

การเติมสเตียรีนที่เหมาะสมในการตกผลึกน้ำมันปาล์ม

ชาคริต ทองอุไร¹ สุธรรม สุขมณี² และ จรรยา อินทมณี³

Abstract

Tongurai, C., Sukmanee, S. and Inthamane, C.

Optimum stearin adulteration in palm oil crystallization

Songklanakar J. Sci. Technol., 2001, 23(Suppl.): 821-830

Stearin adulteration in refined palm oil crystallization was investigated for industrial separation of stearin and olein. The important standard properties of olein are the iodine value which must be higher than 55-57, and the cloud point which must be lower than 9°C. The crystallization temperature is the most important parameter of the process to obtain the standard olein properties and should not exceed 20°C. Longer crystallization time is possibly the cause of lower yields but higher quality. The stearin adulteration at the ratio of 1:9 leads to higher yields, but the quality of stearin adulteration shows unimportant effects. The uniformity of heat and mass transfer in the crystallization process are important factors in obtaining higher yields and quality of olein.

Key words : stearin adulteration, refined palm oil, olein, stearin, crystallization

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla, 90112 Thailand

¹D.Ing.(Chemical Engineering), รองศาสตราจารย์ ²D.Ing.(Chemical Engineering), อาจารย์ ³วท.บ.(เคมี), ครูชำนาญการ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

Corresponding e-mail: tchakrit@ratree.psu.ac.th

บทคัดย่อ

ชาคริต ทองอุไร สุธรรม สุขมณี และ จรรยา อินทมณี
การเติมสเตียรีนที่เหมาะสมในการตกผลึกน้ำมันปาล์ม
ว.สงขลานครินทร์ วทท. 2544 23(ฉบับพิเศษ): 821-830

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการเติมสเตียรีนในน้ำมันปาล์มรีไฟน์ของกระบวนการตกผลึกแยกสเตียรีนและโอเลอินเพื่อประโยชน์ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม โอเลอินที่ได้ต้องมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานที่ต้องการคือค่าไอโอดีนสูงกว่า 55-57 และจุดขุ่นต่ำกว่า 9°C จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิการตกผลึกเป็นตัวแปรสำคัญที่จะได้โอเลอินตามมาตรฐานและอุณหภูมิที่ใช้จะต้องไม่เกิน 20°C เวลาในการตกผลึกที่นานมากเกินไปจะทำให้ผลได้ของโอเลอินน้อยลงแต่คุณภาพของโอเลอินจะสูงขึ้น ปริมาณสเตียรีนที่เติมในสัดส่วน 1:9 จะได้ผลได้ที่สูงขึ้นและคุณภาพของสเตียรีนที่เติมไม่แสดงอิทธิพลที่สำคัญอย่างเด่นชัด การถ่ายโอนมวลสารและความร้อนที่สม่ำเสมอในการตกผลึกมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อผลได้และคุณภาพโอเลอิน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญทางภาคใต้ของประเทศไทย กระบวนการผลิตเริ่มจากการหีบผลปาล์มสุกเพื่อให้ได้น้ำมันปาล์มดิบ (crude palm oil: CPO) แล้วกลั่นเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์หรือน้ำมันปาล์มรีไฟน์ (refined palm oil) จากนั้นจึงผ่านกระบวนการแยกลำดับส่วน (fractionation) เพื่อแยกสเตียรีน (stearin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีจุดหลอมเหลวสูงออกจากโอเลอิน (olein) ซึ่งมีจุดหลอมเหลวต่ำ สเตียรีนเป็นส่วนหนึ่งของแข็งของน้ำมันปาล์มที่ก่อตัวขึ้นเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงโดยมีส่วนประกอบจำนวนมากเป็นกรดไขมันอิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดปัลมิติก (palmitic, C16:0) โอเลอินเป็นส่วนหนึ่งของเหลวที่เหลือจากการตกผลึกของสเตียรีน ซึ่งมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่า เช่น กรดโอเลอิก (oleic, C18:1) และลิโนเลอิก (linoleic, C18:2) (Cornilius, 1973) สเตียรีนที่แยกได้สามารถนำไปผลิตเป็นมาการีน, สบู่ และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ส่วนน้ำมันปาล์มโอเลอินนิยมนำไปใช้เป็นน้ำมันทอดหรือปรุงอาหารเป็นหลัก

น้ำมันปาล์มเป็นสารอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์ (ester) ชนิดไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับเบสแก่ร้อนจะได้กลีเซอรอล (glycerol) และเกลือของกรดอินทรีย์ จากการวิเคราะห์กรดไขมันของน้ำมันปาล์มพบว่ามีกรดอิ่มตัว เช่น ไมริสติก (myristic, C14:0), ปัลมิติก และสเตียริก (stearic, C18:0) รวม 52%

ที่เหลือเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น โอเลอิก, ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก (linolenic, C18:3) (โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ, 2531)

เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของน้ำมันปาล์มจะแสดงให้เห็นว่าเป็นสารผสมของไตรกลีเซอไรด์หลายชนิด แต่เมื่อนำน้ำมันปาล์มมาทำให้เย็นลงในอุปกรณ์ดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริมิเตอร์ (differential scanning calorimeter) จะแสดงกราฟการคายความร้อน (exotherm) ที่แบ่งได้อย่างชัดเจน 2 ชนิด ดังแสดงใน Figure 1 กราฟ b และจาก Figure 1 นี้ ลักษณะเช่นเดียวกันของเทอร์โมแกรม (thermogram) จะถูกพบในสเตียรีนของน้ำมันปาล์มเช่นกัน เพียงแต่ยอด (peak) อุณหภูมิสูง (high-T) ของสเตียรีนจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าของน้ำมันปาล์ม (กราฟ a) นอกจากนั้นกราฟ c, d และ e ซึ่งแสดงเทอร์โมแกรมของโอเลอินจะมียอดอุณหภูมิสูงที่อุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิที่ต่ำของน้ำมันปาล์ม เทอร์โมแกรมนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนของการเกิดผลึกของแข็งที่ต่างกันของน้ำมันปาล์มจำนวน 2 ชนิด นอกจากนั้น Ng (1990) ยังได้แสดงกราฟการเกิดนิวเคลียสของน้ำมันปาล์มและสเตียรีน น้ำมันปาล์มไว้ใน Figure 2 การแยกจากกันของกราฟแสดงภาวะรูปร่างหลายแบบ (polymorphism) ของผลึกน้ำมันซึ่งถือเป็นเรื่องปกติ Figure 2 ยังแสดงอีกว่า ที่อุณหภูมิใดๆ ก็ตาม การเกิดนิวเคลียสของสเตียรีนจะง่าย

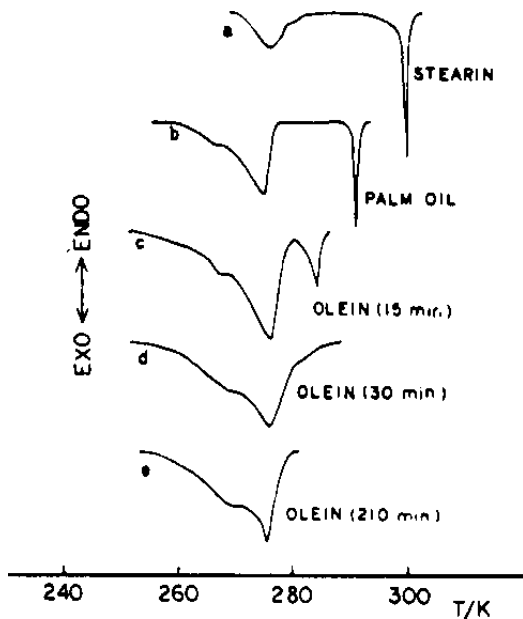


Figure 1 Crystallization thermograms of palm oil and its various fractions at a cooling scan of 5 K/min. Vertical axis not to scale. [Ng, 1990]

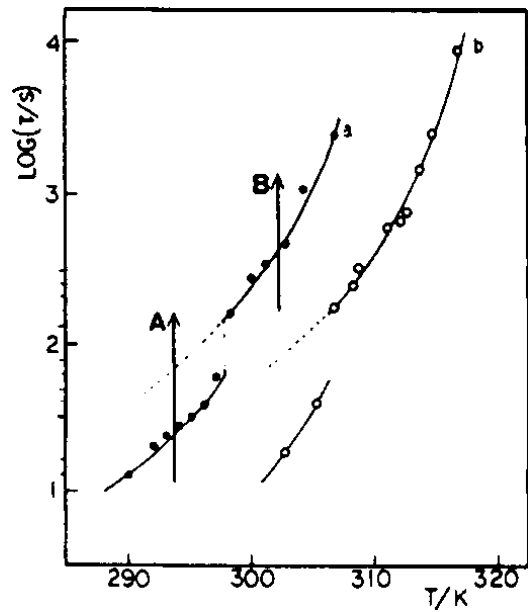


Figure 2 Nucleation curves (log induction time τ vs temperature T) of a, palm oil; b, palm stearin; showing discontinuity at 297 and 306 K, respectively. [Ng, 1990]

กว่าการเกิดนิวเคลียสของน้ำมันปาล์ม เนื่องจากใช้เวลาการเหนี่ยวนำ (induction time) ที่สั้นกว่า

นอกจากนั้น Ng (1990) ยังได้แสดงว่าค่าพลังงานเสรีก่อกัมมันต์ (activation free energy) ของการเกิดนิวเคลียส (ΔG_c) ของสเตียรีนน้ำมันปาล์มยังมีค่าต่ำกว่าของน้ำมันปาล์ม ซึ่งจะส่งผลให้การเกิดนิวเคลียสของผลึกในสเตียรีนเกิดขึ้นง่ายกว่า

Jacobsberg และ Jacqmain (1977) ได้เสนอว่าสมบัติเชิงกายภาพของผลึก เช่น จุดหลอมเหลว เสถียรภาพ อัตราการเติบโตผลึก อื่นๆ ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเชิงเคมีของไขมันและพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของไขมันทั้งหมด และกระบวนการที่มาของไตรกลีเซอไรด์ที่ทำการตกผลึกด้วยการตกผลึกหรือการหลอมเหลวของไขมันจะเป็นกระบวนการอย่างซับซ้อนซึ่งขึ้นกับภาวะในเชิงปฏิบัติ การถ่ายโอนมวล ความร้อน และโมเมนตัม หรืออีกนัยหนึ่งคือ อุณหภูมิ ความหนืด และการกวนในระหว่างการเปลี่ยน

แปลงเฟสอีกด้วย

ดังนั้นการเติมสเตียรีนเพิ่มลงไปในน้ำมันปาล์ม จะเป็นการเปลี่ยนองค์ประกอบของน้ำมันปาล์ม ซึ่งจะส่งผลให้ก่อเกิดนิวเคลียสของผลึกง่ายขึ้น จากการที่มีพลังงานเสรีก่อกัมมันต์ที่ต่ำลง ใช้เวลาในการเหนี่ยวนำผลึกที่สั้นลง และเริ่มการเกิดผลึกที่อุณหภูมิสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีทดลอง

น้ำมันปาล์มรีไฟน์ (RBD palm oil) ที่มีค่าไอโอดีน (IV) = 53.84 และกรดไขมันอิสระ (FFA) = 0.05% ถูกใช้ในการทดลองนี้ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทน้ำมันพืชสแตนดาร์ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี สเตียรีนที่ใช้เติมได้จากการแยกลำดับส่วน (fractionation) จากน้ำมันปาล์มรีไฟน์ การวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันอิสระในรูปกรดโอเลอิก ใช้กรรมวิธีของ AOAC (method 940.28, 1990) การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนใช้กรรมวิธี IUPAC (method

II.D.7, 1979)

การวิจัยมี 6 ขั้นตอนคือ 1) การหาชนิดของใบพัด กวนที่เหมาะสม 2) การหาอัตราการกวนที่เหมาะสม 3) การหาอุณหภูมิในการตกผลึกเมื่อเติมสเตียรีน 4) การหาเวลาในการตกผลึกเมื่อมีการเติมสเตียรีน 5) การหาปริมาณ สเตียรีนที่เหมาะสมในการเติม และ 6) การหาอุณหภูมิในการตกผลึกเมื่อเติมสเตียรีนในสัดส่วนและค่าไอโอดีนที่ต่าง กัน

การทดลองการตกผลึกได้กระทำในแบบแบทช์ โดยใช้ปริมาณน้ำมันตัวอย่าง 1000 กรัม นำมาอุ่นให้ร้อนที่ อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อละลายผลึกให้หมด สมบูรณ์ จากนั้นจึงลดอุณหภูมิลงมายังอุณหภูมิที่กำหนด ไว้ในการตกผลึกในอ่างควบคุมอุณหภูมิด้วยอัตราการลด อุณหภูมิ 0.4°C/นาที ในระหว่างการลดอุณหภูมิจะทำการ กวนด้วยอัตราการกวนที่เหมาะสมจากการศึกษา เวลาใน การตกผลึกจะกำหนดไว้ต่างกันตามหัวข้อการศึกษา เมื่อ ครบเวลาการตกผลึกที่กำหนด จะทำการกรองด้วยเครื่อง กรองแบบสูญญากาศเป็นเวลา 5 นาที นำสเตียรีนและ โอเลอินที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าไอโอดีนและเปอร์เซ็นต์ผลได้ (yield) ต่อไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

ชนิดของใบพัดกวนที่เหมาะสม

การศึกษาหัวข้อนี้ได้ใช้ภาวะที่เหมาะสมในการตก ผลึกจากงานที่ศึกษาของ ซาคริต และคณะ (2539) โดยใช้ อุณหภูมิในการตกผลึกที่ 20°C เป็นเวลา 45 นาที และใช้ ความเร็วรอบในการกวน 60 รอบ/นาที การกวนอย่างช้าๆ จะช่วยให้ผลึกที่เกิดขึ้นเติบโตได้ดี เพราะช่วยในทั้งด้าน การถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวล ขนาดผลึกที่ ต้องการควรมีขนาดเล็กสม่ำเสมอ เพราะจะทำให้ง่ายใน ขั้นตอนการกรอง และของเหลวโอเลอินจะเกาะติดที่ผิว และระหว่างผลึกในปริมาณต่ำ ทำให้ได้ผลได้ของโอเลอินสูง

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชนิดของใบพัดกวนมี ผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลได้ของโอเลอิน (Figure 3) โดยใบพัด กวนแบบ anchor ให้เปอร์เซ็นต์ผลได้สูงสุด โอเลอินที่ได้ เมื่อกรองผลึกสเตียรีนออกไปแล้วมีค่าไอโอดีนสูงกว่า 58

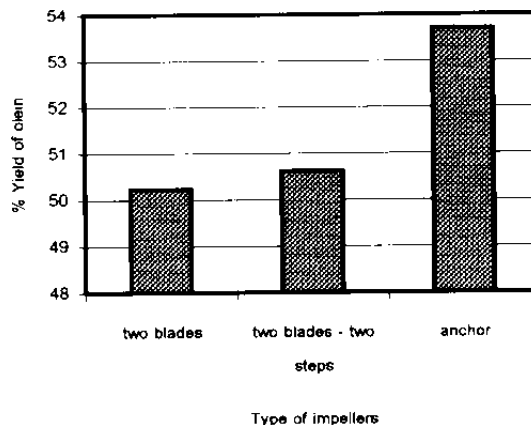


Figure 3 Effect of impeller types on % olein yield.

ในทุกการทดลอง ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานการค้าใน ประเทศไทยซึ่งมีค่าเท่ากับ 56 สาเหตุของการได้ค่า เปอร์เซ็นต์ผลได้สูงกว่า คาดว่าน่าจะมาจากการเกิดขนาด ของผลึกที่เล็กสม่ำเสมอ อันเนื่องมาจากลักษณะเชิงกายภาพ ของใบพัดกวนที่มีแกนแนวยื่นรอบนอก ซึ่งอาจส่งผล การถ่ายโอนความร้อนและมวลได้สม่ำเสมอมากกว่า

อัตราการกวนที่เหมาะสม

เมื่อได้ชนิดของใบพัดกวนที่ดีที่สุดชนิดที่เลือกมา ศึกษาแล้ว ได้ทำการศึกษ้อัตราเร็วของการกวนที่เหมาะสม อีกครั้ง โดยใช้ใบพัดกวนแบบ anchor เลือกอุณหภูมิใน การตกผลึก 20°C และช่วงเวลาการตกผลึก 45 นาที

เนื่องจากการเกิดนิวเคลียสแบบทุติยภูมิ หรือ con- tact nucleation เป็นการเกิดนิวเคลียสเมื่อโมเลกุลของ ผลึกชนกันเอง หรือชนกับใบพัดขณะที่กวน หรือชนกับผนัง ภาชนะบรรจุ นอกจากนั้นการกวนยังมีอิทธิพลต่อการตก ผลึก โดยทำให้ความหนาของฟิล์มของของเหลวลดลง เป็น สาเหตุให้โมเลกุลก่อเกิดผลึกสามารถแพร่จากสารละลาย บัลด (bulk) ไปยังหน้าผลึกได้เร็วขึ้น ซึ่งมีอิทธิพลอย่างสูง ในกรณีที่การเติบโตของผลึกขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การถ่าย โอนมวล ในขณะที่เดียวกันก็มีอิทธิพลต่อการละลายของผลึก ที่ก่อตัวแล้วอีกด้วย จากการศึกษาอัตราการกวนในช่วง 30- 60 รอบ/นาที จาก Figure 4 พบว่าผลได้ของอัตราการ

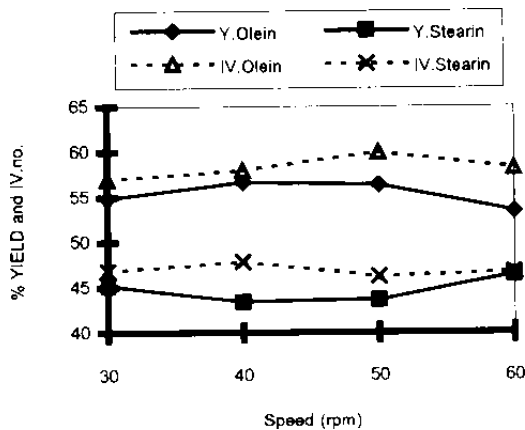


Figure 4 Relationship between speed and average yield and IV

กวนระหว่าง 40-50 รอบ/นาที จะให้ผลได้ของโอเลอินมากกว่า 56% โดยมีค่าไอโอดีนอยู่ระหว่าง 57.93-59.95 ซึ่งเป็นคุณภาพที่สูงกว่ามาตรฐานน้ำมันโอเลอิน ในขณะที่อัตราการกวนที่สูงกว่า หรือต่ำกว่านี้ จะให้ค่าผลได้ลดลง โดยอาจมีคุณภาพค่าไอโอดีนไม่ต่างกันมากนัก จากผลการทดลองนี้ จึงได้เลือกใช้อัตราการกวน 45 รอบ/นาที ในการทดลองทั้งหมดต่อไป

อุณหภูมิในการตกผลึกเมื่อเติมสเตียรีน

จากสมมติฐานการเติมสเตียรีนเพิ่มลงไปน้ำมันปาล์มรีไฟน์ ก็เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเหลวก่อนการตกผลึก นั่นคือมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มขึ้น กรดไขมันอิ่มตัวจะมีจุดหลอมเหลวสูง ซึ่งทำให้เกิดนิวเคลียสได้ง่ายและมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้อัตราการเกิดผลึกเร็วขึ้น ทำให้ใช้เวลาในการตกผลึกน้อยลง จากการค้นคว้าเอกสาร แสดงว่าอุณหภูมิในการตกผลึกเป็นปัจจัยสำคัญ จึงศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการตกผลึกเมื่อเติมสเตียรีนเป็นอันดับแรก ธเนศ (2538) ได้ศึกษาการแยกสเตียรีนและโอเลอินในน้ำมันปาล์มรีไฟน์ โดยการเติมสเตียรีน 10-30% โดยน้ำหนัก พบว่าผลได้และค่าไอโอดีนของโอเลอินไม่ต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามการเติมสเตียรีนในปริมาณที่มากกว่าจะต้องใช้ถังปฏิกรณ์ขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อต้องการ

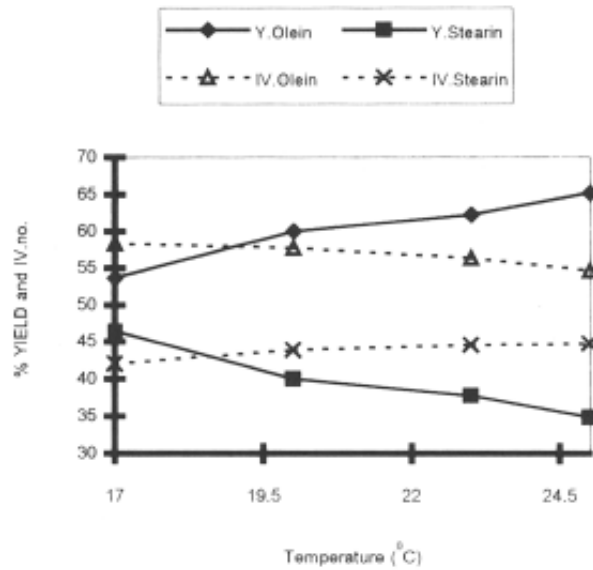


Figure 5 Relationship between crystallization temperature and average yield and IV using stearin adulteration in palm oil 1:9

ผลผลิตโอเลอินในปริมาณที่เท่ากันและต้องใช้พลังงานในการดำเนินการสูงกว่า ดังนั้นในการทดลองเบื้องต้นนี้ จึงเลือกใช้สัดส่วนปริมาณสเตียรีนที่เติมต่อปริมาณน้ำมันปาล์มรีไฟน์เป็น 1:9 สเตียรีนที่เติมเป็นสเตียรีนที่ได้จากการตกผลึกน้ำมันปาล์มรีไฟน์ปกติ โดยมีค่าไอโอดีนเท่ากับ 45.7 การทดลองใช้เวลาในการตกผลึก 45 นาที ความเร็วรอบในการกวน 45 รอบ/นาที และแปรค่าอุณหภูมิในการตกผลึกระหว่าง 17-25°C

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผลได้ของโอเลอินเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการตกผลึกสูงขึ้น โดยผลได้เพิ่มขึ้นจาก 53.65% ที่อุณหภูมิตกผลึก 17°C เป็น 65.19% ที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C (Figure 5) อย่างไรก็ตามคุณภาพค่าไอโอดีนได้ลดลงจาก 58.34 ที่อุณหภูมิตกผลึก 17°C เป็น 54.67 ที่อุณหภูมิตกผลึก 25°C ซึ่งเป็นผลการทดลองที่สอดคล้องกับหลักการปกติ นั่นคือที่อุณหภูมิสูง การเกิดผลึกสเตียรีนเกิดขึ้นได้น้อย ซึ่งทำให้ได้ผลได้ส่วนของเหลวโอเลอินสูง ในขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวยังคงอยู่ในโอเลอินจำนวนมาก ทำให้ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีสัดส่วนน้อยลง

และส่งผลให้ค่าไอโอดีนต่ำลง นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ที่ผลึกสเตียรีนที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กทำให้กรองได้ยาก ทำให้ปริมาณโอเลอินเกาะติดอยู่บนผลึกสเตียรีนเป็นเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้ค่าไอโอดีนของสเตียรีนมีค่าสูงขึ้น ผลการทดลองยังแสดงว่า จุดขุ่นของน้ำมันโอเลอินมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการตกผลึกสูงขึ้นคือ จุดขุ่นมีค่า 7°C, 8°C และ 12°C เมื่ออุณหภูมิการตกผลึกเพิ่มจาก 17°C เป็น 20°C และ 23°C ตามลำดับ

เวลาในการตกผลึกเมื่อมีการเติมสเตียรีน

การทดลองส่วนนี้คือการศึกษากิทธิพลของเวลาในการตกผลึกเมื่อมีการเติมสเตียรีนต่อน้ำมันปาล์มรีไฟน์ ในอัตราส่วน 1:9 สมมติฐานคือ เวลาการตกผลึกที่นานมากขึ้นอาจทำให้คุณภาพของส่วนโอเลอินเพิ่มขึ้น โดยเลือกอุณหภูมิในการตกผลึกที่ 22.5°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิในการทดลองก่อนหน้านี้ โดยโอเลอินที่ได้มีค่าไอโอดีนเท่ากับ 56.34 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (55-57) และมีผลได้ค่อนข้างสูงคือประมาณ 62% แม้ว่าจุดขุ่น (cloud point) จะอยู่สูงกว่าค่ามาตรฐาน (9°C) คือ 12°C ก็ตาม

จากผลการทดลองพบว่า เวลาการตกผลึกที่นานมากขึ้น มีแนวโน้มที่จะได้ผลได้ลดลงและค่าไอโอดีนมีแนวโน้มที่ดีขึ้น (Figure 6) แต่จุดขุ่นในทุกการทดลองยังมีค่าสูงอยู่คือ ในระดับ 12°C ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในการตกผลึกมีอิทธิพลต่อจุดขุ่นอย่างมาก โดยจุดขุ่นจะมีค่าลดลง เมื่อการตกผลึกกระทำที่อุณหภูมิต่ำลงเท่านั้น การตกผลึกที่อุณหภูมิสูงขึ้น เช่น 22.5°C อาจทำให้ได้ผลได้สูงขึ้นและค่าไอโอดีนอยู่ในช่วงมาตรฐาน แต่ไม่สามารถทำให้จุดขุ่นอยู่ในช่วงมาตรฐานได้ ดังนั้นการตกผลึกเพื่อแยกสเตียรีนและโอเลอิน จะต้องทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20°C เท่านั้น

สัดส่วนและคุณภาพของสเตียรีนที่ใช้เติม

การทดลองนี้ต้องการศึกษาว่า คุณภาพของสเตียรีนที่ใช้เติมจะมีผลต่อการตกผลึกหรือไม่ สมมติฐานก็คือ สเตียรีนที่มีค่าไอโอดีนต่ำ จะประกอบด้วยสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวที่สูงขึ้นและมีจุดหลอมเหลวที่สูงขึ้น ทำให้เกิดนิวเคลียสที่อุณหภูมิสูงขึ้น และอาจเห็นยวนำให้กรดไขมัน

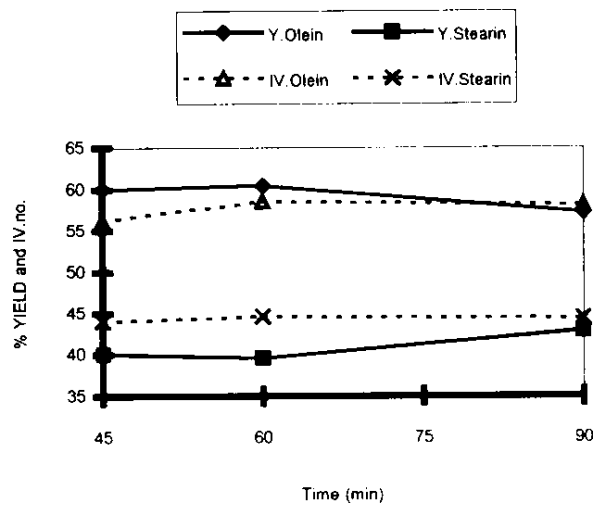


Figure 6 Relationship between crystallization time and % yield and IV using stearin adulteration in palm oil 1:9

อิ่มตัวเกิดเป็นผลึกได้เร็วขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าไอโอดีนของโอเลอินที่สูงและมีผลได้สูงขึ้น การทดลองการตกผลึกกระทำที่อุณหภูมิ 20°C เพื่อให้ได้จุดขุ่นอยู่ในมาตรฐาน (ต่ำกว่า 9°C) ใช้ความเร็วรอบในการกวน 45 รอบ/นาที และใช้เวลาในการตกผลึก 60 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ให้ค่าไอโอดีนของโอเลอินที่สูงประมาณ 58 เมื่อมีการเติมสเตียรีน (เวลาที่เหมาะสมในการตกผลึกน้ำมันปาล์มรีไฟน์อย่างเดียวเท่ากับ 45 นาที)

สำหรับการศึกษาสัดส่วนการเติมสเตียรีนนั้น มีจุดมุ่งหมายที่จะลดสัดส่วนของการเติมสเตียรีน เพื่อให้สามารถผลิตโอเลอินได้สูงขึ้น โดยคาดว่าปริมาณสเตียรีนที่เหมาะสม แต่เพียงพอจำนวนหนึ่ง จะส่งผลต่อการตกผลึกได้ดีเท่ากับการเติมสเตียรีนจำนวนมาก

ผลการศึกษาสัดส่วนการเติมปริมาณสเตียรีนพบว่า จุดขุ่นของโอเลอินในทุกการทดลองมีค่าเท่ากับ 8°C และจาก Figure 7 พบว่าเมื่อเติมสเตียรีนที่มีค่าไอโอดีน 43.43 ในสัดส่วนโดยน้ำหนัก 1:9 และ 0.5:9.5 ของน้ำมันปาล์มรีไฟน์นั้น จะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลได้ของโอเลอิน โดยการเติมสเตียรีนในสัดส่วนที่สูงกว่าจะให้ร้อยละผลได้ที่สูงกว่า โดยมีค่าไอโอดีนและจุดขุ่นของโอเลอินไม่แตกต่างกัน

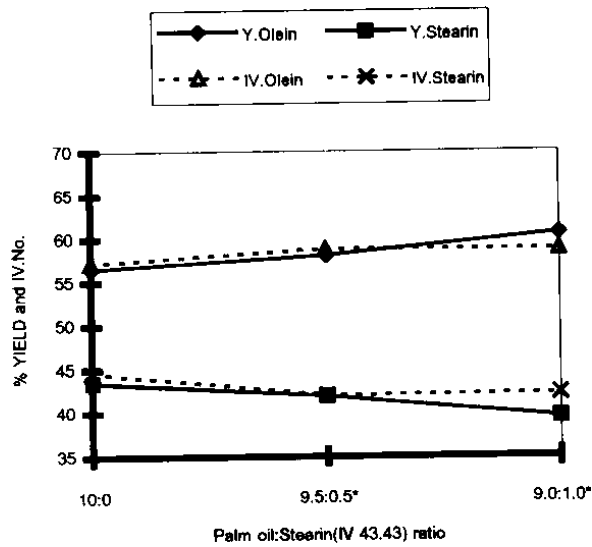


Figure 7 Effect of stearin adulteration ratio on % yield and IV (stearin: IV = 43.43)

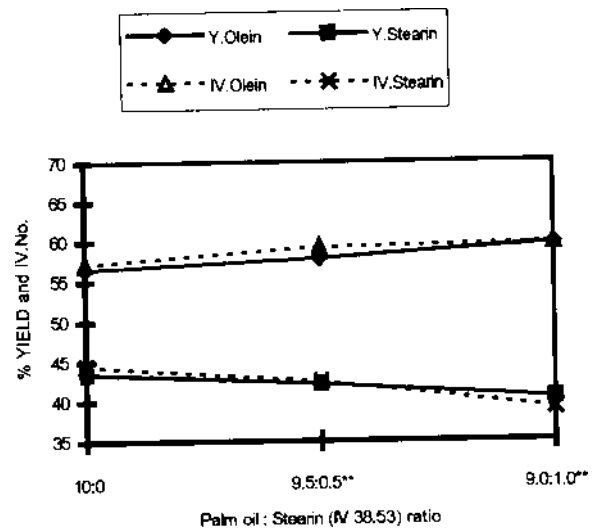


Figure 8 Effect of stearin adulteration ratio on % yield and IV (stearin: IV = 38.53)

ผลการทดลองของการเปลี่ยนสัดส่วนการเติมสเตียรีนเมื่อสเตียรีนที่เติมมีค่าไอโอดีนต่ำลง (38.53) ใน Figure 8 ก็ได้แนวโน้มเดียวกันกับการเติมสเตียรีนที่มีค่าไอโอดีนสูงกว่า (43.43) กล่าวคือ ด้ร้อยละผลได้โอเลอินสูงขึ้นเมื่อเติมสเตียรีนมากขึ้น และการเติมสเตียรีนที่มีค่าไอโอดีนต่ำกว่าจะได้โอเลอินที่มีค่าไอโอดีนสูงขึ้นอีกเล็กน้อย โดยที่จุดขุ่นไม่แตกต่างกัน

อุณหภูมิในการตกผลึกเมื่อเติมสเตียรีนด้วยสัดส่วนและค่าไอโอดีนที่ต่างกัน

การทดลองนี้จัดทำเพื่อยืนยันผลของอุณหภูมิที่มีต่อการตกผลึกเมื่อมีการเติมสเตียรีน โดยใช้ใบพัดกวนแบบ anchor ความเร็วรอบ 45 รอบ/นาที และเวลาการตกผลึก 45 นาที ผลการทดลองแสดงใน Table 1 ยืนยันว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการตกผลึกที่สูงขึ้นจนถึง 25°C จะได้ผลได้โอเลอินสูงขึ้น แต่คุณภาพค่าไอโอดีนจะต่ำลง เมื่อตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำ 17.5°C โดยเติมสเตียรีน (ค่าไอโอดีน 38.53) ในสัดส่วน 1:9 พบว่าได้ผลได้เพียง 52.22% ค่าไอโอดีนของโอเลอินอยู่ในระดับสูงคือ 60.03 และจุดขุ่น 7°C ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กรดไขมันอิ่มตัวเกิดการตกผลึกในปริมาณ

ที่สูงขึ้น ทำให้ได้โอเลอินที่มีคุณภาพสูงขึ้น แต่ได้ผลได้ในปริมาณที่น้อยลง

วิจารณ์และสรุป

การตกผลึกน้ำมันปาล์มเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีปัจจัยจำนวนมากที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการ เช่น การเกิดนิวเคลียส การเติบโตของผลึก ขนาดและชนิดของผลึก และอุปกรณ์การกรอง เป็นต้น จากการทดลองการใช้ใบพัดกวนชนิดต่างๆ และผลของอัตราการกวน พบว่ามีอิทธิพลต่อการตกผลึกเช่นกัน โดยการกวนที่สม่ำเสมออย่างทั่วถึงในอุปกรณ์ทดลองหรือถึงปฏิกรณ์และอัตราการกวนที่เหมาะสม จะทำให้ได้รับร้อยละผลได้ของโอเลอินสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการได้ขนาดและชนิดของผลึกที่เหมาะสมในการกรอง โดยที่ผลึกไม่เล็กมากเกินไปจนทำให้มีปริมาณของเหลวโอเลอินเกาะติดบนผิวของผลึกจำนวนมาก

อุณหภูมิในการตกผลึก จัดได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดในกระบวนการนี้ อุณหภูมิการตกผลึกที่สูงกว่า 20°C จะไม่สามารถตกผลึกไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวออกได้ในปริมาณที่มากพอ จึงทำให้

Table 1 Yield and iodine value of olein and stearin at different iodine value of stearin and adulteration ratios.

Temp. (°C)	Yield (%)		Iodine value		Cloud point (°C)
	Olein	Stearin	Olein	Stearin	
Palm oil : Stearin = 9:1 (Stearin with IV= 44.33)					
20.0	58.08	41.92	58.75	42.16	-
22.5	59.08	40.92	57.02	43.76	-
25.0	63.50	36.50	56.08	45.27	-
Palm oil : Stearin = 9.5:0.5 (Stearin with IV= 44.80)					
20.0	57.43	42.57	58.84	42.01	-
22.5	61.48	38.52	58.14	42.92	-
25.0	64.85	35.15	55.24	45.81	-
Palm oil : Stearin = 9:1 (Stearin with IV= 38.53)					
17.5	52.22	47.70	60.03	40.21	7
20.0	59.65	40.35	59.72	42.11	8
22.5	60.93	39.07	58.52	42.91	12

จุดขุ่นของโอเลอินที่เหลืสูงกว่ค่ามาตรฐาน 9°C แม้ว่ค่าไอโอดีนจะอยู่ในค่ามาตรฐาน (55-57) แล้วก็ตาม การทดลองนี้สรุปได้ว่ ไม่สามารถจะตกผลึกสเตียรีนที่อุณหภูมิสูงกว่ 20°C เพื่อผลิตโอเลอินที่ได้มาตรฐานได้

ดังนั้นการเติมสเตียรีนในการตกผลึก น่าจะเป็นประโยชน์ในกรณีที่จะทำให้เกิดการตกผลึกเร็วขึ้นหรือได้ผลได้สูงขึ้น จากการคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลได้ใน การตกผลึกที่ 20°C ของทั้งสองกระบวนการตาม Figure 9 โดยใช้เวลากการตกผลึก 60 นาที ด้วยความเร็วรอบในการกวน 45 รอบ/นาที ด้วยใบพัดแบบ anchor อาจสรุปผลได้ ดังแสดงใน Table 2

หากสมมติให้ใช้อุปกรณ์การตกผลึกขนาดเดียวกัน ดำเนินการตกผลึกที่ภาวะเดียวกัน การเติมสเตียรีนจะให้ผลผลิตที่มีราคาคือ โอเลอินน้อยลง แต่ในขณะที่เดียวกันก็ใช้วัตถุดิบคื น้ำมันปาล์มรีไฟน์น้อยลงด้วย เช่น จาก Table 2 เมื่อเติมสเตียรีนในสัดส่วน 1:9 จะใช้น้ำมันปาล์มรีไฟน์ 90 กรัม และผลิตโอเลอินได้ 54.50 กรัม หากไม่มีการเติมสเตียรีนเลย จะใช้น้ำมันปาล์มรีไฟน์ 100 กรัม และผลิตโอเลอินได้ 56.56 กรัม ซึ่งความคุ้มค่างทางเศรษฐศาสตร์ก็คงขึ้นอยู่กับราคาวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

การเติมสเตียรีนที่มีค่าไอโอดีนแตกต่างกัน จะให้ค่าผลได้และค่าไอโอดีนของโอเลอินไม่แตกต่างกันมากนัก อาจกล่าวได้ว่ มีอิทธิพลน้อย

การตกผลึกโดยเติมสเตียรีน 10% และใช้อุณหภูมิที่ต่ำมาก เช่น ที่ 17.5°C จะทำให้ได้โอเลอินที่มีคุณภาพ

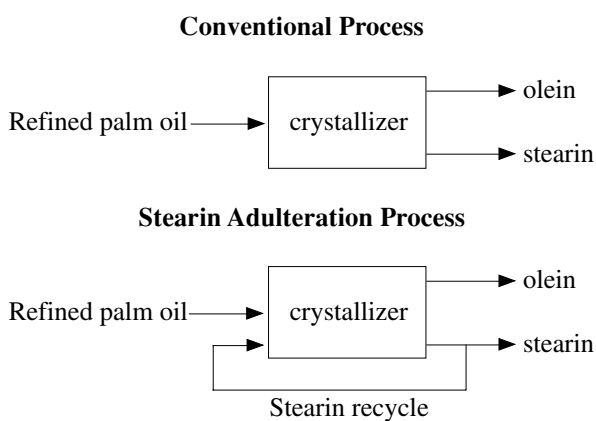


Figure 9 Flow diagram of conventional and stearin adulteration crystallization processes

Table 2 Comparison the effect of stearin adulteration ratio on % yield of olein

Palm oil : Stearin	Raw material (g)		Product (g)		% yield olein
	Refined palm oil	Stearin	Olein	Stearin	
10:0	100	0	56.56	43.43	56.56
9.5:0.5	95	5	55.19	44.10	58.09
9.0:1.0	90	10	54.50	45.50	60.55

Table 3 Comparison of our work and Thanet (2538)

	This work	Thanet's work
Stearin adulteration ratio, stearin: palm oil	1:9	1:4
Crystallization temperature °C	20	22.5
Crystallization time (min)	60	45
Agitation speed (rpm)	45	60
Type of impeller	anchor	3-blades, 45° pitch turbine with disc
Cooling rate (°C/min)	0.4	0.4
% yield	60.55	57.59
Iodine value	58.75	56.93

สูงขึ้นและจุดขุ่นต่ำลง แต่ผลได้อีโলেินก็ต่ำลงมากเช่นกัน คือได้เพียง 52.22%

Table 3 เป็นการเปรียบเทียบผลการทดลองของงานวิจัยนี้กับของธเนศ (2538) ซึ่งกระทำการตกผลึกที่ภาวะที่ไม่ต่างกันมากนัก ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ จะให้เปอร์เซ็นต์ผลได้สูงกว่าเล็กน้อย การที่ได้รับผลการทดลองที่ดีขึ้นน่าจะเกิดจากการใช้ใบพัดกวนแบบ anchor ซึ่งสามารถทำให้เกิดการถ่ายโอนความร้อนและการถ่ายโอนมวลได้ดีสม่ำเสมอขึ้น

จากการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าภาวะการตกผลึกที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มรีไฟน์โดยการเติมสเตียรีน เพื่อให้ได้ผลผลิตอีโলেินมาตรฐาน ควรเติมสเตียรีนในน้ำมันปาล์มรีไฟน์ในสัดส่วน 1:9 และตกผลึกที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งจะได้ผลได้อีโলেินในระหว่าง 59.65-60.55% อีโলেินที่ได้มีค่าไอโอดีนระหว่าง 58.75-59.72 และมีจุดขุ่น 8°C

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2540 ขอขอบคุณ คุณนิพนธ์ เอี้ยวสกุล บริษัทน้ำมันพืชสดแดนคาร์ด จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่อนุเคราะห์วัดจุดขุ่นและข้อมูล ขอขอบคุณ คุณธเนศ วยสุวรรณ คุณจักรกฤษณ์ ตันตระกูล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

โครงการส่งเสริมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มขนาดเล็กตามพระราชดำริ. 2531. รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องโครงการแปรรูปผลิตภัณฑ์และพัฒนาด้านการตลาดของโรงงานหีบน้ำมันปาล์มขนาดเล็กอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- ชาคริต ทองอุไร สุธรรม สุขมณี และธนศ ้วยสุวรรณ. 2539. "การแยกสเตียรีนและโอเลอินในน้ำมันปาล์มรีไฟน์โดยวิธีการตกผลึก". วารสารสงขลานครินทร์. 18(1): 77-85.
- ธนศ ้วยสุวรรณ. 2538. การศึกษาการแยกสเตียรีนและโอเลอินในน้ำมันปาล์มรีไฟน์โดยวิธีการตกผลึก วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis. Volume 2. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Cornilius, J.A. 1973. Palm Oil Fractionation - An Introductory Note. Oil Palm News. No.15, 16-17.
- International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). 1979. Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. Part I. 6th ed. Oxford: Pergamon Press.
- Jacobsberg, B. and Jacqmain, D. 1977. Palm Oil Fractionation as Related to the Crystallization Properties of Triglycerides. International Developments in Palm Oil, P.257-280. Earp, D. A & Newall, W. ed. Kuala Lumpur: Rajiv Printers.
- Ng, W.L. 1990. A Study of the Kinetics of Nucleation in a Palm Oil Melt. JAOCS. 67, No.11 p. 879-882.