

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา
ของน้ำมันงาบีบร้อนและบีบเย็นในสภาวะเร่ง
CHEMICAL, PHYSICAL AND MICROBIOLOGICAL CHANGES
OF ROAST SESAME OIL AND COLD SESAME OIL
IN ACCELERATED CONDITION

ผู้วิจัย ปภาวีร์ เสาร์เขียว¹
อาจารย์ที่ปรึกษา วิศณี สุประดิษฐอาภาธร²
 มงคล ยะไชย³

บทคัดย่อ

น้ำมันงา (sesame oil) เป็นน้ำมันที่นิยมกันมากในปัจจุบันสำหรับผู้บริโภคที่สนใจเรื่องสุขภาพ การผลิตน้ำมันงานั้น มีทั้งการบีบร้อน (hot pressing) และการบีบเย็น (cold pressing) ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจสอบน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิด โดยการบรรจุน้ำมันงาใส่ในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ 5, 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่า Acid value, Peroxide value และ Moisture ในทุกๆ 10 วัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาที่จัดเก็บในอุณหภูมิ 5, 25 และ 35 องศาเซลเซียส ทุกๆ 7 วัน สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำมันงาที่จัดเก็บในอุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส และตรวจสอบ Total plate count, Coliforms Bacteria, Yeast and molds, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ในน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิด เมื่อสิ้นสุดการทดลองในทุกช่วงอุณหภูมิของการจัดเก็บ ใช้ระยะเวลา 100 และ 70 วัน ปริมาณค่า AV ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ในน้ำมันงาทั้งบีบร้อนและบีบเย็น เมื่อเวลาผ่านไปที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่า AV จาก 1.504 เพิ่มขึ้นเป็น 2.680 mg KOH/g และ 1.875 เพิ่มขึ้นเป็น 3.160 mg KOH/g ในอุณหภูมิการจัดเก็บที่สูงขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น ในน้ำมันงาบีบร้อนจะมีค่า AV เท่ากับ 2.621, 2.523, 3.552 และ 3.672 mg KOH/g ตามลำดับ และในน้ำมันงาบีบเย็น ได้ค่า AV เท่ากับ 3.129, 3.224, 3.421 และ

¹ นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

² อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

³ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

3.441 mg KOH/g ตามลำดับ ในการทดสอบค่า PV ผลิตภัณฑ์น้ำมันงา น้ำมันงापิบเย็นเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ค่า PV ที่ได้เปลี่ยนแปลงจากเริ่มต้นที่ 0.00 เป็น 11.870 mEq/kg ในวันที่สิ้นสุดของการจัดเก็บ ซึ่งค่าที่ได้เกินกว่าที่กฎหมายได้กำหนดไว้ ทั้งนี้ผลที่ได้แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจนนในน้ำมันงापิบร้อน ค่า PV จะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเพียงเล็กน้อยจาก 0.00 เป็น 2.617 mEq/kg และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่า PV จะเพิ่มขึ้นช้ากว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่สูง โดยเพิ่มจาก 0.00 เป็น 1.72 mEq/kg ในน้ำมันงापิบร้อน และ 5.58 mEq/kg ในน้ำมันงापิบเย็น ส่วนค่าความชื้นน้ำมันงापิบร้อนที่เกิดขึ้นจากการทดลองจะแปรผันตามอุณหภูมิที่จัดเก็บที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจากร้อยละ 0.130 เป็น 0.233, 0.289, 0.322, 0.310, 0.311 ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับน้ำมันงापิบเย็น จะเพิ่มจากร้อยละ 0.128 เป็น 0.233, 0.292, 0.290, 0.311, 0.310 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และในการทดสอบทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ ผลที่ได้ไม่พบการเจริญเติบโตที่เกินกว่ากฎหมายกำหนด ทั้งในน้ำมันงापิบร้อนและปิบเย็นไม่ว่าจะเก็บในอุณหภูมิสูงหรือต่ำก็ตาม จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการจัดเก็บน้ำมันงาเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียทางด้านคุณภาพนั้น ควรจัดเก็บที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาน้ำมันงาไว้ได้ดีที่สุดทั้งน้ำมันงापิบร้อนและน้ำมันงापิบเย็น แต่ระยะเวลาในการจัดเก็บที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของน้ำมันงาเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันงापิบเย็น

คำสำคัญ : น้ำมันงापิบร้อน, น้ำมันงापิบเย็น, ค่าเพอร์ออกไซด์, ค่าความเป็นกรด, ความชื้น

ABSTRACT

Sesame oil is very popular nowadays among the health care consumers. The edible vegetable oil can be produced by the hot or cold pressing processes. This research investigated the change in product qualities in terms of acid values (AV), peroxide values (PV) and moisture content of sesame oil extracted by the two methods. The constant volume of oil (50 mL) in glass bottles was incubated in a variety of temperature conditions (5, 25, 35, 45 and 55°C) for 100-day period. The chemical analysis of oil products stored at 45 and 55°C were evaluated every week while the samples kept at lower temperatures were sampling every 10 days. The microbiological analysis of total plate count, coliforms bacteria including yeast and molds also the product safety from foodborne pathogens, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* was determined at the end of the experiment in all temperatures of storage period. There had a slightly increase in AV values at 5°C of hot pressed condition from 1.504 to 2.680 mg KOH/g and cold pressed treatment from 1.875 to 3.160 mg KOH/g. The high storage temperatures accelerated the change in AV parameter of

hot pressed oil resulting in the values of 2.621, 2.523, 3.552 and 3.676 mg KOH/g similarly to the outcome of cold treated oil presented 3.129, 3.224, 3.421 and 3.441 mg KOH/g respectively. At 55°C, a rapid increment of PV value by 11.870 mEq/kg was reported in cold pressed product overtime and still exceeded the food standard whereas the hot process affected to the value up to 2.617 mEq/kg only. The low storage temperature had a remarkable deceleration the PV. The noticeable different in PV contents of hot pressed sample incubated at 5°C was also relative high, 5.58 mEq/kg in comparison to 1.72 mEq/kg found in cold extraction. The moisture content of hot pressed oil caused by the storage test was proportional increase to the elevated temperature from the initial value, 0.130 mEq/kg as statistically significantly ($p < 0.05$) up to 0.233, 0.289, 0.322, 0.310 and 0.311, respectively. The PV of cold press sesame oil were shown a statistically different ($p < 0.05$) rising from the control, 0.128 upward to 0.233, 0.292, 0.290, 0.311 and 0.310, respectively. Furthermore, the microbial quality and safety both hot and cold treated samples sampling from the five storage temperatures was not growing in excess of the standard limit. The research shows that low temperature is an effective storage condition to prevent the chemical instability and deterioration of the oil processed by both two pressing methods. However, the duration of observation storage has no effect on the sesame oil quality pressed by the cold preparation.

Keywords : Roast Sesame Oil, Cool Sesame Oil, Peroxide Value, Acid Value, Moisture

บทนำ

น้ำมันงา (sesame oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดงา (*Sesamum indicum*) ซึ่งมีวิธีการผลิตหลายวิธี แต่ที่นิยมมากคือ การบีบ การบีบน้ำมันงานั้นมีทั้งการบีบเย็น (cold pressing) และการบีบร้อน (hot pressing) (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) ในประเทศไทยมีน้ำมันงา 2 ชนิด คือ น้ำมันงาอัดดิบ (cool sesame oil) ที่มีสีเหลืองอมเหลืองให้กลิ่นรสหอม ที่ผู้บริโภคชอบอีกประเภทเป็นน้ำมันงาคั่ว (roast sesame oil) ให้น้ำมันสีคล้ำอาจมีสีน้ำตาลถึงดำ มีกลิ่นรสแรง น้ำมันงาไม่ใช้ผัดหรือทอดโดยตรง คนจีนนิยมใช้ปรุงอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นรส จึงมักไม่ต้องทำให้บริสุทธิ์

(คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2546) น้ำมันงามีกลิ่นเฉพาะตัว คือ กลิ่น nutty สำหรับน้ำมันงาคั่วจะมีสีเหลืองเข้ม ความเข้มของสีน้ำมันงาคั่วจะขึ้นอยู่กับระดับการคั่วเมล็ด ถ้าคั่วน้ำมันให้สุกมากก็จะได้กลิ่นน้ำมันงาที่หอมมาก แต่น้ำมันงาที่ได้จะมีสีเข้มมาก คล้ายสีน้ำตาล สารเซซาโมลิน (sesamol) ในน้ำมันงาช่วยให้น้ำมันงามีกลิ่นหอม (Abe *et al.*, 2001) หากแต่มีโรงงานเพียงไม่กี่แห่งในไทยที่สามารถผลิตน้ำมันงาออกมาจำหน่ายในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคได้ การเก็บรักษาน้ำมันงาเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานและขยายระยะเวลาในการจัดจำหน่ายของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาออกไป

ถึงอย่างนั้นก็น้ำมันงาจำนวนมากที่ต้องสูญเสียคุณภาพไประหว่างการจัดเก็บที่ไม่ถูกวิธีและทำให้การเสื่อมเสียเมื่อไปถึงผู้บริโภค ปัญหาดังกล่าวเกิดจากทางผู้ผลิตไม่ทราบถึงอายุการเก็บรักษาน้ำมันงาที่แน่นอนรวมถึงสภาพการเก็บที่เหมาะสม เนื่องจากขาดการทดสอบที่ชัดเจนถึงสภาพการเก็บรักษาน้ำมันงาที่ถูกต้อง ทางผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำมันงา ซึ่งในอนาคตจะเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่นิยมและมีมูลค่าทางการค้าที่สูง อีกทั้งน้ำมันงายังมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ กรดไขมัน (fatty acid) ที่สำคัญทั้ง 2 ชนิดคือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ได้แก่ กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) กรดสเตียริก (stearic acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) เป็นกรดไขมันเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) และกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) เป็นกรดไขมันเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) กรดไขมันทั้งสองชนิดนี้ มนุษย์ไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ แต่เป็นกรดไขมันที่ร่างกายต้องการ จึงเรียกรกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งสองชนิดนี้ว่า กรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) นอกจากนี้ กรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเลอิกและลิโนเลอิกช่วยลดระดับพลาสมาคอเลสเตอรอล (plasma cholesterol levels) สำหรับกรดลิโนเลอิก มีโอเมก้า 6 (omega 6) ซึ่งช่วยไม่ให้คอเลสเตอรอลเกาะเส้นเลือด ควบคุมความดันโลหิต ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน และปรับระดับไขมันในร่างกาย ช่วยบำรุงผิวให้อ่อนนุ่ม (วาสนา วงใหญ่, 2550) นอกจากนี้ กระทรวงสาธารณสุขประเทศญี่ปุ่นได้รับรองให้น้ำมันงาเป็นอาหารสุขภาพ และสถาบันมะเร็งแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The United States National Cancer Institute) ได้เริ่มโครงการเกี่ยวกับการศึกษาสารจากพืชหลายชนิดที่สามารถป้องกัน

การเกิดมะเร็ง ซึ่งมีการรวมอยู่ด้วย (Ashei, 1998) แต่น้ำมันงาก็มีการเสื่อมเสียเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา การเกิดออกซิเดชัน (oxidation) เป็นปฏิกิริยาสำคัญของการเสื่อมสภาพในคุณภาพของอาหาร ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อรสชาติเน่าเสียและสิ่งไม่พึงประสงค์ต่อผลิตภัณฑ์ไขมันเท่านั้น แต่มันยังทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดโรคมะเร็ง (carcinogenesis), การอักเสบ (inflammation), ภาวะชราภาพ (aging) และโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular disorders) (Pezzuto and Park, 2002) ซึ่งมีผลทำให้คุณภาพที่ดีของน้ำมันงานั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ขอความร่วมมือไปยังบริษัท ชัยเสรี จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานที่ผลิตน้ำมันงารายใหญ่ของประเทศ ในการสนับสนุนน้ำมันงาที่ทางโรงงานผลิตเพื่อใช้ในการทดลองงานวิจัย ศึกษาถึงคุณสมบัติทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพ ในระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิในการเก็บที่ต่างกัน เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษา ตลอดจนจนถนอมคุณภาพที่ดีของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาให้คงไว้ได้นานที่สุด รวมถึงเพื่อให้ผู้ที่สนใจในเรื่องดังกล่าวสามารถนำข้อมูลงานวิจัยนี้ไปใช้อ้างอิงให้เกิดประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาที่บิปร้อนและน้ำมันงาบิเบียนในสภาวะเร่ง รวมถึงทราบสภาวะการจัดเก็บน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิดที่เหมาะสมเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันงา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. น้ำมันงาที่ใช้ในการวิจัย เป็นน้ำมันงาที่ผลิตจากบริษัท ชัยเสรี จำกัด นำเมล็ดงา (เมล็ดงาพันธุ์พื้นเมืองที่ปลูกในประเทศไทยเท่านั้น) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส แล้วนำเข้าเครื่องบีบ และกรองน้ำมันงาด้วยเครื่องกรอง ส่วนน้ำมันงาบีบเย็นผลิตโดยนำเมล็ดงาชนิดเดียวกันบีบอัดด้วยเครื่องบีบโดยตรงและกรองผ่านเครื่องกรอง

2. การเตรียมตัวอย่าง นำน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิด บรรจุขวดแก้ว ขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท แล้วจึงเก็บน้ำมันงาที่เตรียมไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในตู้แช่เย็น (Sanden intercool รุ่น sdc-1500) และเก็บที่อุณหภูมิ 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส (สภาวะเร่ง) โดยใช้ตู้อบ (Sanyo incubator mir 553)

3. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรด (Acid value) และค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ตามวิธีของ Firestone (2000) และทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้นด้วยเครื่อง DND MT-50 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิด จำนวน 5 ขวด ทุก 10 วัน สำหรับตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 5, 25 และ 35 องศาเซลเซียส และทุก 7 วัน สำหรับตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 100 และ 70 วัน

4. การตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันงาอายุ 100 วัน ได้แก่

- 1) Total plate count (U.S. Food and Drug Administration. FDA BAM, 2001)
- 2) Coliforms Bacteria (U.S. Food and Drug Administration. FDA BAM, 2002)
- 3) Yeast and molds (U.S. Food and Drug Administration. FDA BAM, 2001)

4) *Clostridium perfringens* (WHO Global Foodborne Infections Network, 2010)

5) *Salmonella* spp. (WHO Global Foodborne Infections Network, 2010)

6) *Bacillus cereus* (U.S. Food and Drug Administration. ISO 7932, 2004)

7) *Staphylococcus aureus* (WHO Global Foodborne Infections Network, 2010)

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยการวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญสูง ($p < 0.05$) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

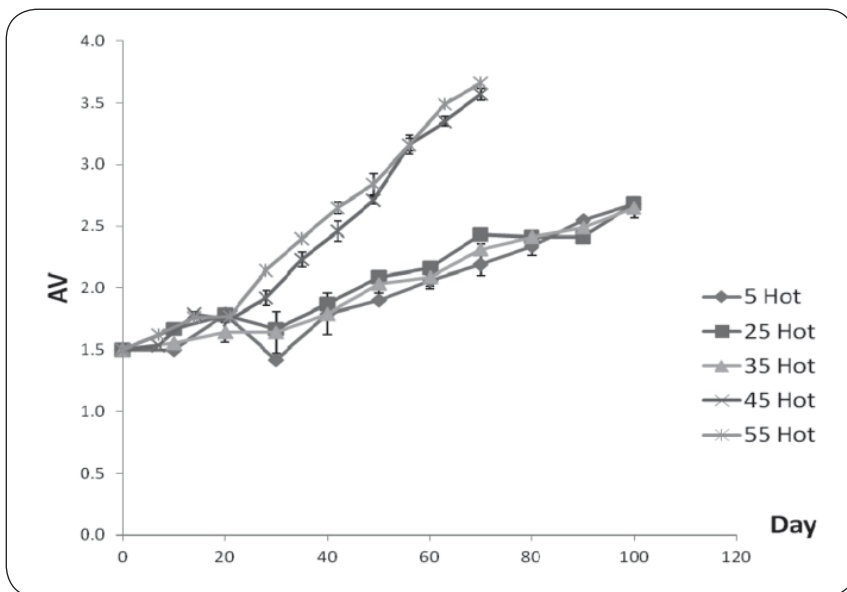
ผลการวิจัย

จากการศึกษาค่าความเป็นกรด (Acid value) หรือ AV ที่ระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิในการจัดเก็บที่แตกต่างกัน ในผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบร้อน พบว่า ค่า AV จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการจัดเก็บผ่านไปนานขึ้น และในสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิสูงการเปลี่ยนแปลงของค่า AV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบร้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส ค่า AV เท่ากับ 3.552 และ 3.672 mg KOH/g ตามลำดับ (ภาพที่ 1)

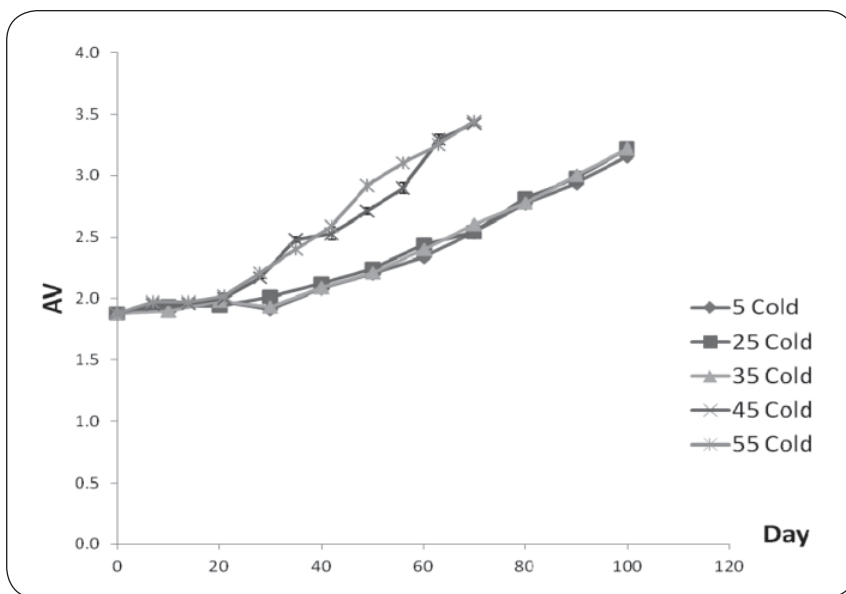
จากการศึกษาค่าความเป็นกรด (AV) ที่ระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิในการจัดเก็บที่แตกต่างกัน ในผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบเย็นนี้เป็นไปในทิศทางเช่นเดียวกับน้ำมันงาบีบร้อนคือ เมื่อเวลาผ่านไปค่า AV จะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงแม้จะเก็บที่อุณหภูมิต่ำ 5 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2) จากกราฟแสดง

ค่า AV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบร้อนและบีบเย็น พบว่า ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่า AV เพิ่มขึ้นจาก 1.504 เพิ่มขึ้นเป็น 2.680 mg KOH/g และจาก 1.875 เพิ่มขึ้นเป็น 3.160 mg KOH/g ในอุณหภูมิการจัดเก็บที่ 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น ตามอุณหภูมิการจัดเก็บที่สูงขึ้น ในน้ำมันงา บีบร้อนจะมีค่า AV เท่ากับ 2.621, 2.523, 3.552 และ 3.672 mg KOH/g ตามลำดับ และใน น้ำมันงาบีบเย็น ได้ค่า AV เท่ากับ 3.129, 3.224, 3.421 และ 3.441 mg KOH/g ตามลำดับ

อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า AV ใน น้ำมันงา แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเร็ว หรือช้าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันงา โดยที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ที่เร็วกว่าอุณหภูมิต่ำกว่า และในผลิตภัณฑ์ น้ำมันงาที่บีบเย็น จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ AV ที่สูงกว่าน้ำมันงาบีบร้อน แต่ในระยะเวลา ที่ทำการทดสอบน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิด ค่า AV ที่ได้ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมาย ของไทยกำหนดไว้ที่ไม่เกิน 4 mg KOH/g (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบค่า AV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบร้อน ในสภาวะอุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่า AV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบเย็น ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

จากผลการทดลองจะพบว่า เมื่อเก็บรักษาน้ำมันงาทั้งปีร้อนและปีเย็นไว้ในสภาวะการจัดเก็บที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) หรือ PV ของน้ำมันงาปีร้อนมีค่าสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 3) เช่นเดียวกันกับน้ำมันงาบีบเย็นในสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงของค่า PV สูงขึ้นอย่างรวดเร็วมาก จนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส น้ำมันงาที่ไม่ผ่านความร้อนมีค่า PV ถึง 11.87 mEq/kg ซึ่งสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายของประเทศไทยกำหนดไว้ที่ 10 mEq/kg (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

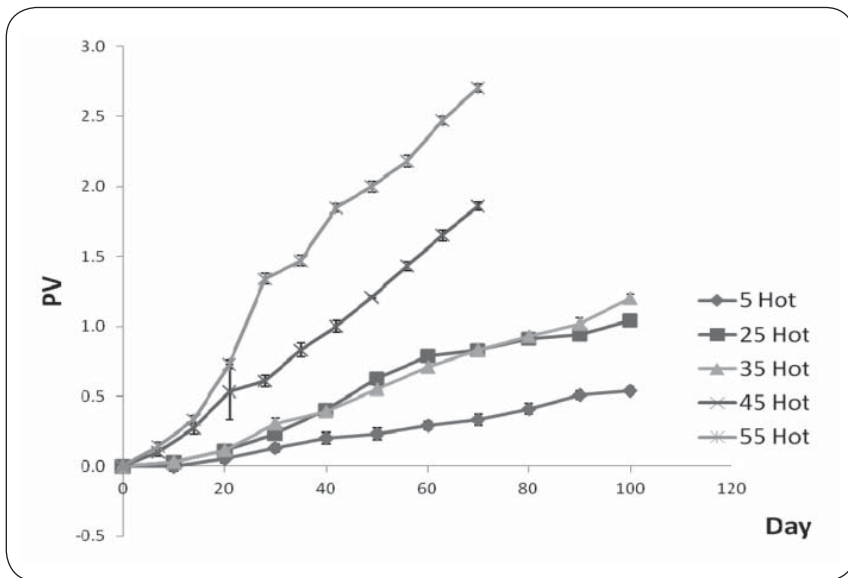
จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระบวนการผลิตน้ำมันงามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า PV อย่างมาก เพราะน้ำมันงาที่ผ่านการให้ความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงค่า PV ที่ต่ำกว่าน้ำมันงาที่ไม่ผ่านความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 4

ค่า PV ผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบเย็นเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เปลี่ยนแปลงจาก 0.00 เป็น 11.87 mEq/kg ในวันที่ 100 ของการศึกษาซึ่งเกินกว่าที่กฎหมายได้กำหนดไว้ ส่วนน้ำมันงาปีร้อนค่า PV จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจาก 0.00 เป็น 2.62 mEq/kg และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่า PV เพิ่มขึ้นช้ากว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส โดยเพิ่มจาก 0.00 เป็น 1.72 mEq/kg ในน้ำมันงาปีร้อน และ 5.58 mEq/kg ในน้ำมันงาบีบเย็น

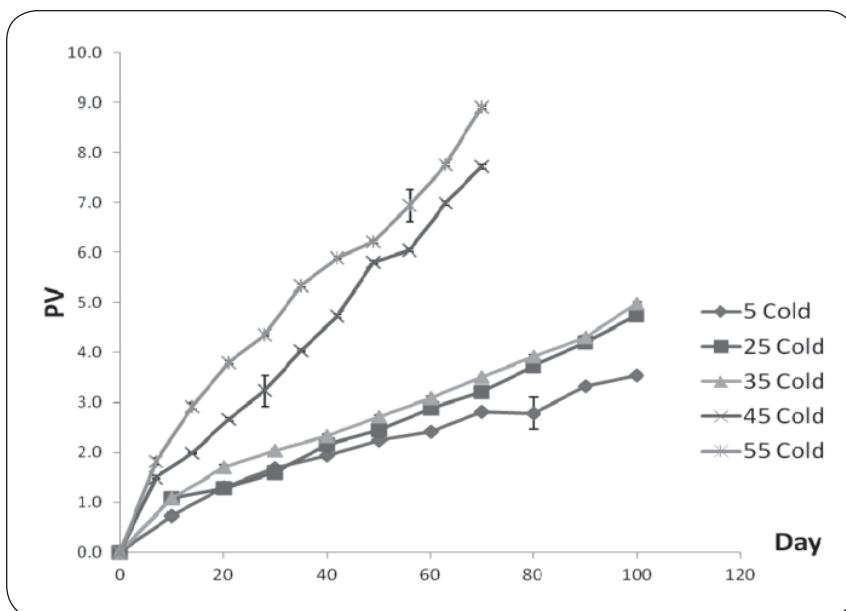
ผลการศึกษาค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาปีร้อนพบว่าความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.130 เป็น 0.217, 0.289, 0.316, 0.310 และ 0.311 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 5, 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ในการเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และ

เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิสูง ซึ่งผลการทดลองที่ได้ไม่แตกต่างกันกับน้ำมันงาบีบเย็น ที่ค่าความชื้นจะเพิ่มที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 5, 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส จากร้อยละ 0.128 เป็น 0.233, 0.292, 0.290, 0.311 และ 0.310 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงผลความชื้นของน้ำมันงาบีบเย็นในตารางที่ 3 และ 4

จากผลการทดลองที่แสดงให้เห็นในตารางที่ 5 และ 6 นั้น ทำให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันงาทั้งชนิดบีบร้อนและบีบเย็นไม่ว่าจะจัดเก็บในสภาวะที่อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงก็ตาม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ดังจะเห็นได้ว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่พบปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กฎหมายไทยได้กำหนดไว้ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556)



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่า PV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบร้อน ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่า PV ของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาบีบเย็น ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 1 ความชื้นในน้ำมันงาบีบร้อน ณ อุณหภูมิ 5, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

วัน	5 องศาเซลเซียส	25 องศาเซลเซียส	35 องศาเซลเซียส
10	0.132 ± 0.003 ^a	0.130 ± 0.002 ^a	0.164 ± 0.001 ^a
20	0.142 ± 0.002 ^a	0.159 ± 0.004 ^b	0.161 ± 0.003 ^a
30	0.154 ± 0.001 ^a	0.213 ± 0.004 ^c	0.202 ± 0.003 ^b
40	0.166 ± 0.001 ^a	0.213 ± 0.008 ^c	0.234 ± 0.002 ^c
50	0.174 ± 0.003 ^a	0.258 ± 0.002 ^d	0.251 ± 0.001 ^d
60	0.185 ± 0.003 ^a	0.262 ± 0.005 ^d	0.259 ± 0.007 ^d
70	0.197 ± 0.001 ^a	0.266 ± 0.003 ^d	0.289 ± 0.003 ^e
80	0.203 ± 0.001 ^a	0.278 ± 0.007 ^e	0.292 ± 0.002 ^e
90	0.211 ± 0.002 ^a	0.283 ± 0.005 ^e	0.313 ± 0.006 ^e
100	0.217 ± 0.002 ^a	0.289 ± 0.003 ^e	0.316 ± 0.002 ^e

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในน้ำมันงาคั่ว ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน อักษรกำกับที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ความชื้นในน้ำมันงาบีบร้อน ณ อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส

วัน	45 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
7	0.137 ± 0.001 ^a	0.152 ± 0.001 ^a
14	0.173 ± 0.006 ^c	0.172 ± 0.006 ^b
21	0.163 ± 0.003 ^b	0.177 ± 0.001 ^b
28	0.187 ± 0.002 ^d	0.183 ± 0.001 ^c
35	0.206 ± 0.004 ^e	0.211 ± 0.003 ^d
42	0.222 ± 0.002 ^f	0.229 ± 0.002 ^e
49	0.249 ± 0.002 ^g	0.236 ± 0.002 ^f
56	0.263 ± 0.001 ^h	0.288 ± 0.002 ^g
63	0.293 ± 0.001 ⁱ	0.299 ± 0.002 ^h
70	0.310 ± 0.002 ^j	0.311 ± 0.004 ⁱ

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในน้ำมันงาที่ผ่านความร้อน ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน อักษรกำกับที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ความชื้นในน้ำมันงาบีบเย็น ณ อุณหภูมิที่ 5, 25 และ 35 องศาเซลเซียส

วัน	5 องศาเซลเซียส	25 องศาเซลเซียส	35 องศาเซลเซียส
10	0.166 ± 0.007 ^a	0.124 ± 0.004 ^a	0.132 ± 0.002 ^a
20	0.185 ± 0.005 ^a	0.126 ± 0.001 ^a	0.148 ± 0.005 ^b
30	0.184 ± 0.001 ^a	0.170 ± 0.002 ^b	0.159 ± 0.003 ^c
40	0.193 ± 0.002 ^b	0.220 ± 0.002 ^c	0.190 ± 0.003 ^d
50	0.203 ± 0.002 ^c	0.245 ± 0.003 ^d	0.197 ± 0.002 ^e
60	0.213 ± 0.002 ^d	0.255 ± 0.003 ^e	0.201 ± 0.002 ^e
70	0.217 ± 0.002 ^d	0.267 ± 0.001 ^f	0.222 ± 0.003 ^f
80	0.224 ± 0.001 ^e	0.269 ± 0.003 ^f	0.243 ± 0.003 ^g
90	0.226 ± 0.003 ^e	0.289 ± 0.006 ^g	0.267 ± 0.001 ^h
100	0.233 ± 0.005 ^e	0.292 ± 0.002 ^g	0.389 ± 0.002 ⁱ

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในน้ำมันงาดิบ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน อักษรกำกับที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ความชื้นในน้ำมันงาบีบเย็น ณ อุณหภูมิที่ 45 และ 55 องศาเซลเซียส

วัน	45 องศาเซลเซียส	55 องศาเซลเซียส
7	0.151 ± 0.001^a	0.152 ± 0.002^a
14	0.148 ± 0.002^a	0.162 ± 0.001^b
21	0.226 ± 0.003^b	0.230 ± 0.003^c
28	0.238 ± 0.003^b	0.244 ± 0.001^d
35	0.253 ± 0.002^c	0.252 ± 0.002^e
42	0.254 ± 0.002^c	0.254 ± 0.002^e
49	0.262 ± 0.001^d	0.252 ± 0.002^e
56	0.298 ± 0.001^e	0.261 ± 0.003^f
63	0.301 ± 0.002^f	0.287 ± 0.001^g
70	0.311 ± 0.002^g	0.309 ± 0.002^h

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความชื้นในน้ำมันงาดิบ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน อักษรกำกับที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันงาบีบร้อนเมื่อเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

เชื้อจุลินทรีย์	อุณหภูมิที่จัดเก็บ (องศาเซลเซียส)					มาตรฐาน*	หน่วย
	5	25	35	45	55		
Total Plate Count	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	$< 1 \times 10^4$	CFU/กรัม
Coliforms Bacteria	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	MPN/กรัม
Yeast & Molds Count	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	CFU/กรัม
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	CFU/กรัม
<i>Bacillus cereus</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	CFU/กรัม
<i>Clostridium perfringens</i>	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ใน 0.2 กรัม
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ใน 25 กรัม

หมายเหตุ *มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ประกาศกระทรวงสาธารณสุขปี 2556

ตารางที่ 6 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำมันงาปิ๊บเย็นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

เชื้อจุลินทรีย์	อุณหภูมิที่จัดเก็บ (องศาเซลเซียส)					มาตรฐาน*	หน่วย
	5	25	35	45	55		
Total Plate Count	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	$< 1 \times 10^4$	CFU/กรัม
Coliforms Bacteria	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	< 3.0	MPN/กรัม
Yeast & Molds Count	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	CFU/กรัม
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	CFU/กรัม
<i>Bacillus cereus</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 100	CFU/กรัม
<i>Clostridium perfringens</i>	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ใน 0.2 กรัม
<i>Salmonella</i> spp.	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ใน 25 กรัม

หมายเหตุ *มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ประกาศกระทรวงสาธารณสุขปี 2556

อภิปรายผล

ค่า AV เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการถูกทำลายของไตรกลีเซอไรด์ (Triacylglycerol) ที่มีอยู่ในน้ำมันโดยเอนไซม์ไลเปส (Lipase) เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระ ซึ่งหากค่า AV สูง นั้นหมายความว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกสลายเป็นกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) จำนวนมาก น้ำมันมักเกิดการเหม็นหืน (Rancidity) (นิธิยารัตนาปนนท์, 2548) ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันงาปิ๊บร้อนหรือปิ๊บเย็น อุณหภูมิมีผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า AV ในน้ำมันงาที่จัดเก็บไว้ในอุณหภูมิสูงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เร็วและเร็วขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป แต่ความแตกต่างของกระบวนการในการผลิตน้ำมันงา มีผลทำให้เกิดความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดของค่า PV ในน้ำมันงา คือในน้ำมันงาปิ๊บร้อน การเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันอิสระจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นในการจัดเก็บที่อุณหภูมิสูง ส่วนน้ำมันงาปิ๊บเย็นนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของไตรกลีเซอไรด์เร็วกว่าน้ำมันงาปิ๊บร้อนที่อุณหภูมิ

และระยะเวลาในการเก็บเดียวกัน สรุปได้ว่าน้ำมันงาปิ๊บร้อนจะคงเก็บรักษาคุณภาพไว้ได้นานกว่าน้ำมันงาปิ๊บเย็น

ค่า Peroxide Value เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำมันได้เป็นอย่างดี ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์น้ำมันตัวเหลืองในสภาวะเร่ง และผลที่ได้เป็นที่ยอมรับว่าค่าดังกล่าวสามารถบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นอย่างดี (Farooq et al., 2007) เช่นเดียวกันกับในน้ำมันมะกอกที่มีค่าการเพิ่มขึ้นของ PV แปรผันสูงขึ้นตามระยะเวลาที่จัดเก็บในสภาวะเร่งในอุณหภูมิที่ 25, 40, 50, 60, 75 องศาเซลเซียส (Sergio and Vanessa, 2004) นั้นแสดงว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันงาทั้ง 2 แบบ ทั้งผลิตภัณฑ์น้ำมันงาปิ๊บร้อนและผลิตภัณฑ์น้ำมันงาปิ๊บเย็น ค่าที่แสดงออกมาในรูปของค่า PV ในน้ำมันงาระหว่างการเก็บรักษาในภาชนะเร่งนั้น เป็นค่าที่บ่งบอกถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำมัน (Soo and Seung, 2011) ซึ่งการเกิดออกซิเดชันเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียของน้ำมัน ความร้อนเป็น

ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันและทำให้ค่า PV ในน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (Farooq *et al.*, 2007) จึงส่งผลให้น้ำมันงาเสื่อมเสียทางด้านคุณภาพ เกิดการเหม็นหืนและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นในการจัดเก็บน้ำมันงาจึงควรหลีกเลี่ยงสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันงापิบเย็น ซึ่งจากการทดลองจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า PV เร็วกว่าน้ำมันงापิบร้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำมันงापิบร้อนจึงมีอายุในการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันงापิบเย็น

จากผลการทดลองข้างต้นทำให้ทราบว่าน้ำมันงาทั้งชนิดปิบร้อนและปิบเย็นมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากน้ำมันงามีความชื้นต่ำจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักทั้งสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิสูงหรือที่อุณหภูมิต่ำก็ตามและเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในสภาวะการจัดเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นจากการทดลองนี้จะเห็นได้ชัดเจนในผลิตภัณฑ์น้ำมันงापิบเย็น เนื่องจากน้ำมันงापิบร้อนได้รับความร้อนที่สูงในกระบวนการผลิต จึงทำให้ความชื้นส่วนหนึ่งระเหยไปในกระบวนการคั่วก่อนการปิบอัด เมื่อระยะเวลาการจัดเก็บนานขึ้นค่าความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทำให้เกิดความเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์น้ำมันงา เนื่องจากความชื้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเหม็นหืน (Allen and Hamilton, 1989) และจากผลในการทดลองนี้ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันงาไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาทั้ง 2 ชนิดได้ดีขึ้น

เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในผลิตภัณฑ์น้ำมันงานั้น จากผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่าไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดเลยในการทดลองนี้ที่จะสามารถเจริญเติบโตได้ในผลิตภัณฑ์น้ำมันงา ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันงापิบร้อนและน้ำมันงापิบเย็น ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่ทำให้เกิดโรค ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงหรืออุณหภูมิต่ำไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ตรวจสอบทั้งหมด น้ำมันงาจึงสามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียอันเนื่องมาจากเชื้อจุลินทรีย์ หรือเป็นสาเหตุเกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ในประเทศอังกฤษจึงได้ให้ความหมายของอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ไว้ว่า หมายถึง ระยะเวลาที่ผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัย โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมี ทางกายภาพ ทางจุลินทรีย์ เป็นที่ยอมรับ และเป็นไปตามฉลากและข้อมูลโภชนาการ โดยผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องเก็บในสภาวะที่กำหนด (Kilcast and Subramaniam, 2000)

จากงานวิจัยนี้ทั้งหมด ทำให้ได้ทราบว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันงापิบร้อนมีคุณสมบัติที่จะเก็บรักษาไว้ได้ยาวนานกว่าน้ำมันงापิบเย็น และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการจัดเก็บน้ำมันงาทั้ง 2 ชนิดเพื่อช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์น้ำมันงานั้นคืออุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียสหรือในตู้เย็นนั่นเอง ส่วนการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์นั้นผลที่ตรวจสอบได้ในกลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคยังไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อเหล่านั้นจนเกินค่ามาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2556) ไม่ว่าจะเป็นที่สภาวะการจัดเก็บรักษาในอุณหภูมิ 5, 25, 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส และตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ของทั้งผลิตภัณฑ์น้ำมันงापิบร้อนและผลิตภัณฑ์น้ำมันงापิบเย็น

อีกทั้งผลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพื่อหาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำมันงาทั้งปีร้อนและปีเย็นได้ด้วย โดยใช้ค่าที่ได้จากการทดสอบการเกิดออกซิโดซ์ในน้ำมันงา มาแทนค่าในสมการจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา เพื่อทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์น้ำมันงาทั้ง 2 ชนิดได้ (Tan et al., 2001)

ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มระยะเวลาในการทดลอง เพื่อศึกษาให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันงาทั้งในด้านเคมี และกายภาพ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 เรื่องน้ำมันและไขมัน.** ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 6 ง. รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข, 2543.
- _____. **ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 364 เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค.** ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 130 ตอนพิเศษ 148 ง. รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข, 2556.
- คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.
- นิธิยา รัตนพานนท์. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2548.
- วาสนา วงใหญ่. **งา : พฤษศาสตร์ การปลูก การปรับปรุงพันธุ์และการใช้ประโยชน์.** กรุงเทพฯ : บริษัทเปเปอร์เมท ประเทศไทย จำกัด, 2550.
- Abe, S., Hirakawa Y. and Takagi S. **Roasting effects on fatty acid distributions of triacylglycerols and phospholipids in sesame (*Sesamum indicum*) seed.** J. Sci Food Agr. 81 : 620–626, 2001.
- Allen, J.C. and Hamilton, R.J. **Rancidity in Foods.** Elsevier Applied Science. New York, 1989.
- Ashei, A. **Sesame breeding.** Plant Breeding Rev. 16 : 179–227, 1998.
- Farooq, A, Shahzad, A.S.C. and Abdullah, IH. **Assessment of oxidative deterioration of soybean oil at ambient and sunlight storage.** Octubre–diciembre, 390–395, 2007.
- Firestone, D. **Oil and Fats.** In **Official Methods of Analysis of AOAC International.** 17th ed. V II. AOAC International. Maryland. Chapter 41, pp. 1–69, 2000.
- Kilcast, D. and Subramaniam, P. **The stability and shelf-life of food.** England : CRC Press, 2000.

- Pezzuto, J. M. and Park, E. J. **Autoxidation and antioxidants**. Encyclopedia of Pharmaceuticals Technology. New York. (vol. 1) 97–113, 2002.
- Sergio, G. A. and Vanessa, M. C. **Oxidation kinetic in olive oil triacylglycerols under accelerated shelf-life testing (25–75 °C)**. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 106 : 369–375, 2004.
- Soo, D. S. and Seung, J. L. **Shelf-life prediction of perilla oil by considering the induction period of lipid oxidation**. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 113 : 904–909, 2011.
- Tan, C. P., Che Man, Y. B., Selamat, J. and Yusoff, M. S. A. **Application of Arrhenius Kinetics to Evaluate Oxidative Stability in Vegetable Oil by Isothermal Differential Scanning Calorimetry**. J19921 in JAOCS 78, 1133–1138, 2001.
- U.S. Food and Drug Administration. (1 September 2013). **Bacteriological Analytical Manual**. <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm064948.htm>, 2013.
- WHO Global Foodborne Infections Network. (June 2010). **Laboratory Protocol Isolation of *Salmonella* spp. From Food and Animal Faeces**. 5th ed. http://www.antimicrobialresistance.dk/data/images/protocols/isolation_of_salm_220610.pdf, 2010.