การใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งเป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์มายองเนส
Use of Dried Aril of Gac Fruit Powder as an Antioxidant in Mayonnaise Product

ปิยนุสร์ น้อยด้วง* ณัฐพร ตะเภาทอง และ เกศรินทร์ มาสิลีรังสี
Piyanoot Noiduang*, Nattaporn Tapaothong and Ketsarin Masileerungsri

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลของการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งเป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์มายองเนส โดยแปรปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้งเป็น 4 ระดับ คือ 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20% ตามลำดับ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่ใช้มากขึ้น มีผลทำให้มายองเนสที่ผลิตได้ มีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น มีค่าความสว่างลดลง และมีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงขึ้น และเมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.05, 0.10, 0.15% และสูตรควบคุม มีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และเมื่อนำมายองเนสที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้ง ทั้ง 4 ระดับและสูตรควบคุม มาศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยวิธีเร่งสภาวะ พบว่ามายองเนสทุกสูตรที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งมีอายุการเก็บมากกว่าสูตรควบคุม และสูตรที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เท่ากับ 182 วัน (5 องศาเซลเซียส) และ 66 วัน (25 องศาเซลเซียส) และมีอายุการเก็บรักษานานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการใช้ 0.02% (w/w) BHT (สารกันหืนทางการค้า) ดังนั้นจะเห็นว่าผงเยื่อฟักข้าวแห้ง สามารถใช้เป็นสารกันหืนได้เช่นเดียวกับสารกันหืนทางการค้า และเมื่อวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) และ TBA พบว่ามีค่าสูงขึ้น เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น และการเพิ่มผงเยื่อฟักข้าวแห้งมากขึ้น พบว่าค่า PV และ TBA จะเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ช้าลง ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณแคโรทีนอยด์มีค่าลดลง เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น

คำสำคัญ: มายองเนส, ฟักข้าว, สารกันหืน

ABSTRACT

The objective of this research was to determine antioxidant properties of dried aril of gac fruit powder added in mayonnaise products. The level of dried aril of gac fruit powder content (0.05, 0.10, 0.15 and 0.20%, w/w) on mayonnaise product was investigated. Increasing content of dried aril of gac fruit powder resulted in the increasing intensity of red and yellow color and carotenoid content while lightness decreasing in the mayonnaise product. For sensory evaluation, it indicated that mayonnaise products with 0.05, 0.10, 0.15% (w/w) dried aril of gac fruit powder and control formula had hedonic score which were no significant difference ($p > 0.05$) in terms of all sensory attributes. Shelf-life of all mayonnaise products with dried aril of gac fruit powder was longer than that of the control formula. The shelf-life of mayonnaise with 0.20% (w/w) dried aril of gac fruit powder was 182 days at 5°C and 66 days at 25°C and compared with formula that use 0.02% (w/w) BHT (commercial antioxidant) found that the shelf life is longer. In concision, dried aril of gac fruit powder can be used as an antioxidant similarly to a commercial antioxidant. During storage, Peroxide value (PV) and TBA value analyzed were higher. PV and TBA value increased slowly with increasing dried gac fruit powder content, while pH and carotenoid content decreased during storage.

Key words: mayonnaise, gac fruit, antioxidant

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

บทนำ

อาหารที่มีองค์ประกอบที่เป็นน้ำมันหรือไขมันสูง มักจะเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ในช่วงของการเก็บรักษา เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันหรือน้ำมัน สารกันหืน (antioxidant) ที่นิยมใช้ทั่วไปเป็นสารประกอบที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น บิวทิวเลตเทต ไฮดรอกซีโทลูอีน (Butylated hydroxytoluene: BHT) บิวทิวเลตเทต ไฮดรอกซีอะนิโซล (Butylated hydroxyanisol: BHA) และเทอเทียรี บิวทิลไฮโดรควิโนน (Tertiary butylhydroquinone: TBHQ) เป็นต้น แต่เมื่อใช้สารดังกล่าวในปริมาณที่สูงในระยะเวลานาน จะเป็นสาเหตุทำให้เกิดความผิดปกติในเนื้อเยื่อของสัตว์ทดลองได้ [1] ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะใช้สารกันหืนจากแหล่งธรรมชาติที่ปลอดภัย ตัวอย่างเช่น แอลฟา-โทโคเฟอรอล (α-tocopherol), กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นต้น ซึ่งแคโรทีนอยด์เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด ตามส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ดอก ใบ ผล เป็นต้น

ฟักข้าว (gac fruit) เป็นไม้เถาเลื้อยพาดพันต้นไม้หรือรั้วบ้าน มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศเอเชียเขตร้อน ผลมีรูปร่างกลมรีเนื้อแน่นฉ่ำน้ำ ผลสุกจะมีสีแดงหรือแดงส้ม [2] สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aoki และคณะ (2002) [3] ซึ่งรายงานว่าผลของฟักข้าวเป็นแหล่งของแคโรทีนอยด์หลายชนิด โดยเฉพาะไลโคปีนที่พบมาก 380 ไมโครกรัมต่อกรัม หรือสูงกว่าผักและผลไม้ที่มีปริมาณไลโคปีนสูงถึง 10 เท่า และสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระอันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง ต้อกระจก และอาการเสื่อมทางสมอง เป็นต้น จึงมีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม [4] นักเกตไก่ [5] และไอศกรีม [6] เป็นต้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลของการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งเป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์มายองเนส และศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี-กายภาพ ระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การเตรียมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง

เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ผ่านการเอาเมล็ดออกแล้ว จำนวน 100 กรัม (จากตลาดน้ำบางน้ำผึ้ง) จังหวัดสมุทรปราการ อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบแห้งแบบลมร้อน นาน 3 ชั่วโมง นำเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ผ่านการอบแห้ง บดเป็นผงละเอียด ชั่งน้ำหนัก และคำนวณร้อยละผลิตผล (%yield) เก็บในถุงพลาสติก แล้วใส่ขวดสีชา และนำไปเก็บใน Desiccators และนำผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่ได้มาวัดค่าสี ตรวจสอบปริมาณความชื้น และแคโรทีนอยด์

Figure 1 Gac fruit and dried aril of gac fruit powder.

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

2. ศึกษาปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์มายองเนส

ทดลองผลิตมายองเนส สูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง ซึ่งส่วนผสมของมายองเนสประกอบด้วย น้ำมันถั่วเหลือง 65% ไข่แดง 10% น้ำตาลทราย 16% น้ำส้มสายชูกลั่น 8% และเกลือ 1% และทำการผลิตโดยนำส่วนของน้ำส้มสายชูกลั่น 5% น้ำตาลทราย เกลือ และไข่แดง ตีผสมให้เข้ากัน จากนั้นใส่น้ำมันพืชทีละน้อยๆ ก่อนจนน้ำมันหมดไป 1 ใน 3 ของน้ำมันพืชที่ต้องใช้ แล้วจึงใส่เร็วขึ้น ตีผสมจนน้ำมันหมด เก็บใส่ในภาชนะปิดสนิท จากนั้นทำการผลิตมายองเนสที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งในปริมาณต่างๆ โดยแปรปริมาณเป็น 4 ระดับ ได้แก่ สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.05% (สูตรที่ 1) สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.10% (สูตรที่ 2) สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.15% (สูตรที่ 3) และสูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% (สูตรที่ 4) ตามลำดับ จากนั้นนำมายองเนสที่ผลิตได้ทุกสูตร มาตรวจสอบทางด้านกายภาพโดยวัดความหนืด โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น LVT และค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex 4510 ส่วนการตรวจสอบทางเคมี โดยวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Delta 320, ปริมาณกรดทั้งหมด (% acidity), ความชื้น ตามวิธี AOAC (2000) [7], ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ค่า Thiobarbituric acid (TBA Value) ดัดแปลงจาก AOCS (1999) [8] และตรวจสอบ ปริมาณแคโรทีนอยด์ [9] และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point Hedonic scale กับผู้ทดสอบชิมกึ่งฝึกฝน ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม จำนวน 30 คน และวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย Analysis of variance (ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range test

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษาของมายองเนสโดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf- life Testing; ASLT)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการผลิตมายองเนส จำนวน 6 สูตร ได้แก่ สูตรที่ไม่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง (สูตรควบคุม) สูตรที่มีการเติม 0.02% BHT เป็นสารกันหืน สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.05% (สูตรที่ 1) สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.10% (สูตรที่ 2) สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.15% (สูตรที่ 3) และสูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% (สูตรที่ 4) แล้วนำมายองเนสที่ผลิตได้ทั้ง 6 สูตร มาบรรจุใส่ในถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) ขนาดบรรจุ 80 กรัม ไล่อากาศออก และปิดปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึก แล้วนำไปเก็บตู้บ่ม (incubator) ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส และเก็บตัวอย่างควบคุมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณแคโรทีนอยด์ทุกๆ 7 วัน ส่วนค่า PV และ TBA ทำการตรวจสอบทุกๆ 4 วัน และทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยใช้วิธีทดสอบความแตกต่าง (Difference from Control Test) ระหว่างตัวอย่างที่ควบคุมกับตัวอย่างที่อุณหภูมิเร่ง 35 และ 45 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบทุกๆ 4 วัน เมื่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับตัวอย่างควบคุม จากนั้นจึงทำนายอายุการเก็บรักษา โดยใช้สมการ Labuza ตามวิธีของตวงศิริ เจตนาธรรมจิต (2542) [10, 11]

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง

จากการเตรียมผงเยื่อฟักข้าวแห้งจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวสด เมื่ออบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่าได้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งสีแดง มีร้อยละของผลผลิตของผงเยื่อฟักข้าวแห้ง เท่ากับ 15.89 ± 2.37 โดยน้ำหนัก และ เมื่อนำมาวัดค่าสีของผงเยื่อฟักข้าวแห้ง ได้ค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสี

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

เหลือง (b*) มีค่าเท่ากับ 39.88 ± 3.63, 28.68 ± 2.12 และ 16.11 ± 2.05 ตามลำดับ ส่วนปริมาณความชื้นของผงเยื่อฟักข้าวแห้ง เท่ากับร้อยละ 4.57 ± 0.14 และมีปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้น เท่ากับ 7.11 µg/g

2. ศึกษาปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่เหมาะสมในการใช้เป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์มายองเนส

เมื่อผลิตมายองเนสที่มีการแปรปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้งเป็น 4 ระดับ คือ 0.05 (สูตรที่ 1), 0.10 (สูตรที่ 2), 0.15 (สูตรที่ 3) และ 0.20% (สูตรที่ 4) และสูตรควบคุม และนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพโดยวัดค่าความหนืดและค่าสี พบว่า ค่าความหนืดมีค่าอยู่ระหว่าง 41,333- 48,250 centipoise ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะฟักข้าวแห้งมีเส้นใยสูง จึงทำให้ความหนืดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ส่วนค่าสี พบว่ามายองเนสมีค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มลดลงจาก 66.99 ไปเป็น 57.09 เมื่อเพิ่มปริมาณของผงเยื่อฟักข้าวแห้ง ทั้งนี้อาจเกิดจากผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่ใช้มีสีส้มเข้มของสารในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ [3] เมื่อใส่ในปริมาณเพิ่มมากขึ้น จึงมีผลทำให้มายองเนส มีค่าความสว่างลดลง และสอดคล้องกับค่าสีแดง (a*) พบว่ามายองเนส มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น จาก 2.39 ไปเป็น 13.89 และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นจาก 30.42 ไปเป็น 39.34 จากผลการทดลอง จะเห็นว่าค่าสีแดงและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากสีของเยื่อฟักข้าวผงมีสีแดงส้ม เมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ในผลิตภัณฑ์มายองเนสมากขึ้น จึงมีผลทำให้มีค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นด้วย (Table 1 และ Figure 2)

Table 1 Physical properties of mayonnaise with different levels of dried aril of gac fruit powder.

Properties	Viscosity (cP)	Color		
		L* (lightness)	a* (redness)	b* (yellowness)
Control	41,333 ± 1,040.83^{c}	66.99 ± 0.02^{a}	2.39 ± 0.02^{e}	30.42 ± 0.01^{d}
Formula 1	44,000 ± 866.03^{b}	62.64 ± 0.13^{b}	5.85 ± 0.70^{d}	30.90 ± 0.07^{c}
Formula 2	47,000 ± 1,322.88^{a}	60.77 ± 0.04^{c}	6.13 ± 0.03^{c}	31.65 ± 0.50^{b}
Formula 3	47,500 ± 866.03^{a}	60.37 ± 0.07^{d}	6.73 ± 0.04^{b}	33.77 ± 0.11^{b}
Formula 4	48,250 ± 901.39^{a}	57.09 ± 0.10^{e}	13.89± 0.06^{a}	39.24 ± 0.21^{a}

Remark: Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$)
ns = not significantly different ($p > 0.05$)
Mean ± standard deviation (SD)

Figure 2 Mayonnaise with different levels of dried aril of gac fruit powder and control.

ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี พบว่ามายองเนสมีปริมาณกรด มีค่าอยู่ในช่วง 0.31–0.34% ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 3.84-3.85 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก. 1402 - 2540) [12] ที่กำหนดไว้ว่า ต้องไม่สูงกว่า 4.10 ส่วนค่า PV พบว่ามีค่า

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

เท่ากับ 0 meq/kg เช่นเดียวกับค่า TBA ที่มีค่า 0 maloaldehyde/kg ทั้ง 4 สูตร และเมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.9490 ไปเป็น 1.9882 µg/g เมื่อเพิ่มปริมาณผงเยื่อฟักข้าวแห้ง พบว่าปริมาณแคโรทีนอยด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ Aoki และคณะ (2002) [3] ที่รายงานว่าฟักข้าวมีสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์อยู่ ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้ในผลิตภัณฑ์มายองเนสมากขึ้น จึงมีผลทำให้มีปริมาณของแคโรทีนอยด์สูงขึ้นด้วย (Table 2)

Table 2 Chemical properties of mayonnaise with different levels of dried aril of gac fruit powder

Properties	Mayonnaise formula				
	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
% acidity	0.34 ± 0.01^{a}	0.34 ± 0.00^{a}	0.33 ± 0.00^{ab}	0.32 ± 0.02^{ab}	0.31 ± 0.02^{b}
pH^{ns}	3.85 ± 0.00	3.85 ± 0.00	3.85 ± 0.00	3.84 ± 0.00	3.84 ± 0.00
PV (meq/kg)^{ns}	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
TBA (Malonaldehyde/kg)^{ns}	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Carotenoid content (µg/g)	0.76 ± 0.00^{e}	0.95 ± 0.00^{d}	1.18 ± 0.00^{c}	1.61 ± 0.00^{b}	1.99 ± 0.00^{a}

Remark: Values with different letters in superscript in rows are significantly different ($p \leq 0.05$)
ns = not significantly different ($p > 0.05$)
Mean ± standard deviation (SD)

ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธีการทดสอบแบบ 9-point Hedonic Scale พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นรส ไม่แตกต่างกันในทุกสูตร ส่วนด้านสีและความชอบโดยรวม พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนของสูตรควบคุมไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1, 2 และ 3 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 4 แต่สูตรที่ 4 มีคะแนนไม่แตกต่างกับสูตรที่ 2 และ 3 ส่วนด้านความข้นหนืด พบว่าสูตรควบคุม มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1, 2 และ 3 แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 4 ดังแสดงใน Table 3 ดังนั้นจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าความเข้มข้นของผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรควบคุม คือ ความเข้มข้นสูงสุด เท่ากับ 0.15%

Table 3 Means hedonic score of sensory evaluation of control and mayonnaise with different levels of dried aril of gac fruit powder.

Mayonnaise formula	Means hedonic score of sensory evaluation				
	Color	Appearance^{ns}	Viscosity	Flavor^{ns}	Overall acceptability
Control	7.37±1.03^{a}	6.97±1.13	6.77±1.38^{a}	6.80±1.16	7.20±0.96^{a}
Formula 1	7.27±1.44^{a}	6.83±1.15	6.73±1.14^{a}	6.87±1.14	7.03±1.07^{a}
Formula 2	6.93±1.08^{ab}	6.80±1.06	6.97±1.13^{a}	6.73±1.05	6.87±1.07^{ab}
Formula 3	6.83±1.09^{ab}	6.63±1.13	6.87±0.94^{a}	6.83±1.09	6.73±0.98^{ab}
Formula 4	6.37±1.16^{b}	6.50±1.20	6.10±1.47^{b}	6.53±1.14	6.40±1.04^{b}

Remark: Values with different letters in superscript in columns are significantly different ($p \leq 0.05$)
ns = not significantly different ($p > 0.05$)
Mean ± standard deviation (SD)

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการทำนายอายุการเก็บรักษาของมายองเนสโดยวิธีเร่งสภาวะ (Accelerated Shelf- life Testing; ASLT)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการผลิตมายองเนส จำนวน 6 สูตร ได้แก่ สูตรควบคุมที่ไม่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง สูตรที่มีการเติม 0.02% BHT ซึ่งสารกันหืนทางการค้า สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.05% (สูตรที่ 1) สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.10% (สูตรที่ 2) สูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.15% (สูตรที่ 3) และสูตรที่มีการเติมผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% (สูตรที่ 4) แล้วนำมายองเนสที่ผลิตได้ทั้ง 6 สูตร มาเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุกๆ 4 วัน มาตรวจสอบ ซึ่งผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณผงเยื่อฟักข้าวมากขึ้น มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มายองเนสมีอายุการเก็บรักษาได้นานมากขึ้น ดังแสดงใน Table 4 ซึ่งผลิตภัณฑ์มายองเนสทุกสูตรที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งมีอายุการเก็บรักษานานกว่าเปรียบเทียบสูตรควบคุม โดยสูตรที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% มีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุดเท่ากับ 182 วัน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ 66 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มีการเติม 0.02% BHT (สารกันหืนทางการค้า) พบว่าสูตรที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% มีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า ดังนั้น จากผลการทดลองผงเยื่อฟักข้าวแห้งสามารถใช้เป็นสารกันหืนได้ เช่นเดียวกับสารกันหืนทางการค้า โดยปริมาณที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งต้องใช้อย่างน้อย 0.15% ขึ้นไป

Table 4 Prediction of shelf life of mayonnaise at 5 and 25°C

Mayonnaise formula	Prediction of shelf life at 5°C (days)	Prediction of shelf life at 25°C (days)
Control	37	21
Formula 1	81	36
Formula 2	94	42
Formula 3	131	51
Formula 4	182	66
0.02% (w/w) BHT	150	49

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของมายองเนส ทั้ง 6 สูตร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งสูตรควบคุม จะมีการลดลงอย่างรวดเร็วของค่า pH จาก 3.85 เป็น 3.70 ในขณะที่มายองเนสสูตรอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ลดลง ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกันกับที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (Figure 3A) จะเห็นว่าค่า pH ที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะเร่ง ส่วนค่าความเป็นกรด (% acidity) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาในสภาวะเร่ง (ไม่แสดงข้อมูล) ซึ่งค่าความเป็นกรด เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการเกิดกลิ่นหืน ถ้าค่าปริมาณกรดสูงหรือค่า pH ต่ำ แสดงว่าเกิดการหืนมาก [13] ซึ่งอาจเนื่องจากการเกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง ซึ่งกรดไขมันอิสระ เป็นสาเหตุสำคัญของการเสื่อมเสียอาหาร คือ การเกิดกลิ่นผิดปกติ (off flavor) หรือกลิ่นหืน และทำให้ค่าความเป็นกรด (acid value) ของน้ำมันสูงขึ้น [14] นอกจากนี้ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้น และค่า pH ที่ลดลง อาจจะเกิดจากการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่มแลคติก (lactic acid bacteria) ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา [15]

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

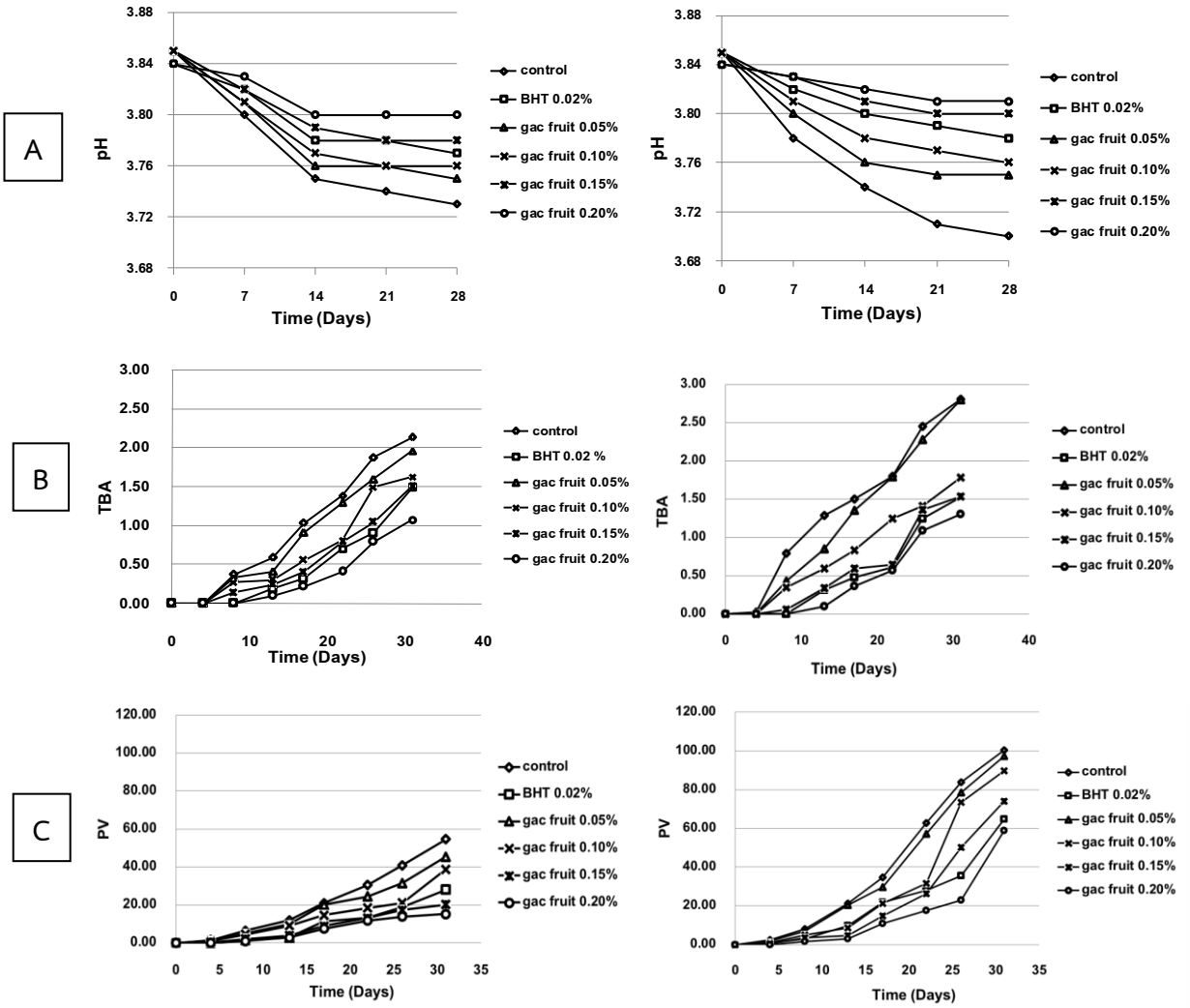

Figure 3 pH, TBA and Peroxide value changes during storage at 35 and 45°C.

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเดชันของไขมันด้วยวิธี thiobarbituric acid (TBA) เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์คำนวณหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ และใช้เป็นดัชนีชี้วัดความเหม็นหืนของผลิตภัณฑ์ด้วย จากการทดลองพบว่าค่า TBA เริ่มต้นของมายองเนส มีค่าเท่ากับ 0 malonaldehyde/kg และมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ดังแสดงใน Figure 3B และพบว่ามายองเนสที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า TBA สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้เกิดลิปิดออกซิเดชัน และเกิดเปอร์ออกไซด์ของแอลดีไฮด์ที่ได้จากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากขึ้น [16]

ส่วนการวิเคราะห์ค่า peroxide value (PV) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเดชันของไขมันอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเปอร์ออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ตัวแรกของการเกิดปฏิกิริยา auto-oxidation [16] จากการทดลองพบว่าค่า PV เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์มายองเนส มีค่าเท่ากับ 0 meq/kg มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงใน Figure 3C โดยช่วงแรกของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จะเกิดเปอร์ออกไซด์อย่างช้าๆ แต่เมื่อเก็บรักษามากขึ้นระยะหนึ่ง มีผลทำให้ค่า PV จะเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และมีกลิ่นที่ผิดปกติ ซึ่งเกิดจากกรดไขมันอิสระที่เป็นกรดไขมันที่มีสายสั้น (short chain fatty acid) เป็นสารมีกลิ่นและเมื่อหลุดออกมา

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

เป็นโมเลกุลอิสระทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในอาหาร และกรดไขมันอิสระชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิปิด (lipid oxidation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ทำให้การเหม็นหืนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว [17] และมีการกำหนดว่าผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันหรือมีองค์ประกอบของน้ำมันในปริมาณมาก ต้องมีค่า PV ไม่เกิน 50 meq/kg [18] ดังนั้นค่า PV ที่เกิน 50 meq/kg เป็นดัชนีบ่งชี้การเสื่อมเสียของมายองเนส

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิในสภาวะเร่งเป็นเวลานานขึ้น ส่งผลทำให้มีค่าความหนืดและค่าความสว่าง (L*) ลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (ไม่แสดงข้อมูล) เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ในสภาวะเร่ง ทำให้สีของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงจากสีส้มเป็นสีส้มเข้มขึ้น (คล้ำ) เนื่องจากความร้อนที่สูงขึ้นจะเป็นการทำลายโครงสร้างของสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่อยู่ในเยื่อฟักข้าว จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนค่าสีของผลิตภัณฑ์ [19] รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของพรรณทิพา เจริญไทยกิจ (2546) [20] และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ในผลิตภัณฑ์มายองเนสระหว่างเก็บรักษา พบว่าจะมีค่าลดลง โดยที่อุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส มีปริมาณแคโรทีนอยด์ลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ดังแสดงผลใน Figure 4 เนื่องจากแคโรทีนอยด์สามารถเสื่อมสลายได้ด้วยปัจจัยต่างๆ เช่น ออกซิเจน ความร้อน และแสงสว่าง เป็นต้น ซึ่งแคโรทีนอยด์ที่พบในธรรมชาติ ส่วนใหญ่เป็นรูป trans form หากได้รับแสงหรือความร้อนจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนเป็นรูป cis form ซึ่งจะไม่ค่อยเสถียร ดังนั้นอุณหภูมิที่สูง จะทำให้เกิดการสูญเสียแคโรทีนอยด์ และพบว่าผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อน จะมีผลต่อการสูญเสียแคโรทีนอยด์ มากกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาอาหารที่มีสารแคโรทีนอยด์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการสูญเสียแคโรทีนอยด์ [21]

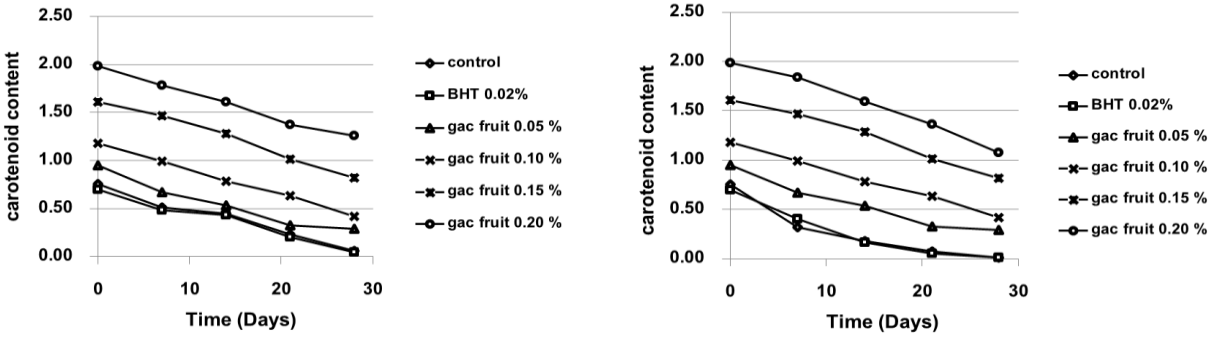

Figure 4 Carotenoid content changes during storage at 35 and 45°C

สรุปผล

จากการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งในผลิตมายองเนส โดยแปรปริมาณเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0.05, 0.10, 0.15 และ 0.20% ตามลำดับ เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งมากขึ้น มีผลค่าสีของผลิตภัณฑ์ต่อค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง (L*) ลดลง และมีผลให้ค่าความหนืดของมายองเนสเพิ่มขึ้น ส่วนคุณภาพทางด้านเคมี พบว่าการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งมากขึ้น ไม่มีผลต่อค่าปริมาณกรดและค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV Value) (มีค่าเท่ากับ 0 milliequivalent/kg) และค่า Thiobarbituric (TBA) (มีค่าเท่ากับ 0 malonaldehyd/kg) ทั้ง 5 สูตร แต่มีผลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ถ้าใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งมากขึ้น และเมื่อนำมาประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าผู้ทดสอบให้

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

คะแนนความชอบมายองเนส ในทุกด้านลักษณะปรากฏ และกลิ่นรส ไม่แตกต่างกันในทุกสูตร ส่วนในด้านสี ความข้นหนืด และความชอบโดยรวม พบว่าสูตรที่ 1, 2 และ 3 สูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในด้านความข้นหนืด พบว่าทุกสูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสูตรที่ 4 ดังนั้นความเข้มข้นของผงเยื่อฟักข้าวแห้งที่ใส่ในผลิตภัณฑ์มายองเนส และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม คือ ความเข้มข้นสูงสุด เท่ากับ 0.15%

จากนั้นศึกษาอายุการเก็บรักษามายองเนสโดยวิธีการเร่งสภาวะ ที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่ามายองเนส สูตรที่ 4 ที่ใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้ง 0.20% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมและสูตรที่มีการเติม 0.02% BHT เป็นสารกันหืนทางการค้า และเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิในสภาวะเร่งเป็นเวลานานขึ้น ส่งผลทำให้มีค่าความหนืดและค่าความสว่าง (L*) ลดลง ส่วนค่าสีแดง (a*) และ ค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และพบว่าค่า Peroxide value และ TBA พบว่ามีค่าสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของผงเยื่อฟักข้าวแห้งมากขึ้น มีผลทำให้ค่า PV และ TBA เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ช้าลง ส่วนปริมาณแคโรทีนอยด์มีค่าลดลง เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น จะเห็นได้ว่า ผงเยื่อฟักข้าวแห้งสามารถใช้เป็นสารกันหืนได้ในมายองเนส เช่นเดียวกับสารกันหืนทางการค้า และการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งในปริมาณที่มากขึ้น มีผลทำให้มายองเนสมีอายุในการเก็บรักษาได้นานมากขึ้นด้วย ซึ่งความเข้มข้น 0.20% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ดังนั้นในการใช้ผงเยื่อฟักข้าวแห้งเป็นสารกันหืนในผลิตภัณฑ์มายองเนส ควรจะใช้ที่ความเข้มข้นอย่างน้อย 0.15% ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์มายองเนส มีสมบัติทางเคมี-ภายภาพ และอายุการเก็บรักษาที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมที่ใช้สารกันหืนทางการค้า และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ โดยเพิ่มปริมาณของผงเยื่อฟักข้าวแห้งให้มากขึ้น แต่จะมีผลต่อค่าสีและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

[1] Guyton, A.C. and Hall, J.E. (2006). Textbook of medical physiology. 11th ed. Philadelphia: WB Saunders Company.

[2] Putiyanan, S., Nantachit, K. and Okonogi, S. (2009). Standard Pharmacognostic Characterisation of Fak khaao as Pharmaceutical Preparation for Skin Diseases Treatment. CMU. J. Nat. Sci. 8(2): 189-200.

[3] Aoki, H., Kieu, N.T., Kuze, N., Tomisaka, K. and Chuyen. N.V. (2002). Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis* Spreng). Biosci. Biotechnol. Biochem. 66(11): 2479-2482.

[4] อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์. (2554). การผลิตนมเปรี้ยวพร้อมดื่มที่เสริมด้วยฟักข้าว. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 7(1): 17-30.

[5] จิตตะวัน กุโบลา พะนอจิต นิติสุข อรนุช สีหามาลา พนิดา วงศ์ปรีดี และ สุรินทร ภูจริต. (2556) ผลของการเสริมไลโคปีนจากฟักข้าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์นักเกตไก่. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, 268-273.

[6] Sasikarn Songtummin and Borwonsak Leenanon. (2012). Production of Spiny Bitter Cucumber Ice Cream Supplemented with Probiotics. Agricultural Sci. J. 43: 3 (Suppl.): 135-138.

[7] AOAC. (2000). Official Method of Analysis. The Association of Official Analytical Chemical Chemists, Washington, D.C. 17th ed.

[8] AOCS. (1999). Official Method and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society , 4th ed.; Tirestone, D., Champaign, lllinois.

*piyanoot.noi@siam.edu

อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร

Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.

[9] สุนทรี สุทธศิลป์. (2546). รายงานเรื่อง การสกัดและตรวจสอบปริมาณสารอนุพันธ์แคโรทีนอยด์ Carotenoid จากแครอท. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

[10] Labuza, T.P. (1982). Shelf Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, Connecticut, USA. 499 pp.

[11] ตวงศิริ เจตนาธรรมจิต. (2542). การพัฒนามายองเนสลดพลังงานโดยใช้แป้งดัดแปรจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อทดแทนไขมัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

[12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2540). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและสลัดครีม. มอก. 1402-2540.

[13] สุภาพร พาเจริญ. (2552). อายุการเก็บรักษาของมายองเนสเสริมสารสกัดจากเปลือกมะนาวและอบเชย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

[14] ปิยะวรรณ พิมพ์คำ วีระสิทธิ์ ธรรมวโร และ เพียวพันธ์ อินทวิเศษ. (2550). การศึกษาความคงตัวและการเกิดกลิ่นหืนในนมคืนรูปดัดแปลงน้ำมันด้วยน้ำมันข้าวโพด.อุตสาหกรรมการเกษตร. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปราจีนบุรี.

[15] Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S. and Jamnong, P. (2006). β-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. Food Hydrocolloids. 20, 68-78.

[16] นิธิยา รัตนาปนนท์. (2553). เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4 สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 504 หน้า.

[17] Reische, D.W., Lillard, D.A. and Eitenmiller, R.R. (1998). Food Lipids. Marcel Dekker, Inc., New York.

[18] จินดา รัตนถาวรกิติ. (2553). การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำพริกเผาและน้ำมันพริกเผาด้วยวิธี Q_{10} และแบบจำลองจลนพลศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ.

[19] ฉัตรชนก ช่วยนวล และเปรมศิริ โรจน์สัจจะกุล. (2553). ผลของความร้อนต่อความคงตัวของปริมาณไลโคปีน และอายุการเก็บรักษาของน้ำฟักข้าวพาสเจอร์ไรส์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กาญจนบุรี.

[20] พรรณทิพา เจริญไทยกิจ. (2546). การใช้ประโยชน์สารสกัดจากหัวกุ้งกุลาดำ (Penaeus monodon) เพื่อใช้เป็นวัตถุกันหืนธรรมชาติในผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองและมายองเนส. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

[21] Lisiewska, Z. and Kmiecik, W. (2000). Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. Food Chemistry. 70 (2): 167-173.

*piyanoot.noi@siam.edu
อาจารย์ประจำ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม กรุงเทพมหานคร
Lecturer, Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok.