

การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์และโครงสร้างระดับจุลภาค
ของไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากไขมันชนิดต่างๆ
Preparation of Pre-Emulsified Fat and Microstructure of Emulsion Sausage
using Several Types of Fat

อัมรินา แวมง สุธีรา เสาวภาคย์ และพัชรินทร์ ภักดีฉนวน¹

บทคัดย่อ

น้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์ (pre-emulsified fat, PEF) เป็นน้ำมันพืชที่ผ่านการสับผสมด้วยความเร็วสูงกับน้ำและอิมัลซิไฟเออร์ ใช้ทดแทนไขมันสัตว์ในไส้กรอกอิมัลชันได้ มีผลดีต่อสุขภาพ และสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารฮาลาล งานวิจัยนี้ศึกษา (1) สัดส่วนที่เหมาะสมในการเตรียม PEF และ (2) การประยุกต์ใช้ PEF ในไส้กรอกอิมัลชัน โดยเตรียม PEF จากโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง (soy protein hydrolysate, SPH) (ร้อยละ 3-5 w/w) น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (ร้อยละ 50-58 w/w) และคาราจีแนน (ร้อยละ 0-2 w/w) เปรียบเทียบความสามารถในการเกิดอิมัลชันโดยวิเคราะห์จากปริมาณของเหลวที่แยกออกมาทั้งหมด (total expressible fluid, TEF) และความแข็ง (hardness) ของ PEF ผลการวิจัยพบว่า PEF ที่เตรียมจาก SPH ร้อยละ 4 น้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 54 แต่ไม่มีการเติมคาราจีแนนเป็นอิมัลชันที่มีเนื้อสัมผัสนุ่ม วัดค่า TEF และค่าความแข็งได้ร้อยละ 6.34 และ 93.1 กรัม ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดได้ PEF ที่มีลักษณะเป็นก้อนแข็งสีขาว เตรียมโดยใช้ SPH ร้อยละ 4 น้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 58 และคาราจีแนนร้อยละ 1 ซึ่งมีค่า TEF และ ค่าความแข็ง เท่ากับร้อยละ 0 และ 145.8 กรัม ตามลำดับ จึงใช้ชุดการทดลองดังกล่าวในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน เปรียบเทียบโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้ไขมัน 3 ชนิดคือ PEF น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และหนังไก่ พบว่าไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดทานตะวันและ PEF มีลักษณะของเม็ดไขมันกระจายทั่วไปเห็นได้ชัด โดยไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดทานตะวันจะมีเม็ดไขมันขนาดใหญ่กว่าไส้กรอกที่ผลิตจาก PEF ส่วนโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกที่ใช้หนังไก่ไม่สามารถสังเกตลักษณะของเม็ดไขมันได้ชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบความคงตัวของไส้กรอกโดยสังเกตจากปริมาณของเหลวที่แยกออกมาหลังกระบวนการผลิต พบว่าไส้กรอกอิมัลชันจาก PEF มีความคงตัวมากที่สุด รองลงมาคือ ไส้กรอกจากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน และไส้กรอกจากหนังไก่ โดยมีค่า TEF ร้อยละ 4.78, 6.79 และ 11.90 ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์ ไส้กรอกอิมัลชัน โครงสร้างระดับจุลภาค

Abstract

Pre-emulsified fat (PEF) from vegetable oil prepared by homogenizing oil with water and emulsifier is used as animal fat substitution in emulsion sausage due to health concern and possibly be another choice for halal food. This work conducted on (1) optimization of PEF preparation and (2) application in emulsion sausage. The PEF was prepared from soy protein hydrolysate (SPH, 3-5% w/w) sunflower oil (50-58% w/w) and carrageenan content (0-2% w/w), analyzed for total expressible fluid (TEF) and hardness of the PEF to evaluate the emulsion capacity. Results showed the PEF prepared from 4% SPH

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

and 54% oil content without carrageenan added had a very soft texture with 6.43% TEF and 93.1 g hardness. The optimization predicted by the model showed the optimal proportion of SPH, oil and carrageenan content of 4, 58 and 1% w/w, respectively, which resulted in a firm PEF texture with 0% TEF and 145.8 g hardness. Such the optimal PEF treatment was used for emulsion sausage preparation and examined microstructure of the sausage compared to those prepared from sunflower oil and chicken skin. Results showed the emulsion sausage using sunflower oil and PEF had oil droplets distribute all over the sample, the sunflower oil treated sample had clearly larger oil droplet size than the PEF treated one. Scanning electron micrographs of emulsion sausage prepared from chicken skin did not show obvious oil droplet which differ from those other treatments. The total expressible fluid results showed the emulsion sausage prepared from PEF had the highest emulsion stability, then sunflower oil and chicken skin which had 4.78, 6.79 and 11.90% TEF, respectively.

Keyword : Pre-emulsified fat, Emulsion sausage, Microstructure

คำนำ

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคภายในประเทศ ผู้ประกอบการมีการขยายกำลังการผลิตและมีดัชนีการส่งสินค้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Food intelligence center Thailand, 2009) ส่วนประกอบหลักของไส้กรอกอิมัลชัน คือ เนื้อสัตว์ น้ำ และไขมัน โดยมีไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 30 (Bloukas *et al.*, 1997) ไขมันที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกส่วนใหญ่ คือ ไขมันสันหลัง (back fat) ของสุกร เนื่องจากไขมันส่วนนี้มีจุดหลอมเหลว (melting point) สูง ทำให้ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสแน่นแข็ง มีความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) ที่ดี ให้ระบบอิมัลชันที่คงตัวองค์ประกอบไม่แยกจากกัน ให้รสชาติและกลิ่นรสที่ดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ไขมันสุกรมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลสูง ทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคเมเจอร์ได้ และโรคอื่นๆ เช่น มะเร็งตับ โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และสมองขาดเลือด นอกจากนี้ไขมันสุกรยังเป็นสิ่งต้องห้ามในศาสนาอิสลาม ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันจึงมีการใช้ไขมันอื่นมาแทนไขมันสุกร เช่น ไขมันวัว ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัว (Kayaard and Gok, 2003) แต่ไขมันวัวมีกลิ่นคาวที่ทำให้ผู้บริโภคลดการยอมรับ รวมทั้งมีคอเลสเตอรอลและกรดไขมันอิ่มตัวสูงเช่นเดียวกับไขมันสุกร (Enser *et al.*, 1996) เนยขาว เป็นไขมันอีกชนิดหนึ่งที่สามารถทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก แต่สี รสชาติและเนื้อสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากเนยขาวได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคน้อยกว่าการใช้ไขมันพืช (พัชรีย์, 2549) นอกจากนี้กระบวนการไฮโดรจีเนชัน (hydrogenation) ที่ใช้ผลิตเนยขาวจะทำให้มีไขมันชนิดทรานส์ (trans) ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำ (low Density Lipoprotein cholesterol) การใช้ไขมันพืชในการผลิตไส้กรอกมีข้อดี คือ น้ำมันพืชมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย มีกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลต่ำ ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรค (Muguerza *et al.*, 2001) เป็นน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคในชีวิตประจำวัน แต่ไขมันพืชมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสนิ่ม มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวต่ำ การใช้ไขมันพืชทำให้น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ (pre-emulsified fat) ด้วยเทคนิคอิมัลซิฟิเคชัน (emulsification) ใช้สารอิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) และสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ในการปรับปรุงคุณภาพจะเพิ่มความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และนำไปประยุกต์เป็นไขมันในไส้กรอกอิมัลชัน ทดแทนการใช้ไขมันสุกร ทำให้ผลิตภัณฑ์อิมัลชันมีความแน่นเนื้อ และมีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น (Kayaard and Gok, 2003) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง (soy protein hydrolysate) น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และมีการปรับปรุงคุณภาพด้วยคาราจีแนนเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวัตถุประสงค์ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน รวมทั้งแสดงโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้น้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์ดังกล่าว เปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันพืชและหนังไก่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง (Soy protein hydrolysate, SPH) ด้วยเอนไซม์ปาเปน (ตัดแปลง จาก Wu *et al.*, 1998)

นำโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate) 10 กรัม เติมน้ำปราศจากไอออน (deionize water) ให้ได้โปรตีนความเข้มข้นร้อยละ 10 ปรับพีเอช เท่ากับ 7 แล้วนำไปย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน (D00073805, Merck Ltd., Germany) ร้อยละ 0.2 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสพร้อมทั้งเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 rpm เป็นเวลา 40 นาที ด้วยเครื่องเขย่า (obital Lab-Line Shaker) หยุดการทำงานของเอนไซม์โดยปรับพีเอชเท่ากับ 7 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เก็บ SPH ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2. การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์ (pre-emulsified fat, PEF)

ศึกษาผลของปริมาณน้ำมันร้อยละ 50, 51.6, 54, 56.4 และ 58 โดยน้ำหนัก ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลืองร้อยละ 3, 3.4, 4, 4.6 และ 5 โดยน้ำหนัก และปริมาณแคปไซซิน (MSC5744, MSC Ltd., USA) ร้อยละ 0, 0.4, 1, 1.6 และ 2 โดยน้ำหนักของส่วนผสมน้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์ วางแผนการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD) (Cochran and Cox, 1992) เตรียมโดยนำสารละลายโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง บั่นเป็นเวลา 2 นาที ที่ความเร็วรอบ 9000 rpm ด้วยเครื่อง Homogenizer จากนั้นเติมน้ำมันเมล็ดทานตะวัน บั่นต่ออีก 3 นาที ที่ความเร็วรอบ 9000 rpm แล้วเติมแคปไซซิน บั่นต่ออีก 1 นาที (ตัดแปลงจาก Kayaard and Gok, 2003) สัดส่วนของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน โปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง และแคปไซซิน ระบุใน Table 1

Table 1 Code and value of materials for pre-emulsified fat preparation

Design factors	-1.682	-1	0	1	1.682
X1:protein (%)	3	3.4	4	4.6	5
X2:oil (%)	50	51.6	54	56.4	58
X3:carrageenan (%)	0	0.4	1	1.6	2

วิเคราะห์ความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) ด้วยวิธีการเซนตริฟิวจ์ (centrifuge) แล้วคำนวณปริมาณของเหลวที่แยกออกมาทั้งหมด (Hughes and Cofrades, 1996) และความแข็ง (hardness) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (Braipson-Danthine and Deroanne, 2004) ยี่ห้อ TA รุ่น TA-XT2i โดยใช้หัววัดรูปโคน No. P/45C ซึ่งความแข็งเป็นค่าแรงที่มากที่สุดในการกดไส้กรอก มีหน่วยเป็นกรัม (g)

3. การเปรียบเทียบโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้ไขมันชนิดต่างๆ

เปรียบเทียบโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้ไขมันแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ น้ำมันพรีอิมัลซิไฟด์ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และหนังไก่บดละเอียด ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscopic, SEM) รุ่น JSM-5800LV, JEOL วิธีการเตรียมไส้กรอกอิมัลชันตัดแปลงจาก Sallam *et al.* (2004) มีส่วนผสม คือ เนื้อไก่ น้ำแข็ง ไขมัน เครื่องเทศ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และ ฟอสเฟต (mix phosphate) ร้อยละ 51.5, 22, 26, 3.5, 1.2 และ 0.2 ตามลำดับ บรรจุใส่พลาสติก เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.1 เซนติเมตร นำมาผูกเป็นท่อนยาว 15 เซนติเมตร โดยให้มีน้ำหนักต่อความยาวเท่าๆกัน ซึ่งการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM ใช้วิธีของศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2553) โดย fix ตัวอย่างด้วย 2.5% Glutaraldehyde

(C₅H₈O₂) และ 1% Osmium oxide (OsO₄) จากนั้นขจัดน้ำออกด้วย alcohol และ ทำให้แห้งด้วยวิธี Critical Point Drying แล้วนำไปเคลือบทองคำก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง

การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จะนิยมใช้โปรตีนเป็นอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นได้มีการทดลองใช้โปรตีนหลายชนิด คือ เวย์โปรตีนคอนเซนเทรท (whey protein concentrate) เวย์โปรตีนไอโซเลท (whey protein isolate) โปรตีนนม (full cream milk protein) และโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (soy protein concentrate) พบว่า โปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่เหมาะสมในการทำน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์มากที่สุด เนื่องจาก สามารถละลายน้ำได้ดี อุ่นน้ำได้มาก และให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อิมัลชัน แต่มีข้อเสีย คือเกิดอิมัลชันได้น้อยกว่าที่ต้องการ และ ถ้าใช้มากผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นถั่วเหลืองไม่เป็นที่ยอมรับ ข้อเสียดังกล่าวสามารถปรับปรุงได้โดยการนำโปรตีนถั่วเหลืองมาย่อยด้วยเอนไซม์ให้เป็นไฮโดรไลส (hydrolysate) ด้วยวิธีการอย่างง่าย เพื่อปรับปรุงสมบัติการละลาย เพิ่มส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (hydrophobicity) และสมบัติการเป็นอิมัลซิฟายด์ ทำให้สามารถเกิดอิมัลชันได้มากขึ้น และลดกลิ่นถั่วเหลืองลงได้

การศึกษามวลของปริมาณน้ำมัน (50-58% w/w) ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง (3-5% w/w) และปริมาณคาราจีแนน (0-2% w/w) ต่อลักษณะของน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ พบว่าปริมาณของส่วนผสมส่งผลต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (emulsion capacity) ซึ่งประเมินได้จากปริมาณของเหลวทั้งหมดที่แยกออกมา (Total expressible fluid, TEF) โดยพบว่า ปริมาณโปรตีนและคาราจีแนนที่ใช้จะแปรผกผันกับปริมาณของเหลวที่แยกออกมาจาก PEF แสดงผลในลักษณะกราฟ response surface ใน Figure 1 โดยชุดการทดลองที่มีเนื้อสัมผัสแน่นและไม่พบของเหลวแยกออกมาเลยคือ PEF ที่เตรียมจากน้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 54 โปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลืองร้อยละ 5 w/w และคาราจีแนนร้อยละ 1-2 ส่วนชุดการทดลองที่มีของเหลวแยกออกมามาก เนื้อ PEF มีลักษณะที่นุ่มเหลว มีความคงตัวต่ำคือ PEF ที่เตรียมจากโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลืองร้อยละ 4 w/w น้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 54 w/w และไม่มีการเติมคาราจีแนน ซึ่งจะมีของเหลวแยกออกมาร้อยละ 6.34

โปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลือง จะมีทั้งส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ จับกับน้ำและน้ำมันได้ และสามารถเกิดโครงสร้างที่เป็นเจล (Renkenma, 2001) ให้โครงสร้างของอิมัลชันที่อุ่นน้ำมันไว้ภายใน ส่วนคาราจีแนนจะมีผลให้ความหนืดของอิมัลชันเพิ่มขึ้น ไปขัดขวางการรวมตัวกันของเม็ดไขมัน และเนื่องจากคาราจีแนนมีโครงสร้างที่มีประจุ คาราจีแนนจึงสามารถช่วยในการจับน้ำของระบบอิมัลชันได้ โดยหมู่ซัลเฟตซึ่งเป็นหมู่ที่มีประจุลบในโครงสร้างของคาราจีแนนมีอิทธิพลหลักต่อความสามารถในการจับประจุบวกของน้ำ และมีหมู่ที่มีประจุบวกหลักๆ คือ ไฮเดียมโปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งสามารถจับกับประจุลบของน้ำได้ (Campo *et al.*, 2009) นอกจากนี้ คาราจีแนนสามารถเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนได้ ทั้งนี้ขึ้นกับจำนวนและตำแหน่งของหมู่ซัลเฟต และปริมาณ 3,6-แอนไฮโดรคาแลคโตส (Baeza *et al.*, 2002) ทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัว ค่าของเหลวทั้งหมดที่แยกออกมาจึงมีค่าน้อย ผลความคงตัวของอิมัลชันเนื่องจากผลของคาราจีแนนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Harnsilawat (2006) ที่พบว่า การเติมคาราจีแนนมากขึ้นจะทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น สัดส่วนที่เหมาะสมในการเตรียม PEF คือ ใช้โปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลืองร้อยละ 4 w/w ปริมาณน้ำมันร้อยละ 58 w/w และปริมาณคาราจีแนนร้อยละ 1 w/w เป็นชุดการทดลองที่มีปริมาณน้ำมันสูง ให้ผลดีเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในได้กรอกอิมัลชัน PEF ที่ได้มีค่าของเหลวทั้งหมดที่แยกออกมาร้อยละ 0 และค่าความแข็ง เท่ากับ 145.8 กรัม

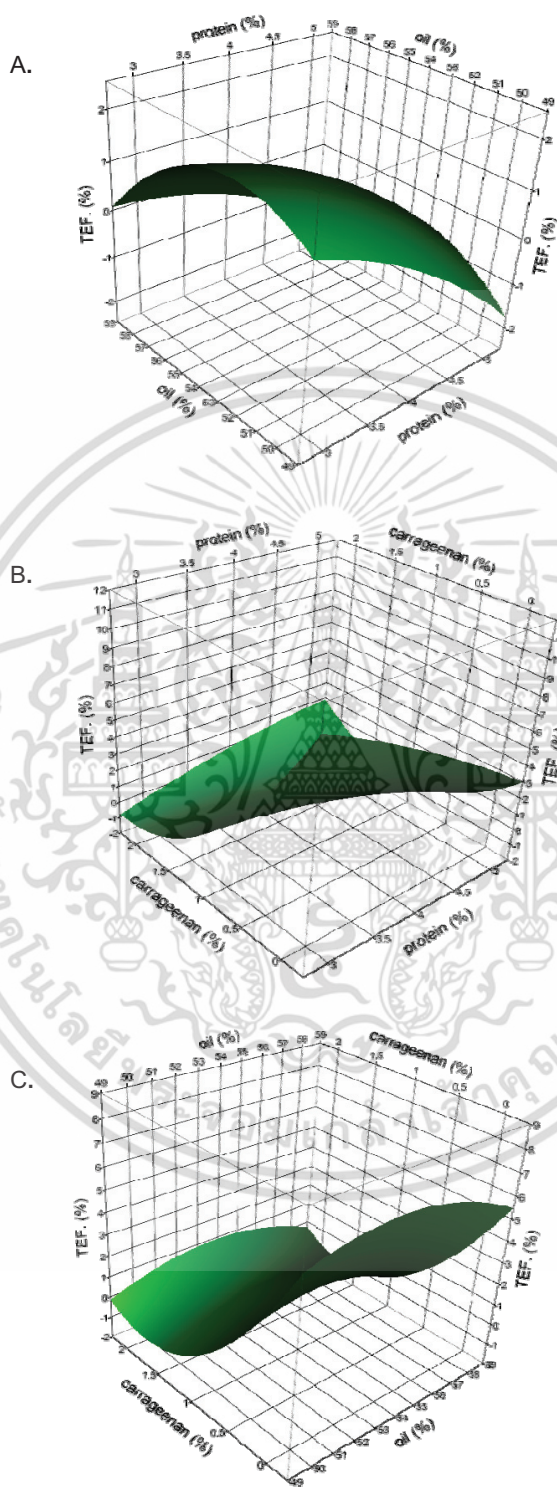


Figure 1 Correlation of protein and oil content (A) protein and carrageenan content (B) and oil and carrageenan content (C) on total expressible fluid (TEF) of pre-emulsified fat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแข็งของ PEF เป็นผลมาจากปริมาณคาราจีแนนเป็นหลัก (Figure 2) โดยพบว่า ปริมาณคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cierach *et al.* (2009) ซึ่งได้ศึกษาผลของคาราจีแนนในช่วงร้อยละ 0-0.7 ต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์อิมัลชัน เนื่องจากคาราจีแนนไปเพิ่มความหนืดของอิมัลชัน สามารถจับกับโปรตีนเพิ่มความแข็งแรงของเจล แต่เมื่อเติมคาราจีแนนมากกว่าร้อยละ 1 พบว่าค่าความแข็งมีค่าลดลง เนื่องจากการเติมคาราจีแนนปริมาณมากจะได้อิมัลชันที่มีความแข็งเปราะและแตกหักง่าย

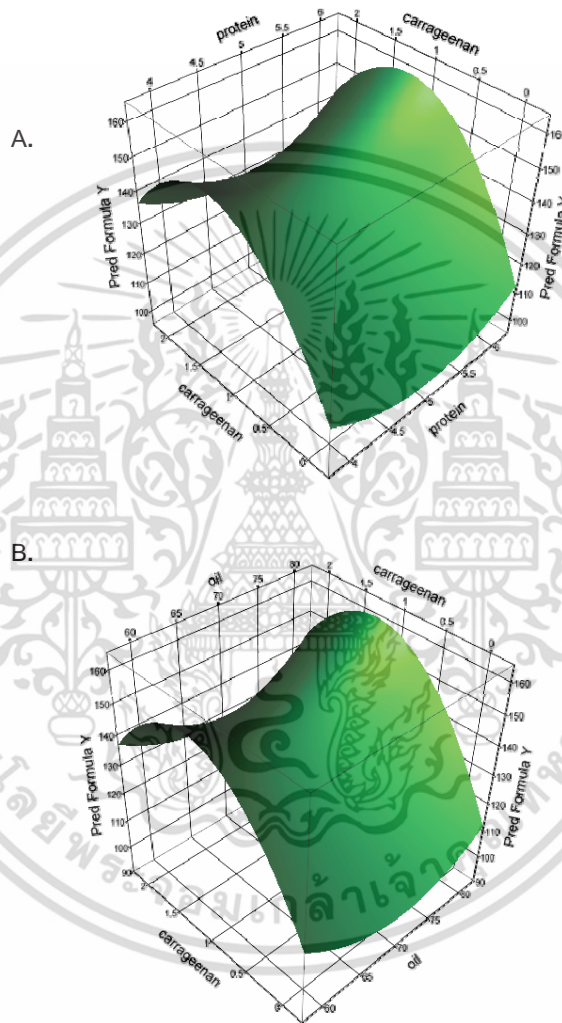


Figure 2 Correlation of protein and carrageenan content (A) and oil and carrageenan content (B) on hardness of pre-emulsified fat

2. การเปรียบเทียบโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้ไขมันชนิดต่างๆ

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากไขมัน 3 ชนิด คือน้ำมันพรีอิมัลชันฟายด์ น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และหนังไก่บดละเอียด จากเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 และ 2000 เท่า (Figure 3) พบส่วนที่แสดงตำแหน่งของไขมัน 2 ลักษณะ คือ รูทรงกลมที่แสดงตำแหน่งของฟิล์มโปรตีนที่เคยห่อหุ้มเม็ดไขมัน คล้ายกับในงานวิจัยไส้กรอกอิมัลชันของ Jiménez-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Colmenero *et al.* (2010) และ Cáceres *et al.* (2008) และพบลักษณะเม็ดไขมันเป็นทรงกลมสังเกตได้ชัดเจนใน Figure 3 A และ B เช่นเดียวกับที่สังเกตได้ในงานวิจัยของ Ayo *et al.* (2008)

การเปรียบเทียบรูปแบบของเม็ดไขมันในไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวัน (Figure 3A) และ PEF (Figure 3B) พบว่าไส้กรอกที่ใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันจะมีเม็ดไขมันขนาดใหญ่ประมาณ 20-30 ไมโครเมตร กระจายทั่วไป ในขณะที่ไส้กรอกที่ใช้ PEF จะมีขนาดเม็ดไขมันที่เล็กกว่า (ขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร) เนื่องจาก PEF ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกมีส่วนผสมของโปรตีนไฮโดรไลสจากถั่วเหลืองและคาราจีแนนอยู่ ซึ่งโปรตีนถั่วเหลืองจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในระบบอิมัลชัน ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวและคาราจีแนนมีผลทำให้ระบบอิมัลชันมีความหนืดเพิ่มขึ้น จะไปขัดขวางการรวมตัวกันของเม็ดไขมัน ทำให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กและมีการกระจายตัวที่ดี นอกจากนี้ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันมีความคงตัวดีขึ้นด้วย ส่วนไส้กรอกที่เตรียมจากหนังไก่ไม่สามารถมองเห็นเม็ดไขมันเป็นรูปทรงกลม เนื่องจากเป็นไขมันที่ถูกปกคลุมด้วยโครงสร้างของโปรตีน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของหนังไก่ จึงทำให้ไม่เห็นลักษณะของเม็ดไขมันที่แยกออกมาอย่างชัดเจน (Andrés *et al.*, 2009) แต่ก็สามารถสังเกตรูปร่างกลมที่แสดงตำแหน่งของฟิล์มโปรตีนที่เคยห่อหุ้มเม็ดไขมันที่กำลังขยาย 2000 เท่า เมื่อพิจารณาลักษณะของไส้กรอกอิมัลชัน พบว่าไส้กรอกอิมัลชันที่ผลิตจากหนังไก่มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างหยาบและมีความคงตัวต่ำกว่าไส้กรอกที่ได้จากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน และ PEF สังเกตได้จากหลังกระบวนการผลิตไส้กรอกที่ผลิตจากหนังไก่มีของเหลวแยกออกมามากกว่าไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดทานตะวันและ PEF เมื่อวิเคราะห์ความคงตัวของไส้กรอกอิมัลชันจากของเหลวที่แยกออกมาทั้งหมดหลังจากปั่นเหวี่ยงพบว่าไส้กรอกอิมัลชันจาก PEF มีความคงตัวมากที่สุด (TEF ร้อยละ 4.78) รองลงมาคือ ไส้กรอกจากน้ำมันเมล็ดทานตะวัน (TEF ร้อยละ 6.79) และไส้กรอกจากหนังไก่มีความคงตัวน้อยที่สุด (TEF ร้อยละ 11.90)

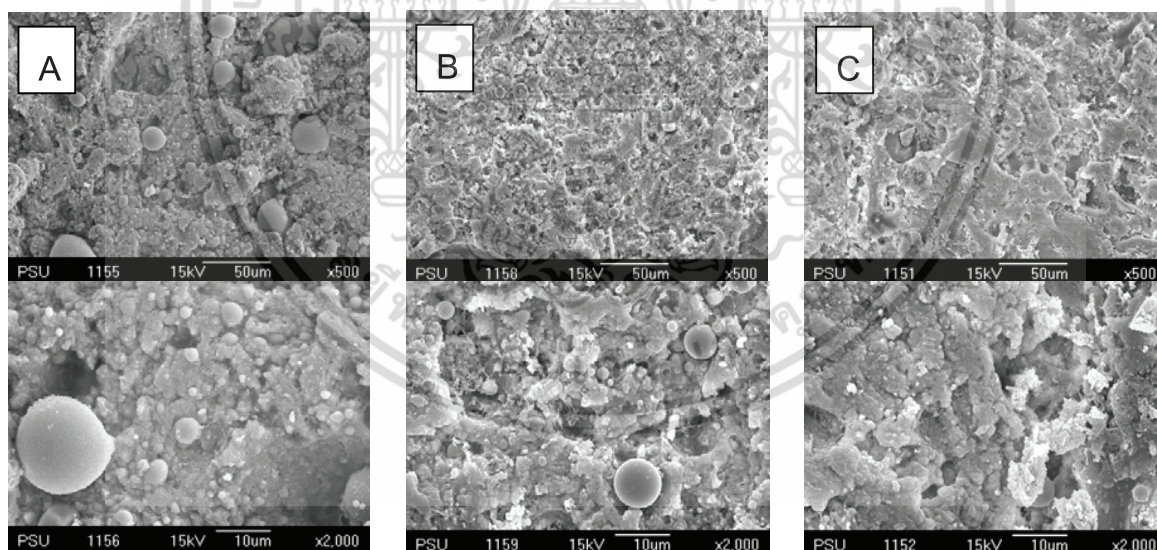


Figure 3 Scanning electron micrographs (top and bottom: x 500 and 2000 magnification) of emulsion sausage using sunflower oil (A) pre-emulsified fat (B) and chicken skin (C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

การเตรียมน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์จากโปรตีนไฮโดรไลเซตจากถั่วเหลืองเพื่อใช้ในไส้กรอกอิมัลชัน พบว่า น้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ที่ได้มีความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และ ความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณโปรตีน และคาราจีแนนเพิ่มขึ้น ซึ่งน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ที่เตรียมจากโปรตีนไฮโดรไลเซตจากถั่วเหลือง ร้อยละ 4 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันร้อยละ 54 แต่ไม่มีการเติมคาราจีแนน มีค่า TEF ร้อยละ 6.34 ส่วนชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียม PEF คือ ชุดการทดลองที่ใช้ SPH ร้อยละ 4 น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันร้อยละ 58 และคาราจีแนนร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ซึ่งมีค่า TEF เท่ากับร้อยละ 0 นอกจากนี้คาราจีแนนยังมีผลทำให้ความแข็งของน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์เพิ่มขึ้น การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของไส้กรอกอิมัลชันจาก PEF น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และหนังไก่ พบว่า ไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันมีขนาดเม็ดไขมันใหญ่กว่าและมีรูพรุนขนาดใหญ่และมากกว่าไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ และหนังไก่ แต่ไส้กรอกที่ผลิตจากหนังไก่มีเนื้อสัมผัสหยาบกว่าและมีความคงตัวต่ำกว่าไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน และน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ ซึ่งไส้กรอกจากน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ มีความคงตัวมาก ดังนั้นน้ำมันพรีอิมัลซิฟายด์ ด้วยโปรตีนไฮโดรไลเซตจากถั่วเหลือง และคาราจีแนน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทดแทนไขมันสัตว์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันได้

คำนิยาม

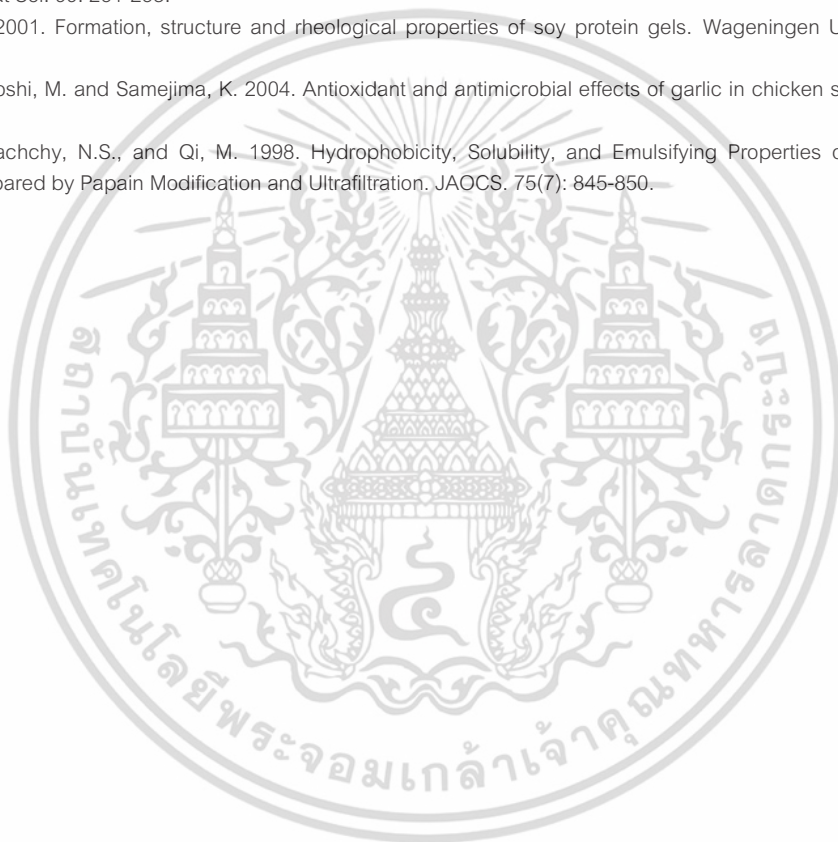
งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิทยาศาสตร์อาหารฮาลาล ภาควิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

เอกสารอ้างอิง

- พัชรีย์ พัฒนาคกุล. 2549. การใช้ไขมันพืช อังคัก โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง และแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาคุณภาพในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2553. การเตรียมตัวอย่างทางชีววิทยา. เอกสารหมายเลข WI-RES-SEM-001. ฉบับที่ 3, หน้า 1/2.
- Andrés, S.C., Zaritzky, N.E. and Califano, A.N. 2009. Innovations in the development of healthier chicken sausages formulated with different lipid sources. *Poultry Sci.* 88:1755-1764.
- Ayo, J., Carballo, J., Solas, M.T. and Jiménez-Colmenero, F. 2008. Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. *Food Chem.* 107: 1547-1552.
- Baeza, R.I., Carp, D.J., Pérez, O. E. and Pilosof, A.M.R. 2002. K-Carrageenan—Protein Interactions: Effect of Proteins on Polysaccharide Gelling and Textural Properties. *LWT.* 35: 741-747.
- Bloukas, J.G., Paneras, E.D. and Fournitzis, G.C. 1997. Effect of replacing pork backfat with olive oil on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Sci.* 45: 133-144.
- Braipson-Danthine, S. and Deroanne, C. 2004. Influence of SFC, microstructure and polymorphism on texture (hardness) of binary blends of fats involved in the preparation of industrial shortenings. *Food Res int.* 37: 941-948.
- Cáceres, E., García, M.L. and Selgas, M.D. 2008. Effect of pre-emulsified fish oil – as source of PUFA n₃ – on microstructure and sensory properties of mortadella, a Spanish bologna-type sausage. *Meat Sci.* 80: 183–193.
- Campo, V.L., Kawano, D.F., Silva Jr., D.B., Carvalho, I. 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis. *Carb Polymers.* 77: 167–180.
- Cierach, M., Modzelewska-Kapitula, M. and Szacilo, K. 2009. The influence of carrageenan on the properties of low-fat frankfurters. *Meat Sci.* 82: 295-299.
- Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1992. *Experimental Design.* 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Enser, M. Hallett, K. Hewitt, B. Fursey, G. A.J. and Wood, J.D. 1996. Fatty Acid Content and Composition of English Beef, Lamb and Pork at Retail. *Meat Sci.* 42: 443-456.
- Food intelligence center, Thailand. 2009. (online). Available : <http://fic.nfi.or.th/th/thaifood/product52-meat.asp>. [23 November 2009].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Harnsilawat, T., Pongsawatmanit, R. and McClements D.J. 2006. Stabilization of Model Beverage Cloud Emulsions Using Protein-Polysaccharide Electrostatic Complexes Formed at the Oil-Water Interface. *J Agri. Food Chem.* 54: 5540 - 5547.
- Hughes, E., Cofrades, S. and Troy, D.J. 1996. Effect of fat level oat fiber and carrageenan on frankfurter formulated with 5, 12 and 30 % fat. *Meat sci.* 45: 273-281.
- Jiménez-Colmenero, F., Herrero, A., Pintado, T. Solas, M.T. and Ruiz-Capillas, C. 2010. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. *Food Res Int.* 43: 2068–2076.
- Kayaard, S. and Gok, V. 2003. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Sci.* 66: 249-257.
- Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Bloukas, J.G. and Astiasaran, I. 2001. Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of Chorizo de Pamplona-a traditional Spanish fermented sausage. *Meat Sci.* 99: 251-258.
- Renkema, J.M.S. 2001. Formation, structure and rheological properties of soy protein gels. Wageningen University. The Netherlands.
- Sallam, K.I., Ishioroshi, M. and Samejima, K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *LWT.* 37: 849-855.
- Wu, W.U., Hettiarachchy, N.S., and Qi, M. 1998. Hydrophobicity, Solubility, and Emulsifying Properties of Soy Protein Peptides Prepared by Papain Modification and Ultrafiltration. *JAOCS.* 75(7): 845-850.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้