

การประยุกต์ใช้ฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกอัญชันเพื่อบ่งบอกความสดของเนื้อปลา

รัชฎาพร ใจมั่น^{1*}, วรณญา หล้าดวงดี¹, ณัฐพงศ์ กันหา²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Email: ratchadaporn.jaimun@gmail.com^{1*}

Received: February 11, 2019

Revised: May 17, 2019

Accepted: May 21, 2019

บทคัดย่อ

สารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันมีสีสด และมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH) จึงสามารถนำมาใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตฟิล์มอินดิเคเตอร์บ่งบอกความสดจากสารสกัดดอกอัญชัน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อปลา โดยเลือกศึกษากับเนื้อปลาแซลมอนและเนื้อปลาดอรี่ การเตรียมฟิล์มอินดิเคเตอร์ใช้ของผสมระหว่างสารละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) กับสารสกัดดอกอัญชันที่ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 4 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มที่ได้ในการเป็นอินดิเคเตอร์ด้วยวิธีการจุ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ค่า pH 2-9 สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีได้ทันที โดยที่ค่า pH 2 ฟิล์มอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนสีเป็นสีชมพู เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นสีจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงและสีน้ำเงินตามลำดับ จนกระทั่งที่ค่า pH 7 ฟิล์มอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว เช่นเดียวกับการทดสอบโดยให้สัมผัสกับไอระเหยของกรดอะซิติกและแอมโมเนีย ที่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีได้ทันที กล่าวคือ เมื่อฟิล์มสัมผัสกับไอระเหยของกรดจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วง แล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีชมพู ในขณะที่เมื่อสัมผัสกับไอระเหยของด่างจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินไปจนกระทั่งเป็นสีเขียว เมื่อนำฟิล์มอินดิเคเตอร์ไปประยุกต์ใช้กับเนื้อปลาแซลมอนและปลาดอรี่ ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิแช่เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน โดยเก็บข้อมูลทุก 3 วัน พบว่าฟิล์มอินดิเคเตอร์มีการเปลี่ยนสีตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลา โดยเริ่มเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีน้ำเงินซีด จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีเขียว ซึ่งการเปลี่ยนสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลา เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานทางการค้า การศึกษานี้ได้ทำการออกแบบฉลากอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปให้ผู้บริโภคจำนวน 100 ราย ประเมินด้านความเข้าใจความหมายของฉลากอินดิเคเตอร์ ผลจากการศึกษา พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่สามารถเข้าใจความหมายบนฉลากอินดิเคเตอร์ที่อธิบายโดยใช้ข้อความสั้น ๆ ได้ถูกต้องมากกว่าการใช้สัญลักษณ์

คำสำคัญ : ฟิล์มอินดิเคเตอร์, สารสกัดดอกอัญชัน, เนื้อปลา

Application of Indicator Film from Butterfly Pea Flower Extract for Detecting Freshness of Fish Fillets

Ratchadaporn Jaimun^{1*}, Waranya Laduangdee¹, Nattapong Kanha²

¹Printing and Packaging Technology, Faculty of Arts and Architecture,
Rajamangala University of Technology Lanna

²Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University

Email: ratchadaporn.jaimun@gmail.com^{1*}

Received: February 11, 2019

Revised: May 17, 2019

Accepted: May 21, 2019

Abstract

Color of anthocyanin extract from butterfly pea is bright and can easily be changed by pH value, so it can be used as pH indicator. The objectives of this study were to produce the freshness indicator for application with two fish fillets (pangasius dory and salmon). The indicator film was prepared by using 2 (% w/v) carboxymethyl cellulose incorporating with butterfly pea extracts at pH 4. For evaluating the efficacy of film as pH indicator by immersion test, the results found that the color of indicator film can be changed immediately after immersing films into different pH buffers (pH values of 2 to 9). At pH 2, the indicator film exhibited a pink color. When the pH value increased, its color was changed as more purple to blue shade and became a green color at pH 7. Likewise, vapor diffusion test using acetic acid and ammonia as an evaporating agent showed the great result of color change that it is a function of time. The color was increasingly changed from blue to pink, when the film was exposed with a vapor of acetic acid solution for a longer time while changed from blue to green when exposed with a vapor of ammonia. The film indicator was applied on salmon and dory fillets and stored at 4 °C for 15 days. It was found that the color change of film indicator was depended on storage time. Its color was changed from blue to deep blue, and finally green. The result also demonstrated that the color change of film indicator was related to the quality change of fish fillet. For evaluating its feasibility to be used for commercial purpose, fish fillet labels were designed and conducted with 100 consumers. It was found that most of consumers had more correct the meaning of indicator designed using a short text than indicator designed using a symbol.

Keywords : Indicator film, Butterfly pea flower extract, Fish fillets

บทนำ

บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (intelligent packaging) เป็นนวัตกรรมบรรจุภัณฑ์ที่ผู้ผลิตอาหารให้ความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากผู้บริโภคในยุคปัจจุบันต้องการอาหารที่สดใหม่ ปลอดภัย หรือผ่านการถนอมคุณภาพด้วยวิธีทางธรรมชาติ ผู้ผลิตอาหารจึงต้องหาเครื่องมือที่สามารถสร้างความมั่นใจให้ผู้บริโภคทราบถึงคุณภาพของสินค้านั้น อีกทั้งความซับซ้อนของระบบโลจิสติกส์ในการกระจายสินค้า ทำให้จำเป็นต้องมีเครื่องมือที่สามารถบอกคุณภาพอาหารที่สังเกตได้ง่ายด้วยตาเปล่า จึงเป็นที่มาของการพัฒนาบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น อินดิเคเตอร์ความสด อินดิเคเตอร์ความสุก อินดิเคเตอร์รอยร้าว เป็นต้น มีลักษณะเป็นวัตถุชิ้นเล็ก ๆ ติดบนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งติดได้ทั้งด้านนอกและด้านใน อินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนสีเมื่อสถานะของอาหารเปลี่ยนแปลงไป (poovarodom, 2007, p. 321)

อินดิเคเตอร์ความสด ใช้บอกคุณภาพของอาหารด้านจุลินทรีย์ นอกจากนี้อาจหมายถึงรวมถึงคุณภาพด้านอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับการบริโภคในช่วงเวลานั้น ๆ การทำงานของอินดิเคเตอร์เป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีในอินดิเคเตอร์กับสารที่ได้จากการเมตาบอไลต์ของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ (Poovarodom, 2007, pp. 321-322) อินดิเคเตอร์ความสดที่มีประสิทธิภาพดีจะต้องสามารถบ่งชี้คุณภาพของอาหารได้แม่นยำและสังเกตได้ง่าย การเลือกชนิดของสารอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ผลิตเป็นอินดิเคเตอร์ โดยทั่วไปสารที่มีความไวต่อค่าความเป็นกรด-เบสนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นอินดิเคเตอร์มากที่สุด เนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงสีได้ในช่วงค่า pH หนึ่ง ๆ จึงสามารถบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงความสดของอาหารได้ง่าย งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สารแอนโทไซยานิน

(anthocyanin) สามารถประยุกต์ใช้เป็นอินดิเคเตอร์ได้ ทั้งในอินดิเคเตอร์บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของเวลาและอุณหภูมิ (time-temperature indicator) และอินดิเคเตอร์บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (pH indicator) (Zhang et al., 2014, pp. 268-273; Pereira et al., 2014, pp. 180-188) ดอกอัญชันมีสารแอนโทไซยานิน สามารถเปลี่ยนแปลงสีได้ตามค่า pH โดยจะมีสีแดง-น้ำเงินในสภาวะที่เป็นกรด (pH 1-6) มีสีน้ำเงินอมเขียวในสภาวะที่เป็นกลาง (pH 7) และจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวในสภาวะที่เป็นเบส (pH 8-14) แอนโทไซยานินที่ได้จากดอกอัญชันมีข้อได้เปรียบกว่าแหล่งอื่น เนื่องจากเป็นอะซิลเลตแอนโทไซยานิน (acylated anthocyanin) ที่มีความคงตัวสูง Yonekura-Sakakibara et al. (2009, pp. 178-179) มีสีที่สด และให้เฉดสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละสภาวะความเป็นกรด-เบส จึงมีความน่าสนใจในการนำมาผลิตเป็นอินดิเคเตอร์

ปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื้อปลาอย่างแพร่หลาย ทั้งรูปแบบปรุงสุกและรับประทานดิบ เช่น ซาชิมิ หรือข้าวปั้นหน้าปลาดิบในอาหารญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งหัวใจสำคัญของการรับประทานแบบดิบนั้น เนื้อปลาดองสด สะอาด และไม่มีกลิ่นคาว เนื้อปลาเหล่านี้มักมีราคาสูง และถูกหั่นเป็นชิ้นบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นที่เรียบร้อยแล้ว การสังเกตลักษณะภายนอกอาจยังไม่สร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคได้เพียงพอในการเลือกซื้อ หากมีเครื่องมือที่ช่วยบ่งชี้คุณภาพอาหารที่แม่นยำและสังเกตได้ง่าย ก็จะสามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันได้ดียิ่งขึ้น

จากความสำคัญของบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ การศึกษานี้ได้นำสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันมาผลิตเป็นฟิล์มอินดิเคเตอร์ความสด และนำอินดิเคเตอร์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับเนื้อปลา ซึ่งสามารถเน่าเสียได้ง่ายจากการย่อยของจุลินทรีย์ และทำให้เกิดการปลดปล่อยสารที่มีคุณสมบัติเป็นเบสในกลุ่มสารประกอบไนโตรเจนที่

ระเหยได้ (total volatile basic nitrogen, TVBN) Amegovu et al. (2012, pp. 654) เพื่อป้องกันคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาการเก็บรักษา และทำการออกแบบฉลากอินดิเคเตอร์ให้มีรูปแบบที่น่านสนใจและง่ายต่อการใช้งาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อผลิตฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกอัญชัน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มอินดิเคเตอร์ในการเปลี่ยนสีเมื่อสัมผัสสารละลายกรดและเบส
3. เพื่อประยุกต์ใช้ฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกอัญชันกับเนื้อปลา
4. เพื่อออกแบบฉลากอินดิเคเตอร์บ่งบอกความสดของเนื้อปลา และประเมินความเข้าใจความหมายของฉลากอินดิเคเตอร์

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การผลิตฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกอัญชัน
 - 1.1 เตรียมวัตถุดิบ โดยทำการอบดอกอัญชันในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จากนั้นนำดอกที่อบเสร็จแล้วบดให้เป็นผงแล้วจึงเก็บใส่ถุงพอลียัล
 - 1.2 เตรียมสารละลายจากผงอัญชันต่อน้ำต่อเอทานอล ในอัตราส่วน 19 กรัม : 190 มิลลิลิตร : 190 มิลลิลิตร โดยคนให้เข้ากันบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (hot plate stirrer) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วจึงทำการกรองแยกกากด้วยผ้าขาวบาง 1 รอบ เพื่อแยกส่วนกากทิ้ง ส่วนสารละลายนำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ และระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องระเหยสารที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (Kanha & Laokuldilok, 2014, pp. 412) ปรับค่า pH ของสารสกัดให้เป็น 4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้ สาเหตุที่ต้อง

ปรับค่า pH เนื่องจากต้องการให้สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์ได้ชัดเจนขึ้น ถ้าเตรียมที่ค่า pH สูงกว่านี้ อาทิ ค่า pH 7 ซึ่งฟิล์มมีสีน้ำเงินอมเขียว เมื่อฟิล์มสัมผัสกับ TVBN จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ซึ่งมีสีค่อนข้างใกล้เคียงกันไป จึงไม่เหมาะสมที่จะเตรียมที่ค่า pH นี้ แต่หากเตรียมที่ค่า pH ต่ำ อาทิ ค่า pH 2 แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูปของ flavylium cation ซึ่งคงตัวมากกว่ารูปอื่น ๆ จึงอาจเกิดการเปลี่ยนสีได้ยากกว่า และหากมีการปลดปล่อย TVBN ที่ไม่มากพอ อาจไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของฟิล์มขึ้นได้ จึงไม่เลือกเตรียมฟิล์มที่ค่า pH ต่ำเกินไป

1.3 ละลายสารคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose, CMC) ปริมาณ 2 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมกลีเซอรอล 1 กรัม เตรียมฟิล์มอินดิเคเตอร์ที่อัตราส่วนของสารละลาย CMC 20 กรัม ต่อปริมาณสารสกัดดอกอัญชัน 800 ไมโครลิตร กวนสารให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วทำการไล่ฟองอากาศด้วยเครื่องไล่ก๊าซด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Degas ultrasonic cleaner)

1.4 ขึ้นรูปฟิล์มโดยเทสารผสมที่ได้ปริมาณ 20 กรัม ลงในเพลทแก้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ปล่อยให้แห้งให้แห้งนาน 48 ชั่วโมง

2. การทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มในการเป็นอินดิเคเตอร์

2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มอินดิเคเตอร์ในการเปลี่ยนสีเมื่อจุ่มในสารละลายกรดและด่าง โดยนำฟิล์มอินดิเคเตอร์ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร ไปแช่ในเพลทแก้วที่บรรจุสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH ตั้งแต่ 2 ถึง 9 สังเกตการเปลี่ยนสี บันทึกผล

2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มอินดิเคเตอร์ในการเปลี่ยนสีเมื่อสัมผัสกับไอระเหยของสารละลายกรดและเบส โดยนำฟิล์มอินดิเคเตอร์ขนาด 2 x 2 เซนติเมตร มาแปะติดบนฝาเพลท จากนั้นนำ

ผ้าเพลทมาครอบบนเพลทแก้วที่บรรจุกรดอะซิติก และเพลทแก้วที่บรรจุแอมโมเนีย สังเกตการเปลี่ยนสี บันทึกลงผล

3. การประยุกต์ใช้ฟิล์มอินดิเคเตอร์กับเนื้อปลา การศึกษานี้เลือกใช้เนื้อปลาแซลมอน และเนื้อ ปลาดอรี่ เป็นตัวอย่างในการทดสอบ

3.1 บรรจุเนื้อปลาน้ำหนักโดยเฉลี่ย 40 – 50 กรัม ลงในภาตพลาสติกพร้อมฟิล์มยึด

3.2 ติดฟิล์มอินดิเคเตอร์ขนาด 2 x 4 เซนติเมตร บนฟิล์มยึด จากนั้นเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ แช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 วัน โดย สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์ ควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทาง กายภาพของเนื้อปลา ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการปรากฏของจุลินทรีย์ บันทึกลงผลทุก ๆ 3 วัน ทั้งนี้ใช้บรรจุภัณฑ์ติดฟิล์มอินดิเคเตอร์ ที่ไม่ได้ บรรจุเนื้อปลาและเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น เป็นชุดควบคุม

4. การออกแบบฉลากอินดิเคเตอร์สำหรับ เนื้อปลา

4.1 เขียนแบบภาพร่าง จากนั้นพัฒนา แบบร่างด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator

4.2 จัดทำฉลากต้นแบบ (mock up)

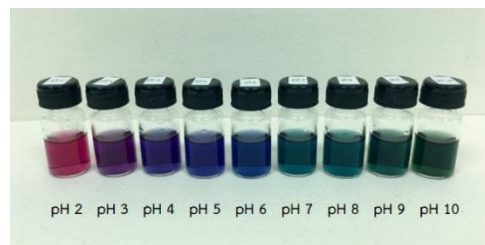
4.3 ประเมินความเข้าใจในการใช้งานกับ ผู้บริโภคจำนวน 100 ราย

ผลการวิจัย

1. ลักษณะฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัด ดอกอัญชัน

สารสกัดที่ได้จากดอกอัญชัน มีลักษณะเป็น ของเหลว ไม่ข้นหนืด และมีสีน้ำเงินเข้ม สามารถ รวมตัวกับน้ำได้ดี จึงสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน กับสารละลาย CMC ที่ใช้เป็นสารก่อฟิล์ม (film forming agent) ได้ โดยลักษณะเฉดสีของสารสกัด เมื่ออยู่ในระบบที่มีค่า pH แตกต่างกัน แสดงได้ ดังรูปที่ 1 กล่าวคือ ที่ค่า pH 2 จะมีสีชมพู ที่ค่า pH

3 จะมีสีม่วงแดง ที่ค่า pH 3-6 จะมีสีน้ำเงิน ที่ค่า pH 7-8 จะมีสีน้ำเงินอมเขียว และที่ค่า pH 9-10 จะมีสีเขียว เมื่อผสมสารสกัดอัญชันกับสารละลาย CMC วัดค่า pH ได้เท่ากับ 4 ลักษณะแผ่นฟิล์มที่ได้ มีสีที่สม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น มีความยืดหยุ่นดี แผ่นฟิล์มค่อนข้างบาง เหมาะแก่การนำไป ประยุกต์ใช้ (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 ลักษณะเฉดสีของสารสกัดดอกอัญชัน เมื่ออยู่ในระบบที่มีค่า pH แตกต่างกัน

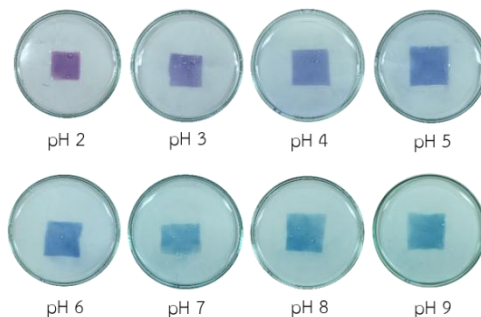


รูปที่ 2 ความสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ระหว่างสารสกัดดอกอัญชันและสารก่อฟิล์ม

2. ประสิทธิภาพของฟิล์มในการเป็นอินดิเคเตอร์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มอินดิเคเตอร์ ด้วยวิธีการจุ่มแผ่นฟิล์มลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีค่า pH แตกต่างกัน ตั้งแต่ 2 ถึง 9 สามารถ สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีได้ทันทีที่จุ่ม แผ่นฟิล์ม (รูปที่ 3) โดยฟิล์มอินดิเคเตอร์สามารถ เปลี่ยนสีได้ใกล้เคียงกับการเปลี่ยนสีของสารสกัด อัญชัน (รูปที่ 1) จากรูปที่ 3 พบว่า ที่ค่า pH 2 ฟิล์มอินดิเคเตอร์จะมีสีชมพู เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น สีของแผ่นฟิล์มจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำเงินมากยิ่งขึ้น และเมื่อค่า pH สูงกว่า 7 สีของฟิล์มอินดิเคเตอร์จะ

เปลี่ยนเป็นสีเขียว ผลที่ได้จากการทดสอบนี้จึงช่วยยืนยันได้ว่า หากฟิล์มอินดิเคเตอร์อยู่ภายในสภาวะเปียกหรือมีของเหลวล้อมรอบ (ซึ่งเทียบได้กับการที่ฟิล์มอินดิเคเตอร์เปียกชุ่มไปด้วยน้ำ) แผ่นฟิล์มอินดิเคเตอร์จะยังคงสามารถเปลี่ยนแปลงสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มอินดิเคเตอร์ในการเปลี่ยนสีเมื่อสัมผัสกับไอระเหยของสารละลายกรดและเบส พบว่า ไอระเหยของกรดอะซิติกที่ลอยขึ้นไปสัมผัสกับสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันในฟิล์มอินดิเคเตอร์ จะทำให้สีของฟิล์มอินดิเคเตอร์ที่มีสีน้ำเงินเริ่มเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง เมื่อทิ้งให้เกิดการสัมผัสกับไอระเหยของกรดอะซิติกเป็นระยะเวลาเวลานานขึ้น และสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนกลายเป็นสีชมพูเข้มขึ้น เช่นเดียวกับการทดสอบกับไอระเหยของแอมโมเนีย ที่ทำให้ฟิล์มอินดิเคเตอร์ค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินไปเป็นสีเขียว แสดงให้เห็นว่าเมื่อฟิล์มอินดิเคเตอร์สัมผัสกับสารละลายที่มีค่า pH สูงและต่ำ แผ่นฟิล์มอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนสีได้เช่นเดียวกับการจุ่มในสารละลาย

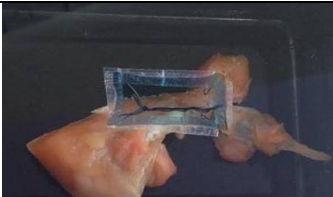
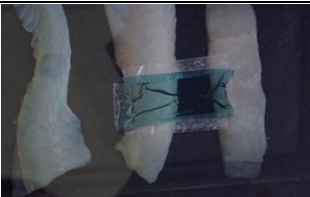
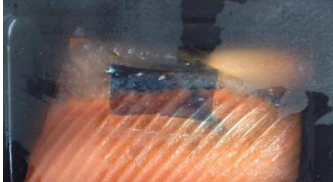
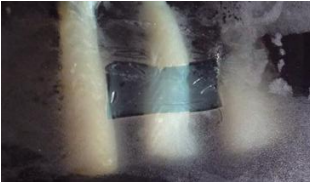
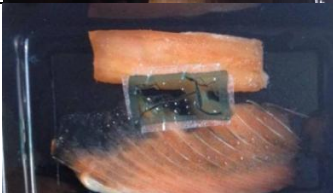
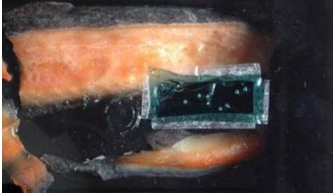
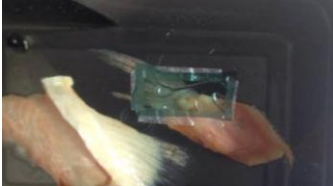


รูปที่ 3 การเปลี่ยนสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์เมื่อจุ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH แตกต่างกัน

3. การประยุกต์ใช้ฟิล์มอินดิเคเตอร์กับเนื้อปลา

ตารางที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์ เมื่อทดสอบกับเนื้อปลาแชลมอนและเนื้อปลาตอร์รี่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และตารางที่ 2 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาแชลมอนและปลาตอร์รี่ในระหว่างการเก็บรักษา ผลจากการสังเกตพบว่า อินดิเคเตอร์มีการเปลี่ยนสีตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลาที่นานขึ้น กล่าวคือ ในวันแรกที่เนื้อปลามีความสดใหม่ และคุณภาพของเนื้อปลายังมีสภาพดี สีของอินดิเคเตอร์ยังคงไม่เปลี่ยน และเริ่มเป็นสีน้ำเงินซีดในวันที่ 3 จนกระทั่งวันที่ 6 ของการเก็บรักษาที่เนื้อปลามีสภาพที่เลอะกุดแล้วยุบตัวสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอมเขียวอย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์ เมื่อทดสอบกับเนื้อปลาตลอดระยะเวลา 15 วัน

วันที่	การเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์				
	เนื้อปลาแซลมอน	ชุดทดลอง	เนื้อปลาดอรี่	ชุดทดลอง	ชุดควบคุม
0		น้ำเงิน		น้ำเงิน	น้ำเงิน
1		น้ำเงิน		น้ำเงิน	น้ำเงิน
3		น้ำเงิน (เริ่มซีด)		น้ำเงิน (เริ่มซีด)	น้ำเงิน
6		น้ำเงินอมเขียว		น้ำเงินอมเขียว	น้ำเงิน
9		น้ำเงินอมเขียว		น้ำเงินอมเขียว	น้ำเงิน
12		น้ำเงินอมเขียว		น้ำเงินอมเขียว	น้ำเงิน
15		เขียว		เขียว	น้ำเงิน

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อมปลาทูในระหว่างการเก็บรักษา

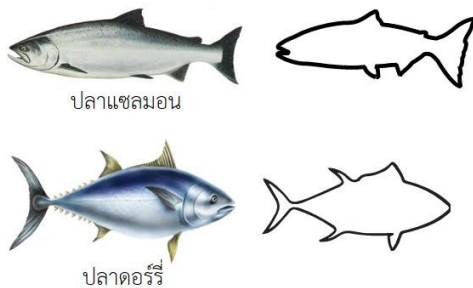
ชนิดของ เนื้อมปลา	ระยะเวลา เก็บรักษา (วัน)	ลักษณะการประเมินทางประสาทสัมผัส		
		สีเนื้อมปลา	กลิ่น	เนื้อสัมผัส
แชลมอน	0	สีส้ม	กลิ่นคาวปลา ตามธรรมชาติ	สดใหม่ กัดแล้วตึง
	1	สีส้ม	กลิ่นคาวปลา ตามธรรมชาติ	แห้ง แต่เนื้อมปลายังคงสภาพ ดี กัดแล้วตึง
	3	สีส้มอมน้ำตาล	กลิ่นคาวปลา แรงขึ้น	แห้ง แต่เนื้อมปลายังคงสภาพ ดี กัดแล้วตึง
	6	สีส้มอ่อนลง	กลิ่นเหม็นเน่า	และ กัดแล้วติดมือ
	9	สีส้มซีดออกสีขาว	กลิ่นเหม็นเน่า ค่อนข้างแรง	แห้ง มีเมือก กัดแล้วยุบไม่คืน สภาพ
	12	สีส้มซีดออกสีขาว ใส	กลิ่นเหม็นเน่า ค่อนข้างแรง	ค่อนข้างแห้ง และมีเมือก
	15	สีส้มปนเหลือง และมี จุดสีขาว	กลิ่นเหม็นเน่า ค่อนข้างแรง	และ มีเมือก กัดแล้วยุบไม่คืน สภาพ
ดอร์รี่	0	สีขาว บางชั้นมีสีขาว อมเหลือง	กลิ่นคาวปลา ตามธรรมชาติ	นิ่ม ตึง กัดแล้วคืนสภาพ
	1	สีขาว บางชั้นมีสีขาว อมเหลือง	กลิ่นคาวปลา ตามธรรมชาติ	นิ่ม ตึง กัดแล้วคืนสภาพ
	3	สีขาว บางชั้นมีสีขาว อมเหลือง	กลิ่นฉุน เล็กน้อย คล้าย คลอรีน	นิ่ม ตึง กัดแล้วคืนสภาพ
	6	สีขาวอมเหลือง	กลิ่นฉุนขึ้น	กัดแล้วติดมือเล็กน้อย
	9	สีขาวอมเหลือง และ มีจุดสีขาว	กลิ่นเหม็นเน่า	กัดแล้วยุบไม่คืนสภาพ
	12	สีขาวซีด	กลิ่นเหม็นเน่า	มีเมือก กัดแล้วยุบไม่คืน สภาพ
	15	มีจุดสีขาวทั่วเนื้อมปลา	กลิ่นเหม็นเน่า ค่อนข้างแรง	และ มีเมือกมาก กัดแล้วยุบ ไม่คืนสภาพ

หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา อินดิเคเตอร์
เปลี่ยนเป็นสีเขียว เนื้อมปลาทั้ง 2 ชนิดมีลักษณะ
เป็นเมือก และกัดแล้วไม่คืนตัว ผลที่ได้ยืนยันให้
เห็นว่าการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์แสดงถึงการ
เปลี่ยนแปลงของเนื้อมปลาที่มีการปลดปล่อย TVB-

N เพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นได้
อย่างชัดเจน

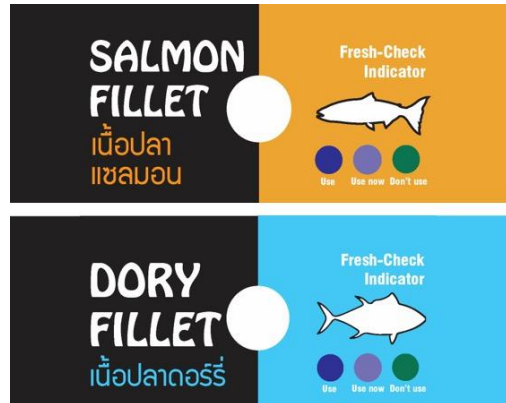
4. การออกแบบฉลากอินดิเคเตอร์สำหรับ เนื้อมปลา

แนวคิดในการออกแบบฉลาก ต้องการสร้างจุดสนใจให้กับอินดิเคเตอร์ จึงได้คัดเลือกตรงตำแหน่งที่ติดอินดิเคเตอร์ให้เป็นรูปร่างของปลาแซลมอนและปลาดอร์รี่ (รูปที่ 4) เมื่ออินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี จะเห็นตัวปลาเปลี่ยนสีไป



รูปที่ 4 ได้ค้ทุรูปร่างปลาบนฉลาก

ฉลากได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นแถบคาวายาว จึงจัดองค์ประกอบโดยแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง ใช้สีดำตัดกับสีพื้น เนื้อปลาแซลมอนมีสีส้มแดง จึงเลือกใช้สีเหลืองเป็นสีพื้น เพื่อขับสีเนื้อปลาให้ดูน่ารับประทาน ส่วนปลาดอร์รี่มีเนื้อสีขาว เลือกใช้สีฟ้า เพื่อสื่อถึงน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ จัดวางข้อความโดยระบุชนิดของเนื้อปลาบนฝั่งพื้นดำเพื่อให้อ่านได้ชัด สามารถรับรู้ได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ฝั่งสีพื้นเป็นพื้นที่สำหรับติดอินดิเคเตอร์ มีการระบุความหมายของสีอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนด้วยข้อความที่กระชับ เข้าใจง่าย แสดงภาพลักษณ์ฉลาก และฉลากต้นแบบได้ดังรูปที่ 5 และ 6



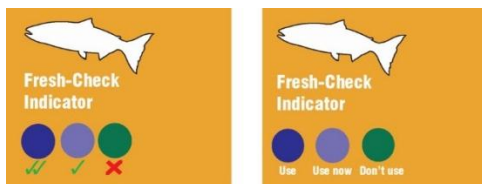
รูปที่ 5 ภาพคลี่ฉลากอินดิเคเตอร์ความสดสำหรับเนื้อปลาแซลมอนและปลาดอร์รี่



รูปที่ 6 ฉลากต้นแบบ

5. การประเมินความเข้าใจที่มีต่อฉลากอินดิเคเตอร์

การศึกษานี้ต้องการประเมินความเข้าใจของผู้บริโภคที่มีต่ออินดิเคเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านการออกแบบระหว่างการอธิบายความหมายของสีที่เปลี่ยน โดยใช้สัญลักษณ์กับการใช้ข้อความสั้น ๆ (รูปที่ 7)



(ก)

(ข)

รูปที่ 7 ฉลากที่อธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ (ก) และฉลากที่อธิบายด้วยข้อความสั้น ๆ (ข)

จากการประเมินความเข้าใจความหมายบนฉลากอินดิเคเตอร์กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 ราย พบว่าผู้บริโภคระบุว่าเข้าใจความหมายบนฉลากแบบ (ก) ร้อยละ 46.66 และฉลากแบบ (ข) ร้อยละ 73.33 เมื่อให้ระบุความหมายตามที่เข้าใจ พบว่าผู้บริโภคระบุความหมายของฉลากแบบ (ก) ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 43.33 ในขณะที่ฉลากแบบ (ข) ตอบได้ถูกต้องมากกว่า คิดเป็นร้อยละ 53.55 และเมื่อให้ผู้บริโภคเลือกระหว่างฉลากที่อธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ กับที่ใช้ข้อความสั้น ๆ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.66 เลือกการอธิบายโดยใช้ข้อความสั้น ๆ มากกว่าการอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ (ร้อยละ 33.33) แสดงให้เห็นว่าการอธิบายความหมายของอินดิเคเตอร์โดยใช้เพียงสัญลักษณ์อาจไม่เพียงพอที่จะสื่อสารข้อมูลบนฉลากให้ผู้บริโภคเข้าใจได้ถูกต้อง

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบประสิทธิภาพของฟิล์มอินดิเคเตอร์ด้วยวิธีการจุ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ค่า pH 2-9 สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีได้ทันที โดยที่ค่า pH 2 ฟิล์มอินดิเคเตอร์จะเป็นสีชมพู เมื่อค่า pH เพิ่มขึ้นสีจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงและสีน้ำเงินตามลำดับ จนกระทั่งที่ค่า pH 7 ฟิล์มอินดิเคเตอร์จะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียว เช่นเดียวกับการทดสอบด้วยไอระเหย เมื่อฟิล์มสัมผัสกับไอระเหยของกรดจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วง แล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีชมพู ในขณะที่เมื่อสัมผัสกับไอระเหย

ของเบสจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีน้ำเงินไปจนกระทั่งเป็นสีเขียว เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อปลา ผลที่ยืนยันให้เห็นว่าการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลา โดยกลไกการเปลี่ยนสีของฟิล์มอินดิเคเตอร์เป็นผลมาจาก TVBN ซึ่งมีสมบัติเป็นเบส กล่าวคือ ภายหลังจากที่ปลาตาย เนื้อปลาจะเกิดกลไกการย่อยสลายสารไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (trimethylamine oxide, TMAO) ที่เป็นผลจากการทำงานของเอนไซม์เกิดขึ้น (enzymatic decomposition) และส่งผลให้เกิด TVBN ชนิดต่าง ๆ ขึ้น Amegovu et al. (2012, pp. 654) ซึ่งประกอบไปด้วยสารประกอบหลายชนิด ได้แก่ แอมโมเนีย ไตรเมทิลเอมีน (trimethylamine, TMA) และไดเมทิลเอมีน (dimethylamine, DMA) Byrne et al. (2002, pp. 1338) ปริมาณ TVBN ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่า pH สูงขึ้น ทำให้สีของฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสีน้ำเงินไปเป็นสีเขียวมากขึ้นเรื่อย ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากฟิล์มอินดิเคเตอร์ผลิตจาก CMC ซึ่งเป็นวัสดุชีวฐานที่ไม่ทนต่อสภาวะการใช้งานที่มีความชื้นสูง ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงแนวทางในการปรับปรุงสมบัติฟิล์มให้ดีขึ้น หรือหาแนวทางในการผลิตฟิล์มอินดิเคเตอร์จากวัสดุชนิดอื่น
2. ควรศึกษาต่อยอดนำสารสกัดแอนโทไซยานินจากพืชชนิดอื่น เช่น มันม่วงและกะหล่ำปลีม่วง เป็นต้น มาผลิตเป็นอินดิเคเตอร์ เปรียบเทียบกับอินดิเคเตอร์ที่ผลิตจากสารสกัดดอกอัญชัน
3. ควรศึกษาต่อยอดประยุกต์ใช้ฟิล์มอินดิเคเตอร์จากสารสกัดดอกอัญชันกับเนื้อสัตว์และอาหารทะเลชนิดอื่น ๆ เพื่อเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพในการใช้งานของอินดิเคเตอร์

References

- Amegovu, A. K., Sserunjogi, M. L., Ogwok, P., & Makokha, V. (2012). Nucleotided degradation products, total volatile basic nitrogen, sensory and microbiological quality of Nile perch (*Lates niloticus*) fillets under chilled storage. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2, 653-666.
- Byrne, L., Lau, K. T., & Diamond, D. (2002). Monitoring of headspace total volatile basic nitrogen from selected fish species using reflectance spectroscopic measurements of pH sensitive films. *Analyst*, 127, 1338-1341.
- Kanha, N., & Laokuldilok, T. (2014). Effects of spray-drying temperatures on powder properties and antioxidant activities of encapsulated anthocyanins from black glutinous rice bran. *CMU NS Special Issue on Food and Applied Bioscience*, (13)1, 411-423.
- Pereira, V. C., Arruda, I. N. Q., & Stefani, R. (2014). Active chitosan/PVA films with anthocyanins from Brassica oleraceae (Red Cabbage) as time temperature indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*, 43, 180-188.
- Poovarodom, N. (2007). *Food Packaging*. (1st ed.). Bangkok: S. P. M. Printing Co., Ltd.
- Yonekura-Sakakibara, K., Nakayama, T., Yamazaki, M., & Saito, K. (2009). Modification and stabilization of anthocyanins. In Gould, K., Davies, K., & Winefield, C. (Eds.), *Anthocyanins. Biosynthesis, functions, and applications* (pp. 169 - 190). New York, NY, USA: Springer Science + Business Media, LLC.
- Zhang, X., Lu, S., & Chen, X. (2014). A visual pH sensing film using natural dyes from Bauhinia blakeana Dunn. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 198, 268-273.