



248945



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การผลิตเหยโกโก้เลียนแบบจากน้ำมันเมล็ดมะม่วง”

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสภาค สอนไ และคณะ

15 พฤษภาคม 2553

๐๐๐ ๒๕๓ ๙๒๔

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



248945



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การผลิตเหนียวโกโก้เลียนแบบจากน้ำมันเมล็ดมะม่วง”



โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสภาค สอนไว และคณะ

15 พฤษภาคม 2553

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การผลิตเหี่ยวโกโก้เลียนแบบจากน้ำมันเมล็ดมะม่วง”

คณะวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสภาค สอนไว^a
(Asst. Prof. Dr. Sopark Sonwai)
2. รองศาสตราจารย์ ดร. เอเดรียน ฟลัด^b
(Assoc. Prof. Dr. Adrian Flood)

สังกัด

^aภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม

^bสาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
อ.เมือง จ.นครราชสีมา

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

แบบสรุปโครงการวิจัย

สัญญาเลขที่ MRG5180156

ชื่อโครงการ “การผลิตเนยโกโก้เลียนแบบจากน้ำมันเมล็ดมะม่วง”

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร.โสภาค สอนไว

นักวิจัยที่ปรึกษา รศ. ดร. เอเดรียน ฟัด

สถาบัน ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

โทรศัพท์ 034-219361

โทรสาร 034-272194

Email ssonwai@su.ac.th

ความสำคัญ/ความเป็นมา

มะม่วงจัดเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อประเทศในภูมิภาคเขตร้อน สำหรับในประเทศไทยแล้วมีผลผลิตมะม่วงรวมในประเทศประมาณ 1-1.4 ล้านตันต่อปี การผลิตมะม่วงในทางการค้าของประเทศไทยจำแนกได้เป็น 3 ประเภทคือใช้กินผลดิบ ผลสุก และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กระป๋อง โดยมีส่วนของเมล็ดมะม่วงที่เป็นของเหลือทิ้งจากการบริโภคและการผลิตมะม่วงกระป๋องในแต่ละปีเป็นปริมาณมหาศาล โดยเฉพาะแถมะม่วงพันธุ์แก้วพันธุ์เดียวนั้นจะก่อให้เกิดเมล็ดเหลือทิ้งถึง 57,019 ตันต่อปี ทำให้เกิดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ ทั้งๆ ที่ส่วนเนื้อในเปลือกแข็งที่เป็นสีขาของเมล็ดมะม่วงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือนำไปผลิตเป็นแป้งหรือนำไปสกัดน้ำมัน ซึ่งน้ำมันเมล็ดมะม่วงนี้มีความเป็นพิษอยู่ตรงที่ว่าเป็นหนึ่งในน้ำมันจากพืชเพียง 6 ชนิดที่ได้รับการยินยอมโดยองค์การควบคุมคุณภาพช็อกโกแลตของสหภาพยุโรป (EU Chocolate Directive) ให้ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตเนยโกโก้เลียนแบบ ชนิด cocoa butter equivalent (หรือที่เรียกว่า CBE) สำหรับใช้แทนหรือผสมกับเนยโกโก้ในช็อกโกแลต ซึ่งเนยโกโก้ นั้นเป็นไขมันจากต้นโกโก้ที่เป็นส่วนผสมหลักของช็อกโกแลต ในปัจจุบันเนยโกโก้มีราคาแพงและมีการผันแปรของปริมาณการผลิตแบบปีต่อปีเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพดินฟ้าอากาศและความไม่มั่นคงด้านสถานะทางการเมืองของประเทศผู้ปลูกต้นโกโก้ ทำให้ปริมาณความต้องการของเนยโกโก้เลียนแบบพุ่งสูงขึ้น ประเทศไทยเองในปัจจุบันได้ส่งสินค้าประเภทเนยโกโก้เลียนแบบเข้ามาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไอศกรีม ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ลูกอม ลูกกวาด ขนมขบเคี้ยวและช็อกโกแลตในปริมาณมากต่อปี ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปริมาณการนำเข้าเนยโกโก้เลียนแบบในอนาคตและเพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากน้ำมันจากพืชที่ผลิตได้เองภายในประเทศ งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาถึงการผลิตเนยโกโก้เลียนแบบจากน้ำมันเมล็ดมะม่วง (สายพันธุ์แก้ว) โดยการผสมกับน้ำมันจากพืชชนิดอื่นที่เหมาะสม ให้มีชนิดและอัตราส่วนของกรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับของเนยโกโก้ให้มากที่สุด ซึ่งโครงการวิจัยนี้จะเลือกใช้น้ำมันปาล์มส่วน mid-fraction ที่ได้จากปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในภาคใต้ของประเทศไทย โดยจะต้องมีการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการผสมน้ำมันทั้ง 2 ชนิดนี้เข้าด้วยกัน จึงจะทำให้ได้น้ำมันผสมที่มีคุณสมบัติต่างๆ ทั้งทางเคมี ทางกายภาพ รวมถึงพฤติกรรมกรรมการตกผลึกที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับของเนยโกโก้ จึงจะสามารถใช้เนยโกโก้

เลียนแบบที่ผลิตได้ทดแทนเนยโกโก้ในการผลิตช็อกโกแลตได้โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตและกระบวนการผลิตแต่อย่างใด การผลิตเนยโกโก้เลียนแบบได้เองในประเทศด้วยวิธีการดังกล่าวจะช่วยลดปริมาณนำเข้าเนยโกโก้เลียนแบบจากต่างประเทศ นอกจากนี้การนำเมล็ดมะม่วงไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันเมล็ดมะม่วงสำหรับการผลิตเนยโกโก้เลียนแบบยังจะเป็นการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิตให้แก่ประเทศอีกด้วย

วัตถุประสงค์โครงการ

- 1) เพื่อผลิตเนยโกโก้เลียนแบบชนิด CBE จากน้ำมันเมล็ดมะม่วงและน้ำมันปาล์ม mid-fraction ที่ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้มีชนิดและอัตราส่วนขององค์ประกอบกรดไขมัน คุณสมบัติต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางกายภาพ ที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับของเนยโกโก้
- 2) เพื่อศึกษาพฤติกรรมและการตกผลึกของเนยโกโก้เลียนแบบชนิด CBE ที่ผลิตได้จากไขมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดมะม่วงและน้ำมันปาล์ม mid-fraction เปรียบเทียบกับเนยโกโก้

ผลที่ได้รับ	บรรลุมิติวัตถุประสงค์ข้อที่
-ได้เนยโกโก้เลียนแบบชนิด CBE จากน้ำมันเมล็ดมะม่วงและน้ำมันปาล์ม mid-fraction ที่ผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ 80:20 ทำให้มีชนิดและอัตราส่วนขององค์ประกอบกรดไขมัน คุณสมบัติต่างๆ ทั้งทางเคมีและทางกายภาพ ที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับของเนยโกโก้	1
-ได้ทราบถึงพฤติกรรมและการตกผลึกของเนยโกโก้เลียนแบบชนิด CBE ที่ผลิตได้จากไขมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดมะม่วงและน้ำมันปาล์ม mid-fraction ว่ามีลักษณะที่เหมือน/ใกล้เคียงกับของเนยโกโก้ ซึ่งน่าจะสามารถนำไปใช้งานในการผลิตช็อกโกแลตร่วมกับหรือทดแทนเนยโกโก้ได้เป็นอย่างดี	2

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

-ผลงานวิจัยบางส่วนได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ:
Kaphueakngam P., A. Flood and S. Sonwai (2009). Production of Cocoa Butter Equivalent from Mango Seed Almond Fat and Palm Oil - Mid Fraction. *Asian Journal of Food and Agro - Industry*. 2(04). 441-447.

การประชาสัมพันธ์

-ได้มีการเผยแพร่ข่าวสารงานวิจัยในสื่อโทรทัศน์และสิ่งพิมพ์:
บทความเรื่อง “ม.ศิลปากร สกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วงทำช็อกโกแลต” ในคอลัมภ์ ไอที – นวัตกรรม ในวารสารกรุงเทพธุรกิจออนไลน์

มะม่วงจัดเป็นหนึ่งในผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะมะม่วงสายพันธุ์แก้วซึ่งถูกแปรรูปทางอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ทำให้หลงเหลือเมล็ดมะม่วงเป็นของเสียจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นการนำเมล็ดมะม่วงมาใช้ประโยชน์จึงช่วยเพิ่มมูลค่าและลดปริมาณขยะซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาแก๊สเรือนกระจก เนื่องจากน้ำมันจากเมล็ดมะม่วงซึ่งมีกรดไขมันชนิดกรดสเตียริกในปริมาณสูงนั้น เป็นหนึ่งในน้ำมันจากพืชชนิดที่ต้องควบคุมคุณภาพช็อกโกแลตของสหภาพยุโรป (EU Chocolate Directive) อนุญาตให้ใช้เป็นไขมันทดแทนเนยโกโก้หรือเนยโกโก้เลียนแบบในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการผลิตเนยโกโก้เลียนแบบชนิด Cocoa Butter Equivalent (CBE) จากไขมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดมะม่วงและน้ำมันปาล์มมิดเฟรคชันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน 7 อัตราส่วนแล้วทำการวิเคราะห์กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบด้วยเครื่อง Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) เปรียบเทียบกับเนยโกโก้พบว่า ไขมันผสมทุกอัตราส่วนมีความแตกต่างจากเนยโกโก้อย่างมีนัยสำคัญ แต่มีกรดไขมันหลักที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกับเนยโกโก้ ได้แก่ กรดปาล์มมิดิก กรดสเตียริก และกรดโอเลอิก การศึกษาพฤติกรรมการหลอมเหลวจากค่าความเป็นของแข็งในรูปผลึกของไขมันด้วยเครื่อง pulse-Nuclear Magnetic Resonance แสดงให้เห็นว่า ไขมันผสมทุกอัตราส่วนยกเว้น 50:50 (w/w) และ 0:100 (w/w) ของน้ำมันเมล็ดมะม่วงค่อน้ำมันปาล์มมิดเฟรคชันเกิดการหลอมเหลวอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิร่างกาย (37°C) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต อย่างไรก็ตามไขมันผสมอัตราส่วน 80:20 (w/w) มีพฤติกรรมการหลอมเหลวคล้ายคลึงกับเนยโกโก้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่อุณหภูมิในช่วง 32-40°C และยังมีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกับเนยโกโก้มากที่สุด รวมถึงสามารถผสมเข้ากันได้กับ CB โดยไม่ก่อให้เกิด eutectic effect นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้ไขมันผสมดังกล่าวร่วมกับเนยโกโก้แล้วไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการตกผลึกของเนยโกโก้ โดยตกผลึกในโครงสร้างแบบที่ V หรือ β_2 และไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเกิด fat bloom ของเนยโกโก้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นไขมันผสมอัตราส่วน 80:20 (w/w) จึงน่าจะมีประสิทธิภาพดีในการใช้เป็นเนยโกโก้เลียนแบบตัวใหม่ชนิด CBE

ABSTRACT

248945

Mangoes (*Mangifera indica* L.) are one of Thailand's most economically important fruits. Particularly, the Keaw variety which has been used as raw materials for many canned fruit factories. Only the mango flesh is utilized by these factories, resulting in a vast amount of mango peels and seeds being discarded as waste. The mango seeds contain a type of fat called mango seed almond fat (MAF) that is high in stearic acid content. According to the 2003 EU regulations, only six vegetable oils can be used in EU chocolate and MAF is one of them. This research was aimed at producing cocoa butter equivalent from the blend of MAF and palm oil mid-fraction (PMF). Seven MAF-PMF blends with different proportions (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50 and 0:100 (w/w) of MAF to PMF) including cocoa butter were characterized. Fatty acid composition was determined by Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) and the result showed that all seven fat blends had palmitic acid, stearic acid and oleic acid as the main fatty acid components like cocoa butter, however with varying amount. The study of solid fat content (SFC) as a function of temperature using pulsed-Nuclear Magnetic Resonance revealed that all blends except 50:50 and 0:100 melted completely at the body temperature (37°C). However only 80:20 blend exhibited a melting behavior closest to that of cocoa butter ($p < 0.05$), especially between 32°C and 40°C where the fat experienced a sharp decrease in SFC as the temperature increased. The 80:20 blend did not exhibit "eutectic effect" by mixing it with cocoa butter at various proportions and had a slip melting point closest to that of cocoa butter. Moreover, the blend did not affect the crystallization behavior of cocoa butter which crystallized into form V or β_2 and did not change the fat bloom formation behavior of cocoa butter when mixed with cocoa butter in the ratio of 1:5.64 (w/w) of 80:20 blend to cocoa butter. As a result of this, the 80:20 blend has the most potential for future use as cocoa butter equivalent.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ในการอนุมัติเงินทุนอุดหนุนการวิจัยโครงการทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2551

ขอขอบคุณโรงงานแปรรูปมะม่วง จังหวัดราชบุรี ที่เอื้อเฟื้อเมล็ดมะม่วงสำหรับใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณบริษัท บรูเกอร์ ไบโอสปีน ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่อง pulse-Nuclear Magnetic Resonance (p-NMR) และสุดท้าย ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร สำหรับสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ รวมถึงสถานที่ในการทำวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสภาค สอนไว และคณะ

สารบัญ

	หน้า
แบบสรุปโครงการวิจัย	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
ABSTRACT	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ญ

บทที่

1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	สมมติฐานของการศึกษา.....	2
	ขอบเขตของการศึกษา	2
2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	มะม่วงและน้ำมันเมล็ดมะม่วง	4
	น้ำมันปาล์มมิดเฟรคชั่น	8
	เนยโกโก้	10
	เนยโกโก้เลียนแบบ	12
	คุณสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน	17
	คุณสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน	20
	การตกผลึกของไขมันและน้ำมัน	22
3	วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
	วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	32
	การสกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วง.....	34
	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไขมันผสมและเนยโกโก้.....	34
	การคัดเลือกไขมันผสมอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้เป็น	
	CBE	36
	การวิเคราะห์ความเข้ากันได้ของไขมันผสมอัตราส่วนที่เลือกกับเนยโกโก้	36

การศึกษาพฤติกรรมการตกผลึกของน้ำมันเมล็ดมะม่วง น้ำมันปาล์ม มิดแฟรคชัน ไขมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดมะม่วงและน้ำมันปาล์ม มิดแฟรคชันในอัตราส่วนที่เลือกไว้ และไขมันผสมของอัตราส่วน ที่เลือกที่ผสมกับเนยโกโก้เปรียบเทียบกับพฤติกรรมการตกผลึก ของเนยโกโก้.....	37
การศึกษาการเกิด fat bloom ของไขมัน	38
4 ผลและวิจารณ์ผลการดำเนินงานวิจัย.....	40
การสกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วง.....	40
การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของไขมันผสมและเนยโกโก้.....	40
การคัดเลือกไขมันผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้ เป็น CBE	49
การวิเคราะห์ความเข้ากันได้ของไขมันผสมอัตราส่วนที่เลือกกับเนยโกโก้.....	49
การศึกษาพฤติกรรมการตกผลึกของเนยโกโก้เลียนแบบที่ผลิตได้ (CBE) และของ CBE ที่ผสมกับเนยโกโก้เปรียบเทียบกับพฤติกรรมการ ตกผลึกของเนยโกโก้.....	51
การศึกษาการเกิด fat bloom ของไขมันผสมอัตราส่วนที่เลือกไว้เป็น CBE	67
5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก การทำให้น้ำมันบริสุทธิ์ตามวิธีของ Wesson method	79
ภาคผนวก ข การเตรียมเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน.....	81
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ค่าสปอนนิฟิเคชันตามวิธีของ PORIM test method	83
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดโดยประยุกต์ใช้วิธีของ AOCS	85
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ค่า SFC ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ pulse-Nuclear Magnetic Resonance	87
ภาคผนวก ฉ การหาค่า Slip Melting Point (SMP).....	89
ภาคผนวก ช X-ray diffraction pattern จากการทำ tempering ตัวอย่างไขมัน	91

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ข โครมาโตแกรมของไขมันผสมและเนยโกโก้	94
ภาคผนวก ฉ ตารางแสดงร้อยละของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วนต่าง ๆ และเนยโกโก้.....	99
ภาคผนวก ฉ ภาพถ่ายพฤติกรรมการตกผลึกของไขมันจากกล้องจุลทรรศน์.....	101
ภาคผนวก ฎ กลไกการตกผลึกของไขมันตัวอย่าง.....	117
ภาคผนวก ฎ X-ray diffraction pattern ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย X-ray diffractometer	119
ภาคผนวก ฐ ตารางสรุปผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกในระหว่างการตกผลึกที่ 20°C	123
ภาคผนวก ท คำย่อ.....	127
ประวัติผู้วิจัย	129
กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลการวิจัยจากโครงการไปใช้ประโยชน์.....	130
(บทความเรื่อง “ม.ศิลปากร สกัดน้ำมันเมล็ดมะม่วงทำช็อกโกแลต” ในคอลัมภ์ ไอที – นวัตกรรม ในวารสารกรุงเทพธุรกิจออนไลน์)	
บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับผลงานวิจัยนี้ที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ.....	131
ระดับนานาชาติ	
(Kaphueakngam P., A. Flood and S. Sonwai (2009). Production of Cocoa Butter Equivalent from Mango Seed Almond Fat and Palm Oil - Mid Fraction. <i>Asian Journal of Food and Agro - Industry</i> . 2(04). 441-447.)	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณ (ตัน) มูลค่า (ล้านบาท) และตลาดหลักในการส่งออกมะม่วงของประเทศไทย..	5
2 ผลผลิตมะม่วงของประเทศไทยในปี 2547	6
3 ความเหมาะสมของการประยุกต์ใช้น้ำมันปาล์มแยกส่วนในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ	10
4 ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ (%) ที่เป็นองค์ประกอบของเนยโกโก้	11
5 วัตถุดิบและไตรกลีเซอไรด์หลักของส่วนผสมของเนยโกโก้เลียนแบบชนิด CBE.....	13
6 จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ.....	18
7 จุดหลอมเหลวของไตรกลีเซอไรด์บางชนิด.....	19
8 คุณสมบัติและค่า X-ray short spacings (d; Å) ของผลึกรูปแบบต่าง ๆ ของเนยโกโก้	30
9 ตารางแสดงค่า X-ray short spacings (d; Å) ของผลึกรูปแบบต่าง ๆ ของไขมัน.....	31
10 ร้อยละของปริมาณของกรดไขมัน* ที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมและเนยโกโก้..	41
11 ตารางแสดงร้อยละของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน ต่าง ๆ และเนยโกโก้	100
12 ตารางแสดงค่า d-short spacing (Å) ของโครงสร้างผลึกแต่ละรูปแบบที่ระยะเวลา ต่าง ๆ ในระหว่างการตกผลึก	124
13 ตารางสรุปโครงสร้างผลึกในนาที่ที่ 60 ของไขมันแต่ละตัวอย่าง	126

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ภาพแสดงส่วนประกอบของผลมะม่วง.....	7
2 กระบวนการแยกส่วนแบบแห้งของน้ำมันปาล์ม.....	9
3 Iso-solids phase diagram for cocoa butter/CBS. Reprinted with the permission of Loders Croklaan.....	15
4 Iso-solids phase diagram for cocoa butter/CBR. Reprinted with the permission of Loders Croklaan.....	16
5 แผนภาพแสดงความสามารถในการละลาย ณ จุดอิ่มตัวและจุดอิ่มตัวยิ่งยวด	23
6 การจัดเรียงตัวของผลึกของไตรกลีเซอไรด์รูปแบบ α , β' และ β	25
7 ภาพแสดงทิศทางของแสงที่ทำให้เกิดภาพพื้นดำ.....	28
8 กฎการสะท้อนของแบรกก์ เมื่อรังสีเอ็กซ์เมื่อตกกระทบบระนาบของผลึก.....	29
9 แผนภูมิแสดงค่าสaponification (mg KOH/g oil) ของไขมันผสมและเนยโกโก้	42
10 แผนภูมิแสดงค่าไอโอดีน (I_2 /น้ำมัน 100 g) ของไขมันผสมและเนยโกโก้	44
11 แผนภูมิแสดงค่าความเป็นกรด (mg NaOH/g oil) ของไขมันผสมและเนยโกโก้.....	45
12 ค่า Solid Fat Content (%) ของไขมันผสมอัตราส่วนต่าง ๆ และเนยโกโก้ที่ อุณหภูมิตั้งแต่ 15-40°C	47
13 แผนภูมิแสดงจุดหลอมเหลว (Slip melting point; °C) ของไขมันผสมอัตราส่วน ต่าง ๆ และเนยโกโก้.....	48
14 ค่า Solid Fat Content (%) ของไขมันผสมอัตราส่วน 80:20 (w/w) และเนยโกโก้ ที่อุณหภูมิ 20°C	50
15 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MAF ตามเวลา (t มีหน่วย เป็นนาติ) ทุก ๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยาย ของกล้องเท่ากับ 500 เท่า	53
16 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ PMF ตามเวลา (t มีหน่วย เป็นนาติ) ทุก ๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยาย ของกล้องเท่ากับ 500 เท่า.....	54
17 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CBE ตามเวลา (t มีหน่วย เป็นนาติ) ทุก ๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยาย ของกล้องเท่ากับ 500 เท่า.....	55

ภาพที่	หน้า
18 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CB ตามเวลา (t มีหน่วยเป็นนาทีก) ทุก ๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า.....	56
19 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MIX ตามเวลา (t มีหน่วยเป็นนาทีก) ทุก ๆ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า.....	57
20 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นของแข็งในรูปผลึก (SFC) ของไขมันชนิดต่าง ๆ ตามเวลาในระหว่างการตกผลึกที่อุณหภูมิคงที่ที่ 20°C.....	58
21 X-ray diffraction pattern ของ MAF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการตกผลึกที่ 20°C.....	61
22 X-ray diffraction pattern ของ MAF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการตกผลึกที่ 20°C.....	62
23 X-ray diffraction pattern ของ MAF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการตกผลึกที่ 20°C.....	64
24 X-ray diffraction pattern ของ MAF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการตกผลึกที่ 20°C.....	65
25 X-ray diffraction pattern ของ MAF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ของการตกผลึกที่ 20°C.....	67
26 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า WI ของ CBE, CBE ผสมกับ CB ในอัตราส่วน 1:5.64 (w/w) เปรียบเทียบกับ CB เมื่อทำการเก็บรักษาไขมันที่อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลา 6 เดือน	68
27 X-ray diffraction pattern จากการทำ tempering ตัวอย่างเนยโกโก้	92
28 X-ray diffraction pattern จากการทำ tempering ตัวอย่าง CBE	92
29 X-ray diffraction pattern จากการทำ tempering ตัวอย่างไขมันผสมระหว่าง CEB และ CB ในอัตราส่วน 1:5.64 (w/w) หรือ MIX.....	93
30 โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 0:100 (w/w).....	95
31 โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 50:50 (w/w).....	95
32 โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 60:10 (w/w).....	96
33 โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 70:30 (w/w).....	96

34	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 80:20 (w/w).....	97
35	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 90:10 (w/w).....	97
36	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไขมันผสมอัตราส่วน 100:0 (w/w).....	98
37	โครมาโตแกรมของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของเนยโกโก้	98
38	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MAF ตั้งแต่วันที่ 0-12 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	102
39	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MAF ตั้งแต่วันที่ 14-40 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	103
40	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MAF ตั้งแต่วันที่ 45-60 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	104
41	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ PMF ที่อุณหภูมิ 24°C, 23°C, 21°C และวันที่ 0-8 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลัง ขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า	105
42	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ PMF ตั้งแต่วันที่ 10-30 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	106
43	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ PMF ตั้งแต่วันที่ 35-60 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	107
44	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CBE ตั้งแต่วันที่ 0-12 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	108
45	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CBE ตั้งแต่วันที่ 14-40 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	109
46	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CBE ตั้งแต่วันที่ 45-60 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	110
47	การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CB ตั้งแต่วันที่ 0-12 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	111

ภาพที่	หน้า
48 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CB ตั้งแต่หน้าที่ที่ 14-40 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	112
49 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ CB ตั้งแต่หน้าที่ที่ 45-60 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	113
50 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MIX ตั้งแต่หน้าที่ที่ 0-12 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	114
51 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MIX ตั้งแต่หน้าที่ที่ 14-40 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	115
52 การเปลี่ยนแปลง จำนวน ขนาด และรูปร่างของผลึกของ MIX ตั้งแต่หน้าที่ที่ 45-60 ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง กำลังขยายของกล้องเท่ากับ 500 เท่า....	116
53 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นของแข็งในรูปผลึก (SFC) ของไขมันชนิดต่าง ๆ ตามเวลาในระหว่างการตกผลึกที่อุณหภูมิคงที่ที่ 20°C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง.....	118
54 X-ray diffraction pattern ของ MAF ซึ่งตกผลึกที่ 20°C ที่นาที่ที่ 90 และ 180.....	120
55 X-ray diffraction pattern ของ PMF ซึ่งตกผลึกที่ 20°C ที่นาที่ที่ 90 และ 180	120
56 X-ray diffraction pattern ของ CBE ซึ่งตกผลึกที่ 20°C ที่นาที่ที่ 90 และ 180.....	121
57 X-ray diffraction pattern ของ CB ซึ่งตกผลึกที่ 20°C ที่นาที่ที่ 90 และ 180.....	121
58 X-ray diffraction pattern ของ MIX ซึ่งตกผลึกที่ 20°C ที่นาที่ที่ 90 และ 180.....	122