene ในอัตราส่วน (1:1) ปริมาตร 125 มิลลิลิตร จากนั้นเติมอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน 2 มิลลิลิตร และทำการไตเตรทด้วย KOH 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนจากใสไม่มีสีเป็นสีชมพู เพื่อใช้ในการคำนวณค่า AV ดังสมการที่ (1)

$$\text{Acid value (KOH/g of sample)} = \frac{(A - B) \times N \times 56.1}{W} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

A = ปริมาณ KOH ที่ใช้ในการไตเตรทของตัวอย่าง

B = ปริมาณ KOH ที่ใช้ในการไตเตรทของ Blank

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

N = ความเข้มข้น (นอร์มอล) ของ KOH

3.2.3 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide Value: PV)

การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ดำเนินการตามวิธีของ American Oil Chemists' Society method Cc 8b-53 [8] โดยชั่งตัวอย่างน้ำมันปลาปริมาณ 5.00 ± 0.05 กรัม ในขวดรูปชมพู่ และเติมสารละลายผสมระหว่างกรดอะซิติก และไฮโปคลอริก ในอัตราส่วน 3:2 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เข้มข้น 15% จำนวน 0.5 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 1 นาที และเติมน้ำกลั่นจำนวน 20 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นทำการไตเตรทกับโซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) เข้มข้น 0.1 N โดยใช้น้ำแบ่งเป็น indicator จนกระทั่งสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเข้ม-ม่วงเป็นไม่มีสี จดบันทึกปริมาณโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไป เพื่อใช้ในการคำนวณค่า PV ดังสมการที่ (2)

$$\text{PV (meq/kg)} = \frac{\text{ปริมาณ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ ที่ใช้ในการไตเตรท (mL)} \times \text{ความเข้มข้นของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (N)} \times 1,000}{\text{น้ำหนักตัวอย่างน้ำมันที่ใช้ (g)}} \quad (2)$$

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

3.2.4 ชนิดและปริมาณกรดไขมัน (Fatty Acid Profile)

การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมัน ได้นำตัวอย่างมาทำการเตรียมอนุพันธ์ fatty acid methyl ester (FAME) ตามวิธีของ American Oil Chemists' Society method Cd 1b-89 [9] เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย gas chromatography (GC) ใช้คอลัมน์ชนิด HP-88 capillary ทำการฉีดตัวอย่างปริมาณ 1.0 ไมโครลิตร ที่อัตราส่วน split 1:80 และควบคุมอุณหภูมิของ injection ที่ 250 องศาเซลเซียส และ flame ionization detector ที่ 260 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเป็นก๊าซพาที่ 1.0 มิลลิเมตร/นาที่ โดยเริ่มจากการตั้งอุณหภูมิของ oven ที่ 170 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 240 องศาเซลเซียส ที่อัตรา 5 องศาเซลเซียส/นาที่ จากนั้นคงอุณหภูมิไว้ที่ 240 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที เปรียบเทียบ retention time ของกรดไขมัน แต่ละชนิดที่เป็นตัวอย่างกับสารมาตรฐาน คำนวณพีค (peak) ที่ได้ตามสัดส่วนของกรดไขมันในรูปของ FAME แต่ละชนิดในเชิงร้อยละ

3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นด้วยอุณหภูมิสูง 3 ระดับ ได้แก่ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส นำไปทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างกับตัวอย่างน้ำมันปลาทูน่าทางการค้าที่ผ่านการกำจัดกลิ่นซึ่งใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ด้วยวิธี Difference-from-Control Test [10] โดยใช้ผู้ทดสอบจากคณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 23 คน ที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน โดยคัดเลือกจากผู้บริโภคน้ำมันปลาเป็นประจำ และมีสุขภาพดี ในจำนวนนี้เป็นผู้ชายจำนวน 12 คน และผู้หญิงจำนวน 11 คน ผู้ทดสอบมีอายุอยู่ระหว่าง 21-49 ปี ตัวอย่างน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นในแต่ละอุณหภูมิจำนวน 1 กรัม บรรจุในถ้วยพลาสติกขนาด 4 ออนซ์ที่มีฝาปิด ถูกนำเสนอพร้อมกับตัวอย่างควบคุมในลักษณะเดียวกัน เพื่อให้ผู้ทดสอบดมกลิ่นน้ำมันปลาและให้คะแนนความเข้มของกลิ่นว่าแตกต่างไปจากตัวอย่างควบคุมมากน้อยเพียงใด โดย

กำหนดให้กลิ่นน้ำมันปลาที่อ่อนที่สุดมีค่าเท่ากับ -5 และกลิ่นน้ำมันปลาที่เข้มที่สุดมีค่าเท่ากับ 5 และถ้ากลิ่นน้ำมันปลาจากตัวอย่างที่ทดสอบไม่แตกต่างกับกลิ่นน้ำมันปลาจากตัวอย่างควบคุมมีค่าคะแนนเท่ากับ 0 ตามวิธีการดำเนินงานของ Ratanasiriwat et al. [11]

3.4 การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษานี้ได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) โดยใช้การวิเคราะห์ ANOVA และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Dunnett's ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คำสี

คำสีของน้ำมันปลาสามารถใช้เป็นดัชนีหนึ่งที่ยบอกลถึงความบริสุทธิ์ของน้ำมันปลาได้ โดยทั่วไปน้ำมันปลาควรมีสีเหลืองใส จากผลการทดลองคำสีที่วิเคราะห์ได้ในน้ำมันปลาดิบและน้ำมันปลาที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (Table 1) พบว่าน้ำมันปลาดิบมีสีที่ค่อนข้างดำคล้ำ (Figure 1 (a)) แสดงถึงน้ำมันปลาเริ่มต้นมีสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ในปริมาณสูง โดยเฉพาะกลุ่มสารอินทรีย์และสารสีต่างๆ ซึ่งลักษณะปรากฏที่ได้สอดคล้องกับค่า L^* (ความสว่าง) ของน้ำมันปลาดิบที่มีค่าค่อนข้างต่ำเท่ากับ 8.02 และเป็นค่าที่ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันปลาที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ในทุกขั้นตอน นอกจากนี้ น้ำมันปลาดิบ รวมทั้งน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดยางตะกอน (degummed oil) และน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ (neutralized oil) ให้ค่า a^* ที่เป็นบวกมากกว่าน้ำมันที่ผ่านการฟอกสีและกำจัดกลิ่น น้ำมันปลาก่อนการฟอกสียังคงมีสีแดงค่อนข้างเข้ม (Figure 1 (a-c)) อย่างไรก็ตาม น้ำมันปลาดิบมีค่า b^* เท่ากับ 13.74 ซึ่งต่ำที่สุดและมีความเป็นสีเหลืองน้อยกว่า เมื่อเทียบกับ

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

²ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

น้ำมันที่ผ่านการทำบริสุทธิ์ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าในขั้นตอนการกำจัดยางตะกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปลาไม่มากนัก เมื่อนำน้ำมันปลาไปทำการกำจัดกรดไขมันอิสระพบว่าน้ำมันปลามีความสว่างเพิ่มขึ้นโดยมีค่า L^* เป็น 69.91 เนื่องจากขั้นตอนนี้ นอกจากสามารถกำจัดกรดไขมันอิสระแล้วยังสามารถกำจัดเม็ดสี หรือรงควัตถุต่างๆ ออกมาบางส่วนด้วย [3] จาก Figure 1(c) จะเห็นว่าตัวอย่างมีความสว่างมากขึ้น แต่ยังคงมีความเป็นสีน้ำตาลแดงค่อนข้างมาก เมื่อนำน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระไปทำการฟอกสีด้วย activated carbon และ activated bleaching earth ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าค่า L^* มีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 79.66-84.94 และ 90.26-92.82 แสดงดัง Figure 1 (d-f) และ Figure 1 (g-i) ตามลำดับ ซึ่งน้ำมันมีความสว่างเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับน้ำมันปลาดิบ เริ่มต้นและที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ โดยที่การใช้ activated bleaching earth ให้ค่า L^* สูงมากกว่า 90 และน้ำมันมีความสว่างมากกว่าการใช้ activated carbon นอกจากนี้พบว่าน้ำมันปลาที่ผ่านการฟอกสีมีค่า a^* หรือความเป็นสีแดงในน้ำมันลดลง โดยการใช้ activated bleaching earth ค่า a^* มีค่าติดลบและให้ค่าน้อยกว่าการใช้ activated carbon การใช้ activated bleaching earth ช่วยลดความเป็นสีแดงในน้ำมันปลาได้มากกว่า นอกจากนี้พบว่าค่า b^* ของน้ำมันปลาที่ผ่านการฟอกสีด้วย activated bleaching earth มีผลทำให้ค่า b^* ลดลงมากกว่าการใช้ activated carbon เห็นได้จากความเป็นสีเขียวลดลงมากกว่า

เมื่อทำการเทียบค่าสีน้ำมันปลาที่ได้ในแต่ละขั้นตอนการทำบริสุทธิ์กับมาตรฐาน Gardner Scale ซึ่งใช้วัดค่าความเป็นสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลสำหรับตัวอย่างน้ำมันที่มีสมบัติโปร่งแสง โดยมีสเกล 1-18 ถ้าสเกลเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีเหลืองอ่อน และถ้าสเกลเข้าใกล้ 18 แสดงว่าตัวอย่างเป็นสีน้ำตาลเข้ม ผลการ

วิเคราะห์แสดงดัง Table 1 ซึ่งพบว่าค่าที่ได้มีผลไปในการทำงานเดียวกับผลของค่าสีที่รายงานเป็นค่า L^* a^* และ b^* ดังที่กล่าวข้างต้น น้ำมันปลาดิบและน้ำมันที่ผ่านการกำจัดยางตะกอนให้ค่า Gardner scale สูงที่สุดเท่ากับ 18 โดยที่น้ำมันมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำคล้ำ ซึ่งตรงกับลักษณะปรากฏของน้ำมันปลาแสดงดัง Figure 1(a-b) เมื่อนำน้ำมันไปผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ Gardner scale มีค่าลดลง และเมื่อผ่านการฟอกสีให้ค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อใช้ activated bleaching earth ที่ระดับร้อยละ 5 และ 6 ให้ค่าน้อยที่สุด น้ำมันปลามีลักษณะเหลืองใสมากที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ (Figure 1(a-i)) ทั้งนี้ activated carbon และ activated bleaching earth มีสมบัติเป็นวัสดุที่สามารถดักจับสารระเหยต่างๆ ได้ดี ทั้งยังสามารถดูดซับรงควัตถุ น้ำ สบู่ที่หลุดตกค้างจากขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระและสารที่ไม่บริสุทธิ์อื่นๆ ได้ โดย activated bleaching earth จะมีความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ที่อุณหภูมิในช่วง 90-125 องศาเซลเซียส เนื่องจากความหนืดของน้ำมันปลาจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ [12]

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าในขั้นตอนการกำจัดยางตะกอนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมันปลาไม่มากนัก เมื่อเทียบกับน้ำมันปลาภายหลังจากขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระ และการฟอกสี โดยน้ำมันปลาที่ผ่านการฟอกสีโดยเฉพาะการใช้ activated bleaching earth มีผลทำให้น้ำมันปลามีลักษณะใส โปร่งแสงมากขึ้น ลดค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลง ซึ่งผลการทดลองมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ [13] ที่พบว่าน้ำมันปลาซาร์ดินที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์จะมีสีเหลืองใสและโปร่งแสงหลังจากการฟอกสี น้ำมันสุดท้ายที่ได้จะมีค่าความสว่างสูงสุดและมีค่าสีแดงและสีเหลืองต่ำที่สุด โดยมีสีเหลืองใสจนถึงสีใส

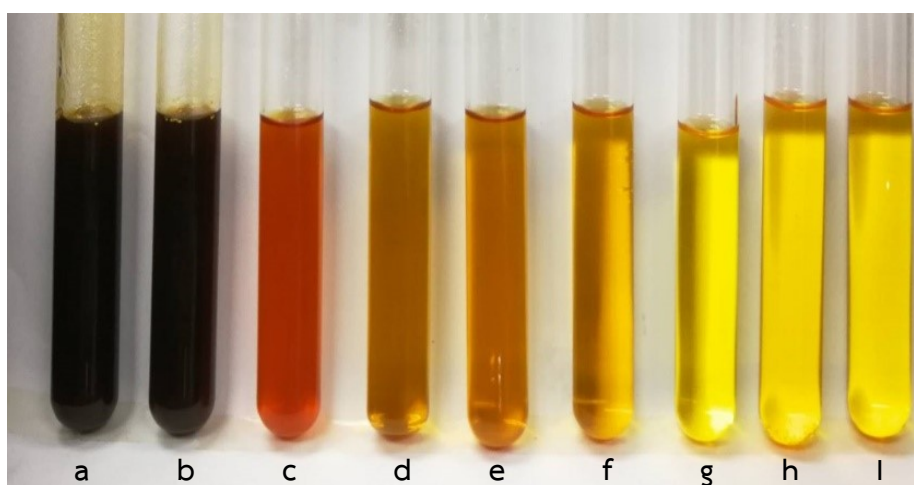
*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

Table 1 Color value of crude fish oil and purified fish oil in each step of purification

Sample	Color			Gardner scale
	L*	a*	b*	
Crude fish oil	8.02±0.20 ^f	27.72±0.17 ^b	13.74±0.24 ⁱ	18.0±0.0 ^a
Degummed fish oil	10.71±0.07 ^f	30.12±0.04 ^b	18.09±0.14 ^h	18.0±0.0 ^a
Neutralized fish oil	69.91±0.21 ^e	41.29±0.33 ^a	118.15±0.20 ^a	12.5±0.0 ^b
Bleached fish oil				
Activated carbon 4%	79.66±0.07 ^d	18.11±0.20 ^c	119.14±0.27 ^a	11.4±0.0 ^{bc}
Activated carbon 5%	81.67±0.19 ^d	10.70±0.22 ^d	111.53±0.22 ^b	11.0±0.0 ^c
Activated carbon 6%	84.94±0.02 ^c	6.97±0.18 ^e	108.06±0.03 ^c	10.7±0.0 ^c
Activated bleaching earth 4%	90.26±0.03 ^b	-1.49±0.05 ^f	77.78±0.37 ^d	9.5±0.0 ^d
Activated bleaching earth 5%	90.74±0.28 ^b	-2.59±0.03 ^g	89.44±0.30 ^e	8.5±0.0 ^e
Activated bleaching earth 6%	92.82±0.07 ^a	-6.57±0.11 ^h	80.21±0.04 ^f	8.4±0.0 ^e

^{a-i} Different letters within the same column denote significant differences (p<0.05)

**Figure 1** Appearance of crude fish oil and purified fish oil

(a) Crude oil; (b) Degummed oil; (c) Neutralized oil; (d) bleached oil using activated carbon 4%; (e) bleached oil using activated carbon 5%; (F) bleached oil using activated carbon 6%; (g) bleached oil using activated bleaching earth 4%; (h) bleached oil using activated bleaching earth 5%; (i) bleached oil using activated bleaching earth 6%

2. ค่าความเป็นกรด (acid value)

ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันเป็นดัชนีหนึ่งที่ใช้บ่งชี้คุณภาพของน้ำมันและไขมัน โดยไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักในไขมันและน้ำมัน จะถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยเอนไซม์ไลเปส กรด และน้ำ โดยมีความร้อนเป็น

ตัวช่วยในการเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะได้ผลผลิต คือ กลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ส่งผลให้น้ำมันมีความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งตามมาตรฐานน้ำมันปลาของ Codex Alimentarius [14] ได้กำหนดให้น้ำมันปลาควรมีค่า Acid value ไม่เกิน 3 mg KOH/g น้ำมันที่มีคุณภาพสูงจึงควรมีปริมาณ

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

กรดไขมันอิสระต่ำ จากผลการทดลองใน Table 2 พบว่า ตัวอย่างน้ำมันปลาดิบมีปริมาณกรดไขมันอิสระสูง (29.49 ± 0.20) และค่าที่ได้ของน้ำมันปลาดิบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านการกำจัดยางตะกอน (29.27 ± 0.28) ทำให้น้ำมันดิบมีโอกาสที่จะเกิดออกซิเดชันได้ง่าย อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดไขมันอิสระในตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านการกำจัดกรดไขมันอิสระ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้น ขั้นตอนนี้มีประสิทธิภาพสามารถกำจัดกรดไขมันที่ระเหยได้ออกไปด้วยการใช้ต่าง ซึ่งจะทำให้เกิดสบู่จากปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน และทำการล้างสบู่ออกด้วยน้ำร้อนสำหรับตัวอย่างน้ำมันที่ได้ภายหลังขั้นตอนการฟอกสีมีค่าความเป็นกรดลดลง เห็นได้จากปริมาณกรดไขมันอิสระมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดตามมาตรฐานน้ำมันปลา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mata et al. [15] ที่ได้วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันปลาชาร์ดินหลังทำบริสุทธิ์แล้วพบว่ามีค่า 0.56 mg KOH/g

3. ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value)

การวิเคราะห์ปริมาณไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) หรือค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) เป็นการ

ตรวจสอบในขั้นแรกของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมัน [16] สารประกอบเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นเป็นสารที่ไม่ให้กลิ่น จากผลการทดลองแสดงใน Table 2 พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ในน้ำมันปลาดิบก่อนทำบริสุทธิ์ และน้ำมันปลาที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดยางตะกอน พบว่ามีค่าเปอร์ออกไซด์ใกล้เคียงกัน และลดลงเล็กน้อยเมื่อผ่านขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำจัดกรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันผ่านปฏิกิริยาการเกิดสบู่ [17] ภายหลังจากการฟอกสีพบว่า ค่าเปอร์ออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง $12\text{--}15 \text{ meq/kg}$ ซึ่งค่าที่ได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ตามรายงานของ Bimbo [18] ในตัวอย่างของน้ำมันควรมีค่าไม่เกิน 10 meq/kg แต่อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำมันปลาที่ผ่านการทำบริสุทธิ์ในขั้นตอนการฟอกสี จะมีค่าเปอร์ออกไซด์เกินค่ามาตรฐานเพียงเล็กน้อยเนื่องจากการทดลองได้ทำในสภาวะเปิด รวมถึงองค์ประกอบในน้ำมันปลาที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนในปริมาณสูงซึ่งมีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันและสามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ ซึ่งหากนำไปผลิตเพื่อจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรมต้องทำในระบบปิด จะสามารถช่วยควบคุมค่า PV ได้

Table 2 Acid value and Peroxide value of crude fish oil and purified fish oil in each step

Sample	Acid value (mg KOH/g)	Peroxide Value (meq/Kg)
Crude fish oil	29.49 ± 0.20^a	7.66 ± 0.35^f
Degummed fish oil	29.27 ± 0.28^a	8.12 ± 0.37^e
Neutralized fish oil	0 ± 0.02^d	6.77 ± 0.80^g
Bleached fish oil		
Activated carbon 4%	0 ± 0.01^d	13.61 ± 0.77^c
Activated carbon 5%	0 ± 0.08^d	14.46 ± 0.67^b
Activated carbon 6%	0.09 ± 0.16^d	12.00 ± 1.32^d
Activated bleaching earth 4%	0.19 ± 0.16^c	15.67 ± 0.31^a
Activated bleaching earth 5%	0.19 ± 0.16^c	13.61 ± 0.34^c
Activated bleaching earth 6%	0.28 ± 0.01^b	14.46 ± 1.52^b

^{a-g} Different letters within the same column denote significant differences ($p < 0.05$)

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

4. ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน

องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปลาดิบ และน้ำมันปลาที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ แสดงดัง Table 3 จากผลการทดลองพบว่าชนิดของกรดไขมันที่พบในสัดส่วนสูงทั้งในน้ำมันปลาดิบและน้ำมันปลาที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ในทุกชั้นตอนมี 4 ชนิด ได้แก่ กรดไขมันปาล์มมิติก (plamitic acid, C16:0) โอเลอิก (oleic acid; C18:1n-9 (c)) ไอโคซาเพนตาอีโนอิก (eicosapentaenoic acid; EPA, C20:5n-3) และโดโคซาเฮกซาอีโนอิก (docosahexaenoic acid; DHA, C22:6n-3) ซึ่งน้ำมันปลาดิบมีปริมาณกรดไขมันทั้ง 4 ชนิดรวมกันได้ปริมาณมากถึงประมาณร้อยละ 79.3 ของกรดไขมันทั้งหมดที่พบในน้ำมันปลา ภายหลังผ่านการฟอกสีโดยใช้ activated carbon (4, 5 และ 6% (w/v)) และ activated bleaching earth (4, 5 และ 6% (w/v)) พบว่ามีปริมาณกรดไขมันรวมกันทั้ง 4 ชนิดมีปริมาณร้อยละ 80.23, 79.38, 77.11, 78.79, 74.10 และ 76.27 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าชนิดของกรดไขมันหลักที่พบในปริมาณสูงเป็นไปในทิศทางเดียวกับน้ำมันทางการค้า เมื่อพิจารณาเฉพาะกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในน้ำมันปลาและมีผลสำคัญต่อสุขภาพคือ EPA และ DHA พบว่ากระบวนการทำให้บริสุทธิ์น้ำมันปลาตั้งแต่การ degumming neutralization และ bleaching ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของ EPA และ DHA โดยปริมาณของกรดไขมัน EPA และ DHA รวมกัน ภายหลังการฟอกสี พบว่ามีปริมาณในช่วงร้อยละ 42.07-46.31 หรือคิดเทียบในน้ำมันปลา 1 กรัมจะมี EPA และ DHA รวมกันประมาณ 420-463 มิลลิกรัม ทั้งนี้จากข้อเสนอแนะของ WHO/FAO 2010 [19] ระบุว่าในแต่ละช่วงวัยมีความต้องการปริมาณ DHA และ EPA ที่แตกต่างกัน สำหรับวัยเด็กในช่วง 2-4 ปี แนะนำให้รับประทาน EPA และ DHA รวมกันประมาณ 100-250 มิลลิกรัมต่อวัน สำหรับวัยทำงานแนะนำให้รับประทานประมาณ 200-250 มิลลิกรัมต่อวัน เนื่องจากร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ EPA และ DHA ได้โดยตรงจึงจำเป็นต้องได้จากการรับประทานอาหารหรือได้รับ

เพิ่มเติมในรูปผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร [20] ซึ่งผลของกรดไขมันที่พบในน้ำมันปลาที่ได้จากการศึกษาในทุกการทดลองมีปริมาณ EPA และ DHA รวมกันในช่วงดังกล่าว นับได้ว่าเป็นน้ำมันปลาอยู่ในระดับมาตรฐานที่มีคุณภาพดี ซึ่ง EPA มีประโยชน์ในการมีส่วนช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลชนิดร้าย (LDL cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดซึ่งเป็นสาเหตุของการอุดตันของหลอดเลือด ทั้งนี้ EPA เป็นสารตั้งต้นสำหรับสร้างสารกึ่งฮอโมน คือ พรอสตาไซคลิน-3 (prostacyclin-3) และ ทรอมบอกแซน-3 (thromboxan-3) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้หลอดเลือดขยายตัว ลดการเกาะตัวของเม็ดเลือดและเกล็ดเลือด สำหรับ DHA เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อการพัฒนาและการทำงานของสมองและระบบประสาทส่วนกลางและสายตา ช่วยเสริมสร้างพัฒนาการในการเรียนรู้ เสริมสร้างความจำ รวมถึงระบบสายตาให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับเด็กวัยเรียนและคนวัยทำงานและยังช่วยป้องกันความเสี่ยงของสมองในผู้สูงอายุ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบกลุ่มของกรดไขมันซึ่งประกอบด้วยกรดไขมัน 3 กลุ่ม ได้แก่ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Mono unsaturated fatty acid, MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) พบว่าน้ำมันปลาที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์มีสัดส่วนของ PUFA และ MUFA รวมกันต่อปริมาณ SFA ให้สัดส่วนประมาณร้อยละ 75 ต่อ 25 ทั้งนี้ PUFA และ MUFA เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งให้ประโยชน์ต่อร่างกาย โดย EPA และ DHA จัดอยู่ในกลุ่ม PUFA และให้ประโยชน์ต่อสุขภาพดังที่กล่าวข้างต้น มีรายงานการศึกษาที่ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันปลาที่สกัดได้จากส่วนเหลือปลาแชลมอนพบว่าน้ำมันปลาแชลมอนมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 75.4 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัวซึ่งมีปริมาณร้อยละ 24.6 เมื่อพิจารณาปริมาณ EPA และ DHA พบว่ามีปริมาณร้อยละ 8.4 และ 12.1 ตามลำดับ [21] และน้ำมันปลาแชลมอนที่สกัดได้จากเศษเหลือปลาแชลมอนมีปริมาณ EPA และ DHA ร้อยละ 9.3 และ 12.3 ตามลำดับ [22] จากข้อมูลผลการทดลอง

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

²ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร 10160

เกี่ยวกับค่าสีในการวิจัยนี้ที่พบว่าการใช้ activated bleaching earth มีผลทำให้น้ำมันปลาที่มีลักษณะสีโปรงแสงมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้ activated bleaching earth ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 (w/v) สามารถลดค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ activated carbon รวมทั้งให้ค่ากรดไขมันอิสระอยู่ภายใต้ค่ามาตรฐานของน้ำมันปลา และให้ปริมาณผลรวมของ PUFA มากที่สุด นอกจากนี้การใช้สารดูดซับทั้ง 2 ชนิดในทุกระดับความเข้มข้นให้ปริมาณการคงอยู่ของกรดไขมันสำคัญ EPA และ DHA ภายในมาตรฐานที่กำหนด จึงได้ทำการคัดเลือกน้ำมันปลาที่ผ่านการฟอกสีโดยใช้ activated bleaching earth ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 (w/v) เพื่อนำไปทำการกำจัดกลิ่นโดยใช้เครื่องระเหยสารแบบสุญญากาศที่มีอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบใช้น้ำมัน ซึ่งในการกำจัดกลิ่นได้ทดลองโดยกำหนดอุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน

2 ชั่วโมง และได้นำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของชนิดและปริมาณกรดไขมันดังแสดงใน Table 4 ผลการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการกำจัดกลิ่นไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณของกรดไขมันหลักทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ กรดไขมันปาล์มมิติก โอเลอิก ไอโคซาเพนตาอีโนอิก และโดโคซาเฮกซาอีโนอิก โดยยังคงพบในปริมาณรวมกันร้อยละ 76.91 77.61 และ 77.02 สำหรับการใช้อุณหภูมิ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณของกรดไขมัน EPA และ DHA รวมกันพบว่ามีความร้อยละ 44.53 44.50 และ 44.32% ตามลำดับ หรือคิดเทียบในน้ำมันปลา 1 กรัมจะมี EPA และ DHA รวมกันประมาณ 445 445 และ 443 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อปริมาณของกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สำคัญในองค์ประกอบของน้ำมันปลา ดังนั้นการใช้อุณหภูมิที่ระดับ 170 องศาเซลเซียส เป็นระดับที่เพียงพอในการกำจัดช่วยกลิ่นของน้ำมันปลาได้

*Corresponding author: ffiswak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

Table 3 Fatty acid profile of crude fish oil and purified fish oil obtained from different purification steps

Fatty acid	Commercial oil	Crude Oil	Degummed oil	Neutralized oil	Fatty acid content (%)					
					Bleached oil using activated carbon		Bleached oil using activated earth		Bleached oil using activated carbon	
					4%	5%	4%	5%	4%	5%
C14:0	3.23±0.01 ^a	0.15±0.02 ^c	0.15±0.01 ^c	0.15±0.01 ^c	0.13±0.26 ^d	0.15±0.01 ^c	0.18±0.05 ^b	0.14±0.01 ^{cd}	0.14±0.01 ^{cd}	0.14±0.01 ^{cd}
C16:0	22.07±0.01 ^a	18.28±1.6 ^h	18.61±0.54 ^g	19.42±0.33 ^c	19.26±2.40 ^d	19.62±0.47 ^b	18.95±1.49 ^g	18.57±0.18 ^g	18.72±0.54 ^f	18.72±0.54 ^f
C16:1	5.91±0.25 ^a	2.18±0.15 ^b	2.17±0.07 ^c	2.19±0.06 ^b	1.98±0.27 ^a	2.05±0.03 ^c	2.09±0.13 ^d	1.95±0.01 ^h	1.95±0.04 ^h	1.95±0.04 ^h
C18:0	6.54±0.13 ^a	2.89±0.32 ^b	2.65±0.09 ^d	2.75±0.04 ^c	2.60±0.41 ^e	2.78±0.08 ^c	2.46±0.87 ^g	2.59±0.04 ^e	2.57±0.03 ^{ef}	2.57±0.03 ^{ef}
C18:1 n9 (c)	16.45±0.13 ^b	16.71±0.40 ^a	15.89±0.26 ^c	15.42±0.63 ^d	14.66±0.01 ^e	14.07±0.18 ^h	14.31±0.77 ^f	13.46±0.26 ^f	13.82±0.71 ^f	13.82±0.71 ^f
C18:2 n6 (c)	1.58±0.01 ^a	0.68±0.08 ^f	0.81±0.02 ^b	0.82±0.01 ^b	0.75±0.09 ^c	0.73±0.01 ^d	0.69±0.04 ^e	0.69±0.02 ^g	0.67±0.02 ^g	0.67±0.02 ^g
C20:0	ND	3.73±0.24 ^b	3.79±0.12 ^a	3.70±0.20 ^c	3.45±0.47 ^a	3.58±0.06 ^d	3.41±0.16 ^g	3.33±0.03 ^f	3.36±0.08 ^h	3.36±0.08 ^h
C18:3 n6	ND	1.39±0.09 ^a	1.27±0.01 ^b	1.23±0.03 ^c	1.18±0.05 ^d	ND	ND	ND	ND	ND
C18:3 n3	0.36±0.02 ^h	0.30±0.26 ⁱ	0.53±0.24 ^g	0.58±0.02 ^f	0.57±0.16 ^f	1.91±0.02 ^a	1.82±0.14 ^c	1.76±0.07 ^e	1.79±0.02 ^d	1.79±0.02 ^d
C20:1	1.24±0.01 ^f	2.08±0.19 ^e	2.08±0.06 ^c	2.16±0.03 ^d	2.08±0.30 ^e	2.25±0.06 ^a	2.19±0.15 ^c	2.17±0.02 ^d	2.21±0.04 ^b	2.21±0.04 ^b
c20:2	ND	0.31±0.02 ^b	0.28±0.01 ^d	0.29±0.01 ^c	0.28±0.02 ^d	0.24±0.01 ^f	0.26±0.02 ^e	0.28±0.02 ^d	0.19±0.16 ^g	0.19±0.16 ^g
C20:3 n6	ND	0.87±0.11 ^a	0.75±0.02 ^b	0.75±0.02 ^b	0.75±0.04 ^b	0.68±0.01 ^c	ND	ND	ND	ND
C20:3 n3	ND	0.49±0.01 ^e	0.48±0.01 ^f	0.49±0.01 ^e	0.49±0.06 ^{ef}	0.53±0.01 ^d	1.06±0.05 ^a	1.06±0.06 ^a	0.88±0.30 ^b	0.88±0.30 ^b
C20:4 n6	2.34±0.03 ^j	5.64±0.25 ^g	6.32±0.55 ^d	5.61±0.07 ^h	5.52±0.62 ^j	5.72±0.12 ^f	6.93±1.38 ^c	11.93±0.18 ^a	10.00±3.00 ^b	10.00±3.00 ^b
C20:5 n3	6.27±0.11 ⁱ	11.81±3.33 ^c	11.52±1.33 ^c	10.93±1.08 ⁱ	13.22±2.64 ^a	11.93±0.76 ^b	11.78±0.29 ^d	10.26±0.16 ^h	11.31±1.22 ^g	11.31±1.22 ^g
C22:6 n3	31.38±0.42 ^j	32.50±1.88 ^g	32.70±0.75 ^e	33.49±0.30 ^c	33.09±4.07 ^d	33.76±0.51 ^a	33.75±2.65 ^{ab}	31.81±0.19 ^f	32.42±1.12 ^h	32.42±1.12 ^h
ΣSFA	31.84±0.37 ^a	25.05±0.30 ^f	25.20±0.29 ^e	26.02±0.29 ^c	25.44±1.19 ^d	26.13±0.18 ^b	25.00±0.88 ^g	24.63±0.09 ^f	24.79±0.10 ^h	24.79±0.10 ^h
ΣMUFA	23.60±0.14 ^b	20.97±1.41 ^b	20.14±0.82 ^c	19.77±0.53 ^d	18.72±0.98 ^e	18.37±0.22 ^h	18.59±1.79 ^f	17.58±0.10 ⁱ	17.98±1.26 ^j	17.98±1.26 ^j
ΣPUFA	41.93±0.56 ^f	53.99±1.65 ⁱ	54.66±1.12 ^f	54.19±0.83 ^h	55.85±0.94 ^d	55.50±0.41 ^e	56.42±2.09 ^c	57.80±0.03 ^a	57.26±1.36 ^b	57.26±1.36 ^b

^{a,j} Different letters within the same row denote significant differences (p<0.05)

ND = not detected

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

Table 4 Fatty acid profile of fish oil obtained from deodorization step at different temperature

Fatty acid	Fatty acid content (%)			
	Bleached oil	Deodorized oil at 170°C	Deodorized oil at 180°C	Deodorized oil at 190°C
C14:0	0.14±0.01 ^b	0.16±0.01 ^a	0.13±0.01 ^b	0.14±0.01 ^b
C16:0	18.57±0.18 ^d	19.23±0.03 ^b	19.36±0.34 ^a	19.15±0.01 ^c
C16:1	1.95±0.01 ^d	2.26±0.17 ^a	1.93±0.48 ^c	1.97±0.92 ^b
C18:0	2.59±0.04 ^d	2.76±0.09 ^a	2.69±0.66 ^b	2.60±0.01 ^c
C18:1 n9 (c)	13.46±0.26 ^c	13.15±0.85 ^d	13.75±0.86 ^a	13.55±0.84 ^b
C18:2 n6 (c)	0.69±0.02 ^d	0.83±0.22 ^a	0.78±0.46 ^c	0.79±0.56 ^b
C20:0	3.33±0.03 ^c	3.93±0.02 ^a	3.30±0.35 ^d	3.80±0.64 ^b
C18:3 n6	ND	1.27±0.30 ^a	1.20±0.84 ^c	1.23±0.01 ^b
C18:3 n3	1.76±0.07 ^b	1.57±0.07 ^c	1.82±0.26 ^a	1.76±0.16 ^b
C20:1	2.17±0.02 ^b	2.15±0.25 ^c	2.17±0.22 ^b	2.19±0.13 ^a
C20:2	0.28±0.02 ^a	0.28±0.01 ^a	0.28±0.03 ^a	0.25±0.09 ^b
C20:3 n6	ND	0.72±0.65 ^a	0.62±0.76 ^c	0.70±0.32 ^b
C20:3 n3	1.06±0.06 ^b	0.48±0.09 ^d	1.07±0.37 ^a	0.99±0.92 ^c
C20:4 n6	11.93±0.18 ^a	6.68±0.15 ^b	6.40±0.64 ^d	6.56±0.87 ^c
C20:5 n3	10.26±0.16 ^d	10.97±0.21 ^a	10.91±0.35 ^b	10.80±0.58 ^c
C22:6 n3	31.81±0.19 ^d	33.56±0.62 ^b	33.59±0.89 ^a	33.52±0.01 ^c
ΣSFA	24.63±0.09 ^d	26.08±0.90 ^a	25.48±0.78 ^c	25.69±0.13 ^b
ΣMUFA	17.58±0.10 ^c	17.56±0.44 ^d	17.85±0.91 ^a	17.71±0.09 ^b
ΣPUFA	57.80±0.03 ^a	56.36±0.60 ^d	56.67±0.25 ^b	56.60±0.92 ^c

^{a-d} Different letters within the same row denote significant differences (p<0.05)

ND = not detected

5. ลักษณะปรากฏและค่าสีของน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่น

ค่าสีของน้ำมันปลาที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดกลิ่นด้วยอุณหภูมิ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียสเปรียบเทียบกับน้ำมันปลาทางการค้า แสดงดัง Table 5 พบว่าน้ำมันปลาภายหลังการกำจัดกลิ่นที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับ มีค่าความสว่าง (L*) สูงอยู่ในช่วง 88.81–89.98 แต่ยังมีค่าต่ำกว่าน้ำมันปลาทางการค้าซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 96.71 และพบว่ามีค่า a* ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีแดงทั้งของน้ำมันปลาในการศึกษานี้และน้ำมันปลาทางการค้ามี

ค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมันปลาให้ความเป็นสีแดงน้อยมาก สำหรับค่า b* แสดงถึงความเป็นสีเหลือง พบว่าน้ำมันปลาภายหลังการกำจัดกลิ่นมีค่า b* อยู่ในช่วงประมาณ 74–80 ซึ่งมีค่าสูงกว่าน้ำมันปลาทางการค้าซึ่งมีค่า b* เท่ากับ 38 และเมื่อเปรียบเทียบค่า Gardner scale พบว่าน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นทั้ง 3 ระดับมีค่า Gardner scale อยู่ในช่วง 8.7–9.0 หรือมีความเป็นสีเหลืองใส จากค่าสีดังแสดงใน Table 5 พบว่ามีความสอดคล้องกับลักษณะปรากฏแสดงดัง Figure 2

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

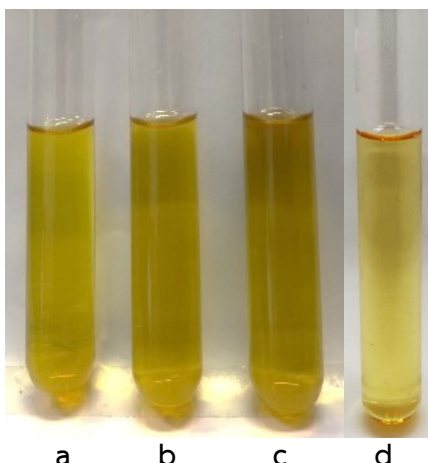
¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

Table 5 Color value of commercial fish oil and deodorized fish oil at different temperature

Sample	Color			Gardner scale
	L*	a*	b*	
Commercial fish oil	96.71±0.02 ^a	-8.31±0.02 ^c	38.12±0.04 ^d	5.0±0.0 ^d
Deodorized oil at 170°C	89.98±0.03 ^b	-3.58±0.05 ^a	80.82±0.37 ^a	8.7±0.0 ^c
Deodorized oil at 180°C	89.36±0.28 ^c	-3.58±0.03 ^a	79.26±0.30 ^b	8.8±0.0 ^b
Deodorized oil at 190°C	88.81±0.07 ^d	-3.68±0.11 ^b	74.19±0.04 ^c	9.0±0.0 ^a

^{a-d} Different letters within the same column denote significant differences (p<0.05)

**Figure 2** Appearance of deodorized fish oil compared to commercial fish oil

(a) Deodorized fish oil at 170°C; (b) Deodorized fish oil at 180°C; (c) Deodorized fish oil at 190°C; (d) Commercial fish oil

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี Difference-From-Control test เพื่อทดสอบความแตกต่างของกลิ่นน้ำมันปลาโดยการดมกลิ่นน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นด้วยอุณหภูมิสูง 3 ระดับ ได้แก่ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมันปลาทางการค้าที่ผ่านการกำจัดกลิ่นซึ่งเป็นตัวอย่างควบคุมผลแสดงดัง Table 6 พบว่าน้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นในทุกอุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มของกลิ่นน้ำมันปลาในตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดกลิ่นด้วยอุณหภูมิสูง 3 ระดับกับตัวอย่างควบคุมพบว่า น้ำมันปลาที่ผ่านการกำจัดกลิ่นที่อุณหภูมิ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมเล็กน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) อย่างไรก็ตามการ

ใช้อุณหภูมิสูงช่วง 170-190 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้สารที่มีคุณสมบัติระเหยได้ในน้ำมันปลามีปริมาณลดลงสอดคล้องกับงานศึกษาขั้นตอนการกำจัดกลิ่นน้ำมันปลา *Micropogonias furnieri* โดยการใช้อุณหภูมิสูงในการกำจัดกลิ่นที่ระดับ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และมีการใช้ไอน้ำที่ร้อยละ 5 ร่วมด้วย พบว่าน้ำมันปลามีคุณภาพที่ดีและมีความเสถียรต่อค่าออกซิเดชันที่มีอยู่ในน้ำมันได้ [23] และงานศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันปลาซาร์ดีนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที หรือการใช้อุณหภูมิที่มากกว่า 130 องศาเซลเซียส เวลา 49-57 นาที จะส่งผลให้ความร้อนทำลายเพอร์ออกไซด์ที่อยู่ในน้ำมันปลา และดูดซับสารที่เกิดในขั้นสุดท้ายของปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสารที่เกิดกลิ่นผิดปกติในน้ำมันและไขมัน เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ [3]

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

Table 6 Mean difference of fish oil odor intensities rated by panelists (n = 23)

Sample		Mean difference ^a	p-value
Control	Deodorized oil at 170°C	1.3043*	0.000
Control	Deodorized oil at 180°C	1.0000*	0.012
Control	Deodorized oil at 190°C	0.8696*	0.033

^a Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it

*The mean difference is significant at the 0.05 level

สรุปผล

การลดสีและกลิ่นของน้ำมันปลาดิบที่ได้จากกระบวนการผลิตปลาป่นให้เป็นน้ำมันปลาบริสุทธิ์ พบว่าการฟอกสีโดยใช้ activated bleaching earth ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 5 (w/v ของน้ำมัน) มีความเหมาะสมโดยทำให้น้ำมันปลามีค่า L* สูงหรือมีความสว่างเพิ่มขึ้น รวมทั้งสามารถลดค่าความเป็นสีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) และค่า Gardner scale แดงถึงน้ำมันปลามีสีเหลืองใส ค่าความเป็นกรดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด รวมทั้งให้ปริมาณการคงอยู่ของ PUFA สูง เมื่อนำน้ำมันปลาที่ได้จากการฟอกสีในสภาวะที่เหมาะสมไปทำการกำจัดกลิ่นที่อุณหภูมิ 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้อุณหภูมิทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมัน รวมทั้งกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งเป็นกรดไขมันที่สำคัญในองค์ประกอบของน้ำมันปลา เมื่อนำไปทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี Difference-From-Control test พบว่าน้ำมันปลาทั้งสามตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดกลิ่นในทุกอุณหภูมิมีความแตกต่างกันและให้กลิ่นที่แตกต่างจากน้ำมันปลาทางการค้าเพียงเล็กน้อย การใช้อุณหภูมิที่ระดับ 170 องศาเซลเซียส เป็นระดับที่เพียงพอในการกำจัดกลิ่นน้ำมันปลา จากผลการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสภาวะการผลิตในระดับขยายกำลังการผลิตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายสนับสนุนการวิจัยในอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Fishery Products. (2015). Fishery Product Science and Technology. Bangkok: Kasetsart University Press. (in Thai).
- [2] Department of Foreign Trade, Office of Commodity Standards. (2020). Export data of fish meal December 2019. Retrieved June 1, 2020 from <https://www.dft.go.th/th-th/DFT-Service/Service-Data-Information/Statistic-Import-Export/Detail-dft-service-data-statistic/ArticleId/14534/14534>. (in Thai).
- [3] García-Moreno, P.J., Guadix, A., Gómez-Robledo, L., Melgosa, M. and Guadix, E.M. (2013). Optimization of bleaching conditions for sardine oil. Journal of Food Engineering. 116(2): 606-612.
- [4] de Oliveira, D.A.S.B., Minozzo, M.G., Licodiedoff, S. and Waszczynskyj, N. (2016). Physico chemical and sensory characterization of refined and deodorized tuna (*Thunnus Albacares*) by-product oil obtained by enzymatic hydrolysis. Food Chemistry. 207: 187-194.
- [5] Joshi, A., Mehendale, S.S., Yadav, H. and Joshi, S. (2011). Reduced placental docosahexaenoic acid levels associated with increased levels of sFlt-1 in preeclampsia. Prostaglandins,

*Corresponding author: ffiswak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

- Leukotrienes and Essential Fatty Acids. 84(1-2): 51-55.
- [6] Vaisali, C., Charanyaa, S., Belur, P.D. and Regupathi, I. (2015). Refining of edible oils: A critical appraisal of current and potential technologies. International Journal of Food Science and Technology. 50(1): 13-23.
- [7] American Oil Chemists' Society (AOCS). (1997). AOCS Official Methods and Recommended Practices Cd 3d-63: Acid Value. Illinois: AOCS press.
- [8] American Oil Chemists' Society (AOCS). (1998). AOCS Official Methods and Recommended Practices Cc 8 b-5 3 : Peroxide Value. Illinois: AOCS press.
- [9] American Oil Chemists' Society (AOCS). (1997). AOCS Official Methods and Recommended Practices Cd 1b-89: Fatty Acid Composition by GLC. Illinois: AOCS press.
- [10] Meilgaard, M., Civille, G.V. and Carr, T. (2007). Sensory evaluation technique (4th ed.). CRC Press, Florida.
- [11] Ratanasiriwat, P., Worawattanamateekul, W. and Klaypradit, W. (2013). Properties of encapsulated wasabi flavour and its application in canned food. International Journal of Food Science and Technology. 48(4): 749-757.
- [12] Guliyev, N.G., Ibrahimov, H.J., Alekperov, J.A. (2018). Investigation of activated carbon obtained from the liquid products of pyrolysis in sunflower oil bleaching process. International Journal of Industrial Chemistry. 9: 277-284.
- [1 3] Noriega-Rodríguez, J.A., Ortega-García, J., Angulo-Guerrero, O., Garcia, H.S., Medina-Juárez, L.A. and Gámez-Meza, N. (2009). Oil production from sardine (*Sardinops sagax caerulea*). CyTA - Journal of Food. 7(3): 173-179.
- [1 4] Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. (2 0 1 7) . Alimentarius international food standards. Rome: Food and Agriculture Organization.
- [15] Mata, T.M., Mendes, A.M., Caetano, N.S. and Martins, A.A. (2013). Properties and sustainability of biodiesel from animal fats and fish oil. Chemical Engineering Transactions. 38: 175-180.
- [16] Boran, G., Karaçam, H. and Boran, M. (2006). Changes in the quality of fish oils due to storage temperature and time. Food Chemistry 98(4): 693-698.
- [1 7] Akoh, C. and Min, D. (2002). Food lipids: chemistry, nutrition, biotechnology (2nd ed.). CRC Press, Florida.
- [1 8] Bimbo, A.P. (1990). Processing of fish oils. pp. 181-222. Ln M. E. Stanby, ed. Fish Oils in Nutrition. Van Nostrand Reinhold, New York.
- [19] Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. (2010). Alimentarius international food standards. Rome: Food and Agriculture Organization.
- [20] Zatsick, M.N. and P. Mayket. 2007. Fish oil: getting to be the heart of it. International Journal of Nursing Practice 3: 104-109
- [2 1] Gbogouri, G.A., Linder, M., Fanni, J. and Parmentier, M. (2006). Influence of

*Corresponding author: ffwak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160

hydrolysis degree on the functional properties of salmon byproducts hydrolysates. *Journal of Food Science* 69(8): 615-622.

- [22] Wu, T. and Bechtel, P. (2008). Salmon by-product storage and oil extraction. *Food Chemistry*. 111(4): 868-871.
- [23] Crexi, V., Grunennvaldt, F., Soares, L. and Pinto, L. (2009). Deodorisation process variables for croaker (*M. Furnieri*) Oil. *Food Chemistry* 114(2): 396-401.

*Corresponding author: ffiswak@ku.ac.th

¹ Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok 10160