บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ช็อกโกแลตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากเมล็ดโกโก้ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมและรู้จักกันทั่วโลกมีการรับประทานกันอย่างแพร่หลายทั้งในรูปช็อกโกแลตแท่ง ช็อกโกแลตเหลว นมช็อกโกแลต ช็อกโกแลตชนิดเคลือบ เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยก็มีการบริโภคและจำหน่ายช็อกโกแลตหลายชนิด โดยการบริโภคช็อกโกแลตมักเกิดจากการชอบรสหวาน และกลิ่นหอมของช็อกโกแลตทำให้รู้สึกอร่อย บางครั้งนิยมซื้อเป็นของขวัญในโอกาสพิเศษและยังมีผู้บริโภคบางกลุ่มชอบตามกระแสนิยม แต่การขยายตัวของตลาดในสินค้ากลุ่มนี้ค่อนข้างช้า เนื่องจากเป็นสินค้าประเภทฟุ่มเฟือย และมีราคาค่อนข้างแพง ทำให้การบริโภคกระจายอยู่ในผู้บริโภคบางกลุ่มเท่านั้น ดังนั้นการลดต้นทุน การผลิตช็อกโกแลตจะทำให้ราคาของช็อกโกแลตลดลง ทำให้ตลาดของช็อกโกแลตกว้างขึ้นและขยายตัวรวดเร็วขึ้น การลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงกรรมวิธีการผลิต การปรับปรุงสูตรในการผลิตช็อกโกแลต โดยอาจจะปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงส่วนผสมเดิม ซึ่งวัตถุดิบในการผลิตช็อกโกแลตมีราคาแพงมากโดยเฉพาะเนยโกโก้ (cocoa butter) จึงมีการพยายามในการใช้ไขมันชนิดอื่นที่สามารถใช้ทดแทนเนยโกโก้ได้บางส่วนหรือทดแทนได้ทั้งหมดและไม่ส่งผลต่อคุณภาพของช็อกโกแลต

กระบวนการอินเตอร์เอสเทอริฟิเคชั่น (interesterification) เป็นทางเลือกหนึ่งโดยใช้เอนไซม์ไลเปสเร่งปฏิกิริยาที่ผ่านมามีการใช้กระบวนการอินเตอร์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันในทางการค้าสำหรับผลิต มาการีน shortening และไขมันอื่นๆ ที่มีคุณลักษณะเฉพาะ ในปัจจุบันมีการใช้กระบวนการอินเตอร์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันพืชในการเตรียมไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ (cocoa butter-like fat) ไขมันที่ได้จากปฏิกิริยาจะต้องมีลักษณะโครงสร้างและคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับเนยโกโก้ ซึ่งในน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีชนิดและปริมาณกรดไขมันที่แตกต่างกันเมื่อผ่านกระบวนการ

อินเตอร์เอสเทอริฟิเคชั่น จะทำให้เกิดไตรกลีเซอไรด์ที่มีความหลากหลาย จึงต้องทำการคัดเลือกน้ำมันพืชที่เหมาะสมสำหรับดัดแปรเป็นไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ และสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอินเตอร์เอสเทอริฟิเคชั่น เพื่อให้ได้ไขมันที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงเนยโกโก้มากที่สุด (Chang *et al*., 1990) แต่การใช้ไขมันชนิดต่างๆ ในการทดแทนไขมันโกโก้จะส่งผลต่อคุณภาพของช็อกโกแลตอาจทำให้เกิดฝ้าขาว fat bloom และลักษณะของเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป (Ziegleder, 1997) ดังนั้นการใช้ไขมันเลียนแบบเนยโกโก้มาทดแทนเนยโกโก้ต้องทำการศึกษาถึงปริมาณของไขมันเลียนแบบเนยโกโก้เหมาะสมในการผลิตช็อกโกแลตเพื่อให้ช็อกโกแลตที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัส เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น (Lipp and Anklam., 1998) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาถึงกระบวนการผลิตไขมันเลียนแบบเนยโกโก้จากน้ำมันพืช และระดับการทดแทนไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ในช็อกโกแลตชนิดแท่ง และชนิดเคลือบขนมปัง รวมทั้งพัฒนาสูตรช็อกโกแลตทั้งสองชนิดให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การตรวจเอกสาร

1. กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอน 4-24 อะตอม เกาะกันเป็นเส้นตรงปลายข้างหนึ่งเป็นหมู่คาร์บอกซิลปลายอีกข้างมีลักษณะเป็นสายโซ่ยาวของนอนโพลาร์ไฮโดรคาร์บอนทำให้กรดไขมันไม่ละลายน้ำ ในธรรมชาติกรดไขมันแต่ละชนิดมีความยาวของสายโซ่จำนวนและตำแหน่งของพันธะไม่อิ่มตัวแตกต่างกัน กรดไขมันที่พบในเซลล์พืชหรือสัตว์จะไม่พบในรูปอิสระแต่จะอยู่ร่วมกันเป็นลิปิดด้วยพันธะโควาเลนต์ โดยกรดไขมันจะเป็นกรดไขมันชนิดใดก็ได้ซึ่งจะทำให้ไขมันและน้ำมันต่างชนิดกันเป็นของแข็งหรือเป็นของเหลวต่างกัน ตัวอย่างของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid) เช่น กรดสเตียริก (stearic acid) กรดปาล์มมิติก (palmitic acid) และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เช่น กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) กรดไลโนเลนิก (linolenic acid) เป็นต้น โดยในน้ำมันพืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณและชนิดของกรดไขมันแตกต่างกันไปดังแสดงในตารางที่ 1

2. น้ำมันปาล์ม (Palm oil)

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้รองจากยางพารา นิยมปลูกมากในจังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร สตูล และตรัง ผลผลิตของปาล์มน้ำมันจะถูกนำไปแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์ม กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทยมี 3 วิธี คือ กระบวนการผลิตแบบใช้ไอน้ำ กระบวนการผลิตแบบย่างผลปาล์ม ซึ่งจะได้น้ำมันปาล์ม 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ น้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel oil) และส่วนที่ได้จาก mesocarp เรียกว่า น้ำมันปาล์ม (palm oil) เมื่อนำน้ำมันปาล์มไปแยกส่วนภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้เกิดการผลึกของน้ำมันเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงสามารถแยกน้ำมันได้ 2 ส่วนคือ ปาล์มโอลีอินและปาล์มสเตียริน ดังแสดงในตารางที่ 2 เนื่องมาจากน้ำมันแต่ละส่วนมีชนิดของกรดไขมันเป็นองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3 ทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำมันแตกต่างกันดังนั้นการใช้ประโยชน์จากน้ำมันแต่ละชนิดก็แตกต่างกันไป

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันพืช 10 ชนิด(กรัม/100 กรัม)

Type and value of fatty acid content in vegetable oils (gram/100gram).

Oils	Saturated fatty acids (%)			Unsaturated fatty acid (%)			
	palmitic	stearic	total	oleic	linoleic	linolenic	total
Cocoa butter	25.6	35.4	61.0	34.7	4.0	0.3	39.0
Corn oil	10.9	1.8	12.7	24.2	58.0	0.7	82.9
Cotton oil	22.7	2.3	25.9	17.0	51.5	0.2	69.7
Olive oil	11.0	2.2	13.5	72.5	7.9	0.6	32.1
Palm oil	43.5	4.3	49.3	36.6	9.1	0.2	46.3
Peanut oil	9.5	2.2	16.9	44.8	32.0	-	78.2
Sufflower oil (vary linolenic)	6.2	2.2	9.1	11.7	74.1	0.4	86.6
Sufflower oil (vary oleic)	4.8	1.3	6.1	75.3	14.2	-	89.5
Sesame oil	8.9	4.8	14.2	39.3	41.3	0.3	81.4
Soy bean oil	10.3	3.8	14.4	22.8	51.0	6.8	81.2
Sunflower oil	5.9	4.5	10.3	19.5	65.7	-	85.2

Source : Lipp and Anklam (1998)

ตารางที่ 2 ปริมาณไขมันส่วนแข็ง (solid fat contents) ของน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์

Solid fat content of standard refined palm oils.

Temperature	Palm oil(%)		Palm olein (%)		Palm stearin (%)	
(°C)	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
10	53.65	46.1-60.8	38.27	23.9-45.5	76.04	49.5-84.1
15	39.13	33.4-50.8	19.85	10.7-25.9	68.91	37.2-79.0
20	26.10	21.6-31.3	5.67	0.0-9.0	60.70	25.2-71.2
25	16.28	12.1-20.7	2.05	0.0-4.3	50.55	15.8-63.5
30	10.54	6.1-14.3			40.39	11.2-55.0
35	7.85	3.5-11.7			34.29	7.2-46.6
40	4.64	0.0 - 8.3			28.13	6.1-38.0
45					22.38	1.0-32.2
50					12.45	0.0-21.3

Source : Berger (2001)

ตารางที่ 3 ปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันปาล์มแต่ละชนิด

Mean fatty acid content of refined palm oils.

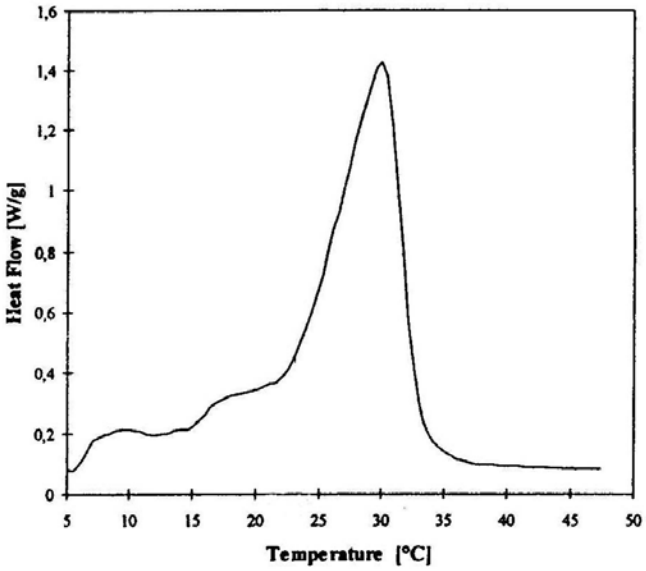
Fatty acid	Refined palm oil (%)		
	Palm oil	Palm olein	Palm stearin
12:0	0.2	0.3	0.2
14:0	1.1	1.1	1.3
16:0	44.2	40.9	56.9
16:1	0.1	0.1	0.1
18:0	4.4	4.2	4.9
18:1	39.0	41.5	29.1
18:2	10.6	11.6	7.2
18:3	0.2	0.2	0.1
20:0	0.2	0.1	0.2

Source : Berger (2001)

3. เนยโกโก้ (Cocoa butter)

เนยโกโก้เป็นไขมันที่ผลิตได้จากเมล็ดโกโก้แห้งซึ่งได้มาจากการนำเมล็ดโกโก้ใส่ในลังหมักหรือกองบนพื้นปิดทับเมล็ดโกโก้ด้วยกระสอบป่าน 2-3 ชั้น ในระหว่างการหมัก 3-4วันมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ด เกิดสารให้กลิ่นรสตั้งต้นของช็อกโกแลตและการเปลี่ยนสีของเมล็ด นำเมล็ดโกโก้ไปอบเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในเมล็ดนอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ของเมล็ดโกโก้กระเทาะเปลือกออกทำให้ได้ส่วนในของเมล็ดโกโก้ (nib) นำโกโก้นิบไปผ่านการบดหยาบและบดละเอียดโดยควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 60-80 องศาเซลเซียส หลังจากการบดโกโก้นิบแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์ “โกโก้ลิเคอร์ (cocoa liquor)” หรือเรียกว่าโกโก้แมส (cocoa mass) มีลักษณะ กึ่งแข็งกึ่งเหลว กลิ่นหอม แต่รสขมและฝาด แข็งตัวเมื่อเย็นลง มีปริมาณไขมันร้อยละ 52-56 มีขนาดอนุภาคไม่ต่ำกว่า 20 ไมโครเมตร ความชื้นร้อยละ

1-2 แล้วจึงผ่านกระบวนการใช้ด่าง (alkalization หรือ dutching) เป็นการปรับปรุงสีและลดกรดในผงโกโก้ โดยกระบวนการนี้จะทำให้ผงโกโก้มีสีเข้มขึ้นและมีรสชาตินุ่มขึ้น เนื่องจากกรดลดลงโดยใช้สารละลายโปแตสเซียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ40 ในปริมาณร้อยละ2 โดยน้ำหนักของโกโก้ลิเคอร์ สุดท้ายเป็นการแยกไขมันบางส่วนออกจากโกโก้ลิเคอร์โดยใช้เครื่องบีบอัด (horizontal press) อุณหภูมิระหว่างการบีบอัดประมาณ 90-100 องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือ press cake หรือ cocoa cake ซึ่งมีไขมันเหลืออยู่ร้อยละ10-24 เมื่อนำไปบดผงจะได้ “ผงโกโก้” (cocoa powder) และได้ส่วนของไขมันที่ถูกบีบอัดออกมาเรียกว่า “เนยโกโก้” (cocoa butter) ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตช็อกโกแลตซึ่งสัมพันธ์กับความแข็ง การแตกเปราะที่อุณหภูมิห้อง และการหลอมเหลวได้เร็วภายในปากขณะรับประทาน คุณสมบัติของเนยโกโก้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของโครงสร้างเนยโกโก้ การหลอมเหลวของเนยโกโก้จะเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิแคบๆ ประมาณ 27-38 องศาเซลเซียส พฤติกรรมการหลอมเหลวนี้จึงได้มีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ลูกกวาดและขนมหวาน ถ้าเนยโกโก้หลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะนุ่ม แต่ถ้าหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ละลายในปากและเกิดเป็นลักษณะคล้ายขี้ผึ้งต้องใช้แรงในการเคี้ยวมาก (Smith, 2001) ซึ่งการติดตามดูการหลอมเหลวของเนยโกโก้โดยทั่วไปจะทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential scanning calorimetry (DSC) Undurraga และคณะ (2001) ได้ทำการวิเคราะห์การหลอมเหลวของเนยโกโก้ด้วยเครื่อง DSC พบว่าเนยโกโก้มีจุดหลอมเหลว 31.04 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการหลอมเหลวของเนยโกโก้จากเครื่อง DSC

Melting profile of cocoa butter by DSC.

Source : Undurraga *et al*., (2001)

รูปแบบการหลอมเหลวของเนยโกโก้และรูปแบบการหลอมเหลวของช็อกโกแลตที่ผลิตจากเนยโกโก้ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC จะให้ค่าของช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลวดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์จากการวัดการหลอมเหลวของเนยโกโก้และช็อกโกแลต

Parameter of cocoa butter and chocolate by DSC.

Sample	Onset temperature (° C)	T max (° C)	Endset temperature (° C)
Cocoa butter	24.08	31.04	34.0
Chocolate	31.6	37.5	49.9

Source : Undurraga *et al*., (2001)

เนยโกโก้เป็นไขมันคุณภาพดีสำหรับผลิตขนมหวานและลูกกวาดต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพ เนื่องจากสามารถแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง เมื่อรับประทานจะให้ความรู้สึกเย็นภายในปากและสามารถหลอมเหลวได้อย่างสมบูรณ์ภายในปาก การที่ลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันไปเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างกันขององค์ประกอบกลีเซอร์ไรด์ในเนยโกโก้ (Chang *et al*., 1990) เนยโกโก้จะประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ โดยมีส่วนประกอบรองลงมาเป็น ไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอรไรด์ กรดไขมันอิสระ และฟอสโฟลิปิด ดังแสดงในตารางที่ 5 และเนยโกโก้ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยกรดไขมัน palmitic (16:0) stearic (18:0) และ oleic (18:1) ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 20-26 29-38 และ 29-38 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามกรดไขมันอิ่มตัวจะเฉพาะเจาะจงอยู่ที่ตำแหน่ง 1 และ 3 ของกลีเซอรอล เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ไตรกลีเซอไรด์หลักในเนยโกโก้จึงเป็น 1,3-disaturated-2-oleoyl-glyceral (Sat-0-Sat) โดยมี oleic acid อยู่ตำแหน่งกลางของกลีเซอรอล (Loisel *et al*., 1998) จากการวิเคราะห์เนยโกโก้ของ Shukla (1995) และ Van และคณะ (1996) พบว่าเนยโกโก้ประกอบด้วย Sat-0-Sat อยู่ประมาณร้อยละ 70-88 ของไตรกลีเซอไรด์ในเนยโกโก้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพันธุ์โกโก้และลักษณะภูมิศาสตร์ด้วย โดยพบว่ากลุ่มของ Sat-0-Sat หลัก คือ

- 1, 3- dipalmitoyl-2-oleoyl-glycerol (POP)
- 1, 3- distearoyl-2-oleoyl-glycerol (StOSt)
- rac-palmitoyl-stearoyl-2-oleoyl-glycerol (POSt)

โดยปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ชนิด StOSt POSt และPOP อยู่ในช่วงร้อยละ 20-31 29-41 และ 11-23 ตามลำดับ จากการศึกษาได้ยืนยันว่าไตรกลีเซอไรด์ชนิด POSt เป็นการผสมกันแบบ racemic mixture ระหว่าง sn-1-palmitoyl-2-oleoyl-3-stearoyl-glycerol และ sn-1-stearoyl-2-oleoyl-3-palmitoyl-glycerol

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนยโกโก้

Fatty acid (°C) and triglyceride (°C) composition of cocoa butter.

Fatty acid	Shukla (1995)	Van Malssen *et al*., 1996	Triacylglycerol	Chaiseri and Dimick (1989)	Van Malssen *et al.,* 1996
14 : 0 (M)	0.1	0.00-0.26	PLP	0.7-1.2	0.6-1.5
16 : 0 (P)	23.7-25.5	20.0-23.8	POO	0.9-4.3	2.7-8.1
16 : 1 (Po)	0.3	0.1-0.4	PLS	2.8-3.9	1.6-3.6
17 : 0	0.2-0.3	0.00-0.4	POP	17.5-22.6	11.0-15.4
18 : 0 (St)	32.9-37.1	29.4-34.1	SsOO	2.8-7.3	3.6-10.9
18 : 1 (O)	33.2-37.4	29.4-34.7	StLSt	1.7-3.7	1.0-2.3
18 : 2 (L)	2.6-4.0	2.2-3.7	POSt	35.8-41.4	29.9-37.8
18 : 3 (Li)	0.2	0.1-0.3	StOSt	22.8-31.1	20.2-27.4
20 : 0 (A)		0.8-1.1	StOA	0.4-0.8	1.1-1.9
			POA		0.9-1.3
			StOL		0.4-2.4

Source : Adapted from Malssen *et al*. (1996); Shukla (1995); Chaiseri and Dimick (1989)

นอกจากนี้ในเนยโกโก้ยังประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์อีก 2 กลุ่มคือ monosaturated dioleoylglycerols (Sat-0-0) และ disaturated-2-1-linoleoyl-glycerols (Sat-L-Sat) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า Sat-0-Sat และมีส่วนทำให้เกิดเฟสของของเหลว (liquid phase) ส่งผลให้เนยโกโก้นุ่มลง เช่น เนยโกโก้จากประเทศบราซิล ซึ่งมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์กลุ่มนี้สูง (Smith, 2001) จากการศึกษาเนยโกโก้ของ Lipp และ Anklam (1997) ได้แสดงองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ของเนยโกโก้แต่ละชนิดในตารางที่ 6 โดยเนยโกโก้ทั้งหมดให้ส่วนประกอบที่เป็นรูปแบบเดียวกันยกเว้นเนยโกโก้จาก Bahia ประเทศบราซิล ซึ่งมีไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ 1 ตัว (POP,POS) อยู่ในปริมาณน้อยแต่มีไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็น

องค์ประกอบ 2 ตัว (SOO,POO) ในปริมาณสูง ซึ่งจะส่งผลให้การแข็งตัวและการเกิดผลึกของไขมันได้ไม่ดี

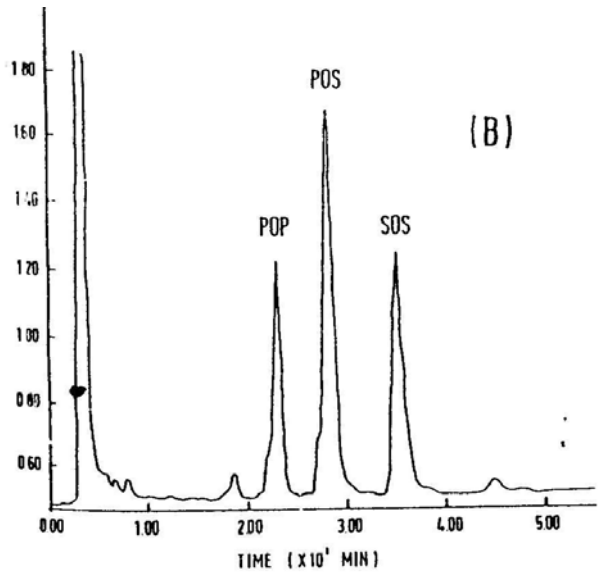
ตารางที่ 6 ชนิดของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบในเนยโกโก้จากแหล่งต่างๆ

Typical triglyceride composition (%area) of cocoa butter.

Country of origin	Samoa	Ivory Coast	Ecuador	Malaysia	Ghana	Nigeria	Bahia
POL	0.8	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.1
PPL	1.6	1.9	1.9	1.5	1.9	1.9	1.7
OOO	0.2	0.8	0.8	0.8	0.5	0.4	0.9
SOL	0.5	0.9	0.8	0.7	0.4	0.8	1.0
POO	2.2	4.4	3.5	2.7	2.6	3.2	5.5
PSL	2.8	3.6	2.8	2.8	3.2	3.4	3.4
PPO	16.4	15.9	15.3	13.8	15.2	14.8	14.0
SOO, PPP	3.7	6.0	4.8	3.8	4.5	5.1	8.4
SSL	2.1	1.8	1.5	2.0	2.1	1.9	2.1
PSO	38.3	36.6	36.3	36.6	37.3	37.4	34.6
SSO	26.8	23.8	26.9	28.4	26.8	26.4	23.7
SSP	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3	0.4	0.2

Source : Lipp and Anklam (1998)

การวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ในเนยโกโก้หรือในไขมันต่างๆโดยทั่วไปจะทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ไฮเพอร์ฟอร์มานซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี (HPLC) Chong และคณะ (1992) ทำการวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ของเนยโกโก้ด้วย HPLC พบว่าไตรกลีเซอไรด์หลักในเนยโกโก้คือ POS SOS และ POP ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์ของเนยโกโก้ด้วยเครื่อง HPLC

Triglyceride profile of cocoa butter by HPLC.

Source : Chong *et al*., (1992)

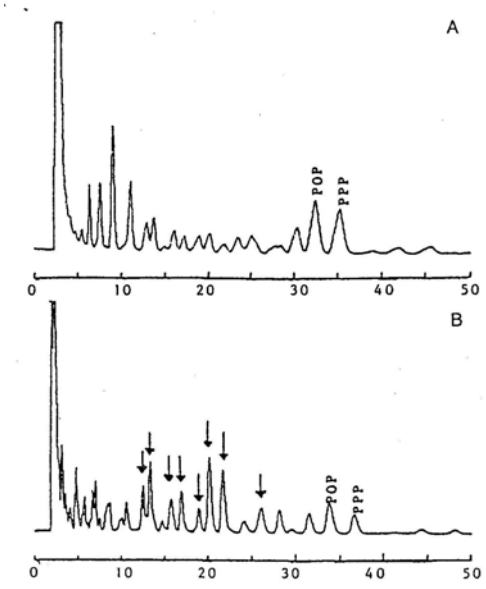
4. การผลิตไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ (Cocoa butter–like fat, CBL) โดยการดัดแปรน้ำมัน

กระบวนการผลิตไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ (CBL) โดยการดัดแปรน้ำมันพืชสามารถทำได้หลายวิธีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำมันพืชชนิดนั้นๆ Reddy และ Prabhakar (1990) ได้ศึกษาการผลิต cocoa butter substitutes จาก Sal fat ซึ่งมีองค์ประกอบของไขมันชนิด mono-unsaturated disaturated triglyceride ในปริมาณสูงเช่นเดียวกับองค์ประกอบของไขมันในเนยโกโก้โดยใช้กระบวนการแยกไขมันชนิดนี้ออกมาด้วยตัวทำละลายอะซิโตน (acetone) ร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ได้คุณสมบัติของไขมันที่แยกออกเหมือนเนยโกโก้

List และคณะ (1995) ทำการวิจัยดัดแปรไขมันพืชจากฝ้าย ถั่วเหลือง ข้าวโพด คาโนล่า และปาล์ม ซึ่งมีรูปแบบไตรกลีเซอไรด์ส่วนใหญ่เป็นแบบ triunsaturated triglyceride (UUU,OOO) ผสมกับน้ำมันจากเมล็ดฝ้ายหรือถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการ

hydrogenation ซึ่งมีรูปแบบของไตรกลีเซอไรด์ส่วนใหญ่เป็นแบบ trisaturated triglyceride (SSS) โดยผสมในสัดส่วน 80:20 ตามลำดับ เพื่อผลิตเป็นมาร์การีนและ shortening ด้วยกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันแบบสุ่มโดยใช้โซเดียมเมทอกไซด์ ร้อยละ 0.5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที พบว่าหลังทำปฏิกิริยาไขมันผสมมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ชนิด SSS และ UUU ลดลงและมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ชนิด UUS และ SSU เพิ่มขึ้น โดยสามารถเห็นได้ชัดเจนในน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันคาโนล่าและน้ำมันเมล็ดฝ้ายที่ผ่านการ hydrogenation

Lai และคณะ (1998) ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันผสมระหว่าง palm stearin : palm kernel olein ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ความเร็ว 200 รอบ/นาที นาน 8 ชั่วโมง ในกระบวนการใช้เอนไซม์ไลเปสเร่งปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน พบว่าเอนไซม์ไลเปสจากเชื้อ *Pseudomonas* ทำกิจกรรมได้ดีที่สุดโดยพิจารณาจากจุดหลอมเหลวของไขมันที่ได้จากปฏิกิริยาจะเห็นได้ว่าเมื่อผสมน้ำมันทั้งสองชนิดในสัดส่วนต่างๆกันน้ำมันที่มีสัดส่วนของปาล์มสเตียรินสูงการลดลงของจุดหลอมเหลวจะต่ำกว่าน้ำมันผสมที่มีปาล์มสเตียรินต่ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของไตรกลีเซอไรด์จาก POP และ PPP เป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 รูปแบบไตรกลีเซอร์ไรด์ของน้ำมันผสม palm stearin : palm kernel olein ที่สัดส่วน 40 : 60 ก่อน (A) และหลัง (B) ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน P คือ palmitic acid, O คือ oleic acid และจุดที่ลูกศรชี้คือไตรกลีเซอร์ไรด์ที่เพิ่มขึ้น Triglyceride profile of palm stearin : palm kernel olein blends at 40:60 ratio befor (A) and after (B) transesterification. P, palmitic acid ; O, oleic acid. and arrows indicate triglycerides whose concentration increased.

Source : Lai *et al*., (1998)

Chong และคณะ (1992) ได้ศึกษาการนำน้ำมันปาล์มโอเลอีนผสมกับกรดไขมันสเตียริกในสัดส่วน 1:0.5 (โดยน้ำหนัก) ใช้เอนไซม์ไลเปสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง และกวนที่ความเร็ว 200 รอบ/นาที ใช้ปริมาณเอนไซม์ไลเปสร้อยละ 10 (น้ำหนักโดยน้ำหนักน้ำมัน) เพื่อให้เกิดการรวมตัวของกรดไขมันสเตียรินในน้ำมันปาล์มโอเลอีนที่ตำแหน่งที่ 1 และ3 เกิดเป็นโครงสร้างของไตรกลีเซอร์ไรด์ที่คล้ายกับเนยโกโก้ คือ SOS POS และPOP แล้วทำการแยกไขมันกลุ่มนี้โดยนำไขมันที่ผ่านกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันไปกลั่นด้วยไอน้ำภายใต้สภาวะสุญญากาศ (6 มิลลิเมตรปรอท) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 1.5 ชั่วโมง ซึ่งสามารถกลั่นแยกกรดไขมันออกได้ร้อยละ 40.3 และส่วนที่เหลือเป็นกลีเซอไรด์ของแข็งร้อยละ 59.7 (มีกรดไขมันเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 0.04) นำส่วนของ glyceride palm olein แยกด้วยตัวทำละลาย เฮกเซน และ อะซิโตน ดังนี้

- ใช้ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ของกลีเซอไรด์ต่อเฮกเซนเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เกิดการจับตัวกันของไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูง เช่น SSS PPS SPS แล้วตกผลึกลงมา นำไขมันไปกรองส่วนไขมันแข็งที่ได้คือ F1(A)
- นำส่วนที่เหลือไประเหยจนแห้งเติมสารละลายแอซิโตน 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ส่วนที่เกิดการจับตัวและเกิดผลึกสามารถกรองแยกออกมาไขมันที่ได้คือ F2(A) ส่วนที่เหลือนำไประเหยจนแห้งไขมันที่ได้คือ F3(A)

จากการทดลองพบว่าไขมันในส่วน F2(A) มีชนิดและปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ใกล้เคียงกับของเนยโกโก้มากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 7 และจากการเปรียบเทียบรูปแบบการหลอมเหลวของไขมันแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการหลอมเหลวของไขมันจากส่วน F_2(A) ใกล้เคียงกับของเนยโกโก้ดังแสดงในภาพที่ 4

ตารางที่ 7 องค์ประกอบของไขมันที่แยกได้จากน้ำมันปาล์มโอเลอีนที่ผ่านการดัดแปรโดยใช้ เฮกเซน และ แอซิโตน เป็นตัวทำละลายในการแยก

Composition of various fractions of interesterified palm olein obtained by hexane and acetone fractionation procedures.

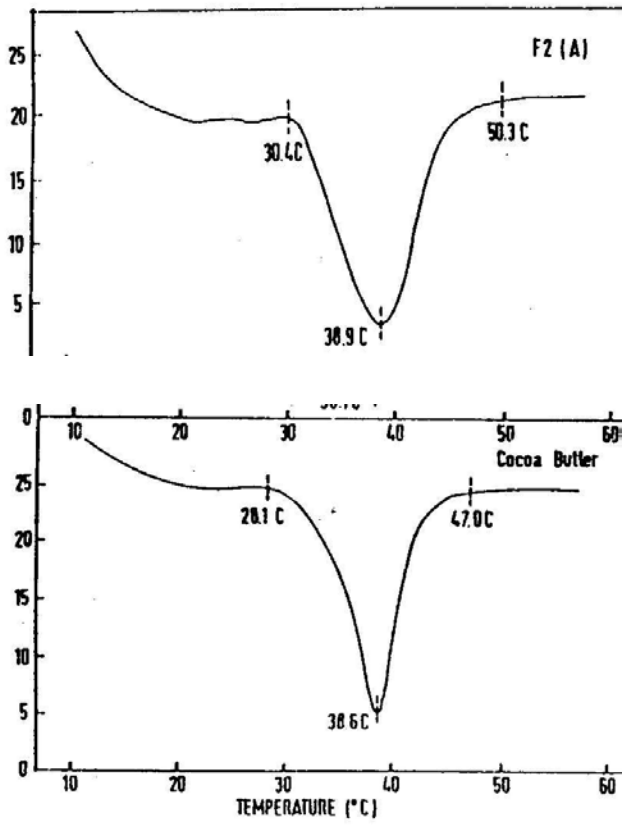
Fraction	Yield	Glyceride distribution (% wt, calc.)				
	(% wt)	Diglycerides	S3	S2U	SU2	U3
F1(A)	22.1	32.1	94.5	11.0	1.9	1.4
F2(A)	26.0	2.0	5.5	58.1	5.7	2.2
F3(A)	51.9	65.9	-	30.9	92.4	96.4

*S = saturated and U = unsaturated

Source : Chong *et al*., (1992)

Chang และคณะ (1990) ศึกษาการผลิต cocoa butter–like fat จากกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันระหว่างน้ำมันจากเมล็ดฝ้ายที่กระบวนการผ่านการไฮโดรเจนเนชัน (HCS) กับ กับน้ำมันมะกอก ในสัดส่วน 1:1 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) โดยใช้เอนไซม์ไลเปสแบบจำเพาะที่ตำแหน่ง 1 และ 3 (Lipozyme) ปริมาณร้อยละ 10 (น้ำหนักโดยน้ำหนักน้ำมัน) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC สามารถบ่งบอกรูปแบบไตรกลีเซอไรด์ของไขมันหลังผ่านการเอสเทอร์ริไฟด์ ดังแสดงในตารางที่ 8 เนื่องจากเอนไซม์ไลเปสจะเฉพาะเจาะจงกับ

ตำแหน่งแต่ไม่เฉพาะกับชนิดกรดไขมัน ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ที่ได้จากปฏิกิริยาแต่ละชนิดจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานขึ้น



ภาพที่ 4 รูปแบบการหลอมเหลวของไขมันจากส่วน F2(A) และ เนยโกโก้

Melting profile of fat fractions F2(A) and cocoa butter.

Source : Chong *et al*., (1992)

ตารางที่ 8 รูปแบบของไตรกลีเซอไรด์จากการใช้เอนไซม์ไลโพไซม์ในปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันของ HCS กับ น้ำมันมะกอก

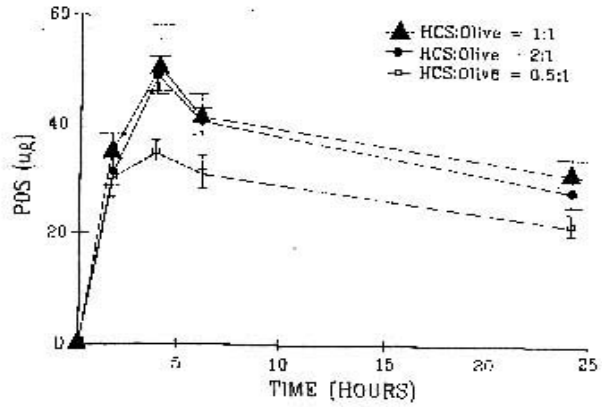
Pattern of triglyceride from interesterification of hydrogenated cottonseed oil (HOS) with olive oil by Lipozyme.

Triglyceride of HCS oil	Triglyceride of olive oil	Mixture of triglycerides			
PPS	OOL	LPL	POP	OOL	PPP
PSS	POL	LSL	OSO	POL	SSL
SSS	OOO	PPL	POS	OOO	PPS
	OPO	PSL	SOS	SOL	PSS
	OSO	OPO	SSS		

Source : Chang *et al*., (1990)

การควบคุมเวลาในกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันเป็นสิ่งที่สำคัญ เพื่อให้ผลของปฏิกิริยามีปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ชนิด POS มากที่สุด ซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ในเนยโกโก้ ซึ่งการทดลองนี้พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดของปฏิกิริยา คือ เวลา 4 ชั่วโมง และปฏิกิริยาจะถึงสมดุลที่เวลา 20 ชั่วโมง จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของ HCS กับ น้ำมันมะกอก ที่สัดส่วน 1:1 ให้ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ชนิด POS สูงที่สุด นำน้ำมันที่ได้จากสภาวะดังกล่าวมาสกัดแยกโดยใช้อะซิโตนในสัดส่วนต่อไขมัน 1:10 (น้ำหนักโดยปริมาตร) เก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง กรองแยกตะกอนนำส่วนเหลวเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง นำน้ำมันมากรองแยกส่วนที่เป็นกึ่งแข็งกึ่งเหลวคือ ไขมันที่คล้ายเนยโกโก้ (CBL) เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่าไขมันเลียนแบบเนยโกโก้มีไตรกลีเซอไรด์หลักอยู่ 2 ชนิดคือ POS และ SOS ในปริมาณร้อยละ 23 และ 28 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6

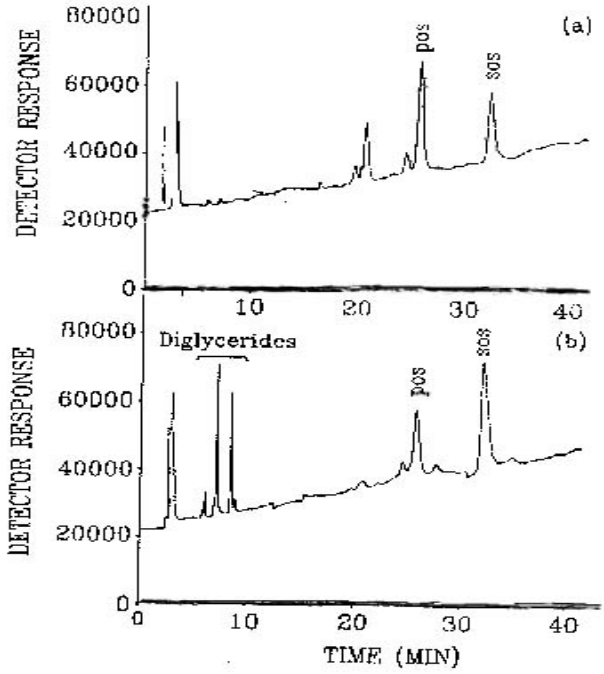
จากการที่ไขมันเลียนแบบเนยโกโก้มีปริมาณ SOS สูงกว่าในเนยโกโก้จึงมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าเนยโกโก้ คือ 39 และ 36 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 5 อัตราส่วนของ HCS ต่อน้ำมันมะกอกและเวลาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไตรกลีเซอไรด์ชนิด POS

Determination of optimum reaction time for producing POS.

Source : Chang *et al*., (1990)



ภาพที่ 6 ชนิดของไตรกลีเซอไรด์ใน เนยโกโก้ (a) และไขมันเลียนแบบเนยโกโก้(b) จากการวิเคราะห์ด้วย HPLC

Typical triglyceride of cocoa butter (a) and cocoa butter-like fat (b) by HPLC.

Source : Chang *et al*., (1990)

Ghazali และคณะ (1995) ทำการศึกษาคุณสมบัติการหลอมเหลวของปาล์มสเตียริน (PS) และปาล์มสเตียรินผสมน้ำมันมะพร้าว (CO) จากปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้เอนไซม์ไลเปสเร่งปฏิกิริยา พบว่าน้ำมันผสมทุกสัดส่วนมีจุดหลอมเหลวลดลงจากเริ่มต้นเมื่อปฏิกิริยาผ่านไปจนถึง 6 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าในน้ำมันผสมที่มีสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวสูงจะมีอัตราการลดลงของจุดหลอมเหลวสูง เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวสายสั้นๆ (C12:0,C14:0) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่ากรดไขมันในน้ำมันปาล์มสเตียริน (C16:0,C18:0) และพบว่าที่น้ำมันผสมใน

สัดส่วน 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง มีจุดหลอมเหลวลดลงเป็น 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดหลอมเหลวที่ใกล้เคียงกับเนยโกโก้มากที่สุด

ตารางที่ 9 จุดหลอมเหลวของปาล์มสเตียรินและปาล์มสเตียรินผสมน้ำมันมะพร้าวหลังจากผ่านอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันด้วยระยะเวลาต่างๆกัน

Melting point of palm stearin and palm stearin : coconut oil after interesterification.

Reaction time	Melting point (C)			
(hr.)	PS	PS : CO (7 : 3)	PS : CO (1 : 1)	PS : CO (3 : 7)
0	52	45	42	40
0.5	52	45	42	36
1.0	51	45	40	35
3.0	50	43	40	32
6.0	49	42	37	31

Source : Ghazali *et al*., (1995)

Undurraga และคณะ (2001) ศึกษาการดัดแปร palm oil midfraction (POMF) เพื่อใช้เป็น cocoa butter equivalent (CBE) โดยใช้เอนไซม์ในกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชัน จากการศึกษาความเหมาะสมของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิต CBE พบว่า POMF ซึ่งผลิตได้จากกระบวนการแยกน้ำมันปาล์ม 2 ขั้นตอน โดยส่วนใหญ่จะใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลายพร้อมกับการควบคุมอุณหภูมิควบคู่กันไป เพื่อให้เกิดการฟอร์มตัวของน้ำมันแล้วกรองออกซึ่งจะทำให้ได้ไตรกลีเซอร์ไรด์ชนิด disaturated-monounsaturated ในปริมาณที่สูงซึ่งมีองค์ประกอบเป็น dipalmitomonooleoglycerol (POP) ซึ่งมีจำนวนจำนวนคาร์บอนเป็น C:50 โดยวัตถุประสงค์ของปฏิกิริยาอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชันเป็นการคัดเลือกกรดไขมันสเตียรินที่มีอยู่เดิมหรือที่ใส่เพิ่มลงไปให้รวมเข้าด้วยกันกับไตรกลีเซอร์ไรด์เดิมของน้ำมัน POMF ในตำแหน่งที่ 1 และ 3

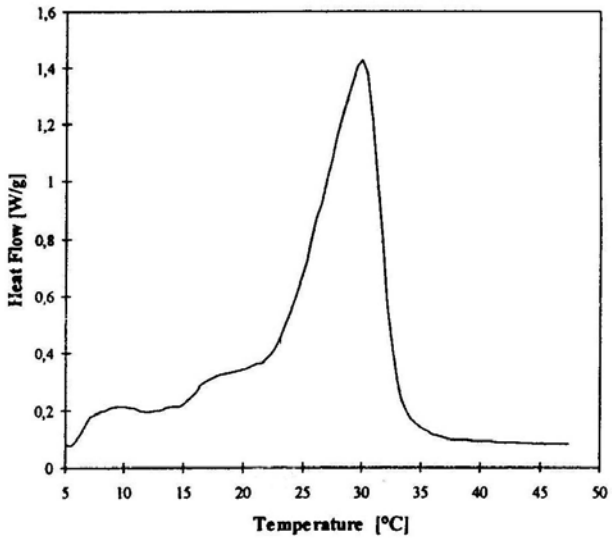
จนกระทั่งองค์ประกอบของไตรกลีเซอร์ไรด์คล้ายคลึงกับเนยโกโก้ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 องค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ใน POMF CBE และเนยโกโก้ (CB) ที่ได้จากการกระบวนการอินเตอร์เอสเทอร์ริฟิเคชัน
Triglyceride composition of POMF CB and CBE produced by interesterification.

Sample oil	Triglyceride (%)				
	POP	POS	SOS	Other TGs	DGs
POMF	74.3	14.3	2.0	9.4	-
CB	23.4	42.8	27.5	3.6	2.7
CBE	23.4	38.5	20.2	8.2	9.7

Source : Undurraga *et al*., (2001)

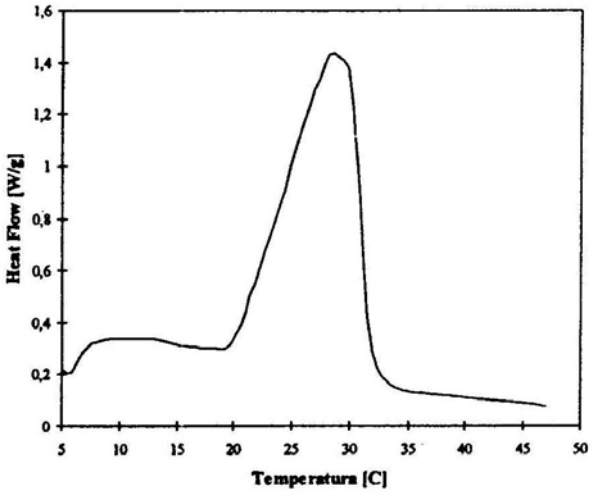
จากการวิเคราะห์รูปแบบการหลอมเหลวของไขมันทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่อง DSC พบว่ารูปแบบการหลอมเหลวของ CBE มีลักษณะคล้ายกับเนยโกโก้ โดยเนยโกโก้มีช่วงการหลอมเหลวแคบอยู่ระหว่าง 24–35 องศาเซลเซียส ส่วนช่วงการหลอมเหลวของ CBE คือ 25–39 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 7 8 และ 9 เนื่องมาจากในระหว่างกระบวนการผลิต CBE เกิดไตรกลีเซอไรด์ชนิด trisaturated triglyceride เช่น PPS PPP PSS และอื่นๆซึ่งเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูง ส่งผลให้ทำให้รูปแบบการหลอมเหลวของ CBE มีลักษณะเป็นไหลกราฟที่ช่วงอุณหภูมิ 30 ถึง 39 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 7 รูปแบบการหลอมเหลวของ POMF

Melting profile of POMF.

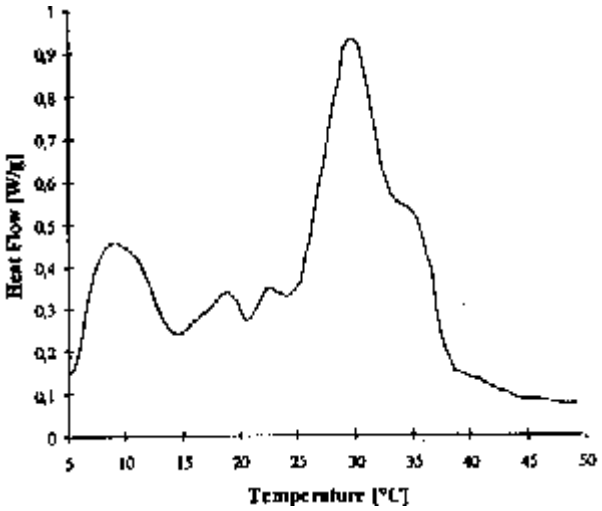
Source : Undurraga *et al*., (2001)



ภาพที่ 8 รูปแบบการหลอมเหลวของเนยโกโก้

Melting profile of cocoa butter.

Source : Undurraga *et al*., (2001)



ภาพที่ 9 รูปแบบการหลอมเหลวของไขมันเลียนแบบเนยโกโก้จากการดัดแปร POMF

Melting profile of CBE from POMF esterified.

Source : Undurraga *et al*., (2001)

Osborn และ Akoh (2002) ศึกษาการใช้เอนไซม์ในการดัดแปรแบบสุ่มภายในไขมันสัตว์ (BT) เพื่อใช้ทดแทนเนยโกโก้ โดยใช้เอนไซม์ไลเปสร้อยละ 10 (น้ำหนักโดยน้ำหนักน้ำมัน) ที่อุณหภูมิ 58 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และศึกษาการดัดแปร BT ผสมกับ กรดไขมันสเตียริกในสัดส่วน 2:1 (โดยโมล) โดยใช้เอนไซม์ไลเปสร้อยละ 6.67 (น้ำหนักโดยน้ำหนักน้ำมัน) ที่อุณหภูมิและเวลาเดียวกันกับข้างต้น ไขมันที่ได้ถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์ขึ้นด้วยการกลั่น (Short–path distillation) แล้วเปรียบเทียบกับเนยโกโก้ โดยองค์ประกอบของกรดไขมันใน เนยโกโก้(CB) ไขมันสัตว์ (BT) ไขมันสัตว์ที่ผ่านการดัดแปรแบบสุ่ม (RT) และ ไขมันสัตว์ : กรดไขมันสเตียริก (SL) แสดงในตารางที่ 11 และจากรูปแบบการหลอมเหลวจากเครื่อง DSC พบว่าเนยโกโก้มีจุดหลอมเหลวที่ 37 องศาเซลเซียส ส่วนไขมันจาก BT RT และ SL มีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกันที่ 46 องศาเซลเซียส ซึ่งรูปแบบการหลอมเหลวที่ได้มีลักษณะเป็นช่วงกว้างและเป็นกราฟปลายมนแตกต่างจากเนยโกโก้ ดังแสดงในภาพที่ 10

ตารางที่ 11 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในไตรกลีเซอไรด์และในตำแหน่งที่ 2 ของไตรกลีเซอไรด์ จากไขมัน CB, BT, RT และ SL (mol%)

Triglyceride and sn-2 fatty acid composition of CB, BT, RT and SL.

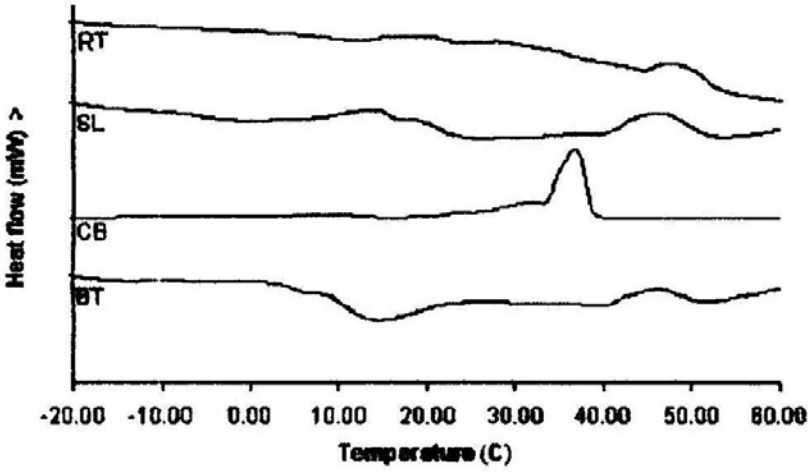
Fatty acid	Triglyceride				SN – 2 Position			
	CB	BT	RT	SL	CB	BT	RT	SL
C 14 : 0	ND	2.4[a]	7.6[a]	2.6[a]	ND	5.3[a]	5.8[a]	2.1[a]
C 16 : 0	17.6[a]	20.2[ab]	26.6[b]	13.7[a]	1.6[a]	11.7[bc]	14.1[c]	8.0[b]
C 16 : 1	1.5[a]	2.9[ab]	6.0[b]	2.2[ab]	1.3[a]	1.9[ab]	3.2[b]	5.1[c]
C 18 : 0	40.6[a]	18.3[b]	13.5[b]	38.5[a]	4.7[a]	10.6[a]	11.9[a]	23.7[b]
C 18 : 1	32.6[a]	48.0[b]	41.1[ab]	29.6[a]	83.5[a]	62.2[b]	45.5[c]	39.2[c]
C 18 : 2	2.8[a]	4.2[a]	2.8[a]	7.4[b]	5.3[a]	4.1[a]	11.2[a]	9.3[a]
C 18 : 3	4.8[a]	4.0[a]	2.3[a]	6.0[a]	3.6[a]	4.7[a]	8.3[a]	12.6[a]

[a – c] Mean in the same row with different subscripts are significantly differents ($p < 0.05$).

ND , not detected

Source : Osborn and Akoh (2002)

.

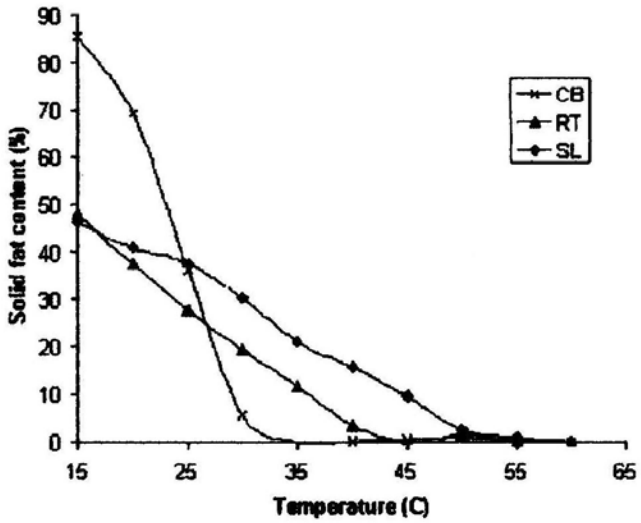


ภาพที่ 10 รูปแบบการหลอมเหลวของ CB, BT, RT และ SL

Melting profile of CB, BT, RT and SL.

Source : Osborn and Akoh (2002)

จากการศึกษาปริมาณไขมันส่วนแข็ง (Solid fat content, SFC) ของตัวอย่างน้ำมันดังแสดงในภาพที่ 11 พบว่า SFC ของเนยโกโก้มีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิ 20 ถึง 35 องศาเซลเซียส และเป็นของเหลวโดยสมบูรณ์ ในขณะที่ RT และ SL มีช่วงการหลอมเหลวกว้างเริ่มจากอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จนเป็นของเหลวโดยสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 45 และ 55°ซ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในผลิตภัณฑ์ขนมหวานหรือลูกกวาดประเภทเคลือบช็อกโกแลตโดยส่วนใหญ่จะผลิตจากไขมันพืชซึ่งไม่สามารถหลอมเหลวได้อย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นการดัดแปร beef-tallows อาจสามารถนำไปใช้สำหรับทดแทนเนยโกโก้ได้บางส่วนในสูตรของผลิตภัณฑ์ประเภทเคลือบได้



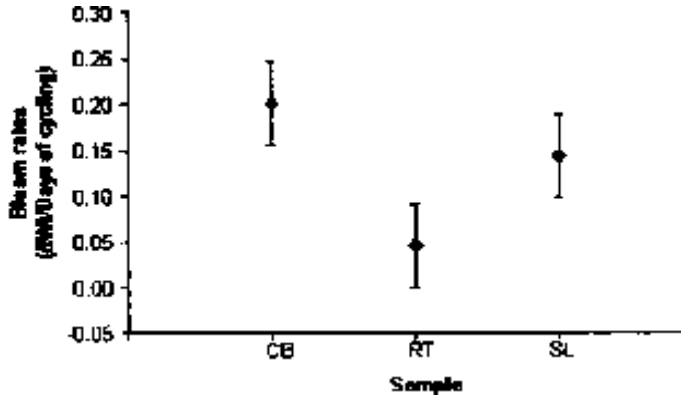
ภาพที่ 11 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันส่วนแข็ง (SFC) ของ CB, RT และ SL โดยเครื่อง nuclear magnetic resonance (NMR)

Solid fat content of CB, RT and SL by nuclear magnetic resonance (NMR).

Source : Osborn and Akoh (2002)

จากการนำไขมันที่ได้จากการดัดแปรมาเป็นส่วนผสมในการผลิตช็อกโกแลตไม่ใส่นม (dark chocolate) พบว่าช็อกโกแลตที่ถูกเติม RT ลงในสูตรมีค่าความแข็งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับช็อกโกแลตที่ผลิตจากเนยโกโก้ (CB) ดังแสดง

ในภาพที่ 12 แต่ช็อกโกแลตที่เติม SL จะมีลักษณะนุ่มลงแตกต่างกัน ($p<0.05$) เนื่องจาก SL ประกอบด้วยกรดไขมันไลโนเลอิก (C18 : 2) ในปริมาณที่สูงกว่า CB และ RT ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนที่ทำให้ส่งผลกระทบต่อการนุ่มลงของช็อกโกแลต อย่างไรก็ตามอาจสามารถปรับแต่งช็อกโกแลตนี้ เพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สอดไส้ช็อกโกแลตได้



ภาพที่ 12 ค่าความแข็งของช็อกโกแลตไม่ใส่นมที่มีส่วนผสมของ CB RT และ SL

Hardness value for dark chocolate sample containing CB, RT and SL.

Source : Osborn and Akoh (2002)

5. ขั้นตอนการผลิตช็อกโกแลต

5.1 การผสมวัตถุดิบในการผลิตช็อกโกแลต (Mixing) ประกอบด้วย โกโก้ลิเคอร์ น้ำตาล เนยโกโก้ เลซิธิน และวานิลลา ถ้าเป็นช็อกโกแลตนมจะผสมนมผงเพิ่มด้วย ในระหว่างการผสมจะมีการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 50-60 องศาเซลเซียส และใช้เวลาการผสมไม่เกิน 20-25 นาที ปรับไขมันทั้งหมดในขั้นตอนนี้เป็นร้อยละ 22-24 โดยใช้เนยโกโก้ไขมันส่วนที่เหลือจะเติมในขั้นตอนหลัง

5.2 การบด (refining) ส่วนผสมที่ผสมแล้วจะถูกนำไปบดโดยใช้เครื่องบดชนิดลูกกลิ้ง 3-5 ลูก ที่มีความเร็วต่างกันทำการบดจนได้ขนาดตามต้องการ ส่วนผสมที่จะนำเข้าเครื่องบดจะต้องปรับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 20-40 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไป

จะทำให้สูญเสียกลิ่นของช็อกโกแลต ในยุโรปจะนิยมบดให้มีขนาดอนุภาค 15-20 ไมโครเมตร ส่วนอังกฤษและสหรัฐอเมริกานิยมขนาด 15-22 ไมโครเมตร ซึ่งถ้าทำให้ขนาดอนุภาคเล็กต่ำกว่า 12 ไมโครเมตร จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากจะต้องใช้ไขมันโกโก้ในการเคลือบผิวของอนุภาคมากขึ้น แต่ถ้าอนุภาคที่ได้ใหญ่กว่า 35 ไมโครเมตร จะทำให้เนื้อของช็อกโกแลตมีลักษณะหยาบ (Lee and Jackson, 1973)

5.3 การนวด (conching) เป็นการนวดส่วนผสมที่ได้จากการบด ซึ่งยังมีลักษณะแห้ง เนื่องจากไขมันโกโก้ยังเคลือบส่วนของแข็งไม่ทั่วถึง การนวดจะเกิดแรงเฉือนทำให้ไขมันโกโก้เคลือบผิวของส่วนผสมได้สม่ำเสมอโดยที่อนุภาคไม่ลดลง การนวดจะใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 16 ชั่วโมง ส่วนอุณหภูมิที่ใช้ในการนวดขึ้นกับชนิดของช็อกโกแลต กล่าวคือ ช็อกโกแลตผสมนมจะใช้อุณหภูมิในการนวด 45-60 องศาเซลเซียส สำหรับช็อกโกแลตที่ไม่ผสมนมจะใช้อุณหภูมิสูงกว่าประมาณ 55-85 องศาเซลเซียส (Wainwright, 1996) การนวดยังเป็นการช่วยปรับปรุงกลิ่นของช็อกโกแลต เนื่องจากความร้อนขณะนวดจะระเหยกรดที่เกิดขึ้นจากการหมักเมล็ดโกโก้ที่ยังหลงเหลืออยู่ และช่วยระเหยอัลดีไฮด์และฟีนอลที่เกิดจากการอบเมล็ดโกโก้ด้วย เพราะฟีนอลทำให้เกิดรสขมในช็อกโกแลต ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียกว่า conch cycle สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ (Ley, 1994)

5.3.1 ระยะแห้ง (dry conching) เป็นระยะเริ่มต้นจะต้องใช้แรงผสมอย่างมากเนื่องจากพื้นผิวส่วนใหญ่ของอนุภาคยังไม่ถูกไขมันเคลือบ ความชื้นและสารระเหยอื่นๆยังสามารถหลุดรอดไปได้ ช็อกโกแลตจะมีลักษณะเหมือนดินเหนียวๆ ค่อนข้างแห้ง

5.3.2 ระยะพลาสติก (plasticizing) เป็นระยะที่สำคัญเพราะจะเกิดแรงต้านต่อการทำงานของแขนกวนสูงที่สุด คอนช์จะทำงานเต็มกำลังในช่วงนี้ความร้อนจากแรงเสียดทานและจากแจ็กเก็ตที่หุ้มอยู่ทำให้เกิดการสร้างกลิ่นรส ขณะเดียวกันก็มีการสูญเสียสารระเหยออกไป น้ำจะระเหยด้วยอัตราสูงสุดมวลจะอ่อนตัวลงจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น พลังงานที่ต้องใช้จึงลดลง

5.3.3 ระยะของเหลว (liquid conching) เมื่อเติมเนยโกโก้ส่วนที่เหลือพร้อมกับเลซิธินส่วนผสมทั้งหมดจะกลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ได้ช็อกโกแลตที่มีความหนืดตามต้องการ หากมีการเติมส่วนผสมอื่นๆเช่น กลิ่นวานิลลา ก็จะทำในช่วงนี้โดย

ลดอุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส เติมวานิลลาก่อนที่การทำคอนชิ่งจะเสร็จประมาณหนึ่งชั่วโมง

5.4 การควบคุมผลึกไขมัน (Tempering) เป็นการควบคุมอุณหภูมิการตกผลึกของไขมันโกโก้เพื่อให้ได้ผลึกที่มีขนาดเล็กจำนวนมาก และสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 30 องศาเซลเซียสขึ้นไป ถ้าหากทิ้งช็อกโกแลตเหลวไว้ในภาชนะที่อุณหภูมิห้องจะต้องใช้เวลานานหลายชั่วโมงกว่าช็อกโกแลตจะแข็งตัวเนื่องจากไขมันในเนยโกโก้จะใช้เวลานานในการสร้างผลึกแรก แต่ถ้านำช็อกโกแลตเหลวมาแช่เย็นก็จะพบว่าช็อกโกแลตจะแข็งตัวได้เร็วมากแต่จะไม่ได้ผลึกไขมันในรูปแบบที่ต้องการจึงต้องมีกระบวนการควบคุมผลึกของไขมันเพื่อให้เกิดผลึกในรูปแบบที่เสถียรมากที่สุด ทั้งนี้เพราะเนยโกโก้สามารถตกผลึกได้หลายรูปแบบ (polymorphism) โดยรูปผลึกที่มีจุดหลอมเหลวต่ำจะไม่ค่อยเสถียรและไม่ให้ลักษณะมันวาวแก่ผลิตภัณฑ์รวมทั้งไม่สามารถหักช็อกโกแลตในแบบที่ควรเป็นได้ ถ้าช็อกโกแลตนั้นไม่ได้เกิดผลึกในรูปแบบที่ต้องการหากวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิสูงช็อกโกแลตจะละลายเมื่อกลับแข็งตัวใหม่จะเกิดเงาขาวอยู่บนผิวหน้าช็อกโกแลตมองดูเหมือนรา ซึ่งไม่มีอันตรายใดๆทั้งสิ้นเนื่องจากเป็นผลึกไขมันที่เกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่เท่านั้นปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “fat bloom” ไขมันโกโก้เป็นไขมันที่มีองค์ประกอบแบบง่ายๆแต่มีความซับซ้อนจากการที่มีรูปแบบในการตกผลึกถึง 6 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจะมีพลังงานต่างกันและสมบัติต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 รูปแบบของผลึกและสมบัติบางประการของไขมันในเนยโกโก้

Patterns and some properties of crystalline in cocoa butter.

Pattern of crystalline	Temperature °C.	Stable	Density
β_2	17.3	Non stable	Low
α	23.3	Non stable	↓
$\alpha+\beta$	25.5	-	↓
β'	27.3	Semi stable	↓
β	33.8	Stable	↓
β	36.3	Stable	High

Source : Lawler and Dimick (1998)

ขั้นตอนการควบคุมผลึกของช็อกโกแลตประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (Talbot, 1994) คือ

5.4.1 การละลายผลึกของไขมันโกโก้ที่มีอยู่ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 44-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที ที่อุณหภูมินี้ไขมันโกโก้จะละลายมีลักษณะเป็นของเหลว

5.4.2 ลดอุณหภูมิของช็อกโกแลตลงมาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ไขมันโกโก้ตกผลึกในรูปของ polymorph β′ (กึ่งเสถียร) ในระหว่างนี้ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปผลึกจาก β′ เป็น β (polymorphic transition)

5.4.3 ให้ความร้อนแก่ช็อกโกแลตที่ 31-32 องศาเซลเซียส เพื่อละลายผลึกที่อยู่ในรูป β′ ซึ่งไม่ทนต่ออุณหภูมิสูงให้เหลือเฉพาะ polymorph β ซึ่งเป็นผลึกที่ต้องการใช้เหนี่ยวนำให้เกิดผลึกแบบ β ต่อไป

5.5 การขึ้นรูปและการทำให้เย็น (Moulding and Cooling) การขึ้นรูปช็อกโกแลตที่ผ่านการเทมเปอร์แล้วมีอยู่ 2 วิธีคือ หล่อลงในแม่พิมพ์ และใช้เคลือบหรือหุ้มผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น การหล่อช็อกโกแลตลงในแม่พิมพ์ใช้วิธีการหยอดหรือเทช็อกโกแลตในปริมาณที่ต้องการลงในแม่พิมพ์แล้วทำให้เย็นอย่างช้าๆที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

30-45 นาที จึงนำช็อกโกแลตออกจากแม่พิมพ์เนื่องจากเมื่อสิ้นสุดกระบวนการช็อกโกแลตจะแข็งและหดตัวทำให้เคาะออกจากพิมพ์ได้ง่าย (Paszczola, 1997)

4.6 การบรรจุหีบห่อ (Packaging) เพื่อป้องกันความสกปรกป้องกันการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และแมลงต่างๆและที่สำคัญคือป้องกันความชื้น การบรรจุหีบห่อช็อกโกแลตนิยมใช้อลูมิเนียมฟอยล์ห่อชิ้นช็อกโกแลต และปิดทับด้วยกระดาษอีกครั้ง

6. ชนิดของช็อกโกแลต

ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตที่จำหน่ายกันในปัจจุบันจะแบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆคือ ช็อกโกแลตนม (Milk chocolate) ช็อกโกแลตธรรมดา (Dark chocolate) และช็อกโกแลตขาว (White chocolate) โดยช็อกโกแลตธรรมดาแบงได้เป็น 3 ชนิดย่อยคือ ช็อกโกแลตหวาน (Sweet) หวานเล็กน้อย (Semi sweet) และขม (Bitter) ตามปริมาณและโกโก้แมสในส่วนผสม (Vercet, 2003 ; Loisel *et al*., 1998 ; Samsudin and Ali, 1996) แต่ละชนิดจะมีส่วนผสมต่างกันดังแสดงในตารางที่ 13 และในแต่ละสูตรผสมจะไม่ใช่สูตรตายตัวเพราะผู้ผลิตแต่ละรายจะมีจุดขายเฉพาะตัว ดังแสดงในตารางที่ 14 เป็นสูตรของช็อกโกแลตชนิดแท่งและในตารางที่ 15 เป็นสูตรของช็อกโกแลตชนิดเคลือบ

ตารางที่ 13 ชนิดและส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต (ปริมาณเป็นร้อยละ)

Type and ingredient of chocolate product (percentage).

Type of chocolate	Ingredients				
	Sugar	Cocoa butter	Milk powder	Cocoa mass	Lecithin + vanilla
Milk chocolate	50.0	21.0	16.5	12.0	0.5
Dark chocolate					
- sweet					
- semi sweet	48.0	9.7	1.7	40.0	0.6
- bitter					
white chocolate	50.9	27.6	20.9	-	0.4

Source : สิริ ชัยเสรี (2538)

ตารางที่ 14 สูตรช็อกโกแลตไม่ใส่นมและช็อกโกแลตนมชนิดแท่ง (ปริมาณเป็นร้อยละ)

Formulation of dark and milk chocolate bar (percentage).

Ingredients	Dark chocolate			Milk chocolate		
	1	2	3	1	2	3
Sugar	60.0	50.4	29.9	54.6	51.0	45.0
Cocoa butter	23.8	14.2	-	21.0	21.6	22.6
Milk powder	-	-	-	13.0	15.0	20.0
Cocoa mass	15.0	35.0	70.0	11.0	12.0	12.0
Lecithin	0.3	0.3	-	0.3	0.3	0.3
Vanilla	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Source : Zoumas and Smullen (1998)

ตารางที่ 15 สูตรช็อกโกแลตไม่ใส่นมและช็อกโกแลตนมชนิดเคลือบ (ปริมาณร้อยละ)

Formulation of dark and milk chocolate coating (percentage).

Ingredients	Dark chocolate		Milk chocolate	
	1	2	1	2
Sugar	47.6	47.6	46.0	45.0
Cocoa butter	14.0	22.0	16.0	20.0
Milk powder	-	-	23.6	23.6
Cocoa mass	38.0	30.0	14.0	12.0
Lecithin	0.4	0.4	0.4	0.4

Source : Lee and Jackson (1973)

7. คุณสมบัติที่ดีของช็อกโกแลต

ช็อกโกแลตมีองค์ประกอบที่เป็นไขมันผสมอยู่เป็นส่วน continuous phase เพียงส่วนเดียวดังนั้นไขมันจึงเป็นส่วนสำคัญต่อการหลอมเหลวของช็อกโกแลตขณะรับประทาน เนื่องจากคุณสมบัติเด่นของช็อกโกแลตคือ สามารถหลอมละลายได้ที่อุณหภูมิของร่างกายแต่จะต้องคงรูปของผลิตภัณฑ์อยู่ได้ก่อนรับประทาน นอกจากการหลอมเหลวแล้วช็อกโกแลตจะต้องมีคุณสมบัติต่างๆดังแสดงในตารางที่ 16 Lees and Jackson (1973) และค่าความหนืดที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตช็อกโกแลตดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 16 รายการประเมินคุณภาพของช็อกโกแลต

Check list for evaluation of chocolate.

Property	Desired quality
Color	Even, rich
Surface appearance	Smooth, lack of bloom spots
Texture	Smooth, no detectable grittiness
Break	Good snap
Flavor	Pleasant, good chocolate taste, no off flavor
Aroma	Strong cocoa aroma

Source : Lees and Jackson (1973)

ตารางที่ 17 ช่วงของความหนืดที่เหมาะสมของช็อกโกแลตสำหรับการใช้งานต่างๆกัน
Viscosity range of chocolate for differance using.

Using of chocolate	Viscosity by blookfiled (P)
Bar	44-59
Hollow founding	29-35
Dip or coating	32-50
Hard coating	13-32
Cookie coating	12-18
Chips and drops	> 80

Source : สิริ ชัยเสรี (2540)

7. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของช็อกโกแลต

การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติต่างๆในช็อกโกแลตเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ซึ่งอาจทำให้คุณภาพของช็อกโกแลตไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งปัจจัยหลักๆที่ทำให้คุณภาพของช็อกโกแลตเปลี่ยนไป ดังนี้

7.1 วัตถุดิบในการผลิตช็อกโกแลต

7.1.1 น้ำตาล ขนาดผลึกของน้ำตาลจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของช็อกโกแลต เนื่องจากผลึกของน้ำตาลมีขนาดใหญ่จะทำให้เนื้อสัมผัสของช็อกโกแลตมีลักษณะหยาบ เมื่อรับประทานจะทำให้รู้สึกเป็นเม็ดน้ำตาลเล็กๆ ภายในปาก

7.1.2 ไขมัน ในช็อกโกแลตจะใช้ไขมันจากเมล็ดโกโก้ซึ่งมีคุณสมบัติการหลอมเหลวเฉพาะตัวอยู่ในช่วง 27-37 องศาเซลเซียส โดยมีไตรกลีเซอไรด์ชนิด POP POS และ SOS ถ้าลักษณะโครงสร้างของไตรกลีเซอไรด์เปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่อการหลอมเหลวของช็อกโกแลตและเกิดฝ้าขาวได้ง่าย

7.1.3 ผลของไขมันทดแทนเนยโกโก้ (CBS) ในช็อกโกแลต การดัดแปรน้ำมันและไขมันเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีให้เหมาะสมตามต้องการเพื่อให้สามารถทดแทนเนยโกโก้ โดยใช้ CBS เป็นไขมันที่ได้มาจาก palm kernel oil ซึ่งจะมีรูปแบบการหลอมเหลวเหมือนกับเนยโกโก้ แต่จะมีชนิดและปริมาณของไตรกลีเซอไรด์แตกต่างกับไตรกลีเซอไรด์ในเนยโกโก้ทำให้พฤติกรรมการเกิดผลึกของไขมันต่างกัน เนื่องจากผลึกของ CBS จะเริ่มคงตัวที่ผลึกรูปแบบ β′ เป็นเพราะองค์ประกอบของไตรกลีเซอรอลมีกรดไขมันเลอริก (12 : 0) รวมอยู่ในหมู่อะซิล ซึ่งต่างกับกรดไขมัน 16 : 0 และ 18 : 0 ซึ่งพบในเนยโกโก้ทำให้โครงสร้างไขมันต่างออกไปทั้งขนาดโมเลกุลและ รูปร่างของโมเลกุล ทำให้รูปแบบผลึกของไขมันที่เกิดขึ้นมีความหลากหลายปะปนกันและมีปริมาณผลึกที่ต้องการแตกต่างจากของเนยโกโก้ทำให้คุณลักษณะของช็อกโกแลตเปลี่ยนแปลงไปเช่น ความมันวาว เนื้อสัมผัส และยังนำไปสู่การเกิดฝ้าขาวบนผิวหน้าของช็อกโกแลต (Smith, 2001)

7.2 ขั้นตอนการผลิตช็อกโกแลต

ขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิตช็อกโกแลตเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลต่อ คุณภาพช็อกโกแลตได้

7.2.1 การนวดช็อกโกแลต เพื่อให้ไขมันซึ่งเป็นส่วน continuous phase เคลือบอนุภาคต่างๆในช็อกโกแลตพร้อมๆไปกับการให้ความร้อนด้วย ซึ่งจะทำให้เนื้อสัมผัสของช็อกโกแลตเนียนเรียบเมื่อรับประทาน แต่ถ้าให้ความร้อนสูงเกินไปจะทำให้โปรตีนเสียสภาพได้ โดยเฉพาะช็อกโกแลตนมทำให้คุณภาพของช็อกโกแลตต่ำลง

7.2.2 การควบคุมผลึก การควบคุมผลึกของไขมันในช็อกโกแลตที่มีอยู่หลากหลายรูปแบบให้เป็นผลึกที่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ภายใต้สภาวะของอุณหภูมิและสภาวะทางกลเพื่อให้ได้มาซึ่งรูปแบบของผลึกไขมันที่ต้องการ ในการผลิตช็อกโกแลต กระบวนการ tempering เป็นขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น ความมันวาว การแตกหัก เนื้อสัมผัส การหลอมเหลว และการลดการเกิดฝ้าขาว การควบคุมผลึกเป็นขั้นตอนที่ส่งผลต่อส่วนของไขมันในช็อกโกแลต ถ้าในช็อกโกแลตมีผลึกของไขมันที่ไม่เสถียรต่ออุณหภูมิสูงจะทำให้

ช็อกโกแลตมีลักษณะนุ่มกว่าปกติ เนื่องจากเกิดการหลอมเหลวของไขมันทำให้เกิดฝ้าขาวได้ง่าย (Reddy *et al*., 1996)

7.3 อุณหภูมิการเก็บรักษา

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการหลอมเหลวของช็อกโกแลต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นช่วงๆ จะทำให้ไขมันในช็อกโกแลตเกิดการหลอมเหลวและมีการเคลื่อนที่ของไขมันทำให้เกิดกระบวนการ recrystallization ทำให้ผลึกของไขมันเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะทำให้เกิดฝ้าขาวบนผิวของช็อกโกแลต Ali และคณะ (2001) พบว่าช็อกโกแลตซึ่งใช้ไขมันจาก น้ำมันปาล์มมิดแฟรคชันผสมกับน้ำมันมะพร้าว (PMF+DCN) เป็นส่วนผสมเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส PMF และ CNO ผสมกันสามารถหลอมเหลวได้อย่างสมบูรณ์ชักนำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไขมันในชั้นของช็อกโกแลต ส่งผลต่อโครงสร้างของผลึกในช็อกโกแลต ซึ่งในช็อกโกแลตที่ผลิตจากเนยโกโก้จะมีโครงสร้างของผลึกในรูป β เมื่อนำช็อกโกแลตที่ใช้ PMF+DCN เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ช็อกโกแลตยังมีลักษณะโครงสร้างของผลึกแบบ β เพียงอย่างเดียวตลอดการเก็บนาน 8 สัปดาห์ แต่ที่อุณหภูมิการเก็บ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าช็อกโกแลตจะมีรูปแบบผลึกผสมกันระหว่าง β′ และ β ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปแบบผลึกเป็นเพราะการเพิ่มขึ้นของปริมาณไขมันชนิด POP และไตรกลีเซอไรด์ที่ไม่ต้องการ เช่น POO PPP และ PPO จากน้ำมันปาล์ม และ C36 จากน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในช็อกโกแลต นอกจากนี้อุณหภูมิในการเก็บรักษายังส่งผลต่อการเกิด fat bloom ในช็อกโกแลตเก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส หลังจากเก็บได้ 1 สัปดาห์ เนื่องจากการเกิด recrystallization ของไตรกลีเซอไรด์จาก PMF CNO เนื่องจากไตรกลีเซอไรด์ของ PMF+CNO จะเพิ่มรูปแบบของผลึกชนิด β′ ซึ่งไม่เสถียรที่อุณหภูมิสูง

9. การเกิดฝ้าขาวบนผิวหน้าช็อกโกแลต (Fat bloom)

การเกิดฝ้าขาวเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุดในอุตสาหกรรมลูกกวาดและขนมหวาน โดยสามารถเห็นได้บ่อยบนช็อกโกแลต ซึ่งทำให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ลดลง ลักษณะ

ฝ้าสีขาวไม่ได้เกิดจากการปนเปื้อน แต่เกิดจากลักษณะปรากฏที่มองเห็นเป็นสีขาวบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ (frosting) ทำให้ความมันวาวลดลงบางครั้งอาจดูคล้ายการเจริญของเชื้อราแต่ในความเป็นจริงมันเกิดจากการเกิด recrystallisation ของไขมันบนผิวหน้า โดยปกติไขมันจะอยู่ในรูปของ triacylglycerols (TAG) หลายแบบผสมกันอยู่ ซึ่ง TAG แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิของการเกิดผลึกแตกต่างกัน เมื่อนำไขมันต่างชนิดมาผสมกันจะทำให้ช่วงอุณหภูมิของการเกิดผลึกกว้างขึ้น เนื่องจากสัดส่วนของไขมันส่วนแข็ง (solid fat) และไขมันส่วนเหลว (liquid fat) ของไขมันแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยสัดส่วนของไขมันนี้จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นปริมาณของไขมันเหลวจะเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดการเคลื่อนที่ของไขมันเหลวระหว่างไขมันที่ผสมกันซึ่งนำไปสู่การเกิดผลึกใหม่ที่โตขึ้นหรือเกิดการเปลี่ยนรูปแบบของผลึกไปเป็นผลึกที่ไม่เสถียร (Lohman and Hartel, 1994 ; Talbol, 1994)

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณไขมันเลียนแบบเนยโกโก้ที่ได้จากการดัดแปรน้ำมันปาล์มสำหรับทดแทนเนยโกโก้ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตชนิดแท่งและชนิดเคลือบ
2. พัฒนาสูตรช็อกโกแลตชนิดแท่งและชนิดเคลือบที่ผลิตจากไขมันเลียนแบบเนยโกโก้
3. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อช็อกโกแลตชนิดแท่งและชนิดเคลือบที่ผลิตจากไขมันเลียนแบบเนยโกโก้