



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดย
การพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง
Utilization of Sugarcane Wax from Filter Cake Extraction for
Developing Nanostructure Lipid Carrier and Cosmetic Formulations

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลทิพย์ นิมมานนิตย์ และคณะ

ธันวาคม 2557

สัญญาเลขที่ RDG5650056

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดย
การพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคริเออร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง
Utilization of Sugarcane Wax from Filter Cake Extraction for
Developing Nanostructure Lipid Carrier and Cosmetic Formulations

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลทิพย์ นิมมานนิตย์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 2. ดร. กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ |
| 3. ดร. อภิรดา สุคนธ์พันธุ์ | ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ |

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

แผนงานวิจัย เรื่อง “การเพิ่มมูลค่าของไข่อ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง” เป็นแผนงานวิจัย ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ภายใต้กลุ่มเรื่อง อ้อยและน้ำตาล ซึ่งเป็นกรอบงานวิจัยที่มุ่งเป้าตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศที่สอดคล้องกับนโยบายยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม) ประจำปีงบประมาณ 2556 โดยภายใต้แผนงานวิจัยนี้ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย 2 เรื่อง ได้แก่ 1) การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไข่อ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ และ 2) การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไข่อ้อย เพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกและโลชั่นบำรุงเล็บ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงานครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณา กลั่นกรองโครงการ รวมถึงให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงข้อเสนอชุดแผนงานวิจัย รวมถึงให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินโครงการวิจัยเป็นอย่างดี ซึ่งนับได้ว่ามีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าแผนงานวิจัย “การเพิ่มมูลค่าของไข่อ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง” จะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ตลอดจนอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่เกี่ยวข้อง

รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลทิพย์ นิมมานนิตย์

ผู้อำนวยการแผนงานฯ

ธันวาคม 2557

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5650056
แผนงานวิจัย : การเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรอง โดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง
ชื่อนักวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร. อุบลทิพย์ นิมมานนิตย์ และคณะ
อีเมล : ubonthip@nanotec.or.th (ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย)
ระยะเวลาโครงการ : 12 เดือน (ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2556 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2557)

โครงการวิจัยย่อยที่ 1: การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบส่งสารสำคัญ

จากรายงานวิจัยที่มีมาก่อนสามารถสรุปได้ว่า ไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองมีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ ได้แก่ ใช้ในรูปแบบของ wax หรือไข ในส่วนประกอบของเครื่องสำอางต่างๆ ใช้ในรูปแบบของวัตถุดิบส่งสารสำคัญ หรือ encapsulation material ในรูปแบบของอนุภาคนาโนไขมันแข็ง และใช้ในรูปแบบของสารโภชนเภสัชในการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรอง ดังนั้นการศึกษาวิจัยโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคโนโลยีสีเขียว โดยเทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต หรือ supercritical carbon dioxide (sc-CO₂) ในระดับภาคสนาม (pilot scale) และทำการประเมินคุณภาพของไขอ้อยที่ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานสากล รวมถึงทำการวิเคราะห์ต้นทุน ผลประโยชน์ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไขจากกากหม้อกรองซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย ในระดับกึ่งอุตสาหกรรมด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อย โดยใช้เครื่องสกัดที่มีขนาดหลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) ปริมาตร 24 ลิตร ต่อ 1 หลอด เป็นเครื่องต้นแบบ จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มความดันและอุณหภูมิส่งผลให้ความสามารถในการละลายของน้ำมันดีขึ้น จึงทำให้การสกัดดีขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ ปริมาณไขอ้อยที่สามารถสกัดได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 4.7 ที่สภาวะความดัน 200 บาร์ อุณหภูมิ 80°C ในระยะเวลา 60 นาที เมื่อใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต โดยคุณภาพของไขอ้อยที่ได้จะมีค่า acid value เท่ากับ 22.24 mg KOH/g ค่า saponification value เท่ากับ 43 mg KOH/g ค่า iodine value เท่ากับ 41 g I₂/100g และค่าจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 70-74°C ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางการค้าที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการกำหนดค่าคุณภาพของไขอ้อยจึงสามารถใช้ค่าต่างๆ เหล่านี้ เป็นเกณฑ์สำหรับการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณของไขอ้อยที่สกัดได้ด้วยเครื่อง Thin Layer Chromatography/Flame Ionization Detection (TLC/FID)

พบว่าไข่อ้อยที่สกัดได้นั้นประกอบด้วย Wax ester (42.8%) Fatty aldehyde (8.8%) Free Fatty acid (25.5%) Fatty alcohol (15.4%) และ Sterol (1.9%)

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไข่อ้อยจากกากหม้อกรองด้วยกระบวนการสกัดไข่อ้อยออกจากกากหม้อกรองที่มีอัตราการป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน (ความชื้นประมาณ 65%) ด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไข่อ้อย ผลการศึกษา พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ในการผลิตเท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ โครงการมีต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดในการผลิตไข่อ้อยเท่ากับ 950,219.84 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และมีมูลค่าของผลประโยชน์ (ผลผลิตพลอยได้รวม) เท่ากับ 84,816.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินราคาขายไข่อ้อยได้เท่ากับ 3.30 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม โครงการมีผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เท่ากับร้อยละ 21.92 (ที่ระยะเวลาคืนทุน 5 ปี) แสดงว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนั้นพบว่า ราคาขายของไข่อ้อยไม่อ่อนไหวกับระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไข่อ้อยที่สกัดได้ต่อวันมีปริมาณมาก อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ถึงการลดกำลังการผลิต โดยที่อัตราการป้อนกากหม้อกรองลดลงจาก 580 เป็น 20 ตันต่อวัน พบว่าราคาขายไข่อ้อยซึ่งผลิตด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไข่อ้อยประเมินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 4.6 เท่า

การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และไอโซโพรพานอล จากนั้นทำการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสาร phytosterol ที่ได้ด้วยเทคนิค gas chromatography และ mass spectroscopy เทียบกับสารละลาย phytosterol มาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าสาร phytosterol ในกากหม้อกรองจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ sitosterol stigmasterol และ campesterol โดยในทุกกรณีของการสกัดจะพบปริมาณของสาร sitosterol ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ campesterol และ stigmasterol ตามลำดับ สำหรับวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพและให้ปริมาณของ total phytosterol มากที่สุดคือการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบ soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลายไอโซโพรพานอล (ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง) ทำให้ได้ total phytosterol ถึง 3.57% ในสารสกัดนี้ประกอบไปด้วย stigmasterol (0.91%) sitosterol (1.6%) และ campesterol (1.06%)

จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไข่อ้อยจากต้นอ้อยสดสายพันธุ์ต่างๆ ในประเทศไทย โดยได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างไข่อ้อยจากลำต้นอ้อยสดจำนวน 40 สายพันธุ์ ซึ่งมีการเพาะปลูกและปรับปรุงสายพันธุ์ในประเทศไทย โดยไข่อ้อยจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR spectroscopy เพื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไข่อ้อยแต่ละพันธุ์ จากการศึกษา Hierarchical cluster analysis ในไข่อ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มใหญ่ โดยอ้อยสายพันธุ์ LK92-11 และ K92-72 มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจาก fatty acids และ fatty aldehyde มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีความต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงเหมือนกัน ส่วนสาย K99-72 และ LK92-11 จัดอยู่กลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีปริมาณ fatty acids และ fatty aldehyde ใกล้เคียงกันมาก และมีปริมาณน้อยกว่ากลุ่มแรกอย่างชัดเจน

สำหรับปริมาณ lipid esters ในทุกสายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการหาความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างสายพันธุ์อ้อยในจำนวนมากเพื่อความแม่นยำมากขึ้น

โครงการวิจัยย่อยที่ 2: การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกและโลชั่นบำรุงเล็บ

การศึกษานี้มีความมุ่งหมายที่จะนำไขอ้อยจากการสกัดกากหม้อกรองในกระบวนการผลิตน้ำตาลที่มีองค์ประกอบทางเคมีของ Fatty alcohol, Fatty acids และ Phytosterols ที่ได้จากโครงการที่1 นำมาเตรียมให้อยู่ในรูปของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ เพื่อกักเก็บสารสำคัญวิตามินอี และนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางเครื่องสำอาง และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของไขอ้อยและอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กักเก็บสารสำคัญวิตามินอี จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ ในการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ เพื่อหาสภาวะในการผลิตที่เหมาะสม พบว่าระบบที่ให้ความคงตัวดีที่สุดคือ ระบบที่ใช้กรดโอเลอิก (oleic acid) เป็นไขมันเหลว และ ใช้ซี20 (c-20) หรือร่วมกับ p-40 เป็นสารลดแรงตึงผิวโดยใช้เวลาที่เหมาะสมในการลดขนาดด้วยเครื่องสั่นสะเทือนความถี่สูง (sonication probe) ที่ 7 นาที และพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยโดยใช้ปริมาณไขมันรวมในสูตรตำรับในอัตราร้อยละ 1 พบว่าอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลวที่ 1:1 มีความคงตัวตลอดระยะเวลา 1 เดือน เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ของระบบที่ใช้ไขอ้อยกับระบบที่ใช้ไขมันหมูา เมื่อเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ พบว่า ระบบที่ใช้ไขอ้อยมีความคงตัวมากกว่าระบบที่ใช้ไขมันหมูา สำหรับการศึกษาความคงตัวทางเคมีพบว่าปริมาณวิตามินอี อะซิเตดที่เก็บภายใต้สภาวะต่างๆ ไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ทั้งในตำรับไขอ้อยและไขมันหมูาซึ่งถือว่าเป็นสูตรตำรับให้ความคงตัวทางเคมีที่ดี เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

สำหรับการพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กักเก็บวิตามินอีในอัตราร้อยละ 5 สูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กักเก็บวิตามินอีจากไขอ้อยให้ความรู้สึกนุ่มลื่น ไม่กระด้าง เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดีและหลังทาให้ความเงางามที่เล็บให้ความรู้สึกในการทาที่ดีกว่าสูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กักเก็บวิตามินอีจากไขมันหมูาที่มีเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย ไม่นุ่ม ทั้งสองสูตรผ่านการทดสอบความคงตัวในทุกสภาวะที่ทดสอบ โดยลักษณะทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่พบว่าสูตรไขมันหมูามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่มากกว่าสูตรไขอ้อย

การพัฒนาสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กักเก็บวิตามินอีจากไขอ้อยเปรียบเทียบกับสูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กักเก็บวิตามินอีจากไขมันหมูา พบว่าสูตรลิปสติกที่มีส่วนผสมของไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ไขอ้อยที่พัฒนาขึ้น มีความคงตัว ให้ความรู้สึกเมื่อทาที่นุ่มกว่า มีการกระจายตัวที่ดีกว่าสูตรลิปสติกที่มีส่วนผสมของไขมันหมูา ผลการทดสอบสภาวะความคงตัวเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ พบว่า สูตรลิปสติกทั้ง 2 สูตร มีความคงตัวทางกายภาพ

ที่ดี ทั้งสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บและสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคร์เออร์
กักเก็บวิตามินอีจากไขอ้อย ดังกล่าวผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในตำรับ ผ่านการทดสอบการ
ระคายเคือง และผู้บริโภคมีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

Abstract

Project Code: RDG5650056
Sub Project Title: Utilization of Sugarcane Wax from Filter Cake Extraction for
Developing Nanostructure Lipid Carrier and Cosmetic Formulations
Name of Principle Researcher: Assoc. Prof. Dr. Ubonthip Nimmannit
E-mail Address: ubonthip@nanotec.or.th (Principle Researcher)
Project Period: 12 months (From September 1st, 2013 to August 31st, 2014)

Title of Sub Project 1: An Economic Analysis of Worthiness on Sugarcane Wax
Production as Carriers for Delivery System of Bioactive
Compounds.

Resulting from several other previous research studies, it is clearly that sugar cane wax extracted from filter press mud is widely utilized in various applications. Typically, it can be used as a recipe in the cosmetics, natural delivery system carriers in the form of solid-lipid particles and some active pharmaceutical substances used in dietary supplements production manufacturer. All of which can create added value from the original sugar cane wax extracts. Thus, the research project aims to develop the effective extraction processes of sugarcane wax using an exceptional green technology. Our extraction technique utilized the supercritical carbon dioxide (sc-CO₂) as a solvent at the pilot scale. This research work will report not only with the assessment of the quality to meet the basis of requirement of the internal standards, but the cost-benefit analysis and the analysis of the economic value of the project as well.

This research studies the economic value on the extraction processes from filter press mud, a waste from the sugar cane industry, using sc-CO₂ and iso-propanol as a co-solvent at the pilot scale. A prototype of extraction machine was equipped with 24 liters-small tube extractor (cartridge). As results, increasing pressure and temperature provided the better solubility of oil, resulting in better extraction. In this research, the highest quantity of sugarcane wax that can be extracted raise up to 4.7% at the pressure of 200 bar and the temperature of 80°C for 60-minute using the mixture of isopropyl and Supercritical Carbon Dioxide. The quality of the obtained sugarcane wax product has acid value of 22.24 mg KOH/g, the saponification value of 43 mg KOH/g, and iodine value of 41 g I₂/100g. The melting point was in the range 70-74°C, those values meet the trading benchmark standard.

Therefore, all characterizations can be used as the criteria's for quality of wax. The quantitative analysis of sugarcane wax extract using Thin Layer Chromatography / Flame Ionization Detection (TLC / FID) technique shows that the wax extract contains wax ester (42.8%), fatty aldehyde (8.8%), free fatty acid (25.5%), fatty alcohol (15.4%), and sterol (1.9%).

Assessing the economic value of sugarcane wax production from the extraction of filter press mud using sc-CO₂ and isopropanol as a co-solvent with a feed rate of 580 tons per day (moisture content of about 65%), it was found that the present value of the cost of capital in the production of the project is US \$ 3,278,382.15. Total operating costs in the production of sugar cane wax is 950,219.84 USD per month and the value of benefits (Sum-product) of US \$ 84,816.67 per month. From the data, sugarcane wax price can be evaluated as of US \$ 3.30 / kg. The project has a return on investment (ROI) of 21.92 percent (the payback period of 5 years), the project is worth to invest. In addition, it was found that market price of sugar cane wax does not affected by the change of its payback period. The reason may be a huge production of sugarcane wax per day. In case of the sugarcane wax production capacity decreased i.e. the feed rate of waste filter decreased from 580 to 20 tons per day, the market price of sugar cane wax with this technique has increased by approximately 4.6 times.

An alternative route to create the added-value of filter press mud is to extract and purify another valuable phytosterols. Phytosterols (plant sterols) are triterpenes that are important structural components of plant membranes and exhibits significantly lower serum cholesterol in human. The samples were extracted with organic solvents including hexane, ethanol and iso-propanol. The total amount of phytosterol in the extracts and its composition were then determined based on the available phytosterol standards using gas chromatography coupled with mass spectroscopy. The results showed that phytosterols obtained in filter mud can be identified in three types: sitosterol, stigmasterol, and campesterol. In every cases of extraction, the amount of sitosterol was found to be the highest, followed by campesterol, and stigmasterol, respectively. The Soxhlet extraction using iso-propanol as a solvent (extraction time of 6 hours) provided the highest yield of total unbounded-phytosterols compared to other experiments. The best condition for total phytosterol extraction yields 3.57% which were composed of sitosterol (1.6%), stigmasterol (0.91%), and campesterol (1.06%).

The relationship between functional groups of chemical substances presents in sugar cane wax from the outer shell of fresh sugar cane stalk and the varieties of sugarcane in Thailand was studied. Selected sugarcane wax from sugar cane stalk of 40 species, randomly cultivated and breeding in Thailand, were collected. The 40-different species of sugarcane wax were characterized by IR spectroscopy in order to comparing the chemical composition profiles among each sugarcane wax samples. From Hierarchical cluster analysis of sugar cane wax from 40 different species; they can be classified into 4 groups. LK92-11 and K92-72 species are similar in terms of the amount fatty acids almost equally to their fatty aldehydes and both species exhibit the same treated-red rot and wilt resistance activity. In addition, K99-72 and LK92-11 are classified into the same group due to the amount of fatty acids and fatty aldehydes are very similar, but lesser amount compared with the first group (LK92-11 and K92-72 species). It should be noted that the quantity of lipid esters that can be detected in all species are comparable. However, the determination of the relationship between the species and the chemical compositions of the sugarcane wax for the development for more varieties or novel breeding required a large number of the sample varieties of sugar cane, so it can be more accurately identified.

Title of Sub Project 2: Product Development of Nanostructure Lipid Carrier from Sugarcane Wax for Application in Moisturizer lipstick and Moisturizer Nail Lotion.

The objective of this study is to utilize sugarcane wax extracted from filter residue (bagasse) in sugar production process in project 1 which contains fatty alcohols, fatty acids and phytosterols for preparation development of nanostructure lipid carrier (NLC). Nanostructure lipid carriers that encapsulated vitamin E (NLCE) was developed using sugarcane wax as a wall forming material for use as cosmetic raw materials. Cosmetic products such as moisturizer lipstick and moisture nail lotion containing sugarcane wax/ NLCE were developed in this study. The optimum conditions to prepare stable NLC was achieved by using oleic acid as a liquid lipid, C-20 or combination with p-40 as the surfactant and the particle size was reduced by sonication for 7 min. When using 1% total lipid in the formula, the ratio of solid lipid: liquid lipid at 1:1 was the optimal ratio to achieve physical stability for 1 month. In comparison of sugarcane wax to carnauba wax in NLCE preparation, the particle size of NLCE from sugar cane wax shows less alteration in mean size resulted in better physical stability. The HPLC conditions for vitamin E acetate analysis were developed

for chemical stability detection. The amount of vitamin E acetate from both NLCE was not significantly different from the initial amount under accelerated condition. The NLCE prepared from sugarcane wax, therefore, can be used in cosmetics formulations.

The formulation of moisture nail lotion containing NLCE prepared from sugarcane wax shows good texture, better spreadability and more luster than the NLCE prepared from carnauba wax. Both formulations passed the stability test in specified conditions but the formulation containing NLCE prepared from carnauba wax showed stiffer texture and higher change in viscosity.

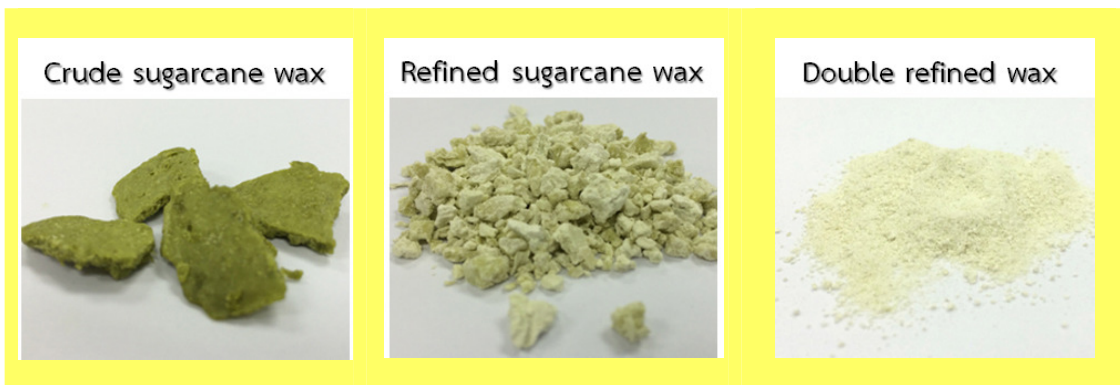
For moisturizer lipstick development, the formulation of lipstick containing NLCE prepared from sugarcane wax showed softer texture and more spreadability than lipstick containing NLCE prepared from carnauba wax. In physical stability test, both formulations passed the stability test in specified conditions. The formulation of moisturizer lipstick and moisture nail lotion contained nanostructure lipid carriers that encapsulated vitamin E (NLCE) prepared with sugarcane wax passed antimicrobial effectiveness test, safety test and consumer satisfaction test.

บทสรุปผู้บริหาร

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกอ้อยมากเป็นอันดับ 4-5 ของโลก และเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 2 ของโลก สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายน้ำตาลทรายทั้งในประเทศและส่งออกได้ปีละกว่า 180,000 ล้านบาท โดยในปี 2553 มีมูลค่าการส่งออกน้ำตาลทรายและผลิตภัณฑ์สูงถึง 70,292 ล้านบาท จัดเป็นลำดับที่ 4 ของสินค้าส่งออกกลุ่มเกษตรและอาหาร รองมาจาก ข้าว ปลา และกุ้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งสร้างงานสร้างรายได้แก่ชาวไร่อ้อยกว่า 200,000 ครัวเรือน คิดเป็นประชากรกว่า 1 ล้านคน และแรงงานอื่นอีกกว่า 1 ล้านคน ดังนั้นอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง จึงเป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ จากยุทธศาสตร์การวิจัยรายประเด็นด้านอ้อยและน้ำตาลทราย เรื่องการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ที่มีเป้าประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการโรงงานน้ำตาล และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่ม โดยที่มุ่งสู่ปัจจัยแห่งความสำเร็จของยุทธศาสตร์การวิจัย อันประกอบด้วย การมีมาตรการที่จะพัฒนาองค์ความรู้ความเข้าใจและเผยแพร่เกี่ยวกับด้านอ้อยและน้ำตาลทรายในด้านต่างๆ ภาครัฐมีนโยบายสนับสนุนอุตสาหกรรมด้านอ้อยและน้ำตาลทรายที่ต่อเนื่องสู่อุตสาหกรรมอื่น ๆ รวมถึงมีมาตรการสนับสนุนการใช้งานวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาลทราย เพื่อต่อยอดสู่อุตสาหกรรมอื่นอย่างครบวงจร ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ทีมผู้วิจัยมีแนวคิดในการค้นคว้าและวิจัยแผนงานวิจัยเรื่องการเพิ่มมูลค่าของไข่อ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เพื่อให้เกิดเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล อันจะส่งผลกระทบต่อเชิงบวกต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศโดยตรง สะท้อนถึงเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดี

แผนงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โครงการวิจัยย่อย เพื่อให้เกิดการบูรณาการและมีการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรมมากที่สุดโดยโครงการวิจัยย่อยที่ 1 เรื่อง การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไข่อ้อยเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบส่งสารสำคัญ โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงการผลิตไข่อ้อยจากกากหม้อกรอง ซึ่งเป็นกากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology) หรือเทคโนโลยีสีเขียว (green technology) ที่พร้อมนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อาหาร และอาหารเสริมสุขภาพ เป็นต้น จากผลการวิจัยการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองในระดับกึ่งอุตสาหกรรมด้วยเทคนิค sc-CO_2 และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไข่อ้อย โดยใช้เครื่องสกัดที่มีขนาดหลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) ปริมาตร 24 ลิตรต่อ 1 หลอด เป็นเครื่องต้นแบบ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ ปริมาณไข่อ้อยที่สามารถสกัดได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 4.7 ที่สภาวะความดัน 200 บาร์ อุณหภูมิ 80°C ในระยะเวลา 60 นาที เมื่อใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต โดยลักษณะของไข่อ้อยที่สกัดได้จะมีลักษณะแสดงดังภาพที่ 1

คุณภาพของไขอ้อยที่ได้ (crude sugarcane wax) จะมีค่า acid value เท่ากับ 22.24 mg KOH/g ค่า saponification value เท่ากับ 43 mg KOH/g ค่า iodine value เท่ากับ 41 g I₂/100g และค่าจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 70-74°C ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางการค้าที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณของไขอ้อยที่สกัดได้ด้วยเทคนิคเครื่อง Thin Layer Chromatography/Flame Ionization Detection (TLC/FID) พบว่าไขอ้อยที่สกัดได้นั้นประกอบด้วย Wax ester (42.8%) Fatty aldehyde (8.8%) Free Fatty acid (25.5%) Fatty alcohol (15.4%) และ Sterol (1.9%)



ภาพที่ 1 ลักษณะของไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองโรงงานน้ำตาล โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต (sc-CO₂) และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อยในระบบ

จากผลการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทางด้านเทคนิคมาใช้ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของการผลิตไขอ้อยจากกากหม้อกรอง โดยสร้างกระบวนการต้นแบบของการสกัดไขอ้อยออกจากกากหม้อกรองที่มีอัตราการป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน (ความชื้นประมาณ 65%) ด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อย พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ในการผลิตเท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ โครงการมีต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดในการผลิตไขอ้อยเท่ากับ 950,219.84 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และมีมูลค่าของผลประโยชน์ (ผลผลิตพลอยได้รวม) เท่ากับ 84,816.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน (แสดงดังตารางที่ 1) จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินราคาขายไขอ้อยได้เท่ากับ 3.30 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม โครงการมีผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เท่ากับร้อยละ 21.92 (ที่ระยะเวลาคืนทุน 5 ปี) แสดงว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนั้นพบว่า ราคาขายของไขอ้อยไม่อ่อนไหวกับระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากไขอ้อยที่สกัดได้ต่อวันมีปริมาณมาก อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ถึงการลดกำลังการผลิต โดยที่อัตราการป้อนกากหม้อกรองลดลงจาก 580 เป็น 20 ตันต่อวัน พบว่าราคาขายไขอ้อยซึ่งผลิตด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อยประเมินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 4.6 เท่า

ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินราคาขายไขอ้อยของกระบวนการสกัดไขอ้อยที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนต่างกัน

(หน่วยเงิน: ดอลลาร์สหรัฐ)

วิธีการสกัด	ต้นทุน (ต่อเดือน)		รายได้จากผลพลอยได้ (ต่อเดือน)	ราคาขายไขอ้อย เมื่อกำหนดระยะคืนทุนที่ต่างกัน		
	ทุนทรัพย์	ดำเนินงาน		5 ปี	7 ปี	10 ปี
Supercritical fluid extraction	3,278,382.15	950,219.84	84,621.67	3.30	3.24	3.20

ปัจจุบันสารโกลนเอสในกลุ่ม Phytosterols ซึ่งจัดเป็นสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของพืชหลายชนิด และมีรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนการใช้สารดังกล่าวเป็นอาหารเสริมเพื่อลดปริมาณ cholesterol ในเลือด การศึกษาเบื้องต้นของทีมวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ในกากหม้อกรองนอกจากจะมีสารประเภทไขแล้ว ยังมีสารชีวเคมีที่มีประโยชน์ต่อโภชนาการของมนุษย์อีกหลายชนิด หนึ่งในนั้นก็คือสารในกลุ่ม phytosterols ดังนั้นเพื่อให้เกิดทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากกากหม้อกรอง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาล ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินงานวิจัยในส่วนที่ 2 ของโครงการวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการสกัดสาร phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และไอโซโพรพานอล จากนั้นทำการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสารไฟโตสเตอรอลที่ได้ด้วยเทคนิค gas chromatography และ mass spectroscopy เทียบกับสารละลายไฟโตสเตอรอลมาตรฐาน การทดลองพบว่าสารไฟโตสเตอรอลในกากหม้อกรองจำแนกได้เป็น 3 ชนิดได้แก่ sitosterol stigmasterol และ campesterol โดยในทุกกรณีของการสกัดจะพบปริมาณของสาร sitosterol ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ campesterol และ stigmasterol ตามลำดับ สำหรับวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพและให้ปริมาณของ total phytosterol มากที่สุดคือการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบ soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลายไอโซโพรพานอล (ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง) ทำให้ได้ total phytosterol ถึง 3.57% ในสารสกัดนี้ประกอบไปด้วย stigmasterol (0.91%) sitosterol (1.6%) และ campesterol (1.06%)

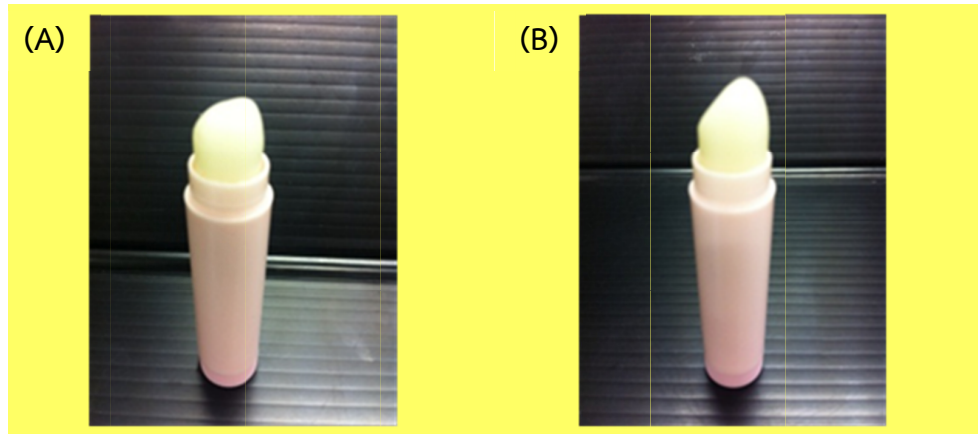
สารจำพวกแว็กซ์หรือไข (Wax) ในต้นอ้อย จะพบมากในส่วนผิวของลำต้นที่ใกล้กับปล้องอ้อย โดยองค์ประกอบหลักที่พบคือ สารในกลุ่ม wax ester ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง กรดไขมัน อัลดีไฮด์ และ คีโตน เป็นต้น มีรายงานการวิจัยในหลายประเทศพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยมีความสัมพันธ์กับสายพันธุ์อ้อย และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการจัดจำแนกพันธุ์อ้อยได้ รวมถึงการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่มีความต้านทานโรค และให้ค่าความหวานสูง ดังนั้นเพื่อสร้างฐานข้อมูลด้านองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยในแต่ละสายพันธุ์ ที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย โครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยยังสนใจที่จะทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไขอ้อยจากต้นอ้อยสด และสายพันธุ์อ้อย โดยได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างไขอ้อยจากลำต้นอ้อยสด 40 พันธุ์ ที่มีการเพาะปลูกและปรับปรุงสายพันธุ์ใน

ประเทศไทย โดยใช้อ้อยจะถูวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR spectroscopy เพื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในอ้อยแต่ละพันธุ์ จากการศึกษา Hierarchical cluster analysis ในอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มใหญ่ โดยอ้อยสายพันธุ์ LK92-11 และ K92-72 มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจาก fatty acids และ fatty aldehyde มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีความต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงเหมือนกัน ส่วนสาย K99-72 และ LK92-11 จัดอยู่กลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีปริมาณ fatty acids และ fatty aldehyde ใกล้เคียงกันมาก และมีปริมาณน้อยกว่ากลุ่มแรกอย่างชัดเจน สำหรับปริมาณ lipid esters ในทุกสายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการหาความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างสายพันธุ์อ้อยในจำนวนมากเพื่อความแม่นยำมากขึ้น

ในส่วนของการวิจัยย่อยที่ 2 เรื่อง การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจจากอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกและโลชั่นบำรุงเล็บ ซึ่งโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการนำอ้อยที่สกัดได้จากโครงการที่ 1 มาใช้ประโยชน์ในเชิงการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ โดยนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญ ด้วยการนำอ้อยมาเตรียมให้อยู่ในรูปของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจ เพื่อกักเก็บสารสำคัญวิตามินอี และนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางเครื่องสำอาง สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของอ้อยและอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจกักเก็บสารสำคัญวิตามินอี จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ จากการพัฒนาพบว่า อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจ เพื่อหาสภาวะในการผลิตที่เหมาะสม พบว่าระบบที่ให้ความคงตัวที่ดีที่สุดคือ ระบบที่ใช้กรดโอเลอิก (oleic acid) เป็นไขมันเหลว และใช้ซี20 (c-20) หรือร่วมกับ p-40 เป็นสารลดแรงตึงผิวโดยใช้เวลาที่เหมาะสมในการลดขนาดด้วยเครื่องสั่นสะเทือนความถี่สูง (sonication probe) ที่ 7 นาที และพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจจากอ้อยโดยใช้ปริมาณไขมันรวมในสูตรตำรับในอัตราร้อยละ 1 พบว่าอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลว ที่ 1:1 มีความคงตัวตลอดระยะเวลา 1 เดือน เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจของระบบที่ใช้ไขมันกับระบบที่ใช้ไขมันคาร์บูรา เมื่อเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ พบว่า ระบบที่ใช้ไขมันอ้อยมีความคงตัวมากกว่าระบบที่ใช้ไขมันคาร์บูรา สำหรับการศึกษาความคงตัวของเคมีพบว่าปริมาณวิตามินอี อะซิเตดที่เก็บภายใต้สภาวะต่างๆ ไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ทั้งในตำรับไขมันอ้อยและไขมันคาร์บูราซึ่งถือว่าเป็นสูตรตำรับให้ความคงตัวทางเคมีที่ดี เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

สำหรับการพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจกักเก็บวิตามินอีในอัตราร้อยละ 5 สูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจกักเก็บวิตามินอีจากอ้อยให้ความรู้สึกนุ่มลื่น ไม่กระด้าง เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดีและหลังทาให้ความงามที่เล็บให้ความรู้สึกในการทาที่ดีกว่าสูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจกักเก็บวิตามินอีจากไขมันคาร์บูราที่มีเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย นุ่ม ทั้งสองสูตรผ่านการทดสอบความคงตัวในทุกสภาวะที่ทดสอบ โดยลักษณะทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่พบว่าสูตรไขมันคาร์บูรามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่มากกว่าสูตรไขมันอ้อย

การพัฒนาสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขอ้อยเปรียบเทียบกับสูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขคาร์นูบา (ตัวอย่างลิปสติกแสดงดังภาพที่ 2) ผลการทดลองพบว่า สูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีที่พัฒนาขึ้น มีความคงตัว ให้ความรู้สึกลื่นเมื่อทาที่นุ่มกว่า มีการกระจายตัวที่ดีกว่าสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขคาร์นูบา ผลการทดสอบสภาวะความคงตัวเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ พบว่า สูตรลิปสติกทั้ง 2 สูตรมีความคงตัวทางกายภาพที่ดี



ภาพที่ 2 ลิปสติกที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีในปริมาณร้อยละ 4; (A) ลิปสติกที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขคาร์นูบา และ (B) จากไขอ้อย โดยตัวอย่างทั้งสองที่แสดงยังไม่ได้แต่งสีและกลิ่น

ทั้งสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บและสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขอ้อย ดังกล่าวผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในตำรับ ผ่านการทดสอบการระคายเคือง และผู้บริโภคมีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
บทคัดย่อ	2
Abstract	6
บทสรุปผู้บริหาร	10
สารบัญ	15
สารบัญภาพ	16
สารบัญตาราง	17
โครงการวิจัยย่อยที่ 1: การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ	P1-1
โครงการวิจัยย่อยที่ 2: การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกและโลชั่นบำรุงเล็บ	P2-1
ภาคผนวก ก ตารางวิเคราะห์และคำนวณผลแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและภาพผลิตภัณฑ์จากโครงการย่อยที่ 1 และ 2	23
ภาคผนวก ข กิจกรรมสัมมนาประชุมเชิงปฏิบัติการเผยแพร่เทคโนโลยีและองค์ความรู้ที่ได้จากแผนงานวิจัยต่อภาคอุตสาหกรรม นักวิจัย นักวิชาการ และบุคคลที่สนใจทั่วไป	85
ภาคผนวก ค ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์กิจกรรมที่วางแผนไว้ กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบ	129

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะของไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองโรงงานน้ำตาลโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต (sc-CO ₂) และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อยในระบบ	11
ภาพที่ 2 ลิปสติกที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ก็กเก็บวิตามินอีในปริมาณร้อยละ 4; (A) ลิปสติกที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขมันคาร์บูนา และ (B) จากไขอ้อย โดยตัวอย่างทั้งสองที่แสดงยังไม่ได้แต่งสีและกลิ่น	14
ภาพผนวกที่ ก-1 เอกสารรับรองโครงการวิจัย ด้านจริยธรรมการวิจัย	80
ภาพผนวกที่ ข-1 ภาพบรรยากาศงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ในวันที่ 29–30 กันยายน 2557 โรงแรม ดุสิตธานี พัทยา	99
ภาพผนวกที่ ข-2 ภาพแสดงนิทรรศการและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากแผนงานวิจัยในวณงานสัมมนาประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29–30 กันยายน 2557 โรงแรม ดุสิตธานี พัทยา	101
ภาพผนวกที่ ข-3 ภาพแสดงบรรยากาศ และการจัดนิทรรศการแสดงผลงานที่เกิดขึ้นจากแผนงานวิจัย ในวณงานการสัมมนาวิชาการเรื่องการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงผิวปากและโลชั่น บำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท	124

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 สรุปผลการประเมินราคาขายไขอ้อยของกระบวนการสกัดไขอ้อยที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนต่างกัน	9
ตารางผนวกที่ ก-1 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย	24
ตารางผนวกที่ ก-2 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย	27
ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย	31
ตารางผนวกที่ ก-4 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	37
ตารางผนวกที่ ก-5 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	40
ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	44
ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ)	50
ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก)	64

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางผนวกที่ ก-9	80
ตารางผนวกที่ ก-10	81
ตารางผนวกที่ ข-1	87
ตารางผนวกที่ ข-2	92
ตารางผนวกที่ ข-3	98
ตารางผนวกที่ ข-4	105
ตารางผนวกที่ ข-5	115
ตารางผนวกที่ ข-6	123



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยย่อยที่ 1

การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ

An Economic Analysis of Worthiness on Sugarcane Wax Production
as Carriers for Delivery System of Bioactive Compounds

โดย ดร. กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และคณะ

ธันวาคม พ.ศ. 2557

สัญญาเลขที่ RDG5650056

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยย่อยที่ 1

การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ

An Economic Analysis of Worthiness on Sugarcane Wax Production

as Carriers for Delivery System of Bioactive Compounds

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร. กิตติวุฒิ เกษมวงศ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2. ดร. อิศรา สระมาลา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
3. ดร. สุวัชชัย จรัสโสภณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
4. รศ.ดร. วันวิสาข์ สกลภาพ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
5. ผศ.ดร. อีรารัตน์ อภิธิโสภณกุล	คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
6. ดร. นงพงา จรัสโสภณ	คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. ดร. ณัฐธิญา เปื่อนสันเทียะ	สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
8. นายชูศักดิ์ จันทรชูเชิด	ฝ่ายแผนธุรกิจ หน่วยธุรกิจก๊าซธรรมชาติ บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง “การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ” เป็นโครงการย่อยภายใต้แผนงานวิจัย “การเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ฝ่ายอุตสาหกรรม) ประจำปีงบประมาณ 2556 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองโครงการ ตลอดจนให้คำแนะนำ คอยดูแลให้คำปรึกษาตลอดโครงการ

ขอขอบคุณ บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด และบริษัท มิตรผลวิจัย จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างกากหม้อกรองตากแห้ง สำหรับการทำวิจัยในโครงการนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่อนุเคราะห์สิ่งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย ตลอดจนเพื่อนร่วมงาน ทีมนักวิจัย ผู้ช่วยวิจัย และเจ้าหน้าที่ที่สนับสนุนในเรื่องธุรการและวิจัยทุกท่านที่มีส่วนร่วมช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดี

คณะผู้วิจัย
ธันวาคม 2557

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5650056

โครงการวิจัยย่อยที่ 1 : การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ

ชื่อนักวิจัย : ดร. กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และคณะ

อีเมล : kittiwut@nanotec.or.th (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ระยะเวลาโครงการ : 12 เดือน (ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2556 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2557)

จากรายงานวิจัยที่มีมาก่อนสามารถสรุปได้ว่า ไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองมีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ ได้แก่ ใช้ในรูปแบบของ wax หรือไข ในส่วนประกอบของเครื่องสำอางต่างๆ ใช้ในรูปแบบของวัสดุนำส่งสารสำคัญ หรือ encapsulation material ในรูปแบบของอนุภาคไขมันแข็ง และใช้ในรูปแบบของสารโภชนเภสัชในการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรอง ดังนั้นการศึกษาวิจัยโครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคโนโลยีสีเขียว โดยเทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต หรือ supercritical carbon dioxide (sc-CO₂) ในระดับภาคสนาม (pilot scale) และทำการประเมินคุณภาพของไขอ้อยที่ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานสากล รวมถึงทำการวิเคราะห์ต้นทุน ผลประโยชน์ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไขจากกากหม้อกรองซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย ในระดับกึ่งอุตสาหกรรมด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อย โดยใช้เครื่องสกัดที่มีขนาดหลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) ปริมาตร 24 ลิตร ต่อ 1 หลอด เป็นเครื่องต้นแบบ จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มความดันและอุณหภูมิส่งผลให้ความสามารถในการละลายของน้ำมันดีขึ้น จึงทำให้การสกัดดีขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ ปริมาณไขอ้อยที่สามารถสกัดได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 4.7 ที่สภาวะความดัน 200 บาร์ อุณหภูมิ 80°C ในระยะเวลา 60 นาที เมื่อใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต โดยคุณภาพของไขอ้อยที่ได้จะมีค่า acid value เท่ากับ 22.24 mg KOH/g ค่า saponification value เท่ากับ 43 mg KOH/g ค่า iodine value เท่ากับ 41 g I₂/100g และค่าจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง 70-74°C ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางการค้าที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการกำหนดค่าคุณภาพของไขอ้อยจึงสามารถใช้ค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณของไขอ้อยที่สกัดได้ด้วยเครื่อง Thin Layer Chromatography/Flame Ionization Detection (TLC/FID) พบว่าไขอ้อยที่สกัดได้นั้นประกอบด้วย Wax ester (42.8%) Fatty aldehyde (8.8%) Free Fatty acid (25.5%) Fatty alcohol (15.4%) และ Sterol (1.9%)

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของการผลิตไขอ้อยจากกากหม้อกรอง ด้วยกระบวนการสกัดไขอ้อยออกจากกากหม้อกรองที่มีอัตราการป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน (ความชื้นประมาณ 65%) ด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อย ผลการศึกษา พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ในการผลิตเท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ โครงการมีต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดในการผลิตไขอ้อยเท่ากับ 950,219.84 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และมีมูลค่าของผลประโยชน์ (ผลผลิตพลอยได้รวม) เท่ากับ 84,816.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินราคาขายไขอ้อยได้เท่ากับ 3.30 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม โครงการมีผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เท่ากับร้อยละ 21.92 (ที่ระยะเวลาคืนทุน 5 ปี) แสดงว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนั้นพบว่า ราคาขายของไขอ้อย ไม่อ่อนไหวกับระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไขอ้อยที่สกัดได้ต่อวันมีปริมาณมาก อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ถึงการลดกำลังการผลิต โดยที่อัตราการป้อนกากหม้อกรองลดลงจาก 580 เป็น 20 ตันต่อวัน พบว่าราคาขายไขอ้อยซึ่งผลิตด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อย ประเมินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 4.6 เท่า

การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และไอโซ-โพรพานอล จากนั้นทำการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสาร phytosterol ที่ได้ด้วยเทคนิค gas chromatography และ mass spectroscopy เทียบกับสารละลาย phytosterol มาตรฐาน ผลการทดลองพบว่าสาร Phytosterol ในกากหม้อกรองจำแนกได้เป็น 3 ชนิดได้แก่ sitosterol stigmasterol และ campesterol โดยในทุกกรณีของการสกัดจะพบปริมาณของสาร sitosterol ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ campesterol และ stigmasterol ตามลำดับ สำหรับวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพและให้ปริมาณของ total phytosterol มากที่สุดคือการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบ soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลายไอโซโพรพานอล (ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง) ทำให้ได้ total phytosterol ถึง 3.57% ในสารสกัดนี้ประกอบไปด้วย stigmasterol (0.91%) sitosterol (1.6%) และ campesterol (1.06%)

จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไขอ้อยจากต้นอ้อยสด และสายพันธุ์อ้อยในประเทศไทย โดยได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างไขอ้อยจากลำต้นอ้อยสด 40 พันธุ์ ที่มีการเพาะปลูกและปรับปรุงสายพันธุ์ในประเทศไทย โดยไขอ้อยจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR spectroscopy เพื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไขอ้อยแต่ละพันธุ์ จากการศึกษา Hierarchical cluster analysis ในไขอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มใหญ่ โดยอ้อยสายพันธุ์ LK92-11 และ K92-72 มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจาก fatty acids และ fatty aldehyde มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีความต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงเหมือนกัน ส่วนสาย K99-72 และ LK92-11 จัดอยู่กลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีปริมาณ fatty acids และ fatty aldehyde ใกล้เคียงกันมาก และมีปริมาณน้อยกว่ากลุ่มแรกอย่างชัดเจน สำหรับปริมาณ lipid esters ในทุกสายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการหาความสัมพันธ์ระหว่าง

สายพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมีของไข่อ้อยเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างสายพันธุ์อ้อยในจำนวนมากเพื่อความแม่นยำมากขึ้น

Abstract

Project Code: RDG5650056
Sub Project Title: An Economic Analysis of Worthiness on Sugarcane Wax Production as Carriers for Delivery System of Bioactive Compounds
Name of Researcher: Kittiwut Kasemwong and other co-researchers
E-mail Address: kittiwut@nanotec.or.th (Project Investigator)
Project Period: 12 months (From September 1st, 2013 to August 31st, 2014)

Resulting from several other previous research studies, it is clearly that sugar cane wax extracted from filter press mud is widely utilized in various applications. Typically, it can be used as a recipe in the cosmetics, natural delivery system carriers in the form of solid-lipid particles and some active pharmaceutical substances used in dietary supplements production manufacturer. All of which can create added value from the original sugar cane wax extracts. Thus, the research project aims to develop the effective extraction processes of sugarcane wax using an exceptional green technology. Our extraction technique utilized the supercritical carbon dioxide (sc-CO₂) as a solvent at the pilot scale. This research work will report not only with the assessment of the quality to meet the basis of requirement of the internal standards, but the cost-benefit analysis and the analysis of the economic value of the project as well.

This research studies the economic value on the extraction processes from filter press mud, a waste from the sugar cane industry, using sc-CO₂ and iso-propanol as a co-solvent at the pilot scale. A prototype of extraction machine was equipped with 24 liters-small tube extractor (cartridge). As results, increasing pressure and temperature provided the better solubility of oil, resulting in better extraction. In this research, the highest quantity of sugarcane wax that can be extracted raise up to 4.7% at the pressure of 200 bar and the temperature of 80°C for 60 minute using the mixture of isopropyl and Supercritical Carbon Dioxide. The quality of the obtained sugarcane wax product has acid value of 22.24 mg KOH/g, the saponification value of 43 mg KOH/g, and iodine value of 41 g I₂/100g. The melting point was in the range 70-74°C, those values meet the trading benchmark standard. Therefore, all characterizations can be used as the criteria's for quality of wax. The quantitative analysis of sugarcane wax extract using Thin Layer Chromatography / Flame

Ionization Detection (TLC / FID) technique shows that the wax extract contains wax ester (42.8%), fatty aldehyde (8.8%), free fatty acid (25.5%), fatty alcohol (15.4%), and sterol (1.9%).

Assessing the economic value of sugarcane wax production from the extraction of filter press mud using sc-CO₂ and iso-propanol as a co-solvent with a feed rate of 580 tons per day (moisture content of about 65%), it was found that the present value of the cost of capital in the production of the project is US \$ 3,278,382.15. Total operating costs in the production of sugar cane wax is 950,219.84 USD per month and the value of benefits (Sum-product) of US \$ 84,816.67 per month. From the data, sugarcane wax price can be evaluated as of US \$ 3.30 / kg. The project has a return on investment (ROI) of 21.92 percent (the payback period of 5 years), the project is worth to invest. In addition, it was found that market price of sugar cane wax does not affected by the change of its payback period. The reason may be a huge production of sugarcane wax per day. In case of the sugarcane wax production capacity decreased i.e. the feed rate of waste filter decreased from 580 to 20 tons per day, the market price of sugar cane wax with this technique has increased by approximately 4.6 times.

An alternative route to create the added-value of filter press mud is to extract and purify another valuable phytosterols. Phytosterols (plant sterols) are triterpenes that are important structural components of plant membranes and exhibits significantly lower serum cholesterol in human. The samples were extracted with organic solvents including hexane, ethanol and iso-propanol. The total amount of phytosterol in the extracts and its composition were then determined based on the available phytosterol standards using gas chromatography coupled with mass spectroscopy. The results showed that phytosterols obtained in filter mud can be identified in three types: sitosterol, stigmasterol, and campesterol. In every cases of extraction, the amount of sitosterol was found to be the highest, followed by campesterol, and stigmasterol, respectively. The Soxhlet extraction using iso-propanol as a solvent (extraction time of 6 hours) provided the highest yield of total unbounded-phytosterols compared to other experiments. The best condition for total phytosterol extraction yields 3.57% which were composed of sitosterol (1.6%), stigmasterol (0.91%), and campesterol (1.06%).

The relationship between functional groups of chemical substances presents in sugar cane wax from the outer shell of fresh sugar cane stalk and the varieties of sugarcane in Thailand was studied. Selected sugarcane wax from sugar cane stalk of 40 species, randomly cultivated and breeding in Thailand, were collected. The 40-different species of sugarcane wax were characterized by IR spectroscopy in order to comparing the chemical composition profiles among each sugarcane wax samples. From Hierarchical cluster analysis of sugar cane wax from 40 different species; they can be classified into 4 groups. LK92-11 and K92-72 species are similar in terms of the amount fatty acids almost equally to their fatty aldehydes and both species exhibit the same treated-red rot and wilt resistance activity. In addition, K99-72 and LK92-11 are classified into the same group due to the amount of fatty acids and fatty aldehydes are very similar, but lesser amount compared with the first group (LK92-11 and K92-72 species). It should be noted that the quantity of lipid esters that can be detected in all species are comparable. However, the determination of the relationship between the species and the chemical compositions of the sugarcane wax for the development for more varieties or novel breeding required a large number of the sample varieties of sugar cane, so it can be more accurately identified.

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

จากยุทธศาสตร์การวิจัยรายประเด็นด้านอ้อยและน้ำตาลทราย ซึ่งมีพันธกิจการวิจัย คือ ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต สนับสนุนการพัฒนาพันธุ์อ้อย และเทคโนโลยีการผลิตอย่างยั่งยืน สนับสนุนการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพโรงงานน้ำตาล และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่ม รวมถึงสนับสนุนการพัฒนาระบบฐานข้อมูลการเรียนรู้ด้านอุตสาหกรรมอ้อย และน้ำตาลทราย โดยที่การวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง จัดเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์การวิจัยที่มีเป้าประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการโรงงานน้ำตาล และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าเพิ่ม ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสำเร็จของยุทธศาสตร์การวิจัยดังกล่าว จำเป็นต้องมีมาตรการสนับสนุนการใช้งานวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาลทราย เพื่อต่อยอดสู่อุตสาหกรรมอื่นอย่างครบวงจร

สำหรับภาคอุตสาหกรรมน้ำตาลทราย การวิจัยยังมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง งานวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ยังคงต้องให้ความสำคัญต่อไปเพราะจะเป็นตัวเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศอีกทางหนึ่ง อาทิเช่น งานวิจัยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ การวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและเกี่ยวเนื่องกับการดูแลเอาใจใส่สิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย เป็นที่ทราบกันดีว่าโรงงานน้ำตาลนอกจากจะผลิตน้ำตาลทรายเป็นผลผลิตแล้วยังมีผลพลอยได้และของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำตาลหลายชนิด อาทิ กากน้ำตาล (Molasses) กากอ้อย (bagasse) กากหม้อกรอง (filter press mud) รวมถึงน้ำเสีย อย่างไรก็ตามกากน้ำตาลและกากอ้อยนั้นถือเป็นผลพลอยได้และของเสียที่มีมูลค่าในตัว แต่กากหม้อกรองซึ่งเป็นตะกอนที่ได้หลังจากขั้นตอนการทำใส่น้ำอ้อยของโรงงานนั้นยังไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มตัวเองได้นอกจากจะนำไปเป็นปุ๋ยใส่ในไร่อ้อย ทำอาหารสัตว์ กากหม้อกรองจึงจัดเป็นของเสียของโรงงานที่มีมูลค่าต่ำ เนื่องจากจากประกอบด้วย ไซอ้อยประมาณร้อยละ 5-14 ไฟเบอร์ร้อยละ 15-30 โปรตีนร้อยละ 5-15 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 5-15 และแร่ธาตุต่างๆ (สมบัติ ขอทวีวัฒนา และคณะ 2554)

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงการผลิตไซอ้อยจากกากหม้อกรอง ซึ่งเป็นกากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology) หรือเทคโนโลยีสีเขียว (green technology) ที่พร้อมนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อาหาร และอาหารเสริมสุขภาพ เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (I) การผลิตไซอ้อยในระดับเทียบเคียงอุตสาหกรรม (semi-industrial scale) ด้วยเทคนิคการสกัดแบบใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (supercritical carbon dioxide extraction) และประเมินคุณภาพของไซอ้อยที่ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานสากล โดยข้อมูลเชิงเทคนิคที่ได้จากการศึกษาจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณต้นทุนการผลิตไซอ้อย สำหรับประเมินถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการ

ผลิตไข้อยู่เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบส่งสารสำคัญ (II) การศึกษาทดลองเบื้องต้นถึงเทคนิคที่เหมาะสมในการสกัดสารไฟโตสเตอรอล (phytosterols) และการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสาร phytosterols ที่สกัดได้ เป็นการเพิ่มทางเลือกต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกากหม้อกรอง โดยสารดังกล่าวเป็นสารโภชนเภสัช (nutraceuticals) ที่องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) และหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (The European Foods Safety Authority; EFSA) ให้การยอมรับว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ช่วยลดคอเลสเตอรอลในกระแสโลหิต และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular risk) และ (III) การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของไข้อยู่จากลำต้นอ้อยสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีการปลูกและปรับปรุงสายพันธุ์ในประเทศไทย สำหรับการนำไปผลิตเป็นน้ำตาลทราย โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะสามารถใช้ประโยชน์สำหรับการใช้เป็นฐานข้อมูลและการจำแนกพันธุ์อ้อยของประเทศไทย

ผลการวิจัยในส่วนที่ 1 ซึ่งทำการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไข้อยู่จากกากหม้อกรอง ในระดับกึ่งอุตสาหกรรมด้วยเทคนิค $sc\text{-CO}_2$ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไข้อยู่ โดยใช้เครื่องสกัดที่มีขนาดหลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) ปริมาตร 24 ลิตร ต่อ 1 หลอด เป็นเครื่องต้นแบบ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ ปริมาณไข้อยู่ที่สามารถสกัดได้สูงสุดเท่ากับร้อยละ 4.7 ที่สภาวะความดัน 200 บาร์ อุณหภูมิ 80°C ในระยะเวลา 60 นาที เมื่อใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายร่วมกับคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต และคุณภาพของไข้อยู่ที่ได้จะมีค่า acid value เท่ากับ 22.24 mg KOH/g ค่า saponification value เท่ากับ 43 mg KOH/g ค่า iodine value เท่ากับ 41 g $\text{I}_2/100\text{g}$ และค่าจุดหลอมเหลวอยู่ในช่วง $70\text{-}74^{\circ}\text{C}$ ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางการค้าที่กำหนดไว้ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณของไข้อยู่ที่สกัดได้ด้วยเทคนิคเครื่อง Thin Layer Chromatography/Flame Ionization Detection (TLC/FID) พบว่าไข้อยู่ที่สกัดได้นั้นประกอบด้วย Wax ester (42.8%) Fatty aldehyde (8.8%) Free Fatty acid (25.5%) Fatty alcohol (15.4%) และ Sterol (1.9%)

จากผลการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทางด้านเทคนิคมาใช้ในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของการผลิตไข้อยู่จากกากหม้อกรอง โดยสร้างกระบวนการต้นแบบของการสกัดไข้อยู่ออกจากกากหม้อกรองที่มีอัตราการป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน (ความชื้นประมาณ 65%) ด้วยเทคนิค $sc\text{-CO}_2$ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไข้อยู่ พบว่า โครงการมีมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ในการผลิตเท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ โครงการมีต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดในการผลิตไข้อยู่เท่ากับ 950,219.84 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และมีมูลค่าของผลประโยชน์ (ผลผลิตพลอยได้รวม) เท่ากับ 84,816.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินราคาขายไข้อยู่ได้เท่ากับ 3.30 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม โครงการมีผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เท่ากับร้อยละ 21.92 (ที่ระยะเวลาคืนทุน 5 ปี) แสดงว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนั้นพบว่า ราคาขายของไข้อยู่ ไม่อ่อนไหวกับระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไข้อยู่ที่สกัดได้ต่อวันมีปริมาณมาก อย่างไรก็ตามเมื่อ

วิเคราะห์ถึงการลดกำลังการผลิต โดยที่อัตราการป้อนกากหม้อกรองลดลงจาก 580 เป็น 20 ตันต่อวัน พบว่าราคาขายไขอ้อยซึ่งผลิตด้วยเทคนิค sc-CO₂ และใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวดักจับไขอ้อย ประเมินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 4.6 เท่า

ปัจจุบันสารโกลีในกลุ่ม Phytosterols ซึ่งจัดเป็นสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของพืชหลายชนิด และมีรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนการใช้สารดังกล่าวเป็นอาหารเสริมเพื่อลดปริมาณ cholesterol ในเลือด การศึกษาเบื้องต้นของทีมผู้วิจัยที่ผ่านมา พบว่า ในกากหม้อกรองนอกจากจะมีสารประเภทไขแล้ว ยังมีสารชีวเคมีที่มีประโยชน์ต่อโภชนาการของมนุษย์อีกหลายชนิด หนึ่งในนั้นก็คือสารในกลุ่ม phytosterols ดังนั้นเพื่อให้เกิดทางเลือกในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มจากกากหม้อกรอง ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาล ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินงานวิจัยในส่วนที่ 2 ของโครงการวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการสกัดสาร phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน เอทานอล และไอโซโพรพานอล จากนั้นทำการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสาร phytosterol ที่ได้ด้วยเทคนิค gas chromatography และ mass spectroscopy เทียบกับสารละลายไฟโตสเตอรอลมาตรฐาน การทดลองพบว่าสาร phytosterol ในกากหม้อกรองจำแนกได้เป็น 3 ชนิดได้แก่ sitosterol stigmasterol และ campesterol โดยในทุกกรณีของการสกัดจะพบปริมาณของสาร sitosterol ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ campesterol และ stigmasterol ตามลำดับ สำหรับวิธีการสกัดที่มีประสิทธิภาพและให้ปริมาณของ total phytosterol มากที่สุดคือการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบ soxhlet extraction โดยใช้ตัวทำละลายไอโซโพรพานอล (ระยะเวลาในการสกัด 6 ชั่วโมง) ทำให้ได้ total phytosterol ถึง 3.57% ในสารสกัดนี้ประกอบไปด้วย stigmasterol (0.91%) sitosterol (1.6%) และ campesterol (1.06%)

สารจำพวกแว็กซ์หรือไข (Wax) ในต้นอ้อย จะพบมากในส่วนผิวของลำต้นที่ใกล้กับปล้องอ้อย โดยองค์ประกอบหลักที่พบคือ สารในกลุ่ม wax ester ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง กรดไขมัน อัลดีไฮด์ และ คีโตน เป็นต้น มีรายงานการวิจัยในหลายประเทศพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยมีความสัมพันธ์กับสายพันธุ์อ้อย และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการจัดจำแนกพันธุ์อ้อยได้ รวมถึงการพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์ใหม่ๆ ที่มีความต้านทานโรค และให้ค่าความหวานสูง ดังนั้นเพื่อสร้างฐานข้อมูลด้านองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยในแต่ละสายพันธุ์ ที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย โครงการวิจัยนี้ผู้วิจัยยังสนใจที่จะทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไขอ้อยจากต้นอ้อยสด และสายพันธุ์อ้อย โดยได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างไขอ้อยจากลำต้นอ้อยสด 40 พันธุ์ ที่มีการเพาะปลูกและปรับปรุงสายพันธุ์ในประเทศไทย โดยไขอ้อยจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค IR spectroscopy เพื่อเปรียบเทียบหมู่ฟังก์ชันของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในไขอ้อยแต่ละพันธุ์ จากการศึกษา Hierarchical cluster analysis ในไขอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มใหญ่ โดยอ้อยสายพันธุ์ LK92-11 และ K92-72 มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจาก fatty acids และ fatty aldehyde มีปริมาณใกล้เคียงกัน และมีความต้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงเหมือนกัน ส่วนสาย K99-72 และ LK92-11 จัดอยู่กลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีปริมาณ fatty acids

และ fatty aldehyde ใกล้เคียงกันมาก และมีปริมาณน้อยกว่ากลุ่มแรกอย่างชัดเจน สำหรับปริมาณ lipid esters ในทุกสายพันธุ์มีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการหาความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยเพื่อการพัฒนาสายพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ต่างๆ จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างสายพันธุ์อ้อยในจำนวนมากเพื่อความแม่นยำมากขึ้น

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ปลูกอ้อยมากเป็นอันดับ 4-5 ของโลก และเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 2 ของโลก สามารถสร้างรายได้จากการจำหน่ายน้ำตาลทรายทั้งในประเทศและส่งออกได้ปีละกว่า 180,000 ล้านบาท โดยในปี 2553 มีมูลค่าการส่งออกน้ำตาลทรายและผลิตภัณฑ์สูงถึง 70,292 ล้านบาท ซึ่งจัดเป็นลำดับที่ 4 ของสินค้าส่งออกกลุ่มเกษตรและอาหาร รองมาจาก ข้าว ปลา และกุ้ง นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งสร้างงานสร้างรายได้แก่ชาวไร่อ้อยกว่า 200,000 ครัวเรือน คิดเป็นประชากรกว่า 1 ล้านคน และแรงงานอื่นอีกกว่า 1 ล้านคน ดังนั้นอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง จึงเป็นพืชที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย อย่างไรก็ตาม สำหรับภาคอุตสาหกรรมน้ำตาลทราย การวิจัยยังมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมอ้อย น้ำตาลทราย และอุตสาหกรรมต่อเนื่อง งานวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ยังคงต้องให้ความสำคัญต่อไปเพราะจะเป็นตัวเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของประเทศอีกทางหนึ่ง อาทิเช่น งานวิจัยสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ การวิจัยเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและเกี่ยวเนื่องกับการดูแลเอาใจใส่สิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตอ้อยเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบส่งสารสำคัญ” เนื้อหาในรายงานประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก โดยแต่ละส่วนจะกล่าวแยกเป็นบท เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ บทที่ 1 ว่าด้วยเรื่อง การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดอ้อยจากกากหม้อกรอง สำหรับบทที่ 2 ว่าด้วยเรื่อง การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol ในส่วนของบทที่ 3 ว่าด้วยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยจากต้นอ้อยสดและสายพันธุ์อ้อยในประเทศไทย โดยในแต่ละบทจะมีความต่อเนื่องกัน ทั้งนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้อ่านและผู้สนใจในภาคอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล ตลอดจนอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	P1-V
บทคัดย่อ	P1-VII
Abstract	P1-XI
บทสรุปผู้บริหาร (Executive summary)	P1-XV
คำนำ	P1-XIX
สารบัญ	P1- XXI
สารบัญภาพ	P1-XXV
สารบัญตาราง	P-XXXIII
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	P1-1
เนื้อหางานวิจัย	P1-1
บทที่ 1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง	P1-3
1.1 บทนำ	P1-3
1.2 วิธีการทดลอง	P1-13
1.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขอ้อยโดยเทคนิคการสกัดด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (sc-CO ₂) ในระดับ ห้องปฏิบัติการ	P1-13
1.2.2 การทดลองสกัดไขอ้อยโดยเทคนิคการสกัด sc-CO ₂ ในระดับ pilot	P1-14
1.2.3 การตรวจวิเคราะห์ค่าคุณภาพของไขอ้อย	P1-14
1.2.4 การคำนวณต้นทุนของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยอาศัย แบบจำลองกระบวนการสกัดไขอ้อยที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Aspen Plus [®]	P1-14
1.3 ผลการทดลองและอภิปรายผล	P1-17
1.3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขอ้อยโดยเทคนิคการสกัดด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (sc-CO ₂) ในระดับ ห้องปฏิบัติการ	P1-17
1.3.2 การทดลองสกัดไขอ้อยโดยเทคนิคการสกัด sc-CO ₂ ในระดับ pilot	P1-18
1.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพของไขอ้อยที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค sc-CO ₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม	P1-20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.3.4 การคำนวณต้นทุนของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยอาศัย แบบจำลองกระบวนการสกัดไขอ้อยที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Aspen Plus®	P1-22
1.3.4.1 กระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-24
1.3.4.2 กระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค sc-CO ₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (Co-solvent)	P1-45
1.3.4.3 การประเมินราคาขายของไขอ้อย	P1-71
- การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยด้วยวิธี Reflux	P1-71
- การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยด้วยเทคนิค sc-CO ₂	P1-76
- เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไข อ้อยแต่ละวิธี	P1-81
1.4 สรุปผลการทดลอง	P1-86
1.5 เอกสารอ้างอิง	P1-88
บทที่ 2 การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol	P1-91
2.1 บทนำ	P1-91
2.2 วิธีการทดลอง	
2.2.1 การสกัดหา phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคต่างๆ	P1-91
2.2.2 การศึกษาองค์ประกอบของสาร phytosterol ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค GC-MS	P1-92
2.2.3 การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) และเชิงปริมาณ (Quantitative analysis)	P1-92
2.3 ผลการทดลองและการอภิปรายผล	P1-93
2.3.1 การสกัดหา phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคต่างๆ	P1-93
2.3.2 การศึกษาองค์ประกอบของสาร phytosterol ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค GC-MS	P1-97

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 สรุปผลการทดลอง	P1-109
2.5 เอกสารอ้างอิง	P1-111
บทที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยจากต้นอ้อยสดและสายพันธุ์อ้อยในประเทศไทย	P1-113
3.1 บทนำ	P1-113
3.2 วิธีการทดลอง	
3.2.1 ตัวอย่างไขอ้อยจากต้นอ้อยสดสายพันธุ์ต่างๆ	P1-117
3.2.2 การทำบริสุทธิ์ไขอ้อยที่ขูดได้จากลำต้นสด	P1-117
3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างไขอ้อยด้วย Thin Layer Chromatography	P1-117
3.2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างไขอ้อยด้วยเทคนิค IR Spectroscopy	P1-117
3.2.5 การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม OPUS 7.0	P1-118
3.3 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
3.3.1 ตัวอย่างไขอ้อยจากต้นอ้อยสดสายพันธุ์ต่างๆ	P1-119
3.3.2 การวิเคราะห์สารประกอบในไขอ้อยเบื้องต้นด้วยเทคนิค TLC	P1-120
3.3.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของไขอ้อยด้วย IR Spectrometry	P1-124
3.4 สรุปผลการทดลอง	P1-128
3.5 เอกสารอ้างอิง	P1-129

สารบัญภาพ

	หน้า
บทที่ 1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง	
ภาพที่ 1.1 แผนผังการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant compounds) จากผลไม้แบล็กเบอร์แอนดิส (Andes Berry fruits) ด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤติยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction) โดยใช้ CO ₂ และ Ethanol ด้วยโปรแกรม Aspen Plus [®] : 1. เครื่องบดละเอียด; 2. เครื่องอบแห้ง; 3. ปั่น; 4. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน; 5. ถังสกัด; 6. เครื่องแยกสาร (Flash vessel); 7. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Cardona และคณะ 2012)	P1-7
ภาพที่ 1.2 แผนผังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่นด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤติยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction) ซึ่งถึงสกัดต่อแบบอนุกรม 3 ถัง เพื่อดำเนินงานแบบเคาน์เตอร์เคอเรนซ์ (Counter-current mode)	P1-8
ภาพที่ 1.3 แสดงองค์ประกอบของเครื่องสกัดสารด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต (1) และหลอดสกัดหรือคาร์ทีจ (cartridge) (2)	P1-13
ภาพที่ 1.4 เครื่องสกัดสารโดยใช้เทคนิค sc-CO ₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม ขนาด 24 ลิตร	P1-14
ภาพที่ 1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไขที่สกัดจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค SFE โดยทำการวิเคราะห์บน TLC ใช้สารละลายผสมของ n-hexane: diethyl ether: acetic acid ด้วยอัตราส่วน 80:20: 1 (v/v/v) เป็น mobile phase	P1-18
ภาพที่ 1.6 ปริมาณไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองแห้งปริมาณ 4000 กรัม ด้วยเทคนิค sc-CO ₂ ที่สภาวะอุณหภูมิ 80°C ความดัน 200 บาร์ เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง	P1-19
ภาพที่ 1.7 กราฟ TGA ของกากหม้อกรองแห้ง	P1-23
ภาพที่ 1.8 แผนผังผลิตกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วย Hexane เป็นตัวทำละลาย	P1-26
ภาพที่ 1.9 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Dryer (D-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-28
ภาพที่ 1.10 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Crusher (C-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-29
ภาพที่ 1.11 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-30
ภาพที่ 1.12 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-31

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 1.13 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-32
ภาพที่ 1.14 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Evaporator (F-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-34
ภาพที่ 1.15 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Evaporator (F-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-35
ภาพที่ 1.16 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Cooler (C-201) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-36
ภาพที่ 1.17 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Cooler (C-202) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-37
ภาพที่ 1.18 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Heat Exchanger (H-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-38
ภาพที่ 1.19 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Solid-splitter (S-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-39
ภาพที่ 1.20 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-40
ภาพที่ 1.21 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-41
ภาพที่ 1.22 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-42
ภาพที่ 1.23 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-43
ภาพที่ 1.24 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-44
ภาพที่ 1.25 ผังการผลิตกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction(SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-46
ภาพที่ 1.26 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Dryer (D-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-49

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 1.27 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Crusher (C-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-50
ภาพที่ 1.28 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-51
ภาพที่ 1.29 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-52
ภาพที่ 1.30 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-53
ภาพที่ 1.31 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ CO ₂ Recovery Column (F-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-54
ภาพที่ 1.32 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ CO ₂ Recovery Column (F-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-55
ภาพที่ 1.33 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Evaporator (E-201) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-57
ภาพที่ 1.34 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Condenser (C-201) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-58
ภาพที่ 1.35 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Condenser (C-202) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-59
ภาพที่ 1.36 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Cooler (C-301) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-61

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 1.37 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Tank Storage (T-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-62
ภาพที่ 1.38 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Tank Storage (T-102) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-63
ภาพที่ 1.39 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Tank Storage (T-103) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-64
ภาพที่ 1.40 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Pump (P-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-65
ภาพที่ 1.41 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Heat Exchanger (H-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-66
ภาพที่ 1.42 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Solid-splitter (S-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-67
ภาพที่ 1.43 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-102) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-68
ภาพที่ 1.44 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-103) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-69
ภาพที่ 1.45 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-70
บทที่ 2 การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol	
ภาพที่ 2.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการสกัดกากหม้อกรองไขมันด้วยตัวทำละลาย EtOH i-PrOH และ Hexane	P1-95

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.2 GC-MS โคโรมาโทแกรมของ (a) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane (b) สารสกัด จากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย iso-Propanol (c) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Ethanol โดยวิธี Soxhlet Extraction	P1-98
ภาพที่ 2.3 GC-MS โคโรมาโทแกรมของ (a) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane (b) สารสกัด จากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย iso-Propanol (c) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Ethanol โดยวิธี Maceration	P1-99
ภาพที่ 2.4 แสดงโคโรมาโทแกรมของสารสกัดหยาบของกากหม้อกรองจากการสกัดด้วย supercritical fluid (CO ₂) ก่อนการทำให้บริสุทธิ์	P1-99
ภาพที่ 2.5 แสดงโคโรมาโทแกรมของสารสกัดหยาบของกากหม้อกรองจากการสกัดด้วย supercritical fluid (CO ₂) หลังจากการทำให้บริสุทธิ์	P1-100
ภาพที่ 2.6 แสดง mass spectrum ของสารสกัดกากหม้อกรองด้วย supercritical fluid (CO ₂) หลังจากการทำให้บริสุทธิ์ 7 ชนิด ประกอบด้วยสารอัลคิลแอลกอฮอล์สายโซ่ยาว (long-chain alkyl alcohol) : 2.6a(28.45 นาที) , 2.6b (29.85 นาที), 2.6c(30.89 นาที) , 2.6d(31.39 นาที), 2.6e(32.66 นาที), 2.6f(33.29 นาที) , 2.6g(35.09 นาที)	P1-102
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของสารมาตรฐาน phytosterol ที่ใช้ในการวิจัย	P1-103
ภาพที่ 2.8 GC-MS โคโรมาโทแกรมของสารมาตรฐาน phytosterol ทั้ง 6 ประเภท ได้แก่ Cholesterol (31.83 นาที), Ergosterol (32.68 นาที), Campesterol (32.91 นาที), Stigmasterol (33.24 นาที), beta-sitosterol (33.91 นาที) และ Stigmasterol (34.05 นาที)	P1-103
ภาพที่ 2.9 GC-MS โคโรมาโทแกรมแบบขยายส่วนของสารมาตรฐาน phytosterol ทั้ง 6 ประเภท ได้แก่ Cholesterol (31.83 นาที), Ergosterol (32.68 นาที), Campesterol (32.91 นาที), Stigmasterol (33.24 นาที), beta-sitosterol (33.91 นาที) และ Stigmasterol (34.05 นาที)	P1-104
ภาพที่ 2.10a mass spectrum ของ Campesterol (MW=400) (32.91 นาที) ที่พบในกากหม้อกรอง	P1-104
ภาพที่ 2.10b mass spectrum ของ Stigmasterol (MW=412) (33.24 นาที) ที่พบในกากหม้อกรอง	P1-105
ภาพที่ 2.10c mass spectrum ของ beta-sitosterol (MW=414) (33.91 นาที) ที่พบในกากหม้อกรอง	P1-105

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2.10d mass spectrum ของ cholesterol (MW=386) (31.83 นาที) ที่ไม่พบในกากหม้อกรอง	P1-105
ภาพที่ 2.10e mass spectrum ของ Ergosterol (MW=396) (32.68 นาที) ที่ไม่พบในกากหม้อกรอง	P1-106
ภาพที่ 2.10f mass spectrum ของ Stigmastanol (MW=416) (34.05 นาที) ที่ไม่พบในกากหม้อกรอง	P1-106
บทที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยจากต้นอ้อยสดและสายพันธุ์อ้อยในประเทศไทย	
ภาพที่ 3.1 ลำต้นของอ้อย	P1-113
ภาพที่ 3.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบบางส่วนในไขอ้อยซึ่งพบว่ามีความผันแปรในอ้อยพันธุ์ 85B35 (Susceptible Clone) และอ้อยพันธุ์ 72C494 (Resistant Clone) โดยความแปรผันทางปริมาณจะปรากฏขึ้นในสารประกอบหมายเลข 9-14 (a) อ้อยพันธุ์ 85B35; (b) อ้อยพันธุ์ 72C494	P1-115
ภาพที่ 3.3 การแสดงผลจากการจัดกลุ่มของอ้อยพันธุ์ต่างๆ จากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่มีความผันแปร (●) Resistant Clones; (◆) Highly Susceptible Clones; (□) Intermediated Resistant Clones	P1-116
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างไขอ้อยที่ขูดจากลำต้น	P1-119
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างไขอ้อยบริสุทธิ์ที่ได้จากการสกัดโดยใช้เทคนิค Reflux ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน	P1-120
ภาพที่ 3.6 การแยกของสารประกอบในไขอ้อย (B1-B16) ปีเพาะปลูก 2556-57 แผลงปลูก จ.กาญจนบุรี ด้วยเทคนิค Thin layer chromatography (TLC) โดยใช้ mobile phase คือ n-hexane/Diethyl ether/Acetic acid (70:30:1, v/v/v) และตรวจสอบด้วยสารผสม 40% orthophosphoric acid และ saturated copper acetate aqueous solution อัตราส่วน 1:1 (v/v)	P1-121
ภาพที่ 3.7 การแยกของสารประกอบในไขอ้อย (C1-C16) ปีเพาะปลูก 2556-57 แผลงปลูก จ. กาญจนบุรี ด้วยเทคนิค Thin layer chromatography (TLC) โดยใช้ mobile phase คือ n-hexane/Diethyl ether/Acetic acid (70:30:1, v/v/v) และตรวจสอบด้วยสารผสม 40% orthophosphoric acid และ saturated copper acetate aqueous solution อัตราส่วน 1:1 (v/v)	P1-122

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.8 การแยกของสารประกอบในไขอ้อย (e1 - e8) ปีเพาะปลูก 2556-57 แปลงปลูก จ. กาญจนบุรี ด้วยเทคนิค Thin layer chromatography (TLC) โดยใช้ mobile phase คือ n-hexane/Diethyl ether/Acetic acid (70:30:1, v/v/v) และตรวจสอบด้วยสารผสม 40% orthophosphoric acid และ saturated copper acetate aqueous solution อัตราส่วน 1:1 (v/v)	P1-123
ภาพที่ 3.9 การจัดกลุ่มโดยการวิเคราะห์ Hierarchical cluster analysis ในไขอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์	P1-127

สารบัญตาราง

	หน้า
บทที่ 1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไขมันจากกากหม้อกรอง	
ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไขมันที่ได้จากกากหม้อกรอง (Phukan และ Boruah 1999)	P1-5
ตารางที่ 1.2 แสดงการเปรียบเทียบไขมันที่สกัดด้วยเทคนิคที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ และ Supercritical CO ₂	P1-7
ตารางที่ 1.3 สมการอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics model) สำหรับของแข็ง	P1-11
ตารางที่ 1.4 คุณสมบัติของเครื่องสกัดสารโดยใช้เทคนิค sc-CO ₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม ขนาด 24 ลิตร	P1-15
ตารางที่ 1.5 น้ำหนักของไขมันที่สกัดได้จากกากหม้อกรองโดยเทคนิค sc-CO ₂ (หน่วย: ร้อยละ ของน้ำหนักแห้งกากหม้อกรอง)	P1-17
ตารางที่ 1.6 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไขมันจากกากหม้อกรองด้วย เทคนิค sc-CO ₂ ใน ระดับกึ่งอุตสาหกรรม	P1-20
ตารางที่ 1.7 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไขมันธรรมชาติจากข้อกำหนด มาตรฐานหรือทางการค้า	P1-21
ตารางที่ 1.8 องค์ประกอบของกากหม้อกรองที่เหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาล	P1-22
ตารางที่ 1.9 Ultimate และ Proximate Analysis ของกากหม้อกรอง	P1-24
ตารางที่ 1.10 องค์ประกอบทางเคมีของไขมัน	P1-24
ตารางที่ 1.11 รหัส ชื่อ และชนิดอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโปรแกรม Aspen Plus [®] (แสดงใน ภาพที่ 1.7) เพื่อจำลองกระบวนการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองด้วย Hexane	P1-27
ตารางที่ 1.12 สภาวะสำหรับการอบแห้งด้วยวิธี Reflux Extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-28
ตารางที่ 1.13 สภาวะสำหรับเครื่องทำระเหยด้วยวิธี Reflux Extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane	P1-33
ตารางที่ 1.14 รหัส ชื่อ และชนิดอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโปรแกรม Aspen Plus [®] (แสดงในภาพ ที่ 1.24) เพื่อจำลองกระบวนการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองด้วย เทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-47
ตารางที่ 1.15 สภาวะสำหรับการอบแห้งด้วย เทคนิค sc-CO ₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัว ช่วยการละลาย	P1-48

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 1.16 สภาวะสำหรับ CO ₂ Recovery Column ด้วย เทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-54
ตารางที่ 1.17 สภาวะสำหรับ Evaporator ด้วย เทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol	P1-56
ตารางที่ 1.18 ราคาหน่วยปฏิบัติการในการสกัดไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย	P1-72
ตารางที่ 1.19 สรุปต้นทุนทุนทรัพย์ของการผลิตไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย ในหน่วยดอลลาร์สหรัฐ	P1-73
ตารางที่ 1.20 ราคาวัตถุดิบในการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย	P1-73
ตารางที่ 1.21 แร่งงานการสกัดไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย	P1-74
ตารางที่ 1.22 สรุปต้นทุนดำเนินงานสำหรับการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย ในหน่วย ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน	P1-75
ตารางที่ 1.23 ราคาผลผลิตพลอยได้จากการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย	P1-75
ตารางที่ 1.24 ราคาหน่วยปฏิบัติการในการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-77
ตารางที่ 1.25 สรุปต้นทุนทุนทรัพย์ของการผลิตไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-78
ตารางที่ 1.26 ราคาวัตถุดิบในการผลิตไขอ้อย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-78
ตารางที่ 1.27 แร่งงานการผลิตไขอ้อย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-79
ตารางที่ 1.28 สรุปต้นทุนดำเนินงานสำหรับการผลิตไขอ้อย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม ในหน่วย ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน	P1-80
ตารางที่ 1.29 ราคาผลผลิตพลอยได้จากการผลิตไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม	P1-80

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 1.30 สรุปผลการประเมินราคาขายไขอ้อยของกระบวนการสกัดไขอ้อยที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคั้นทุนต่างกัน	P1-82
ตารางที่ 1.31 สรุปร้อยละผลตอบแทนการลงทุน (ROI) รายปี สำหรับของกระบวนการสกัดที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคั้นทุนต่างกัน	P1-83
ตารางที่ 1.32 สรุปผลการประเมินราคาขายไขอ้อยของกระบวนการสกัดที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 20 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคั้นทุนต่างกัน	P1-84
บทที่ 2 การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol	
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองในจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ด้วยวิธี Maceration Extraction	P1-93
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองในจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ด้วยวิธี Soxhlet Extraction	P1-93
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองในจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ด้วยวิธี Maceration Extraction	P1-93
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองในจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ด้วยวิธี Soxhlet Extraction	P1-94
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยด้วยตัวทำละลาย EtOH iso-Propanol และ Hexane ที่เวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง	P1-95
ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยครั้งที่ 3 ด้วยตัวทำละลาย Hexane iso-Propanol และEthanol ด้วยวิธี Soxhlet Extraction	P1-96
ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยครั้งที่ 3 ด้วยตัวทำละลาย Hexane iso-Propanol และEthanol ด้วยวิธี Maceration	P1-96
ตารางที่ 2.8 แสดงผลปริมาณสาร Phytosterol ที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดจากกากหม้อกรองอ้อยในการสกัดครั้งที่ 1 2 และ 3 ที่ได้จากการทำการวิเคราะห์เทียบกับ calibration curve ใน GC-MS	P1-107
ตารางที่ 2.9 แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณ Phytosterol ที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยแห้งในการสกัดครั้งที่ 1 2 และ 3	P1-108

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยจากต้นอ้อยสดและสายพันธุ์ อ้อยในประเทศไทย

- ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) CH_3 P1-125
($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2
bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$) ด้วยโปรแกรม OPUS 7.0 โดยการ
integrate พื้นที่ใต้กราฟ
- ตารางที่ 3.2 พันธุ์อ้อย พันธุ์แม่และพ่อ และคุณสมบัติด้านทานโรค P1-128

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อผลิตไขอ้อยจากกากหม้อกรองในขนาดต้นแบบระดับภาคสนาม (Pilot scale) โดยเทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (supercritical carbon dioxide extraction) และประเมินคุณภาพของไขอ้อยที่ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานสากล
2. ศึกษาต้นทุนการผลิตไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองโดยอาศัยแบบจำลองกระบวนการสกัดไขอ้อยที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Aspen Plus[®] สำหรับใช้ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
3. ศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองโดยนำมาสกัดสาร phytosterols และทำการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสารดังกล่าว
4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยจากลำต้นอ้อย (scrap wax) และสายพันธุ์อ้อยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นฐานข้อมูลและการจำแนกพันธุ์อ้อยของประเทศไทย

เนื้อหางานวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงการผลิตไขอ้อยจากกากหม้อกรอง ซึ่งเป็นกากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทรายจากอ้อย โดยใช้เทคโนโลยีสะอาด (Clean technology) หรือเทคโนโลยีสีเขียว (green technology) ที่พร้อมนำไปใช้ประโยชน์สำหรับเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อาหาร และอาหารเสริมสุขภาพ เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (I) การผลิตไขอ้อยในระดับเทียบเคียงอุตสาหกรรม (semi-industrial scale) ด้วยเทคนิคการสกัดแบบใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (supercritical carbon dioxide extraction) และประเมินคุณภาพของไขอ้อยที่ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานสากล โดยข้อมูลเชิงเทคนิคที่ได้จากการศึกษาจะถูกนำมาใช้ในการคำนวณต้นทุนการผลิตไขอ้อย สำหรับประเมินถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยเพื่อใช้เป็นวัสดุส่งสารสำคัญ (II) การศึกษาทดลองเบื้องต้นถึงเทคนิคที่เหมาะสมในการสกัดสารไฟโตสเตอรอล (phytosterols) และการวิเคราะห์เอกลักษณ์ของสาร phytosterols ที่สกัดได้ เป็นการเพิ่มทางเลือกต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกากหม้อกรอง โดยสารดังกล่าวเป็นสารโภชนเภสัช (nutraceuticals) ที่องค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (FDA) และหน่วยงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งสหภาพยุโรป (The European Foods Safety Authority; EFSA) ให้การยอมรับว่าเป็นสารที่มีฤทธิ์ช่วยลดคอเลสเตอรอลในกระแสโลหิต และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (cardiovascular risk) และ (III) การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยจากลำต้นอ้อยสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีการปลูกและปรับปรุงสายพันธุ์ในประเทศไทย สำหรับการนำไปผลิตเป็นน้ำตาลทราย โดยผู้วิจัยคาดหวังว่าข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะสามารถใช้ประโยชน์สำหรับการใช้เป็นฐานข้อมูลและการจำแนกพันธุ์อ้อยของประเทศไทย ทั้งนี้

เพื่อให้่ายต่อความเข้าใจและความสนใจของผู้อ่าน รายงานฉบับสมบูรณ์นี้จะกล่าวแยกเป็นบท โดยแต่ละบทประกอบด้วย บทนำ วิธีการทดลอง ผลการทดลองและการอภิปรายผล สรุปผลการทดลอง และเอกสารอ้างอิงตามลำดับ

บทที่ 1

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง

1.1 บทนำ

การวิจัยด้านเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาภูมิคุ้มกันเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรม ให้มีความสอดคล้องและคุ้มค่าต่อทรัพยากรที่มีอยู่ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงกรอบแนวคิดเพื่อการตัดสินใจต่อสิ่งที่จะต้องลงทุนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากพิจารณาถึงองค์ประกอบพื้นฐานในเชิงเศรษฐศาสตร์ หัวใจสำคัญย่อมหนีไม่พ้นเรื่องของต้นทุนกับประโยชน์ที่จะได้รับ โดยกรอบความคิดเพื่อการวิเคราะห์ที่เป็นที่นิยมใช้ ได้แก่ การวิเคราะห์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน (Benefit-Cost Analysis หรือ BCA) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ BCA ใช้สำหรับค้นหาต้นทุนและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่คิดค่าออกมาเป็นตัวเงินจากการลงทุนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง การวิเคราะห์เพื่อประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน เป็นแนวทางที่ใช้ประเมินจุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละทางเลือกที่ตอบสนองต่อธุรกิจอุตสาหกรรม หรือความต้องการทางธุรกิจ เป็นเทคนิคที่สามารถใช้ระบุถึงตัวเลือกที่ดีที่สุดเพื่อการยอมรับในทางปฏิบัติในแง่ของประโยชน์ที่ได้รับจากแรงงาน การประหยัดต้นทุนและเวลาของการดำเนินงาน และเป็นกระบวนการที่เป็นระบบสำหรับคำนวณและเปรียบเทียบแต่ละกิจกรรมหรือเทคโนโลยี ข้อมูลดังกล่าวจะช่วยทำให้นักลงทุนในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ตลอดจนนักลงทุนทั่วไป สามารถประเมินถึงความคุ้มค่าต่อการตัดสินใจในการดำเนินการหรือไม่ และเป็นโครงการที่มีคุณค่ามากน้อยเพียงใด

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญมากสำหรับประเทศ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าโรงงานน้ำตาลนอกจากจะผลิตน้ำตาลทรายเป็นผลผลิตแล้วยังมีผลพลอยได้และของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำตาลหลายชนิด อาทิ กากน้ำตาล กากอ้อย กากหม้อกรอง น้ำเสีย อย่างไรก็ตามกากน้ำตาลและกากอ้อยนั้นถือเป็นผลพลอยได้และของเสียที่มีมูลค่าในตัว แต่กากหม้อกรองซึ่งเป็นตะกอนที่ได้หลังจากขั้นตอนการทำใส่น้ำอ้อยของโรงงานนั้นยังไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มตัวเองได้นอกจากจะนำไปเป็นปุ๋ยใส่ในไร่อ้อย ทำอาหารสัตว์ กากหม้อกรองจึงจัดเป็นของเสียของโรงงานที่มีมูลค่าต่ำ เนื่องจากประกอบไปด้วย ไขอ้อยประมาณร้อยละ 5-14 ไฟเบอร์ร้อยละ 15-30 โปรตีนร้อยละ 5-15 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 5-15 และแร่ธาตุต่างๆ (สมบัติ ขอทวีวัฒนา และคณะ 2554)

กากหม้อกรอง (sugarcane filter press mud, sugarcane pressmud, sugarcane filter cake mud, sugarcane filtercake หรือ sugarcane filter mud) เป็นกากวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล ซึ่งมีปริมาณเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำตาลรวมทั่วประเทศประมาณ 2 ล้านตันต่อปี และเนื่องจากกากหม้อกรอง คือ ตะกอนของสารแขวนลอยต่างๆ ในน้ำอ้อยที่จับตัวกับสารละลายแคลเซียมออกไซด์ที่ใช้เป็นตัวช่วยตกตะกอน ส่วนประกอบของกากหม้อกรองจึงประกอบด้วยแคลเซียมมากกว่าร้อยละ 50 โปรตีน สารสีต่างๆ และน้ำตาล

เล็กน้อย รวมไปถึงไขจากเปลือกอ้อย (sugarcane scrap waxes) ซึ่งจะละลายปนออกมารวมกับน้ำอ้อยในขั้นตอนการหีบอ้อย จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่มีมาก่อนพบว่า ไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองเป็นสารที่มีมูลค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสารจำพวก fatty ester, fatty alcohol, free fatty acids และ phytosterols เป็นต้น สารเคมีดังกล่าวมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมหลายประเภท อาทิเช่น เครื่องสำอาง ยา และผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (สมบัติ ขอทวิวัฒนา และคณะ 2554)

เทคโนโลยีที่ใช้ในการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองโดยทั่วไปในปัจจุบันเป็นการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยตัวทำละลายที่ใช้จะเป็นตัวทำละลายอินทรีย์หลายชนิด เช่น ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane; CH_2Cl_2) เฮกเซน (hexane; C_6H_{14}) และไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl alcohol; $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้ตัวทำละลายมากกว่า 1 ชนิดผสมกันอีกด้วย

Phukan และ Boruah (1999) ได้ใช้ carbon tetrachloride (CCl_4) เป็นตัวทำละลายเพื่อใช้สกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ carbon tetrachloride เป็นตัวทำละลายจะได้ไขอ้อยที่มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1.1 นอกจากนี้ยังได้รายงานว่าเมื่อใช้ carbon tetrachloride เป็นตัวทำละลายในการสกัดจะให้ปริมาณของ wax ester ในปริมาณที่มากกว่าการใช้ toluene เป็นตัวทำละลายในการสกัด

การศึกษาของ Partha และ Sivasubramanian (2006) ได้ทดลองสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ Benzene Toluene และ Hexane และพบว่า Hexane สามารถสกัดไขอ้อยออกจากกากหม้อกรองได้มากกว่าการใช้ Benzene และ Toluene เป็นตัวทำละลาย

สมบัติ ขอทวิวัฒนา และคณะ (2554) ได้ทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง โดยอาศัยเทคนิค accelerated solvent extraction (ASE) ด้วยเอทานอล เปรียบเทียบกับการสกัดโดยเทคนิค reflux extraction ด้วย hexane พบว่า การสกัดโดย ASE ให้ปริมาณไขอ้อยในปริมาณ 12.49% ในขณะที่การสกัดโดยกระบวนการ reflux ด้วย hexane ให้ปริมาณไขอ้อยเพียง 9.03% โดยที่คุณสมบัติขององค์ประกอบของไขอ้อยที่ได้จากเทคนิค ASE ด้วยเอทานอล มีส่วนประกอบของ wax ester และ fatty alcohol สูงกว่าไขอ้อยที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค reflux นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวทางการเพิ่มมูลค่าของไขอ้อย ด้วยการนำไปใช้เป็นส่วนผสมสำคัญทางชีวภาพ ในรูปแบบของ อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิด (Nanostructured Lipid Carriers; NLC) โดยอาศัยเทคนิคการผสมสารโดยใช้ความดันสูงขณะร้อน ผลการศึกษาพบว่าไขอ้อยมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นอนุภาคนาโนไขมันแข็งในระดับนาโน เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง อาทิเช่น เพื่อเพิ่มความสามารถในการปกคลุมผิวหนัง (occlusive) สำหรับผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เช่น cosmetic

day cream และผลิตภัณฑ์รักษาผิว เพื่อป้องกันการสลายตัวของสารออกฤทธิ์ชีวภาพเช่น วิตามิน Coenzyme Q10 สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ รวมถึงเพื่อควบคุมการปลดปล่อยของสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เนื่องจากได้ทำการศึกษาพบว่าอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิด หรือ NLC ที่เตรียมขึ้นมีคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดี มีขนาดอนุภาคที่เล็กในระดับนาโน (160-180 นาโนเมตร) มีความคงตัวสูง และขนาดของอนุภาคไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทำการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยที่ได้จากกากหม้อกรอง (Phukan และ Boruah 1999)

ลำดับที่	สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบ	ปริมาณของสาร (%)
1	Wax esters	80-85
2	Ceryl mellissate (MP: 86-87°C)	25.00
3	Myricyl mellissate	Trace
4	Phytosterol esters of dihydroxiplamitic acid (MP: 55°C)	1.50
5	Stigma sterol esters of plamitic acid	1.5
6	Glycerides	Trace
7	Free fatty acid and wax acids	3.00-6.00
8	Palmitic acid	1.00-3.00
9	Hypogacic acid (MP: 21°C)	Trace
10	Alcohol	1.00-1.50
11	Aliphatic (Free)	Trace
12	Cyclic and derivatives	
	(i) Bassiasterol	0.10
	(ii) Sacchrosterol	1.00
	(iii) b-saccharoserol	0.10-0.20
13	Hydrocarbons	1.00-1.50
14	Hetriacontane (MP: 68°C)	Trace
15	Pentatriacontane (MP: 75°C)	0.50-1.00
16	Mineral matters	0.10-0.25

ถึงแม้ว่าเทคนิคการสกัดไขอ้อยด้วย ASE จะเป็นเทคนิคที่สามารถนำมาใช้สกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองได้ดี แต่ก็เป็นวิธีที่ยังมีขีดจำกัดอยู่สำหรับการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเทคนิค ASE เป็น

เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ในระดับห้องปฏิบัติการ และสามารถทำงานได้เป็นแบบกะเท่านั้น หากต้องการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการพัฒนาเครื่องมือรองรับอีกมาก นอกจากนั้นยังพบว่าไขอ้อยที่สกัดได้ยังมีความบริสุทธิ์ของ wax ต่ำ (สมบัติ ขอทวีวัฒนา และคณะ 2554)

จากนิยามของการสกัด คือกระบวนการแยกสารที่ผสมกันอยู่ในรูปของผสมหรือสารละลาย โดยการใช้ตัวทำละลายเข้าไปทำลายสารที่ต้องการออกมา ซึ่งผลการสกัดจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของตัวถูกละลาย บริเวณที่สารที่ต้องการสกัดอยู่ (อยู่ภายนอกพื้นผิวหรืออยู่ภายในโครงข่ายของอนุภาค) และความแข็งแรงของพันธะระหว่างสารที่ต้องการสกัดกับโครงร่างที่สารนั้นยึดเกาะอยู่ นอกจากนั้นยังสามารถแบ่งแยกเทคนิคการสกัดตามสถานะของสารที่จะนำมาสกัดได้ทั้งหมด 3 วิธีคือ เทคนิค Liquid-liquid extraction เทคนิค Solid-liquid extraction และเทคนิค Gas-liquid extraction ทุกเทคนิคการสกัดใช้สารเคมีที่อยู่ในสถานะของเหลวเป็นตัวทำละลายเพื่อสกัดสารที่ต้องการ ณ ปัจจุบันมีการปรับปรุงการสกัดด้วยเทคนิค supercritical fluid extraction เพื่อให้ได้สารสกัดที่มีความบริสุทธิ์มากขึ้นและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Lucas และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาถึงการปรับปรุงการสกัดเพื่อให้ไขอ้อยมีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยทำการศึกษาการสกัดไขอ้อยบริสุทธิ์ ด้วยเทคนิค supercritical CO₂ ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1.2 ไขอ้อยที่ได้จากวิธีการสกัดด้วย supercritical CO₂ extraction มีความบริสุทธิ์สูงกว่าไขที่สกัดด้วยตัวทำละลาย และสามารถเก็บเกี่ยว สารประกอบในกลุ่ม wax alcohol หรือ policosanol ซึ่งเป็นสารโภชนเภสัชที่นิยมนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ออกมาได้ในปริมาณที่มากกว่าอีกด้วย

การสร้างแบบจำลองการกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Aspen Plus

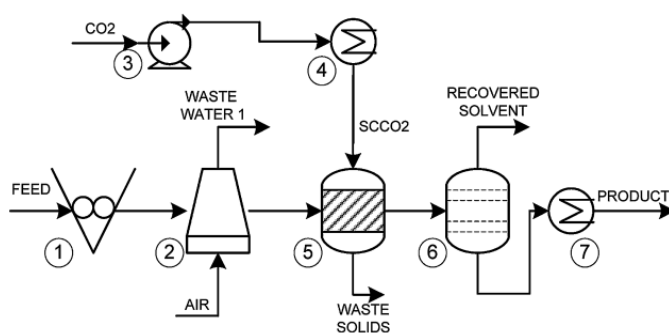
มีขั้นตอนหลักๆ 3 ขั้นตอน คือ การวางแผนผังกระบวนการผลิต, การกำหนดคุณสมบัติและองค์ประกอบของสาร และการเลือกสมการสถานะที่ใช้คำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสาร

1. การวางแผนผังกระบวนการผลิต

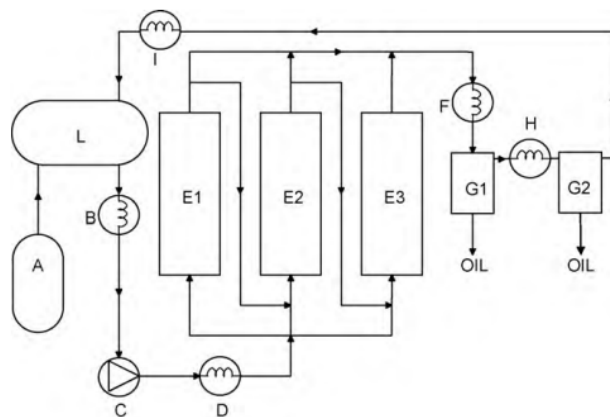
การพัฒนากระบวนการผลิตระดับห้องปฏิบัติการมาเป็นการผลิตในระดับอุตสาหกรรมด้วยการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®] สิ่งสำคัญคือ เลือกหน่วยปฏิบัติการที่ทำหน้าที่ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการให้มากที่สุด เช่น แผนผังการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant compounds) จากผลไม้แบล็กเบอร์แอนดิส (Andes Berry fruits) ด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (ภาพที่ 1.1) และแผนผังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดองุ่น ด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (ภาพที่ 1.2)

ตารางที่ 1.2 แสดงการเปรียบเทียบไข้อยู่ที่สกัดด้วยเทคนิคที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ และ Supercritical CO₂

คุณสมบัติต่างๆ	เทคนิคที่ใช้ในการสกัด	
	ตัวทำละลายอินทรีย์	Supercritical CO ₂
Melting point (°C)	64-68	81-82
Color	เขียว-เทา	เขียวอ่อน
Extraction yield (% , w/w)	7.80	2.43
n-alcohol concentration in extraction (% , w/w)	22.00	78.32
n-alcohol recovered (g/100 g crude wax)	1.70	1.92



ภาพที่ 1.1 แผนผังการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant compounds) จากผลไม้แบล็กเบอร์แอนดิส (Andes Berry fruits) ด้วยเทคนิคการสกัดด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction) โดยใช้ CO₂ และ Ethanol ด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®]: 1. เครื่อง บดละเอียด; 2. เครื่องอบแห้ง; 3. ปั๊ม; 4. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน; 5. ถังสกัด; 6. เครื่องแยกสาร (Flash vessel); 7. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Cardona และคณะ 2012)



ภาพที่ 1.2 แผนผังการสกัดน้ำมันจากเมล็ดต้องงุ่นด้วยเทคนิคการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤติยิ่งยวด (Supercritical fluid extraction) ซึ่งถึงสกัดต่อแบบอนุกรม 3 ถึง เพื่อดำเนินงานแบบ เคาน์เตอร์เคอเรนท์ (Counter-current mode)

จากภาพที่ 1.2 ประกอบด้วยหน่วยปฏิบัติการดังต่อไปนี้: ปั๊ม (C), เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (D, F, H), เครื่องแยกสาร (G1, G2), เครื่องควบคุม (I), ถังเก็บ CO₂ (L), เครื่องลดอุณหภูมิ (B) และถังป้อน CO₂ (A) กระบวนการสกัดเริ่มต้นด้วยการป้อน CO₂ เข้าถัง จากนั้นถูกเพิ่มความดันด้วยปั๊ม แล้วเพิ่มอุณหภูมิด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อป้อนเข้าสู่ถังสกัดทั้ง 3 ถังที่ต่อกันแบบอนุกรม เมื่อกระบวนการสกัดเสร็จสิ้นแล้วขั้นตอนต่อไปคือ การทำบริสุทธิ์น้ำมันด้วยการแยก CO₂ ด้วยเครื่องแยกสาร 2 เครื่อง โดยน้ำมันบางส่วนจะถูกปล่อยออกมาในเครื่องแยกสารเครื่องแรก และน้ำมันจะถูกปล่อยออกมาทั้งหมดในเครื่องที่ 2 ส่วน CO₂ ถูกลดความดันจนเหลือ 60 bar และอยู่ในสถานะแก๊สในเครื่องแยกที่ 2 จากนั้นถูกลดอุณหภูมิด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วถูกป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุมเพื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว ทั้งนี้ CO₂ ได้ถูกนำกลับมาใช้ใหม่

2. การกำหนดองค์ประกอบและคุณสมบัติของสาร

ขั้นตอนต่อมาต้องกำหนดองค์ประกอบในทุกกระแสน์ เช่น องค์ประกอบในสายป้อน และในสายผลิตภัณฑ์ โดยฐานข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบในโปรแกรม Aspen Plus[®] นั้นมีจำกัด ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องมีการวัดค่าจากการทดลองเพิ่มเติม รวมทั้งประมาณค่าองค์ประกอบในสายป้อนและในสายผลิตภัณฑ์ ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สารที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม Aspen Plus[®] อยู่แล้ว จึงไม่ต้องกำหนดองค์ประกอบ และคุณสมบัติของสารเอง

2.2 สารที่ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม Aspen Plus[®] จำเป็นต้องกำหนดองค์ประกอบ โครงสร้างโมเลกุล หรือคุณสมบัติบางอย่างของสารเอง

2.2.1 สารที่อยู่ในสถานะของแข็งซึ่งไม่สามารถเขียนโครงสร้างโมเลกุลได้ จะถูกกำหนดเป็น non-conventional ซึ่งองค์ประกอบของของแข็งที่จำเป็นต้องระบุคือ Ultimate Analysis (C H O N S และ Ash) และ Proximate Analysis (Moisture, Fixed carbon, Volatile matter และ Ash) (Mavukwana และคณะ 2013)

2.2.2 สารที่เป็นของแข็งซึ่งสามารถเขียนโครงสร้างโมเลกุลได้ จะถูกกำหนดเป็น conventional ซึ่งจำเป็นต้องระบุคือ น้ำหนักโมเลกุล โครงสร้างโมเลกุลและ จุดเดือดของสารเอง

(<http://www.youtube.com/watch?v=btffE1tAmJK8>)

3. การเลือกสมการสถานะ (Equation of State) ที่ใช้คำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสาร (Thermodynamic model)

ปัจจัยสำคัญในการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®] คือการเลือกสมการอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamic model) ให้เหมาะสมกับสารที่ใช้ในกระบวนการผลิต เนื่องจากถ้าเลือกแล้ว ไม่เหมาะสมกับสารที่ใช้ในกระบวนการผลิต จะทำให้โปรแกรมไม่สามารถประมวลผลการผลิตได้ ตารางที่ 1.3 แสดง Thermodynamic model ที่งานวิจัยที่มีมาก่อนเลือกใช้ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ NRTL (Non-random two-liquid model) เป็น Thermodynamic model เพื่อประมาณคุณสมบัติของสาร ที่สถานะต่างๆ ในกระบวนการสกัดนี้

จากรายงานการวิจัยที่มีมาก่อนสามารถสรุปได้ว่า ไข่อ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองมีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบ ได้แก่ ใช้ในรูปแบบของ wax หรือไข ในส่วนประกอบของเครื่องสำอางต่างๆ ใช้ในรูปแบบของวัสดุนำส่งสารสำคัญ หรือ encapsulation material ในรูปแบบของอนุภาคไขมันแข็ง และใช้ในรูปแบบของสารโภชนเภสัชในการผลิตผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับไข่อ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรอง ดังนั้นการศึกษาวิจัยในบทนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคโนโลยีสีเขียว หรือ green technology โดยเทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะเหนือวิกฤต หรือ supercritical carbon dioxide (sc-CO₂) ในระดับภาคสนาม (pilot scale) และทำการประเมินคุณภาพของไข่อ้อยที่ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานสากล โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองเชิงเทคนิคจะถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาเป็นกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมด้วยการสร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®] หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ต้นทุน ผลประโยชน์ต่างๆ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ เพื่อประโยชน์ต่อการจัดทำแผนนโยบายหรือ

งบประมาณการลงทุน และเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการโดยภาพรวมที่จะให้ข้อมูลสำหรับช่วยวิเคราะห์เพื่อ
การตัดสินใจต่อไป

ตารางที่ 1.3 สมการอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics model) สำหรับของแข็ง

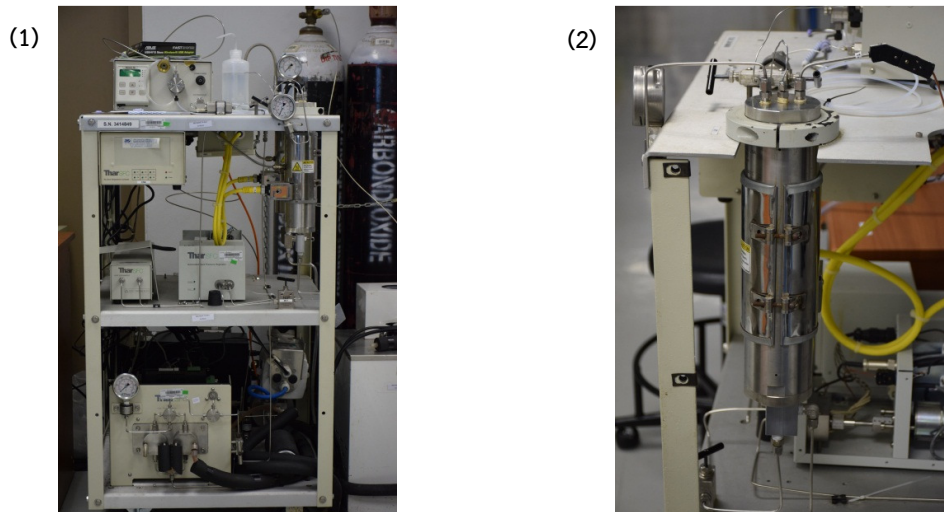
Literature review	Year	Modeling method	Solid-liquid equilibrium theory	Calculation method of fugacity or activity coefficient
Pedersen et al.	1991	Solid Solution	Non ideal solid phase Non ideal liquid phase	Modified regular solution Modified regular solution
Coutinho et al.	1998	Solid Solution	Non ideal solid phase Non ideal liquid phase	UNIQUAC UNIFAC + Flory Free Volume
	2005	Solid Solution	Non ideal solid phase Non ideal liquid phase	UNIQUAC UNIFAC + Flory Free Volume
Pauly et al.	2000	Solid Solution	Non ideal solid phase Non ideal liquid phase	UNIQUAC UNIFAC
Ji et al.	2003	Solid Solution	ideal solid phase Non ideal liquid phase	Solid activity coefficient = 1 UNIQUAC
Nichita et al.	2001	Multi Solid Phase	ideal solid phase Non ideal liquid phase	Solve Redlich Kuang (SRK)
Ghanea et al.	2007	Solid Solution	ideal solid phase Non ideal liquid phase	Liquid activity coefficient = 1 Wilson
	2008	Multi Solid Phase	ideal solid phase Non ideal liquid phase	Wilson
Lira Galeana et al.	1996	Multi Solid Phase	ideal solid phase Non ideal liquid phase	Peng Robinson

ที่มา: Rahimpour และคณะ 2013

1.2 วิธีการทดลอง

1.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขอ้อยโดยเทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (sc-CO₂) ในระดับห้องปฏิบัติการ

ศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต หรือ sc-CO₂ โดยใช้เครื่องมือในระดับห้องปฏิบัติการ (Thar Instruments) ดังแสดงในภาพที่ 1.3 เพื่อให้ได้ตัวแปรการดำเนินการที่เหมาะสมที่สุด (ความดัน อุณหภูมิ และปริมาณของไขอ้อย) สำหรับนำไปใช้ทดลองศึกษาในระดับกึ่งอุตสาหกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลการสกัดที่ได้ผลผลิตของไขอ้อยสูงที่สุด



ภาพที่ 1.3 แสดงองค์ประกอบของเครื่องสกัดสารด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือวิกฤต (1) และหลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) (2)

การสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง (ความชื้น 3-4%) ในงานวิจัยนี้ จะใช้เครื่องมือการสกัดสารด้วยของไหลวิกฤตยิ่งยวด โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายและใช้สารละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl alcohol; IPA) เป็นตัวดักจับสารที่สกัดได้ ในการสกัดแต่ละครั้งใช้กากหม้อกรองประมาณ 30 กรัม และเวลาที่ใช้ในการสกัด คือ 60 นาที ตัวแปรที่ศึกษาคือ อุณหภูมิ และความดัน ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนการสกัดไขอ้อยดังนี้

- ชั่งน้ำหนักกากหม้อกรองแห้งประมาณ 30 กรัม ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก
- บรรจุกากหม้อกรองแห้งที่ชั่งได้ลงในหลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) หลังจากนั้นปิดฝาให้แน่น
- นำหลอดสกัดไปประกอบลงในเครื่องสกัด
- ตั้งค่าสภาวะการสกัดดังนี้

- อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส
- ความดัน 180 และ 200 บาร์
- เวลาที่ใช้ในการสกัด 60 นาที
- เติมน้ำละลาย IPA ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเพื่อใช้เป็นตัวดักจับไขมันที่สกัดได้
- ทำการสกัดตามสภาวะการทดลองที่กำหนด และเก็บสารที่สกัดได้ไว้ในอุณหภูมิประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักและวิเคราะห์ผลต่อไป

1.2.2 การทดลองสกัดไขมันด้วยเทคนิคการสกัด $sc\text{-CO}_2$ ในระดับ pilot

ทดลองสกัดไขมันด้วยเทคนิคการสกัด $sc\text{-CO}_2$ ในระดับ pilot หรือระดับกึ่งอุตสาหกรรม ขนาด 24 ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 1.4 โดยที่คุณสมบัติของเครื่องแสดงในตารางที่ 1.4 สภาวะที่ใช้ในการสกัดไขมันด้วยเทคนิคการสกัด $sc\text{-CO}_2$ จะใช้สภาวะที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1.2.1



ภาพที่ 1.4 เครื่องสกัดสารโดยใช้เทคนิค $sc\text{-CO}_2$ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม ขนาด 24 ลิตร

1.2.3 การตรวจวิเคราะห์ค่าคุณภาพของไขมัน

ทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีของไขมัน ในด้านค่า acid value (AV), saponification value (SV) และ iodine value (IV) และค่าทางกายภาพด้านจุดหลอมเหลว (melting point, mp) และเปรียบเทียบค่าที่วิเคราะห์ได้รวบรวมจากข้อกำหนดมาตรฐานสากลหรือค่าทางการค้าเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของไขมันที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ (มาตรฐานและวิธีการทดสอบค่าต่างๆ แสดงรายละเอียดในภาคผนวก)

1.2.4 การคำนวณต้นทุนของไขมันที่สกัดจากกากหมักธัญพืชโดยอาศัยแบบจำลองกระบวนการสกัดไขมันที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Aspen Plus[®]

ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการประเมินและเปรียบเทียบราคาขายที่เหมาะสมของไขมันที่สกัดจากกากหมักธัญพืชด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย (ข้อมูลเชิงเทคนิคอ้างอิงจาก

สมบัติ ขอทวีวัฒนา และคณะ, 2554) กับวิธี Supercritical fluid extraction โดยมี Isopropanol เป็น co-solvent ซึ่งใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในข้อ 1.2.1 และ 1.2.2 เพื่อนำผลการทดลองมาใช้ในการสร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดระดับอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับการสร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดใช้อ้อยจากกากหม้อกรองด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®] ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติของสาร เพื่อเป็นอินพุต (Input) สำหรับโปรแกรมในการประมาณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสารต่อไป ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ กำหนดคุณสมบัติของกากหม้อกรอง (ที่ไม่มีไขอ้อยอยู่ในองค์ประกอบ) ด้วยการกำหนดเป็น non-conventional solid โดยใช้ Ultimate และ Proximate Analysis เพื่อให้โปรแกรม นำไปคำนวณหาคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์และใช้ในการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค TLC-FID และ preparative layer chromatography (PLC) (รายละเอียดของการวิเคราะห์จะแสดงไว้ในภาคผนวก)

ตารางที่ 1.4 คุณสมบัติของเครื่องสกัดสารโดยใช้เทคนิค sc-CO₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรมขนาด 24 ลิตร

Extraction technique:	Supercritical carbon dioxide (CO ₂)
Sample form:	Liquid, solid & powder
Mesh size:	Material with size 22-40 mesh
Extractor maximum pressure:	32 Mpa
Extractor maximum capacity:	24 Litres
Number of extractors:	2 pcs
Number of Separators:	Separation column (1pc), Separator (2pcs)
Extractor maximum temperature:	90 deg. C
Separation column maximum pressure:	22 MPa
Separation column maximum temperature:	90 deg. C
Separation column maximum capacity:	8 Litres
Separator pressure:	9.8 Mpa
Separator maximum temperature:	90 deg. C
Separator maximum capacity:	10 litres
Supercritical medium:	Edible carbon dioxide (CO ₂), purity > 99.5% Moisture < 0.2%

Electronic connection:	3 x 380V + N + PE / 50Hz
Power consumption:	25 kW
Electricity control cabinet:	60 amps
Water supply:	> 2 bar

1.3 ผลการทดลองและอภิปรายผล

1.3.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไขมันด้วยเทคนิคการสกัดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต (sc-CO₂) ในระดับห้องปฏิบัติการ

จากการนำตัวอย่างกากหม้อกรองอบแห้ง (ความชื้นร้อยละ 3) มาสกัดด้วยเครื่องสกัด supercritical fluid extraction (SFE) ที่สภาวะความดัน 180 และ 200 บาร์ และอุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการสกัด 60 นาที หลังจากนั้นนำส่วนที่สกัดได้ไปผ่านกระบวนการระเหยตัวทำละลายแล้วบันทึกน้ำหนัก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 น้ำหนักของไขมันที่สกัดได้จากกากหม้อกรองโดยเทคนิค sc-CO₂ (หน่วย: ร้อยละของน้ำหนักแห้งกากหม้อกรอง)

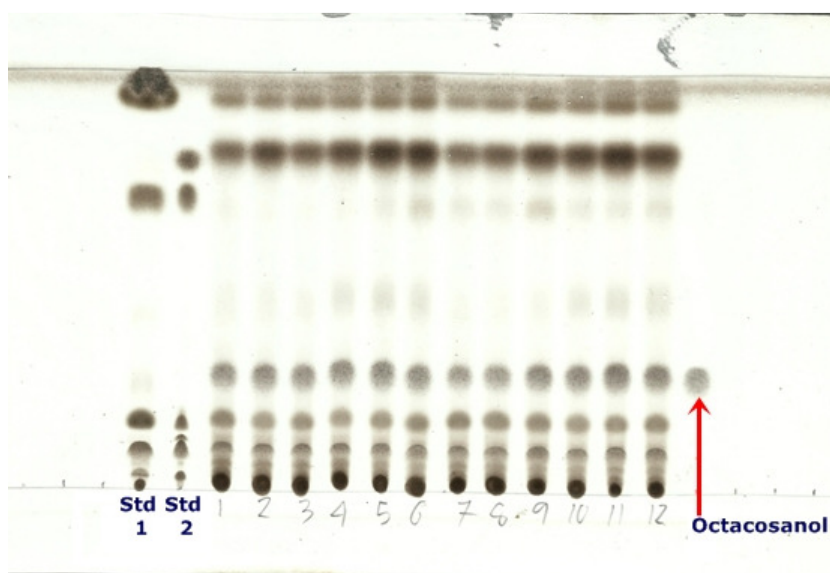
กำหนดสภาวะ		ความดัน (บาร์ หรือ bar)	
		180	200
อุณหภูมิ (°C)	60	4.15 ± 0.16	4.28 ± 0.16
	80	5.23 ± 0.11	5.47 ± 0.38

หมายเหตุ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

จากผลการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความดัน 200 บาร์ ให้ค่าร้อยละของไขมันที่สกัดได้สูงที่สุด ในขณะที่ความดันเดียวกันนี้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ปริมาณของไขมันที่สกัดได้มีปริมาณต่ำแสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการสกัดสูงขึ้นไปปริมาณของไขมันที่สกัดได้มีค่ามากขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นนั้นจะทำให้ความดันไอในตัวถูกละลายหรือสารตัวอย่างระเหยได้ดี ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการละลายได้ดีและทำให้ปริมาณไขมันที่ได้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองทั้งหมดโดยรวมแล้วจะพบว่า ผลของอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มปริมาณไขมันที่สกัดได้ในทุกการทดลอง ดังนั้นจะได้ว่าปัจจัยด้านอิทธิพลของอุณหภูมิมีผลต่อการสกัดปริมาณไขมันจากกากหม้อกรอง ซึ่งในการสกัดแต่ละครั้งเมื่อให้อุณหภูมิและความดันเพิ่มขึ้นควบคู่กัน ปริมาณไขมันที่สกัดได้นั้นจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

ตามทฤษฎีการสกัดของไหลเหนือจุดวิกฤติ กล่าวคือ เมื่อเพิ่มความดันของก๊าซไปจนกระทั่งกลายเป็นของไหลเหนือจุดวิกฤติ ในระบบจะมีคุณสมบัติในการละลาย ความหนืด ความหนาแน่นและค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายอยู่ระหว่างของเหลวและก๊าซ มีผลทำให้ความสามารถในการสกัดแทรกซึมได้ดี เมื่อความดันเพิ่ม ความหนาแน่นของก๊าซเพิ่ม คุณสมบัติในการละลายก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และความสามารถในการละลายมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความหนาแน่นซึ่งขึ้นกับความดันที่ใช้ในการสกัด

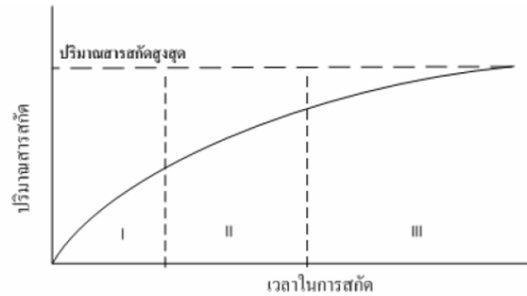
เมื่อนำไขที่สกัดได้จากแต่ละการทดลองมาทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเบื้องต้นของสัดส่วนองค์ประกอบทางเคมีของสารกลุ่มต่างๆ ด้วยเทคนิค TLC ตามวิธีของ Misra และ Ghosh (1991) โดยใช้สารผสมระหว่าง n-hexane: diethyl ether: acetic acid ด้วยอัตราส่วน 80: 20: 1 (v/v/v) เป็น mobile phase ผลการทดลองจะปรากฏแถบของสารประกอบชนิดหลายแถบที่มีระดับเดียวกับสารมาตรฐานที่ใช้เป็นแถบอ้างอิง นั่นคือ Fatty acid methyl ether, Triglyceride, Free fatty acid, Sterol, Sterol ether และ long chain aliphatic primary alcohols (C-28) ดังแสดงในภาพที่ 1.5 นอกจากนี้ยังพบแถบของสาร unknown ในปริมาณเล็กน้อย



ภาพที่ 1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบของไขที่สกัดจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค SFE โดยทำการวิเคราะห์บน TLC ใช้สารละลายผสมของ n-hexane: diethyl ether: acetic acid ด้วยอัตราส่วน 80: 20: 1 (v/v/v) เป็น mobile phase

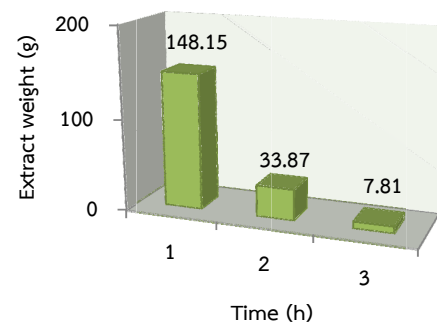
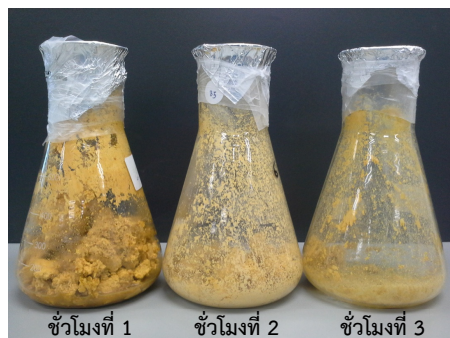
1.3.2 การทดลองสกัดไขอ้อยโดยเทคนิคการสกัด $sc\text{-CO}_2$ ในระดับ pilot

การทดลองในระดับ Pilot-scale โดยใช้เครื่องสกัดด้วยเทคนิค $sc\text{-CO}_2$ ซึ่งมีขนาดบรรจุของถังสกัดปริมาตร 24 ลิตร (รุ่น TH221-24x2 Supercritical CO_2 Extraction Device; Wenzhou Chengdong Medicine Mechine Co., Ltd) ได้ทำการเลือกศึกษาที่มีความเป็นไปได้ในการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรอง โดยพิจารณาจากสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณไขอ้อยสูงที่สุด (การทดลองที่ 1.2.1) โดยเบื้องต้นได้ทำการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดไขอ้อย ซึ่งโดยทั่วไปการสกัดสามารถอธิบายได้ดังกราฟ



กราฟ แสดงผลการสกัดที่ได้กับเวลา

จากกราฟ การสกัดสามารถอธิบายได้เป็นช่วงต่างๆ ดังนี้ ช่วงที่ 1 คือช่วงที่ผลการสกัดนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของสารสกัดในตัวทำละลาย ช่วงที่ II คือช่วงที่ผลการสกัดนั้นถูกควบคุมโดยเอนทัลปี หรือพลังงานที่ต้องใช้ในการแตกพันธะระหว่างโครงข่ายของแข็งและสารสกัด ช่วงที่ III คือช่วงที่สารสกัดถูกจำกัดโดยการแพร่ของสารสกัด เพื่อการประเมินความคุ้มค่าการลงทุนในการสกัด ผู้วิจัยจึงได้คำนึงถึงปริมาณของสารที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาเพื่อที่จะหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองแต่ละครั้งด้วยเทคนิค sc-CO_2 โดยทำการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองแห้งปริมาณ 4000 กรัม ที่อุณหภูมิ 80°C ความดัน 200 บาร์ เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และทำการเก็บตัวอย่างทุกชั่วโมงเพื่อทำการวิเคราะห์ถึงปริมาณผลได้ของไขอ้อยที่เกิดขึ้น โดยผลการศึกษาพบว่าจากสภาวะอุณหภูมิและความดันดังกล่าว ปริมาณไขอ้อยที่ได้จากแต่ละช่วงเวลา ดังแสดงได้ในภาพที่ 1.6 เมื่อทำการเก็บตัวอย่างไขอ้อยในชั่วโมงที่ 1, 2 และ 3 จะได้ปริมาณไขอ้อย 148.51, 33.87 และ 7.18 กรัม ตามลำดับ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าเมื่อดำเนินระบบที่ระยะเวลา 2 และ 3 ชั่วโมง มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)



ภาพที่ 1.6 ปริมาณไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองแห้งปริมาณ 4000 กรัม ด้วยเทคนิค sc-CO_2 ที่สภาวะอุณหภูมิ 80°C ความดัน 200 บาร์ เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า หากพิจารณาถึงปริมาณของไขอ้อยที่สกัดได้ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 4.74 และความคุ้มค่าในการดำเนินการ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ควรทำการ

สกัดที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจะได้ปริมาณไขมันร้อยละ 3.7 คิดเป็นร้อยละ 78 (มากกว่าร้อยละ 60 ตามทฤษฎี) ของปริมาณไขมันทั้งหมดที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค sc-CO₂ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ดังนั้นในการสกัดไขมันด้วยเทคนิค sc-CO₂ ระดับกึ่งอุตสาหกรรมในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้สภาวะการสกัดที่อุณหภูมิ 80 °C ความดัน 200 บาร์ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ต่อ 1 หลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) ซึ่งบรรจุกากหม้อกรองปริมาตร 4000 กรัม

1.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพของไขมันที่ได้จากการสกัดด้วยเทคนิค sc-CO₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม

ไขมันที่สกัดด้วยเทคนิค sc-CO₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางเคมีของไขมัน ในด้านค่า acid value (AV), saponification value (SV) และ iodine value (IV) และค่าทางกายภาพด้านจุดหลอมเหลว (melting point, mp) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 1.6 และในตารางที่ 1.7 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไขมันธรรมชาติที่รวบรวมจากข้อกำหนดมาตรฐานสากลหรือค่าทางการค้า เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของไขมันที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 1.6 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไขมันจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค sc-CO₂ ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม

ค่าคุณภาพทางเคมี	ไขมันจากกากหม้อกรอง
Acid value (mg KOH/g sample)	22.24 ± 0.59
Saponification value (mg KOH/g sample)	42.95 ± 2.66
Iodine value (g I ₂ /100g sample)	41.24 ± 0.11
Melting point (°C)	70-74

เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานของไขมันกำหนดไว้ในมาตรฐานสากล ดังนั้นในการเปรียบเทียบคุณภาพของไขมันที่ผลิตได้จากงานวิจัย จึงได้เทียบเคียงกับค่ามาตรฐานทางการค้า ที่มีการผลิตในประเทศเยอรมัน โดยบริษัท Deurex AG พบว่า ไขมันในงานวิจัยนี้มีค่า acid value เท่ากับ 22.24 mg KOH/g sample และค่าจุดหลอมเหลวในช่วง 70-74 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าคุณภาพทั้งสองอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในค่าคุณภาพทางการค้า (ตารางที่ 1.7) โดยค่า acid value ที่สูงบ่งบอกถึงความแข็งที่มากของไขมันนั้นๆ ส่วนจุดหลอมเหลวจะแสดงถึงความอ่อนหรือแข็งตัวของไขมัน หากมีค่าสูงแสดงว่าไขมันนั้นมีจุดแข็งตัวที่อุณหภูมิสูงหรือหลอมเหลวได้ยาก จะบ่งบอกถึงคุณสมบัติที่ป้องกันการขีดข่วนเป็นรอยได้ดี ด้านค่า saponification value ใช้บ่งบอกถึงการมีสารเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบอยู่ ถ้าตัวอย่าง

นั้นๆ มีสารกลุ่มเอสเทอร์อยู่สูงจะมีค่า SV มากกว่าค่า AV ซึ่งผลจากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าไขอ้อยที่ผลิตได้ยังมีสารกลุ่มเอสเทอร์เป็นองค์ประกอบอยู่มาก ซึ่งสารเอสเทอร์ในที่นี้อาจเป็นสารพวก policosanol ซึ่งเป็นสาระสำคัญที่พบในไขอ้อยนั่นเอง

ตารางที่ 1.7 แสดงค่าคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไขอ้อยธรรมชาติจากข้อกำหนดมาตรฐานหรือทางการค้า

Natural waxes	MP (°C)	AV (mg KOH/g sample)	SV (mg KOH/g sample)	IV (g I ₂ /100g sample)
Beeswax ^a	61-66	17-24	87-104	-
Candelilla wax ^a	68.5-72.5	12-22	43-65	-
Carnauba wax ^a	80-88	2-7	78-95	-
Japan wax ^a	50-56	6-20	217-237	-
Rice bran wax ^a	77-86	2.1-7.3	75-120	11.1-17.6
Sugar cane wax ^b	68-80	20-50	-	-

หมายเหตุ : a หมายถึง ค่ามาตรฐานที่กำหนดในมาตรฐานสากล ได้แก่ PhEur, USP, CODEX

b หมายถึง ค่ามาตรฐานทางการค้าของไขอ้อย จาก www.deurax.com

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของไขอ้อยจากงานวิจัยกับมาตรฐานของไขอ้อยจากธรรมชาติชนิดอื่นๆ ที่ได้มีการกำหนดค่าคุณภาพไว้ในมาตรฐานสากล เช่น PhEur, USP และ CODEX (ตารางที่ 1.7) พบว่า ไขอ้อยจากงานวิจัยมีค่าคุณภาพใกล้เคียงกับไข Candelilla ทั้งค่าจุดหลอมเหลว acid value และ saponification value ซึ่งโดยทั่วไป ไข Candelilla มีคุณสมบัติเด่นในด้านความแข็ง ความลื่น และความเงางาม ดังนั้นไขอ้อยที่ผลิตได้จึงอาจนำไปใช้งานได้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับไข Candelilla เช่น ใช้ในลิปสติกส์ ลิปกลอส ลูกอม หมากฝรั่ง งานขัดเคลือบเงา และการใช้เป็นสารหล่อลื่น เป็นต้น

การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน โดยทั่วไปไม่นิยมกำหนดเป็นมาตรฐานของไขธรรมชาติ แต่การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนสามารถใช้เป็นค่ากำหนดเอกลักษณ์ของไขแต่ละชนิดได้ โดยไขแต่ละชนิดจะมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วงที่แน่นอน โดยทั่วไปมีการกำหนดค่าไอโอดีน หากมีค่าในช่วง 0-70 หมายถึง ตัวอย่างนั้นอยู่ในรูปที่เป็นของแข็ง หากมีค่าในช่วง >70 หมายถึง ตัวอย่างนั้นอยู่ในรูปที่เป็นของเหลว นอกจากนี้ค่าไอโอดีนที่สูงยังบ่งบอกถึงความสามารถในการแห้งได้เร็วของไขนั้นๆ เมื่อนำไปใช้งาน ซึ่งไขอ้อยในงานวิจัยมีค่า

ไอโอดีน ต่ำกว่า 70 จึงสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพของไซออยที่เป็นของแข็ง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Bhosale et al (2012) ซึ่งรายงานค่าไอโอดีนของไซออยจากสายพันธุ์ที่ปลูกในประเทศอินเดีย มีค่าในช่วง 23-29 จะเห็นได้ว่าไซออยที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้มีค่าสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพันธุ์ของอ้อยที่ต่างชนิดกัน ส่งผลให้คุณสมบัติของไซออยที่ได้แตกต่างกันไปด้วย

1.3.4 การคำนวณต้นทุนของไซออยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยอาศัยแบบจำลองกระบวนการสกัดไซออยที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม Aspen Plus®

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาและประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการสกัดไซออย เนื่องจากประเทศไทยไม่มีต้นแบบกระบวนการสกัดไซออยจากกากหม้อกรองในระดับระดับอุตสาหกรรม โดยทำการสร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดไซออยด้วยวิธี Reflux extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane และสร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดไซออยด้วยวิธี Supercritical fluid extraction โดยมี Isopropanol เป็น co-solvent จากนั้นทำการประเมินและเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการสกัดไซออยด้วยวิธี Reflux extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane กับวิธี Supercritical fluid extraction โดยมี Isopropanol เป็น co-solvent เพื่อหากระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการสกัดไซออย

การสร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดไซออยจากกากหม้อกรองด้วยโปรแกรม Aspen Plus® ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติของสาร เพื่อเป็นอินพุตสำหรับโปรแกรมในการประมาณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสารต่อไป ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังมีรายละเอียดแสดงได้ในตารางที่ 1.8 และ 1.9

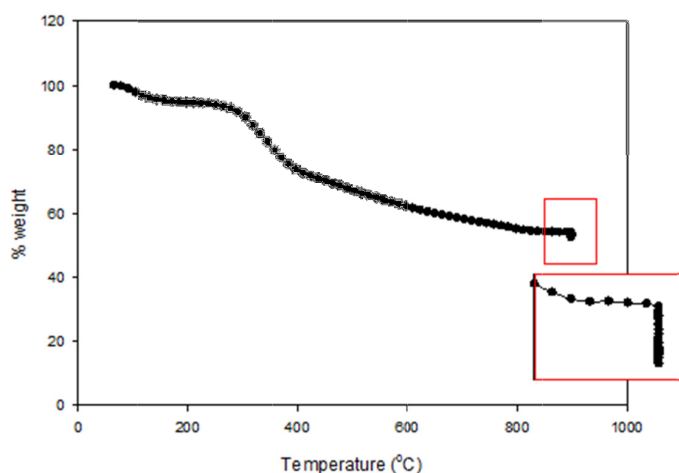
ตารางที่ 1.8 องค์ประกอบของกากหม้อกรองที่เหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาล

กากหม้อกรอง(ที่ไม่มีไซออย)	30.1%
ไซออย	4.9%
ความชื้น	65%

การกำหนดคุณสมบัติของกากหม้อกรอง (ที่ไม่มีไซออยอยู่ในองค์ประกอบ) กำหนดเป็น non-conventional solid โดยใช้ Ultimate และ Proximate Analysis เพื่อให้โปรแกรม นำไปคำนวณหาคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์และใช้ในการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน จากผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณร้อยละของ คาร์บอนร้อยละ 14.34 ไฮโดรเจนร้อยละ 3.48 ออกซิเจนร้อยละ 18.19

ไนโตรเจนร้อยละ 1.91 ไม่องค์ประกอบของกำมะถัน และปริมาณร้อยละที่เหลือพบว่าเป็น ชี้นำ อยู่ร้อยละ 62.08 โดยสรุปผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1.9

สำหรับการวิเคราะห์เชื้อเพลิงทางกายภาพ เพื่อหาปริมาณโดยน้ำหนัก ความชื้น สารระเหย ชี้นำ และ คาร์บอนคงตัว ด้วยเครื่อง Thermogravimetric analysis จากกราฟ TGA ของกากหม้อไอน้ำแห้งดังภาพที่ 1.7 จะพบว่า มีการสลายตัวของสารทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ซึ่งดูได้จากค่าความชื้นที่เปลี่ยนไป ค่าความชื้นช่วงแรก (83.65°C ถึง 138.58°C) คือ ปริมาณความชื้น พบว่ามีปริมาณร้อยละ 4.91 โดยน้ำหนักเริ่มแรก ค่าความชื้นต่อมาช่วงอุณหภูมิ 293.21°C ถึง 405.05°C คือ ปริมาณสารระเหย ปริมาณร้อยละ 22.36 ค่าความสุดท้าย (775.07°C ถึง 815.34°C) คือ ปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณร้อยละ 2.18 และปริมาณร้อยละที่เหลือพบว่าเป็น ชี้นำ อยู่ร้อยละ 70.55 โดยสรุปผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1.9



ภาพที่ 1.7 กราฟ TGA ของกากหม้อไอน้ำแห้ง

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณไฮดรอกซีที่สกัดจากกากหม้อไอน้ำด้วยเทคนิค TLC-FID และ preparative layer chromatography (PLC) ในห้องปฏิบัติการ จึงได้กำหนดองค์ประกอบทางเคมีของไฮดรอกซีตามตารางที่ 1.10

ตารางที่ 1.9 Ultimate และ Proximate Analysis ของกากหม้อกรอง

Ultimate Analysis (% โดยน้ำหนัก)		Proximate Analysis (% โดยน้ำหนัก)	
Carbon	14.34	Moisture	4.91
Hydrogen	3.48	Volatile Matter	22.36
Oxygen	18.19	Fixed Carbon	2.18
Nitrogen	1.91	Ash	70.55
Sulfur	0		
Ash	62.08		

ตารางที่ 1.10 องค์ประกอบทางเคมีของไข้อย

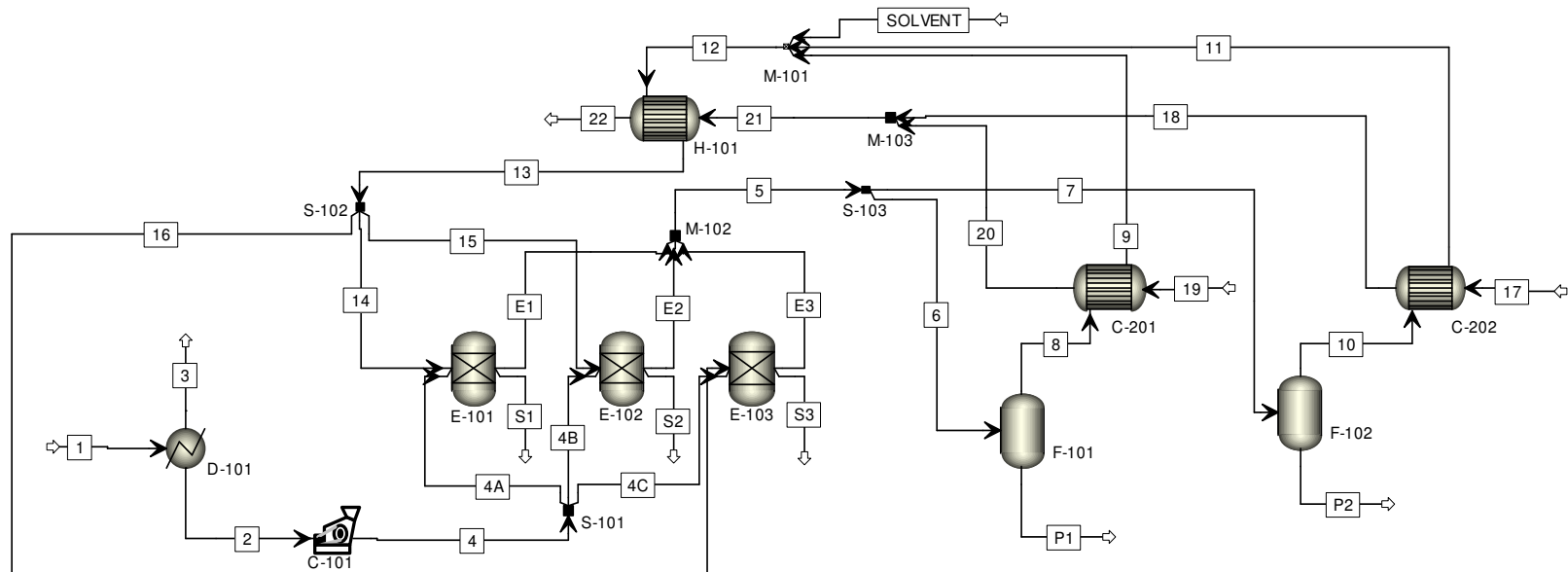
Class of compounds	Name of compounds	Composition (%w/w)
Wax ester		65.6
Fatty aldehyde	Octacosanal	9.6
Fatty alcohol	Octacosanol	9.8
Fatty acid methyl	Arachidonic acid	7.5
Sterol	β -sitosterol	7.5

1.3.4.1 กระบวนการสกัดไข้อยจากกากหม้อกรองด้วยตัวทำละลาย Hexane

เมื่อประเมินปริมาณกากหม้อกรองที่เกิดขึ้นในแต่ละโรงงาน ตลอดจนพื้นที่ตั้งของโรงงาน สามารถจำลองกระบวนการผลิตให้มีอัตราป้อนกากหม้อกรองประมาณ 580 ตันกากหม้อกรองต่อวัน (ประเมินจากโรงงานน้ำตาลในจังหวัดชัยภูมิและขอนแก่น 3 โรงงาน) จากนั้นนำไปประมวลผลในโปรแกรม Aspen Plus[®] แบบจำลองกระบวนการสกัดไข้อยโดยกระบวนการในการสกัดไข้อยจากกากหม้อกรองด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย ซึ่งนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการไปใช้สร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดไข้อยในโปรแกรม Aspen Plus[®] กระบวนการสกัดไข้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane ในถังสกัดที่ทำในห้องปฏิบัติการ เริ่มต้นด้วย นำกากหม้อกรองแห้งไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลในกระบวนการสกัด หลังจากนั้นกากหม้อกรองจะถูกส่งไปที่ถังสกัดโดยอัตราส่วนร้อยละของปริมาณกากหม้อกรองแห้งต่อตัวทำละลายเท่ากับ 4% (w/v) เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 60°C จะทำให้

ได้ผลผลิตไซออยในปริมาณที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 9 (ต่อน้ำหนักแห้งของกากหม้อกรอง) (สมบัติ ขอทวี วัฒนา และคณะ 2554)

จากขั้นตอนการสกัดไซออยด้วยตัวทำละลาย Hexane ที่ทำในห้องปฏิบัติการ นำมาพัฒนาเป็น กระบวนการสกัดไซออยที่มีขนาดอัตราป้อนกากหม้อกรองประมาณ 580 ตันกากหม้อกรองต่อวัน (ดังภาพ ที่ 1.8) ประกอบด้วยการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง (D-101) และบดด้วยเครื่องบดละเอียด (C-101) จากนั้นกากหม้อกรองถูกป้อนเข้าสู่สกัดที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 60°C จำนวน 3 ถังที่ต่อแบบขนานกัน (E-101, E-102, และ E-103) ขณะที่ Hexane ถูกป้อนและถูกเพิ่มอุณหภูมิด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (H-101) เข้าสู่ถังสกัดทั้งสามพร้อมกัน เมื่อกระบวนการสกัดเสร็จสิ้นแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการเพิ่มความบริสุทธิ์ไซออยด้วยการแยก Hexane ออกจากไซออย โดยที่กระแสผสมไซออยและ Hexane จะถูกแบ่ง ออกเป็น 2 กระแสเพื่อนำไปแยกไซออยออกจาก Hexane ด้วยเครื่อง Flash (F-101) และ เครื่อง Flash (F-102) สำหรับกากหม้อกรองที่ถูกสกัดแล้วปล่อยทิ้งที่ด้านล่างของถังสกัดแต่ละถัง สำหรับ Hexane ที่ ออกจากเครื่อง Flash ถูกควบแน่นในเครื่องควบแน่น (C-201) หรือ (C-202) และป้อนกลับไปรวมกับ Hexane ที่ป้อนใหม่เพื่อใช้เป็นตัวทำละลายในการสกัดต่อไป



รหัสของกระแสน้ำ

1 = กากหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาล / S1, S2, S3 = กากหม้อกรองที่เหลือหลังจากผ่านสกัดแล้ว/ E1, E2, E3 = สารผสมของไซอัลอย และ Hexane / 8, 9, 10, 11 = Hexane ที่นำกลับมาใช้ใหม่/ 17, 18, 19, 20, 21, 22 = น้ำที่ใช้สำหรับเครื่องลดอุณหภูมิและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน/ SOLVENT = Pure Hexane/P1, P2 = ไซอัลอย

ภาพที่ 1.8 ผังการผลิตกระบวนการสกัดไซอัลอยจากกากหม้อกรองด้วย Hexane เป็นตัวทำละลาย

ตารางที่ 1.11 รหัส ชื่อ และชนิดอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโปรแกรม Aspen Plus[®] (แสดงในภาพที่ 1.8) เพื่อจำลองกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วย Hexane

Equipment Code	Equipment Name	Equipment Types in Aspen Plus 8.4
D-101	Dryer	Flash2
C-101	Crusher	Crusher
E-101	Extractor	Sep
E-102		
E-103		
F-101	Evaporator	Flash2
F-102	(Solvent Recovery)	
C-201	Cooler	HeatX
C-202		
H-101	Heat Exchanger	HeatX
S-101	Solid-splitter	S-split
S-102	Fluid-splitter	F-split
S-103		
M-101	Mixer	Mixer
M-102		
M-103		

สมการสถานะที่ใช้คำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสาร ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ NRTL (Non-Random Two Liquid model) เป็น Thermodynamic model เพื่อประมาณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสารที่สถานะต่างๆ ในกระบวนการสกัดนี้

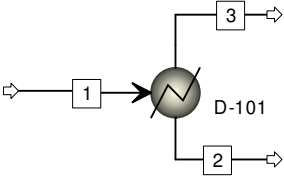
สมดุลมวลและสมดุลพลังงาน จากกระบวนการสกัดกากหม้อกรองด้วยวิธี Reflux Extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane ที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรองประมาณ 580 ตันกากหม้อกรองต่อวัน หลังจากนั้นประมวลผลด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®] แล้วพบว่า กากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน สามารถผลิตไข

อ้อยได้ 17.93 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 9 (ต่อน้ำหนักแห้งของกากหม้อกรอง) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง จึงเป็นการยืนยันว่าสมดุลมวลที่คำนวณได้จากโปรแกรม Aspen Plus[®] ถูกต้อง

เครื่องอบแห้ง (Dryer) D-101

ตารางที่ 1.12 สภาวะสำหรับการอบแห้งด้วยวิธี Reflux Extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane

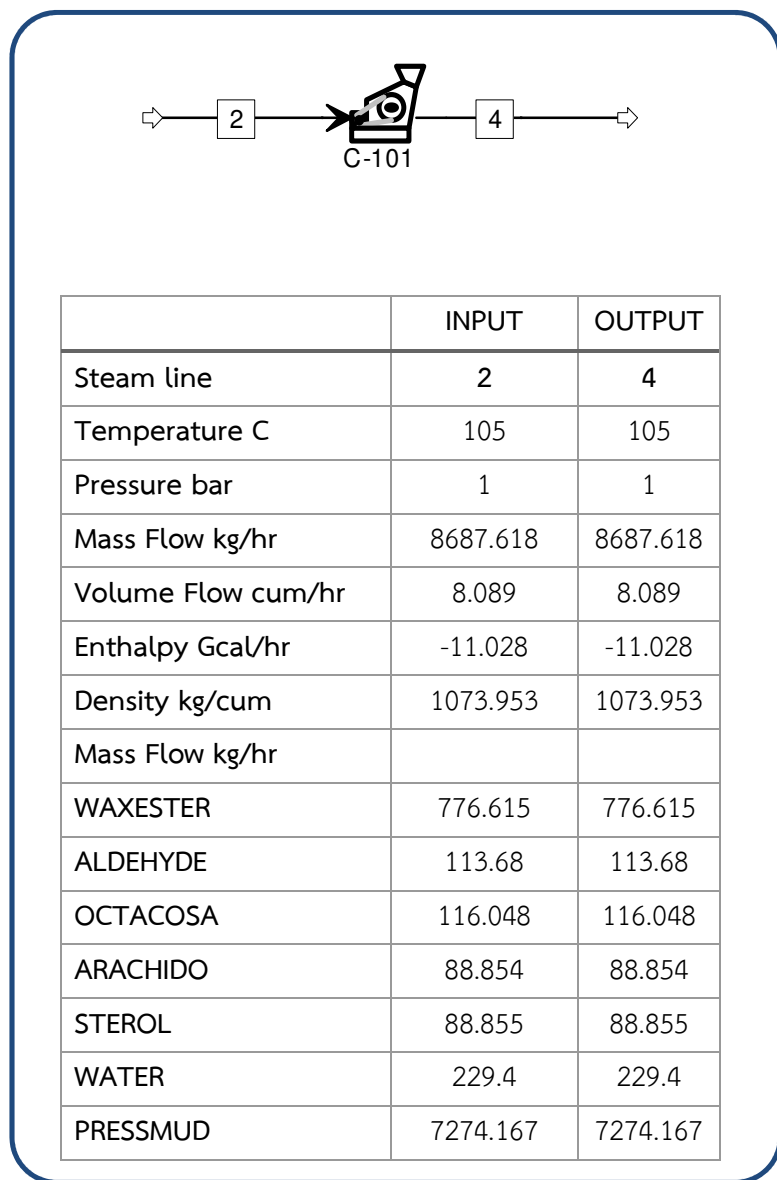
อุณหภูมิ	105°C		
ความดัน	1 bar		



	INPUT	OUTPUT	
Steam line	1	2	3
Temperature C	25	105	105
Pressure bar	1	1	1
Mass Flow kg/hr	24166.667	8687.618	15479.049
Volume Flow cum/hr	23.903	8.089	27014.137
Enthalpy Gcal/hr	-69.901	-11.028	-49.071
Density kg/cum	1011.05	1073.953	0.573
Mass Flow kg/hr			
WAXESTER	776.717	776.615	0.102
ALDEHYDE	113.687	113.68	0.006
OCTACOSA	116.051	116.048	0.004
ARACHIDO	88.855	88.854	0.001
STEROL	88.855	88.855	trace
WATER	15708.336	229.4	15478.936
PRESSMUD	7274.167	7274.167	

ภาพที่ 1.9 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Dryer (D-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

เครื่องบดละเอียด (Crusher) C-101

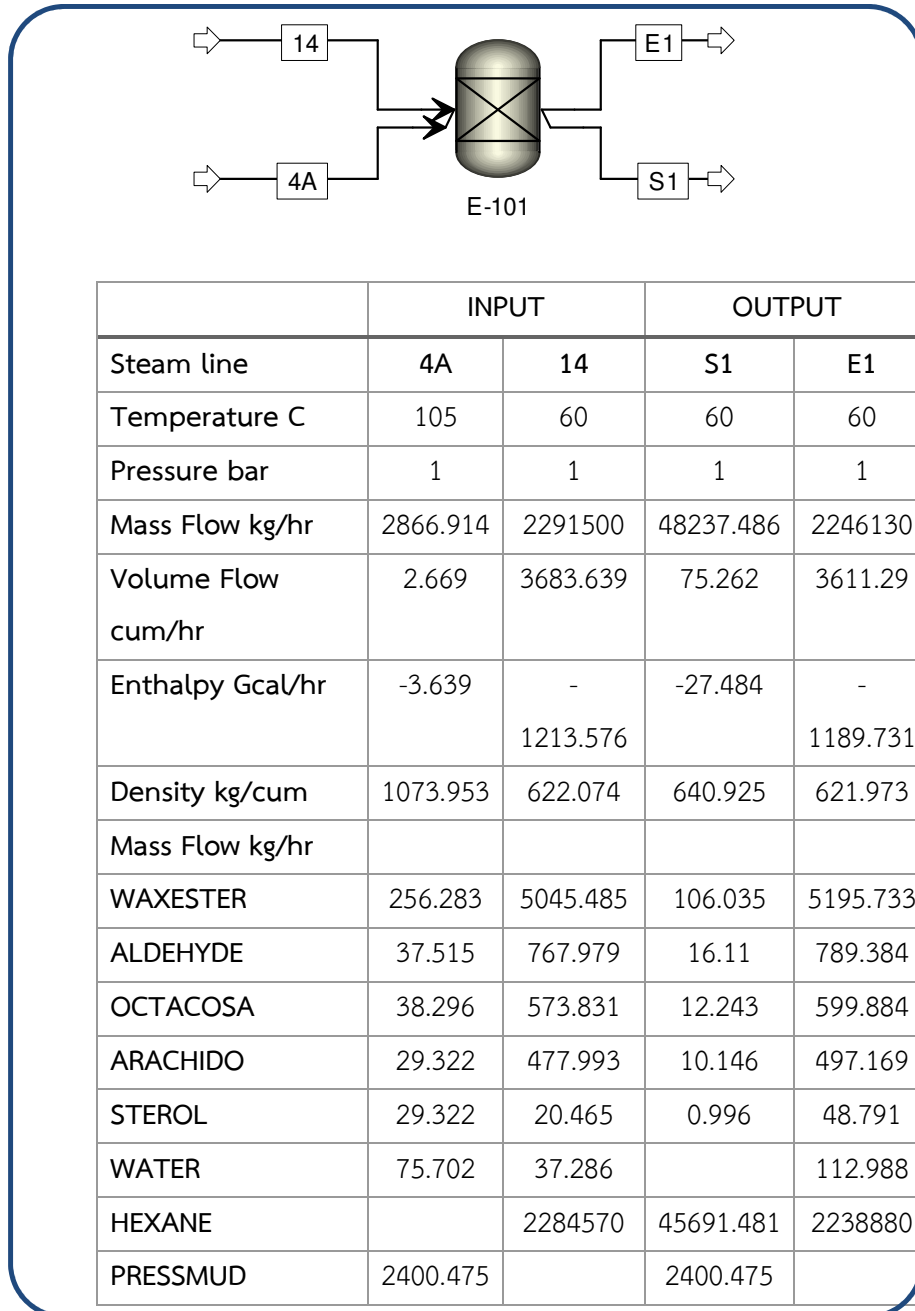


ภาพที่ 1.10 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Crusher (C-101) ในกระบวนการสกัดไข
อ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

ถังสกัด (Extractor) 3 ถังที่ต่อแบบขนาน

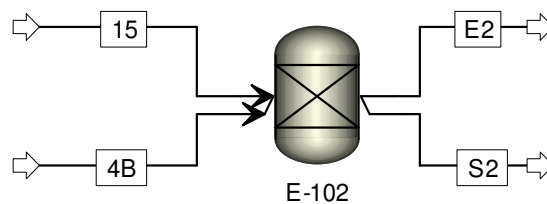
งานวิจัยนี้เลือกต่อถังสกัดจำนวน 3 ถังแบบขนานกันเนื่องจากมีผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ
สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการจำลองกระบวนการสกัด นอกจากนี้การต่อถังสกัดแบบขนานช่วยป้องกันให้
กระบวนการดำเนินงานได้ต่อเนื่องหากมีเครื่องใดเครื่องหนึ่งชำรุด

ถังที่ 1 E-101



ภาพที่ 1.11 ผลการคำนวณสมมูลมวลและสมมูลพลังงานของ Extractor (E-101) ในกระบวนการสกัด
ไข้อยู่ด้วยตัวทำละลาย Hexane

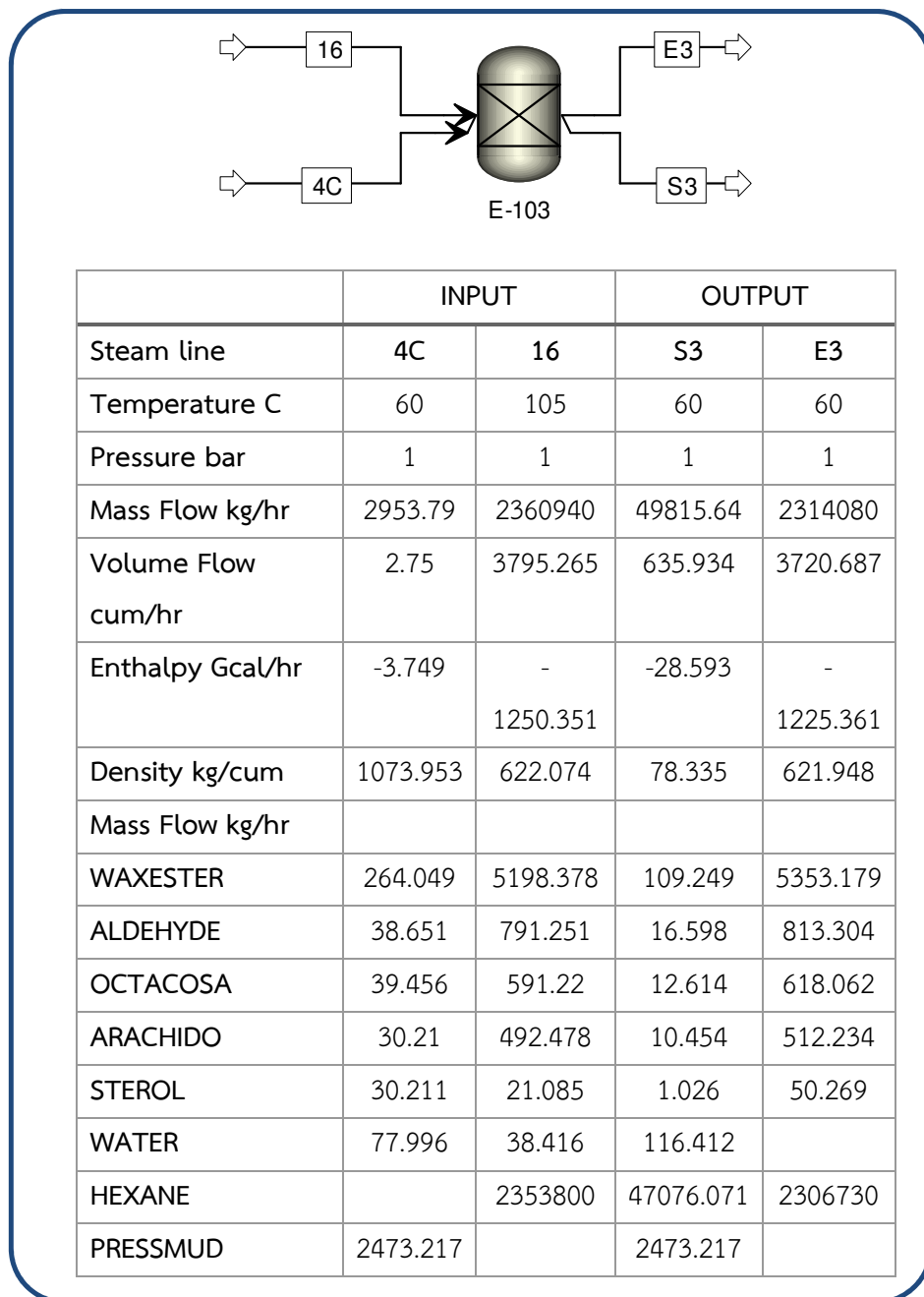
ถังที่ 2 E-102



	INPUT		OUTPUT	
Steam line	4B	15	S2	E2
Temperature C	60	105	60	60
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	2291500	2866.914	2246010	48350.474
Volume Flow cum/hr	3683.639	2.669	3611.255	617.23
Enthalpy Gcal/hr	- 1213.576	-3.639	- 1189.321	-27.752
Density kg/cum	622.074	1073.953	621.948	78.335
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	5045.485	256.283	5195.733	106.035
ALDEHYDE	767.979	37.515	789.384	16.11
OCTACOSA	573.831	38.296	599.884	12.243
ARACHIDO	477.993	29.322	497.169	10.146
STEROL	20.465	29.322	48.791	0.996
WATER	37.286	75.702		112.988
HEXANE	2284570		2238880	45691.481
PRESSMUD		2400.475		2400.475

ภาพที่ 1.12 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

ถังที่ 3 E-103



ภาพที่ 1.13 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

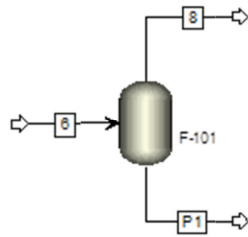
เครื่องทำระเหย (Evaporator) เพื่อนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (Solvent Recovery) และการทำ
บริสุทธิ์ของไซออย

เมื่อปรับค่าอุณหภูมิในเครื่องทำระเหยแปรผันตรงกับความบริสุทธิ์ของไซออยที่แยกได้จากกระแส
ผสม นั่นคือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องทำระเหยให้สูงขึ้นจะทำให้แยกไซออยให้มีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น
ด้วย พบว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำบริสุทธิ์ของไซออยคือ 250°C ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำใน
กระแส 17 ในภาพที่ 1.17 และ กระแส 19 ในภาพที่ 1.16 ที่ป้อนเข้าเครื่องลดอุณหภูมิ (C-201) และ (C-
202) ตามลำดับ เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในเครื่องทำระเหยที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.13 สภาวะสำหรับเครื่องทำระเหยด้วยวิธี Reflux Extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane

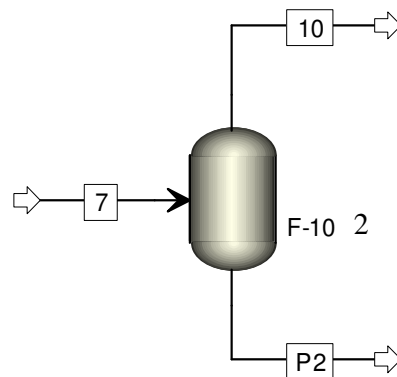
อุณหภูมิ	250°C
ความดัน	1 bar

F-101



	INPUT	OUTPUT	
Steam line	6	P1	8
Temperature C	60	250	250
Pressure bar	1	1	1
Mass Flow kg/hr	3403110	373.654	3402730
Volume Flow cum/hr	5471.615	1.071	1713340
Enthalpy Gcal/hr	- 1802.207	-0.141	-1180.834
Density kg/cum	621.957	348.916	1.986
Mass Flow kg/hr			
WAXESTER	7872.459	227.784	7644.674
ALDEHYDE	1196.056	32.451	1163.605
OCTACOSA	908.933	39.493	869.441
ARACHIDO	753.3	29.068	724.232
STEROL	73.922	42.915	31.007
WATER	56.494	< 0.001	56.494
HEXANE	3392250	1.943	3392240

ภาพที่ 1.14 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Evaporator (F-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane



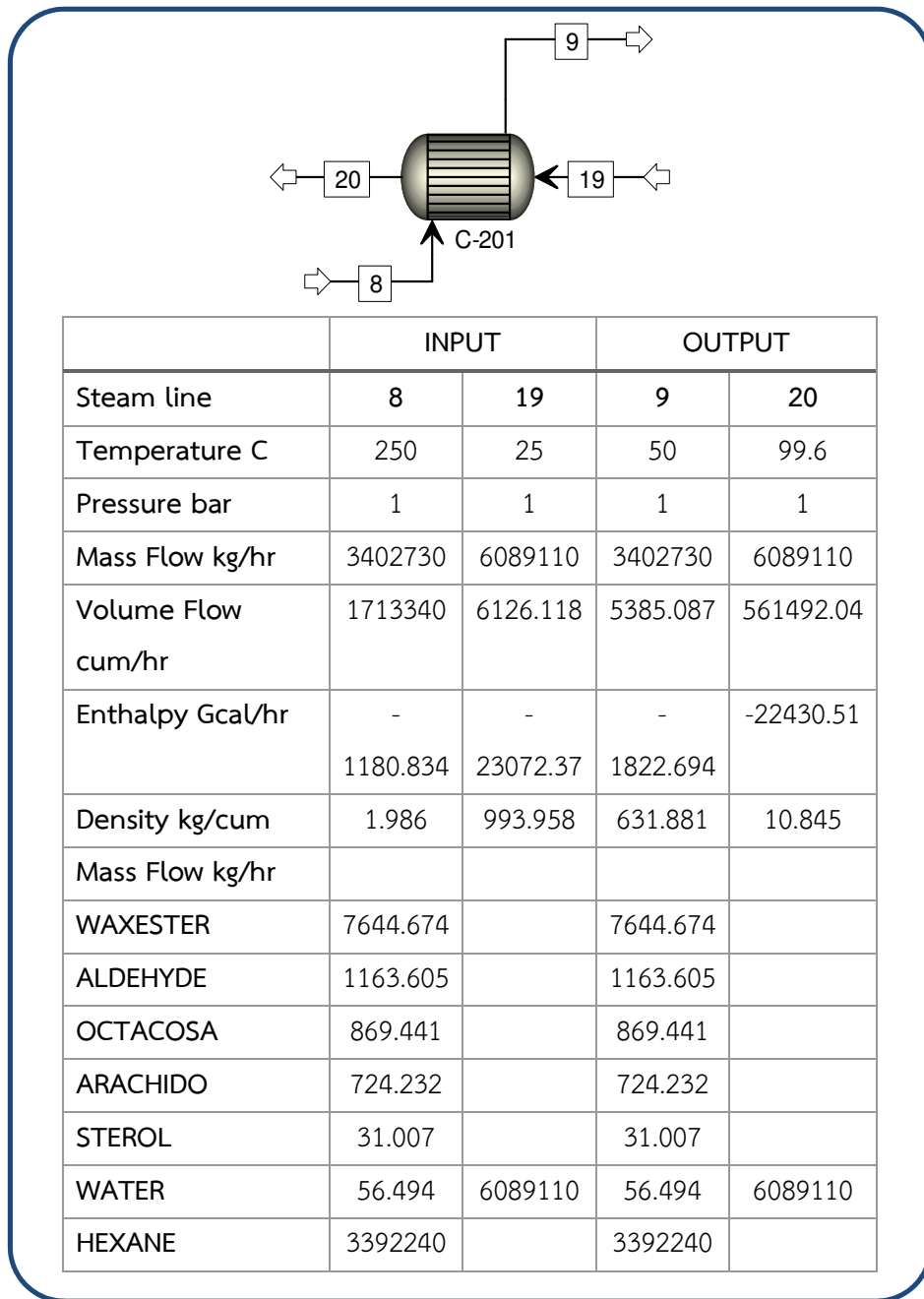
	INPUT	OUTPUT	
Steam line	7	10	P2
Temperature C	60	250	250
Pressure bar	1	1	1
Mass Flow kg/hr	3403110	3402730	373.654
Volume Flow cum/hr	5471.615	1713340	1.071
Enthalpy Gcal/hr	- 1802.207	-1180.834	-0.141
Density kg/cum	621.957	1.986	348.916
Mass Flow kg/hr			
WAXESTER	7872.459	7644.674	227.784
ALDEHYDE	1196.056	1163.605	32.451
OCTACOSA	908.933	869.441	39.493
ARACHIDO	753.3	724.232	29.068
STEROL	73.922	31.007	42.915
WATER	56.494	56.494	< 0.001
HEXANE	3392250	3392240	1.943

ภาพที่ 1.15 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Evaporator (F-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

เครื่องลดอุณหภูมิ (Cooler) 2 เครื่องต่อขนาน C-201 และ C202

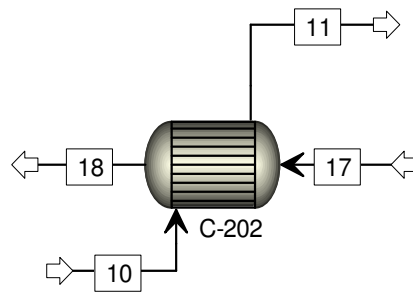
ดังที่กล่าวในหัวข้อเครื่องทำระเหย ว่ากระแสของตัวทำละลาย Hexane ที่ออกจากเครื่องทำระเหยแล้วเข้าสู่เครื่องลดอุณหภูมิ C-201 และ C-202 มีอุณหภูมิสูง จึงเป็นผลให้ต้องใช้ปริมาณน้ำมากสำหรับลดอุณหภูมิตัวละลาย ที่ต้องใช้ในกระแส 17 ในภาพที่ 1.17 และ กระแส 19 ในภาพที่ 1.16

C-201



ภาพที่ 1.16 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Cooler (C-201) ในกระบวนการสกัดไขด้วยตัวทำละลาย Hexane

C-202

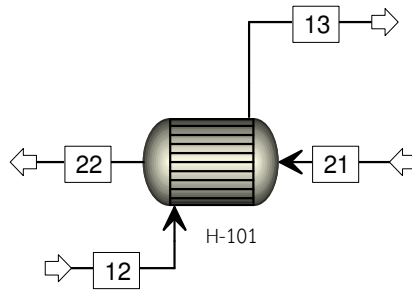


	INPUT		OUTPUT	
Steam line	17	10	11	18
Temperature C	25	250	50	99.6
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	6089110	3402730	3402730	6089110
Volume Flow cum/hr	6126.118	1713340	5385.087	561492.04
Enthalpy Gcal/hr	-	-	-	-22430.51
	23072.37	1180.834	1822.694	
Density kg/cum	993.958	1.986	631.881	10.845
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER		7644.674	7644.674	
ALDEHYDE		1163.605	1163.605	
OCTACOSA		869.441	869.441	
ARACHIDO		724.232	724.232	
STEROL		31.007	31.007	
WATER	6089110	56.494	56.494	6089110
HEXANE		3392240	3392240	

ภาพที่ 1.17 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Cooler (C-202) ในกระบวนการสกัดไข
อ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

H-101

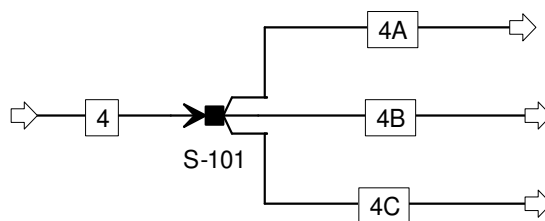


	INPUT		OUTPUT	
Steam line	12	21	13	22
Temperature C	49.5	99.6	60	99.6
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	6943930	12178200	6943930	12178200
Volume Flow cum/hr	10980.507	1122980	11162.544	982629.28
Enthalpy Gcal/hr	-3721.562	- 44861.02	-3677.503	-44905.08
Density kg/cum	632.387	10.845	622.074	12.393
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	15289.348		15289.348	
ALDEHYDE	2327.21		2327.21	
OCTACOSA	1738.881		1738.881	
ARACHIDO	1448.464		1448.464	
STEROL	62.014		62.014	
WATER	112.988	12178200	112.988	12178200
HEXANE	6922950		6922950	

ภาพที่ 1.18 ผลการคำนวณสมมูลมวลและสมมูลพลังงานของ Heat Exchanger (H-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

เครื่องแยกกระแสป้อนของแข็ง (Solid-splitter)

S-101

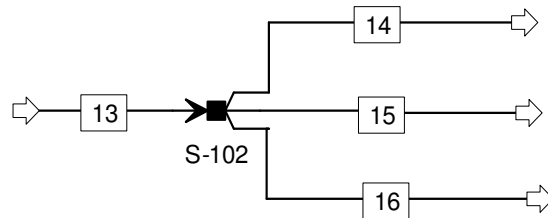


	INPUT	OUTPUT		
Steam line	4	4A	4B	4C
Temperature C	105	105	105	105
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	8687.618	2866.914	2866.914	2953.79
Volume Flow cum/hr	8.089	2.669	2.669	2.75
Enthalpy Gcal/hr	-11.028	-3.639	-3.639	-3.749
Density kg/cum	1073.953	1073.953	1073.953	1073.953
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	776.615	256.283	256.283	264.049
ALDEHYDE	113.68	37.515	37.515	38.651
OCTACOSA	116.048	38.296	38.296	39.456
ARACHIDO	88.854	29.322	29.322	30.21
STEROL	88.855	29.322	29.322	30.211
WATER	229.4	75.702	75.702	77.996
PRESSMUD	7274.167	2400.475	2400.475	2473.217

ภาพที่ 1.19 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Solid-splitter (S-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

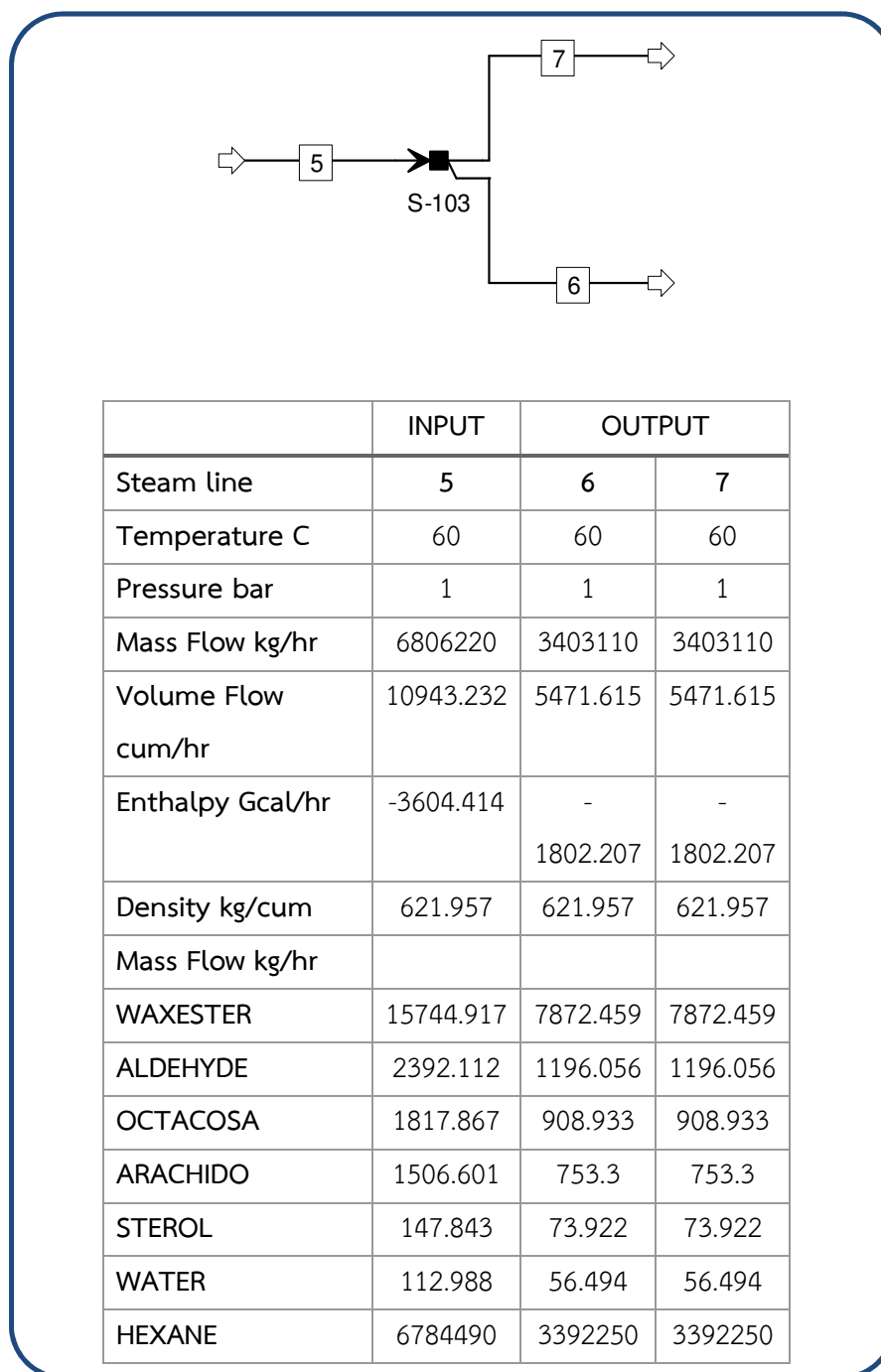
เครื่องแยกกระแสของไหล (Fluid-splitter)

S-102



	INPUT	OUTPUT			
Steam line	13	14	15	16	
Temperature C	60	60	60	60	
Pressure bar	1	1	1	1	
Mass Flow kg/hr	6943930	2291500	2291500	2360940	
Volume Flow cum/hr	11162.544	3683.639	3683.639	3795.265	
Enthalpy Gcal/hr	-3677.503	-	-	-	
		1213.576	1213.576	1250.351	
Density kg/cum	622.074	622.074	622.074	622.074	
Mass Flow kg/hr					
WAXESTER	15289.348	5045.485	5045.485	5198.378	
ALDEHYDE	2327.21	767.979	767.979	791.251	
OCTACOSA	1738.881	573.831	573.831	591.22	
ARACHIDO	1448.464	477.993	477.993	492.478	
STEROL	62.014	20.465	20.465	21.085	
WATER	112.988	37.286	37.286	38.416	
HEXANE	6922950	2284570	2284570	2353800	

ภาพที่ 1.20 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

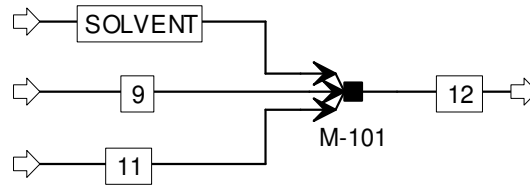


ภาพที่ 1.21 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

เครื่องผสม (Mixer)

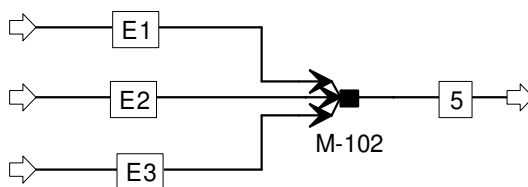
กระแส 9 และ กระแส 11 แสดงถึงกระแสที่มี Hexane เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งเกิดจากการแยกตัวทำละลายในเครื่องลดอุณหภูมิ C-201 และ C-202 ตามลำดับ ตัวทำละลาย Hexane ในกระแส 9 และ กระแส 11 ถูกนำมารีไซเคิลโดยรวมกับกระแส Hexane ที่ป้อนเข้าใหม่ในกระแส SOLVENT เข้าใช้เป็นตัวทำละลายในกระบวนการต่อไป

M-101



	INPUT			OUTPUT
Steam line	Solvent	9	11	12
Temperature C	25	50	50	49.5
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	138462.92	3402730	3402730	6943930
Volume Flow cum/hr	210.55	5385.087	5385.087	10980.507
Enthalpy Gcal/hr	-76.174	-	-	-3721.562
		1822.694	1822.694	
Density kg/cum	657.624	631.881	631.881	632.387
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER		7644.674	7644.674	15289.348
ALDEHYDE		1163.605	1163.605	2327.21
OCTACOSA		869.441	869.441	1738.881
ARACHIDO		724.232	724.232	1448.464
STEROL		31.007	31.007	62.014
WATER		56.494	56.494	112.988
HEXANE	138462.92	3392240	3392240	6922950

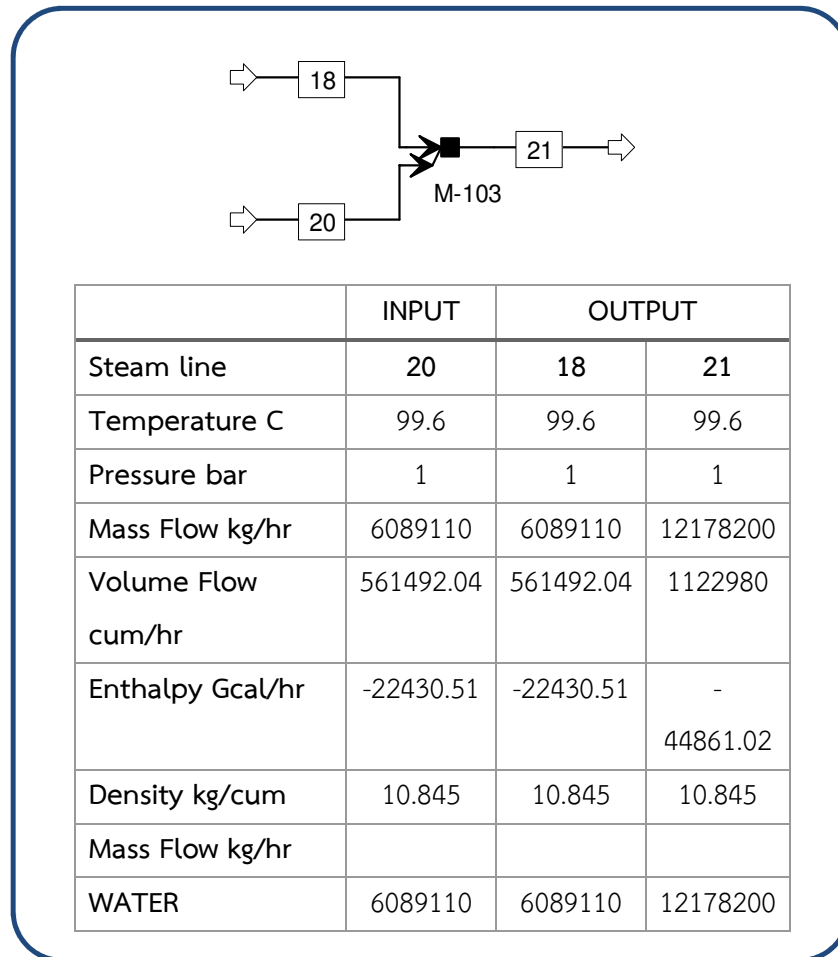
ภาพที่ 1.22 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยตัวทำละลาย Hexane



	INPUT			OUTPUT
Steam line	E1	E2	E3	5
Temperature C	60	60	60	60
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	2246130	2246010	2314080	6806220
Volume Flow cum/hr	3611.29	3611.255	3720.687	10943.232
Enthalpy Gcal/hr	-	-	-	-3604.414
	1189.731	1189.321	1225.361	
Density kg/cum	621.973	621.948	621.948	621.957
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	5195.733	5195.733	5353.179	15744.917
ALDEHYDE	789.384	789.384	813.304	2392.112
OCTACOSA	599.884	599.884	618.062	1817.867
ARACHIDO	497.169	497.169	512.234	1506.601
STEROL	48.791	48.791	50.269	147.843
WATER	112.988			112.988
HEXANE	2238880	2238880	2306730	6784490

ภาพที่ 1.23 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-102) ในกระบวนการสกัดไข
 อ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

M-103



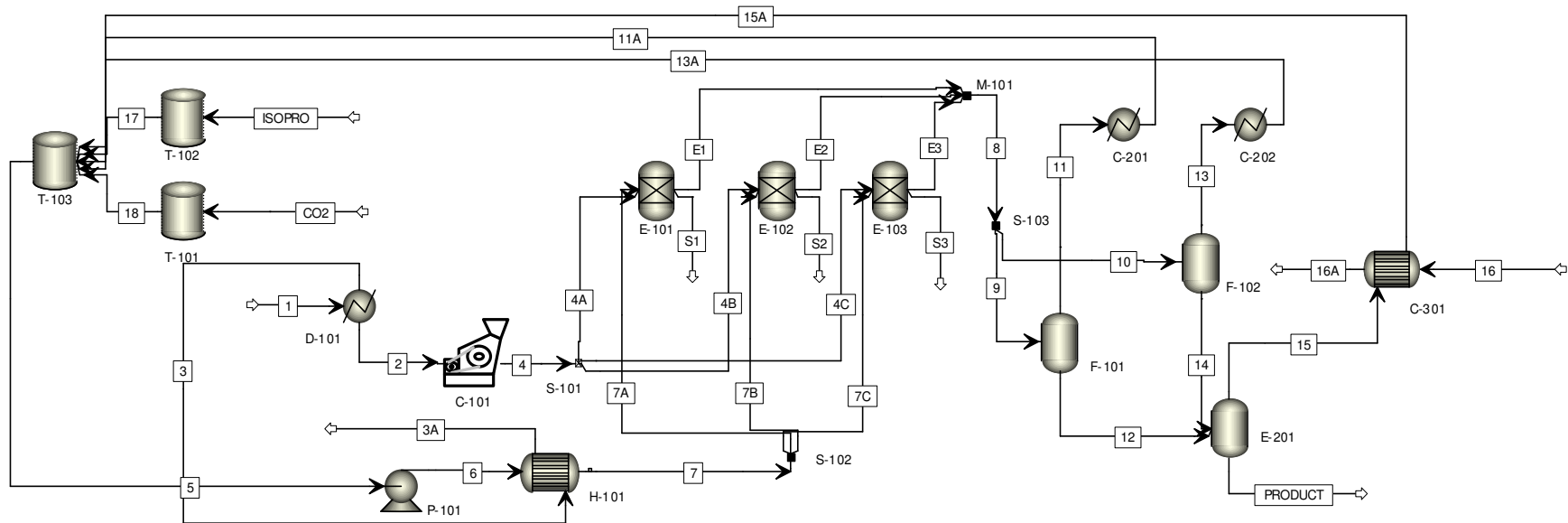
ภาพที่ 1.24 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane

1.3.4.2 กระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค sc-CO₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (Co-solvent)

การจำลองกระบวนการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค sc-CO₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วมซึ่งเริ่มจากนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการไปใช้สร้างแบบจำลองกระบวนการสกัดไขอ้อยในโปรแกรม Aspen Plus[®] กากหม้อกรองเหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาลจะประกอบด้วยปริมาณความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 65 หลังจากนั้นนำกากหม้อกรองเปียกไปทำแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105°C เพื่อให้ได้กากหม้อกรองแห้ง ไปใช้ในกระบวนการสกัดต่อไป

กระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค sc-CO₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วมเริ่มต้นด้วยนำกากหม้อกรองแห้งไปบดด้วยเครื่องบดละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลในกระบวนการสกัด หลังจากนั้นกากหม้อกรองจะถูกส่งไปที่ถังสกัดโดยอัตราส่วนร้อยละของปริมาณกากหม้อกรองแห้งต่อ Isopropanol เท่ากับ เป็น 1 g ต่อ 1 mL และใส่ CO₂ ที่สถานะ Supercritical Fluid อุณหภูมิ 80°C และ ความดัน 200 bar จะทำให้ได้ผลผลิตไขอ้อยในปริมาณที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 5 (ต่อน้ำหนักแห้งของกากหม้อกรอง)

จากขั้นตอนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค sc-CO₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วมที่ทำในห้องปฏิบัติการ นำมาพัฒนาเป็นกระบวนการสกัดไขอ้อยที่มีขนาดอัตราป้อนกากหม้อกรองประมาณ 580 ตันกากหม้อกรองต่อวัน (ดังภาพที่ 1.24) เริ่มต้นด้วยการป้อน Liquid CO₂ เข้าถัง (T-101) และ Isopropanol เข้าถัง (T-102) นำมาผสมรวมกันตามอัตราส่วนในถัง (T-103) จากนั้นสารละลายผสมถูกเพิ่มความดัน 200 bar ด้วยปั๊ม(P-101) และ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 80°C ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (H-101) เพื่อป้อนเข้าถังสกัดจำนวน 3 ถังที่ต่อแบบขนานกัน (E-101, E-102, และ E-103) สำหรับการเตรียมกากหม้อกรองเริ่มจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง (D-101) และบดด้วยเครื่องบดละเอียด (C-101) จากนั้นกากหม้อกรองถูกป้อนเข้าถังสกัดที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 80°C และ ความดัน 200 bar จำนวน 3 ถังที่ต่อแบบขนานกัน เมื่อกระบวนการสกัดเสร็จสิ้นแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการเพิ่มความบริสุทธิ์ไขอ้อยด้วยการแยก CO₂ ออกจากของผสมระหว่างไขอ้อยและ Isopropanol ด้วยเครื่อง Flash (F-101) หรือเครื่อง Flash (F-102) สำหรับกากหม้อกรองที่ถูกสกัดแล้วปล่อยทิ้งที่ด้านล่างของถังสกัดแต่ละถัง สำหรับ CO₂ ที่ออกจากเครื่อง Flash ถูกควบแน่นในเครื่องควบแน่น (C-201) หรือ (C-202) และป้อนกลับไปเก็บในถังเก็บ (T-103) สำหรับของผสมระหว่างไขอ้อยและ Isopropanol ที่ออกจากด้านล่างของเครื่อง Flash จะถูกทำให้ไขอ้อยบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นด้วยการระเหย Isopropanol ในเครื่องทำระเหย (E-201) และทำให้กลายเป็นของเหลวในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (C-301) และป้อนกลับไปเก็บในถังเก็บ (T-103) เพื่อนำกลับไปใช้เป็นตัวทำละลายร่วมต่อไป



รหัสของกระแส

1 = กากหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาล/ 3A = ไอน้ำที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน/ S1, S2, S3 = กากหม้อกรองที่เหลือหลังจากผ่านสกัดแล้ว/ E1, E2, E3 = สารผสมของไซออย CO₂ และ Isopropanol/ 11, 11A, 13, 13A = CO₂ และ Isopropanol ที่นำกลับมาใช้ใหม่/ 16, 16A = น้ำที่ใช้สำหรับเครื่องลดอุณหภูมิ/ CO₂ = Pure Carbon dioxide/ ISOPRO = Pure Isopropanol/PRODUCT = ไซออย

ภาพที่ 1.25 ผังการผลิตกระบวนการสกัดไซออยจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction(SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

ตารางที่ 1.14 รหัส ชื่อ และชนิดอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในโปรแกรม Aspen Plus[®] (แสดงในภาพที่ 1.25) เพื่อจำลองกระบวนการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองด้วย เทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol

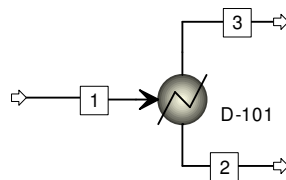
Equipment Code	Equipment Name	Equipment Types in Aspen Plus 8.4
D-101	Dryer	Flash2
C-101	Crusher	Crusher
E-101	Extractor	Sep
E-102		
E-103		
F-101	CO ₂ Recovery Column	Flash2
F-102		
E-201	Evaporator	Flash2
C-201	Condenser	Heater
C-202		
C-301	Cooler	HeatX
T-101	Tank Storage	Mixer
T-102		
T-103		
P-101	Pump	Pump
H-101	Heat Exchanger	HeatX
S-101	Solid-splitter	S-split
S-102	Fluid-splitter	F-split
S-103		
M-101	Mixer	Mixer

สมการสภาวะที่ใช้คำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสาร ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ NRTL (Non-Random Two Liquid model) เป็น Thermodynamic model เพื่อประมาณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสารที่สภาวะต่างๆ ในกระบวนการสกัดนี้ และจากสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน จากกระบวนการสกัดกากหม้อกรองด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม ที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรองประมาณ 580 ตันกากหม้อกรองต่อวัน หลังจากนั้นประมวลผลด้วยโปรแกรม Aspen Plus[®] แล้วจะพบว่า กากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน สามารถผลิตไฮออยได้ 10.26 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 5 (ต่อน้ำหนักแห้งของกากหม้อกรอง) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง จึงเป็นการยืนยันว่าสมดุลมวลที่คำนวณได้จากโปรแกรม Aspen Plus[®] ถูกต้อง

เครื่องอบแห้ง (Dryer) D-101

ตารางที่ 1.15 สภาวะสำหรับการอบแห้งด้วย เทคนิค sc-CO₂ โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวช่วยการละลาย

อุณหภูมิ	105°C
ความดัน	1 bar

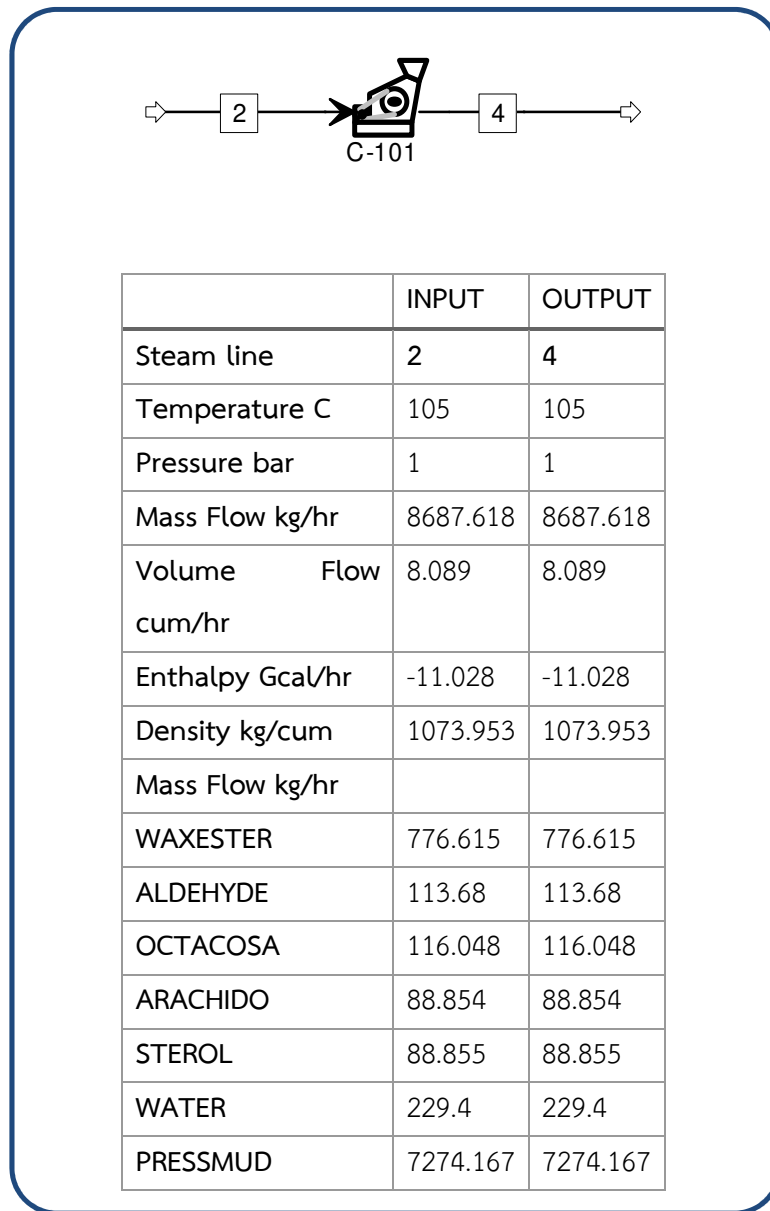


	INPUT	OUTPUT	
Steam line	1	2	3
Temperature C	25	105	105
Pressure bar	1	1	1
Mass Flow kg/hr	24166.667	8687.618	15479.049
Volume Flow cum/hr	23.903	8.089	27014.137
Enthalpy Gcal/hr	-69.901	-11.028	-49.071
Density kg/cum	1011.05	1073.953	0.573
Mass Flow kg/hr			
WAXESTER	776.717	776.615	0.102
ALDEHYDE	113.687	113.68	0.006
OCTACOSA	116.051	116.048	0.004
ARACHIDO	88.855	88.854	0.001
STEROL	88.855	88.855	trace
WATER	15708.336	229.4	15478.936
PRESSMUD	7274.167	7274.167	

ภาพที่ 1.26 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Dryer (D-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เครื่องบดละเอียด (Crusher)

C-101

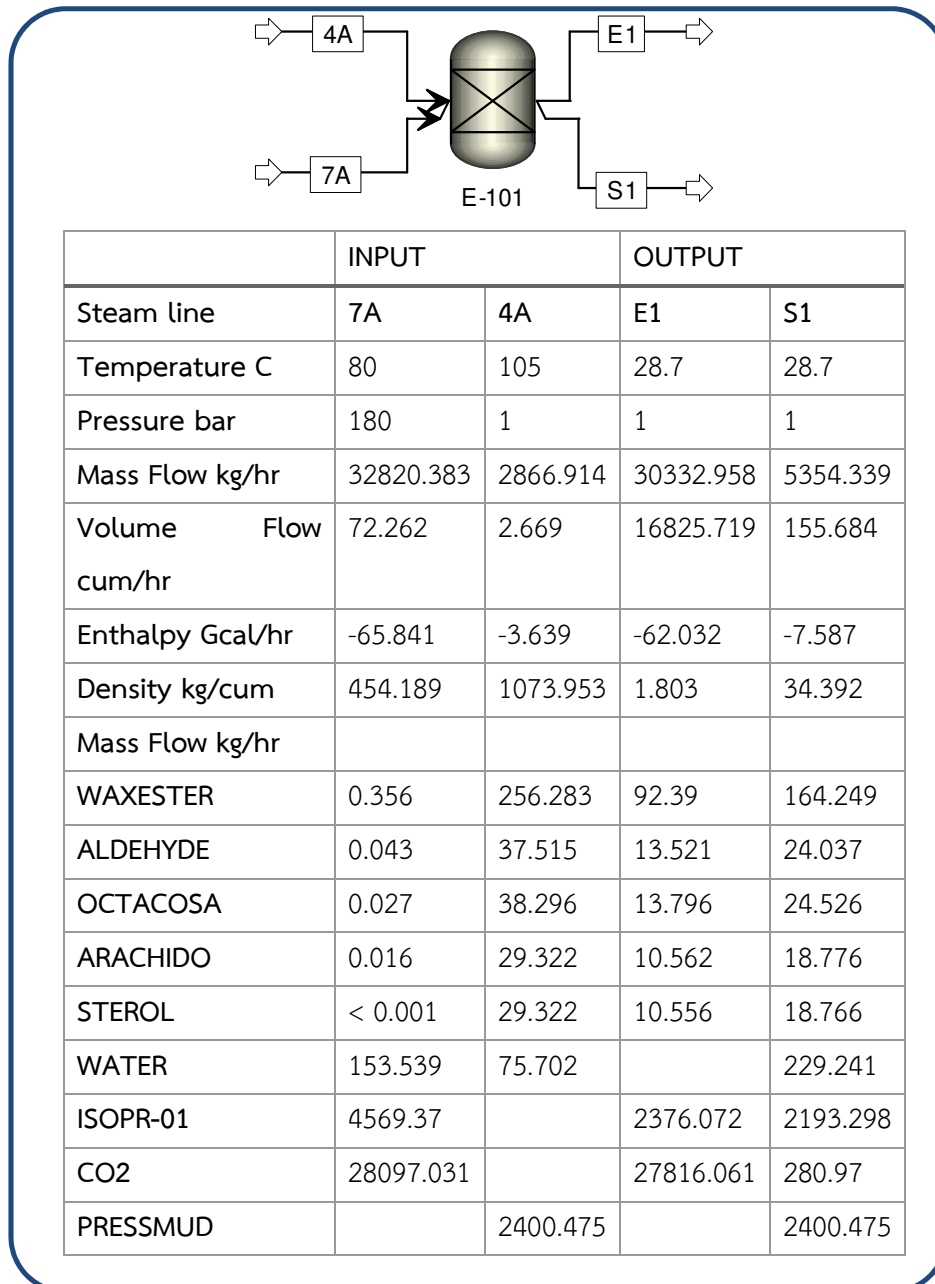


ภาพที่ 1.27 ผลการคำนวณสมมูลมวลและสมมูลพลังงานของ Crusher (C-101) ในกระบวนการสกัดไขด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

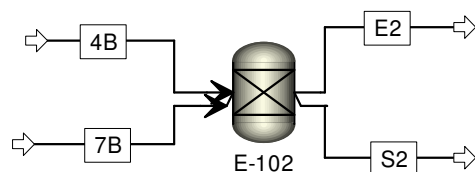
ถังสกัด (Extractor) 3 ถังที่ต่อแบบขนาน

เพื่อให้ผลของการประเมินราคาขายไขอ้อยที่สกัดได้จากกระบวนการทั้งสองกระบวนการสามารถเทียบเคียงกันได้ จึงกำหนดจำนวนถังสกัดเท่ากับ 3 ถัง

ถังที่ 1 E-101



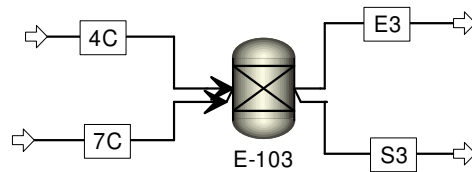
ภาพที่ 1.28 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม



	INPUT		OUTPUT	
Steam line	7B	4B	E2	S2
Temperature C	80	105	28.7	28.7
Pressure bar	180	1	1	1
Mass Flow kg/hr	32820.383	2866.914	5125.098	30562.199
Volume Flow cum/hr	72.262	2.669	164.265	17089.192
Enthalpy Gcal/hr	-65.841	-3.639	-6.718	-62.79
Density kg/cum	454.189	1073.953	31.2	1.788
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	0.356	256.283	164.249	92.39
ALDEHYDE	0.043	37.515	24.037	13.521
OCTACOSA	0.027	38.296	24.526	13.796
ARACHIDO	0.016	29.322	18.776	10.562
STEROL	< 0.001	29.322	18.766	10.556
WATER	153.539	75.702		229.241
ISOPR-01	4569.37		2193.298	2376.072
CO2	28097.031		280.97	27816.061
PRESSMUD		2400.475	2400.475	

ภาพที่ 1.29 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-102) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

ถังที่ 3 E-103



	INPUT		OUTPUT	
Steam line	7C	4C	S3	E3
Temperature C	80	105	28.7	28.7
Pressure bar	180	1	1	1
Mass Flow kg/hr	33814.94	2953.79	5280.404	31488.326
Volume Flow cum/hr	74.451	2.75	169.243	17607.046
Enthalpy Gcal/hr	-67.836	-3.749	-6.921	-64.693
Density kg/cum	454.189	1073.953	31.2	1.788
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	0.367	264.049	169.226	95.19
ALDEHYDE	0.044	38.651	24.765	13.93
OCTACOSA	0.028	39.456	25.27	14.214
ARACHIDO	0.017	30.21	19.345	10.882
STEROL	< 0.001	30.211	19.335	10.876
WATER	158.191	77.996		236.187
ISOPR-01	4707.836		2259.761	2448.075
CO2	28948.456		289.485	28658.972
PRESSMUD		2473.217	2473.217	

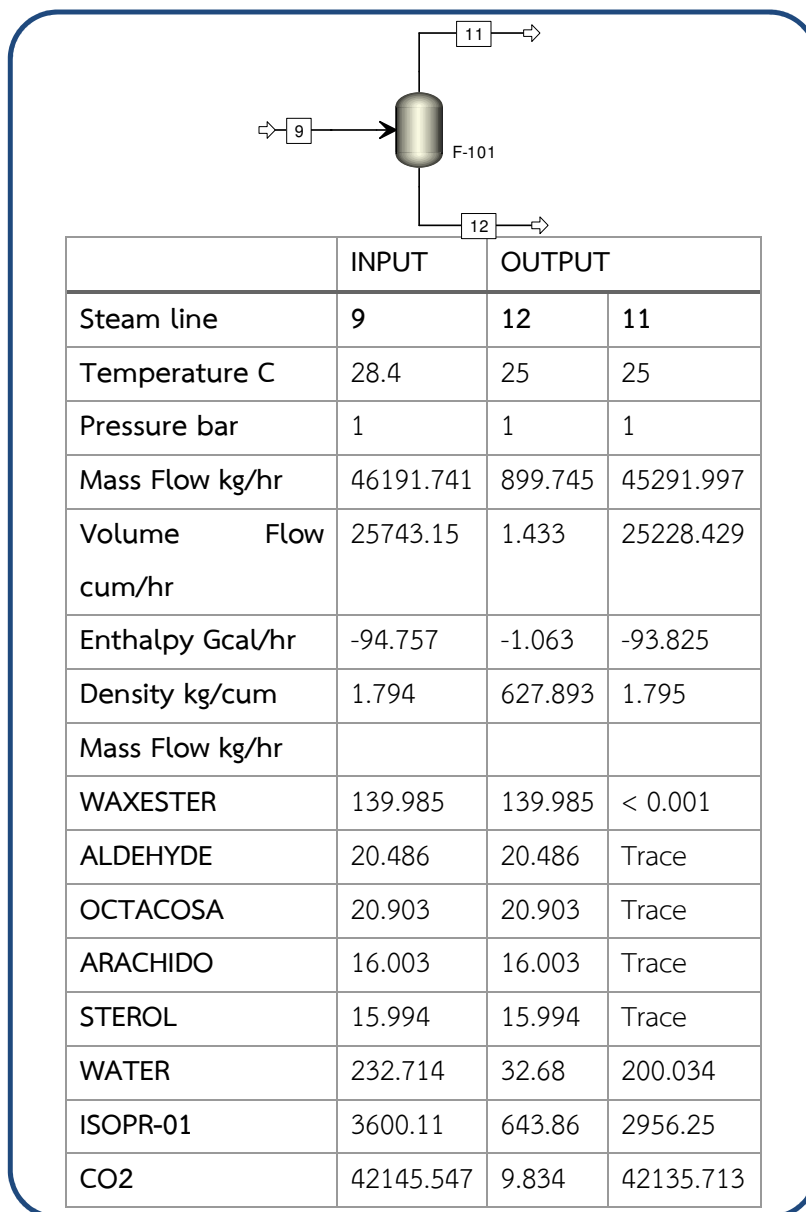
ภาพที่ 1.30 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Extractor (E-103) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เครื่องทำระเหยเพื่อนำ CO₂ กลับมาใช้ใหม่ (CO₂ Recovery Column)

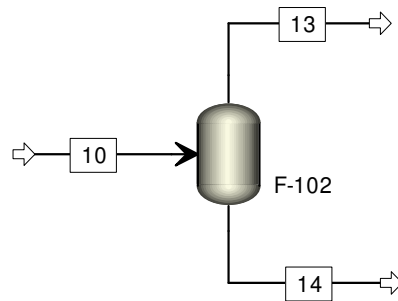
ตารางที่ 1.16 สภาวะสำหรับ CO₂ Recovery Column ด้วย เทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol

อุณหภูมิ	25°C
ความดัน	1 bar

F-101



ภาพที่ 1.31 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ CO₂ Recovery Column (F-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม



	INPUT	OUTPUT	
Steam line	10	13	14
Temperature C	28.4	25	25
Pressure bar	1	1	1
Mass Flow kg/hr	46191.741	45291.997	899.745
Volume Flow cum/hr	25743.15	25228.429	1.433
Enthalpy Gcal/hr	-94.757	-93.825	-1.063
Density kg/cum	1.794	1.795	627.893
Mass Flow kg/hr			
WAXESTER	139.985	< 0.001	139.985
ALDEHYDE	20.486	Trace	20.486
OCTACOSA	20.903	Trace	20.903
ARACHIDO	16.003	Trace	16.003
STEROL	15.994	Trace	15.994
WATER	232.714	200.034	32.68
ISOPR-01	3600.11	2956.25	643.86
CO2	42145.547	42135.713	9.834

ภาพที่ 1.32 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ CO₂ Recovery Column (F-102) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

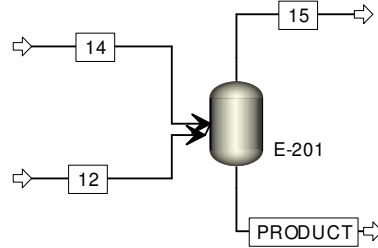
เครื่องทำระเหย (Evaporator) เพื่อนำ Isopropanol กลับมาใช้ใหม่และการทำบริสุทธิ์ของไซออย

เมื่อปรับค่าอุณหภูมิในเครื่องทำระเหยแปรผันตรงกับความบริสุทธิ์ของไซออยที่แยกได้จากกระแสผสม นั่นคือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในเครื่องทำระเหยให้สูงขึ้นจะทำให้แยกไซออยให้มีความบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้น ด้วย พบว่าค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำบริสุทธิ์ของไซออยคือ 200°C ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำในกระแส 16 ที่ป้อนเข้าเครื่องลดอุณหภูมิ (C-301) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในเครื่องทำระเหยที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.17 สภาวะสำหรับ Evaporator ด้วย เทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วย ตัวช่วยทำละลาย Isopropanol

อุณหภูมิ	200°C
ความดัน	1 bar

E-201

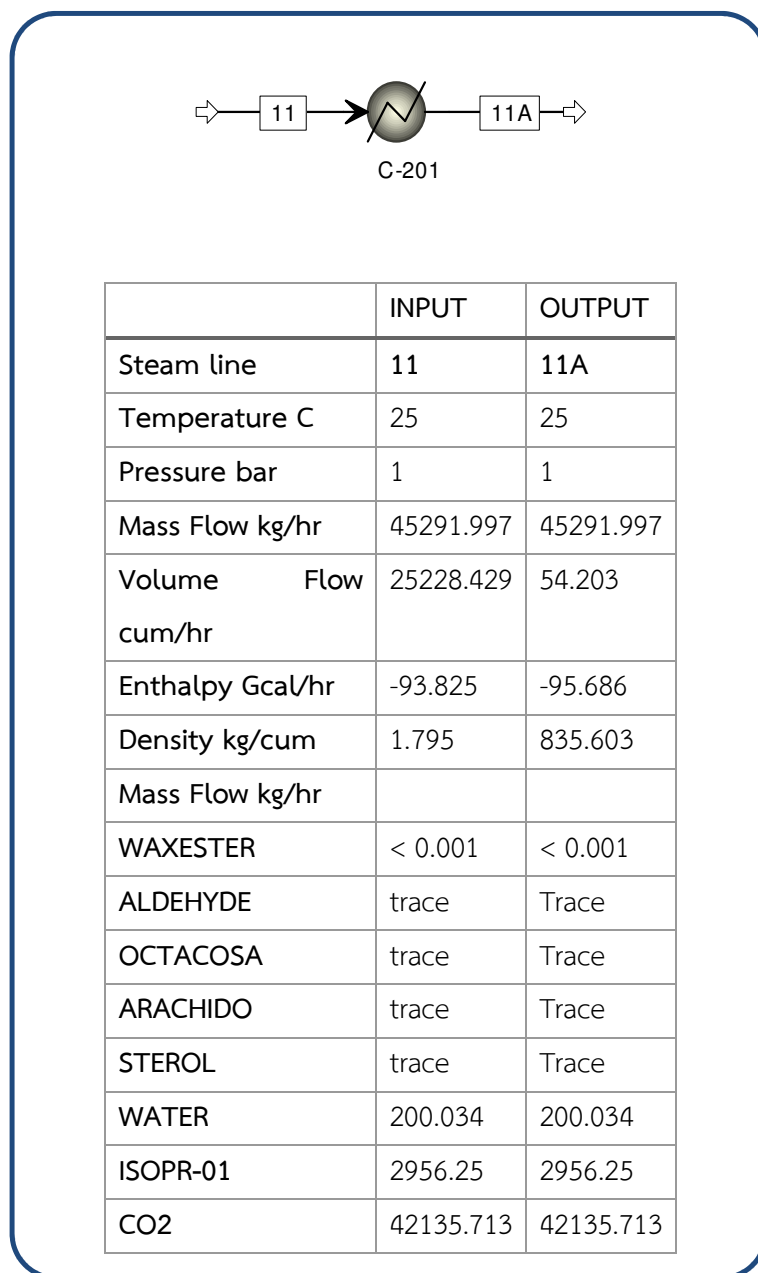


	INPUT		OUTPUT	
Steam line	14	12	15	PRODUCT
Temperature C	25	25	200	200
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	899.745	899.745	1372.037	427.453
Volume Flow cum/hr	1.433	1.433	1001.795	1.24
Enthalpy Gcal/hr	-1.063	-1.063	-1.539	-0.177
Density kg/cum	627.893	627.893	1.37	344.776
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	139.985	139.985	1.08	278.89
ALDEHYDE	20.486	20.486	0.13	40.842
OCTACOSA	20.903	20.903	0.082	41.725
ARACHIDO	16.003	16.003	0.049	31.956
STEROL	15.994	15.994	0.001	31.987
WATER	32.68	32.68	65.201	0.159
ISOPR-01	643.86	643.86	1285.826	1.894
CO2	9.834	9.834	19.668	0.001

ภาพที่ 1.33 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Evaporator (E-201) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

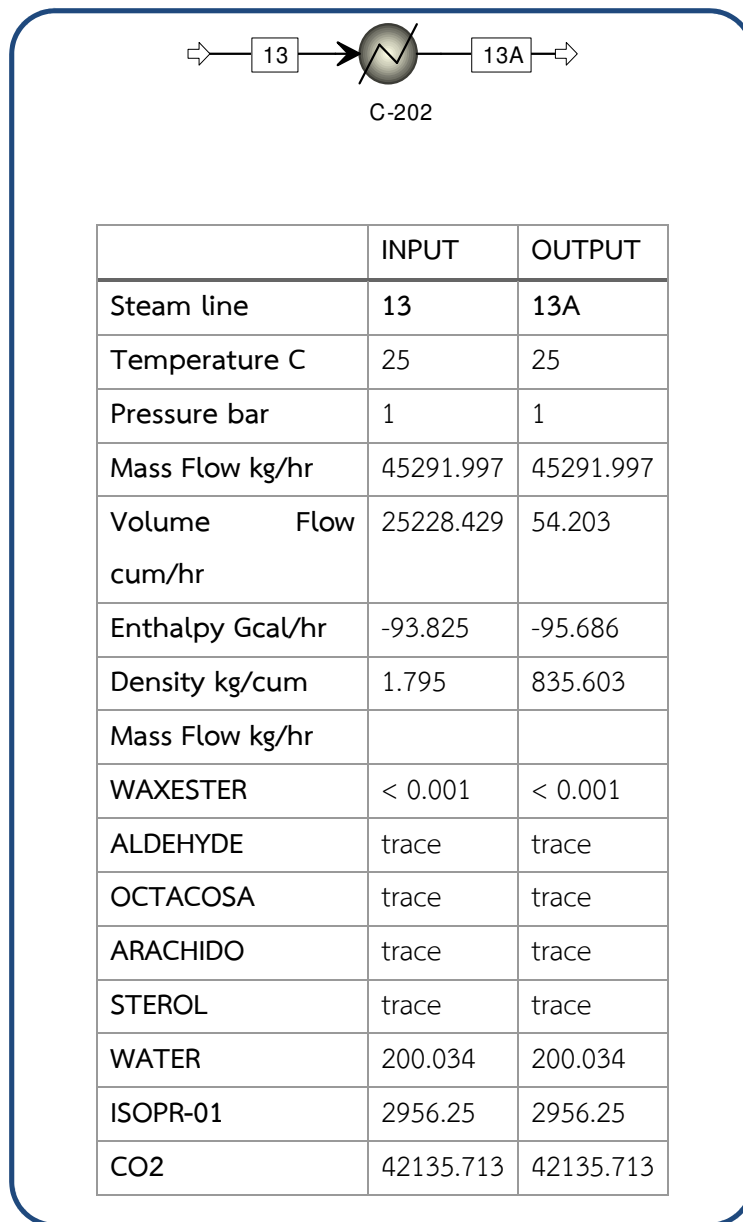
เครื่องควบแน่น (Condenser)

C-201



ภาพที่ 1.34 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Condenser (C-201) ในกระบวนการสกัดไขด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

C-202

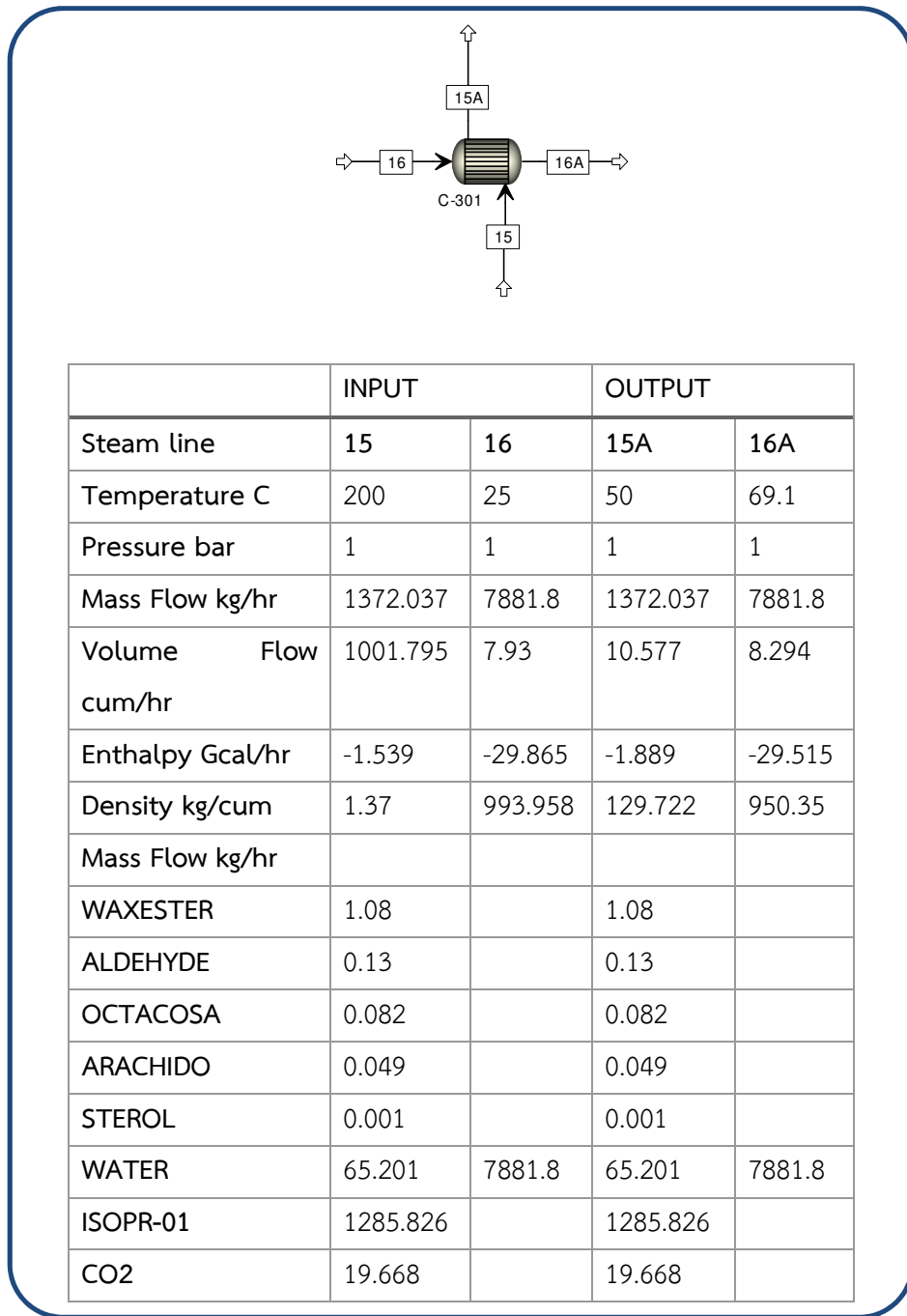


ภาพที่ 1.35 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Condenser (C-202) ในกระบวนการสกัดไขด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เครื่องลดอุณหภูมิ (Cooler)

ดังที่กล่าวในหัวข้อ เครื่องทำระเหย ว่ากระแสของตัวทำละลายร่วม Isopropanol ที่ออกจากเครื่องทำระเหยแล้วเข้าสู่เครื่องลดอุณหภูมิ C-301 มีอุณหภูมิสูง จึงเป็นผลให้ต้องใช้ปริมาณน้ำมากสำหรับลดอุณหภูมิตัวละลาย ที่ต้องใช้ในกระแสน้ำ 16 ถึงกระแสน้ำก็ตามเมื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำสำหรับลดอุณหภูมิตัวละลาย ในกระบวนการสกัดทั้งสอง พบว่าปริมาณน้ำที่ต้องใช้สำหรับลดอุณหภูมิตัวละลายร่วม Isopropanol (กระแสน้ำ 16 ในภาพที่ 1.36) น้อยกว่า ปริมาณน้ำที่ต้องใช้สำหรับลดอุณหภูมิตัวละลาย Hexane (กระแสน้ำ 17 ในภาพที่ 1.17 และ กระแสน้ำ 19 ในภาพที่ 1.16) 1,545 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณตัวละลายร่วม Isopropanol ที่ต้องใช้ในกระบวนการสกัดใช้อ้อยด้วยเทคนิค SFE เพียง 13,846.576 kg/h (กระแสน้ำ 5 ในภาพที่ 1.40) ในขณะที่ปริมาณ Hexane ที่ต้องใช้ในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย Hexane เท่ากับ 6,922,950 kg/h (กระแสน้ำ 12 ในภาพที่ 1.17)

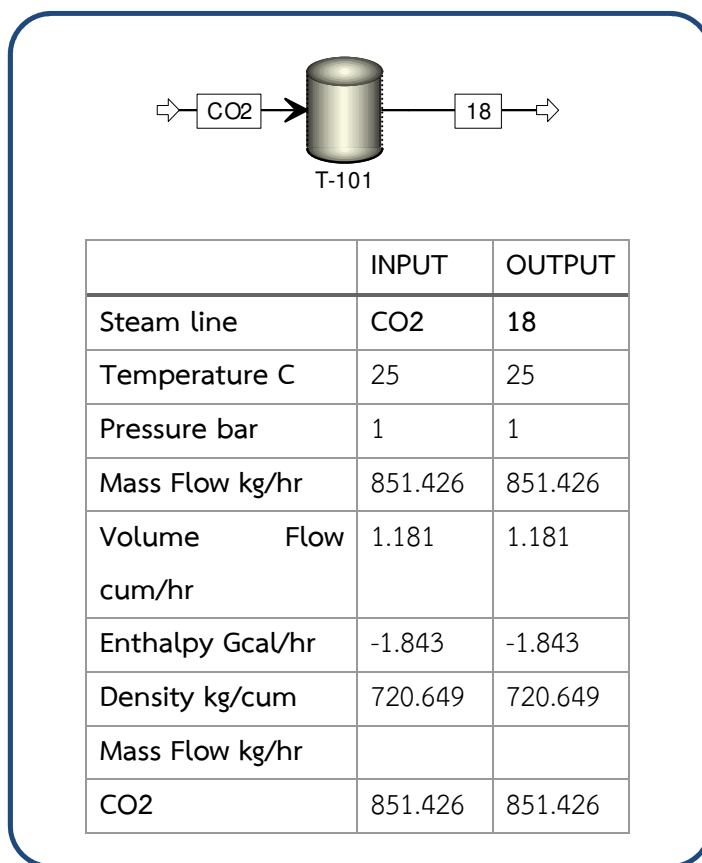
C-301



ภาพที่ 1.36 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Cooler (C-301) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

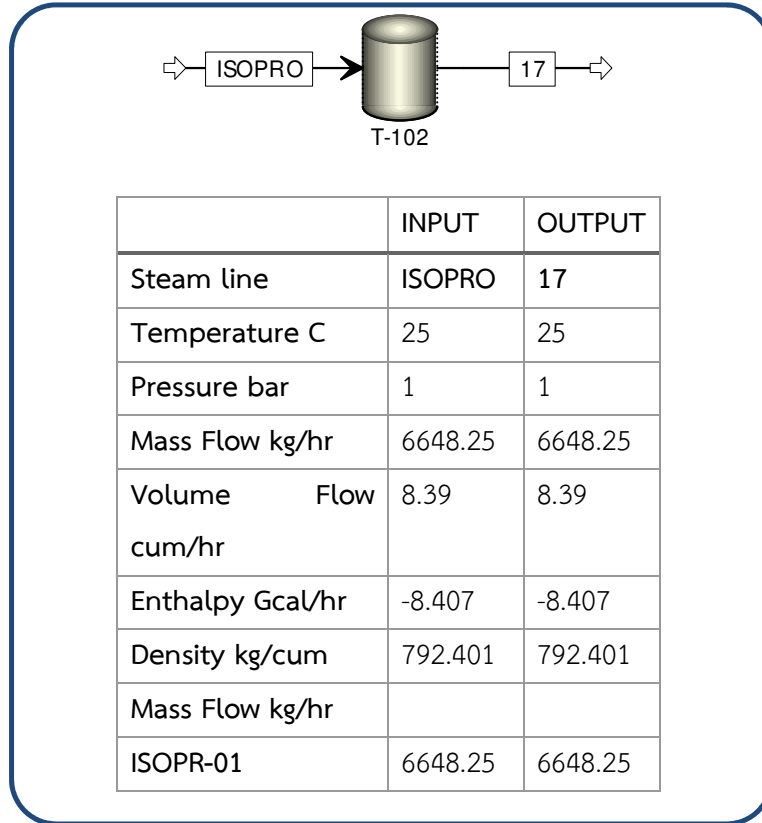
ถังเก็บ (Tank Storage)

T-101



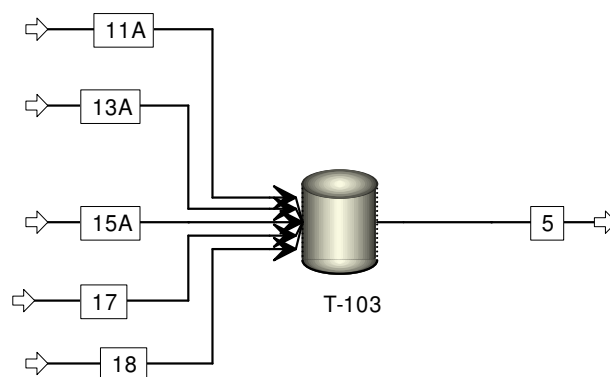
ภาพที่ 1.37 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Tank Storage (T-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

T-102



ภาพที่ 1.38 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Tank Storage (T-102) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

T-103

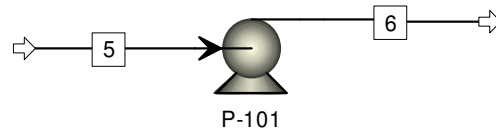


	INPUT					OUTPUT
Steam line	17	18	15A	13A	11A	5
Temperature C	25	25	50	25	25	25.1
Pressure bar	1	1	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	6648.25	851.426	1372.037	45291.997	45291.997	99455.706
Volume Flow cum/hr	8.39	1.181	10.577	54.203	54.203	113.914
Enthalpy Gcal/hr	-8.407	-1.843	-1.889	-95.686	-95.686	-203.511
Density kg/cum	792.401	720.649	129.722	835.603	835.603	873.079
Mass Flow kg/hr						
WAXESTER			1.08	< 0.001	< 0.001	1.08
ALDEHYDE			0.13	trace	trace	0.13
OCTACOSA			0.082	trace	trace	0.082
ARACHIDO			0.049	trace	trace	0.049
STEROL			0.001	trace	trace	0.001
WATER			65.201	200.034	200.034	465.269
ISOPR-01	6648.25		1285.826	2956.25	2956.25	13846.576
CO2		851.426	19.668	42135.713	42135.713	85142.519

ภาพที่ 1.39 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Tank Storage (T-103) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

ปั๊ม (Pump)

P-101

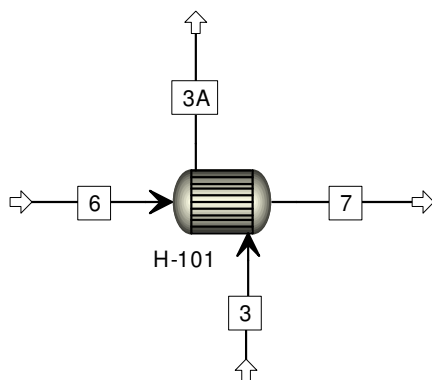


	INPUT	OUTPUT
Steam line	5	6
Temperature C	25.1	28.2
Pressure bar	1	180
Mass Flow kg/hr	99455.706	99455.706
Volume Flow cum/hr	113.914	115.64
Enthalpy Gcal/hr	-203.511	-202.828
Density kg/cum	873.079	860.045
Mass Flow kg/hr		
WAXESTER	1.08	1.08
ALDEHYDE	0.13	0.13
OCTACOSA	0.082	0.082
ARACHIDO	0.049	0.049
STEROL	0.001	0.001
WATER	465.269	465.269
ISOPR-01	13846.576	13846.576
CO2	85142.519	85142.519

ภาพที่ 1.40 ผลการคำนวณสมมูลมวลและสมมูลพลังงานของ Pump (P-101) ในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)

H-101

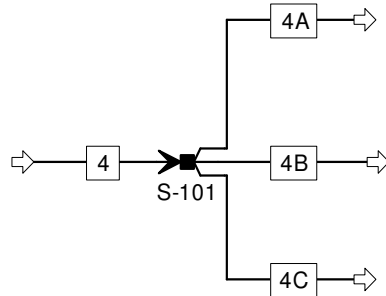


	INPUT		OUTPUT	
Steam line	3	6	7	3A
Temperature C	105	28.2	80	99.6
Pressure bar	1	180	180	1
Mass Flow kg/hr	15479.049	99455.706	99455.706	15479.049
Volume Flow cum/hr	27014.137	115.64	218.974	16203.42
Enthalpy Gcal/hr	-49.071	-202.828	-199.517	-52.382
Density kg/cum	0.573	860.045	454.189	0.955
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	0.102	1.08	1.08	0.102
ALDEHYDE	0.006	0.13	0.13	0.006
OCTACOSA	0.004	0.082	0.082	0.004
ARACHIDO	0.001	0.049	0.049	0.001
STEROL	trace	0.001	0.001	trace
WATER	15478.936	465.269	465.269	15478.936
ISOPR-01		13846.576	13846.576	
CO2		85142.519	85142.519	

ภาพที่ 1.41 ผลการคำนวณสมมูลมวลและสมมูลพลังงานของ Heat Exchanger (H-101) ในกระบวนการสกัดไขด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol

เครื่องแยกกระแสป้อนของแข็ง (Solid-splitter)

S-101

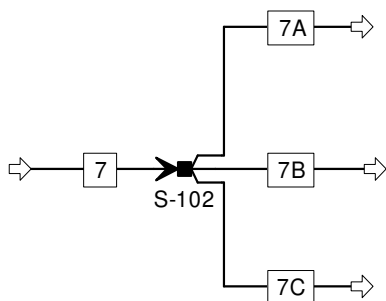


	INPUT	OUTPUT		
Steam line	4	4A	4B	4C
Temperature C	105	105	105	105
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	8687.618	2866.914	2866.914	2953.79
Volume Flow cum/hr	8.089	2.669	2.669	2.75
Enthalpy Gcal/hr	-11.028	-3.639	-3.639	-3.749
Density kg/cum	1073.953	1073.953	1073.953	1073.953
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	776.615	256.283	256.283	264.049
ALDEHYDE	113.68	37.515	37.515	38.651
OCTACOSA	116.048	38.296	38.296	39.456
ARACHIDO	88.854	29.322	29.322	30.21
STEROL	88.855	29.322	29.322	30.211
WATER	229.4	75.702	75.702	77.996
PRESSMUD	7274.167	2400.475	2400.475	2473.217

ภาพที่ 1.42 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Solid-splitter (S-101) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol

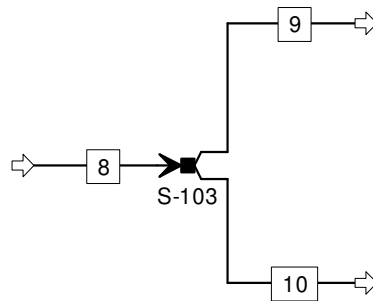
เครื่องแยกกระแสป้อนของไหล (Fluid-splitter)

S-102



	INPUT	OUTPUT		
Steam line	7	7A	7B	7C
Temperature C	80	80	80	80
Pressure bar	180	180	180	180
Mass Flow kg/hr	99455.706	32820.383	32820.383	33814.94
Volume Flow cum/hr	218.974	72.262	72.262	74.451
Enthalpy Gcal/hr	-199.517	-65.841	-65.841	-67.836
Density kg/cum	454.189	454.189	454.189	454.189
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	1.08	0.356	0.356	0.367
ALDEHYDE	0.13	0.043	0.043	0.044
OCTACOSA	0.082	0.027	0.027	0.028
ARACHIDO	0.049	0.016	0.016	0.017
STEROL	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
WATER	465.269	153.539	153.539	158.191
ISOPR-01	13846.576	4569.37	4569.37	4707.836
CO2	85142.519	28097.031	28097.031	28948.456

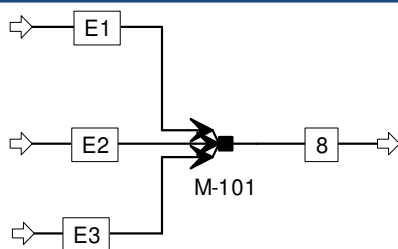
ภาพที่ 1.43 ผลการคำนวณสมมูลมวลและสมมูลพลังงานของ Fluid-splitter (S-102) ในกระบวนการสกัดไขด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol



	INPUT	OUTPUT	
Steam line	8	9	10
Temperature C	28.4	28.4	28.4
Pressure bar	1	1	1
Mass Flow kg/hr	92383.483	46191.741	46191.741
Volume Flow cum/hr	51486.3	25743.15	25743.15
Enthalpy Gcal/hr	-189.515	-94.757	-94.757
Density kg/cum	1.794	1.794	1.794
Mass Flow kg/hr			
WAXESTER	279.97	139.985	139.985
ALDEHYDE	40.972	20.486	20.486
OCTACOSA	41.806	20.903	20.903
ARACHIDO	32.005	16.003	16.003
STEROL	31.988	15.994	15.994
WATER	465.428	232.714	232.714
ISOPR-01	7200.22	3600.11	3600.11
CO2	84291.094	42145.547	42145.547

ภาพที่ 1.44 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Fluid-splitter (S-103) ในกระบวนการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวช่วยทำละลาย Isopropanol

เครื่องผสม (Mixer)



	INPUT			OUTPUT
Steam line	E1	E2	E3	8
Temperature C	28.7	28.7	28.7	28.4
Pressure bar	1	1	1	1
Mass Flow kg/hr	30332.958	30562.199	31488.326	92383.483
Volume Flow cum/hr	16825.719	17089.192	17607.046	51486.3
Enthalpy Gcal/hr	-62.032	-62.79	-64.693	-189.515
Density kg/cum	1.803	1.788	1.788	1.794
Mass Flow kg/hr				
WAXESTER	92.39	92.39	95.19	279.97
ALDEHYDE	13.521	13.521	13.93	40.972
OCTACOSA	13.796	13.796	14.214	41.806
ARACHIDO	10.562	10.562	10.882	32.005
STEROL	10.556	10.556	10.876	31.988
WATER		229.241	236.187	465.428
ISOPR-01	2376.072	2376.072	2448.075	7200.22
CO2	27816.061	27816.061	28658.972	84291.094

ภาพที่ 1.45 ผลการคำนวณสมดุลมวลและสมดุลพลังงานของ Mixer (M-101) ในกระบวนการสกัดไขด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

1.3.4.3 การประเมินราคาขายของไขอ้อย

การประเมินราคาขายของไขอ้อยอาศัยการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ด้วยการหามูลค่าปัจจุบันของการลงทุนและรายได้รวมทั้งการหาระยะเวลาคืนทุน

- การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย (ระยะเวลาในการดำเนินงานของโรงงาน เท่ากับ 330 วันต่อปี)

การจำแนกต้นทุนตามความสำคัญและลักษณะของต้นทุน

- ต้นทุนทุนทรัพย์ (Capital cost) ได้แก่ ราคาหน่วยปฏิบัติการ (Equipment cost) ในการสกัด ค่าติดตั้งหน่วยปฏิบัติการ (Installation cost) และ ค่าวางระบบท่อ (Piping cost) โดยไม่พิจารณาราคาที่ดินและค่าก่อสร้างโรงงานในต้นทุนทุนทรัพย์ เนื่องจากแบบจำลองกระบวนการที่ได้จากโปรแกรม Aspen Plus ไม่สามารถคำนวณหาขนาดของหน่วยปฏิบัติการทุกหน่วยได้ จึงไม่สามารถประเมินขนาดของที่ดินที่ต้องใช้ในการก่อสร้างโรงงานได้ถึงกระนั้นก็ทำการประเมินราคาขายของไขอ้อยที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกลงทุนในกระบวนการสกัดไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction หรือในกระบวนการสกัดด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ตารางที่ 1.18 แสดงสรุปต้นทุนทุนทรัพย์ทั้งหมดในการผลิตไขอ้อย โดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย พบว่า มีต้นทุนทุนทรัพย์ในการสกัดเท่ากับ 30,767,532.15 ดอลลาร์สหรัฐ โดยแยกออกเป็น ค่าหน่วยปฏิบัติการรวม เท่ากับ 16,631,098.46 ดอลลาร์สหรัฐ ค่าติดตั้งเครื่องมือ 7,483,994.31 ดอลลาร์สหรัฐ และค่าวางระบบท่อ 6,652,439.38 ดอลลาร์สหรัฐ
- ต้นทุนดำเนินงาน ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษาหน่วยปฏิบัติการในกระบวนการสกัด ตารางที่ 1.21 แสดงสรุปต้นทุนสำหรับดำเนินงานทั้งหมดในการผลิตไขอ้อย โดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย พบว่า อัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันกากหม้อกรอง มีต้นทุนดำเนินงานในการผลิตเท่ากับ 62,489,511.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยแยกออกเป็น ค่าวัตถุดิบ คิดเป็น 62,268,250 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน ค่าแรงงาน 57,740.46 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน ค่าไฟฟ้า 9,682.92 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และค่าบำรุงรักษาหน่วยปฏิบัติการ 153,837.66 ดอลลาร์ต่อเดือน
- รายได้จากผลผลิตพลอยได้ ได้แก่ กากหม้อกรองที่เหลือจากการสกัด และ ไขมันที่ออกมาที่ขั้นตอนอบแห้งราคาผลผลิตพลอยได้รวมที่ได้จากการประมวลผลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยโปรแกรม Aspen Plus V8.4 เท่ากับ 35,047,750 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

ตารางที่ 1.18 ราคาหน่วยปฏิบัติการในการสกัดไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย

Equipment Name	Equipment Code	Quantity (unit)	Price (USD/unit)	USD
Dryer ¹	D-101	1	28,800	28,800
Crusher ¹	C-101	1	8,800	8,800
Extractor ¹	E-101	1	332,600	332,600
	E-102	1	332,600	332,600
	E-103	1	351,700	351,700
Evaporator1 (Solvent Recovery)	F-101	1	3,715,200	3,715,200
	F-102	1	3,715,200	3,715,200
Cooler1	C-201	1	2,483,500	2,483,500
	C-202	1	2,483,500	2,483,500
Heat Exchanger1	H-101	1	207,400	207,400
Solid-splitter ² (Screw Pump)	S-101	3	4,580.15	13,740.46
Fluid-splitter ³ (Flow Control Valve)	S-102	3	28,443	85,329
	S-103	3	28,443	85,329
Mixer ¹	M-101	1	930,200	930,200
	M-102	1	875,300	875,300
	M-103	1	981,900	981,900
Total Equipment Cost				16,631,098.46

หมายเหตุ ¹ ผลประมาณราคาหน่วยปฏิบัติการด้วยโปรแกรม Aspen Plus V8.4 ซึ่งโปรแกรมไม่สามารถเลือกชนิดวัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งานของแต่ละหน่วยปฏิบัติการได้

² ราคาประเมินเครื่องมือจากบริษัทสยามอีส

³ http://www.flomatic.com/assets/pdf_files/Control-Valve-Price-List.pdf

ตารางที่ 1.19 สรุปต้นทุนทุนทรัพย์ของการผลิตไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย ในหน่วย ดอลลาร์สหรัฐ

ค่าเครื่องมือในการผลิต	ค่าติดตั้งเครื่องมือ ¹	ค่าวางระบบท่อ ²	มูลค่ารวม
16,631,098.46	7,483,994.31	6,652,439.38	30,767,532.15

หมายเหตุ ¹ ค่าติดตั้งหน่วยปฏิบัติการคิดเป็น 45% ของราคาหน่วยปฏิบัติการรวมทุกหน่วยในการสกัด

² ค่าวางระบบท่อคิดเป็น 40% ของราคาหน่วยปฏิบัติการรวมทุกหน่วยในการสกัด

ตารางที่ 1.20 ราคาวัตถุดิบในการผลิตไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย

วัตถุดิบ	ราคา (USD/กิโลกรัม)
กากหม้อกรองที่มาจากโรงงานน้ำตาล ¹	0.017
Hexane ²	2.95
ไอน้ำ ³ (สำหรับเครื่องลดอุณหภูมิ)	0.047

ที่มา: ¹ http://www.alibaba.com/product-detail/NPK-fertilizer-sugarcane-nitrogen-organic-16_1448873409.html

² http://www.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Hexane-Solvent-CAS-110_1354773583.html

³ Fiori (2010)

กำหนดระยะเวลาคืนทุนและคำนวณราคาขายไขอ้อย

ในศึกษาได้กำหนดระยะเวลาคืนทุนเป็น 3 ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 ปี, 7 ปี และ 10 ปี เพื่อเปรียบเทียบราคาขายไขอ้อยในระยะเวลาคืนทุนที่ต่างกัน

$$P = F (1+i)^{-n} \quad (1.1)$$

โดย P ค่าปัจจุบันของเงิน (Present Value)

F ค่าอนาคตของเงิน (Future Value)

i อัตราดอกเบี้ยต่อเดือน มีค่าเท่ากับ 0.006 (โดยเฉลี่ยจากดอกเบี้ยเงินกู้ที่ 7.5% ต่อปี)

n จำนวนเดือน

- กำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 ปี

มูลค่าปัจจุบันของเงินที่คำนวณด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุนที่แตกต่างกัน สำหรับการสกัดไขอ้อยด้วยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย โดยที่รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินปัจจุบัน) และ รายได้ไข

อ้อย (มูลค่าเงินปัจจุบัน) คำนวณได้จากสมการที่ 1.1 มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP) เป็นตัวแปรที่ใช้ในการบ่งชี้ระยะเวลาคืนทุน เดือนที่มีค่าเงินปัจจุบันรวมใกล้เคียง 0 มากที่สุด จะเป็นเดือนที่คืนทุน โดยคำนวณได้จากผลรวมของ มูลค่าเงินปัจจุบันของผลต่างระหว่างรายได้จากผลพลอยได้กับต้นทุนดำเนินงานรวม และ มูลค่าเงินปัจจุบันของรายได้อ้อย แล้วลบด้วย มูลค่าเงินปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ จากผลการคำนวณปรากฏว่า เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 60 เดือน หรือ 5 ปี ราคาไข่อ้อยที่ประเมินได้เท่ากับ 56.88 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายละเอียดการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงิน แสดงดังตารางที่ ผ-1 ในภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 1.21 แรงงานการสกัดไข่อ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย

Position	No. of persons	Salary (USD/month)	USD/month
Office			
Office Manager	1	1,374.05	1,374.05
Administrative Office	3	595.42	1,786.26
Accountant	2	717.56	1,435.11
Supply Chain	1	900.76	900.76
Maintenance			
Manager	1	1,374.05	1,374.05
Maintenance Engineer	3	763.36	2,290.08
Operation			
Operation Manager	1	1,679.39	1,679.39
Engineer	3	900.76	2,702.29
Supervisor Engineer	7	839.69	5,877.86
Field Operator	60	458.02	27,480.92
Labor	10	274.81	2,748.09
Quality			
Quality Manager	1	2,137.40	2,137.40
QA / QC Engineer	4	595.42	2,381.68
Safety			
Safety Manager	1	2,290.08	2,290.08
Safety Engineer	2	641.22	1,282.44
Total Employee Cost			57,740.46

ที่มา: http://www.adecco.co.th/Uploads/Knowledge-Center-Thought-Leadership/Thailand-Salary-Guide/AdecCo_Thailand_Salary_Guide_2014.pdf

ตารางที่ 1.22 สรุปต้นทุนดำเนินงานสำหรับการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย ในหน่วย ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

ค่าวัตถุดิบ ¹	ค่าแรงงาน	ค่าไฟฟ้า ¹	ค่าบำรุงรักษา ²	มูลค่ารวม
62,268,250	57,740.46	9,682.92	153,837.66	62,489,511.04

หมายเหตุ ¹ ผลประมาณเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากโปรแกรม Aspen Plus V8.4

² ค่าบำรุงรักษาต่อปี คิดเป็น 6% ของต้นทุนทุนทรัพย์ (Capital Cost)

ตารางที่ 1.23 ราคาผลผลิตพลอยได้จากการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย

ผลผลิต	ราคา (USD/กิโลกรัม)
กากหม้อกรองที่เหลือจากการสกัด ¹	0.017
ไอน้ำ ²	0.047

ที่มา: ¹ http://www.alibaba.com/product-detail/NPK-fertilizer-sugarcane-nitrogen-organic-16_1448873409.html

² Fiori (2010)

- กำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 7 ปี

มูลค่าปัจจุบันของเงินที่คำนวณด้วยวิธี Trial and error ราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane โดยที่หลักการคำนวณ เหมือนกับการกำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 ปี และจากผลการคำนวณปรากฏว่า เมื่อกำหนดให้ ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 84 เดือน หรือ 7 ปี ราคาไขอ้อยที่ประเมินได้ เท่ากับ 56.59 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายละเอียดการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงิน แสดงดังตารางที่ ผ-2 ในภาคผนวก ก.)

- กำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 10 ปี

มูลค่าปัจจุบันของเงินที่คำนวณด้วยวิธี Trial and error ราคาขายไขอ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane โดยที่หลักการคำนวณ เหมือนกับการกำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 ปี จากผลการคำนวณปรากฏว่า เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 120 เดือน หรือ 10 ปี ราคาไขอ้อยที่ประเมินได้ ราคาไขอ้อย เท่ากับ 56.37 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายละเอียดการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงิน แสดงดังตารางที่ ผ-3 ในภาคผนวก ก.)

- การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไข้อยู่ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ระยะเวลาในการดำเนินการของโรงงาน เท่ากับ 330 วันต่อปี)

การจำแนกต้นทุนตามความสำคัญและลักษณะของต้นทุน

- ต้นทุนทุนทรัพย์ (Capital cost) ได้แก่ ราคาหน่วยปฏิบัติการในการสกัด ค่าติดตั้งหน่วยปฏิบัติการในการสกัด และ ค่าวางระบบท่อ จากตารางที่ 1.25 แสดงสรุปต้นทุนทุนทรัพย์ทั้งหมดในการผลิตไข้อยู่ ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม พบว่า มีต้นทุนทุนทรัพย์ในการผลิตเท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ โดยแยกออกเป็น ราคาหน่วยปฏิบัติการในการสกัด คิดเป็น 1,772,098.46 ดอลลาร์สหรัฐ ค่าติดตั้งหน่วยปฏิบัติการ 797,444.31 ดอลลาร์สหรัฐ และค่าวางระบบท่อ 708,839.38 ดอลลาร์สหรัฐ
- ต้นทุนดำเนินงาน ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าบำรุงรักษาหน่วยปฏิบัติการในการสกัด จากตารางที่ 1.28 แสดงสรุปต้นทุนสำหรับดำเนินงานทั้งหมด ในการผลิตไข้อยู่ ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม พบว่า อัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันกากหม้อกรอง มีต้นทุนดำเนินงานในการผลิตเท่ากับ 950,219.84 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยแยกออกเป็น ค่าวัตถุดิบ คิดเป็น 869,566.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน ค่าแรงงาน 57,740.46 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน ค่าไฟฟ้า 6,520.81 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน และค่าบำรุงรักษาหน่วยปฏิบัติการ 16,391.91 ดอลลาร์ต่อเดือน
- รายได้จากผลผลิตพลอยได้ ได้แก่ กากหม้อกรองที่เหลือจากการสกัด และ ไขมันที่ออกมาที่ขั้นตอนอบแห้งราคาผลผลิตพลอยได้รวมที่ได้จากการประมวลผลเชิงเศรษฐศาสตร์ด้วยโปรแกรม Aspen Plus V8.4 เท่ากับ 84,816.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

ตารางที่ 1.24 ราคาหน่วยปฏิบัติการในการสกัดไขมันด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม ทำละลายร่วม

Equipment Name	Equipment Code	Quantity (unit)	Price (USD/unit)	USD
Dryer ¹	D-101	1	31,600	31,600
Crusher ¹	C-101	1	8,800	8,800
Extractor ²	E-101	1	159,000	159,000
	E-102	1	159,000	159,000
	E-103	1	159,000	159,000
CO2 Recovery Column ¹	F-101	1	33,700	33,700
	F-102	1	33,700	33,700
Evaporator ¹	E-201	1	21,700	21,700
Condenser ¹	C-201	1	55,000	55,000
	C-202	1	55,000	55,000
Cooler ¹	C-301	1	12,400	12,400
Tank Storage ¹	T-101	1	22,300	22,300
	T-102	1	37,100	37,100
	T-103	1	91,100	91,100
Pump ¹	P-101	1	607,600	607,600
Heat Exchanger ¹	H-101	1	77,700	77,700
Solid-splitter ² (Screw Pump)	S-101	3	4,580.15	13,740.46
Fluid-splitter ³ (Flow Control Valve)	S-102	3	28,443	85,329
	S-103	3	28,443	85,329
Mixer ¹	M-101	1	23,000	23,000
Total Equipment Cost				1,772,098.46

หมายเหตุ ¹ ผลประมาณราคาเครื่องในมือด้วยโปรแกรม Aspen Plus V8.4

² ราคาประเมินเครื่องมือจากบริษัทสยามอีส

³ http://www.flomatic.com/assets/pdf_files/Control-Valve-Price-List.pdf

ตารางที่ 1.25 สรุปต้นทุนทุนทรัพย์ของการผลิตไซออยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

ค่าเครื่องมือในการผลิต	ค่าติดตั้งเครื่องมือ ¹	ค่าวางระบบท่อ ²	มูลค่ารวม
1,772,098.46	797,444.31	708,839.38	3,278,382.15

หมายเหตุ ¹ ค่าติดตั้งหน่วยปฏิบัติการคิดเป็น 45% ของราคาหน่วยปฏิบัติการรวมทั้งหมดในการสกัด
² ค่าวางระบบท่อคิดเป็น 40% ของราคาหน่วยปฏิบัติการรวมทั้งหมดในการสกัด

ตารางที่ 1.26 ราคาวัตถุดิบในการผลิตไซออย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

วัตถุดิบ	ราคา (USD/กิโลกรัม)
กากหม้อกรองที่มาจากโรงงานน้ำตาล ¹	0.017
Isopropanol ²	1.80
CO ₂ ³	0.397
ไอน้ำ ³ (สำหรับเครื่องลดอุณหภูมิ)	0.047

ที่มา: ¹ http://www.alibaba.com/product-detail/NPK-fertilizer-sugarcane-nitrogen-organic-16_1448873409.html
² http://www.alibaba.com/product-detail/99-9-purity-Isopropanol-isopropyl-alcohol_1838122145.html?s=p
³ Fiori (2010)

ตารางที่ 1.27 แรงงานการผลิตไข่อ้อย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

Position	No. of persons	Salary (USD/month)	USD/month
Office			
Office Manager	1	1,374.05	1,374.05
Administrative Office	3	595.42	1,786.26
Accountant	2	717.56	1,435.11
Supply Chain	1	900.76	900.76
Maintenance			
Manager	1	1,374.05	1,374.05
Maintenance Engineer	3	763.36	2,290.08
Operation			
Operation Manger	1	1,679.39	1,679.39
Engineer	3	900.76	2,702.29
Supervisor Engineer	7	839.69	5,877.86
Field Operator	60	458.02	27,480.92
Labor	10	274.81	2,748.09
Quality			
Quality Manager	1	2,137.40	2,137.40
QA / QC Engineer	4	595.42	2,381.68
Safety			
Safety Manager	1	2,290.08	2,290.08
Safety Engineer	2	641.22	1,282.44
Total Employee Cost			57,740.46

ที่มา: http://www.adecco.co.th/Uploads/Knowledge-Center-Thought-Leadership/Thailand-Salary-Guide/Adecco_Thailand_Salary_Guide_2014.pdf

ตารางที่ 1.28 สรุปต้นทุนดำเนินงานสำหรับการผลิตไซออย ด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม ในหน่วย ดอลลาร์สหรัฐ ต่อเดือน

ค่าวัตถุดิบ ¹	ค่าแรงงาน	ค่าไฟฟ้า ¹	ค่าบำรุงรักษา ²	มูลค่ารวม
869,566.67	57,740.46	6,520.81	16,391.91	950,219.84

หมายเหตุ ¹ ผลประมาณเชิงเศรษฐศาสตร์ที่ได้จากโปรแกรม Aspen Plus V8.4

² ค่าบำรุงรักษารายปี คิดเป็น 6% ของต้นทุนทุนทรัพย์ (Capital Cost)

ตารางที่ 1.29 ราคาผลผลิตพลอยได้จากการผลิตไซออยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

ผลผลิต	ราคา (USD/กิโลกรัม)
กากหม้อกรองที่เหลือจากการสกัด ¹	0.017
ไอน้ำ ²	0.047

ที่มา: ¹ http://www.alibaba.com/product-detail/NPK-fertilizer-sugarcane-nitrogen-organic-16_1448873409.html

² Fiori (2010)

กำหนดระยะเวลาคืนทุนและคำนวณราคาขายไซออย

ในศึกษาี้ได้กำหนดระยะเวลาคืนทุนเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 ปี 7 ปี และ 10 ปี เพื่อเปรียบเทียบราคาขายไซออยสำหรับระยะเวลาคืนทุนที่ต่างกัน

- กำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 ปี

มูลค่าปัจจุบันของเงินที่คำนวณด้วยวิธี Trial and error ราคาขายไซออยสำหรับระยะเวลาคืนทุน ของการผลิตไซออยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม จากผลการคำนวณปรากฏว่า เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 60 เดือน หรือ 5 ปี ราคาไซออยที่ประเมินได้ เท่ากับ 3.30 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายละเอียดการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงิน แสดงดังตารางที่ ผ-4 ในภาคผนวก ก.)

- กำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 7 ปี

มูลค่าปัจจุบันของเงินที่คำนวณด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข่อ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน ของการผลิตไข่อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม จากผลการคำนวณปรากฏว่า เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 84 เดือน หรือ 7 ปี ราคาไข่อ้อยที่ประเมินได้ เท่ากับ 3.24 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายละเอียดการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงิน แสดงดังตารางที่ ผ-5 ในภาคผนวก ก.)

- กำหนดระยะเวลาคืนทุนภายใน 10 ปี

มูลค่าปัจจุบันของเงินที่คำนวณด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข่อ้อยสำหรับระยะเวลาคืนทุน ของการผลิตไข่อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม จากผลการคำนวณปรากฏว่า เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 120 เดือน หรือ 10 ปี ราคาไข่อ้อยที่ประเมินได้ เท่ากับ 3.20 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม (รายละเอียดการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงิน แสดงดังตารางที่ ผ-5 ในภาคผนวก ก.)

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตไข่อ้อยด้วยวิธีต่างๆ

จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับการผลิตไข่อ้อยด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งกำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานในโรงงานเท่ากัน คือ 330 วันต่อปี เมื่อเปรียบเทียบราคาขายไข่อ้อยของทั้ง 2 วิธี พบว่า วิธี Reflux extraction มีต้นทุนการผลิตสูงกว่าวิธี Supercritical fluid extraction

- การประเมินราคาหน่วยปฏิบัติการด้วย Aspen Plus[®] พบว่าราคาหน่วยปฏิบัติการสำหรับกระบวนการที่ใช้วิธี Supercritical fluid extraction ประกอบด้วยถึงสกัดที่ต้องผลิตด้วยวัสดุที่สามารถทนความดันสูงประเมินราคาได้ต่ำกว่าราคาขายตามใบเสนอราคา (ซึ่งสามารถประเมินราคาตามใบเสนอราคาด้วยสมการในภาคผนวก (ก.1)) ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรม Aspen Plus[®] ไม่สามารถเลือกชนิดของวัสดุได้ ดังนั้นถึงที่มีขนาดเท่ากันจึงมีราคาเท่ากัน ถึงกระนั้นก็ดีกว่าเปรียบเทียบราคาหน่วยปฏิบัติการในการศึกษานี้ต้องการเปรียบเทียบโดยใช้ฐานข้อมูลเดียวกันเพื่อความสะดวกในการอ้างอิง จึงเลือกประเมินราคาหน่วยปฏิบัติการ ด้วย Aspen Plus[®] ในขณะที่วิธี Reflux extraction มีต้นทุนดำเนินงานและรายได้จากผลพลอยได้มากกว่า วิธี Supercritical fluid extraction ทั้งนี้เนื่องจาก
- วิธี Reflux extraction ใช้ Hexane เป็นตัวทำละลายในปริมาณมากถึง 6,922,950 kg/h (กระแส 12 ในภาพที่ 1.18) และราคาของ Hexane สูงมาก (2.95 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม Hexane) ดังนั้นไอน้ำ (กระแส 17 ในภาพที่ 1.17 และ กระแส 19 ในภาพที่ 1.16) ที่ใช้สำหรับลดอุณหภูมิตัวทำละลายจึงใช้ปริมาณมากตามไปด้วย ในขณะที่วิธี Supercritical fluid

extraction ต้องใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วมด้วยอัตราการไหล 13,846.576 kg/h (กระแส 5 ในภาพที่ 1.21) และราคาของ Isopropanol ถูกกว่า Hexane (1.80 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม Isopropanol) ไอน้ำ (กระแส 16 ในภาพที่ 1.20) ที่ใช้ลดอุณหภูมิจึงใช้ปริมาณน้อยตามไปด้วย

- สำหรับรายได้จากผลพลอยซึ่งคิดจากรายได้การขายกากหม้อกรองและไอน้ำ ซึ่งวิธี Reflux extraction ไอน้ำที่ออกจากเครื่องลดอุณหภูมิ (กระแส 18 ในภาพที่ 1.17 และ กระแส 20 ในภาพที่ 1.24) มากกว่าวิธี Supercritical fluid extraction มาก ซึ่งคิดเป็น 1,545 เท่า จึงทำให้ผลต่างระหว่างรายได้จากผลพลอยได้และต้นทุนดำเนินงานของกระบวนการสกัดด้วยวิธี Reflux extraction ประมาณ 1.8 เท่า ในขณะที่ผลต่างระหว่างรายได้จากผลพลอยได้และต้นทุนดำเนินงานของกระบวนการสกัดด้วยวิธี Supercritical fluid extraction ประมาณ 200 เท่า

ตารางที่ 1.30 สรุปผลการประเมินราคาขายไขอ้อยของกระบวนการสกัดไขอ้อยที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนต่างกัน

วิธีสกัดไขอ้อย	ต้นทุนทุนทรัพย์ (ดอลลาร์สหรัฐ)	ต้นทุนดำเนินงาน (ดอลลาร์สหรัฐ/ เดือน)	รายได้จากผล พลอยได้ (ดอลลาร์สหรัฐ/ เดือน)	ผลตอบแทนการลงทุน (ROI) เมื่อกำหนดระยะคืนทุนที่ ต่างกัน (% ต่อปี)		
				5 ปี	7 ปี	10 ปี
Reflux extraction	30,767,532.15	62,489,511.04	35,047,750	23.96	18.38	13.83
Supercritical fluid extraction	3,278,382.15	950,219.84	84,621.67	21.92	16.37	12.16

จากตาราง 1.30 พบว่า ต้องกำหนดราคาขายไขอ้อยที่สกัดด้วยวิธี Supercritical fluid extraction ต่ำกว่าราคาขายไขอ้อยที่สกัดด้วย วิธี Reflux extraction ประมาณ 18 เท่า เนื่องจากต้นทุนทุนทรัพย์ของกระบวนการสกัดด้วยวิธี Reflux extraction สูงกว่า ต้นทุนทุนทรัพย์ของกระบวนการสกัดด้วยวิธี Supercritical fluid extraction

เมื่อเปลี่ยนแปลงระยะเวลาคืนทุน ราคาขายไข่อ้อยที่สกัดด้วยวิธี Reflux extraction และวิธี Supercritical fluid extraction มีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากปริมาณไข่อ้อยที่สกัดได้ต่อวันมีปริมาณสูงมากจึงทำให้รายได้จากการขายไข่อ้อยในช่วงเดือนแรกๆของการสกัดก็เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานแล้ว ดังนั้นรายได้จากการขายไข่อ้อยในช่วงต่อมาจึงสะสมจนทำให้การลงทุนคุ้มทุน

ตารางที่ 1.31 สรุปร้อยละผลตอบแทนการลงทุน (ROI) รายปี สำหรับของกระบวนการสกัดที่มีอัตรา บ่อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนต่างกัน

วิธีสกัดไข่อ้อย	ต้นทุนทุนทรัพย์ (ดอลลาร์สหรัฐ)	ต้นทุน ดำเนินงาน (ดอลลาร์สหรัฐ/ เดือน)	รายได้จากผล พลอยได้ (ดอลลาร์สหรัฐ/ เดือน)	ราคาขายไข่อ้อย เมื่อกำหนดระยะคืนทุนที่ ต่างกัน (ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)		
				5 ปี	7 ปี	10 ปี
Reflux extraction	30,767,532.15	62,489,511.04	35,047,750	56.88	56.59	56.37
Supercritical fluid extraction	3,278,382.15	950,219.84	84,621.67	3.30	3.24	3.20

ตาราง 1.31 แสดงการประเมินร้อยละผลตอบแทนการลงทุนรายปี โดยใช้สมการในภาคผนวก ข. พบว่า กระบวนการสกัดด้วยวิธี Reflux extraction ให้ค่าร้อยละผลตอบแทนการลงทุนรายปีสูงกว่าประมาณ 1.1 เท่าของไข่อ้อยที่สกัดด้วยวิธี Supercritical fluid extraction เนื่องจากต้นทุนดำเนินงานของกระบวนการสกัดด้วยวิธี Reflux extraction สูงกว่าจึงต้องกำหนดราคาขายไข่อ้อย สูงขึ้นเพื่อให้การลงทุนคุ้มทุน นอกจากนี้เมื่อเพิ่มระยะเวลาคืนทุน มีผลให้ร้อยละผลตอบแทนรายปีลดลง เนื่องจากเมื่อเพิ่มระยะเวลาคืนทุน สามารถกำหนดราคาขายไข่อ้อยต่ำลงได้

ตารางที่ 1.32 สรุปผลการประเมินราคาขายไข่อ้อยของกระบวนการสกัดที่มีอัตราป้อนกากหม้อกรอง 20 ตันต่อวัน เมื่อกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนต่างกัน

วิธีสกัดไข่อ้อย	ต้นทุนทุนทรัพย์ (ดอลลาร์สหรัฐ)	ต้นทุนดำเนินงาน (ดอลลาร์สหรัฐ/เดือน)	รายได้จากผลพลอยได้ (ดอลลาร์สหรัฐ/เดือน)	ราคาขายไข่อ้อย เมื่อกำหนดระยะคืนทุนที่ต่างกัน (ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)		
				5 ปี	7 ปี	10 ปี
Reflux extraction	2,444,217.1 5	3,879,623.31	2,868,416.67	62.34	61.67	61.17
Supercritical fluid extraction	2,163,387.1 8	121,364.56	24,691.25	14.39	13.34	12.57

เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 1.31 สำหรับอัตราป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน กับตารางที่ 1.32 สำหรับอัตราป้อนกากหม้อกรอง 20 ตันต่อวัน พบว่า ราคาขายไข่อ้อยแปรผกผันกับอัตราป้อนกากหม้อกรองที่กำหนด กล่าวคือ หากอัตราป้อนกากหม้อกรองเพิ่ม ราคาขายไข่อ้อยจะลดลง เนื่องจากไข่อ้อยที่สกัดได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ทำให้ราคาขายสามารถกำหนดให้มีราคาต่ำได้

1.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสกัดไขมันจากกากหม้อกรองด้วยเทคนิค sc-CO₂ โดยใช้สารละลายไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย ในระดับกึ่งอุตสาหกรรม พบว่า สภาวะการสกัดไขมันที่เหมาะสมคือที่อุณหภูมิการสกัด 80°C ความดัน 200 บาร์ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ต่อ 1 หลอดสกัดหรือคาร์ทิจ (cartridge) ซึ่งบรรจุกากหม้อกรองปริมาตร 4000 กรัม โดยจะได้ปริมาณไขมันเฉลี่ย 4-5% คุณภาพของไขมันจากหม้อกรองในงานวิจัยนี้ มีค่า acid value 22.24 mg KOH/g ค่า saponification value 43 mg KOH/g ค่า iodine value 41 g I₂/100g และค่าจุดหลอมเหลวในช่วง 70-74 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้ อยู่เกณฑ์มาตรฐานทางการค้าที่กำหนดไว้ และมีค่าคุณสมบัติใกล้เคียงกับไขมันธรรมชาติชนิด Candelilla มากที่สุด ในการกำหนดค่าคุณภาพของไขมันจึงสามารถใช้ค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพได้

การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของการผลิตไขมันจากกากหม้อกรองโดยทำการการเปรียบเทียบกระบวนการสกัดไขมันออกจากกากหม้อกรองที่มีอัตราการป้อนกากหม้อกรอง 580 ตันต่อวัน ด้วยวิธีแตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ Reflux extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane และวิธี Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวทำละลายร่วม Isopropanol สามารถสรุปได้ดังนี้

- จากผลการประมวลผลรวมและพลังงาน การผลิตไขมันจากกากหม้อกรองเหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาลโดย การผลิตไขมันด้วยวิธี Reflux Extraction ด้วยตัวทำละลาย Hexane สามารถผลิตไขมันได้ 17.93 ตันต่อวัน ในขณะที่การผลิตด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) ด้วยตัวทำละลายร่วม Isopropanol สามารถผลิตไขมันได้ 10.26 ตันต่อวัน
- เมื่อเปรียบเทียบ ณ ระยะเวลาคืนทุนที่เท่ากัน พบว่าการประเมินราคาขายไขมันสำหรับของวิธี Reflux extraction มากกว่าวิธี Supercritical fluid extraction อยู่ประมาณ 18 เท่า
- ราคาขายไขมันที่สกัดได้จากทั้งวิธี Reflux extraction และวิธี Supercritical fluid extraction ไม่อ่อนไหวกับระยะเวลาคืนทุนที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากไขมันที่สกัดได้ต่อวันมีปริมาณมาก
- ร้อยละผลตอบแทนการลงทุนรายปีของกระบวนการสกัดวิธี Reflux extraction มีค่าสูงกว่าวิธี Supercritical fluid extraction และร้อยละผลตอบแทนการลงทุนรายปีของกระบวนการสกัดทั้งสองวิธีแปรผกผันกับระยะเวลาคืนทุน
- เมื่อลดอัตราป้อนกากหม้อกรองจาก 580 เป็น 20 ตันต่อวัน พบว่าราคาขายไขมันสำหรับของวิธี Reflux extraction ประเมินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 1.1 เท่า ในขณะที่ราคาขายไขมันสำหรับของวิธี Supercritical fluid extraction ประเมินได้เพิ่มขึ้นประมาณ 4.6 เท่า

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบและประเมินราคาขายไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรอง โดยการจำลองกระบวนการสกัดระดับอุตสาหกรรมที่ต่างกัน 2 วิธี คือด้วยการใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย และด้วยเทคนิค SFE มีข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยดังนี้

1. สำหรับการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการศึกษานี้ยังมีรายรับและค่าใช้จ่ายบางส่วนที่ไม่ได้นำมาพิจารณา อาทิเช่น รายได้จาก CO₂ Credit ที่นำ CO₂ กลับมาใช้ใหม่ และค่าบำรุงรักษาเครื่องมือซึ่งกำหนดให้เป็นร้อยละ 6 ของต้นทุนทุนทรัพย์นั้น ในการดำเนินการจริงค่าบำรุงรักษาหน่วยปฏิบัติการในกระบวนการสกัดด้วยวิธี Supercritical fluid extraction มีค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้ เนื่องจากสกัดด้วยเทคนิค SFE ต้องใช้ความดันและอุณหภูมิที่สูงมาก
2. ราคาวัตถุดิบที่จัดเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนดำเนินงาน ได้แก่ Hexane ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลายในวิธี Reflux extraction และ supercritical CO₂ ซึ่งเป็นตัวทำละลายในวิธี Supercritical fluid extraction ซึ่งในการศึกษานี้วัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการสกัดต้องซื้อมาจากแหล่งอื่น ขอเสนอแนวทางการลดต้นทุนดำเนินงานสำหรับกระบวนการสกัดแต่ละวิธีดังนี้
 - สำหรับกระบวนการสกัดด้วยวิธี Reflux extraction ถ้าโรงงานน้ำตาลมีกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลสามารถนำเอทานอลมาใช้เป็นตัวทำละลายแทน Hexane ได้ แต่ การใช้เอทานอล มีข้อเสียคือ ไม่สามารถระเหยแยกเอทานอลออกจากไขอ้อยได้อย่างสมบูรณ์
 - สำหรับกระบวนการสกัดด้วยวิธี Supercritical fluid extraction สามารถนำ CO₂ ซึ่งเป็นก๊าซเสียที่ปล่อยจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมาใช้เป็นวัตถุดิบ

1.5 เอกสารอ้างอิง

กลุ่มอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล (online). Available:

http://www.tcesolutions.com/industri.php?group_id=2&port_id=20 (2014, August 19)

เกศิน ศรีสุระ (2549). การสกัดวิตามินอีจากเมล็ดดอกทานตะวันโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต และการตกผลึกวิตามินอีโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะใกล้จุดวิกฤต. (บัณฑิตวิทยาลัย), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โรงงานน้ำตาล (online). Available: <http://www.ocsb.go.th/upload/download/uploadfile/25-6750.pdf> (2014, August 19)

สมบัติ ขอทวีวัฒนา และคณะ 2554. การเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยผลิตเป็นอนุภาคไขมันแข็งระดับนาโน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

Aspen Plus: Getting Started Modeling Processes with Solids (online). Available: http://www.chemeng.lth.se/ket050/Arkiv/AspenPlusSolidsV7_2-Start.pdf (2014, August 19)

Aspen Technology, Inc. (2012). *Aspen Icarus Reference Guide*.

Aspen Technology, Inc. (2013). *Jump Start: Modeling Crushers and Mills in Aspen Plus* ®V8.0.

Bhosale, P.R., Chonde, S.G. and Raut, P.D. 2012. Studies on extraction of sugarcane wax from press mud of sugar factories from Kolhapur District, Maharashtra, *Journal of Environmental Research and Development*, 6(3A), 715-720

Cerón, I. X., Higueta, J.C., & Cardona, C.A. (2012). Design and analysis of antioxidant compounds from Andes Berry fruits (*Rubus glaucus* Benth) using an enhanced-fluidity liquid extraction process with CO₂ and ethanol. *Journal of Supercritical Fluids* (62), 96–101.

Chemical plant cost index (online). Available:

http://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_plant_cost_indexes (2014, August 19)

Chemical Properties (online). Available: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.2341445.html> (2014, August 19)

Define components not present in ASPEN (online). Available:

<http://www.youtube.com/watch?v=btFtAmJK8> (2014, August 19)

Donahue C.J., R., E.A. (2009). Proximate Analysis of Coal. *Journal of Chemical Education*(86), 222-224.

Fiori, L. (2010). Supercritical extraction of grape seed oil at industrial-scale: Plant and process design, modeling, economic feasibility. *Chemical Engineering and Processing*(49), 866–872.

Heat capacity of Hexane (online). Available:

<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C110543&Mask=1> (2014, August 19)

Heat capacity of Isopropanol (online). Available:

<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C67630&Mask=1> (2014, August 19)

- Heat capacity of Water (online). Available: http://www.engineeringtoolbox.com/water-thermal-properties-d_162.html (2014, August 19)
- Hexane Price (online). Available: http://www.alibaba.com/product-detail/Food-Grade-Hexane-Solvent-CAS-110_1354773583.html (2014, August 19)
- Inarkar, M. B., & Lele, S.S. (2012). Extraction and Characterization of Sugarcane Peel Wax. *ISRN Agronomy*, 1-6.
- Isopropanol Price (online). Available: http://www.alibaba.com/product-detail/99-9-purity-Isopropanol-isopropyl-alcohol_1838122145.html?s=p (2014, August 19)
- Martinez., R., Castro, I., & Oliveros, M. (2002). Characterization of products from sugar cane mud. *Revista de la Sociedad Quimica de Mexico*, 46(1), 64-66.
- Mavukwana, A., Jalama, K., Ntuli, F., & Harding, K. (2013). Simulation of Sugarcane Bagasse Gasification using Aspen Plus *International Conference on Chemical and Environmental Engineering*, 70-74.
- Mayoral, M. C., Izquierdo, M.T., Andres, J.M., & Rubio, B. (2001). Different approaches to proximate analysis by thermogravimetry analysis. *Thermochimica Acta*(370), 91-97.
- Organic Fertilizer Price (online). Available: http://www.alibaba.com/product-detail/NPK-fertilizer-sugarcane-nitrogen-organic-16_1448873409.html
- Partha, N., & Sivasubramanian, V. (2006). Recovery of Chemicals from Pressmud – A Sugar Industry Waste. *Indian Chemical Engr . Section A*(48), 160-163.
- R., A. (2007). Method for processing sugarcane filter cake mud and extracting component product. *United States Patent*(US 7,192,524).
- Rahimpour, M. R., Davoudi, M., Jokar, S.M., Khoramdel, I., Shariati, A., & Dehnavi, M.R. (2013). Wax formation assessment of condensate in South Pars gas processing plant sea pipeline (a case study). *Journal of Natural Gas Science and Engineering*(10), 25-40.
- Sugar cane Wax Extract Octacosanol Policosanol (online). Available: <http://www.organic-herb.com/Product/Item/202.html> (2014, August 19)
- Sugarcane wax Price (online). Available: http://www.alibaba.com/product-detail/Sugar-Cane-Wax-extract_939503477.html (2014, August 19)
- Uribe, J. A. R., Perez, J.I.N., & Mercado, C.A.R. . (2013). COST ESTIMATION FOR CO₂ SUPERCRITICAL EXTRACTION SYSTEMS AND MANUFACTURING COST FOR HABANERO PEPPER. *III Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids Cartagena de Indias (Colombia)*, 1-7.
- USP, USP 35-NF30 (US Pharmacopeia Convention, Rockville, MD, 2012).

บทที่ 2

การศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองด้วยการสกัดสาร Phytosterol

2.1 บทนำ

Phytosterols เป็นสารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของพืชหลายชนิด มีรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนการใช้สารดังกล่าวเป็นอาหารเสริมเพื่อลดปริมาณ cholesterol ในเลือด จากรายงานของคณะผู้วิจัยที่ผ่านมา ได้วิเคราะห์หาสารในกลุ่ม phytosterols ที่สกัดได้จากกากหม้อกรองแห้ง (ความชื้นประมาณร้อยละ 10) โดยทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของสารในกลุ่มนี้ เบื้องต้นพบว่าสามารถวิเคราะห์หาปริมาณของ phytosterols โดยเทียบกับสารมาตรฐาน ด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) จากสารสกัดที่ได้จากการสกัดร้อน (soxhlet extraction) ด้วยตัวทำละลาย isopropanol เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลการสกัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด สามารถพบ phytosterol อยู่ 3 ประเภท คือ beta-sitosterol campesterol และ stigmasterol ในปริมาณรวมทั้งหมด ร้อยละ 3.57 เมื่อเทียบกับน้ำหนักกากหม้อกรองแห้ง โดยปกติแล้วทางอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทยจะนำกากหม้อกรองที่ได้ไปใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ย ทำให้คาดการณ์ปริมาณคร่าว ๆ ของ phytosterols ที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์หรือไม่เกิดการสร้างมูลค่าเพิ่ม มีการสูญเสียปริมาณมากกว่า 15,000-18,000 ตันต่อปี (ทำการเทียบจากปริมาณอ้อยที่ผลิตได้ในแต่ละปี) อย่างไรก็ตามเนื่องจากยังไม่มีรายงานหรือผลการศึกษาวิจัยเพื่อการสกัดเอาสาร phytosterols มาใช้ประโยชน์ของผู้ประกอบการโรงงานอ้อยและน้ำตาลของไทย ทำให้ไม่สามารถประเมินเบื้องต้นถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ว่าน่าลงทุนหรือไม่ ข้อมูลด้านต้นทุนที่จะต้องลงทุนเพื่อแยกให้ได้สาร phytosterols บริสุทธิ์เป็นเท่าไร จึงเป็นที่มาของโครงการนี้ที่ต้องการจะพัฒนาหาวิธีในการแยกสาร phytosterols ให้ได้ปริมาณมาก มีความบริสุทธิ์สูง และต้องเป็นไปได้ในการขนาดขยายสเกลต่อไปในอนาคต

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การสกัดหา phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคต่างๆ

นำกากหม้อกรองอ้อย จากโรงงานมิตรภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ช่วงเดือน ตุลาคม 2556 และ ครั้งที่ 2 ช่วงเดือน มกราคม 2557 แล้วนำมาตากแห้ง จากนั้นนำมาสกัดหาสารองค์ประกอบชนิดต่างๆ โดยเน้นสารในกลุ่ม Phytosterol โดยใช้วิธีการสกัดแบบกลั่นร้อน (Soxhlet Extraction) และการสกัดแช่ด้วยตัวทำละลาย (Maceration Extraction) จากการใช้ตัวทำละลาย Ethanol *iso*-propanol และ Hexane

2.2.2 การศึกษาองค์ประกอบของสาร phytosterol ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค GC-MS

นำสารสกัดหยาบจากหม้อกรองอ้อยมาหาองค์ประกอบโดยใช้เทคนิค GC-MS ในสภาวะดังต่อไปนี้

GC-MS: 7890A-5975C, Agilent Technologies

คอลัมน์: J&W Scientific, DB-5MS column, ความยาว 30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25

ไมโครเมตร

- แก๊สตัวพา (Carrier gas) : แก๊สฮีเลียม (99.9999%)
- อุณหภูมิ : อินเจคเตอร์ (Injector port) 300 องศาเซลเซียส
: เครื่องตรวจจับ (Detector) 300 องศาเซลเซียส
: เตาอบ (Oven) แบบสภาวะโปรแกรมอุณหภูมิ (Temperature program)
อุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้น
อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 15 นาที
- ปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าไป: 1 ไมโครลิตร split ratio 50:1
- Acquisition mode:scan

2.2.3 การเตรียมสารตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) และเชิงปริมาณ (Quantitative analysis)

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน phytosterol ทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ Ergosterol Cholesterol Stigmastanol Stigmasterol beta-Sitosterol และ Campesterol ที่ความเข้มข้นประมาณ 10,000, 2500, 1000, 500, 250, 100, 50, 25, 10 ppm โดยการชั่งสาร Phytosterol มาตรฐานประมาณ 1-10 mg และทำละลายด้วย chloroform 100 uL (stock solution) จากนั้นทำการ dilute ที่ 1/4, 1/10, 1/20, 1/40, 1/100, 1/200, 1/400, 1/1000 ตามลำดับ นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัดโดยวิธีต่าง ๆ มาชั่งน้ำหนักประมาณ 5-20 mg แล้วทำละลายด้วย chloroform 300 uL (สารพวก phytosterol สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลาย chloroform) จากนั้นนำไปฉีดบน GC-MS ครั้งละ 1 uL

2.3 ผลการทดลองและการอภิปรายผล

2.3.1 การสกัดหา phytosterol จากกากหม้อกรองด้วยเทคนิคต่างๆ

เมื่อนำกากหม้อกรองที่ผ่านการอบแห้งมาทำการสกัดหาสารองค์ประกอบชนิดต่างๆ โดยเน้นสารในกลุ่ม Phytosterol โดยใช้วิธีการสกัดแบบกลั่นร้อน (Soxhlet Extraction) และการสกัดแช่ด้วยตัวทำละลาย (Maceration Extraction) จากการใช้ตัวทำละลาย Ethanol *iso*-propanol และ Hexane โดยมีรายละเอียดในการสกัดดังตารางที่ 2.1, 2.2, 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ด้วยวิธี Maceration Extraction

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
102.29	EtOH	ของเหลวหนืด สีเหลือง	8.41	8.22 %
102.00	<i>i</i> -PrOH	ของเหลวหนืด สีเหลือง	12.51	12.25 %
102.00	Hexane	ของเหลวหนืด สีเหลือง	10.25	10.05 %

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ด้วยวิธี Soxhlet Extraction

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
10.0054	EtOH	ของเหลวหนืด สีเหลือง	1.7000	16.91 %
10.0048	<i>i</i> -PrOH	ของเหลวหนืด สีเหลือง	2.0135	20.13 %
10.0051	Hexane	ของเหลวหนืด สีเหลือง และมีของแข็งสีขาว	1.8501	18.49 %

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ด้วยวิธี Maceration Extraction

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
102.00	EtOH	ของเหลวหนืด สีเขียว เหลือง	8.12	7.96 %
102.00	<i>i</i> -PrOH	ของเหลวหนืด สีเขียว เหลือง	12.51	12.27 %
102.00	Hexane	ของเหลวหนืด สีเขียว เหลือง	10.25	10.05 %

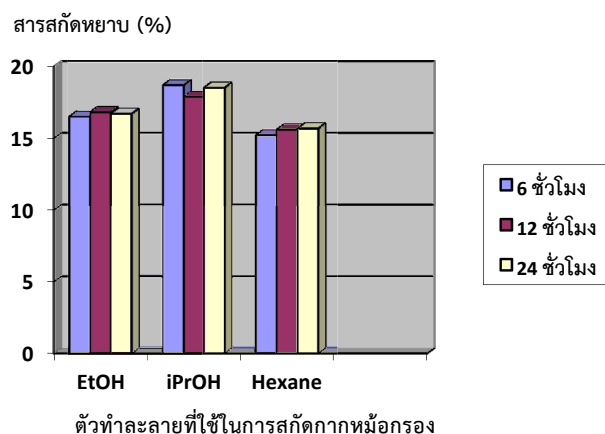
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ด้วย วิธี Soxhlet Extraction

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
10.0050	EtOH	ของเหลวหนืด สีเขียว เหลือง	1.6500	16.49%
10.0026	<i>i</i> -PrOH	ของเหลวหนืด สีเขียว เหลือง	1.8535	18.53 %
10.0047	Hexane	ของเหลวหนืด สีเขียว เหลืองและมีของแข็งสีขาว	1.5000	14.99 %

จากผลการสกัดกากหม้อกรองอ้อยครั้งที่ 1 โดยใช้วิธีการสกัดแบบ Maceration Extraction ด้วยตัวทำละลาย Ethanol *iso*-propanol และ Hexane โดยใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อกากหม้อกรองอ้อยเป็น 5:1 ทำการสกัดเป็นเวลา 7 วันได้สารสกัดหยาบ 8.22% 12.25% และ 10.05 % ตามลำดับ และทำการสกัดแบบ Soxhlet Extraction ด้วยตัวทำละลาย Ethanol *iso*-propanol และ Hexane โดยใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายต่อกากหม้อกรองอ้อย เป็น 25:1 และใช้เวลาในการสกัด 4 ชั่วโมง ได้สารสกัดหยาบ 16.91% 20.13% และ 18.49% ตามลำดับ จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า ลักษณะของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธีเป็นของเหลวหนืดสีเหลือง และวิธีการสกัดแบบ Soxhlet Extraction ให้ปริมาณสารสกัดหยาบมากกว่าวิธีการสกัดแบบ Maceration ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงวางแผนการทดลองโดยศึกษาเพิ่มระยะเวลาในการสกัดกากหม้อกรองอ้อยด้วยตัวทำละลาย Ethanol *iso*-propanol และ Hexane โดยใช้วิธีการสกัดแบบ Soxhlet Extraction เป็นเวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง เพื่อดูผลของระยะเวลาการทำการสกัดแบบ Soxhlet extraction ต่อปริมาณของสารสกัดหยาบที่ได้เปรียบเทียบกับ ซึ่งผลการทดลองพบว่าสารสกัดหยาบที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบที่ได้ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 2.5) ดังนั้นจากผลการทดลองที่ได้พบว่าตัวแปรของระยะเวลาที่ใช้ในการสกัดจึงไม่มีผลต่อปริมาณของสารสกัดหยาบที่ได้ ทำให้การใช้เวลาที่สั้นที่สุดคือ 6 ชั่วโมงเพียงพอเพื่อเป็นการสกัดสารสำคัญออกมา

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยด้วยตัวทำละลาย EtOH iso-Propanol และ Hexane ที่เวลา 6 12 และ 24 ชั่วโมง

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ระยะเวลา (ชม.)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
10.00	6	EtOH	ของเหลว	1.6540	16.50 %
		<i>i</i> -PrOH	หนืด สีเขียว	1.8700	18.70 %
		Hexane	เหลือง	1.5200	15.20 %
10.00	12	EtOH	ของเหลว	1.6817	16.81 %
		<i>i</i> -PrOH	หนืด สีเขียว	1.7900	17.90 %
		Hexane	เหลือง	1.5560	15.60 %
10.00	24	EtOH	ของเหลว	1.6739	16.70 %
		<i>i</i> -PrOH	หนืด สีเขียว	1.8510	18.51 %
		Hexane	เหลือง	1.5682	15.68 %



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการสกัดกากหม้อกรองอ้อยด้วยตัวทำละลาย EtOH *i*-PrOH และ Hexane

จากผลการทดลองการสกัดกากอ้อยจากโรงงานมิตรภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ได้ทำการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง พบว่าปริมาณสารสกัดในการสกัดครั้งที่ 1 (จากตัวอย่างที่เก็บครั้งที่ 1) และ 2 (จากตัวอย่างที่เก็บครั้งที่ 2) ปริมาณของสารสกัดที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ในการสกัดใกล้เคียงกัน โดยพบว่าเวลาที่ดียิ่งที่สุดที่ใช้ในการสกัดทั้งวิธี Soxhlet Extraction คือ 6 ชั่วโมง และวิธี Maceration คือ 10 วัน แต่เนื่องจากการสกัดสารตัวอย่างไม่ได้ทำในครั้งเดียวกัน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการสกัดกากอ้อยโดยทำการสกัดจากกากอ้อยที่ได้จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ด้วยวิธี Soxhlet Extraction (ทำการสกัด 6 ชั่วโมง) และ Maceration (ทำ

การแช่ตัวทำละลาย 10 วัน) โดยมีการควบคุมเวลาของการสกัด (เป็นการสกัดครั้งที่ 3) ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยครั้งที่ 3 ด้วยตัวทำละลาย Hexane iso-Propanol และ Ethanol ด้วยวิธี Soxhlet Extraction

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
10.00	Hexane	ของเหลวหนืด	0.7432	7.43 %
	<i>i</i> -PrOH	สีเขียว	0.7663	7.66 %
	EtOH		0.8513	8.51 %

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงผลการสกัดตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยครั้งที่ 3 ด้วยตัวทำละลาย Hexane iso-Propanol และ Ethanol ด้วยวิธี Maceration

ปริมาณกากหม้อกรองที่ใช้ในการสกัด (กรัม)	ตัวทำละลายที่ใช้	ลักษณะสารสกัดหยาบ	ปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์สารสกัดหยาบ
10.00	Hexane	ของเหลวหนืด	0.2803	2.80 %
	<i>i</i> -PrOH	สีเขียว	0.3532	3.53 %
	EtOH		0.4600	4.60 %

จากผลการทดลองการสกัดครั้งที่ 3 พบว่าเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบที่ได้น้อยกว่าการสกัดในครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 และมีลักษณะของสารสกัดที่ได้เป็นสีเขียวเข้ม อันเนื่องมาจากลักษณะของสารตัวอย่างที่นำมาสกัดในครั้งที่ 3 นั้น มีคุณลักษณะที่แตกต่างจากตัวอย่างที่เก็บได้ในครั้งแรก นั่นคือในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 สารตัวอย่างจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเป็นผงละเอียดและมีน้ำหนักเบา ในส่วนของสารตัวอย่างที่ใช้ในสกัดครั้งที่ 3 นั้นสารตัวอย่างมีคุณลักษณะเป็นสีเขียวและเป็นก้อนจึงต้องนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียดก่อนการทำการสกัด

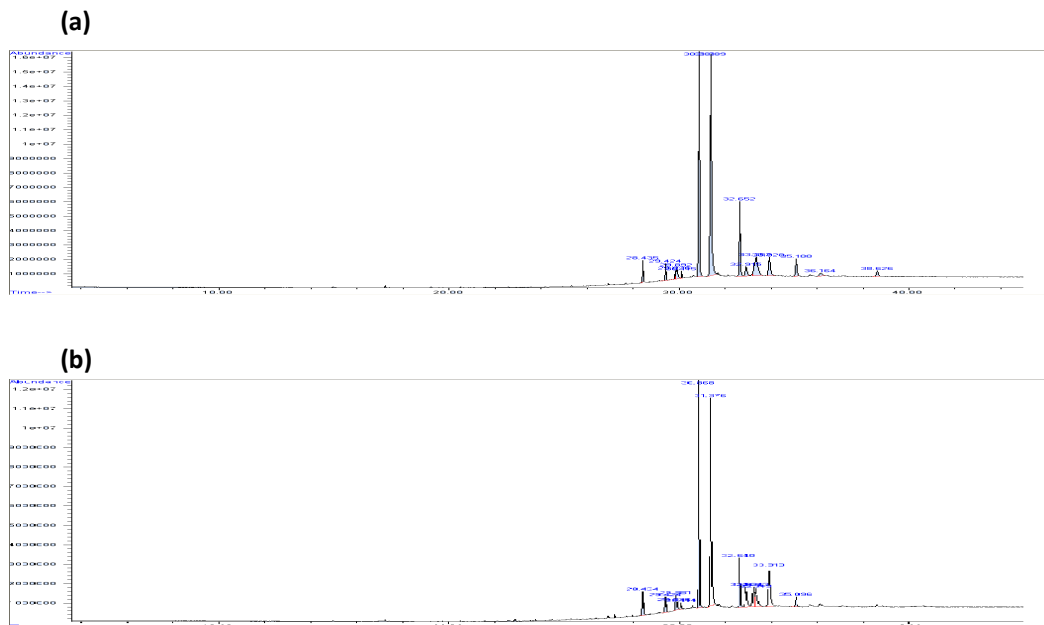
เมื่อนำสารตัวอย่างที่เก็บได้ในครั้งที่ 2 นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดพบว่าลักษณะของสารสกัดได้จากกากอ้อยครั้งที่ 1 (การสกัดครั้งที่ 1 และ 2) มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองน้ำตาลอ่อน ในขณะที่สารสกัดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างกากอ้อยครั้งที่ 2 (การสกัดครั้งที่ 3) มีลักษณะของเหลวหนืดสีเขียว จากลักษณะของสารสกัดที่ได้ในครั้งที่ 3 แสดงให้เห็นว่าสารตัวอย่างกากอ้อยในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีปริมาณของสารคลอโรฟิลล์มากกว่าครั้งแรกจึงทำให้ลักษณะสารสกัดเป็นสีเขียว ซึ่งตรง

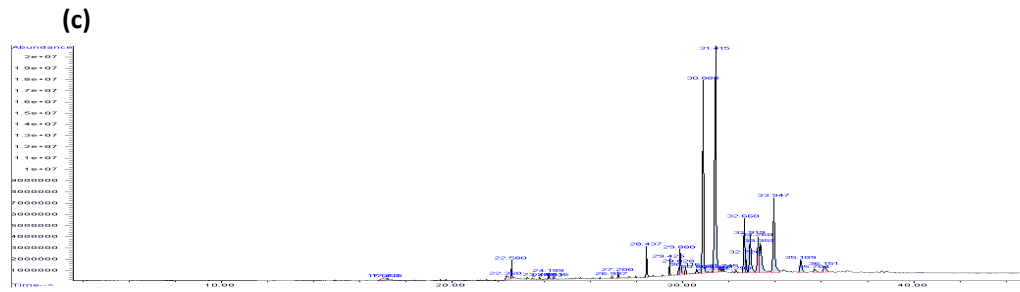
กับงานวิจัยของ W.F. Goepfert ที่ได้จดลิขสิทธิ์วิธีการสกัดไข้อยู่ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์และพบสารจำพวก glyceride ของ fatty acid ได้แก่ Palmitic acid Steric acid Oleic acid และกลุ่มสาร phytosterol นอกจากนั้นยังมีองค์ประกอบของ resin acids pectins และ chlorophyll เป็นต้น (W.F. Goepfert, Production of Sugarcane Wax, United states Patented, July 26, 1947 Serial No. 734,626)

ในส่วนเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดครั้งที่ 1 และ 2 เปรียบเทียบกับสกัดครั้งที่ 3 ไม่เท่ากันและการสกัดครั้งที่ 3 นั้นมีปริมาณสารสกัดที่ได้น้อยกว่ามาก อาจเป็นเพราะมีสารปนเปื้อนเช่นดิน แบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ที่มาจากกากหม้อกรอง เมื่อทำการเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิดการย่อยสลายสารสำคัญที่เป็นสารพวก phytosterol ที่เราสนใจไปเป็นสารอื่น ๆ ส่งผลให้เมื่อนำสารตัวอย่างครั้งที่ 2 มาสกัด (การสกัดครั้งที่ 3) จึงทำให้ปริมาณสารสกัดที่คำนวณได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้อยกว่าการสกัดในครั้งที่ 1 และ 2 เป็นอย่างมากตามลำดับ

2.3.2 การศึกษาองค์ประกอบของสาร phytosterol ที่สกัดได้ด้วยเทคนิค GC-MS

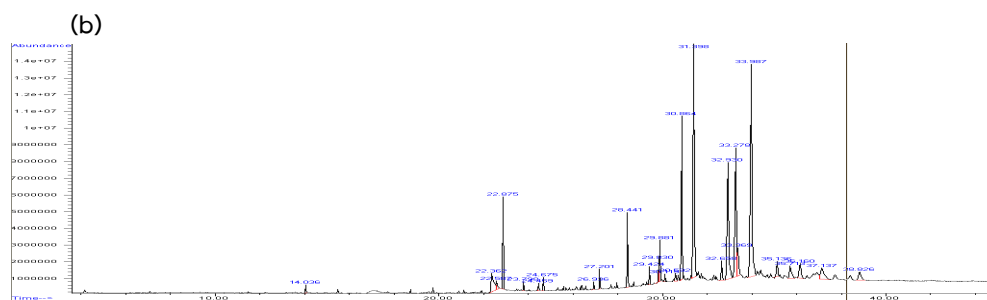
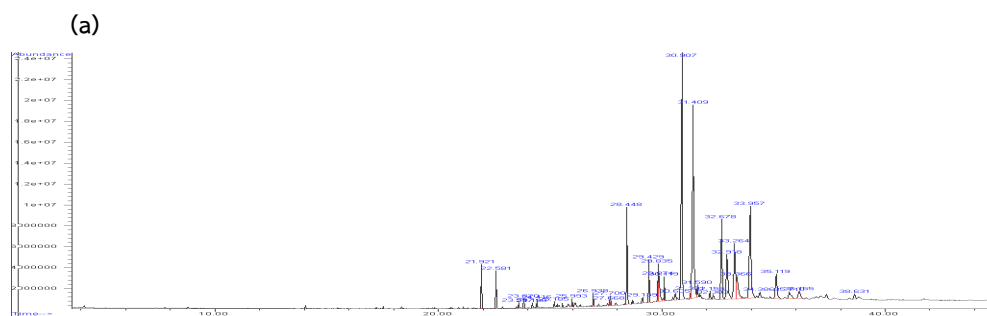
จากผลการวิเคราะห์สารสกัดจากกากไข้อยู่ด้วยตัวทำละลาย Hexane *iso*-Propanol และ Ethanol ด้วยวิธีการสกัดด้วย Soxhlet Extraction มีกลุ่มสารที่พบดังแสดงใน GC-MS โครมาโทแกรม (ภาพที่ 2.2a, 2.2b และ 2.2c ตามลำดับ)

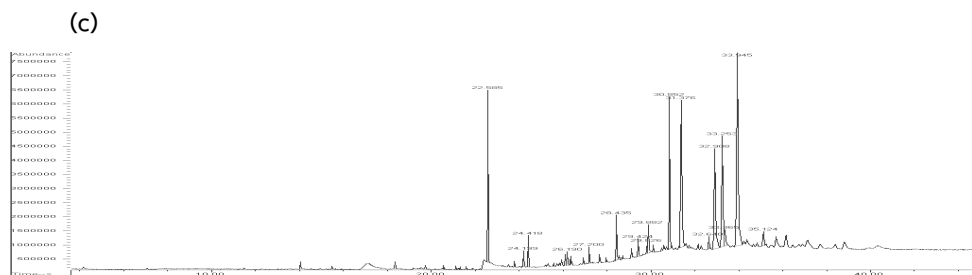




ภาพที่ 2.2 GC-MS โครมาโทแกรมของ (a) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane (b) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย iso-Propanol (c) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Ethanol โดย วิธี Soxhlet Extraction

ผลการวิเคราะห์สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane *iso-Propanol* และ Ethanol ด้วยวิธีการสกัดด้วยวิธี Maceration มีกลุ่มสารที่พบดังแสดงใน GC-MS โครมาโทแกรม (ภาพที่ 2.3a, 2.3b และ 2.3c ตามลำดับ)

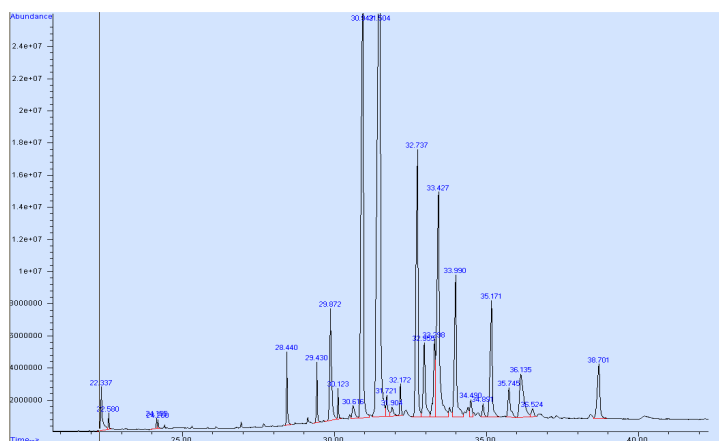




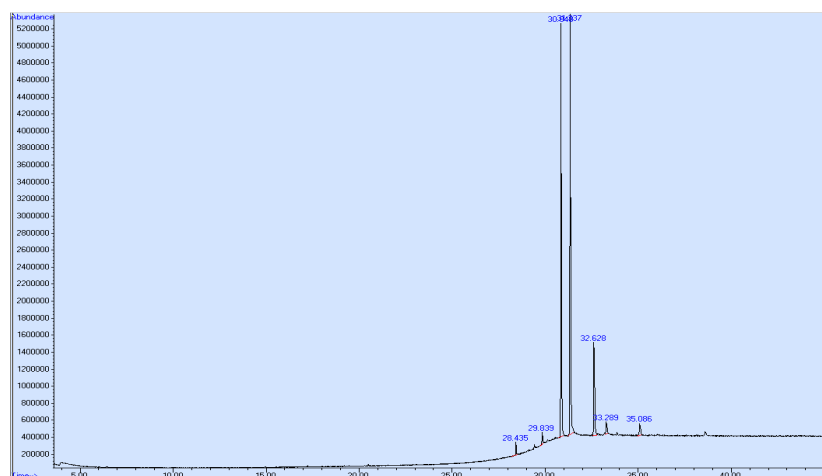
ภาพที่ 2.3 GC-MS โครมาโทแกรมของ (a) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane (b) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย iso-Propanol (c) สารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Ethanol โดย วิธี Maceration

จากโครมาโทแกรม GC-MS พบว่า การสกัดกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane iso-Propanol และ Ethanol โดยวิธี Soxhlet extraction และ Maceration ให้ลักษณะของสารที่สกัดได้อยู่ในกลุ่มสารเดียวกันโดยดูจากโครมาโทแกรมเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงกัน และในทุก ๆ การสกัดดังกล่าวข้างต้นจะสามารถตรวจวัดเจอพีคหลักที่ 28.45 29.85 30.89 31.39 32.66 32.91 33.24 33.29 33.91 35.09 แต่ในอัตราส่วนของสารแต่ละพีคข้างต้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีในการสกัดที่ใช้ โดยแบ่งเป็นสารที่ตรวจพบในกลุ่ม Phytosterol และสารในกลุ่ม Policosanol

เมื่อทำการเปรียบเทียบโครมาโทแกรม GC-MS ที่ได้จากการสกัดกากหม้อกรองอ้อย ด้วย supercritical fluid CO₂ นั้น ก่อนทำให้บริสุทธิ์โดยการตกผลึกและระเหยแห้งนั้นจะพบสารในกลุ่ม policosanol ซึ่งจะพบพีคที่ 28.45 29.85 30.89 31.39 32.66 33.29 และ 35.09 ตามลำดับ โดยมีพีคที่สูงที่ 30.89 31.39 และ 32.66 อยู่รวมผสมกับ phytosterol หลายประเภท (พีคที่ 32.91 33.24 33.91) ดังภาพที่ 2.4 แต่หลังทำให้บริสุทธิ์จะได้ผลึกที่เป็น wax สีขาวขุ่น ดังในภาพที่ 2.5



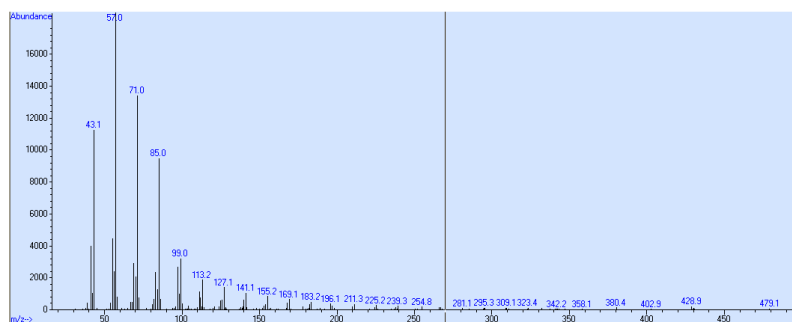
ภาพที่ 2.4 แสดงโครมาโทแกรมของสารสกัดหยาบของกากหม้อกรองจากการสกัดด้วย supercritical fluid (CO₂) ก่อนการทำให้บริสุทธิ์



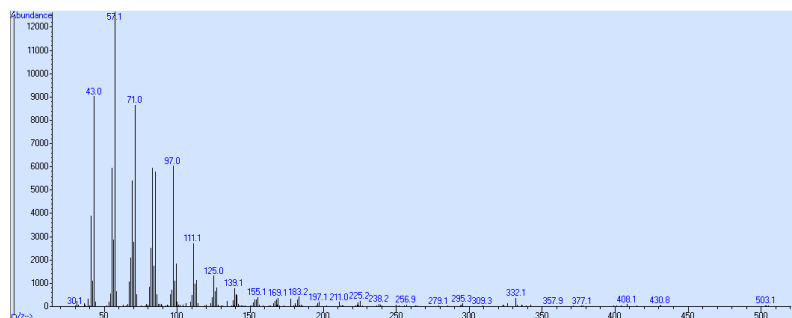
ภาพที่ 2.5 แสดงโครมาโทแกรมของสารสกัดหยาบของกากหม้อกรองจากการสกัดด้วย supercritical fluid (CO₂) หลังจากการทำให้บริสุทธิ์

ทั้งนี้สามารถบอกลักษณะสารผสมที่มีลักษณะเป็น wax สีขาวขุ่นว่าเป็น Policosanol โดยเป็นส่วนผสมของ long chain (20-36 carbon) aliphatic primary alcohols ตัวอย่างเช่น docosanol (C22), tetracosanol (C24), hexacosanol (C26), octacosanol (C28), and triacontanol (C30) ซึ่งในแต่ละพีคของสาร policosanol ที่ทำให้บริสุทธิ์เบื้องต้นนั้นเมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วย mass spectrometry แล้ว พบว่ามีลักษณะการแตกตัวบน MS (fragmentation pattern) คล้ายกันแต่ต่างกันที่จำนวนคาร์บอนในสายโซ่ ดังในรูปภาพที่ 6a 6b 6c 6d 6e 6f และ 6g ที่แสดง mass spectrum ของพีคที่ 28.45 29.85 30.89 31.39 32.66 33.29 และ 35.09 ตามลำดับ โดยจะต้องมีการพิสูจน์โครงสร้างโดยการเทียบกับสาร policosanol มาตรฐานต่อไปเพื่อระบุโครงสร้างทางเคมีที่แน่นอนต่อไป ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นนี้ทำให้ทราบว่าทุกครั้งที่มีการสกัดหา phytosterol จะมี policosanol ออกมาด้วย (เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรม ในภาพที่ 2.2 และ 2.3)

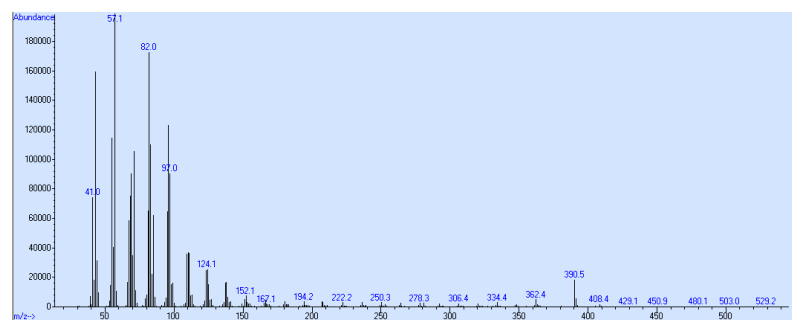
(a)



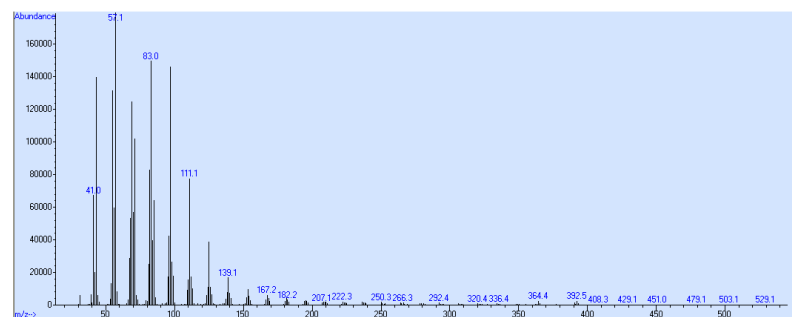
(b)

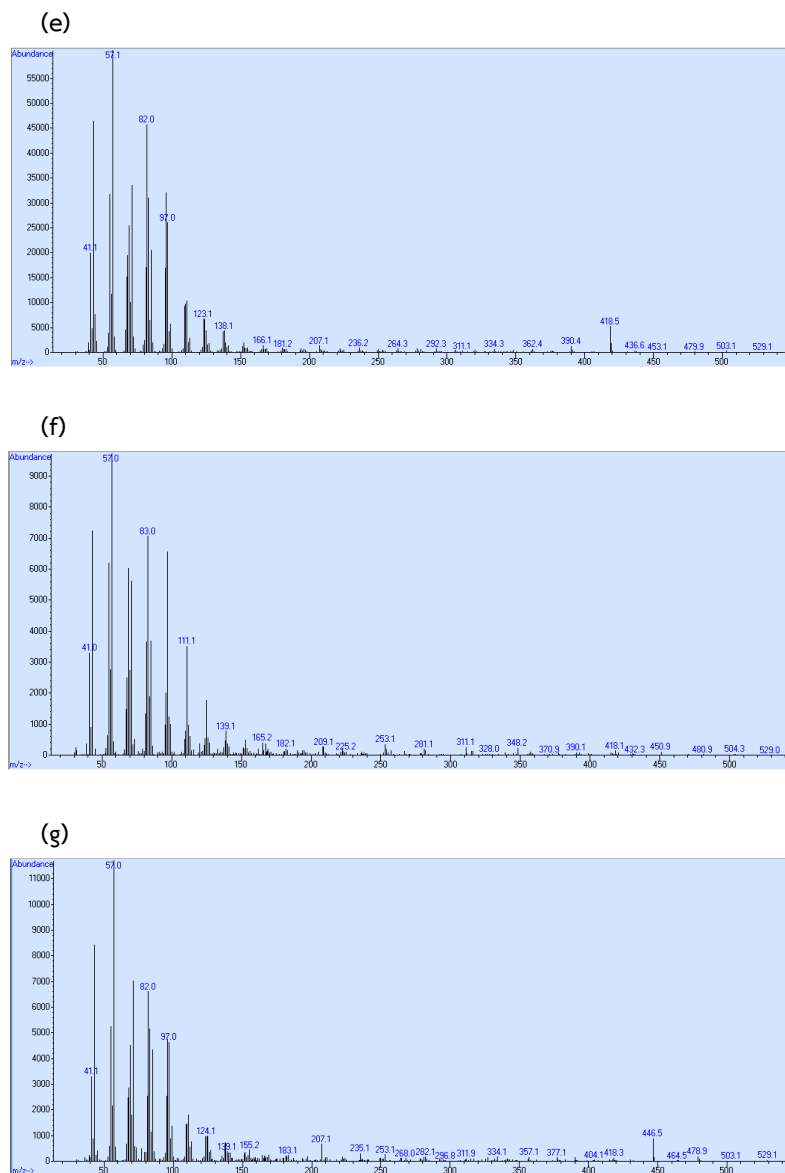


(c)



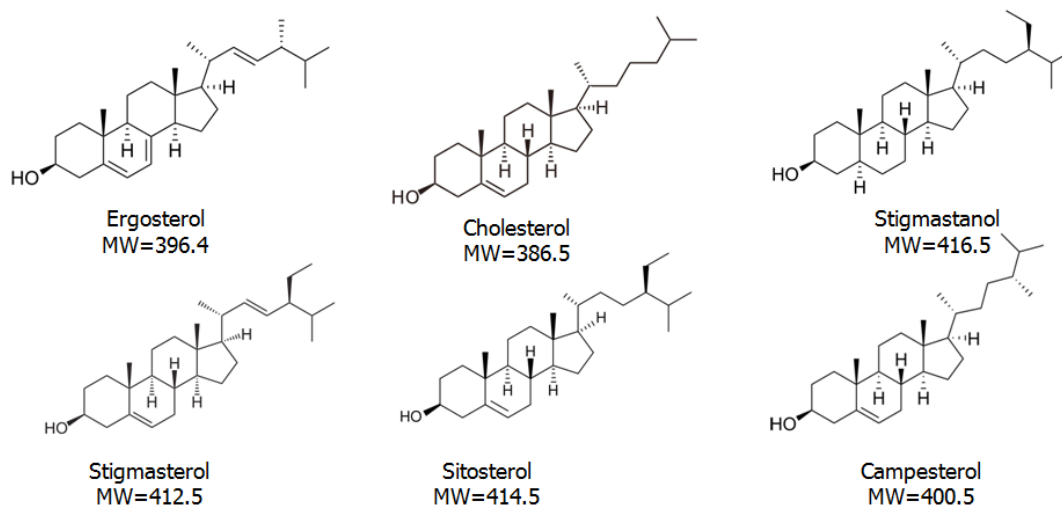
(d)





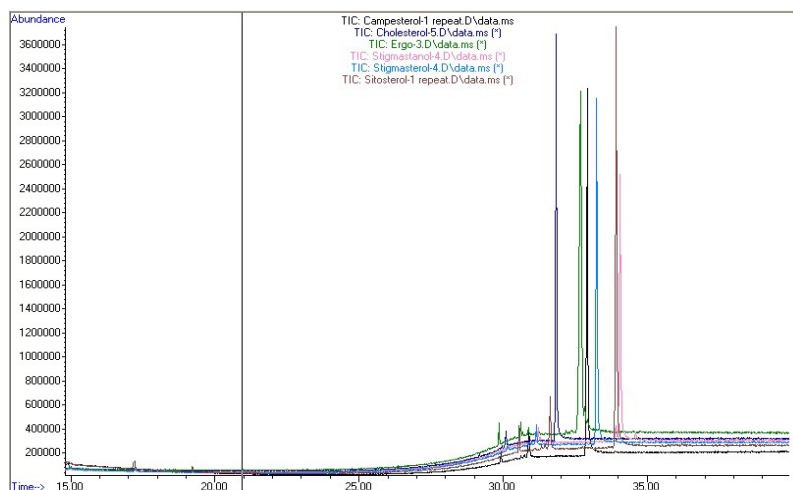
ภาพที่ 2.6 แสดง mass spectrum ของสารสกัดจากหม้อกรองด้วย supercritical fluid (CO_2) หลังจากการทำให้บริสุทธิ์ 7 ชนิด ประกอบด้วยสารอัลคิลแอลกอฮอล์สายโซ่ยาว (long-chain alkyl alcohol) : 2.6a(28.45 นาที), 2.6b(29.85 นาที), 2.6c(30.89 นาที), 2.6d(31.39 นาที) , 2.6e(32.66 นาที) , 2.6f(33.29 นาที) , 2.6g(35.09 นาที)

สำหรับการศึกษาทดลองครั้งนี้คณะผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หาปริมาณสาร ในกลุ่ม Phytosterol โดยนำมาเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานในกลุ่ม Phytosterol ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ Ergosterol (MW = 396.4 g/mol) Cholesterol (MW = 386.5 g/mol) Stigmastenol (MW = 416.5 g/mol) Stigmasterol (MW = 412.5 g/mol) Sitosterol (MW = 414.5 g/mol) Campesterol (MW = 400.5g/mol)

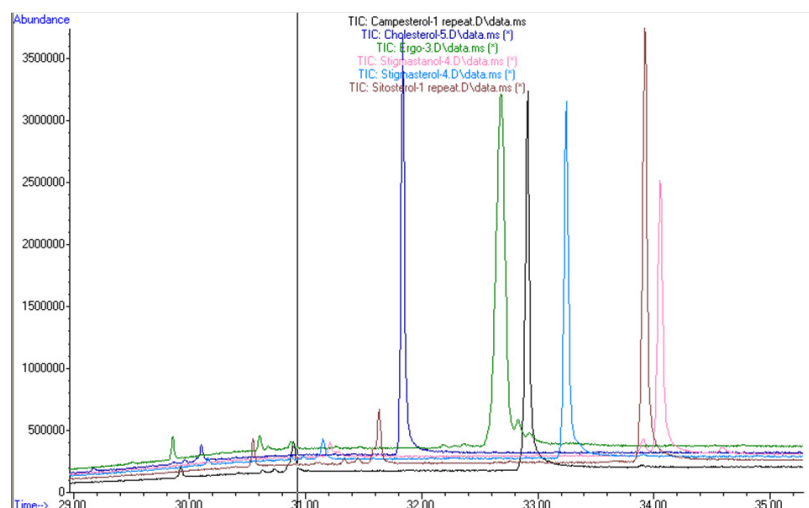


ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของสารมาตรฐาน phytosterol ที่ใช้ในการวิจัย

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์หาตัวอย่างเพื่อทำ calibration curve และทำ validation เพื่อหาปริมาณ Phytosterol แต่ละชนิดที่มีอยู่ในสารตัวอย่างของกากอ้อยที่ทำการสกัดทั้งแบบ Soxhlet และ Maceration โดยจากการวิเคราะห์ GC-MS สารมาตรฐาน Phytosterol ทั้ง 6 ชนิดปรากฏสัญญาณพีคที่ตำแหน่งต่างๆ ดังภาพที่ 2.8 และ 2.9

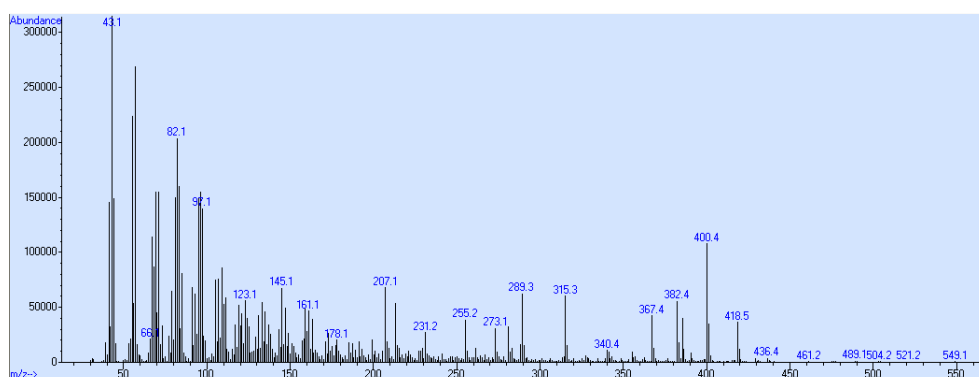


ภาพที่ 2.8 GC-MS โครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน phytosterol ทั้ง 6 ประเภท ได้แก่ Cholesterol (31.83 นาที), Ergosterol (32.68 นาที), Campesterol (32.91 นาที), Stigmasterol (33.24 นาที), beta-sitosterol (33.91 นาที) และ Stigmasterol (34.05 นาที)

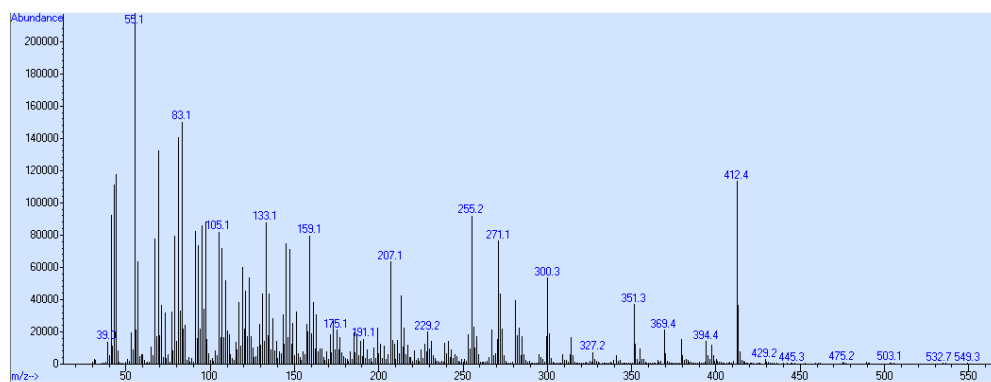


ภาพที่ 2.9 GC-MS โครมาโทแกรมแบบขยายส่วนของสารมาตรฐาน phytosterol ทั้ง 6 ประเภท ได้แก่ Cholesterol (31.83 นาที), Ergosterol (32.68 นาที), Campesterol (32.91 นาที), Stigmasterol (33.24 นาที), beta-sitosterol (33.91 นาที) และ Stigmasterol (34.05 นาที)

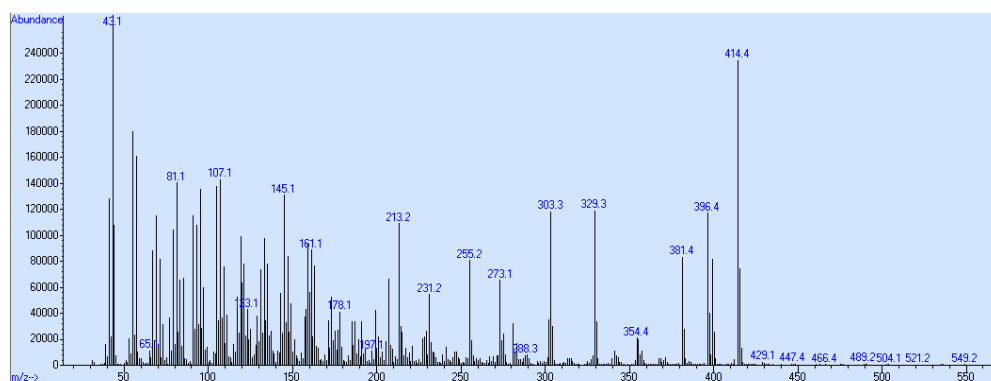
จากการวิเคราะห์ ด้วย mass spectrometer ของพืชสารทั้ง 6 ของสารมาตรฐานทำให้ทราบ mass spectrum ของสารมาตรฐาน ดังภาพที่ 2.10a 2.10b 2.10c 2.10d 2.10e และ 2.10f และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารสกัดจากหม้อกรองอ้อยทำให้ทราบว่าสามารถพบ phytosterol ชนิด campesterol (2.10a) stigmasterol (2.10b) และ beta-sitosterol (2.10c) ในสารสกัดจากหม้อกรอง แต่จะไม่พบ phytosterol ชนิด cholesterol (2.10d) ergosterol (2.10e) และ stigmasterol (2.10f)



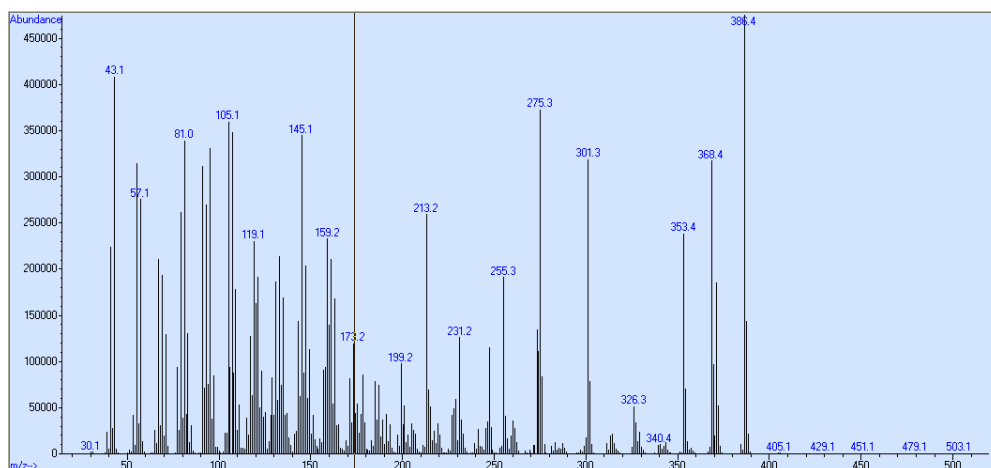
ภาพที่ 2.10a mass spectrum ของ Campesterol (MW=400) (32.91 นาที) ที่พบในกากหม้อกรอง



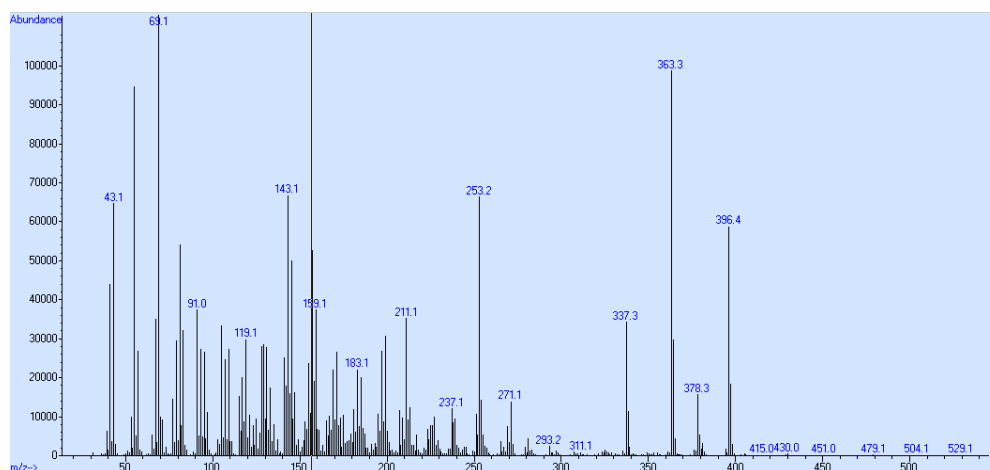
ภาพที่ 2.10b mass spectrum ของ Stigmasterol (MW=412) (33.24 นาที) ที่พบในกากหม้อกรอง



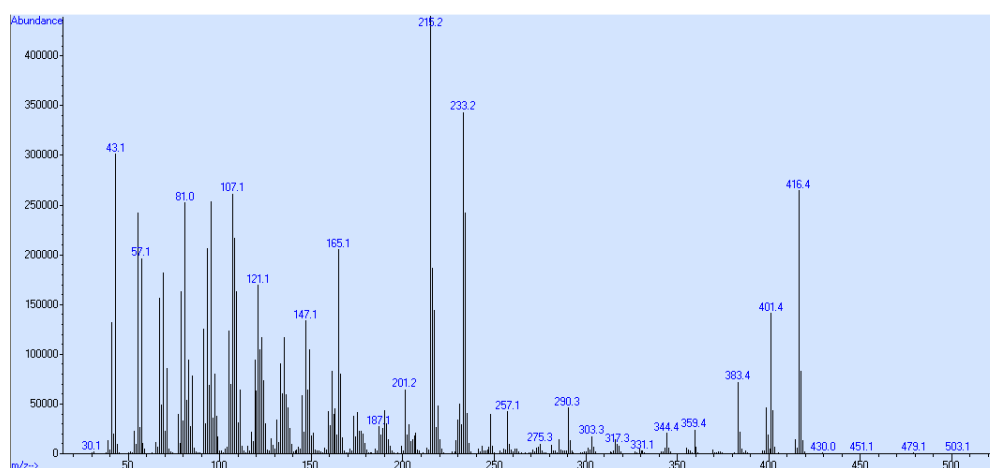
ภาพที่ 2.10c mass spectrum ของ beta-sitosterol (MW=414) (33.91 นาที) ที่พบในกากหม้อกรอง



ภาพที่ 2.10d mass spectrum ของ cholesterol (MW=386) (31.83 นาที) ที่ไม่พบในกากหม้อกรอง



ภาพที่ 2.10e mass spectrum ของ Ergosterol (MW=396) (32.68 นาที) ที่ไม่พบในกากหม้อกรอง



ภาพที่ 2.10f mass spectrum ของ Stigmastanol (MW=416) (34.05 นาที) ที่ไม่พบในกากหม้อกรอง

การคำนวณปริมาณสารจากการวิเคราะห์ปริมาณเทียบกับสารมาตรฐาน phytosterol คณะผู้วิจัยได้นำสารสกัดจากกากอ้อยด้วยตัวทำละลาย Hexane iso-Propanol และ Ethanol ด้วยวิธีการสกัดแบบ Soxhlet Extraction และ Maceration ในการสกัดทั้ง 3 ครั้ง มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารในกลุ่ม phytosterol ทั้ง 6 สารได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงผลปริมาณสาร Phytosterol ที่วิเคราะห์ได้จากสารสกัดจากกากหม้อกรองอ้อยในการสกัดครั้งที่ 1 2 และ 3 ที่ได้จากการทำการวิเคราะห์เทียบกับ calibration curve ใน GC-MS

การสกัดครั้งที่ 1 และ 2

สาร phytosterol	ปริมาณสาร phytosterol ($\mu\text{g}/\text{mg}$ ของสารสกัดที่ได้)					
	Soxhlet Extraction			Maceration		
	Hexane	Iso-propanol	Ethanol	Hexane	Iso-propanol	Ethanol
Stigmasterol	61.78	48.97	28.55	44.77	ND	54.85
Sitosterol	80.23	86.53	60.53	57.36	ND	69.22
Campesterol	53.15	57.20	31.60	33.14	ND	43.20
Total	195.16	192.70	120.68	135.26	ND	167.27

หมายเหตุ: ND = Not determined

การสกัดกากอ้อยครั้งที่ 3

สาร phytosterol	ปริมาณสาร phytosterol ($\mu\text{g}/\text{mg}$ ของสารสกัดที่ได้)					
	Soxhlet Extraction			Maceration		
	Hexane	Iso-propanol	Ethanol	Hexane	Iso-propanol	Ethanol
Stigmasterol	6.76	14.42	19.61	58.78	29.51	34.97
Sitosterol	16.21	26.01	34.21	87.25	45.06	57.11
Campesterol	11.21	19.72	23.42	59.10	30.25	36.62
Total	34.18	60.15	77.24	205.13	104.82	128.70

จากผลที่ได้ในตารางที่ 2.8 คือปริมาณสารเป็นไมโครกรัม (μg) ในสารสกัดเป็นมิลลิกรัม (mg) โดยการวิเคราะห์ด้วย GC-MS ทั้งแบบที่เป็นแบบองค์รวม (Total phytosterol) และแยกประเภทของ phytosterol 3 ชนิดที่พบคือ Stigmasterol beta-Sitosterol และ Campesterol ในการสกัดโดยวิธี Soxhlet extraction และ Maceration ด้วยตัวทำละลาย 3 ประเภทคือ Hexane iso-Propanol และ EtOH จากนั้นนำผลที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของสาร phytosterol ที่มีในกากหม้อกรองแห้งของอ้อย โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารที่สกัดได้ในตาราง ที่ 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.6 และ 2.7 ทำให้ได้ผลดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณ Phytosterol ที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างกากหม้อกรองอ้อยแห้งใน การสกัดครั้งที่ 1 2 และ 3

การสกัดครั้งที่ 1 และ 2

สาร phytosterol	ปริมาณสาร phytosterol (%) ในตัวอย่างกากหม้อกรองแห้ง					
	Soxhlet Extraction			Maceration		
	Hexane	Iso-propanol	Ethanol	Hexane	Iso-propanol	Ethanol
Stigmasterol	0.93 %	0.91 %	0.48 %	0.45 %	ND	0.47 %
Sitosterol	1.20 %	1.60 %	1.03 %	0.58 %	ND	0.59 %
Campesterol	0.80 %	1.06 %	0.54 %	0.33 %	ND	0.37 %
Total	2.93 %	3.57 %	2.05 %	1.36 %	ND	1.43 %

หมายเหตุ: ND = Not determined

การสกัดกากอ้อยครั้งที่ 3

สาร phytosterol	ปริมาณสาร phytosterol (%) ในตัวอย่างกากหม้อกรองแห้ง					
	Soxhlet Extraction			Maceration		
	Hexane	Iso-propanol	Ethanol	Hexane	Iso-propanol	Ethanol
Stigmasterol	0.049 %	0.110 %	0.168 %	0.163 %	0.104 %	0.160 %
Sitosterol	0.119 %	0.199 %	0.292 %	0.242 %	0.159 %	0.262 %
Campesterol	0.082 %	0.151 %	0.200 %	0.165 %	0.107 %	0.168 %
Total	0.25 %	0.46 %	0.66 %	0.57 %	0.37 %	0.59 %

2.4 สรุปผลการทดลอง

จากตารางวิเคราะห์ปริมาณ phytosterol พบว่า ปริมาณของ phytosterol ที่มีอยู่ในกากหม้อกรอง จะมีอยู่ 3 ประเภท คือ Sitosterol Stigmasterol และ campesterol โดย ในทุกกรณี ของการสกัด จะพบปริมาณของ Sitosterol ปริมาณมากที่สุดในบรรดา phytosterol ที่พบในกากหม้อกรอง รองลงมาคือ campesterol และ Stigmasterol ตามลำดับ และเป็นการดีที่ซึ่งทั้ง sitosterol และ campesterol นั้นเป็นสารที่มีราคาสูงโดยเปรียบเทียบกับ phytosterol ตัวอื่นใน website ของ Sigma-Aldrich ดังนี้ beta-sitosterol (2,544 baht/mg), Campesterol (2,520 baht/mg), Stigmasterol (2.53 baht/mg), Stigmastanol (3.57 baht/mg), Cholesterol (0.812 baht/mg), Ergosterol (0.782 baht/mg) นอกจากนี้โครงสร้างทางเคมีของโครงสร้างหลักของ phytosterol ที่พบในกากหม้อกรองคือ 1. stigmasterol, 2. beta-sitosterol, และ 3. Campesterol มีความคล้ายคลึงกับโครงสร้างทางเคมีหลักของ cholesterol เป็นอย่างมาก จึงมีแนวโน้มที่ดีในการเป็นสารที่มีคุณสมบัติลด cholesterol ในคนได้

การทำ soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะได้สารกลุ่ม policosanol ออกมาปนกับ phytosterol มากกว่าการทำ maceration ส่งผลให้ได้ปริมาณสารสกัดมาก และจากผลการทดลองพบว่าการสกัด total phytosterol ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือการสกัดโดยวิธีการสกัดแบบ soxhlet extraction ด้วยตัวทำละลาย isopropanol โดยใช้เวลาในการสกัด นานประมาณ 6 ชั่วโมง (ที่ 12 และ 24 ชั่วโมงให้ผลการสกัดไม่แตกต่างกัน) ทำให้ได้ total phytosterol ถึง 3.57 % (ประกอบไปด้วย Stigmasterol (0.91%) Sitosterol (1.6%) และ Campesterol (1.06%)) แต่มีข้อจำกัดและข้อพึงระวังคือตัวอย่างนั้นต้องเป็นกากหม้อกรองแห้งที่ไม่ได้เก็บไว้ในตู้เย็นหรือห้องนานจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้สาร phytosterol เสื่อมสภาพ ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์สารสกัดที่ได้น้อยลงอย่างมาก ตามรายงานการวิจัยที่ได้ระบุไว้

นอกจากนี้การหาปริมาณและสัดส่วนของ phytosterol ที่พบในตัวอย่างกากหม้อกรองในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการคำนวณเทียบกับปริมาณสารตัวอย่างมาตรฐาน โดยไม่ได้มีการทำให้บริสุทธิ์โดยการแยกเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการจริง ดังนั้นตัวเลข 3.57 % ที่รายงานนี้มีความเป็นไปได้ที่จะมีค่าน้อยลงขึ้นอยู่กับเทคนิคและวิธีการในการทำสารให้บริสุทธิ์ เช่นการทำ column chromatography, solid-phase extraction, solvent extraction เป็นต้น

2.5 เอกสารอ้างอิง

- สมบัติ ขอทวีวัฒนา และคณะ 2554. การเพิ่มมูลค่าของไข้อยู่ที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยผลิตเป็นอนุภาคไขมันแข็งระดับนาโน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- Askew, S., Bowden, B., Ridd, M., Valix, M., Analysis of sugar cane using high temperature GC–MS. In: Proceedings of the 21st Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, **1999**, p. 389–393.
- Berger A., Jones P.J., Abumweis S.S. Plant sterols: Factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients. *Lipids Health Dis.* **2004**, 3, 5.
- Bhosale P. R., Chonde Sonal G. and Raut P. D. Studies on extraction of sugarcane wax from press mud of sugar factories from Kolhapur District, Mahirashtra. *J. Environ. Res. Develop.* **2012**, 6 (3A), 715-720.
- Demonty I, Ras RT, van der Knaap HC, Duchateau GS, Meijer L, Zock PL, et al. Continuous dose response relationship of the LDL-cholesterol-lowering effect of phytosterol intake. *J. Nutr.* **2009**, 139, 271-84.
- Fernandez M.L., Vega-Lopez S. Efficacy and safety of sitosterol in the management of blood cholesterol levels. *Cardiovasc Drug Rev* **2005**, 23, 57-70.
- Lau VW, et al. Plant sterols are efficacious in lowering plasma LDL and non-HDL cholesterol in hypercholesterolemic type 2 diabetic and nondiabetic persons. *Am. J. Clin. Nutr.* **2005**, 81, 1351-1358.
- Laguna Granja, A., Magraner Hernandez, J., Carbajal Quintana, D., Arruzazabala Valmana, L., Mas Ferreiro, R., Garcia Mesa, M. A mixture of higher primary aliphatic alcohols, its obtention from sugar cane wax and its pharmaceutical uses. **1999**, US patent No. 5856316.
- Lamberton, J.A., Redcliffe, A.H., The chemistry of sugar-cane wax. I. The nature of sugarcane wax. *Aust. J. Chem.* **1960**, 13, 261–268.
- Li T.S.C., Beveridge T.H.J. and Drover J.C.G. Phytosterol content of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed oil Extraction and identification *Food Chemistry* **2007**, 101, 1633–1639.

- Mas, R., Rivas, P., Izquierdo, J.E., Hernandez, R., Fernandez, J., Orta, S.D., Illnait, J., Ricardo, Y., Pharmacoepidemiologic study of polycosanols. *Curr. Ther. Res.* **1999**, 60, 458–467.
- Meade, G.P. and Chen, J.C.P.. Cane sugar handbook. 10th ed. John Wiley & Sons, New York. **1977**, p. 834.
- Nuissier G., Bourgeois P., Fahrasmane and Grignon-Dubois., Evaluation of vinasses from sugarcane wax, *Chem. Nat. compound*, **2008**, 44 (5), 552-555
- Nuissier, G., Bourgeois, P., Grignon-Dubois, M., Pardon, P. and Lescure, M. H. Composition of sugarcane waxes in rum factory wastes. *Phytochemistry* **2002**, 61, 721–726.
- Parfait, A., 1997. Rapport concernant les cires de boues de sucrerie de l’usine GARDEL. Programme Aliment **2000**.
- Paturau, J.M., 1989. By-Products of the Cane Sugar Industry, 3rd ed. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Pérez C., Falero A., Hung B. R., Tirado S. and Balcinde Y. Bioconversion of phytosterols to androstanes by mycobacteria growing on sugar cane mud. *J. Ind Microbiol Biotechnol* **2005**, 32, 83–86
- Ryan E., Galvin K., O’Connor T. P., Maguire A. R. and O’Brien N. M. Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes. *Plant Foods Hum. Nutr.* **2007**, 62, 85–91.
- Taylor, A.K. From raw sugar to raw materials. Chem. Innovation, **2000**, November 45–48.
- Vanstone C.A., et al. Unesterified plant sterols and stanols lower LDL-cholesterol concentrations equivalently in hypercholesterolemic persons. *Am. J. Clin. Nutr.* **2002**, 76, 1272-1278.
- Weingartner O, Bohm M, Laufs U. Controversial role of plant sterol esters in the management of hypercholesterolaemia. *Eur. Heart J.* **2009**, 30, 404-409.

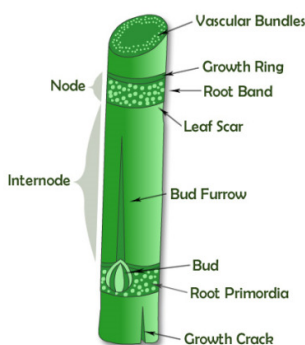
บทที่ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไซออยจากต้นอ้อยสดและสายพันธุ์อ้อยในประเทศไทย

3.1 บทนำ

อ้อย จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกหญ้าที่อยู่ในสกุล *Saccharum* ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับข้าวฟ่าง ข้าวโพดและหญ้าจอร์นสัน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum officinarum* การเจริญเติบโตของอ้อยจะชอบลักษณะอากาศร้อน แสงแดดจัด และชุ่มชื้น อ้อยต้องการน้ำตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร นิยมปลูกกันระหว่างเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือและใต้ สำหรับประเทศไทย ชาวไร่ส่วนใหญ่จะนิยมปลูกอ้อยสำหรับทำน้ำตาล แต่มีส่วนน้อยที่ปลูกอ้อยเคี้ยว ได้แก่ อ้อยขาไก่ อ้อยสิงคโปร์ และอ้อยมอริเชียส อ้อยประเภทนี้ใช้บริโภคโดยตรง มีเปลือกและเนื้อนุ่มกว่าอ้อยที่ปลูกเพื่อทำน้ำตาล

อ้อยถือเป็นพืชที่มีลำต้น (Stalk) สูงใหญ่ ได้ชื่อว่าเป็น “หญ้ายักษ์ หรือ Giant grass” โดยอ้อยที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 12 เดือนอาจมีลำต้นสูงประมาณ 2-3 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-5.0 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพแวดล้อม และการปฏิบัติรักษาของชาวไร่ ลำต้นของอ้อยจะประกอบด้วยข้อและปล้องเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้อ้อยที่ตัดเมื่ออายุ 12 เดือน จะมีปล้อง 20-30 ปล้อง ลักษณะรูปร่างของปล้อง (Internode's pattern) มีรูปร่างแตกต่างกันตามชนิดและพันธุ์ เช่น เป็นรูปทรงกระบอก (cylindrical) มัดข้าวต้ม (tumescent) กลางคอด (bobbin-shaped) โคนใหญ่ (conoidal) โคนเล็ก (obconoidal) หรือโค้ง (curved) ทั้งนี้ส่วนประกอบของข้อและปล้อง (ดังแสดงในภาพที่ 1.1) จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้



ภาพที่ 3.1 ลำต้นของอ้อย

ที่มา: <http://www.sugarcane crops.com>

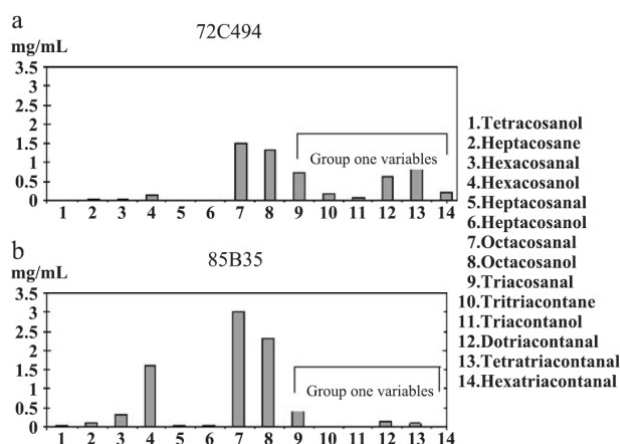
- ๑๗ (bud หรือ eye) เกิดที่ข้อในบริเวณเกิตราก (root band) ปกติแต่ละข้อมีหนึ่งตาเกิดสลับกันคนละข้างของลำต้น ในบางกรณีบางข้ออาจไม่มีตา หรือมีมากกว่าหนึ่งตาก็ได้ ขนาด รูปร่าง และลักษณะของตาขึ้นอยู่กับพันธุ์

- **รากบริเวณเกิดราก** (root band หรือ root ring หรือ root zone) คืออาณาเขตที่อยู่ระหว่างรอยกาบและวงเจริญ เป็นที่เกิดของปมราก ความกว้างของบริเวณนี้ไม่ค่อยสม่ำเสมอ ด้านที่มีตามักจะกว้างกว่าด้านที่อยู่ตรงข้ามสี ความกว้างและปริมาณไข (wax) ที่เกาะตลอดจนระดับของบริเวณนี้เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนของปล้องแตกต่างกันตามพันธุ์
- **ปมราก** (root primordial หรือ root initials) เป็นจุดเล็ก ๆ ในบริเวณเกิดราก รากจะเจริญออกมาจากปมเหล่านี้ ปมรากที่อยู่ตอนบนมีขนาดเล็กกว่าตอนล่าง สีขนาด จำนวนแถว และการจัดเรียงของปมรากเป็นลักษณะประจำพันธุ์
- **วงเจริญหรือวงแหวน** (growth ring) คือส่วนที่มีลักษณะคล้ายวงแหวนเรียบที่อยู่เหนือบริเวณเกิดราก เป็นส่วนที่มีไขเกาะน้อยมาก มีสีแตกต่างกันตามพันธุ์ การที่เรียกวงเจริญก็เพราะส่วนนี้จะเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัดในอ้อยที่ล้ม ส่วนของวงเจริญด้านล่างจะยืดตัวมากกว่า ทำให้ลำต้นตั้งขึ้น วงเจริญอยู่ตรงกับตาอาจโค้งขึ้นเหนือตาหรือผ่านไปทางด้านหลังตาก็ได้ ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์เช่นกัน
- **รอยกาบ** (leaf scar หรือ sheath scar) เป็นรอยที่เกิดขึ้นหลังจากกาบใบหลุดแล้ว การหลุดยากหรือง่ายของกาบใบเป็นลักษณะประจำพันธุ์ นอกจากนี้ลักษณะบางอย่าง เช่น ความลาดเท และความยื่นตรงได้ตาก็เป็นลักษณะประจำพันธุ์เช่นเดียวกัน
- **วงไข** (wax ring) คือ ส่วนของปล้องที่มีไขเกาะมากกว่าส่วนอื่นๆ มีลักษณะเป็นวงแหวนอยู่ใต้รอยกาบ ส่วนนี้อาจจะคอดหรือเสมอกับลำต้นซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์
- **รอยแตกลึก** (growth crack หรือ ring crack) เป็นรอยแตกขนาดใหญ่ เกิดตามความยาวของลำต้น ลึกเข้าไปในเนื้ออ้อย รอยแตกส่วนมากมักจะยาวตลอดปล้อง ปล้องละรอย และรอยดังกล่าวมักเกิดขึ้นในบางปล้องเท่านั้น การเกิดรอยแตกลึกขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม
- **ร่องตา** (bud furrow หรือ bud groove) เป็นร่องที่เกิดขึ้นที่ปล้องซึ่งอยู่ตรงและเหนือตาขึ้นไปบางพันธุ์อาจไม่มี สำหรับพันธุ์ที่มีร่องนี้อาจยาว สั้นตัน หรือลึกซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์

จากลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของต้นอ้อยจะพบว่าที่บริเวณส่วนต่างๆ ของลำต้นอ้อยจะมีส่วนประกอบของไข (Wax) อยู่เป็นจำนวนมาก และพบว่าจะมีการสะสมอยู่บริเวณผิวด้านนอกของลำต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญพันธุ์ หรือแตกหน่อและราก Wax จัดเป็นสารประกอบ ester ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (เช่น alkanes, alkenes, ketone, alcohol) และกรดไขมันขนาดใหญ่ (จำนวนคาร์บอน 12 ถึง 38 อะตอม) (Christie, 2003)

สารจำพวก Wax ในอ้อยพบมากในส่วนผิวของลำต้นที่ใกล้กับปล้องอ้อย โดยองค์ประกอบหลักที่พบคือ สารในกลุ่ม ester ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง กรดไขมัน อัลดีไฮด์ และ คีโตน เป็นต้น ไขของอ้อย (Sugarcane Wax) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักๆ ได้แก่ Hydrocarbon ร้อยละ 2 – 8 Wax esters ร้อยละ 6 Aldehydes ร้อยละ 50 Primary alcohols ร้อยละ 5-28 และ Fatty acid ร้อยละ 3 – 8

(ที่มา: <http://www.lipidlibrary.co.uk>) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านการจัดจำแนกพันธุ์อ้อย โดยได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างไขอ้อยจากอ้อย 122 พันธุ์ ในประเทศออสเตรเลีย โดยไขอ้อยจะถูวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatography (GC) และวิเคราะห์ส่วนประกอบโดยละเอียด ด้วย GC Mass Spectro Meter (GC-MS) เพื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยแต่ละพันธุ์ ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนั้นพบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยพันธุ์ต้านทาน (Resistant Clone) และจะมีความแตกต่างของปริมาณสัดส่วนของสารประกอบในไขอ้อยต่างไปจากอ้อยพันธุ์อื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.2 และ 3.3

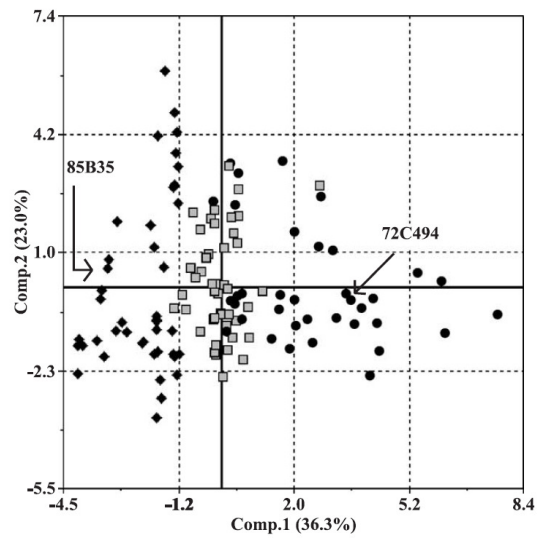


ภาพที่ 3.2 ชนิดและปริมาณของสารประกอบบางส่วนในไขอ้อยซึ่งพบว่ามีความผันแปรในอ้อย พันธุ์ 85B35 (Susceptible Clone) และอ้อยพันธุ์ 72C494 (Resistant Clone) โดยความแปรผันทางปริมาณจะปรากฏขึ้นในสารประกอบหมายเลข 9-14

(a) อ้อยพันธุ์ 85B35

(b) อ้อยพันธุ์ 72C494

ที่มา: Purcell et al. (2005)



ภาพที่ 3.3 การแสดงผลจากการจัดกลุ่มของอ้อยพันธุ์ต่างๆ จากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่มีความผันแปร (●) Resistant Clones; (◆) Highly Susceptible Clones; (□) Intermediated Resistant Clones. ที่มา: Purcell et al. (2005)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ตัวอย่างไข่อ้อยจากต้นอ้อยสดสายพันธุ์ต่างๆ

การทดลองครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างไขจากต้นอ้อยโดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย 1 (จ.กาญจนบุรี) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม โดยการเตรียมตัวอย่างไขจากลำต้นอ้อย จะทำการเลือกต้นอ้อยที่มีอายุประมาณ 11-12 เดือน โดยตัดทั้งลำ ลิดใบและกาบออก จากนั้นจึงใช้พายเหล็ก (Spatula) ขูดที่ผิวของลำต้นอ้อย เพื่อเก็บไขที่คลุมผิวด้านนอกของลำต้นอ้อย ไขที่เก็บได้จะมีสีขาวเทา เก็บไขอ้อยไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส

3.2.2 การทำบริสุทธิ์ไขอ้อยที่ขูดได้จากลำต้นสด

ทำบริสุทธิ์จากตัวอย่างไขอ้อยสดด้วยการทำ Reflux โดยใช้ตัวอย่างไขที่ขูดได้จากลำต้น น้ำหนัก 2 กรัม บรรจุลงในขวดก้นกลมขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน-hexane จำนวน 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต่อเข้ากับตัวควบแน่น (Condenser) จับเวลาเมื่อ n-hexane เริ่มเดือด (ประมาณ 60 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาจึงนำตัวอย่างไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1) หนึ่งแผ่น แล้วนำประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง evaporator ไขที่ได้จะมีสีขาวเหลือง และนำไปใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

3.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างไขอ้อยด้วย Thin Layer Chromatography (TLC)

ละลายตัวอย่างไขอ้อยด้วย Chloroform หยดลงบนแผ่น TLC โดยใช้ Developing mixture เป็นสารละลายผสมของ n-hexane: diethyl ether: acetic acid ด้วยอัตราส่วน 70: 30: 1 (v/v/v) สำหรับการศึกษารูปแบบการแยกชนิดของสารประกอบภายในไขอ้อย

3.2.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างไขอ้อยด้วยเทคนิค IR Spectroscopy

ตัวอย่างไขอ้อยสดจำนวน 40 สายพันธุ์ ได้แก่ K90-77 ชัยนาท1 CSB02-65 K76-4 K82-166 K83-74 K84-94 K84-722 K88-102 K88-65 K88-87 K90-54 K90-273 K91-171 K91-253 K92-60 K92-80 K92-213 K93-236 K93-256 K93-349 K94-23 K95-87 K95-161 K95-287 K97-27 K97-29 K98-295 K99-50 K99-254 K2000-65 KPK98-40 LK95-127 อุ้ทอง 1 อุ้ทอง 3 อุ้ทอง 6 อุ้ทอง 12 LK92-92 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น $4,000 - 600 \text{ cm}^{-1}$ / 64 scan/ resolution 4 cm^{-1} (PerkinElmer Frontier, Spectrum10) จำนวนตัวอย่างละ 5 ซ้ำ (5 replication) ซ้ำละ 10 spectrums

3.2.5 วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม OPUS 7.0 สำหรับการทำให้ Hierarchical cluster analysis

ทำการ Normalizes กราฟตัวแทนกลุ่ม (10 spectrums/replication) Vector normalizes ในช่วง $3,500 - 1,000 \text{ cm}^{-1}$ และ average กราฟที่ normalize แล้วเพื่อให้ได้กราฟตัวแทนในแต่ละกลุ่ม จากนั้น Integrate พื้นที่ใต้กราฟช่วง C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) CH_3 ($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2 bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$)

3.3 ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.3.1 ตัวอย่างไข่อ้อยจากต้นอ้อยสดสายพันธุ์ต่างๆ

ไขจากต้นอ้อยได้รับตัวอย่างจาก ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย 1 (จ.กาญจนบุรี) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม แสดงดังภาพที่ 3.4 และตัวอย่างของไขอ้อยที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการสกัดแบบ Reflux ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน แสดงได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างไข่อ้อยที่ชูดจากลำต้น



(ก) ไข่อ้อยหลังจากระเหยตัวทำละลายออกแล้ว



(ข) ตัวอย่างไข่อ้อยสำหรับนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

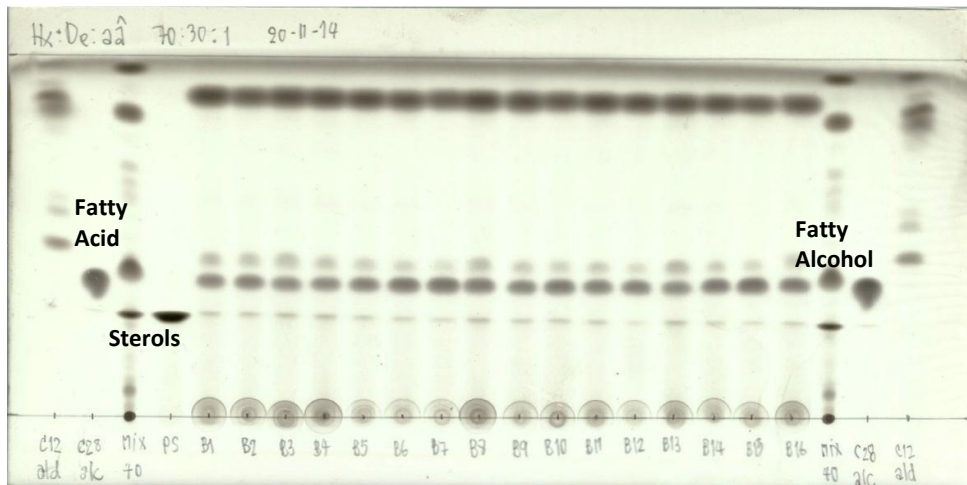
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างไข่อ้อยบริสุทธิ์ที่ได้จากการสกัดโดยใช้เทคนิค Reflux ด้วยตัวทำละลายเฮกเซน

3.3.2 การวิเคราะห์สารประกอบในไข่อ้อยเบื้องต้นด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC)

การวิเคราะห์สารประกอบในไข่อ้อยเบื้องต้นด้วยเทคนิค Thin Layer Chromatography (TLC) ตัวอย่างไข่อ้อยจากกากหม้อกรอง ที่สกัดด้วย n-hexane ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ถูกนำมาละลายด้วยตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม ปรับความเข้มข้นของสารละลายไข่อ้อยให้ได้ 2.5 mg/ml ผลการแยกสารประกอบบน TLC plate, silica gel 60 (Merck) แสดงในภาพที่ 3.6, 3.7 และ 3.8

จากการวิเคราะห์เพื่อแยกสารประกอบต่างๆ ในไข่อ้อยเบื้องต้นพบว่าในไข่อ้อยทั้ง 40 สายพันธุ์ มีองค์ประกอบคล้ายกัน โดยจะประกอบไปด้วยสารประกอบ สารประกอบกลุ่ม Ester สารประกอบ sterol สารประกอบ fatty alcohol สารประกอบ fatty acid และสารประกอบ fatty aldehyde ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ สมบัติและคณะ (2555)

สารประกอบสำคัญที่มีมูลค่า (High value added) ที่พบมาในไข่อ้อยเช่น Policosanol เป็นชื่อสามัญที่อ้างอิงถึงสารผสมของ long chain aliphatic primary alcohols (จำนวนคาร์บอนอะตอมอยู่ระหว่าง 20-36 คาร์บอนอะตอม) ส่วนประกอบหลักของสารผสมนี้จะประกอบด้วย docasanol (C22) tetracosanol (C24) hexacosanol (C26) octacosanol (C28) และ triacontanol (C30) โดย Policosanol มีคุณสมบัติในการปกป้องและบำบัดโรคหัวใจ (Varady et al., 2003) และรายงานผลของ octacosanol (C28) ที่เป็นผลดีต่อสุขภาพก็ได้มีรายงานออกมาแล้ว (Taylor et al., 2003) Policosanol ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถลดการจับตัวเป็นก้อนตกตะกอน ลดการถูกทำลายของเยื่อพู่พรอง และลดการเกิด foam cell (Arruzazabala et al., 1993; Carbajal et al., 1998) และยังมีการศึกษาประสิทธิภาพของ Policosanol เป็นสารลดไขมัน (lipid-lowering agent) ในกลุ่มตัวอย่างต่างๆกันอย่างกว้างขวาง (Carbajal et al., 1998, Gouni-Berthold and Berthold, 2002; Menendez et al., 1994)



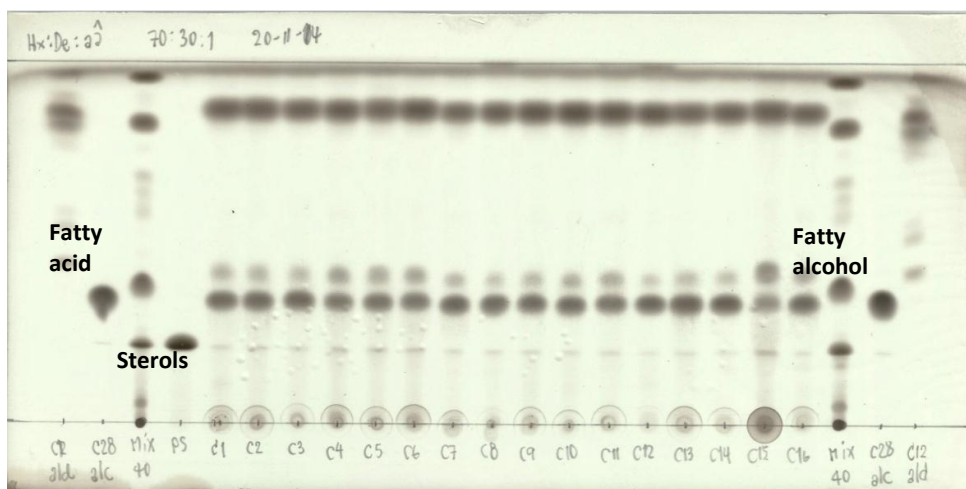
ภาพที่ 3.6 การแยกของสารประกอบในไขอ้อย (B1-B16) ปีเพาะปลูก 2556-57 แปลงปลูก จ. กาญจนบุรี ด้วยเทคนิค Thin layer chromatography (TLC) โดยใช้ mobile phase คือ n-hexane/Diethyl ether/Acetic acid (70:30:1, v/v/v) และ ตรวจสอบ ด้วยสารผสม 40% orthophosphoric acid และ saturated copper acetate aqueous solution อัตราส่วน 1:1 (v/v)

คำอธิบาย

B1 = ไขอ้อยพันธุ์ K97-27
B4 = ไขอ้อยพันธุ์ K93-256
B7 = ไขอ้อยพันธุ์ K90-54
B10 = ไขอ้อยพันธุ์ K99-5
B13 = ไขอ้อยพันธุ์ อุทอง 6
B16 = ไขอ้อยพันธุ์ K82-166
Mix 40 = สารมาตรฐาน

B2 = ไขอ้อยพันธุ์ KPK98-40
B5 = ไขอ้อยพันธุ์ LK95-127
B8 = ไขอ้อยพันธุ์ K92-80
B11 = ไขอ้อยพันธุ์ K92-60
B14 = ไขอ้อยพันธุ์ อุทอง 1
C28 alc = 1-octacosanol
PS = Plant sterols

B3 = ไขอ้อยพันธุ์ K98-295
B6 = ไขอ้อยพันธุ์ K99-254
B9 = ไขอ้อยพันธุ์ KU50
B12 = ไขอ้อยพันธุ์ K93-236
B15 = ไขอ้อยพันธุ์ LK92-92
C12 ald = Lauric aldehyde



ภาพที่ 3.7 การแยกของสารประกอบในไขอ้อย (C1-C16) ปีเพาะปลูก 2556-57 แปลงปลูก จ. กาญจนบุรี ด้วย เทคนิค Thin layer chromatography (TLC) โดยใช้ mobile phase คือ n-hexane/Diethyl ether/Acetic acid (70:30:1, v/v/v) และ ตรวจ สอบ ด้วยสารผสม 40% orthophosphoric acid และ saturated copper acetate aqueous solution อัตราส่วน 1:1 (v/v)

คำอธิบาย

C1 = ไขอ้อยพันธุ์ K91-177

C4 = ไขอ้อยพันธุ์ K84-722

C7 = ไขอ้อยพันธุ์ K93-219

C10 = ไขอ้อยพันธุ์ K93-347

C13 = ไขอ้อยพันธุ์ K90-77

C16 = ไขอ้อยพันธุ์ K92-287

Mix 40 = สารมาตรฐาน

C2 = ไขอ้อยพันธุ์ ชัยนาท1

C5 = ไขอ้อยพันธุ์ K83-74

C8 = ไขอ้อยพันธุ์ K88-87

C11 = ไขอ้อยพันธุ์ K2000-65

C14 = ไขอ้อยพันธุ์ K92-213

C12 ald = Lauric aldehyde

PS = Plant sterols

C3 = ไขอ้อยพันธุ์ K84-69

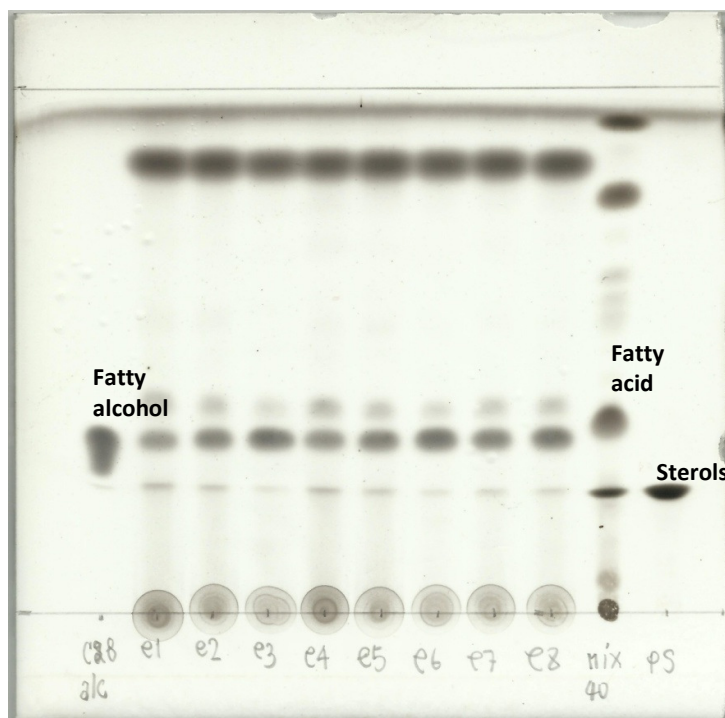
C6 = ไขอ้อยพันธุ์ K91-253

C9 = ไขอ้อยพันธุ์ K88-65

C12 = ไขอ้อยพันธุ์ อุทอง3

C15 = ไขอ้อยพันธุ์ K94-32

C28 alc = 1-octacosanol



ภาพที่ 3.8 การแยกของสารประกอบในไขอ้อย (e1 - e8) ปีเพาะปลูก 2556-57 แปลงปลูก จ. กาญจนบุรี ด้วยเทคนิค Thin layer chromatography (TLC) โดยใช้ mobile phase คือ n-hexane/Diethyl ether/Acetic acid (70:30:1, v/v/v) และตรวจสอบด้วยสารผสม 40% orthophosphoric acid และ saturated copper acetate aqueous solution อัตราส่วน 1:1 (v/v)

คำอธิบาย

e1 = ไขอ้อยพันธุ์ K76-4

e2 = ไขอ้อยพันธุ์ CSB02-65

e3 = ไขอ้อยพันธุ์ อุทอง 12

e4 = ไขอ้อยพันธุ์ K88-102

e5 = ไขอ้อยพันธุ์ 95-161

e6 = ไขอ้อยพันธุ์ K95-87

e7 = ไขอ้อยพันธุ์ K90-273

e8 = ไขอ้อยพันธุ์ K97-29

C28 alc = 1-octacosanol

PS = Plant sterols

Mix 40 = สารมาตรฐาน

3.3.3 การพิสูจน์เอกลักษณ์ของไข้อยู่ด้วย FT-IR

FT-IR spectrometer (Fourier Transform Infrared Spectrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างของสาร โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น (Wave number) ประมาณ $12800 - 10 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าแต่ให้ความร้อนที่สัมผัสได้ ช่วงของรังสีอินฟราเรดที่ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ช่วง Middle IR ($4,000 - 200 \text{ cm}^{-1}$) เนื่องจากรังสีอินฟราเรดมีพลังงานค่อนข้างต่ำ เมื่อโมเลกุลของสารดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเข้าไปจะทำให้พันธะในโมเลกุลเกิดการสั่นและการหมุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของโมเลกุล การที่โมเลกุลจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้นั้นความถี่ของรังสีอินฟราเรดต้องเท่ากับค่าการสั่นของโมเลกุลของสารนั้นๆ ซึ่งสารอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าความถี่ของการสั่นที่จำเพาะและแตกต่างกันไปทำให้สามารถนำเทคนิคนี้มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและชนิดของสารอินทรีย์ได้

เมื่อพิจารณา IR spectrum ของสารประกอบที่พบในไข้อยู่ทั้ง 40 ตัวอย่าง จากการคัดเลือกกราฟตัวแทนกลุ่มที่ Normalizes โดย Vector normalizes ในช่วง $3,500 - 1,000 \text{ cm}^{-1}$ และ average เพื่อให้ได้กราฟตัวแทนในแต่ละกลุ่ม แล้ว Integrate พื้นที่ใต้กราฟช่วง C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) CH_3 ($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2 bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$) พบว่าไขของอ้อยพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณ C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) สูงที่สุด รองลงมาคือ LK95-127 และ K91-253 ตามลำดับ โดยช่วง C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) เป็นช่วงที่มีข้อมูลแตกต่างกันมากที่สุด ซึ่งช่วงความยาวดังกล่าวจะเป็นช่วงความยาวของหมู่ฟังก์ชันของสารในกลุ่ม aldehyde ($1,740 - 1,730 \text{ cm}^{-1}$) ketone ($1,725 - 1,705 \text{ cm}^{-1}$) carboxylic acid ($1,725 - 1,700 \text{ cm}^{-1}$) และ ester ($1,750 - 1,735 \text{ cm}^{-1}$) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Mangesh B. I. และ S.S. Lele (2012) ได้สกัดและวิเคราะห์คุณสมบัติของไขจากเปลือกอ้อยด้วย FT-IR และพบพีคที่โดดเด่นในช่วงความยาว $2,921.73$ และ $2,851.64$ (-CH) ช่วง $1,463.44$ (-CH₂) $1,376.96$ (-CH₃) $1,108.4$ และ $1,170.16$ (-C-O) $3,395.60$ (-OH) $1,710.25$ (-CHO) และ $1,736.33$ (-COOH) ซึ่งเป็นการตัวบ่งชี้ของการมีอยู่ของสารประกอบ alkane ketone alcohol aldehyde และ carboxylic acid ตามลำดับ และในงานวิจัยของ Unnithan et.al. (2014) วิเคราะห์ fatty alcohol ด้วย FT-IR พบว่าความถี่ในช่วง $3,423.03$ และ $1,048.42 \text{ cm}^{-1}$ จะพบหมู่ Hydroxy ช่วง $2,976.59 \text{ cm}^{-1}$ ของ CH-stretching ความถี่ $2,860 \text{ cm}^{-1}$ (CH₃-stretching) $2,940 \text{ cm}^{-1}$ (CH₂-stretching) $1,460 \text{ cm}^{-1}$ (CH₃-bend) $1,380 \text{ cm}^{-1}$ (CH₂-bend) และ Ali et.al., (2007) พบอนุพันธ์ของ primary alcohol ในรูป acetate ที่ช่วง $1,240 \text{ cm}^{-1}$ (C=O stretching) $1,370 \text{ cm}^{-1}$ (CH₃-bend) $1,460 \text{ cm}^{-1}$ (CH₂-bend) $1,730 \text{ cm}^{-1}$ (C=O stretching) $2,840 \text{ cm}^{-1}$ (CH₃-stretching) และ $2,930 \text{ cm}^{-1}$ (CH₂-stretching)

ตารางที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร C-H stretching ($\sim 3,000\text{--}2,880\text{ cm}^{-1}$) CH_3 ($\sim 2,870\text{--}2,820\text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788\text{--}1,669\text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2 bending ($\sim 1,498\text{--}1,436\text{ cm}^{-1}$) ด้วยโปรแกรม OPUS 7.0 โดยการ integrate พื้นที่ใต้กราฟ

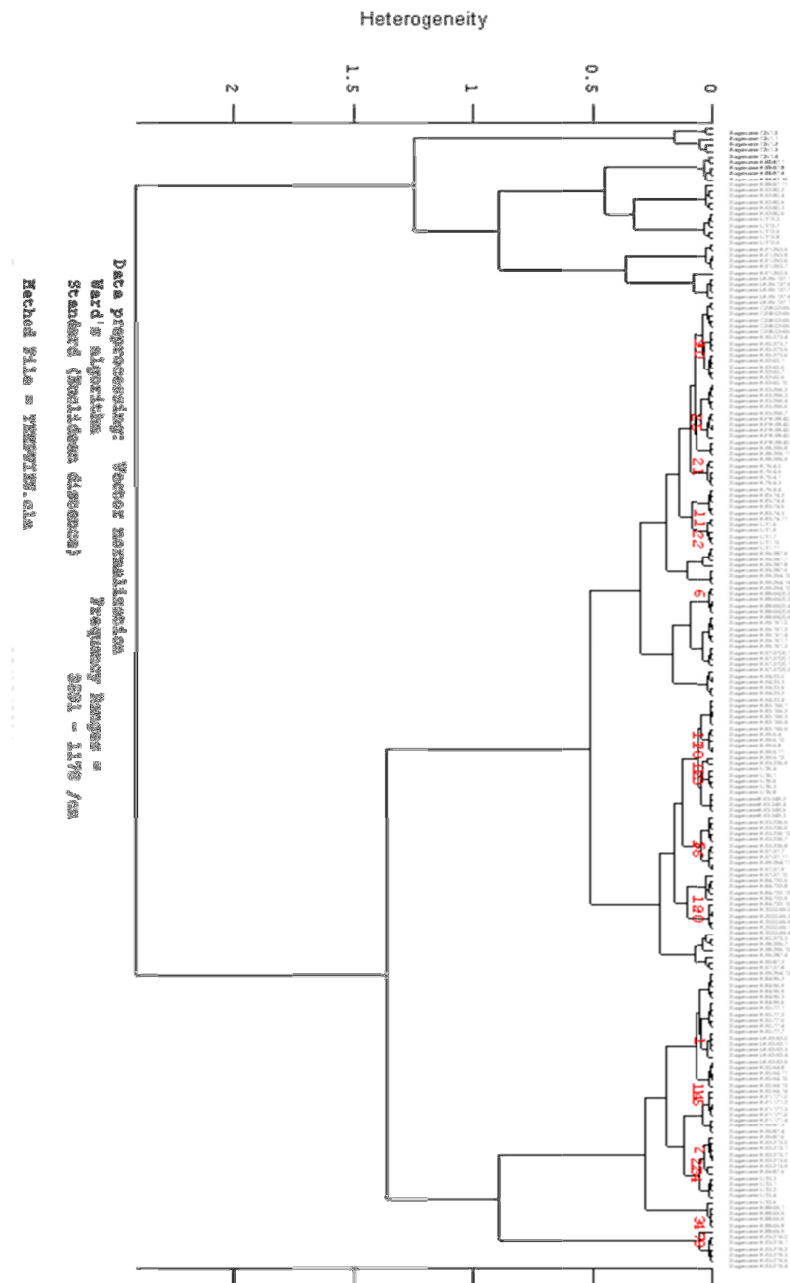
ตัวอย่าง ไข้อย	C-H stretching ($\sim 3,000\text{--}2,880\text{ cm}^{-1}$)	CH_3 ($\sim 2,870\text{--}2,820\text{ cm}^{-1}$)	Esters, aldehydes, carboxylic acids C=O ($\sim 1,788\text{--}1,669\text{ cm}^{-1}$)	CH_2 bending ($\sim 1,498\text{--}1,436\text{ cm}^{-1}$)
K90-77	5.726	2.463	0.400	1.107
ชัณนาท1	6.761	2.798	0.413	1.108
CSB02-65	5.719	2.485	0.690	1.082
K76-4	5.751	2.480	0.703	1.089
K82-166	5.738	2.476	0.554	1.092
K83-74	5.735	2.469	0.633	1.082
K84-94	5.709	2.463	0.368	1.103
K84-722	5.765	2.463	0.633	0.971
K88-102	5.729	2.480	0.987	1.077
K88-65	5.869	2.553	0.450	1.120
K88-87	5.764	2.399	0.343	1.052
K90-54	5.712	2.458	0.352	1.098
K90-273	5.713	2.481	0.737	1.097
K91-171	5.691	2.464	0.380	1.109
K91-253	6.041	2.603	0.977	1.117
K92-60	5.730	2.474	0.660	1.102
K92-80	5.848	2.474	0.691	0.964
K92-213	5.657	2.468	0.211	1.097
K93-236	5.758	2.467	0.524	1.037
K93-256	5.723	2.470	0.760	1.074
K93-349	5.717	2.476	0.537	1.106
K94-23	5.760	2.457	0.890	1.066
K95-87	5.717	2.471	0.359	1.084

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) CH_3 ($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2 bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$) ด้วยโปรแกรม OPUS 7.0 โดยการ integrate พื้นที่ใต้กราฟ

ตัวอย่าง ไข่อ้อย	C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$)	CH_3 ($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$)	Esters, aldehydes, carboxylic acids C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$)	CH_2 bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$)
K95-161	5.713	2.476	0.900	1.090
K95-287	5.754	2.502	0.708	1.080
K97-27	5.733	2.468	0.827	1.097
K97-29	5.710	2.468	0.564	1.096
K98-295	5.690	2.486	0.804	1.068
K99-50	5.747	2.478	0.434	1.096
K99-254	5.743	2.475	0.522	1.099
K2000-65	5.719	2.460	0.643	1.115
KPK98-40	5.720	2.472	0.776	1.088
LK95-127	6.321	2.662	0.447	1.022
อุ้งทอง 1	5.740	2.467	0.669	1.104
อุ้งทอง 3	5.690	2.472	0.237	1.113
อุ้งทอง 6	5.765	2.468	0.491	1.039
อุ้งทอง 12	5.991	2.508	0.563	0.984
LK92-92	5.749	2.458	0.305	1.101

จากการคัดเลือกกราฟตัวแทนกลุ่มที่ Normalizes โดย Vector normalizes ในช่วง $3,500 - 1,000 \text{ cm}^{-1}$ และ average เพื่อให้ได้กราฟตัวแทนในแต่ละกลุ่ม แล้ว Integrate พื้นที่ใต้กราฟช่วง C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) CH_3 ($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2 bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$) ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ พันธะอ้อย และพื้นที่ใต้กราฟช่วง C-H stretching ($\sim 3,000 - 2,880 \text{ cm}^{-1}$) CH_3 ($\sim 2,870 - 2,820 \text{ cm}^{-1}$) C=O ($\sim 1,788 - 1,669 \text{ cm}^{-1}$) และช่วงของ CH_2 bending ($\sim 1,498 - 1,436 \text{ cm}^{-1}$) จะพบว่า สามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มใหญ่ ในแต่ละกลุ่มจะสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ดังภาพที่ 3.6 โดยความสัมพันธ์ของแต่ละกลุ่มเกี่ยวข้องกับปริมาณไข่อ้อยและจำนวนของหมู่ฟังก์ชันที่พบในไข่อ้อย ทั้งนี้ปริมาณของไข่อ้อย และจำนวนของหมู่ฟังก์ชันที่พบในไข่อ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับพันธะอ้อย เนื่องจากตัวอย่างของไข่อ้อยทั้ง 40 สายพันธุ์นั้นเป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมของพ่อแม่พันธุ์อ้อยที่ต่างสายพันธุ์กัน ดังที่แสดงในตารางที่ 2 เมื่อทดลองจัดกลุ่มโดยการวิเคราะห์ Hierarchical cluster analysis ในไข่อ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ พบว่า LK92-11 และ K92-60 อยู่ในกลุ่มใหญ่เดียวกัน มี

ความแตกต่างของปริมาณไขต่างกันแม้ว่าจะมีพันธุ์แม่และพ่อเดียวกัน โดยมีคุณสมบัติด้านทานโรคเหี่ยวเน่า แดงและใบขาวต่างกัน แต่ LK92-11 มีความใกล้เคียงกับ K99-72 เนื่องจากปริมาณไขและจำนวนของหนู่ ฟังก์ชันใกล้เคียงกันจึงอยู่ในกลุ่มย่อยเดียวกัน ไขจากอ้อยพันธุ์ K97-27 และ K97-29 ซึ่งเป็นลูกผสมที่เพาะได้ จากปีเดียวกัน มีพันธุ์แม่และพ่อเดียวกัน จัดอยู่ต่างกลุ่มกัน ปริมาณไขอ้อยและใกล้เคียงกัน



ภาพที่ 3.9 การจัดกลุ่มโดยการวิเคราะห์ Hierarchical cluster analysis ในไขอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์

ตารางที่ 3.2 พันธุ์อ้อย พันธุ์แม่และพ่อ และคุณสมบัติด้านทานโรค

พันธุ์อ้อย	พันธุ์แม่-พ่อ	คุณสมบัติด้านทานโรค
LK92-11	K84-200/อ้อยหวานแดง	เหี่ยวเน่าแดง
K99-72	K84-200/ K83-74	เหี่ยวเน่าแดง
KK3	K84-200/ UT85-2-352	เหี่ยวเน่าแดงปานกลาง แส้ดำปานกลาง
K88-92	UT1/ PL310	เหี่ยวเน่าแดง
K84-200	ROC1/ CP63-588	แส้ดำ เหี่ยวเน่าแดง
UT-1	F172 ผสมเปิด	โรคแส้ดำ โรคราสนิม และโรคใบจุดเหลือง
ชัยนาท1	SP074 ผสมเปิด	แส้ดำ โรคใบขาว และโรคลำต้นเน่าแดง
K76-4	Co798/ Co775	เหี่ยวเน่าแดง
K88-65	PL310/ Co775	แส้ดำ
K88-87	UT1/ PL310	ใบจุดสีเหลือง แส้ดำ
K90-77	UT1/ K83-74	กอตะไคร้ แส้ดำ
K92-60	K84-200/อ้อยหวานแดง	ใบขาว
K92-80	K84-200/ K76-4	ใบขาว เหี่ยวเน่าแดง
K92-213	K84-200/ K83-74	เหี่ยวเน่าแดง
K97-27	UT1/ K84-200	เหี่ยวเน่าแดงปานกลาง
K97-29	UT1/ K84-200	เหี่ยวเน่าแดงปานกลาง

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2557)

3.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาวิจัยจำแนกองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ด้วยเทคนิค FT-IR พบว่าสามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่มใหญ่ และแต่ละกลุ่มใหญ่ยังสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มย่อยๆ โดยความสัมพันธ์ของแต่ละกลุ่มเกี่ยวข้องกับปริมาณไขอ้อยและจำนวนของหมู่ฟังก์ชันที่พบในไขของอ้อย ทั้งนี้ปริมาณของไขอ้อย และจำนวนของหมู่ฟังก์ชันที่พบในไขของอ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับพันธุ์กรรม เนื่องจากตัวอย่างของไขอ้อยทั้ง 40 สายพันธุ์นั้นเป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมของพ่อแม่พันธุ์อ้อยที่ต่างสายพันธุ์กัน และเมื่อทดลองจัดกลุ่มโดยการวิเคราะห์ Hierarchical cluster analysis ในไขอ้อยจำนวน 40 สายพันธุ์ พบว่า LK92-11 และ K92-60 อยู่ในกลุ่มใหญ่เดียวกัน มีความแตกต่างของปริมาณไขต่างกันแม้ว่าจะมีพันธุ์แม่และพ่อเดียวกัน โดยมีคุณสมบัติด้านทานโรคเหี่ยวเน่าแดงและใบขาวต่างกัน แต่ LK92-11 มีความใกล้เคียงกับ K99-72 เนื่องจากปริมาณไขและจำนวนของหมู่ฟังก์ชันใกล้เคียงกันจึงอยู่ในกลุ่มย่อยเดียวกัน ไขจากอ้อยพันธุ์ K97-27 และ K97-29 ซึ่งเป็นลูกผสมที่เพาะได้จากปีเดียวกัน มีพันธุ์แม่และพ่อเดียวกัน จัดอยู่ต่างกลุ่มกัน ปริมาณไขอ้อยและใกล้เคียงกัน

3.5 เอกสารอ้างอิง

สมบัติ ขอทวีวัฒนา, ปัทมา จาตกานนท์, กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และ รจเรข ชคพันธ์ดี (2555) การใช้ประโยชน์จากกากหม้อกรองเป็นแหล่งวัตถุดิบเพื่อสกัดไขอ้อย. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. องค์ความรู้ของ สอน.

<http://ocsb.go.th/th/home/index.php> available online วันที่ 25 ธันวาคม 2557.

Ali Z., Hussain R. A. and Siddiqui H. L. 2007. Hydrocarbons, fatty alcohols and sterols from the varieties of mango kernels fat. J. Chem. Soc. Pak. 29 (6): 628-633

Asikin Y., Takahashi M., Hirose N., Hou D-X, Takara K. and Wada K. 2012. Wax, policosanol, and long-chain aldehydes of different sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivars. European Journal of Lipid Science and Technology Volume 114, Issue 5, pages 583–591.

Carbajal, D., Arruzazabala, M. L., Valdes, S., and Mas, R. 1998. Effects of policosanol on platelet aggregation and serum levels of arachidonic acid metabolites in healthy volunteers. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 58, 61–64.

Gouni-Berthold, I., and Berthold, H. K. 2002. Policosanol: clinical pharmacology and therapeutic significance of a new lipid-lowering agent. American Heart Journal, 143, 356–365.

Hwang K.T., Cuppett S.L., Weller C.L., Hanna M.A. and Shoemaker R.K. 2002. Aldehyde in grain sorghum wax. JAOCS 79 (6): 529-533

Hwang T. K., Kim E. J. and Weller L. C. 2005. Policosanol contents and compositions in wax-like materials extracted from selected cereals of Korean origin. Cereal Chemistry 82: 242-245

Mangesh B. I. and S.S. Lele. 2012. Extraction and characterization of sugarcane peel wax. Inter. Scholarly Res. Network ISRN Agronomy. 1-6.

Martinez., R., I. Castro and M. Oliveros. 2002. Characterization of products from sugar cane mud. Revista de la Sociedad Quimica de Mexico. Vol 46. 1: 64-66.

Misa S. and Ghosh A. 1991. Analysis of epicuticular waxes in Modern methods of plant analysis new series vol.12 essential oils and waxes Eds. H.F. Linskens and T.F. Jackson. Springer. Verlag, Berlin Heidelberg, Germany

- Pons, P., and Rodriguez, R. C. (1994). Effects of successive dose increases of policosanol on the lipid profile of patients with type II hypercholesterolemia and tolerability to treatment. *International Journal of Clinical Pharmacology Research*, 14, 27–33.
- Rendon, A., Rodriguez, M. D., Lopez, M., Garcia, H., de la Cajigas, A. and Mas, R. 1992. Policosanol: a study of its genotoxicity and teratogenicity in rodents. Abstracts of the 6th international congress of toxicology, Rome. *Toxicology Letters*, 63, 249.
- Taylor, J. C., Rapport, L. and Lockwood, G. B. 2003. Octacosanol in human health. *Nutrition* 19: 192-195
- Unnithan A. R., Patil S., Unnikrishnan G. and Varghese J. 2014. Long chain fatty alcohols from *Eupatorium odoratum* as anti-candida agents. *Inter.J. of Pharmacy and Pharmaceutical Sci.* 263-266
- Varady, K. A., Wang, Y. and Jones, P. J. H. 2003. Role of policosanol in the prevention and treatment of cardiovascular disease. *Nutrition Reviews* 61: 376-383



รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 เรื่อง

การพัฒนานาโนภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้
ในลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ

Product Development of Nanostructure Lipid Carrier from Sugarcane
Wax for Application in Moisturizer lipstick and Moisturizer Nail Lotion

โดย ดร.อภिरดา สุคนธ์พันธุ์ และคณะ

ธันวาคม พ.ศ. 2557

สัญญาเลขที่ RDG5650056

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยย่อยที่ 2

การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้

ในลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ

Product Development of Nanostructure Lipid Carrier from Sugarcane
Wax for Application in Moisturizer lipstick and Moisturizer Nail Lotion

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร. อภิตา สุคนธ์พันธุ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
2. ดร. ชัยศักดิ์ จันศรีนิยม	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
3. ดร. ชญานันท์ เอี่ยมสำอางค์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
4. น.ส. วลีวัลย์ เอกน้อยน์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
5. น.ส. ศิริลักษณ์ ปงปัญญายืน	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย วช.และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (ฝ่ายอุตสาหกรรม) เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยสำหรับการดำเนินโครงการวิจัยย่อยเรื่อง “การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรัคเจอร์ลิปิดแคเรียร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ” ภายใต้แผนงานวิจัย “การเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรอง โดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรัคเจอร์ลิปิดแคเรียร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง” และขอขอบพระคุณ คณะกรรมการพิจารณาอนุมัติทุน และคณะกรรมการติดตามและประเมินผลโครงการวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาล

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2557

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : RDG5650056

โครงการวิจัยย่อยที่ 2 : การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ใน
ลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ

ชื่อนักวิจัย : ดร. อภิรดา สุคนธ์พันธุ์ และคณะ

อีเมล : apirada@nanotec.or.th (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ระยะเวลาโครงการ : 12 เดือน (ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2556 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2557)

การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมายที่จะนำไขอ้อยจากการสกัดกากหม้อกรองในกระบวนการผลิตน้ำตาลที่มีองค์ประกอบทางเคมีของ Fatty alcohol, Fatty acids และ Phytosterols ที่ได้จากโครงการที่1 นำมาเตรียมให้อยู่ในรูปของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์ เพื่อกักเก็บสารสำคัญวิตามินอี และนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางเครื่องสำอาง และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของไขอ้อยและอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์กักเก็บสารสำคัญวิตามินอี จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ ในการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์ เพื่อหาสภาวะในการผลิตที่เหมาะสม พบว่าระบบที่ให้ความคงตัวที่ดีที่สุดคือ ระบบที่ใช้กรดโอเลอิก (oleic acid) เป็นไขมันเหลว และ ใช้ซี20 (c-20) หรือร่วมกับ p-40 เป็นสารลดแรงตึงผิวโดยใช้เวลาที่เหมาะสมในการลดขนาดด้วยเครื่องสั่นสะเทือนความถี่สูง (sonication probe) ที่ 7 นาที และพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์จากไขอ้อยโดยใช้ปริมาณไขมันรวมในสูตรตำรับในอัตราร้อยละ 1 พบว่าอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลว ที่ 1:1 มีความคงตัวตลอดระยะเวลา 1 เดือน เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์ของระบบที่ใช้ไขอ้อยกับระบบที่ใช้ไซคาร์บูนา เมื่อเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ พบว่า ระบบที่ใช้ไขอ้อยมีความคงตัวมากกว่าระบบที่ใช้ไซคาร์บูนา สำหรับการศึกษาความคงตัวทางเคมีพบว่าปริมาณวิตามินอี อะซิเตดที่เก็บภายใต้สภาวะต่างๆ ไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ทั้งในตำรับไขอ้อยและไซคาร์บูนาซึ่งถือว่าเป็นสูตรตำรับให้ความคงตัวทางเคมีที่ดี เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

สำหรับการพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์กักเก็บวิตามินอีในอัตราร้อยละ 5 สูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์กักเก็บวิตามินอีจากไขอ้อยให้ความรู้สึกนุ่มลื่น ไม่กระด้าง เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดีและหลังทาให้ความเงางามที่เล็บให้ความรู้สึกในการทาที่ดีกว่าสูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์กักเก็บวิตามินอีจากไซคาร์บูนาที่มีเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย ไม่นุ่มทั้งสองสูตรผ่านการทดสอบความคงตัวในทุกสภาวะที่ทดสอบ โดยลักษณะทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่พบว่าสูตรไซคาร์บูนามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่มากกว่าสูตรไขอ้อย

การพัฒนาสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขอ้อยเปรียบเทียบกับสูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขคาร์นูบา พบว่าสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ไขอ้อยที่พัฒนาขึ้น มีความคงตัว ให้ความรู้สึกเมื่อทาที่นุ่มกว่า มีการกระจายตัวที่ดีกว่าสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขคาร์นูบา ผลการทดสอบสภาวะความคงตัวเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ พบว่า สูตรลิปสติกทั้ง 2 สูตรมีความคงตัวทางกายภาพที่ดี

ทั้งสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บและสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์กั๊กเก็บวิตามินอีจากไขอ้อย ดังกล่าวผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในตำรับ ผ่านการทดสอบการระคายเคือง และผู้บริโภคมีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์

Abstract

Project Code: RDG5650056
Sub Project Title: Product Development of Nanostructure Lipid Carrier Sugarcane Wax for Application in Moisturizer lipstick and Moisturizer Nail Lotion
Name of Researcher: Apirada Sucontphunt and other co-researchers
E-mail Address: apirada@nanotec.or.th (Project Investigator)
Project Period: 12 months (From September 1st, 2013 to August 31st, 2014)

The objective of this study is to utilize sugarcane wax extracted from filter residue (bagasse) in sugar production process in project 1 which contains fatty alcohols, fatty acids and phytosterols for preparation development of nanostructure lipid carrier (NLC). Nanostructure lipid carriers that encapsulated vitamin E (NLCE) was developed using sugarcane wax as a wall forming material for use as cosmetic raw materials. Cosmetic products such as moisturizer lipstick and moisture nail lotion containing sugarcane wax/ NLCE were developed in this study. The optimum conditions to prepare stable NLC was achieved by using oleic acid as a liquid lipid, C-20 or combination with p-40 as the surfactant and the particle size was reduced by sonication for 7 min. When using 1% total lipid in the formula, the ratio of solid lipid: liquid lipid at 1:1 was the optimal ratio to achieve physical stability for 1 month. In comparison of sugarcane wax to carnauba wax in NLCE preparation, the particle size of NLCE from sugar cane wax shows less alteration in mean size resulted in better physical stability. The HPLC conditions for vitamin E acetate analysis were developed for chemical stability detection. The amount of vitamin E acetate from both NLCE was not significantly different from the initial amount under accelerated condition. The NLCE prepared from sugarcane wax, therefore, can be used in cosmetics formulations.

The formulation of moisture nail lotion containing NLCE prepared from sugarcane wax shows good texture, better spreadability and more luster than the NLCE prepared from carnauba wax. Both formulations passed the stability test in specified conditions but the formulation containing NLCE prepared from carnauba wax showed stiffer texture and higher change in viscosity.

For moisturizer lipstick development, the formulation of lipstick containing NLCE prepared from sugarcane wax showed softer texture and more spreadability than lipstick containing NLCE prepared from carnauba wax. In physical stability test, both formulations passed the stability test in specified conditions.

The formulation of moisturizer lipstick and moisture nail lotion contained nanostructure lipid carriers that encapsulated vitamin E (NLCE) prepared with sugarcane wax passed antimicrobial effectiveness test, safety test and consumer satisfaction test.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	P2-IV
บทคัดย่อ	P2-V
Abstract	P2-VII
สารบัญ	P2-IX
สารบัญตาราง	P2-XI
สารบัญภาพ	P2-XIV
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	P2-1
บทนำ	P2-1
การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ	P2-3
วิธีดำเนินการวิจัย	P2-11
- การผลิตและพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญ (วิตามินอี) เพื่อใช้ทางเครื่องสำอาง	P2-11
- ขั้นตอนการเตรียมสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์	P2-11
- การทดสอบความคงตัวทางกายภาพอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญวิตามินอี	P2-11
- การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีด้วยวิธี HPLC	P2-12
- การเตรียมตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานอ้างอิง	P2-12
- ตรวจสอบความเหมาะสมของระบบที่ใช้วิเคราะห์ (System suitability test)	P2-15
- การตรวจรับรองวิธีวิเคราะห์ tocopherol acetate ในตัวอย่างสูตรตำรับ	P2-15
- การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกักเก็บวิตามินอี	P2-16
- ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงเล็บชนิดโลชั่น (Nail Lotion)จากไขอ้อย	P2-17
- การพัฒนาสูตรลิปสติกบำรุงริมฝีปาก	P2-21
- การทดสอบความปลอดภัยในอาสาสมัคร	P2-22
- การทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัคร	P2-23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการทดลองและสรุปผล	P2-25
- การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์	P2-25
- การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีที่เก็บกักในอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ ด้วยวิธี HPLC	P2-30
- การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในสูตรตำรับ	P2-45
- การพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ	P2-46
- ผลการทดสอบความปลอดภัยโลชั่นบำรุงเล็บ	P2-52
- ผลการทดสอบความพึงพอใจโลชั่นบำรุงเล็บ	P2-53
- การพัฒนาลิปสติกบำรุงริมฝีปาก	P2-54
- ผลการทดสอบความปลอดภัยลิปสติกบำรุงริมฝีปาก	P2-63
- ผลทดสอบความพึงพอใจลิปสติกบำรุงริมฝีปาก	P2-63
สรุปผลการทดลอง	P2-65
สรุปผลการดำเนินงานและปัญหา	P2-68
เอกสารอ้างอิง	P2-71

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	องค์ประกอบทางเคมีของไซออยที่ได้จากกากหม้อกรอง
ตารางที่ 2.2	ตัวอย่างเครื่องสำอางในท้องตลาดที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนไขมันแข็ง
ตารางที่ 2.3	ตัวอย่างส่วนประกอบโดยทั่วไปและปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตลิปสติกบำรุงริมฝีปากในปัจจุบัน
ตารางที่ 2.4	ส่วนประกอบทั่วไปและปริมาณที่ใช้ในการผลิตโลชั่นบำรุงเล็บ
ตารางที่ 2.5	แสดงสถานะที่ใช้ในวิเคราะห์สาร tocopherol acetate ในสูตรตำรับสำหรับ HPLC
ตารางที่ 2.6	แสดงการเตรียมสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate เพื่อวิเคราะห์ในหัวข้อความแม่นยำและความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์
ตารางที่ 2.7	แสดงสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่ NLC ของวิตามินอี ที่เตรียมผนังด้วยไฮคาร์บูบา
ตารางที่ 2.8	สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บปรับปรุงและเติม NLC วิตามินอีเตรียมจากไซออยและไฮคาร์บูบา
ตารางที่ 2.9	แสดงสูตรลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ไซออย (DEP-J1-N3_Sug_NLC4%) และไฮคาร์บูบา (DEP-J1-N3_Car_NLC4%)
ตารางที่ 2.10	แสดงผลของตัวแปรต่างๆที่ทำการศึกษา
ตารางที่ 2.11	แสดงผลของอัตราส่วนระหว่างไขมันแข็งและไขมันเหลว
ตารางที่ 2.12	แสดงองค์ประกอบของระบบนำส่งนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไซออยและไฮคาร์บูบา
ตารางที่ 2.13	แสดงค่าพารามิเตอร์ Repeatability, Resolution, Tailing factor, Capacity factor และ Plate count ของสถานะวิเคราะห์ที่ใช้ดังตารางที่ 10 ในการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในสูตรตำรับ (n=6)
ตารางที่ 2.14	แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 2.15 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์นุบา) ที่ความเข้มข้นต่างๆ	P2-35
ตารางที่ 2.16 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย) ที่ความเข้มข้นต่างๆ	P2-36
ตารางที่ 2.17 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) และค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD) ของการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในเมทานอล	P2-42
ตารางที่ 2.18 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) และค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD) ของการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์นุบา)	P2-42
ตารางที่ 2.19 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) และค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD) ของการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย)	P2-43
ตารางที่ 2.20 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล (ตัวแปร X) พื้นที่ใต้กราฟ (ตัวแปร Y) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณและค่าขีดจำกัดของการตรวจหา	P2-43
ตารางที่ 2.21 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์นุบา) (ตัวแปร X) พื้นที่ใต้กราฟ (ตัวแปร Y) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่า ขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณและค่าขีดจำกัดของการตรวจหา	P2-44
ตารางที่ 2.22 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย) (ตัวแปร X) พื้นที่ใต้กราฟ (ตัวแปร Y) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่า ขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ และค่าขีดจำกัดของการตรวจหา	P2-45
ตารางที่ 2.23 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ Rx4	P2-46
ตารางที่ 2.24 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ Rx4 ที่สภาวะต่างๆ	P2-48
ตารางที่ 2.25 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ RX4B-2-E carnauba NLC 3% และ RX4B-2-E sugarcane NLC 3%	P2-49

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 2.26	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ RX4-4B2-E ที่สภาวะต่างๆเป็นเวลา 1 เดือน และ 3 เดือน
ตารางที่ 2.27	แสดงค่าความหนืดของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ RX4-4B2-E ที่สภาวะต่างๆ
ตารางที่ 2.28	ค่าเฉลี่ยคะแนนการระคายเคืองของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บไข่อ้อย ไชคาร์นูบา และน้ำเปล่า
ตารางที่ 2.29	ผลการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงเล็บจากไข่อ้อย จากการตอบแบบสอบถาม
ตารางที่ 2.30	แสดงสภาวะในการทดสอบ ความแข็ง (Hardness test)
ตารางที่ 2.31	แสดงผลการทดสอบความแข็ง(Hardness test) เปรียบเทียบระหว่าง สูตรลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมไข่อ้อย และไขคาร์นูบาที่ใส่และไม่ใส่ NLC
ตารางที่ 2.32	แสดงผลการทดสอบความแข็ง(Hardness test)เปรียบเทียบลิปสติก สูตรไข่อ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ (NLC), สูตรไขคาร์นูบาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ (NLC) และสูตรทางการค้า (มูลค่า 590 บาท)
ตารางที่ 2.33	แสดงสภาวะที่ใช้ทดสอบการกระจายตัวของลิปสติกเพื่อดูการกระจายตัว (Spreadability)
ตารางที่ 2.34	แสดงผลการการกระจายตัว(Spreadability)ของเนื้อลิปสติก เปรียบเทียบระหว่างสูตรไข่อ้อย และไขคาร์นูบาที่ใส่และไม่ใส่ NLC
ตารางที่ 2.35	แสดงผลการทดสอบการกระจายตัวเปรียบเทียบลิปสติกสูตรไข่อ้อยที่มี NLC, สูตรไขคาร์นูบาที่มี NLC และสูตรทางการค้า (มูลค่า 590 บาท)
ตารางที่ 2.36	ค่าเฉลี่ยคะแนนการระคายเคืองของสูตรตำรับลิปสติกสูตรตำรับไข่อ้อย NLC, สูตรคาร์นูบา NLC และน้ำเปล่า
ตารางที่ 2.37	ผลการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ลิปบำรุงริมฝีปากจากไข่อ้อย

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	โครงสร้างของเล็บ (Murden, 2002)	P2-8
ภาพที่ 2.2	กราฟเปรียบเทียบขนาดของอนุภาค NLC ที่สภาวะเริ่มต้น (t0) ที่อุณหภูมิห้อง (t1) 40 องศาเซลเซียส, (t1 40C) และ 4 องศาเซลเซียส (t1 4C) เป็นเวลา 1 เดือนและ อนุภาค NLC ที่ไม่มีวิตามินอี (blank NLC)	P2-27
ภาพที่ 2.3	กราฟเปรียบเทียบขนาดของอนุภาค NLC ด้วยไซอ้อย (Sugarcane) และ ไชคาร์นูบา (carnubawax) ที่สภาวะเริ่มต้น (t0) ที่อุณหภูมิห้อง (t1), 40 องศาเซลเซียส (40c) และ 4 องศาเซลเซียส (4c) เป็นเวลา 1 เดือน	P2-29
ภาพที่ 2.4	แสดงขนาดอนุภาค NLC ด้วยไซอ้อย (Sugarcane) และคาร์นูบาแว็กซ์ (Carnubawax) ที่สภาวะเริ่มต้น (initial), ที่อุณหภูมิห้อง RT, 40 องศาเซลเซียส (40C) และ 4 องศาเซลเซียส (4C) เป็นเวลา 1 เดือน	P2-29
ภาพที่ 2.5	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน (standard) ความเข้มข้น 0.625mg/ml ($t_R = 9.495$ นาที) ที่วิเคราะห์ตามสภาวะดังตารางที่ 1	P2-30
ภาพที่ 2.6	แสดงโครมาโตแกรมของเมทานอล	P2-30
ภาพที่ 2.7	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank carnuba)	P2-31
ภาพที่ 2.8	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank sugarcane)	P2-31
ภาพที่ 2.9	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอลความเข้มข้น 250 $\mu\text{g/ml}$	P2-32
ภาพที่ 2.10	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในสูตรตำรับ 1 ได้มาจากการสกัดด้วยวิธีตามข้อ 1.5 (tocopherol acetate; $t_R = 9.483$ นาที)	P2-32
ภาพที่ 2.11	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในสูตรตำรับ 2 ได้มาจากการสกัดด้วยวิธีตามข้อ 1.5 (tocopherol acetate; $t_R = 9.405$ นาที)	P2-33
ภาพที่ 2.12	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 31.25 $\mu\text{g/ml}$ (tocopherol acetate; $t_R = 9.398$ นาที)	P2-36

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 2.13	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 62.5 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.395 นาที)	P2-37
ภาพที่ 2.14	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 125 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.396 นาที)	P2-37
ภาพที่ 2.15	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 250 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.394 นาที)	P2-38
ภาพที่ 2.16	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 500 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.469 นาที)	P2-38
ภาพที่ 2.17	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 1000 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.400 นาที)	P2-39
ภาพที่ 2.18	แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 2000 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.358 นาที)	P2-39
ภาพที่ 2.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล	P2-40
ภาพที่ 2.20	แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1(Blank carnuba)	P2-40
ภาพที่ 2.21	แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2(Blank sugarcane)	P2-41
ภาพที่ 2.22	แสดงปริมาณวิตามินอี อะซีเตต ในสูตรตำรับไขอ้อย (Sugarcane wax) และไขคาร์นุบา (Carnuba wax) ที่เก็บที่สภาวะเร่ง (HT), อุณหภูมิห้อง (RT), 40 (40C และ 4 (4C) องศาเซลเซียส)	P2-46
ภาพที่ 2.23	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพสารกันเสียของโลชั่นบำรุงเล็บผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์จากไขอ้อย	P2-51
ภาพที่ 2.24	(A)ภาพแสดงลิปติกสูตรDEP-J1-N3_Car_NLC4% (Carnauba NLC) และ(B)ลิปติกสูตรDEP-J1-N3_Sug_NLC4% (Sugarcane NLC) หมายถึง ยังไม่ได้แต่งสีและกลิ่น	P2-54
ภาพที่ 2.25	ภาพแสดงลิปติกที่ผ่านการทดสอบHeating-Cooling เป็นเวลา 6 รอบ	P2-55
ภาพที่ 2.26	แสดงกราฟความแข็งของลิปติก โดยเปรียบเทียบสูตรไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์(เส้นสีเหลือง) และสูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์(เส้นสีแดง)	P2-56

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 2.27	แสดงกราฟความแข็งของลิปสติก โดยเปรียบเทียบสูตรไขคาร์บูบาที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์(เส้นสีดำ) และสูตรไขคาร์บูบาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ NLC (เส้นสีน้ำเงิน)	P2-57
ภาพที่ 2.28	แสดงกราฟความแข็งของลิปสติก โดยเปรียบเทียบสูตรที่มีไขอ้อยที่มี NLC (เส้นสีแดง), ไขคาร์บูบาที่มี NLC (เส้นสีดำ) และสูตรทางการค้า (เส้นสีเหลือง)	P2-57
ภาพที่ 2.29	กราฟแสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของลิปสติกเปรียบเทียบสูตรไขอ้อยที่มี (เส้นเหลือง) และไม่มี(เส้นม่วง) อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์	P2-60
ภาพที่ 2.30	กราฟแสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของลิปสติกเปรียบเทียบสูตรไขคาร์บูบาที่มี (เส้นดำ) และไม่มี(เส้นน้ำเงิน) อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์(NLC)	P2-60
ภาพที่ 2.31	กราฟแสดงผลการทดสอบ การกระจายตัวของลิปสติกโดยเปรียบเทียบสูตรไขอ้อยที่มี NLC (เส้นแดง), ไขคาร์บูบาที่มี NLC (เส้นดำ) และ สูตรลิปสติกทางการค้า (เส้นเขียว)	P2-61
ภาพที่ 2.32	แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียของสูตรตำรับลิปสติกผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์จากไขอ้อย	P2-62

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จากไขอ้อยเพื่อเก็บกักสารสำคัญเช่นวิตามินอี
2. ศึกษาความคงตัวของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) โดยวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีที่เก็บกักไว้ในอนุภาคหลังจากเก็บไว้ในสภาวะเร่ง (Heating-Cooling) 3 รอบและ 6 รอบ และที่อุณหภูมิห้อง (25) อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน
3. นำอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จากไขอ้อยที่เก็บกักสารสำคัญ เช่นวิตามินอี มาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บ
4. ศึกษาความคงตัวของกายภาพของตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บหลังจากเก็บไว้ในสภาวะเร่ง (Heating-Cooling) 3 รอบและ 6 รอบ และที่อุณหภูมิห้อง (25) อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน
5. เพื่อศึกษาความปลอดภัยของตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บในอาสาสมัครสุขภาพดี
6. ศึกษาความพึงพอใจของลิปสติกบำรุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บในอาสาสมัครจากการตอบแบบสอบถาม

บทนำ

การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมายนำไขอ้อยที่ได้จากการสกัดกากหม้อกรองในกระบวนการผลิตน้ำตาลมาใช้ในเครื่องสำอางซึ่งมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับไขของปาล์มคาร์นุบา (Carnauba Wax) และมีสาร phytosterol ซึ่งดีต่อสุขภาพเตรียมให้อยู่ในรูปของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญ เช่น วิตามินอี เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทางเครื่องสำอาง และพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมหลักจากไขอ้อยและ NLC ที่เก็บกักวิตามินอีจำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ คือ ลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ

อ้อย จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกหญ้าที่อยู่ในสกุล *Saccharum* ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับข้าวฟ่าง ข้าวโพดและหญ้าจ่อหน่สน มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Saccharum officinarum* สำหรับประเทศไทย ชาวไร่ส่วนใหญ่จะนิยมปลูกอ้อยสำหรับทำน้ำตาล แต่มีส่วนน้อยที่ปลูกอ้อยเคี้ยว ได้แก่ อ้อยขาไก่ อ้อยสิงคโปร์ และอ้อยมอริเชียส อ้อยประเภทนี้ใช้บริโภคโดยตรง มีเปลือกและเนื้อนิ่มกว่าอ้อยที่ปลูกเพื่อทำน้ำตาล จากลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของต้นอ้อยจะพบว่าที่บริเวณส่วนต่างๆ ของลำต้นอ้อยจะมีส่วนประกอบของไข (Wax) อยู่เป็นจำนวนมาก และพบว่าจะมีการสะสมอยู่บริเวณผิวด้านนอกของลำต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญพันธุ์ หรือแตกหน่อและราก สารจำพวก Wax ในอ้อยมีองค์ประกอบหลักที่พบคือ

สารประกอบเอสเทอร์ระหว่างสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (เช่น alkanes, alkenes, ketone, alcohol) และกรดไขมันขนาดใหญ่ (จำนวนคาร์บอน 12 ถึง 38 อะตอม) (Christie, 2003) โดยมี Hydrocarbon ร้อยละ 2 – 8 Wax esters ร้อยละ 6 Aldehydes ร้อยละ 50 Primary alcohols ร้อยละ 5-28 และ Fatty acid ร้อยละ 3 – 8 (<http://www.lipidlibrary.co.uk>) ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยที่ได้จากกากหม้อกรอง

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยที่ได้จากกากหม้อกรอง (Phukan and Boruah, 1999)

Sl No.	Composition (%)	Conventional method	Suggested method
1	Wax esters	80-83	80-85
2	Ceryl mellissate (MP: 86-87°C)	27.00	25.00
3	Myricyl melissate	Trace	Trace
4	Phytosterol esters of dihydroxipalmitic acid (MP:55°C)	2.00-4.00	1.50
5	Stigma sterol esters of palmitic acid	5.00-7.00	1.5
6	Glycerides	Trace	Trace
7	Free fatty acid and wax acids	10.00	3.00-6.00
8	Palmitic acid	12.00	1.00-3.00
9	Hypogacic acid (MP: 21°C)	Trace	Trace
10	Alcohol	2.00-3.00	1.00-1.50
11	Aliphatic (Free)	Trace	Trace
12	Cyclic and derivatives		
(i)	Bassiasterol	0.50	0.10
(ii)	Sacchrosterol	2.00	1.00
(iii)	b-saccharoserol	0.50-1.00	0.10-0.20
13	Hydrocarbons	2.00-3.00	1.00-1.50
14	Hetriacontane (MP: 68°C)	Trace	Trace
15	Pentatriacontane (MP: 75°C)	1.00-1.50	0.50-1.00
16	Mineral matters	0.20-0.50	0.10-0.25

การใช้ประโยชน์ของไขอ้อยและสารที่เป็นองค์ประกอบชนิดต่างๆ

ไขอ้อย มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับไขของปาล์มคาร์นุบา (Carnauba Wax) ที่มีการนำไปใช้ประโยชน์หลากหลายในอุตสาหกรรมต่างๆ ในรูปแบบผลิตภัณฑ์เพื่อใช้ในการขัดเงา เคลือบผิววัตถุหรือวัสดุ กระดาษ คาร์บอน สี เคลือบผิวกระป๋องบรรจุอาหาร เป็นต้น (Phukan and Boruah, 1999) องค์ประกอบที่พบในไขอ้อยที่มีการนำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีการจำหน่าย คือ Fatty alcohol, Fatty acids และ Phytosterols โดยถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยมีสรรพคุณสามารถลดปริมาณของคอเลสเตอรอลในเลือดได้ และยังใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยาอีกด้วย จากข้อมูลการวิจัยและองค์ความรู้ในแง่ องค์ประกอบทางเคมีของไขอ้อยที่ผ่านมา พบว่า ในไขอ้อยจะมีส่วนของสารประกอบที่มีมูลค่าเชิง เศรษฐศาสตร์อยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น Phytosterol หรือที่มักจะเรียกว่า Plant sterols เป็นกลุ่มของ steroid alcohols พบในพืชมีปริมาณน้อย เช่น ในน้ำมันพืช โดยเฉพาะน้ำมันจากต้น Sea buckthorn oil (1640 mg/100 g oil) , น้ำมันข้าวโพด (968 mg/100 g oil) และน้ำมันถั่วเหลือง (327 mg/100 g oil) สารประกอบ phytosterol เมื่อแยกส่วนประกอบจะพบสาร ชื่อ cholestatin ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ campesterol, stigmasterol และ brassicaterol ที่เป็นที่ต้องการของตลาดอาหารเสริมสุขภาพ phytosterols จะมีลักษณะเป็นผงละเอียดเบาสีขาว มีกลิ่นเฉพาะ ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในแอลกอฮอล์ สารเหล่านี้จะนำไปใช้ในยาและเครื่องสำอาง และเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additive) ช่วยให้คอเลสเตอรอล ในเลือดต่ำลง ในปัจจุบัน Phytosterol ได้ถูกนำไปใช้วงกว้างในรูปแบบของสารในกลุ่ม anti-inflammatory (สารต่อต้านการอักเสบ) anti-oxidative และ anticarcinogenic activities (สารต่อต้านการเกิดโรคหัวใจ) โดยเฉพาะความสามารถในการลดปริมาณคอเลสเตอรอลนั้นมีการวิจัยอย่างมาก ซึ่งผลการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่า plant sterols ยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลในลำไส้ เป็นผลให้ระดับของ total plasma cholesterol และ Low-density Lipoprotein (LDL) ลดต่ำลง (Ryan et al.,2007)

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ

• **อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC)**

มีการค้นพบอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1999 โดยอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เป็นระบบนำส่งแบบคอลลอยด์ขนาด 50 – 1000 นาโนเมตรซึ่ง NLC มีความแตกต่างจากอนุภาคนาโนไขมันแข็ง (SLN) คืออนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ NLC จะใช้ไขมันเหลวแทนที่ไขมันแข็งในบางส่วนของ SLN ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ NLC มีการจัดเรียง lipid matrix ที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้สามารถกักเก็บสารสำคัญได้มากขึ้น และสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญได้ดีขึ้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำในตำรับ SLN มีค่อนข้างมาก (70-99.9%) อาจทำให้มีปัญหาในการตั้งตำรับได้เนื่องจากข้อจำกัดเหล่านี้ของ SLN ดังนั้นจึงทำให้มีการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ NLC ขึ้น สำหรับ

ข้อดีของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์NLC ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ใช้ทางผิวหนังคือ เพิ่มความคงตัวของสารสำคัญที่ไวต่อแสงไวต่อการ oxidation หรือ hydrolysis นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสร้างฟิล์มที่ผิว โดยที่สารที่มีขนาดอนุภาคเล็กจะเกิดการระเหยของน้ำระหว่างช่องว่างของรอยต่อของอนุภาคน้อยกว่าอนุภาคใหญ่ส่งผลให้ผิวมีความชุ่มชื้น อีกทั้งอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์NLC ยังช่วยเพิ่มชีวประสิทธิผลทางผิวหนัง ควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญและมีความเป็นพิษต่ำเนื่องจากประกอบด้วยไขมันที่เข้ากันกับร่างกาย

ส่วนประกอบโดยทั่วไปของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ไขมันแข็ง ไขมันเหลว สารลดแรงตึงผิว และน้ำ ในปัจจุบันเทคนิคการเตรียมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จะเตรียมเช่นเดียวกับอนุภาคนาโนไขมันแข็งโดยจะปรับอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลวในอัตราส่วนต่างๆมี 4 วิธี ดังนี้

1. การปั่นผสมด้วยความดันสูง (High pressure homogenizer) ซึ่งมีทั้งกระบวนการแบบเย็นและแบบร้อน (cold and hot process) ขึ้นอยู่กับตัวยาที่ถูกห่อหุ้ม (Mehnert and Mader, 2001; Muller et al., 2000) โดยเทคนิคนี้ได้รับความนิยมที่สุด เนื่องจากใช้ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมได้ ปราศจากการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์และใช้เวลาในการผลิตน้อย

2. การปั่นผสมด้วยความเร็วสูงหรือใช้คลื่นความถี่สูง (High speed homogenizer or ultrasound) (Hou et al., 2003)

3. เทคนิคไมโครอิมัลชัน (Microemulsion technique) โดยการเตรียมไมโครอิมัลชันจากไขมันที่ละลายในแอลกอฮอล์ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วม แล้วเจือจางไมโครอิมัลชันที่อุ่นในน้ำเย็นปริมาณมากพร้อมทั้งปั่นผสมตลอดเวลา

4. การก่ออิมัลชันด้วยตัวทำละลายและการระเหย (Solvent emulsification and evaporation) เตรียมโดยละลายไขมันแข็งในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่เข้ากับน้ำ จากนั้นจึงเติมลงไปในการละลายน้ำจนเกิดเป็นอิมัลชันแล้วจึงระเหยตัวทำละลายอินทรีย์ออก (Trotta et al., 2003)

การประเมินลักษณะเฉพาะของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เป็นสิ่งจำเป็นต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติที่ส่งผลต่อความคงตัวของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) ที่ควรตรวจสอบ ได้แก่ ขนาดอนุภาค (particle size) และศักย์ไฟฟ้า (zeta potential)

- การใช้ประโยชน์อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) ทางเครื่องสำอาง

มีการศึกษาเก็บกักสารสำคัญทางเครื่องสำอางมากมายในอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เพื่อช่วยเพิ่มความคงตัวและเพิ่มการดูดซึมสารเข้าสู่ผิวหนัง เช่น coenzyme Q10 (Dingler, 1998; Puglia et al., 2006), ascorbyl palmitate (Teeranachadeekul et al., 2007), tocopherol (vitamin E) และ retinol (vitamin A) (Jenning, 1999; Jennings and Gohla, 2001; Jee et al., 2006) ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างเครื่องสำอางในท้องตลาดที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนไขมันแข็ง (Pardeike et al., 2009)

ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก (moisturizer lipstick)

การใช้เครื่องสำอางเพื่อแต่งแต้มสีบนริมฝีปากนั้นมีมาตั้งแต่โบราณกาล โดยมีต้นกำเนิดมาจากการใช้สีจาก red blood stone และเทียนกิ่งหรือเอนน่าทาบนริมฝีปากของหญิงสาวชาวอียิปต์ จากนั้นในศตวรรษที่ 19 จึงได้มีการพัฒนาเครื่องสำอางในรูปแบบลิปสติกขึ้น โดยเตรียมจากไขผึ้ง (beeswax) เนย (butter) สารสกัดจากองุ่นดำหรือสีที่ได้จากสารธรรมชาติชนิดอื่นๆ ต่อมาจึงมีการพัฒนาสีที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นในศตวรรษที่ 20 ทำให้ผลิตภัณฑ์ลิปสติกที่ได้มีสีที่หลากหลายและมีเนื้อที่เนียนละเอียดขึ้น และคงอยู่บนริมฝีปากอย่างน้อย 3 – 4 ชั่วโมง

ในปัจจุบันนอกจากจะให้สีที่สวยงาม และให้ความชุ่มชื้นช่วยลดริมฝีปากแตกแห้งแล้ว ยังช่วยปกป้องริมฝีปากจากแสงแดด ลม และอุณหภูมิที่เย็นได้อีกด้วย ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างส่วนประกอบโดยทั่วไปและปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตลิปสติกในปัจจุบัน ซึ่งไข้อย่างจะนำมาใช้ทดแทนสารกลุ่ม Waxes ที่ใช้อยู่เดิมในลิปสติก

วิธีการเตรียม ให้หลอมสารกลุ่มแว็กซ์และไขมันที่อุณหภูมิเหนือจุดหลอมเหลวของสาร พร้อมทั้งคนผสมจนเข้ากันดี จากนั้นจึงเติมสารตัวเติมต่างๆ และเติมสีลงไปพร้อมทั้งคนผสมให้เข้ากัน เทสารผสมที่ได้ขณะอุ่นลงในเบ้าลิปสติก

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างเครื่องสำอางในท้องตลาดที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนไขมันแข็ง (Pardeike et al., 2009)

Product name	Producer/distributor	Market introduction	Main active ingredients
Cutanova Cream Nano Repair Q10	Dr. Rimpler	10/2005	Q 10, polypeptide, hibiscus extract, ginger extract, ketosugar
Intensive Serum NanoRepair Q10		10/2005	Q 10, polypeptide, mafane extract
Cutanova Cream NanoVital Q10		06/2006	Q 10, TiO ₂ , polypeptide, ursolic acid, oleanolic acid, sunflower seed extract
SURMER Crème Légère Nano-Protection	Isabelle Lancray	11/2006	Kukuinut oil, Monoi Tiare Tahiti [®] , pseudopeptide, milk extract from coconut, wild indigo, noni extract
SURMER Crème Riche Nano-Restructurante			Kukuinut oil, Monoi Tiare Tahiti [®] , pseudopeptide, milk extract from coconut, wild indigo, noni extract
SURMER Elixir du Beauté Nano-Vitalisant			Kukuinut oil, Monoi Tiare Tahiti [®] , pseudopeptide, milk extract from coconut, wild indigo, noni extract
SURMER Masque Crème Nano-Hydratant			Kukuinut oil, Monoi Tiare Tahiti [®] , pseudopeptide, milk extract from coconut, wild indigo, noni extract
NanoLipid Restore CLR	Chemisches Laboratorium	04/2006	Black currant seed oil containing ω -3 and ω -6 unsaturated fatty acids
Nanolipid Q10 CLR	Dr. Kurt Richter, (CLR)	07/2006	Coenzyme Q10 and black currant seed oil
Nanolipid Basic CLR		07/2006	Caprylic/capric triglycerides
NanoLipid Repair CLR		02/2007	Black currant seed oil and manuka oil
IOPE SuperVital Cream Serum Eye cream Extra moist softener Extra moist emulsion	Amore Pacific	09/2006	Coenzyme Q10, ω -3 and ω -6 unsaturated fatty acids
NLC Deep Effect Eye Serum NLC Deep Effect Repair Cream NLC Deep Effect Reconstruction Cream	Beate Johnen	12/2006	Coenzyme Q10, highly active oligo saccharides
NLC Deep Effect Reconstruction Serum			Q10, TiO ₂ , highly active oligo saccharides
Regenerationscreme Intensiv	Scholl	6/2007	Macadamia ternifolia seed oil, avocado oil, urea, black currant seed oil
Swiss Cellular White Illuminating Eye Essence	La prairie	1/2007	Glycoproteins, panax ginseng root extract, equisetum arvense extract, Camellia sinensis leaf extract, viola tricolor extract
Swiss Cellular White Intensive Ampoules		1/2007	Glycoproteins, panax ginseng root extract, equisetum arvense extract, Camellia sinensis leaf extract, viola tricolor extract
SURMER Creme Contour Des Yeux Nano-Remodelante	Isabelle Lancray	03/2008	Kukuinut oil, Monoi Tiare Tahiti [®] , pseudopeptide, hydrolized wheet protein
Olivenöl Anti Falten Pflegekonzentrat	Dr. Theiss	02/2008	Olea europaea oil, panthenol, acacia senegal, tocopheryl acetate
Olivenöl Augenpflegebalsam			Olea Europaea oil, prunus amygdalus dulcis oil, hydrolized milk protein, tocopheryl acetate, rhodiola rosea root extract, caffeine

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างส่วนประกอบโดยทั่วไปและปริมาณของสารที่ใช้ในการผลิตลิปสติกบำรุงริมฝีปากในปัจจุบัน

ส่วนประกอบ	ตัวอย่างสาร	ปริมาณ (%โดยน้ำหนัก)
Waxes	Beeswax, Carnauba Wax , Candelilla Wax, Ozokerite	20-55
Emollients (liquid)	Polyisobutene, Castor oil	25-70
Pigments (color)	Red Pigment Lake	0.5-10
Thickeners/ stabilizers	Polymer	0-1
Preservatives	Methyl paraben, Propyl paraben, Phenoxy Ethanol	0-1
Antioxidants	Tocopherol acetate, Ascorbyl Palmitate, BHA, BHT	0.05-1
Pigments (special effects)	Mica	5-25
Sunscreens/ UV filters	Titanium dioxide	0-2
Fragrances/ Flavoring agents	Peppermint, Saccharin	0-1
Moisturizing Agent	Vitamin, aloe vera	0-1
Active agents	Niacin	0-1

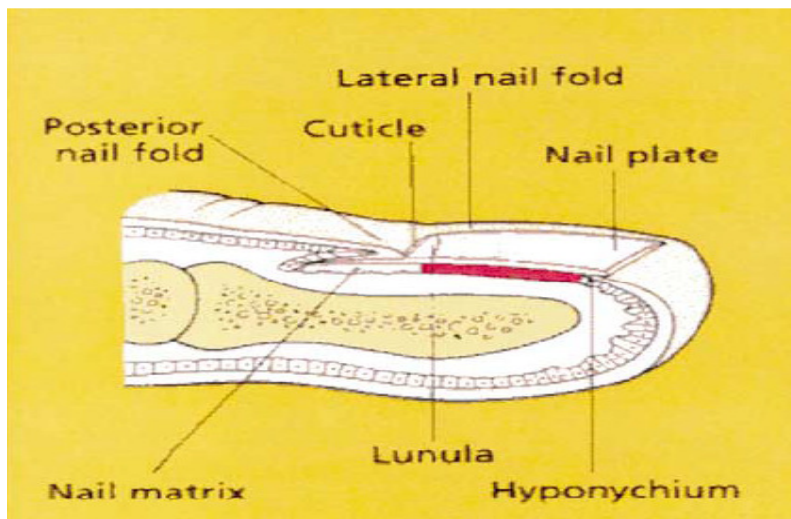
โลชั่นบำรุงเล็บ (Moisture nail lotion)

เล็บหรือแผ่นเล็บ (nail plate) เป็นอวัยวะที่ห่อหุ้มป้องกันร่างกายในส่วนปลายนิ้วมือและนิ้วเท้า ประกอบด้วยเคอราตินซึ่งเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิต น้ำ 5-24% และไขมัน 0.15-0.75% แผ่นเล็บถูกสร้างจากส่วนที่เรียกว่า nail matrix วางอยู่บนผิวหนังชั้น epidermis ซึ่งเรียกผิวหนังบริเวณนี้ว่า nail bed โครงสร้างของเล็บแสดงใน ภาพที่ 2.1

โดยเล็บมีหน้าที่สำคัญดังนี้

(<http://www.cai.md.chula.ac.th/lesson/lesson4410/data/nails.htm>)

1. ป้องกันอันตรายที่จะเกิดต่อนิ้วส่วนปลาย (Distal phalanges)
2. รับความรู้สึกดีขึ้น
3. ทำให้นิ้วมือสามารถหยิบจับสิ่งของได้ดีโดยเฉพาะสิ่งของที่มีขนาดเล็ก
4. เป็นอาวุธของร่างกายอย่างหนึ่งตามธรรมชาติ
5. เล็บนิ้วเท้ายังช่วยให้การเคลื่อนไหวของเท้าได้ดียิ่งขึ้น (Pedal biomechanics)
6. เป็นแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น การเจ็บป่วยของร่างกายเล็บก็จะหยุดการเจริญเติบโตทำให้เห็นเป็นร่องของเล็บ (Beau's line) ใช้ตรวจหายาหรือสารพิษ (Toxic substances) ที่สะสมในร่างกายได้ เนื่องจากยาหรือ สารพิษจะมาสะสมที่เล็บ การตรวจวิเคราะห์เล็บ (Nail plate analysis) ก็ช่วยในการวินิจฉัยหรือติดตามการรักษาได้ การตัดแผ่นเล็บไปตรวจหาหมู่เลือดสกัด DNA จากแผ่นเล็บหรือตรวจ genotypic จากแผ่นเล็บ เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเล็บ(Murdan, 2002)

ในปัจจุบัน ปัญหาเล็บเปราะแห้งเสียก่อนวัยอันควรนั้น เกิดจากการถูกทำลายด้วยสารเคมี เช่น น้ำยาทาเล็บ น้ำยาล้างเล็บ การล้างมือด้วยสบู่และสารลดแรงตึงผิวต่างๆ มากจนเกินไป ดังนั้นจึงควรใช้ผลิตภัณฑ์บำรุงเล็บควบคู่ไปในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการดูแลรักษาเล็บให้อยู่ในสภาพที่ดี ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างส่วนประกอบทั่วไปและปริมาณที่ใช้ในการผลิตโลชั่นบำรุงเล็บ

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทั่วไปและปริมาณที่ใช้ในการผลิตโลชั่นบำรุงเล็บ

องค์ประกอบ	ตัวอย่างสาร	ปริมาณ (%โดยน้ำหนัก)
Waxes	Microcrystalline wax , Petrolatum	1-3
Oil	Liquid paraffin	5-15
Fat	Stearic acid, Hydrogenated lanolin	1-3
Humectant	Glycerine, Propylene glycol	2-5
Preservatives	Methyl paraben, Propyl paraben	0-1
Antioxidants	Tocopherol acetate, Ascorbyl Palmitate, BHA, BHT	0.05-1
Fragrances	Fragrance oil	0-1
pH adjuster	Triethanolamine, NaOH, KOH	q.s.
Vehicle	Distilled water	70-80

แผนงานและผลการดำเนินงานวิจัย

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	เดือนที่				ผลการดำเนินงานและปัญหา
		1-4	5-8	9-12	13-16	
1. พัฒนาอนุภาคนาโน-สตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จากไขอ้อยเพื่อเก็บกักวิตามินอี	ผลิตและพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์-ลิปิดแคเรียอร์เก็บกักวิตามินอีเพื่อใช้ทางเครื่องสำอาง	↔	↔			ได้พัฒนา NLC วิตามินอีโดยใช้คาร์บูนาแวกซ์ และไขอ้อยเสร็จเรียบร้อยแล้ว
2. ศึกษาความคงตัวของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ โดยวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีที่เก็บกักไว้ในอนุภาค	พัฒนาวิธีวิเคราะห์สารสำคัญ (วิตามินอี) ที่ถูกกักเก็บ เพื่อตรวจสอบความคงตัวของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักวิตามินอี		↔	↔		พัฒนาวิธีวิเคราะห์ด้วย HPLC ตรวจสอบประสิทธิภาพการกักเก็บและความคงตัวของอนุภาคเสร็จเรียบร้อยแล้ว
3. นำอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จากไขอ้อยที่เก็บกักสารสำคัญ เช่น วิตามินอี มาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ	พัฒนาสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บผสม NLC จากไขอ้อยที่เก็บกักวิตามินอีได้เปรียบเทียบกับไขมันอื่น (ไขมันคาร์บูนา)		↔	↔		ได้สูตรโลชั่นบำรุงเล็บและลิปสติกบำรุงริมฝีปากจากไขอ้อยและไขมันคาร์บูนาที่ผสม NLC เก็บกักวิตามินอี
4. ศึกษาความคงตัวของตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ หลังจากเก็บไว้ในสภาวะเร่ง (Heating-Cooling) 3 รอบและ 6 รอบและที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 เดือน	ศึกษาความคงตัวของตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ		↔	↔		สูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บผ่านการทดสอบความคงตัวเรียบร้อยแล้ว
5. เพื่อศึกษาความปลอดภัยของตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บในอาสาสมัครสุขภาพดี	ทดสอบความปลอดภัยของตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ			↔	↔	สูตรตำรับผ่านการทดสอบความปลอดภัยเรียบร้อยแล้ว
6. ศึกษาความพึงพอใจของลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บในอาสาสมัครจากการตอบแบบสอบถาม	สำรวจความพึงพอใจของลิปสติกบำรุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บในอาสาสมัครจากการตอบแบบสอบถาม			↔	↔	สูตรตำรับได้รับการสำรวจความพึงพอใจเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การผลิตและพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญ (วิตามินอี) เพื่อใช้ทางเครื่องสำอาง

1.1 ขั้นตอนการเตรียมสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์

1. ละลาย solid lipid (carnauba wax, sugar cane wax), liquid lipid (medium chain triglyceride, oleic acid) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมวิตามินอีคนให้เข้ากัน
2. ละลาย aqueous phase (น้ำ, Surfactant: c-20, t 80, P40) ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส
3. เท aqueous phase ลงใน lipid phase คนให้เข้ากัน
4. เติม preservative ลงไปที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
5. ลดขนาดผ่าน sonication probe โดยใช้ 50% Amplitude ตามเวลาที่กำหนด โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆดังนี้

- การหาไขมันเหลวที่เหมาะสม

คัดเลือกไขมันเหลวสองตัวระหว่าง Medium chain Triglyceride และ oleic acid เพื่อเปรียบเทียบในการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ เพื่อใช้ร่วมกับไซคาร์บูนา โดยทำตามขั้นตอนข้างต้น และเปรียบเทียบความคงตัวและลักษณะทางกายภาพ

- การคัดเลือกสารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสม

เมื่อได้ไขมันเหลวที่เหมาะสมแล้ว ทำการคัดเลือกสารลดแรงตึงผิวระหว่าง c-20 t 80 และ P40 เพื่อเปรียบเทียบในการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ โดยทำตามขั้นตอนข้างต้น และเปรียบเทียบความคงตัวและลักษณะทางกายภาพ

- การหาเวลา sonication time ที่เหมาะสมในการลดขนาด NLC vitamin E

เมื่อได้สารลดแรงตึงผิวที่เหมาะสมแล้ว ทำการเตรียม dispersion ตามขั้นตอนข้างต้นและทำการศึกษาระยะเวลาในการลดขนาดอนุภาคโดยใช้เครื่อง sonication probe ที่ระยะเวลา 5, 7 นาที, 10 นาที และ 20 นาที เพื่อเปรียบเทียบความคงตัวและลักษณะทางกายภาพ

1.2 การทดสอบความคงตัวทางกายภาพอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญ วิตามินอี

ทำการทดสอบโดยเก็บสูตรตำรับที่สภาวะเร่ง(Heating-Cooling) โดยเก็บที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันและ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วันคิดเป็น 1 รอบ โดยทดสอบ 3 รอบและ 6 รอบ และที่

อุณหภูมิห้อง (25) อุณหภูมิ 4 และ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 เดือน

2. การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีด้วยวิธี HPLC

พัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณสาร tocopherol acetate ในสูตรตำรับโดยประเมินวิธีวิเคราะห์ (analytical method validation) ตาม ICH guideline TopicQ2 (R1) โดยใช้สภาวะการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงสภาวะที่ใช้ในวิเคราะห์สาร tocopherol acetate ในสูตรตำรับสำหรับ HPLC

Parameter	สภาวะ
HPLC Model	Waters 2695/2998 (Milford, MA, USA)
HPLC column, dimension	CapCell PAK C18 MGII column (5 μ m), 250 X 4.6 mm inner diameter (Shiseido, Tokyo, Japan)
Mobile phase; Isocratic elution	Solvent mixtures of Acetonitrile : MeOH : 1% Acetic acid : dichloromethane = 35 : 44 : 1 : 20
Temperature	30 °C
Injection volume	10 μ l
Running time	15 min
Detection	DAD, 223 nm

2.1 การเตรียมตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานอ้างอิง

2.1.1 การเตรียมสารละลายแบบลงค์ของสูตรตำรับ 1 และ 2 (Blank ไชคาร์นูบาและ Blank ไชอ้อย ตามลำดับ)

เตรียมโดยการละลายสูตรตำรับที่ไม่มีสารสำคัญปริมาณ 5 มิลลิตรด้วยเมทานอลปริมาณ 10 มิลลิตรใน centrifuge tube ขนาด 50 มิลลิตรจากนั้นเขย่าโดยใช้ vortex นาน 3 นาทีต่อการ sonicate นาน 5 นาที หลังจากนั้นมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาทีดูดส่วนใสด้านบน (supernatant) เก็บไว้ใช้เป็นสารละลายแบบลงค์เพื่อใช้ของสูตรตำรับ

ในงานวิจัยนี้ตรวจสอบสารละลายแบบลงค์ทั้งหมดสามชนิด คือเมทานอล, สารละลายแบบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์นูบา) และ สารละลายแบบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย) และเนื่องจาก การวิเคราะห์ตัวอย่างจะต้องมีการสกัดตัวอย่างด้วยเมทานอลเพื่อที่จะวิเคราะห์ตัวอย่างให้ได้ความเข้มข้นที่

ถูกต้องมากที่สุด สารมาตรฐานที่ใช้ทำ calibration curve หรือ regression line ควรเตรียมด้วยวิธีการเดียวกันและอยู่ในตัวทำละลายที่ได้จากการสกัดจาก matrix ของตัวอย่าง

2.1.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานอ้างอิง (Standard stock solution)

เตรียมสารละลายเพื่อใช้มาตรฐาน (Standard stock solution) ของ tocopherol acetate ความเข้มข้น 300 µg/ml และ 3,000 µg/ml ในเมทานอล โดยชั่ง tocopherol acetate อย่างแม่นยำ 30 mg และ 300 mg ตามลำดับใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ใช้เป็นสารละลายเพื่อใช้มาตรฐาน tocopherol acetate 300 µg/ml และ 3,000 µg/ml ตามลำดับ

2.1.3 การเตรียมสารละลาย tocopherol acetate ความเข้มข้น 50 µg/ml

เตรียมโดยการปิเปตสารละลาย tocopherol acetate ในเมทานอล ความเข้มข้น 300 µg/ml ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใน microcentrifuge tube ขนาด 1.7 ml จากนั้นเติมสารละลายบัลลงค์ของสูตรตำรับปริมาตร 0.5 ml แล้วเขย่าด้วย vortex นาน 3 นาที และ sonicate นาน 5 นาที หลังจากนั้นมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาทีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ดูดส่วน supernatant เก็บไว้ใช้เป็นสารละลาย tocopherol acetate ในบัลลงค์ของสูตรตำรับความเข้มข้น 200 µg/ml ปิเปตสารละลาย tocopherol acetate 200 µg/ml ปริมาตร 250 µl ใส่ใน microcentrifuge ขนาด 1.7 ml ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ปริมาตร 750 µl ได้สารละลาย tocopherol acetate ความเข้มข้น 50 µg/ml

2.1.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (Standard solution)

เตรียมสารละลายมาตรฐานโดยปิเปตสารละลายเพื่อใช้มาตรฐาน tocopherol acetate ปริมาตรต่างๆ และปรับปริมาตรด้วยเมทานอล ให้ได้ความเข้มข้น 2,000, 1,000, 500, 250, 125, 62.5 และ 31.25 µg/ml โดยกรองด้วย filter 0.2 µm และฉีดเข้าเครื่อง HPLC

2.1.5 การเตรียมตัวอย่างสูตรตำรับเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในสูตรตำรับ

เตรียมโดยการละลายตัวอย่างสูตรตำรับปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรด้วยเมทานอลปริมาตร 1 มิลลิลิตรใน microcentrifuge tube ขนาด 1.7 ml จากนั้นเขย่าด้วย vortex นาน 3 นาที sonicate นาน 5 นาที หลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาทีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที ดูดส่วน supernatant มาเจือจางด้วยสารละลายบัลลงค์ของสูตรตำรับอัตราส่วน 1:4 กรองด้วย filter 0.2 µm และฉีดเข้าเครื่อง HPLC

2.1.6 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate เพื่อวิเคราะห์ในหัวข้อความ
แม่นยำและความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

เตรียมโดยการปิเปตสารละลาย tocopherol acetate ในเมทานอล ความเข้มข้น 3000 µg/ml ปริมาตร 1 มิลลิตรใน microcentrifuge tube ขนาด 1.7 ml จากนั้นเติมสารละลายเบงก์ของสูตร
ตำรับปริมาตร 0.5 มิลลิตรจากนั้นเขย่าด้วย vortex นาน 3 นาที sonicate นาน 5 นาที หลังจากนั้นนำมาปั่น
เหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที
ดูส่วน supernatant เก็บไว้ใช้เป็นสารละลาย tocopherol acetate ในเบงก์ของสูตรตำรับ ความเข้มข้น
2000 µg/ml

เติมสารละลาย tocopherol acetate ในเบงก์ของสูตรตำรับ ความเข้มข้น 2,000 µg/ml
ใส่ลงในสารละลาย tocopherol acetate ในเบงก์ของสูตรตำรับความเข้มข้น 200 µg/ml ปริมาตร 75,
175 และ 375 µl ขั้นตอนการเตรียมแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงการเตรียมสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate เพื่อวิเคราะห์ในหัว
ข้อความแม่นยำและความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

สารละลายที่เติม สารละลาย ที่เตรียม	ปริมาตรสารละลาย tocopherol acetate ใน เบงก์ของสูตรตำรับ ความเข้มข้น 200 µg/ml	ปริมาตรสารละลาย tocopherol acetate ใน เบงก์ของสูตรตำรับ ความเข้มข้น 2,000 µg/ml	ปริมาตรเบงก์ของสูตร ตำรับ เพื่อปรับปริมาตร ให้ได้ 1 มิลลิตร
สารละลาย tocopherol acetate ในเบงก์ของสูตรตำรับ ที่เติมสารมาตรฐาน			
ความเข้มข้นต่ำ	250 µl	75 µl	675 µl
ความเข้มข้นกลาง	250 µl	175 µl	575 µl
ความเข้มข้นสูง	250 µl	375 µl	375 µl

หมายเหตุ เบงก์ของสูตรตำรับเปลี่ยนไปตามชนิดของระบบ ในกรณีที่สูตรตำรับใช้ carnuba wax เป็น
ส่วนประกอบของผนัง เบงก์จะใช้เบงก์ของสูตรตำรับ 1 (Blank carnubawax) และในกรณีที่สูตรตำรับใช้
sugarcane เป็นส่วนประกอบของผนัง เบงก์จะใช้เบงก์ของสูตรตำรับ 2 (Blank sugarcane wax)

2.2 ตรวจสอบความเหมาะสมของระบบที่ใช้วิเคราะห์ (System suitability test)

เป็นการตรวจสอบว่าระบบการวิเคราะห์ที่ใช้มีความเหมาะสม โดยพิจารณาจาก พื้นที่ใต้กราฟ และ retention time ที่ได้จากการฉีดแต่ละครั้งมีความเที่ยง (Repeatability), พิกของสารที่ต้องการวิเคราะห์สามารถแยกออกจากกันกับพีคอื่น (Resolution), พิกที่ต้องการวิเคราะห์มีความสมมาตรของพิก (Tailing factor), พิกที่ต้องการวิเคราะห์ถูกหน่วงเหนี่ยวอยู่ในคอลัมน์ได้ดีและเหมาะสม (Capacity factor) และ การคำนวณประสิทธิภาพของคอลัมน์ (Plate number)

2.3 การตรวจรับรองวิธีวิเคราะห์ tocopherol acetate ในตัวอย่างสูตรตำรับ

2.3.1 สภาพความจำเพาะ (specificity) ของวิธีวิเคราะห์ เป็นการแสดงความสามารถของวิธีวิเคราะห์ในการวิเคราะห์สารที่ต้องการ แม้อยู่ร่วมกับสารอื่นๆ ที่มีอยู่ในสารสกัดและสูตรตำรับ ศึกษาสภาพความจำเพาะของวิธีวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบ retention time ของ tocopherol acetate ในสารละลายมาตรฐาน กับสารละลายที่ได้จากการสกัดตัวอย่างสูตรตำรับ จะต้องไม่มีการรบกวนจากสารอื่นในสารสกัดและสูตรตำรับ

2.3.2 ช่วงความเข้มข้นและสภาพเชิงเส้นของวิธีวิเคราะห์ (Linearity and range) และเส้นกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration curve) เป็นการสร้างกราฟเทียบมาตรฐานให้ ความเข้มข้นหรือปริมาณสารมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับค่าที่วัดได้ โดยกราฟที่ได้ต้องมีค่า R^2 ไม่ต่ำกว่า 0.995 และต้องครอบคลุมช่วงที่สูงสุดและต่ำสุดที่ต้องการวิเคราะห์ ทำได้โดยฉีดสารมาตรฐาน tocopherol acetate ที่ความเข้มข้น 2,000, 1,000, 500, 250, 125, 62.5 และ 31.125 $\mu\text{g/ml}$ โดยทำการฉีดซ้ำ 3 ครั้ง บันทึก พื้นที่ใต้กราฟ (peak area) ของ tocopherol acetate ที่ความเข้มข้นต่างๆ และสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและค่าพื้นที่ใต้กราฟ

2.3.3 ความแม่นยำหรือความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ (Accuracy) พิสูจน์โดยการหาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) ทำโดยการฉีดสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank carnubawax) และในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank sugarcane wax) ที่เตรียมตามวิธีข้อ 1.6 วิเคราะห์ 3 ระดับความเข้มข้นแต่ละความเข้มข้นซ้ำ 3 ครั้งแล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ โดยทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง

2.3.4 ความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ (Precision) ในที่นี้จะหาค่าความเที่ยงในการวิเคราะห์ในหัวข้อ repeatability (intra-day precision หรือ within day precision) ทำโดยการฉีดสารละลายมาตรฐานที่เตรียมตามวิธีข้อ 1.6 วิเคราะห์ 3 ระดับความเข้มข้นแต่ละ

ความเข้มข้นซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ (%RSD, Percent Relative Standard Deviation)

2.3.5 ขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ (Quantitation Limit)

คำนวณค่า QL จากสูตร $QL = 10 \sigma/S$

โดยที่ σ คือ the standard deviation of intercept

S คือ the slope of calibration curve

$$\sigma = \sqrt{\sum (Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2 / (n-2)} \times \sqrt{\sum X^2 / n \sum (X - X_{\text{mean}})^2}$$

2.3.6 ขีดจำกัดของการตรวจหา (Detection Limit)

คำนวณค่า DL จากสูตร $DL = 3.3 \sigma/S$

โดยที่ σ คือ the standard deviation of intercept

S คือ the slope of calibration curve

$$\sigma = \sqrt{\sum (Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2 / (n-2)} \times \sqrt{\sum X^2 / n \sum (X - X_{\text{mean}})^2}$$

2.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกักเก็บวิตามินอี

2.4.1 นำสารผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยและไขคาร์นูบา ที่เวลาเริ่มต้นและภายใต้สภาวะต่างๆ (ที่ 4 องศาเซลเซียส 40 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิห้อง และภายใต้สภาวะเร่งสลับ) จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับตัวทำละลายเมธานอล ให้ได้ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร

2.4.2 ทำให้สารเข้ากันด้วยการเขย่าด้วยvortexและนำไปsonicate ต่อเป็นเวลา 5 นาที

2.4.3 หลังจากนั้นนำไปแยกสารด้วยการปั่นเหวี่ยงเป็นจำนวน 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาทีที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.4.4 เจือจางสารที่แยกจากส่วนบน (supernatant) อีก5เท่าแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC

3. ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงเล็บชนิดโลชั่น (Nail Lotion) จากไขอ้อย

3.1 พัฒนาสูตรตำรับโลชั่นเบส โดยปรับเปลี่ยนชนิดและปริมาณของสารเคมีที่ใช้ ทั้งใน เฟสน้ำมัน (Oil Phase) และ เฟสน้ำ (Water Phase) ให้มีความเหมาะสมเพื่อให้ได้สูตรตำรับตรงตามความต้องการ

3.2 นำสูตรตำรับโลชั่นเบสที่ได้ไปทดสอบความคงตัวเบื้องต้น โดยการผ่านกระบวนการเร่ง Heating-Cooling Cycles จำนวน 6 รอบ

3.3 คัดเลือกสูตรตำรับโลชั่นเบสที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี (Feeling) ตรงตามที่ต้องการ และผ่านการทดสอบความคงตัวเบื้องต้น มาเป็นสูตรพื้นฐานสำหรับผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงเล็บ

3.4

3.4 เตรียมสูตรตำรับโลชั่นเบส ที่เติม NLC ของ 5%w/w Vitamin E ด้วยผนังที่เตรียมจากไขคาร์นูบา เทียบกับผนังที่เตรียมจากไขอ้อย จากนั้นนำไป ทดสอบความคงตัวในสภาวะต่างๆ ดังนี้

-ที่สภาวะเร่ง Heating-Cooling Cycles จำนวน 6 รอบ

-ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน

-ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน

-ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน

3.5 ประเมินผลความคงตัวจากลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะเนื้อโลชั่น ลักษณะเนื้อสัมผัส รูปถ่าย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH)

ตารางที่ 2.7 แสดงสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่ NLC ของวิตามินอี ที่เตรียมผนังด้วยไขคาร์นوبا

Ingredients (CODE NAME)	Rx4 %w/w
1. 0.4% 940+0.5% car ultrez21	3.00
2. CA	3.00
3. SA	2.00
4. Oli1000	3.00
5. Lexf7	3.00
6. LexPG 865	3.00
7. DI water	61.88
8. EDTA	0.03
9. MTC	0.75
10. 5% Vit.E NLC จาก carnauba wax	10.00
11. TEA	0.44
12. GN	2.00
13. Ca TG	4.00
14. D-pan	0.50
15. Vel 125	2.00
16. ST-5	1.40
Total	100.00

ตารางที่ 2.8 สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บปรับปรุงและเติม NLC วิตามินอีเตรียมจากไขอ้อยและไขคารู
 บา

Part	Ingredients	RX4-4B2-E (Base)	RX4-4B2-E Sugarcane_NLC Batch size of lab scale (100 grams)	RX4-4B2-E Carnauba_NLC Batch size of lab scale (100 grams)
A	0.4% 940+0.5%car ultrez21	3.0	3.0	3.0
	EDTA	0.04	0.04	0.04
	GN	4.0	4.0	4.0
	D-pan	1.5	1.5	1.5
	Water	50.22	44.32	44.32
	Propylene glycol	2.0	2.0	2.0
	AMC	1.6	1.6	1.6
B	CA	4.0	4.0	4.0
	SA	2.0	2.0	2.0
	Carnauba wax	1.0	-	1.0
	Sugarcane wax	-	1.0	-
	Oli1000	3.0	3.0	3.0
	Shear butter	2.0	4.0	4.0
	CaTG	4.50	5.0	5.0
	Lexf7	4.50	5.0	5.0
	LexPG865	4.50	5.0	5.0
	Squalane natural	1.0	1.0	1.0
	Diisostearyl Malate	3.0	3.0	3.0
C	ST-5	2.5	1.4	1.4
	Vel-125 AlkylCetearylDimethico neCrosspolymer.	2.0	2.0	2.0

D	TEA	0.44	0.44	0.44
	MTC	0.20	0.20	0.20
	Water	2.0	2.0	2.0
	Hydrogenated wheat protein	1.0	1.0	1.0
	NLC canuba wax	-	-	3.0
	NLC sugar cane wax	-	3.0	-
E	Occasion Rose SH-11199	0.5	0.5	0.5
	Total	100	100	100

ขั้นตอนการเตรียมโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่ NLC ของวิตามินอี ที่เตรียมผนังด้วยไฮคาร์บูนา

1. ชั่งสารที่ละลายได้ในน้ำมันและทนความร้อน (เฟสน้ำมัน) อันได้แก่ CA,SA,Lexf7,LexPG 865,Ca TG,Vel 125 และ ST-5 ในปิกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ชั่งสารที่ละลายได้ในน้ำและทนความร้อน (เฟสน้ำ)อันได้แก่ 0.4% 940+0.5% car ultrez21,Oli1000,DI waterและEDTAในปิกเกอร์ (Beaker) ขนาด 150 มิลลิลิตร
3. ให้ความร้อนแก่ปิกเกอร์ทั้งสอง โดยแช่ใน Water bath (อ่างน้ำให้ความร้อน) และคนเป็นระยะ เพื่อให้สารบางชนิดละลายจนเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้ปิกเกอร์ของเฟสน้ำมันมีอุณหภูมิ 70-73 องศาเซลเซียส และให้ปิกเกอร์ของเฟสน้ำมันมีอุณหภูมิ 65-68องศาเซลเซียส
4. ค่อยๆเทสารละลายจากปิกเกอร์ของเฟสน้ำ ลงสู่ปิกเกอร์ของเฟสน้ำมันให้เป็นสาย แล้วคนอย่างรวดเร็วด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นนำไปปั่นด้วยโฮโมจีไนเซอร์ (Homogenizer) ด้วยความเร็วประมาณ 900-10,000rpmจนอุณหภูมิต่ำลงเหลือประมาณ 50 องศาเซลเซียส
5. จากนั้นจึงเติมสาร อันได้แก่ MTC,TEA,D-panและ 5% Vit.E NLC แล้วปั่นด้วยโฮโมจีไนเซอร์ (Homogenizer) ด้วยความเร็วประมาณ 600-700 rpm จนอุณหภูมิต่ำลงเหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส ยกออกจากตัวเครื่องแล้วคนต่อด้วยแท่งแก้วจนเนื้อโลชั่นมีอุณหภูมิลดต่ำลงจนถึงอุณหภูมิห้อง

4. การพัฒนาสูตรลิปสติกบำรุงริมฝีปาก

ขั้นตอนการเตรียมลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์

1. ชั่งส่วนผสมใน Part A และ Part B ดังในตารางที่ 8 แยกกัน
2. อุ่น Part A ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
3. อุ่น Part B ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
4. จากนั้นรอให้ Part A ลดอุณหภูมิลงมาถึง 45°C แล้วจึงเท Part B มารวมกับ Part A คนผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงผสม Part C (สี) และ Part D (กลิ่น) เป็นลำดับสุดท้าย
5. เตรียมโมลด์ที่จะเทลิปสติก จากนั้นเทเนื้อลิปสติกลงในโมลด์ให้ท่วม
6. ทิ้งลิปสติกไว้จนลิปสติก set ตัวแล้วจึงแกะออกจากโมลด์

ตารางที่ 2.9 แสดงสูตรลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ไฮออย (DEP-J1-N3_Sug_NLC4%) และไฮคาร์บูบา (DEP-J1-N3_Car_NLC4%)

Part	Ingredients	%w/w	
		DEP-J1-N3 NLC_Car 4%	DEP-J1-N3 NLC_Sug 4%
A	Sugarcane wax	-	1.2
	NLC Sugarcane wax	-	4.0
	NLC Carnuba wax	4.00	-
	Bee wax	3.1	3.1
	Carnauba wax	1.2	-
	Jojoba oil	3.1	3.1
	Ma oil	3.1	3.1
	Sh ultra-refined	1.7	1.7
	Cocobutter	1.4	1.4
	Spermacitic wax	1.5	1.5
	IM	23.00	23.00
	Petrolatum	2.3	2.3
	Cosmol 168 ARV	5.4	5.4
	Wax w-445	5.4	5.4
	White soft paraffin	3.9	3.9
	Phenyltrimethicone	6.2	6.2

Part	Ingredients	%w/w	
		DEP-J1-N3 NLC_Car 4%	DEP-J1-N3 NLC_Sug 4%
	Candella wax	5.4	5.4
	Co 43V	2.4	2.4
	Cs 222	2.4	2.4
	Ozokerite wax	7.7	7.7
	MC300	11.6	11.6
	Sus-51	0.4	0.4
B	Vitamin E acetate	0.5	0.5
	Propylparaben	0.05	0.05
	BHT	0.5	0.5
	Isopropyl myristate	5.0	5.0
	Total (g.)	100	100

5. การทดสอบความปลอดภัยในอาสาสมัคร

วิธีการทดสอบความปลอดภัยมีหลายวิธีแต่วิธีที่นำมาทดสอบเป็นแบบ Prophetic patch test ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐาน มอก ๓3152-2518 ทดสอบความปลอดภัยโดยการให้คะแนนตามหลัก The International Dermatitis Research Group ประเมินผลโดยใช้สถิติ student-T-test และ ANOVA ทั้งนี้อาสาสมัครจะต้องยินยอมเข้าวิจัยโดยมีหลักฐาน อาสาสมัครสามารถถอนตัวจากการวิจัยได้

1. ตามข้อกำหนด อายุ 19-55 ปี จำนวน 200 คน ซึ่งได้มาจากการประกาศรับสมัคร ผู้วิจัยจะอธิบายหรือชี้แจงข้อมูลพร้อมให้เอกสารแนะนำแก่ผู้ที่ได้รับเชิญให้เข้าร่วมในการวิจัยแนะนำการทดสอบ วัตถุประสงค์อย่างละเอียด

2. การทดสอบ ใส่สารที่ใช้ทดสอบ 0.3 มิลลิลิตร หยดลงบน patch ขนาด 2.5x2.5 ซม. ปิดบริเวณแผ่นหลังบริเวณที่กำหนด 24 ชั่วโมง บันทึกความผิดปกติหลังเปิด patch 15-30 นาที โดยให้คะแนน ตาม The International Dermatitis Research Group

ไม่เกิดปฏิกิริยาผื่นแดง	0
ปฏิกิริยาผื่นแดง	+1
ผื่นแดง และบวม	+2
ผื่นแดง และบวมมาก	+3

ดูผลใน 3 วันต่อมา เว้นระยะ 10 วัน ทำการทดลองซ้ำเช่นเดิม เฉพาะผู้ที่ไม่มีอาการผื่นแดง

การดูแลและให้คำแนะนำจะดำเนินการโดยใช้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ในการทดสอบใช้น้ำเปล่าเปรียบเทียบกับ ตำแหน่งการแปะตัวอย่างจะถูกกำหนดโดยการสุ่ม สำหรับผู้ที่มีอาการระคายเคืองจะต้องหยุดการทดสอบและได้รับการรักษาจนกระทั่งหายเป็นปกติ

การสรุปผล: ตามคำแนะนำของ The International Dermatitis Research Group

6 การทดสอบความพึงพอใจในอาสาสมัคร

แจกตัวอย่างขนาดทดลองให้อาสาสมัครจำนวน 30 คน ใช้เป็นเวลา 1 อาทิตย์ จากนั้นให้ตอบคำถามด้านความพึงพอใจในแบบสอบถาม นำข้อมูลมาวิเคราะห์และประเมินความพึงพอใจ

ตัวอย่างตารางแบบสอบถามความพึงพอใจในโลชั่นบำรุงเล็บ

-เพศ ● ชาย ● หญิง

-อายุ.....ปี

-สภาพมือและเล็บ.....

-โดยปกติใช้โลชั่นบำรุงมือและเล็บหรือไม่..... ถ้าใช้ โปรดระบุยี่ห้อที่ใช้.....

วิธีทดสอบ

1. ปีบครีมออกจากหลอดแล้วดูเนื้อโลชั่นก่อนทา ปริมาณเล็กน้อย ทาบนมือและเล็บให้ทั่ว
 - 2.ทาโลชั่นและนวดบริเวณเล็บหนังหุ้มเล็บและมือ ทาได้บ่อยตามความต้องการ ทำซ้ำเช่นนี้เป็นเวลา 7 วัน
- 5 = พอใจมากที่สุด 4 = พอใจมาก 3 = พอใจปานกลาง 2 = พอใจน้อย 1 = พอใจน้อยที่สุด 0 = ควรปรับปรุง

	คะแนนความพึงพอใจ
เนื้อครีม	
ความเงาของเนื้อครีม	
ความเนียนของเนื้อครีม	
กลิ่น	
ความรู้สึกเมื่อทาและหลังทา	
ความมัน	
ความเหนอะหนะ	
ความนุ่มผิว	
ความเงาของเล็บ	
ความเปลี่ยนแปลงของมือและเล็บหลังใช้ไป 7 วัน	

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

ตัวอย่างแบบสอบถามความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ลิปสติกบำรุงฝีปาก

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ 20-30 ปี ☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ 51ปีขึ้นไป
3. สภาพริมฝีปาก ☐ แห้ง ☐ ธรรมดา
4. โดยปกติใช้ลิปสติก บำรุงริมฝีปากหรือไม่.....ถ้าใช่ โปรดระบุยี่ห้อที่ใช้อยู่.....

วิธีทดสอบ

ทาลิปสติกให้ทั่วริมฝีปากทุกวันเป็นเวลา 7 วัน

5 = พอใจมากที่สุด 4 = พอใจมาก 3 = พอใจปานกลาง 2 = พอใจน้อย 1 = พอใจน้อยที่สุด 0 = ควรปรับปรุง

ประเด็น	คะแนนความพึงพอใจ
ความชุ่มชื้น	
เนื้อสัมผัส	
ความมันวาวขณะทา	
ความลื่นขณะทา	
ความเรียบเนียนของเนื้อลิปสติก	
ความรู้สึกเมื่อทา	
ความรู้สึกเมื่อหลังทา	
กลิ่น	
ความแข็งของเนื้อลิปสติก	
ความชอบโดยรวม	

ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

ผลการทดลองและสรุปผล

1. การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์

จากการทดลองพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์เริ่มจากการพัฒนาด้วยไฮคาร์บูนาเพื่อหา liquid lipid ที่เหมาะสม พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบ liquid lipid ระหว่าง medium chain TG และ oleic acid ที่ใช้ร่วมกับไฮคาร์บูนา(ดังแสดงในตารางที่ 10)อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์มีสีและขนาดใกล้เคียงกัน แต่ความคงตัวของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ที่ใช้ oleic acid ดีกว่า แต่ยังพบการแยกชั้นภายหลัง ซึ่ง คุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ต่างกันของไขมันชนิดต่างๆ เช่น มวลโมเลกุล จุดหลอมเหลว และสัดส่วนขององค์ประกอบในโมเลกุลที่ต่างกัน จึงทำให้ความคงตัวและความเข้ากันกับสารอื่นๆในสูตรตำรับต่างกัน

จากนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบในส่วนของสารลดแรงตึงผิวระหว่าง c-20 และ t 80 พบว่า ขนาดของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จาก t 80 มีขนาดใหญ่กว่าและแยกชั้นในเวลาที่เร็วกว่า ทั้งนี้ถึงแม้ว่าค่า HLB (Hydrophilic Lipophilic balance) ของทั้งสอง จะไม่ต่างกันมาก แต่โครงสร้างทางเคมีมีความต่างกัน จึงทำให้ความสามารถในการรักษามูลความคงตัวของระบบต่างกัันดังนั้นในการศึกษาระยะเวลาในการลดขนาดอนุภาคจึงเลือก oleic acid เป็นส่วนประกอบร่วมกับไฮคาร์บูนาและใช้ c-20 เพื่อเป็นสารลดแรงตึงผิวในสูตรตำรับ เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการลดขนาด พบว่า ระยะเวลาที่ 7 นาที จะให้อนุภาคที่เล็กและมีความคงตัวที่สุด อาจเนื่องมาจากระยะเวลาส่งผลต่อความแรงในการลดขนาดของอนุภาค ที่ระยะเวลา 5 นาทีอาจไม่เพียงพอต่อการลดขนาดอนุภาค และเมื่อใช้เวลาเกินกว่าความเหมาะสมก็จะทำให้อนุหภูมิของระบบสูงขึ้น อนุหภูมิที่สูงขึ้นนี้ก็จะส่งผลต่อการเรียงตัวของอนุภาคและความคงตัวของระบบได้

โดยสรุป ระบบที่ให้ความคงตัวดีที่สุดคือ ระบบที่ใช้ oleic acid เป็นไขมันเหลว และ ใช้ c-20 เป็น surfactant โดยใช้เวลาในการลดขนาดด้วยเครื่อง sonication probe ที่ 7 นาที จากการทดสอบความคงตัวของสูตรที่ 5 พบว่าสูตรตำรับมีความคงตัวทางกายภาพดีหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน โดยขนาดอนุภาคไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับเวลาเริ่มต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.2

จากการพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไฮอ้อยเพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลวในสูตรตำรับโดยใช้ปริมาณไขมันรวมในสูตรตำรับ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลว ที่ 7:3, 1:1 และ 3:7 (ดังแสดงในตารางที่ 2.11) พบว่า ระบบนำส่ง NLC ที่มีอัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลวที่ 7:3 และ 1:1 มีลักษณะโปร่งแสง ในขณะที่ อัตราส่วน 7:3 มีลักษณะขาวขุ่น เมื่อตั้งทิ้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง พบว่า มีเพียงที่อัตราส่วน 1:1 เท่านั้นที่มีความคงตัวไม่พบการแยกชั้นตลอดระยะเวลา 1 เดือน หรือมีความคงตัวทางกายภาพดีที่สุด จากนั้นจึงได้นำอัตราส่วนดังกล่าวมาศึกษา

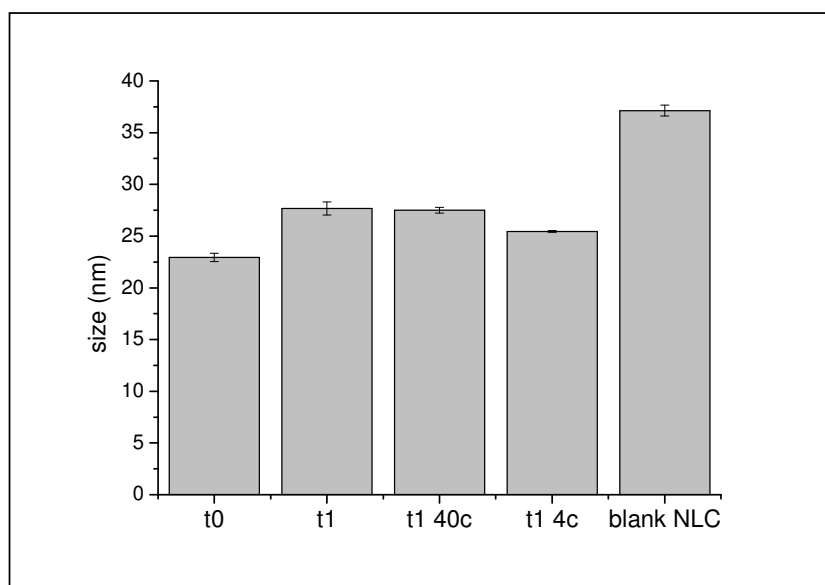
เปรียบเทียบกับระบบนำส่ง NLC จากไขคาร์นูบา และทำการศึกษาความคงตัวลักษณะทางเคมีกายภาพที่สภาวะการเก็บต่างๆ (ภาวะเร่งสลับ, 40 องศาเซลเซียส, 4 องศาเซลเซียส, อุณหภูมิห้อง) ต่อไป

ตารางที่ 2.10 แสดงผลของตัวแปรต่างๆที่ทำการศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา	1	2	3	4	5	6
solid lipid	carnauba wax	carnauba wax	carnauba wax	carnauba wax	carnauba wax	carnuaba wax
liquid lipid	Medium chain TG	oleic acid	oleic acid	oleic acid	oleic acid	oleic acid
Surfactant	c-20	c-20	t 80	c-20	c-20	c-20
sonication time (นาที)	20	20	20	10	7	5
Appearance	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	ขาวขุ่น	โปร่งใส	ขาวขุ่น
size (nm)	80-100	80	120	35	25	70
Stability	แยกชั้น	แยกชั้น	แยกชั้น	แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	แยกชั้น

ตารางที่ 2.11 แสดงผลของอัตราส่วนระหว่างไขมันแข็งและไขมันเหลว

	Ratio of solid lipid to liquid lipid		
	7:3	1:1	3:7
Sugarcane wax	0.7%	0.5%	0.3%
Oleic acid	0.3%	0.5%	0.7%
Vitamin E	5%	5%	5%
C20	10%	10%	10%
Preservative	1%	1%	1%
Water	qs 100 ml	qs 100 ml	qs 100 ml
ผล	แยกชั้น	คงตัว	แยกชั้น



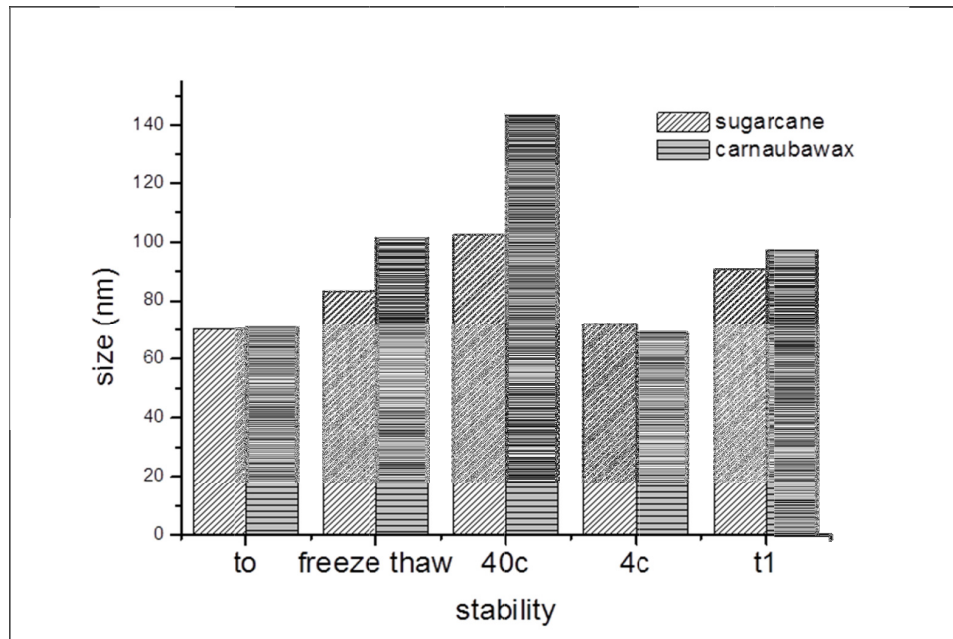
ภาพที่ 2.2 กราฟเปรียบเทียบขนาดของอนุภาค NLC ที่สภาวะเริ่มต้น (t0) ที่อุณหภูมิห้อง (t1) 40 องศาเซลเซียส, (t1 40C) และ 4 องศาเซลเซียส (t1 4C) เป็นเวลา 1 เดือนและ อนุภาค NLC ที่ไม่มีวิตามินอี (blank NLC)

การพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อย และเปรียบเทียบกับสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากคาร์บูนาแวกซ์ในการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ของระบบที่เก็บไว้ในสภาวะต่างๆเปรียบเทียบกับที่สภาวะเริ่มต้น (t0) ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง nanosizer พบว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของอนุภาคที่สภาวะต่างๆ ซึ่งอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยโดยไม่ว่ามีนัยสำคัญ ขณะที่อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากคาร์บูนาแวกซ์มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคที่เด่นชัดกว่าอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยโดยเฉพาะที่สภาวะที่ 40 องศาเซลเซียส แต่ที่สภาวะ 4 องศาเซลเซียสอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากคาร์บูนาแวกซ์และไขอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยที่สุด ดังนั้นสภาวะที่ 4 องศาเซลเซียสจึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์

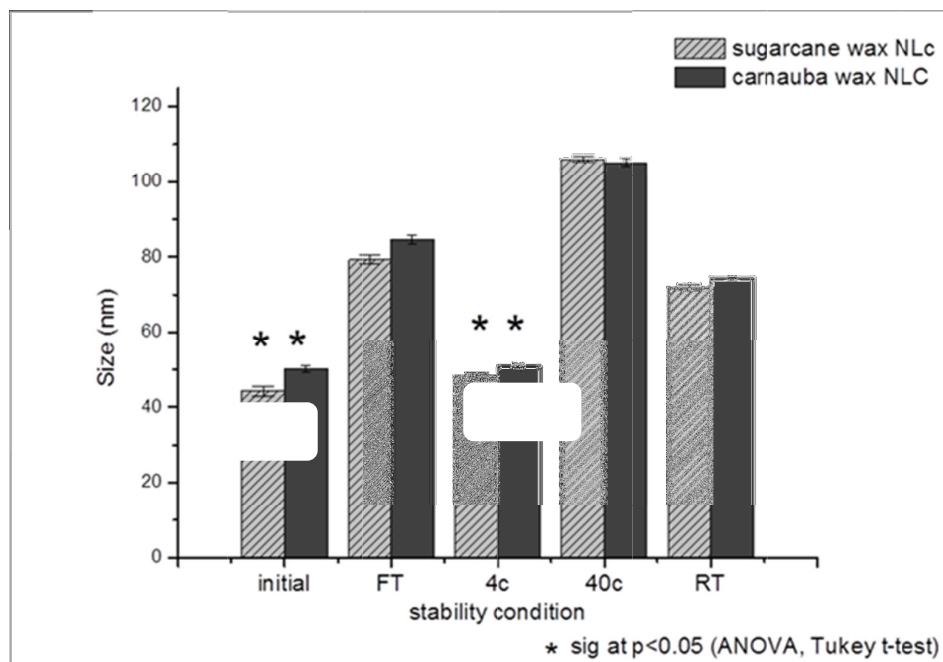
ตารางที่ 2.12 แสดงองค์ประกอบของระบบนำส่งนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยและไขคาร์นุบา

	NLC sugarcane wax	NLC carnauba wax	NLC sugarcane wax new	NLC carnauba wax new
Sugarcane wax	0.5%	-	0.5%	-
Carnauba wax	-	0.5%	-	0.5%
Oleic acid	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Vitamin E	5%	5%	5%	5%
C20	10%	10%	10%	10%
P40CO	-	-	5%	5%
Preservative	1%	1%	1%	1%
Water	qs to 100 ml	qs to 100 ml	qs to 100 ml	qs to 100 ml

จากนั้นได้มีการพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์เพิ่มจากเดิม สูตร new เนื่องจาก ไขอ้อยที่ได้มาในแต่ละครั้งมีคุณสมบัติที่ต่างกัน จึงทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงสูตรตำรับ ซึ่งสูตรตำรับที่พัฒนาขึ้นใหม่ใช้สารลดแรงตึงผิว 2 ชนิดให้ปริมาณเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีโมเลกุลในการสร้างผนังของอนุภาคมากขึ้น ทำให้ความสามารถสร้างในการอนุภาคเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลกระทบของไขมันแข็งที่ใช้ต่อการสร้างอนุภาคมีน้อยลง ดังนั้นจึงพบว่าการปรับสูตรตำรับโดยเพิ่มสารลดแรงตึงผิว ทำให้ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างการใช้ไขอ้อยและไขคาร์นุบาด้านความคงตัวของขนาดอนุภาค (ดังแสดงในภาพที่ 2.3) โดยพบว่าขนาดของอนุภาคที่เวลาเริ่มต้นของทั้งสูตรไขอ้อยและไขคาร์นุบา มีขนาดในช่วงน้อยกว่า 60 นาโนเมตร ลักษณะเป็นของเหลว สีฟ้าใส เมื่อเก็บไว้ที่สภาวะต่างๆเป็นเวลาหนึ่งเดือน พบว่าขนาดอนุภาคของตำรับไขอ้อยและไขคาร์นุบา มีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปในทางเดียวกัน โดยที่ขนาดอนุภาคยังมีขนาดน้อยกว่า 110 นาโนเมตรในทุกสภาวะ และไม่พบการแยกชั้นใดๆ ทั้งตำรับของไขอ้อยและไขคาร์นุบา และที่สภาวะ 4 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงขนาดที่น้อยที่สุด จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษามากที่สุด



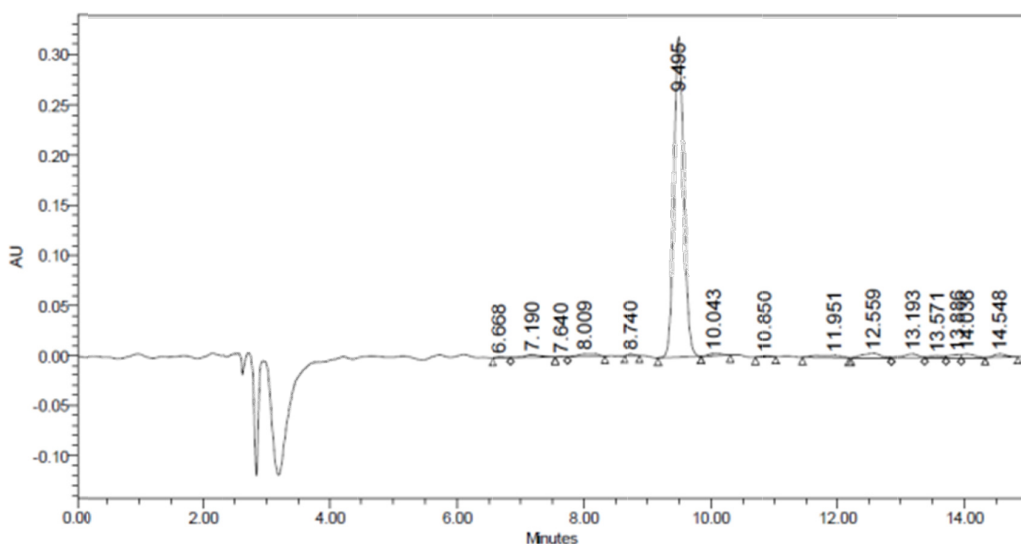
ภาพที่ 2.3 กราฟเปรียบเทียบขนาดของอนุภาค NLC ด้วยไขอ้อย (Sugarcane) และไขคาร์นุบา (carnaubawax) ที่สภาวะเริ่มต้น (t0) ที่อุณหภูมิห้อง (t1), 4 องศาเซลเซียส (40c) และ 4 องศาเซลเซียส (4c) เป็นเวลา 1 เดือน



ภาพที่ 2.4 แสดงขนาดอนุภาค NLC ด้วยไขอ้อย (Sugarcane) และคาร์นุบาแว็กซ์ (Carnaubawax) ที่สภาวะเริ่มต้น (initial), ที่อุณหภูมิห้อง RT 4 องศาเซลเซียส (40C) และ 4 องศาเซลเซียส (4C) เป็นเวลา 1 เดือน

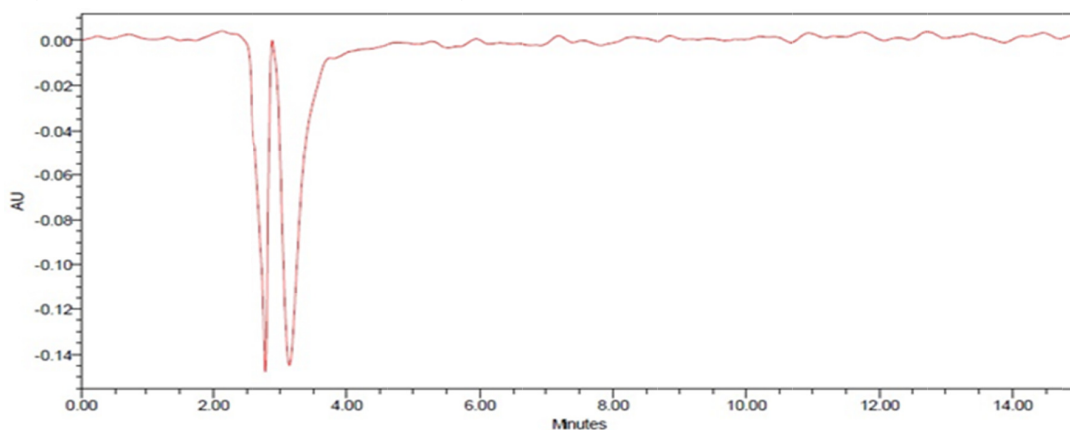
2. การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีที่เก็บกักในอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์ ด้วยวิธี HPLC (High Performance Liquid Chromatography)

จากการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีด้วยวิธี HPLC ขณะนี้ได้วิธีที่สามารถวิเคราะห์วิตามินอีเบื้องต้นได้แล้ว โดยมีพีคของวิตามินอีที่ 9.495 นาทีดังแสดงในภาพที่ 2.5 โดยใช้สภาวะการวิเคราะห์ดังตารางที่ 2.5

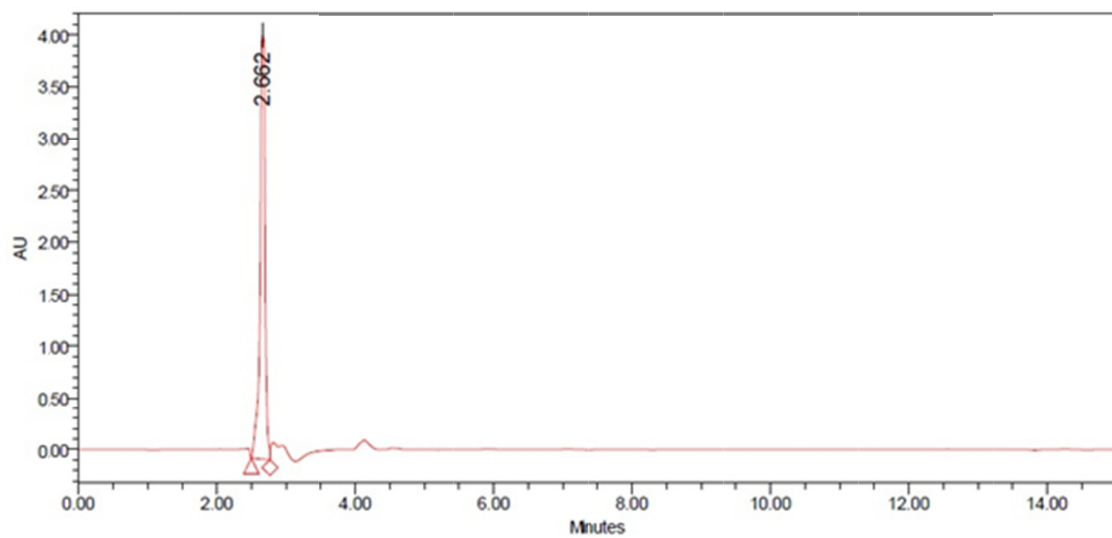


ภาพที่ 2.5 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายวิตามินอีมาตรฐาน (standard) ความเข้มข้น 0.625mg/ml (t_R = 9.495 นาที) ที่วิเคราะห์ตามสภาวะดังตารางที่ 2.5

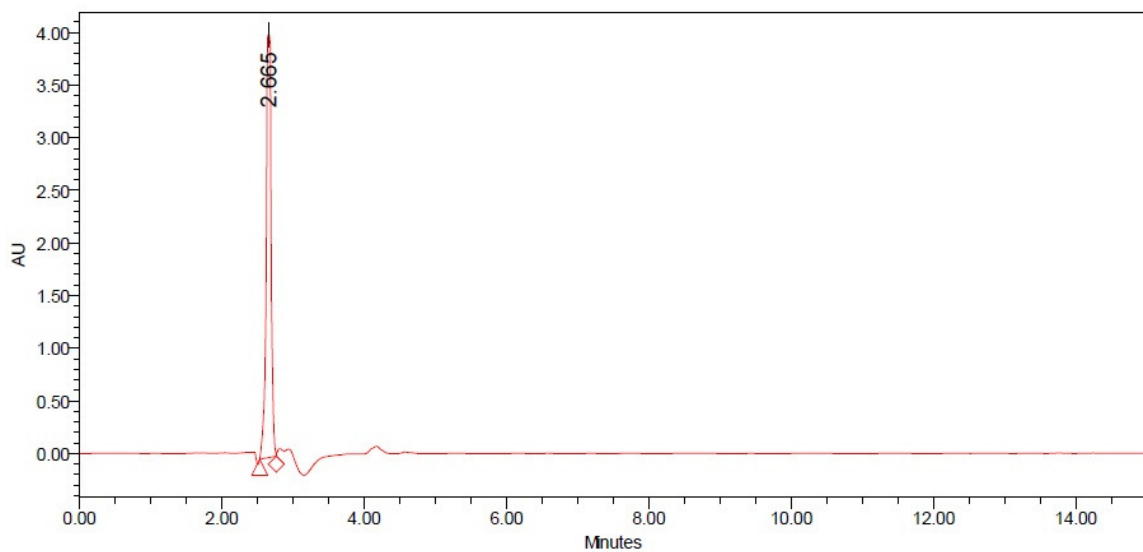
ฉีดเมทานอล, สารละลายเบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์บูนา), สารละลายเบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย), สารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล, สารละลายที่สกัดได้จากสูตรตำรับ 1 และสารละลายที่สกัดได้จากสูตรตำรับ 2 ได้โครมาโตแกรมแสดงดังภาพที่ 2.6 – 2.11



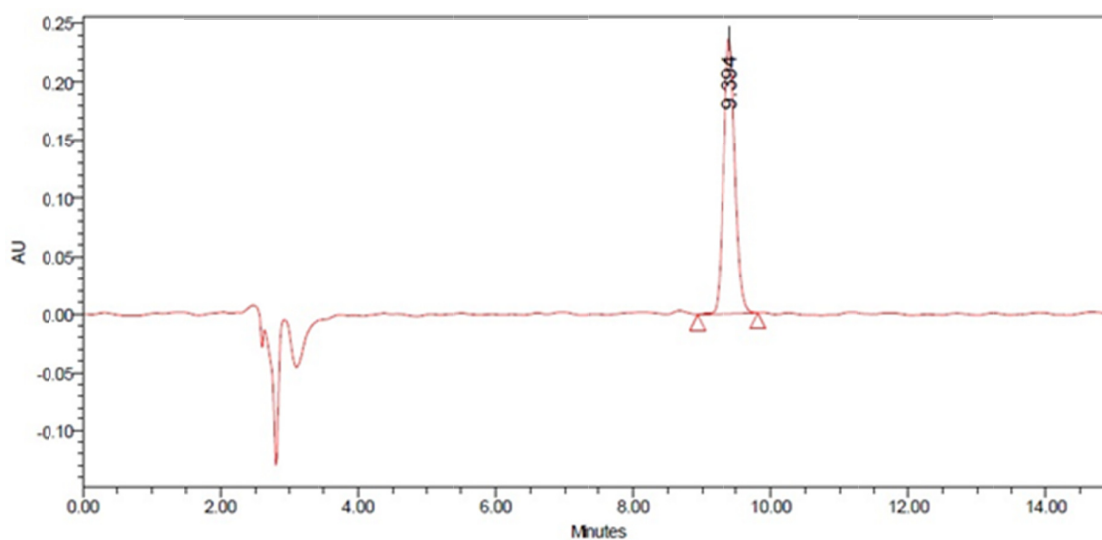
ภาพที่ 2.6 แสดงโครมาโตแกรมของเมทานอล



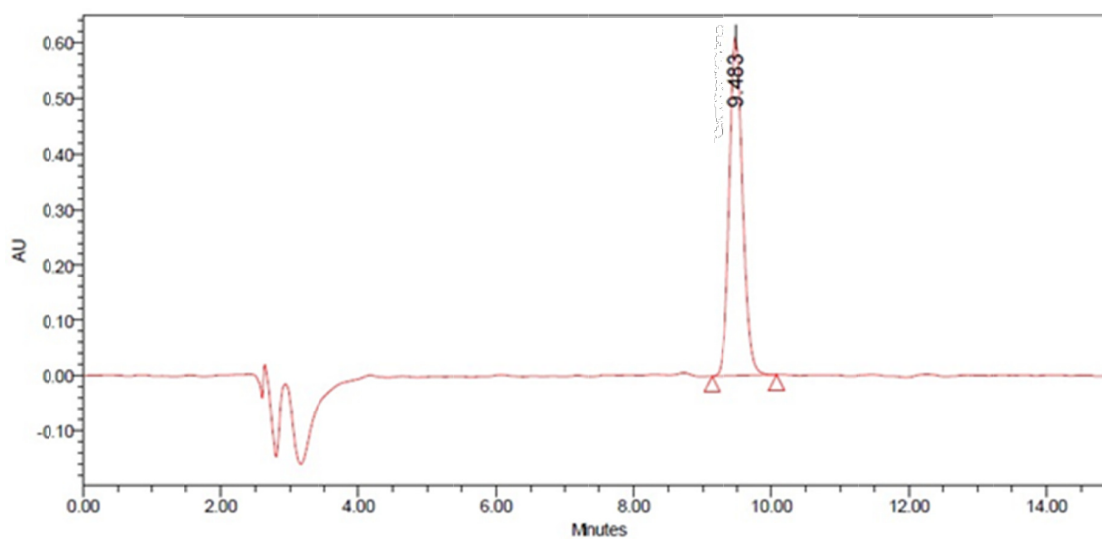
ภาพที่ 2.7 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายแบบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank carnuba) ได้มา
จากวิธีตามข้อ 1.1



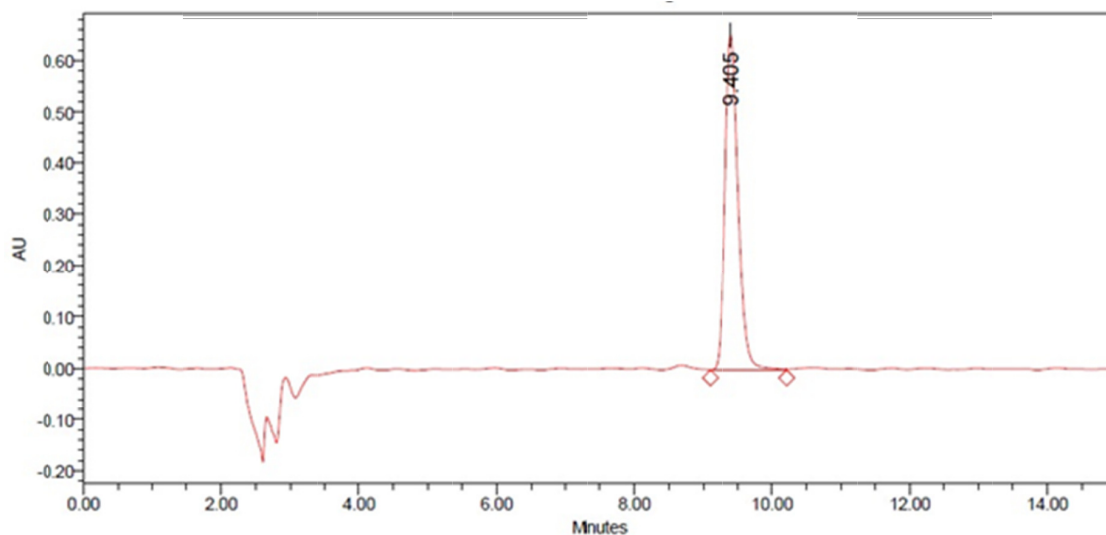
ภาพที่ 2.8 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายแบบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank sugarcane) ได้มา
จากวิธีตามข้อ 1.1



ภาพที่ 2.9 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอลความเข้มข้น 250 µg/ml ได้มาจากรีตีตามข้อ 1.4 (tocopherol acetate; t_R = 9.394 นาที)



ภาพที่ 2.10 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในสูตรตำรับ 1 ได้มาจากการสกัดด้วยวิธีตามข้อ 1.5 (tocopherol acetate; t_R = 9.483 นาที)



รูปที่ 2.11 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในสูตรตำรับ 2 ได้มาจากการสกัดด้วยวิธีตามข้อ 1.5 (tocopherol acetate; $t_R = 9.405$ นาที)

2. ตรวจสอบความเหมาะสมของระบบที่ใช้วิเคราะห์ (System suitability test) ดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ Repeatability, Resolution, Tailing factor, Capacity factor และ Plate count ของสภาวะวิเคราะห์ที่ใช้ดังตารางที่ 14 ในการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในสูตรตำรับ (n=6)

สารที่ต้องการวิเคราะห์	Repeatability of peak response (%RSD, n=6)	Resolution	USP Tailing factor	Capacity factor (K Prime)	USP Plate Count
tocopherol acetate	0.31	-	1.28 ± 0.01	2.71 ± 0.02	3859.93 ± 171.42
ข้อกำหนดที่ยอมรับตาม CDER guideline*	≤ 1.0	> 2.0	≤ 2.0	> 2.0	> 2000

* U.S. FDA's Center for Drug Evaluation and Research (CDER) guideline

เนื่องจากในโครมาโตแกรมมีพีคของ tocopherol acetate เพียง 1 พีค จึงหาค่า Resolution ไม่ได้ จากการทดลอง สภาวะที่ใช้มีค่าพารามิเตอร์ Repeatability, Tailing factor, Capacity factor และ Plate count เป็นไปตามข้อกำหนดของ U.S. FDA's Center for Drug Evaluation and Research (CDER) guideline

3. การตรวจรับรองวิธีวิเคราะห์ tocopherol acetate ในตัวอย่างสูตรตำรับ

3.1 สภาพความจำเพาะ (specificity) ของวิธีวิเคราะห์

ศึกษาสภาพความจำเพาะของวิธีวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบ retention time ของ tocopherol acetate ในเมทานอลที่ใช้สกัด กับสารละลายแบบองค์ของสูตรตำรับ 1 และสารละลายแบบองค์ของสูตรตำรับ 2 จะต้องไม่มีการรบกวนจากสารอื่นในสารสกัดและสูตรตำรับ

จากรูปที่ 5,6,7,8,9 และ 10 พบว่าสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้สามารถแยกพีคของ tocopherol acetate ออกจากสารต่างๆ ในในสูตรตำรับ บ่งชี้ว่าสภาวะวิเคราะห์นี้มีสภาพความจำเพาะ

3.2 ช่วงความเข้มข้นและสภาพเชิงเส้นของวิธีวิเคราะห์ (Linearity and range) และเส้นกราฟเทียบมาตรฐาน (Calibration curve)

การตรวจสอบสภาพเชิงเส้นจะใช้ค่า R^2 ของกราฟเส้นตรงของเส้นกราฟเทียบมาตรฐานที่ได้ โดยค่า R^2 ที่ได้จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0.999 ในการวิเคราะห์ tocopherol acetate ครั้งนี้ นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการฉีดสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ที่ความเข้มข้น 2,000, 1,000, 500, 250, 125, 62.5 และ 31.25 $\mu\text{g/ml}$ มาใช้คำนวณ (ดังแสดงในตารางที่ 14-16) เพื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้น ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล ในแบบองค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์บูนา) และในแบบองค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย) สำหรับสภาวะการวิเคราะห์นี้ แสดงไว้ดังรูปที่ 19-21 (โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ แสดงในรูปที่ 12-18)

ตารางที่ 2.14 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอลที่ความเข้มข้นต่างๆ

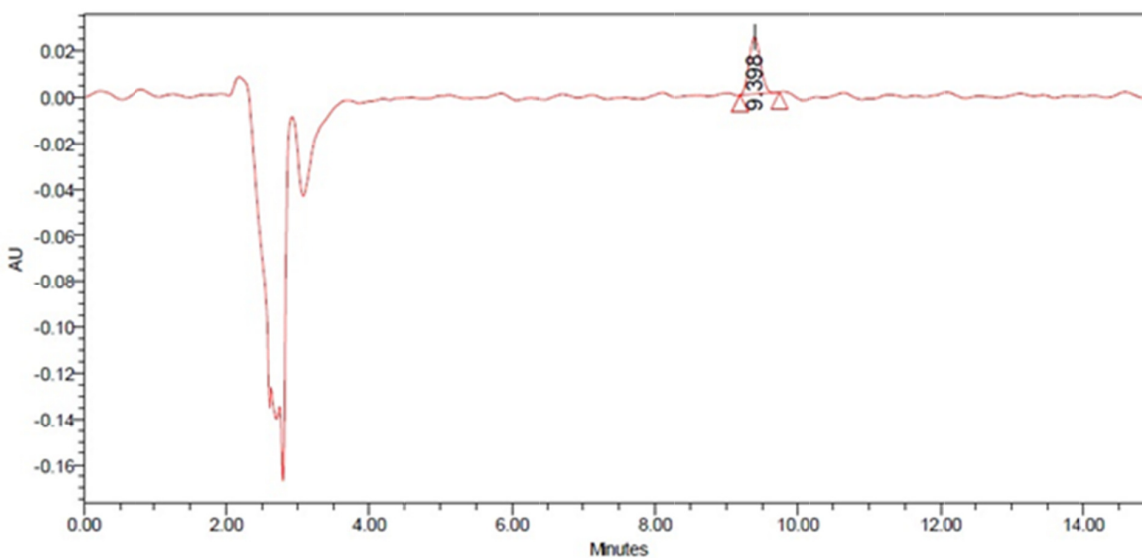
tocopherol acetate ความเข้มข้น (µg/ml)	พื้นที่ใต้กราฟ					
	ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ฉีดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
31.25	270583	271823	321578	287994.67	31232.38	10.84
62.5	605741	609697	614771	610069.67	5870.72	0.96
125	1282370	1277856	1270654	1276960.00	11540.93	0.90
250	2778360	2754054	2769099	2767171.00	16848.46	0.61
500	5781568	5823251	5779925	5794914.67	22134.01	0.38
1000	11900846	11877895	11909988	11896243.00	29442.51	0.25
2000	24900851	25017905	25140789	25019848.33	115600.48	0.46

ตารางที่ 2.15 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบบลค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์บูนา) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

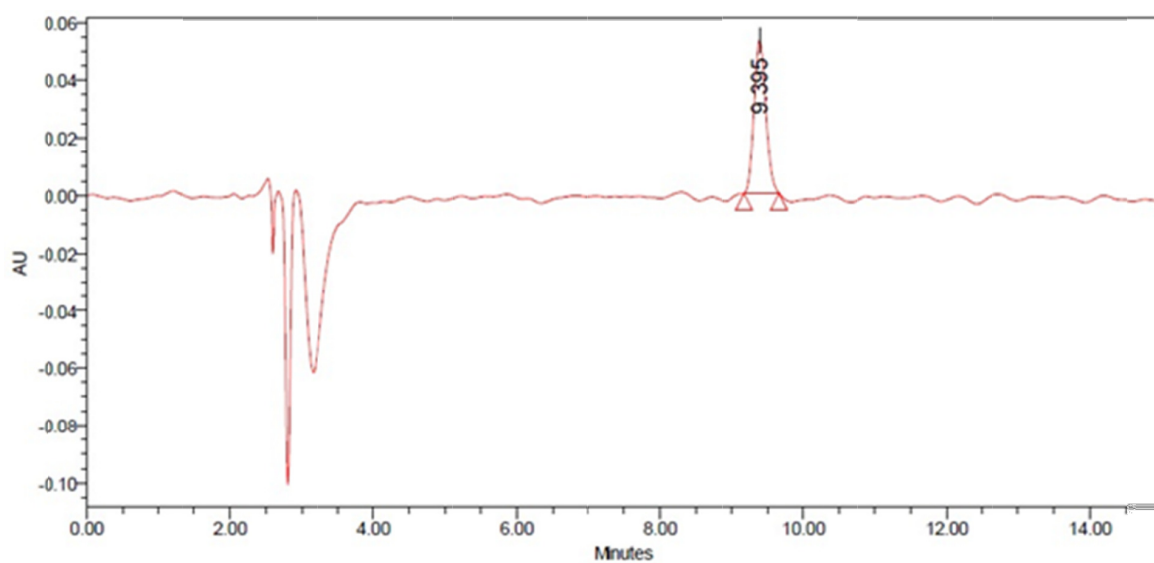
tocopherol acetate ความเข้มข้น (µg/ml)	พื้นที่ใต้กราฟ					
	ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ฉีดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
31.25	288378	298242	293063	293227.6667	8521.30	2.91
62.5	611531	628865	646505	628967.0000	21244.23	3.38
125	1352486	1354639	1358891	1355338.6667	18180.00	1.34
250	2950309	2983696	2968993	2967666.0000	33371.88	1.12
500	5971860	5905103	5965989	5947650.6667	97393.54	1.64
1000	11824970	11766514	11818470	11803318.0000	84691.27	0.72
2000	23899319	23857479	23840741	23865846.3333	111103.51	0.47

ตารางที่ 2.16 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบบลงค์ของสูตร
ตำรับ 2 (Blank ไข่อ้อย) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

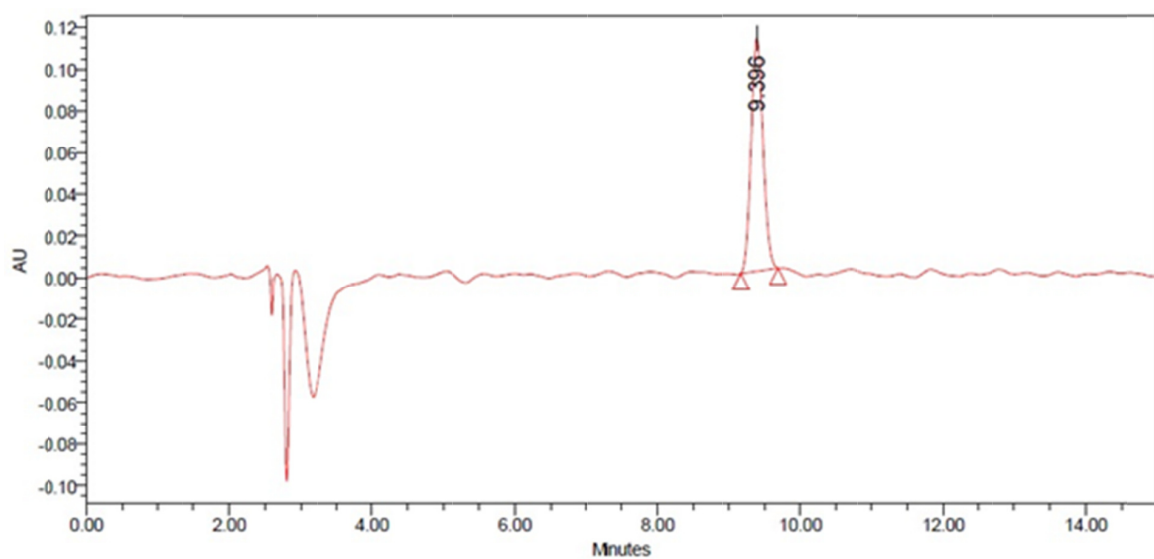
tocopherol acetate ความ เข้มข้น ($\mu\text{g/ml}$)	พื้นที่ใต้กราฟ					
	ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ฉีดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
31.25	270413	281750	283441	278534.6667	9488.96	3.41
62.5	600418	600653	617525	606198.6667	11150.84	1.84
125	1305980	1290414	1307776	1301390.0000	9250.10	0.71
250	2780454	2763489	2761629	2768524.0000	10582.91	0.38
500	5914956	5877211	5880271	5890812.6667	33682.11	0.57
1000	12086191	12037703	12013525	12045806.3333	40227.51	0.33
2000	27762231	27763717	27703562	27743170.0000	139777.46	0.50



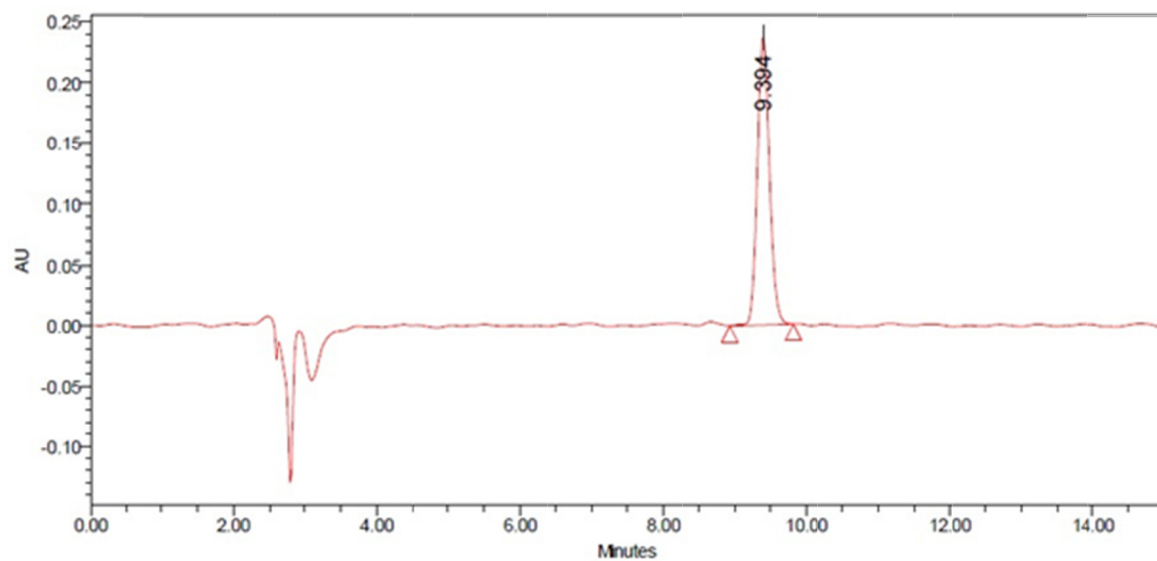
ภาพที่ 2.12 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น
31.25 $\mu\text{g/ml}$ (tocopherol acetate; $t_R = 9.398$ นาที)



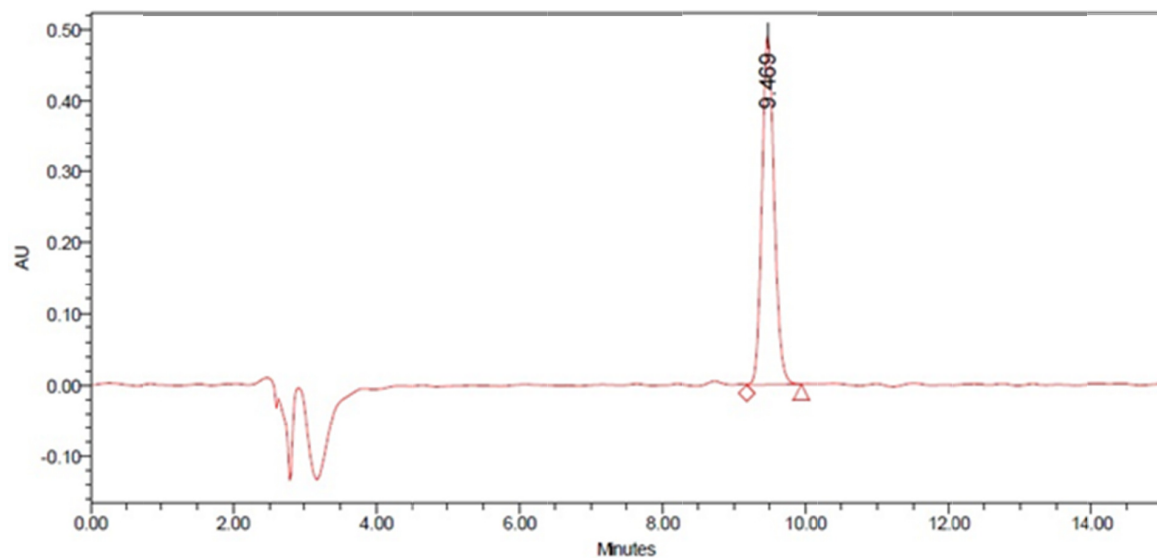
ภาพที่ 2.13 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 62.5 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.395 นาที)



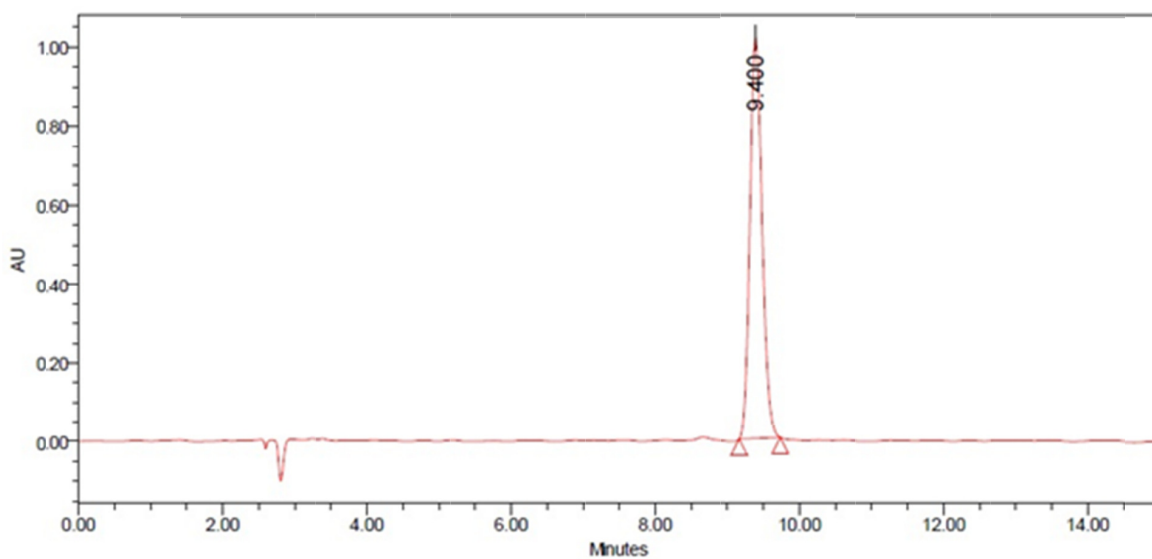
รูปที่ 2.14 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 125 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.396 นาที)



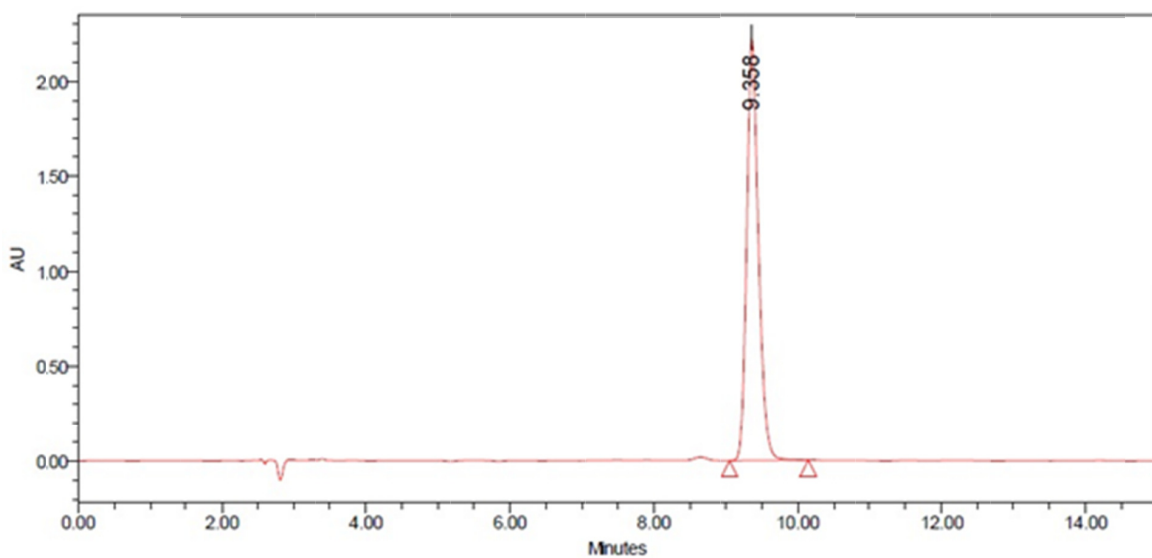
รูปที่ 2.15 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 250 $\mu\text{g/ml}$ (tocopherol acetate; $t_R = 9.394$ นาที)



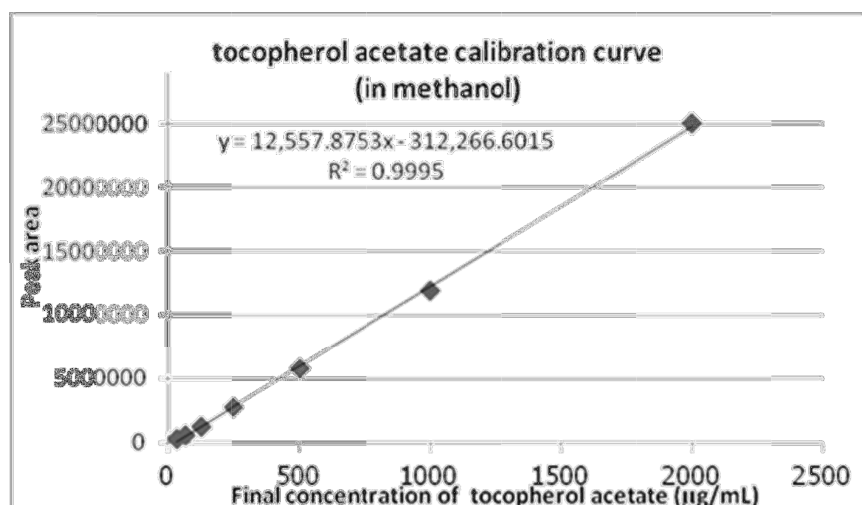
รูปที่ 2.16 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 500 $\mu\text{g/ml}$ (tocopherol acetate; $t_R = 9.469$ นาที)



รูปที่ 2.17 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 1000 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.400 นาที)

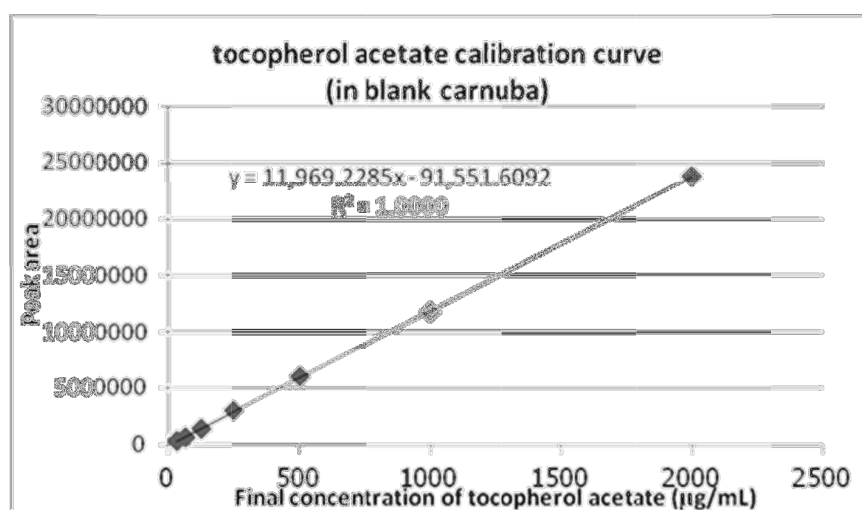


รูปที่ 2.18 แสดงโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ความเข้มข้น 2000 µg/ml (tocopherol acetate; t_R = 9.358 นาที)



รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล

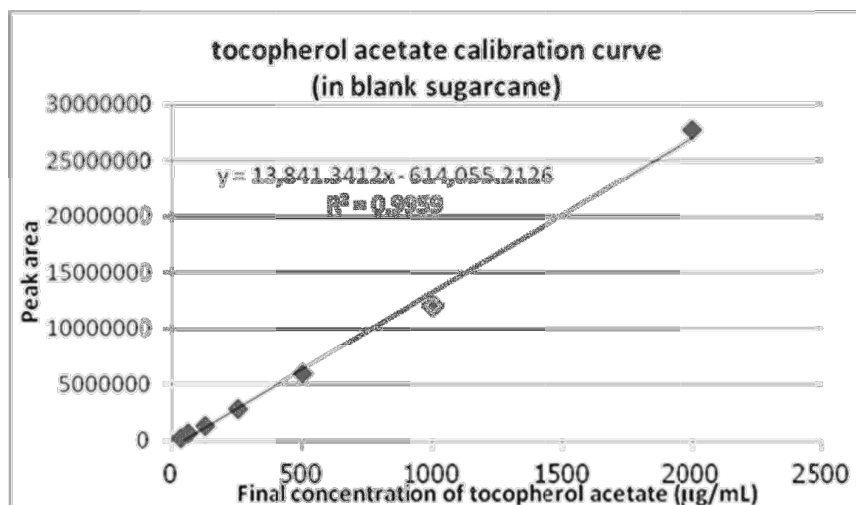
จากกราฟเทียบมาตรฐานของ tocopherol acetate ในเมทานอล พบว่ากราฟที่ได้เป็นเส้นตรง และค่า R^2 เท่ากับ 0.9995 แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์นี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในช่วง 31.25 ถึง 2,000 µg/ml ได้ สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ tocopherol acetate (X, µg/ml) กับค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Y) $Y = 12,557.8753 X - 312,266.6015$; $R^2 = 0.9995$



ภาพที่ 2.20 แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1(Blank carnuba)

จากกราฟเทียบมาตรฐานของ tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไซคาร์นูบา) พบว่ากราฟที่ได้เป็นเส้นตรง และค่า R^2 เท่ากับ 1.000 แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์นี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในช่วง 31.25 ถึง 2,000 $\mu\text{g/ml}$ ได้

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ tocopherol acetate (X, $\mu\text{g/ml}$) กับค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Y) $Y = 11,969.2285 X - 91,551.6092$; $R^2 = 1.0000$



รูปที่ 2.21 แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้กราฟและความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank sugarcane)

จากกราฟเทียบมาตรฐานของ tocopherol acetate ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไซอ้อย) พบว่ากราฟที่ได้เป็นเส้นตรง และค่า R^2 เท่ากับ 0.9959 แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์นี้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในช่วง 31.25 ถึง 2,000 $\mu\text{g/ml}$ ได้

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ tocopherol acetate (X, $\mu\text{g/ml}$) กับค่าพื้นที่ใต้กราฟ (Y) $Y = 13,841.3412 X - 614,055.2126$; $R^2 = 0.995$

3.3 ความแม่นยำ (Accuracy)

วิเคราะห์หาค่าเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) ทำโดยการฉีดสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล ในแบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไซคาร์นูบา) และในแบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไซอ้อย) ที่เตรียมตามวิธีข้อ 1.6 แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ โดยวิเคราะห์ 3

ระดับความเข้มข้นแต่ละความเข้มข้นซ้ำ 3 ครั้งแสดงดังตารางที่ 17,18 และ 19 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 95.44 – 111.21%, 95.69 – 106.36% และ 90.94 – 104.25% ตามลำดับ

3.4 ความเที่ยง (Precision)

การหาค่าของความเที่ยงในการวิเคราะห์ภายในวันเดียวกัน (intra-day precision) ทำโดยการฉีดสารละลายมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล ในแบบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์นุบา) และในแบบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไชอ้อย) ที่เตรียมตามวิธีข้อ 1.6 วิเคราะห์ 3 ระดับความเข้มข้นแต่ละความเข้มข้นซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD, Percent Relative Standard Deviation) แสดงดังตารางที่ 2.17 – 2.19 โดย %RSD มีค่าน้อยกว่า 2% ทุกระดับความเข้มข้น

ตารางที่ 2.17 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) และค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD) ของการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในเมทานอล

ปริมาณของสารมาตรฐาน tocopherol acetate 2,000 (µg/ml) ที่เติม (µl)	ความเข้มข้น (µg/ml)	เปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery)					
		ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ฉีดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
75	150	111.41	112.19	110.05	111.21	1.08	0.98
175	350	95.33	95.45	95.54	95.44	0.10	0.11
375	750	101.49	102.19	101.45	101.71	0.42	0.41

ตารางที่ 2.18 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) และค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD) ของการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในแบบลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์นุบา)

ปริมาณของสารมาตรฐาน tocopherol acetate 2,000 (µg/ml) ที่เติม (µl)	ความเข้มข้น (µg/ml)	เปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery)					
		ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ฉีดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
75	150	100.55	101.30	101.84	101.23	0.65	0.64
175	350	95.69	97.35	94.03	95.69	1.66	1.73
375	750	105.65	106.74	106.70	106.36	0.62	0.58

ตารางที่ 2.19 แสดงเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery) และค่าความแปรปรวนของผล การวิเคราะห์ในแต่ละความเข้มข้น (%RSD) ของการวิเคราะห์ tocopherol acetate ในแบบลงค์ของสูตรตำรับ 2 (Blank ไข้อย)

ปริมาณของสารมาตรฐาน tocopherol acetate 2,000 (µg/ml) ที่เติม(µl)	ความเข้มข้น (µg/ml)	เปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (%recovery)					
		ฉีดครั้งที่ 1	ฉีดครั้งที่ 2	ฉีดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	%RSD
75	150	105.06	103.38	104.32	104.25	0.84	0.81
175	350	91.63	91.61	92.04	91.76	0.24	0.27
375	750	90.63	90.81	91.37	90.94	0.38	0.42

3.5 ขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ (Quantitation Limits; QL) และ 3.6 ขีดจำกัดของการตรวจหา (Detection Limits; DL)

คำนวณค่า QL จากสูตร $QL = 10 \sigma/S$; คำนวณค่า DL จากสูตร $DL = 3.3 \sigma/S$

โดยที่ σ คือ the standard deviation of intercept;

S คือ the slope of calibration curve

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2}{(n-2)}} \times \sqrt{\frac{\sum X^2}{n \sum (X - X_{\text{mean}})^2}}$$

ตารางที่ 2.20 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในเมทานอล (ตัวแปร X) พื้นที่ใต้กราฟ (ตัวแปร Y) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ และค่าขีดจำกัด ของการตรวจหา

X	X ²	Y _{actual}	Y _{calculate}	$\frac{Y_{\text{actual}}}{Y_{\text{calculate}}}$	$(Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2$	$\frac{X}{X_{\text{average}}}$	$(X - X_{\text{average}})^2$
31.25	976.56	287994.67	80167.0	207827.67	43192338529.43	-535.71	286989.80
62.5	3906.25	610069.67	472600.60	137469.06	18897743212.79	-504.46	254484.22
125	15625.0	1276960.00	1257467.81	19492.19	379945496.82	-441.96	195332.43
250	62500.0	2767171.00	2827202.22	-60031.22	3603747395.70	-316.96	100466.36
500	250000.0	5794914.67	5966671.04	171756.38	29500252416.12	-66.96	4484.22
1000	1000000	11896243.00	12245608.69	-349365.69	122056381995.26	433.04	187519.93
2000	4000000	25019848.33	24803483.97	216364.36	46813536898.45	1433.04	2053591.36

$\Sigma X =$ 3968.75	$\Sigma X^2 =$ 5333008				$\Sigma(Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2 =$ 2.6444E+11		$\Sigma(X - X_{\text{average}})^2 =$ 3082868
-------------------------	---------------------------	--	--	--	--	--	---

จากตารางที่ 20 และเมื่อนำค่า $n=7$, slope ของ calibration curve = 12,557.8753 แทนค่าในสูตร จะได้ค่า $\sigma=114324.52$ ดังนั้นจะได้ค่า $QL = 91.04 \mu\text{g/ml}$ และค่า $DL = 30.04 \mu\text{g/ml}$ ดังนั้นกราฟมาตรฐานของ tocopherol acetate ในเมทานอล มีช่วงที่ใช้วิเคราะห์ได้ตั้งแต่ 91 – 2000 $\mu\text{g/ml}$

ตารางที่ 2.21 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแปลงค์ของสูตรตำรับ 1 (Blank ไชคาร์บูนา) (ตัวแปร X) พื้นที่ใต้กราฟ (ตัวแปร Y) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่า ค่าขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ และค่าขีดจำกัดของการตรวจหา

X	X^2	Y_{actual}	$Y_{\text{calculate}}$	$Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}}$	$(Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2$	$X - X_{\text{average}}$	$(X - X_{\text{average}})^2$
31.25	976.56	293227.67	282486.78	10740.89	115366617.72	-535.71	286989.80
62.5	3906.25	628967.0	656525.17	-27558.17	759452836.75	-504.46	254484.22
125	15625.0	1355338.67	1404601.95	-49263.29	2426871374.20	-441.96	195332.43
250	62500.0	2967666.0	2900755.52	66910.48	4477012992.90	-316.96	100466.36
500	250000.0	5947650.67	5893062.64	54588.03	2979852726.33	-66.96	4484.22
1000	1000000	11803318.0	11877676.89	-74358.89	5529244209.72	433.04	187519.93
2000	4000000	23865846.33	23846905.39	18940.95	358759523.77	1433.04	2053591.36
$\Sigma X =$ 3968.75	$\Sigma X^2 =$ 5333008				$\Sigma(Y_{\text{actual}} - Y_{\text{calculate}})^2 =$ 1.66E+10		$\Sigma(X - X_{\text{average}})^2 =$ 3082868

จากตารางที่ 2.21 และเมื่อนำค่า $n=7$, slope ของ calibration curve = 11,969.2285 แทนค่าในสูตร จะได้ค่า $\sigma=28683.81$ ดังนั้นจะได้ค่า $QL = 23.96 \mu\text{g/ml}$ และค่า $DL = 7.91 \mu\text{g/ml}$ ดังนั้นกราฟมาตรฐานของ tocopherol acetate ในเมทานอล มีช่วงที่ใช้วิเคราะห์ได้ตั้งแต่ 24 – 2000 $\mu\text{g/ml}$

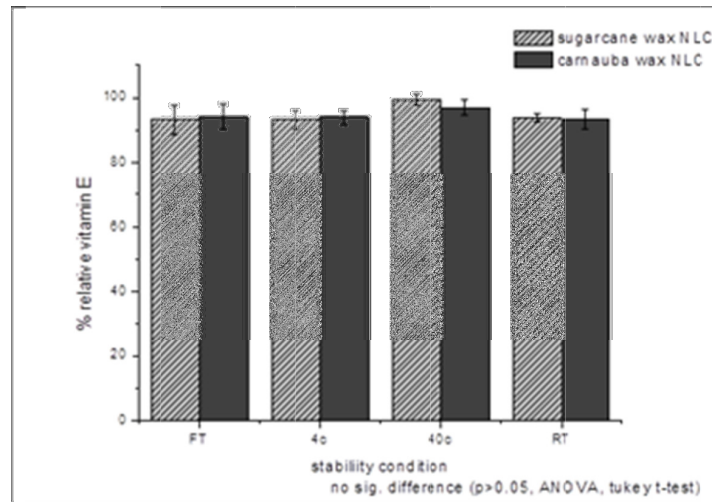
ตารางที่ 2.22 แสดงความเข้มข้นของสารมาตรฐาน tocopherol acetate ในแบบจำลองของสูตรตำรับ 2(Blank ไข้อย) (ตัวแปร X) พื้นที่ใต้กราฟ (ตัวแปร Y) และค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่า ค่าขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ และค่าขีดจำกัดของการตรวจหา

X	X ²	Y _{actual}	Y _{calculate}	$\frac{Y_{actual} - Y_{calculate}}{Y_{calculate}}$	$(Y_{actual} - Y_{calculate})^2$	X - X _{average}	$(X - X_{average})^2$
31.25	976.56	278534.67	-181513.30	460047.97	2.1164E+11	-535.71	286989.80
62.5	3906.25	606198.67	251028.61	355170.06	1.2615E+11	-504.46	254484.22
125	15625.0	1301390.0	1116112.44	185277.56	34327775967.27	-441.96	195332.43
250	62500.0	2768524.0	2846280.08	-77756.08	6046008486.27	-316.96	100466.36
500	250000.0	5890812.67	6306615.38	-415802.71	1.7289E+11	-66.96	4484.22
1000	1000000	12045806.33	13227285.97	-1181479.64	1.3959E+12	433.04	187519.93
2000	4000000	27743170.0	27068627.15	674542.85	4.5501E+11	1433.04	2053591.36
$\Sigma X = 3968.75$	$\Sigma X^2 = 5333008$				$\Sigma (Y_{actual} - Y_{calculate})^2 = 2.40E+12$		$\Sigma (X - X_{average})^2 = 3082868$

จากตารางที่ 2.22 และเมื่อนำค่า n=7, slope ของ calibration curve = 13841.34 แทนค่าในสูตร จะได้ค่า $\sigma = 344553.99$ ดังนั้นจะได้ค่า QL = 248.93 µg/ml และค่า DL = 82.15 µg/ml ดังนั้นกราฟมาตรฐานของ tocopherol acetate ในเมทานอล มีช่วงที่ยอมรับได้ตั้งแต่ 250 – 2000 µg/ml

การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในสูตรตำรับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินอี อะซิเตดที่เก็บภายใต้สภาวะต่างๆ (ภาพที่ 2.22) พบว่า ปริมาณของวิตามินอี อะซิเตดในทุกสภาวะที่ไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น โดยคิดเป็นประมาณ 90 % จากปริมาณ เริ่มต้นในทั้งตำรับไข้อยและไขคาร์บูบา ซึ่งถือเป็นปริมาณที่น่าพอใจ (อยู่ในช่วง ±ร้อยละ 10 ของปริมาณ เริ่มต้น) และยืนยันว่าสูตรตำรับให้ความคงตัวทางเคมีที่ดี เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์ เครื่องสำอาง



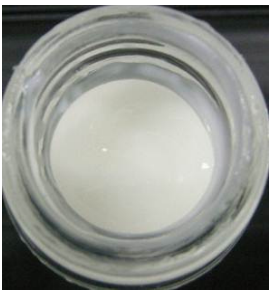
รูปที่ 2.22 แสดงปริมาณวิตามินอี อะซิเตด ในสูตรตำรับไขอ้อย (Sugarcane wax) และไขคาร์นุบา (Carnauba wax) ที่เก็บที่สภาวะเร่ง (HT), อุณหภูมิห้อง (RT), 40 (40C และ 4 (4C) องศาเซลเซียส)

2. การพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ

จากการวิจัยและพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นเบสเพื่อใช้ในการบำรุงเล็บทั้งสิ้นจำนวน 5 สูตร มี 1 สูตรที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสตรงตามความต้องการรวมทั้งยังผ่านความคงตัวเบื้องต้นจากนั้นจึงได้นำสูตรตำรับดังกล่าวมาเตรียมเป็นสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีการใส่ NLC of 5% Vitamin E ด้วยผนังที่เตรียมจากไขคาร์นุบา พบว่าสูตรตำรับที่มีความเหมาะสมและตรงตามลักษณะที่ต้องการได้แก่ สูตร Rx4 ดังแสดงส่วนประกอบของสูตรตำรับในตารางที่ 7 ส่วนลักษณะทางกายภาพเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะต่างๆแสดงดังตารางที่ 2.23 และค่าความเป็นกรด-ด่างแสดงดังตารางที่ 2.24

ตารางที่ 2.23 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ Rx4

สภาวะต่างๆที่มีการเก็บความคงตัว	ลักษณะสูตรตำรับ
To (ณ เวลา เริ่มต้นหลังการเตรียมสูตรตำรับ)	

RT 1 month (หลังจากผ่านไป 1 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง)	
RT 2 months (หลังจากผ่านไป 2 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง)	
HC (หลังจากผ่านสภาวะเร่ง Heating-Cooling Cycles 6 รอบ)	
4c 1 month (หลังจากผ่านไป 1 เดือน ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)	
40 c 1month (หลังจากผ่านไป 1 เดือน ณ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส)	

ตารางที่ 2.24 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ Rx4 ที่สภาวะต่างๆ

สูตรตำรับที่ Rx4 ที่ Condition ต่างๆ	ค่าpH ที่วัดได้
เริ่มต้น	7.17
อุณหภูมิห้อง 1เดือน	7.21
อุณหภูมิห้อง 2 เดือน	7.27
สภาวะเร่ง (4 และ 40 องศาเซลเซียส) 6 รอบ	6.82
4 องศาเซลเซียส 1 เดือน	6.81
40 องศาเซลเซียส 2 เดือน	7.24

จากการทดลองพบว่า สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บสูตร Rx4มีการเติม NLC ของ 5%w/w Vitamin E ด้วยผนังที่เตรียมจากไขคาร์นูบา มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี นุ่มลื่น ไม่กระด้าง เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดี เมื่อทา ไม่เหนียวเหนอะหนะมากจนเกินไป และผ่านความคงตัวตามสภาวะที่กำหนด หลังจากนั้นได้เตรียมสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มี NLC ของ 5%w/w Vitamin E ที่มีผนังที่เตรียมจากไขอ้อยและพัฒนาสูตรต่อเนื่องเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสจนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่ดีมากขึ้น โดยสูตรตำรับแสดงในตารางที่ 8 โดยเตรียมเป็น 2 สูตรตำรับจากไขอ้อยและไขคาร์นูบา จากนั้นนำมาทดสอบความคงตัวที่สภาวะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 25 จากการทดลองพบว่า สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บสูตร Rx4-4B2-E (carnuba NLC 3%) ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้ไขคาร์นูบาและ NLC ไขคาร์นูบามีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย ไม่นุ่ม เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดี เมื่อทาไม่เหนียวเหนอะหนะมากจนเกินไปแตเมื่อนำมาบรรจุใส่ในบรรจุภัณฑ์ขณะที่บีบครีมออกจากหลอดนั้นบีบออกยากกว่าสูตรที่ใช้ไขอ้อยเป็นส่วนผสม โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรตำรับที่มีการใช้ไขอ้อย และ NLC ไขอ้อยในปริมาณเท่ากัน สูตร Rx4-4B2-E (Sugarcane_NLC 3%) พบว่าเมื่อทาโลชั่นจะให้ความรู้สึกนุ่มลื่น ไม่กระด้าง เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดีและหลังทาให้ความเงางามที่เล็บ จากการทดสอบความคงตัวพบว่า สูตรไขอ้อยและคาร์นูบาผ่านการทดสอบความคงตัวที่สภาวะเร่ง (Heating-Cooling) 6 รอบ และการทดสอบที่อุณหภูมิต่างๆเป็นเวลา 1 และ 3 เดือน โดยลักษณะทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับผลการทดสอบด้านความหนืด ด้วยเครื่อง Viscometer พบว่าในเดือนที่ 1 นั้น โลชั่นบำรุงเล็บสูตรไขอ้อยและสูตรไขคาร์นูบามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่ไม่มากนัก แต่สูตรไขคาร์นูบาที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 เดือนมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า จาก 1037 cps เป็น 2130 cps และเมื่อทดสอบเป็นเวลา 3 เดือนพบว่า สูตรไขคาร์นูบานั้นที่สภาวะ 40 °C ครีมมีความหนืดลดลงอย่างเห็นได้ชัด จาก 1037 cps เป็น 559 cps ส่วนในสภาวะอื่นๆสูตรนี้ยังก็ผ่านข้อกำหนด สำหรับสูตรไขอ้อยความหนืดมีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นอยู่ไม่มากนักจาก 1172.19cps เป็น 1229.45cps ที่อุณหภูมิห้องและจาก 1301.86cps เป็น 1337.07cps ที่ 40 °C ดังนั้นสูตรโลชั่นที่ใช้ไขอ้อยให้ความคงตัวที่ดีกว่าสูตรที่ใช้ไขคาร์นูบา จากนั้นได้นำโลชั่นบำรุงเล็บสูตรไขอ้อยไปทดสอบ Challenge test ซึ่งเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในตำรับ ผลการทดสอบแสดงในรูป

ที่22 ซึ่งพบว่าสูตรตำรับโลชันบำรุงเล็บผสมอนุภาคนาโนสกรักเจอร์ลิปิดแคโรทีนจากไขอ้อยที่พัฒนาขึ้นผ่านการทดสอบ มีความสามารถในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อที่ทดสอบได้

ตารางที่ 2.25 แสดงลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับโลชันบำรุงเล็บ RX4B-2-E carnauba NLC 3% และ RX4B-2-E sugarcane NLC 3%

สถานะต่างๆที่มีการเก็บความคงตัว	ลักษณะสูตรตำรับcarnauba	ลักษณะสูตรตำรับsugarcane
To (ณ เวลา เริ่มต้นหลังการเตรียมสูตร ตำรับ)		
RT 1 month (หลังจากผ่านไป 1 เดือน ณ อุณหภูมิห้อง)		
HC (หลังจากผ่านสภาวะเร่ง Heating- Cooling Cycles 7รอบ)		
4c 1 month (หลังจากผ่านไป 1เดือน ณ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส)		
40 c 1month (หลังจากผ่านไป 1 เดือน ณ อุณหภูมิ 40องศาเซลเซียส)		

ตารางที่ 2.26 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ RX4-4B2-E ที่สภาวะต่างๆเป็นเวลา 1 เดือน และ 3 เดือน

สูตรตำรับที่ RX4-4B2-E (Carnauba_NLC) ที่ Condition ต่างๆ	ค่า pH (1 เดือน)	ค่า pH (3 เดือน)
เริ่มต้น	6.40	-
อุณหภูมิห้อง	6.24	6.32
สภาวะเร่ง (4 และ 40 องศาเซลเซียส)	6.27	-
4 องศาเซลเซียส	6.41	6.15
40 องศาเซลเซียส	6.36	6.24
สูตรตำรับที่ RX4-4B2-E (Sugarcane_NLC) ที่ Condition ต่างๆ	ค่า pH (1 เดือน)	ค่า pH (3 เดือน)
เริ่มต้น	6.37	-
อุณหภูมิห้อง	6.44	6.36
สภาวะเร่ง (4 และ 40 องศาเซลเซียส)	6.29	-
4 องศาเซลเซียส	6.40	6.33
40 องศาเซลเซียส	6.34	6.23

ตารางที่ 2.27 แสดงค่าความหนืดของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ RX4-4B2-E ที่สภาวะต่างๆ

สูตร	เวลา	เริ่มต้น	สภาวะเร่ง	อุณหภูมิห้อง	4 องศาเซลเซียส	40 องศาเซลเซียส
Carnauba	1 เดือน	1037.19	1085.31	2130.80	1019.91	1157.34
	3 เดือน	-	-	1061.42	992.38	559.74
sugarcane	1 เดือน	1149.10	1118.10	1172.19	980.84	1301.86
	3 เดือน	-	-	1229.45	957.50	1337.07



บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด

Asia Medical and Agricultural Laboratory and Research Center Co., Ltd.

361,361/1-4 ซอยลาดพร้าว 122 (มหาตไทย 1) ถนนลาดพร้าว แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310

361,361/1-4 Soi Ladprao 122 (Mahadthai 1) Ladprao Road Phlabphla Wangthonglang Bangkok 10310

Tel : 0-2934-2381 Fax : 0-2934-0661 www.amarc.co.th

เอกสารแนบ หน้า 1/1

Antimicrobial Effectiveness Testing

วิธีทดสอบ: USP 36 (Chapter 51)

รหัสตัวอย่าง : 14-08693-001

ชื่อตัวอย่าง : RX4-4B2-E Sug-NL-C

ลักษณะตัวอย่าง : ครีมสีขาวบรรจุในขวดแก้ว

วันที่ทำการทดสอบ: 01/08/2014

Micro-organisms	Micro-organisms Count (CFU / g of Product)							
	Initial		7 days		14 days		28 days	
	CFU	LOG CFU	CFU	LOG CFU	CFU	LOG CFU	CFU	LOG CFU
<i>Escherichia coli</i>	6.6 x 10 ⁵	5.82	6.1 x 10 ²	2.79	20	1.30	< 10	1.00
(ATCC 8739)	Log Reduction =		3.03		4.52		4.82	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6.2 x 10 ⁵	5.79	< 10	1.00	< 10	1.00	< 10	1.00
(ATCC 9027)	Log Reduction =		4.79		4.79		4.79	
<i>Staphylococcus aureus</i>	5.8 x 10 ⁵	5.76	20	1.30	< 10	1.00	< 10	1.00
(ATCC 6538)	Log Reduction =		4.46		4.76		4.76	
<i>Candida albicans</i>	1.4 x 10 ⁵	5.15	< 10	1.00	< 10	1.00	< 10	1.00
(ATCC 10231)	Log Reduction =		4.15		4.15		4.15	
<i>Aspergillus niger</i>	1.1 x 10 ⁵	5.04	4.6 x 10 ²	2.66	3.0 x 10 ²	2.48	50	1.70
(ATCC 16404)	Log Reduction =		2.38		2.56		3.34	

Remark: 1. Antimicrobial effectiveness criteria for topically used products made with aqueous bases or vehicles is
 1.1 for bacteria : not less than 2.0 log reduction from the initial count at 14 days, and no increase from the 14 days' count at 28 days.
 1.2 for yeasts and molds: no increase from the initial calculated count at 14 and 28 days
 2. No increase is defined as not more than 0.5 log₁₀ unit higher than the previous value measured

ผู้ทดสอบ : Phatcharu
 วันที่ : 10/09/2014

ผู้รับรองผลการทดสอบ : Pandin
 วันที่ : 10/09/2014

ผลการทดสอบจะรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาทดสอบเท่านั้น (Reporting the result refers to submitted sample (s) only)
 รายงานผลการทดสอบฉบับนี้ ห้ามทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากบริษัทฯ ยกเว้นทำทั้งฉบับ
 (This report shall not be reproduced except in full, without written approval of the company)

ภาพที่ 2.23 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพสารกันเสียของโลชั่นบำรุงเล็บผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อย

ผลการทดสอบความปลอดภัยโลชั่นบำรุงเล็บ

จากการทดสอบแปะแผ่นแปะบรรจุสารตัวอย่างที่บรรจุโลชั่นบำรุงเล็บผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขคาร์นูบาและไฮอัลยไบริเวรณหลังของอาสาสมัครจำนวน 200 คนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ผิวหนังบริเวณที่ทดสอบสูตรตำรับไฮอัลย คาร์นูบาและน้ำเปล่าของอาสาสมัครทั้ง 200 คน ไม่มีอาการระคายเคืองเกิดขึ้น (ตารางที่ 38ภาคผนวก) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า สูตรตำรับตำรับไฮอัลยและสูตรตำรับตำรับไขคาร์นูบาไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคือง และผลการทดสอบการระคายเคืองไม่แตกต่างจากผลการทดสอบจากน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \text{ Value} > 0.05$) ตามตารางที่ 2.28

ตารางที่ 2.28 ค่าเฉลี่ยคะแนนการระคายเคืองของสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บไฮอัลย ไขคาร์นูบา และ น้ำเปล่า

สูตร	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	24 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บไฮอัลย	0	0	0	0
สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บคาร์นูบา	0	0	0	0
น้ำเปล่า	0	0	0	0

ผลทดสอบความพึงพอใจ

ตารางที่ 2.29 ผลการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์โลชั่นบำรุงเล็บจากไข้อยู่จากการตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
เพศ		
▪ ชาย	2	6.67
▪ หญิง	28	93.33
อายุ		
▪ 20-30ปี	14	46.67
▪ 31-40 ปี	16	53.33
▪ 41-50 ปี	0	0
การใช้โลชั่นบำรุงมือและเล็บ		
▪ ใช้เป็นประจำ	12	40
▪ ไม่ใช้	18	60
สภาพมือและเล็บ		
▪ ธรรมดา	26	86.67
▪ แห้ง, เปราะง่าย	4	13.33
	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 5 คะแนน)	ความพึงพอใจ คิดเป็นร้อยละ
เนื้อครีม	3.60	72.00
ความเงาของเนื้อครีม	3.80	76.00
ความเนียนของเนื้อครีม	3.50	70.00
กลิ่น	2.87	57.33
ความรู้สึกเมื่อทาและหลังทา	3.23	64.67
ความมัน	3.07	61.33
ความเหนอะหนะ	3.23	64.67
ความนุ่มผิว	3.40	68.00
ความเงาของเล็บ	3.63	72.67
ความเปลี่ยนแปลงของมือและเล็บหลังใช้ 7 วัน	3.43	68.67

หมายเหตุ: คำนวณความพึงพอใจจากแบบสอบถาม โดยให้คะแนนความพึงพอใจจากน้อยไปมาก (1-5) และคำนวณคะแนนเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อและเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลิตภัณฑ์ที่เคยใช้มาก่อน

Avon, Skinfood, Boots, Nivea, Eucerin, L'Occitane, Vaseline, Watson, Oriental Princess

การพัฒนาลิปสติกบำรุงริมฝีปาก

ได้พัฒนาสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์จนได้สูตรตำรับที่มีความคงตัวและมีเนื้อสัมผัสที่ดี คือสูตรที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ ไซออยหรือไซคาร์นูบา ลักษณะภายนอกเนื้อลิปสติกทั้งสองสูตรมีความแข็งที่คงรูปได้ดี มีสีเหลืองอ่อน เมื่อไม่มีการแต่งสี (ดังแสดงในภาพที่ 2.24) จากการทดสอบพบว่าลิปสติกสูตรที่ใช้ไซคาร์นูบา ให้ความรู้สึกฝืด เมื่อทาบนผิวมีการกระจายตัวไม่ดี และนุ่มลื่นไม่เท่ากับสูตรที่ใช้ไซออย ความรู้สึกหลังทาลงบนฝีปากสูตรไซออยให้ความรู้สึกนุ่มลื่น นุ่ม เหนียวกว่า เมื่อเทียบกับสูตรไซคาร์นูบา



ภาพที่ 2.24 (A)ภาพแสดงลิปสติกสูตรDEP-J1-N3_Car_NLC4% (Carnauba NLC) และ(B)ลิปสติก สูตร DEP-J1-N3_Sug_NLC4% (Sugarcane NLC) หมายถึง: ยังไม่ได้แต่งสีและกลิ่น

เมื่อนำลิปสติกไปทดสอบสภาวะความคงตัวเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง(RT), 4c, 40c เป็นเวลา 1 และ 3 เดือน และ Heating-Cooling เป็นเวลา 6 รอบพบว่าทั้งสองสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อลิปสติก ไม่มีหยดน้ำมันเกาะข้างตัวลิปสติก ไม่มีการแตกหักของเนื้อลิปสติก แสดงว่าสูตรลิปสติกทั้ง 2 มีความคงตัวทางกายภาพที่ดี



ภาพที่ 2.25 ภาพแสดงลิปสติกที่ผ่านการทดสอบHeating-Cooling เป็นเวลา 6 รอบ

เมื่อแต่งสีและกลิ่นของลิปสติกแล้วนำมาทดสอบความคงตัวเพิ่มเติมสำหรับสูตรไข้อยู่ โดยเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง(RT), 4 องศาเซลเซียส, 40องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 และ 3เดือนและ Heating-Coolingเป็นเวลา 6 รอบของทั้งสองสูตร พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อลิปสติกเช่นกัน ไม่มีหยदन้ำมันเกาะข้างตัวลิปสติก ไม่มีการแตกหักของเนื้อลิปสติก (ดังแสดงในภาพที่ 2.25)

จากนั้นได้ศึกษาผลของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ที่มีต่อความแข็งของลิปสติกโดยนำสูตรลิปสติกที่มีและไม่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ไปวิเคราะห์ด้วยใช้เครื่อง texture analyser โดยใช้สภาวะในการทดสอบดังในตารางที่ 2.30

ตารางที่ 2.30 แสดงสภาวะในการทดสอบ ความแข็ง (Hardness test)

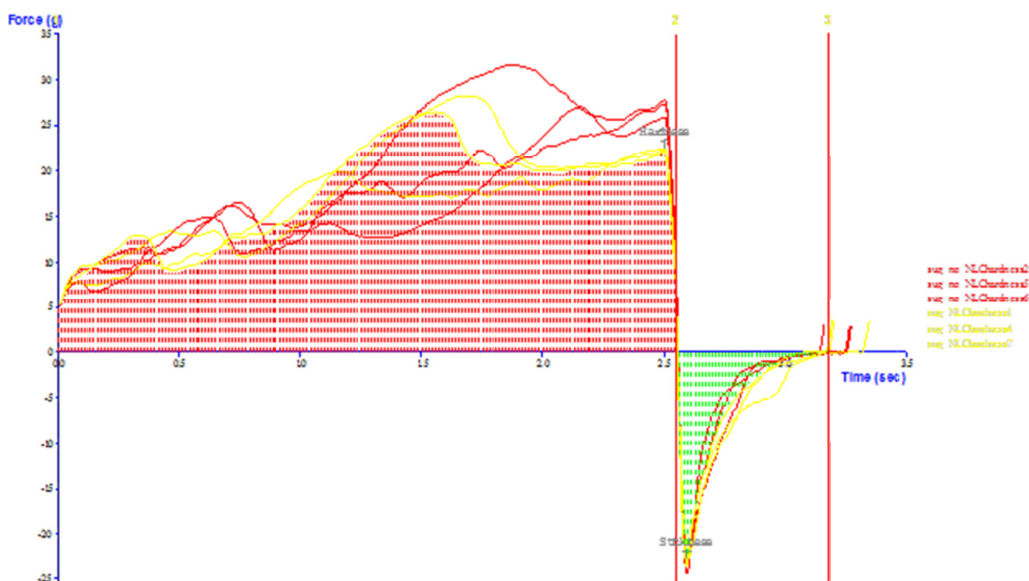
Condition	
Pre-test speed	1.50 mm/sec
Test speed	1.00 mm/sec
Post-test speed	10.00 mm/sec
Target mode	Distance
Distance	5.00 mm
Trigger Type	Auto force
Trigger force	5.0 g

ตารางที่ 2.31 แสดงผลการทดสอบความแข็ง(Hardness test) เปรียบเทียบระหว่างสูตรลิปติกบำรุงริม
ฟีนิกผสมไขอ้อย และไขคาร์นุบาที่ใส่และไม่ใส่ NLC

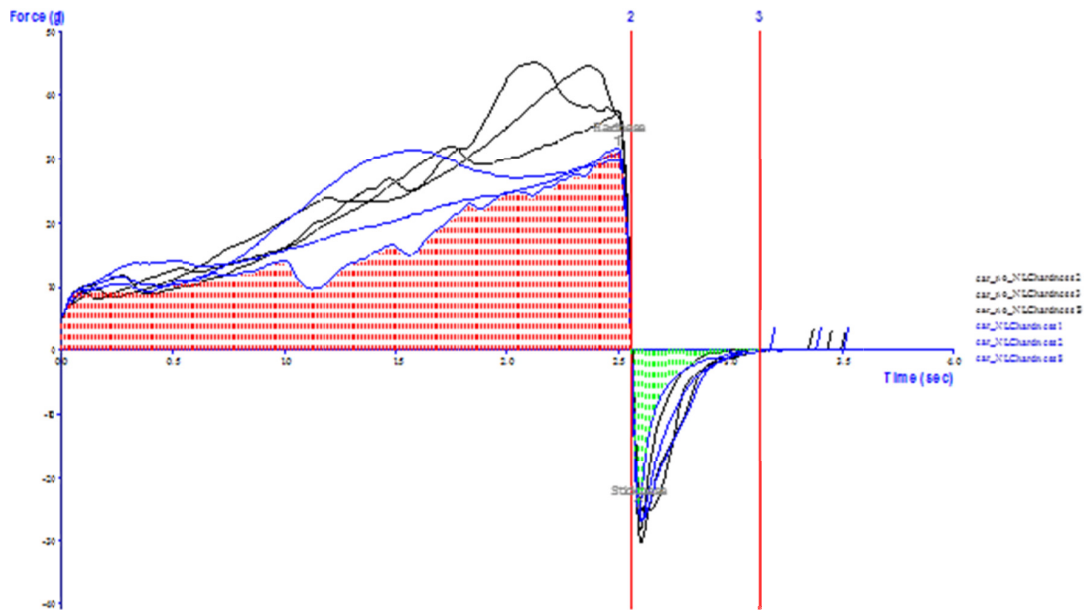
สูตร	NLC	Hardness	SD
ไขอ้อย	ไม่มี	27.160	1.011
	มี	22.359	0.235
ไขคาร์นุบา	ไม่มี	37.384	0.457
	มี	31.031	0.904

ผลการทดลอง และการแปลผล: ค่า hardness test คือการเจาะเนื้อลิปติกครั้งเดียวและอ่านค่าที่แรง
สูงสุด ถ้าแสดงผลตัวเลขที่มากนั้นหมายความว่าเนื้อลิปติกนั้นแข็งมาก

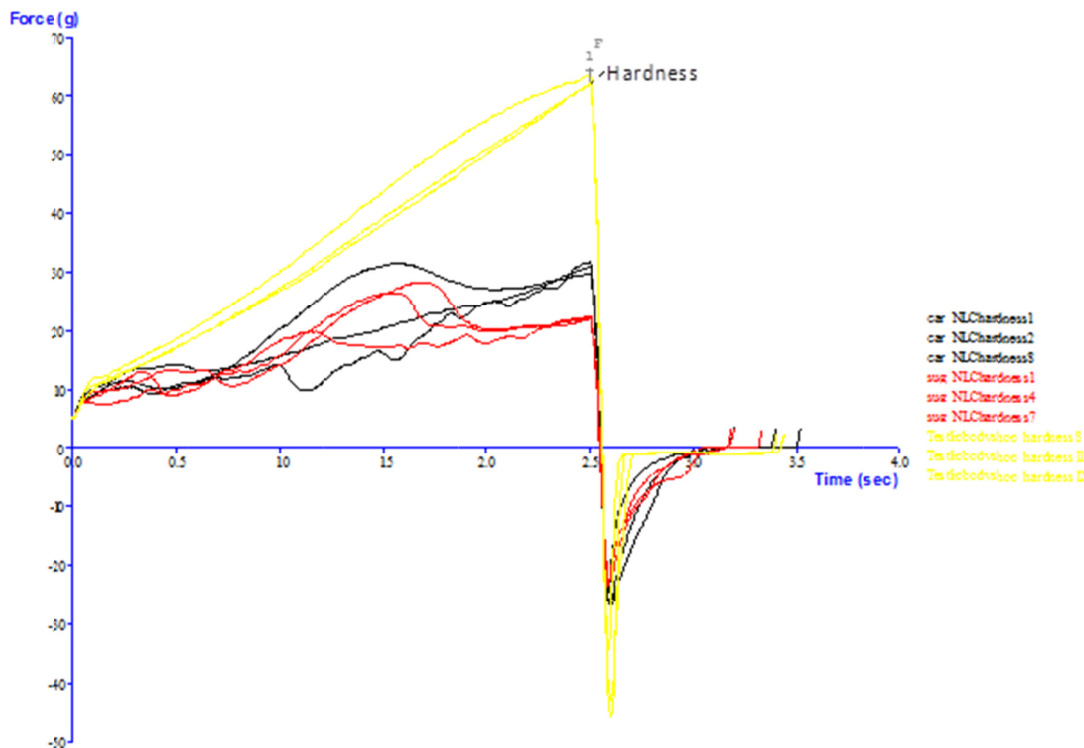
จากตารางแสดงผลการทดสอบพบว่า สูตรลิปติกที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิตแคเรียอร์ในสูตร
ตำรับ มีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยคือ 27.160 ซึ่งมีค่ามากกว่า ในสูตรที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิตแคเรียอร์ใน
ตำรับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 22.359 ซึ่งค่าที่ได้มากกว่านั้นแสดงถึงความแข็งของตัวลิปติกที่มากกว่าเช่นเดียวกัน
ในสูตรที่มีไขคาร์นุบาเป็นส่วนประกอบมีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยคือ 37.384แสดงว่ามีความแข็งมากกว่าไขอ้อย
พบว่าในสูตรที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิตแคเรียอร์เป็นส่วนประกอบนั้นจะมีความแข็งที่น้อยกว่า (31.031)
สูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิตแคเรียอร์ (ดังแสดงในตารางที่ 2.31)



รูปที่ 2.26 แสดงกราฟความแข็งของลิปติก โดยเปรียบเทียบสูตรไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิตแคเรียอร์(เส้นสีเหลือง) และสูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิตแคเรียอร์(เส้นสีแดง)



รูปที่ 2.27 แสดงกราฟความแข็งของลิปสติค โดยเปรียบเทียบสูตรไขคาร์บูนาที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปติแคเรียอร์ (เส้นสีดำ) และสูตรไขคาร์บูนาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปติแคเรียอร์ NLC (เส้นสีน้ำเงิน)



รูปที่ 2.28 แสดงกราฟความแข็งของลิปสติค โดยเปรียบเทียบสูตรที่มีไขอ้อยที่มี NLC (เส้นสีแดง), ไขคาร์บูนา ที่มี NLC (เส้นสีดำ) และสูตรทางการค้า (เส้นสีเหลือง)

ตารางที่ 2.32 แสดงผลการทดสอบความแข็ง(Hardness test)เปรียบเทียบลิปสติกสูตรไข้อยู่ที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ (NLC), สูตรไขคาร์นูบาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ (NLC) และสูตรทางการค้า (มูลค่า 590 บาท)

สูตรลิปสติก	Average Hardness	SD
ลิปสติก NLC ไข้อยู่	22.359	0.235
ลิปสติก NLC ไขคาร์นูบา	31.030	0.094
ลิปสติกทางการค้า (มูลค่า 590 บาท)	62.800	0.700

เมื่อนำสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไข้อยู่ที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์และสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขคาร์นูบาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์มาเปรียบเทียบกับลิปสติกที่ขายในท้องตลาด (ตัวอย่างในนี้มีมูลค่า 590 บาท) พบว่าลิปสติกที่มีไข้อยู่และอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์เป็นส่วนประกอบนั้นมีค่าความแข็งที่น้อยกว่าในสูตรอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ และสูตรจากท้องตลาดมีความแข็งมากที่สุด (ดังแสดงในตารางที่ 2.32) ซึ่งผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกับความนุ่มของลิปสติกเมื่อทดสอบบนผิวจริง ซึ่งพบว่าสูตรจากท้องตลาดจะแข็ง ผิดกว่า และสูตรไข้อยู่จะให้ความรู้สึกนุ่มที่สุด

ตารางที่ 2.33 แสดงสภาวะที่ใช้ทดสอบการกระจายตัวของลิปสติกเพื่อดูการกระจายตัว (Spreadability)

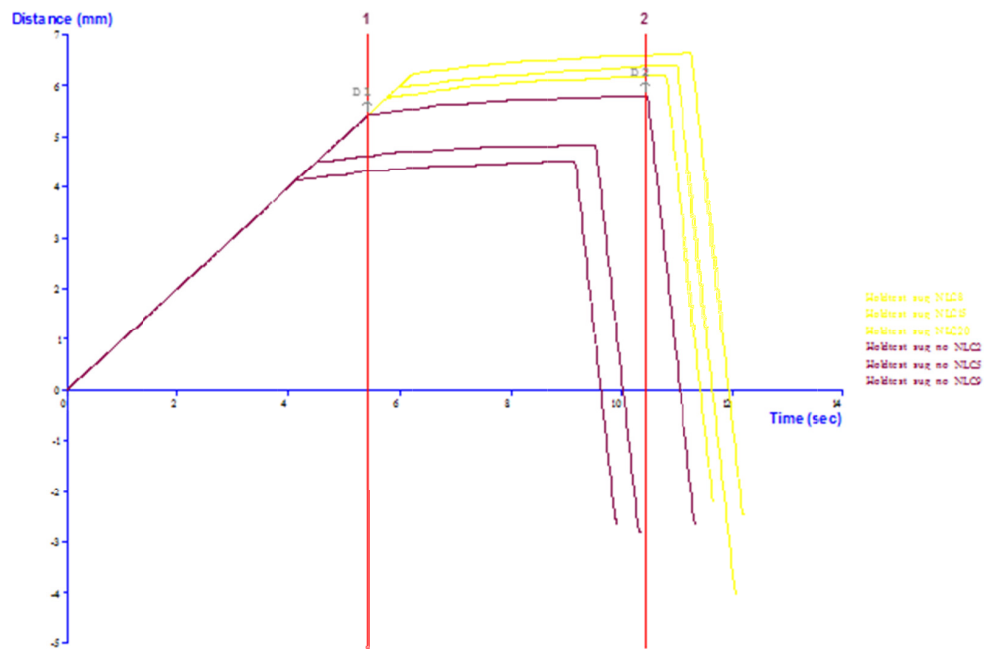
Condition	
Pre-test speed	0.50 mm/sec
Test-speed	1.00 mm/sec
Post-test speed	10.00 mm/sec
Force	30.0 g
Hold time	5.00 sec
Trigger type	Auto force
Trigger force	5.0 g

ตารางที่ 2.34 แสดงผลการการกระจายตัว(Spreadability)ของเนื้อลิปสติกเปรียบเทียบระหว่างสูตรไข่อ้อย และไขคาร์นุบาที่ใส่และไม่ใส่ NLC

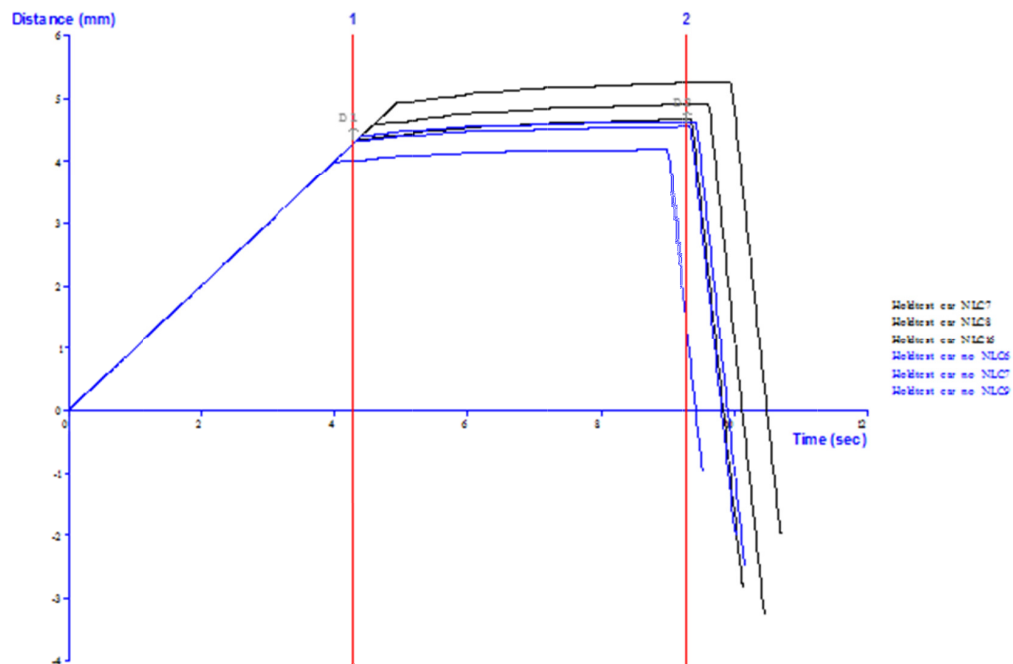
สูตร	NLC	Spreadability	SD
ไข่อ้อย	ไม่มี	0.382	0.005
	มี	0.458	0.011
คาร์นุบา	ไม่มี	0.251	0.004
	มี	0.366	0.004

จากการทดสอบระหว่างลิปสติกสูตรที่มีและไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ไข่อ้อย พบว่า สูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ไข่อ้อย มีการกระจายตัวที่น้อยกว่าสูตรที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ไข่อ้อย โดยดูได้จากค่าผลต่างของระยะ ถ้าตัวเลขมาก แสดงว่าเนื้อตัวอย่างลิปสติกสามารถกระจายตัวได้มากกว่า โดยทั่วไปแล้วหากเนื้อลิปสติกที่มีเนื้อนุ่มกว่า ก็สามารถกระจายตัวได้ดีกว่า ซึ่งสูตรที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์มีค่าเฉลี่ยการกระจายตัวอยู่ที่ 0.46มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าสูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการกระจายตัวอยู่ที่ 0.38มิลลิเมตร

เมื่อทดสอบการกระจายตัวของสูตรไขคาร์นุบาที่มีและไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ ก็ได้ผลในทิศทางเดียวกับสูตรไข่อ้อย คือสูตรไขคาร์นุบาที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ มีการกระจายตัวได้น้อยกว่าสูตรที่มี อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ ซึ่งสูตรที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ได้ค่าเฉลี่ย 0.37มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่า สูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.25 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.29 กราฟแสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของลิปสติกเปรียบเทียบสูตรไข่อ้อยที่มี (เส้นเหลือง) และไม่มี (เส้นม่วง) อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์

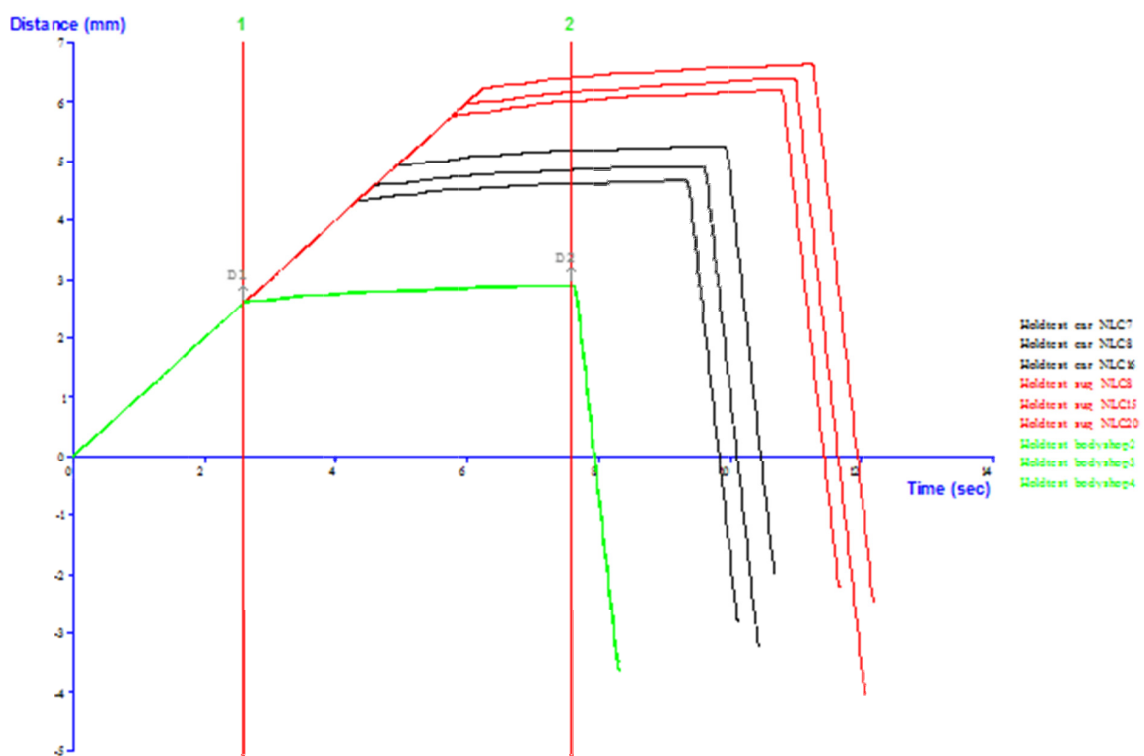


รูปที่ 2.30 กราฟแสดงผลการทดสอบการกระจายตัวของลิปสติกเปรียบเทียบสูตรไขคาร์นุบาที่มี (เส้นดำ) และไม่มี (เส้นน้ำเงิน) อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์(NLC)

จากการทดสอบสูตรลิปสติกที่มีส่วนผสมของไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์และไขคาร์นูบาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ มาเปรียบเทียบกับลิปสติกที่ขายในท้องตลาด (ตัวอย่างในที่นี้มีมูลค่า 590 บาท) มาทดสอบการกระจายตัว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2.35

ตารางที่ 2.35 แสดงผลการทดสอบการกระจายตัวเปรียบเทียบลิปสติกสูตรไขอ้อยที่มี NLC, สูตรไขคาร์นูบาที่มี NLC และสูตรทางการค้า (มูลค่า 590 บาท)

สูตรลิปสติก	Average Spreadability	SD
ลิปสติก NLC ไขอ้อย	0.458	0.011
ลิปสติก NLC ไขคาร์นูบา	0.366	0.004
ลิปสติกทางการค้า (มูลค่า 590 บาท)	0.315	0.001



รูปที่ 2.31 กราฟแสดงผลการทดสอบ การกระจายตัวของลิปสติกโดยเปรียบเทียบสูตรไขอ้อยที่มี NLC (สีแดง), ไขคาร์นูบาที่มี NLC (เส้นดำ) และ สูตรลิปสติกทางการค้า (เส้นเขียว)

ลิปสติกบำรุงริมฝีปากสูตรผสมไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ให้ค่าผลต่างเฉลี่ยอยู่ที่ 0.46 มิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าสูตรผสมไขคาร์นูบาที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ และสูตรทางการค้า

ตามลำดับ ดังนั้น ลิปสติกบำรุงริมฝีปากสูตรไข้อยผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์มีการกระจายตัวได้ดีกว่าสูตรอื่น ซึ่งผลการทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบการกระจายตัวบนผิว ซึ่งพบว่า ลิปสติกบำรุงริมฝีปากสูตรไข้อยผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ให้ความรู้สึกที่นุ่มและลื่นกว่าสูตรอื่นๆ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในสูตรตำรับลิปสติกไข้อย พบว่าสูตรตำรับผ่านการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 2.32



บริษัท ศูนย์ห้องปฏิบัติการและวิจัยทางการแพทย์และการเกษตรแห่งเอเชีย จำกัด
Asia Medical and Agricultural Laboratory and Research Center Co., Ltd.
361,361/1-4 ซอยลาดพร้าว 122 (มหาตไทย 1) ถนนลาดพร้าว แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
361,361/1-4 Soi Ladprao 122 (Mahadthai 1) Ladprao Road Phlabpha Wangthonglang Bangkok 10310
Tel : 0-2934-2381 Fax : 0-2934-0661 www.amarc.co.th

เอกสารแนบ หน้า 1/1

Antimicrobial Effectiveness Testing

วิธีทดสอบ: USP 36 (Chapter 51)

รหัสตัวอย่าง : 14-07839-001
ชื่อตัวอย่าง : Lipstick (DEP-J1-N3 NLC-Sug4%)
ลักษณะตัวอย่าง : ครีมนิยารวบรวมในขวดแก้ว
วันที่ทำการทดสอบ: 17/07/2014

Micro-organisms	Micro-organisms Count (CFU / g of Product)							
	Initial		7 days		14 days		28 days	
	CFU	LOG CFU	CFU	LOG CFU	CFU	LOG CFU	CFU	LOG CFU
<i>Escherichia coli</i> (ATCC 8739)	8.8 x 10 ⁵	5.94	<10	1.00	<10	1.00	<10	1.00
	Log Reduction =		4.94		4.94		4.94	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (ATCC 9027)	9.7 x 10 ⁵	5.99	<10	1.00	<10	1.00	<10	1.00
	Log Reduction =		4.99		4.99		4.99	
<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 6538)	2.2 x 10 ⁵	5.34	10	1.00	<10	1.00	<10	1.00
	Log Reduction =		4.34		4.34		4.34	
<i>Candida albicans</i> (ATCC 10231)	1.9 x 10 ⁵	5.28	8.0 x 10 ³	2.90	2.5 x 10 ³	2.40	2.0 x 10 ³	2.30
	Log Reduction =		2.38		2.88		2.98	
<i>Aspergillus niger</i> (ATCC 16404)	1.3 x 10 ⁵	5.11	5.6 x 10 ³	3.75	6.3 x 10 ³	2.80	1.5 x 10 ³	2.18
	Log Reduction =		1.36		2.31		2.93	

Remark: 1. Antimicrobial effectiveness criteria for topically used products made with aqueous bases or vehicles is
1.1 for bacteria: not less than 2.0 log reduction from the initial count at 14 days, and no increase from the 14 days' count at 28 days.
1.2 for yeasts and molds: no increase from the initial calculated count at 14 and 28 days
2. No increase is defined as not more than 0.5 log₁₀ unit higher than the previous value measured

ผู้ทดสอบ : 14
วันที่ : 25/07/2014

ผู้รับรองผลการทดสอบ : Panting
วันที่ : 25/09/2014

ผลการทดสอบจะรับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาทดสอบเท่านั้น (Reporting the result refers to submitted sample (s) only)
รายงานผลการทดสอบฉบับนี้ ห้ามทำสำเนาเฉพาะเพื่อบางส่วนโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากบริษัท ยกเว้นทำทั้งหมด
(This report shall not be reproduced except in full, without written approval of the company)

ภาพที่ 2.32 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียของสูตรตำรับลิปสติกผสมอนุภาคนาโน สตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไข้อย

ผลการทดสอบความปลอดภัยลิปติกบำรุงริมฝีปาก

จากการทดสอบแปะแผ่นแปะบรรจุสารตัวอย่างที่บริเวณหลังของอาสาสมัครจำนวน 200 คนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ผิวหนังบริเวณที่ทดสอบสูตรตำรับไข้อย NLC สูตรตำรับไขคาร์นูบา NLC และน้ำเปล่าของอาสาสมัครทั้ง 200 คน ไม่มีอาการระคายเคืองเกิดขึ้น (ตารางที่ ผ-8 ภาคผนวก ก.) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า สูตรตำรับตำรับไข้อย ไขคาร์นูบาไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคือง และผลการทดสอบการระคายเคืองไม่แตกต่างจากผลการทดสอบจากน้ำเปล่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \text{ Value} > 0.05$)

ตารางที่ 2.36 ค่าเฉลี่ยคะแนนการระคายเคืองของสูตรตำรับลิปติกสูตรตำรับไข้อย NLC, สูตรคาร์นูบา NLC และน้ำเปล่า

สูตร	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2	
	24 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง
ลิปติกสูตรตำรับไข้อย NLC	0	0	0	0
ลิปติกสูตรตำรับคาร์นูบา NLC	0	0	0	0
น้ำเปล่า	0	0	0	0

ผลทดสอบความพึงพอใจ

ตารางที่ 2.37 ผลการประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ลิปบำรุงริมฝีปากจากไข้อย

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	คิดเป็นร้อยละ
เพศ		
■ ชาย	2	6.67
■ หญิง	28	93.33
อายุ		
■ 20-30 ปี	15	50.00
■ 31-40 ปี	13	43.33
■ 41-50 ปี	2	6.67
■ มากกว่า 51 ปี	0	0
สภาพริมฝีปาก		
■ แห้ง	12	40

■ ปกติ	18	60
การใช้ลิปสติก		
■ ใช้	24	80
■ ไม่ใช้	6	20
	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 5 คะแนน)	ความพึงพอใจคิดเป็นร้อยละ
ความชุ่มชื้น	3.80	76.00
เนื้อสัมผัส	3.77	75.33
ความมันวาวขณะทา	3.70	74.00
ความลื่นขณะทา	4.00	80.00
ความเรียบเนียนของเนื้อลิปสติก	4.03	80.67
ความรู้สึกเมื่อทา	3.67	73.33
ความรู้สึกหลังทา	3.67	73.33
กลิ่น	3.73	74.67
ความแข็งของเนื้อลิปสติก	3.83	76.67
ความชอบโดยรวม	3.70	74.00

หมายเหตุ: คำนวณความพึงพอใจจากแบบสอบถาม โดยให้คะแนนความพึงพอใจจากน้อยไปมาก (1-5) และ
 คำนวณคะแนนเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อและเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์
 ผลลัพธ์ที่เคยใช้มาก่อน

Mistine, Maybeline, Chapstick, Nivea, Oriental Princess, KA, Covermark, Blistex, Burt's Bees,
 Revlon, The Face shop, Camax, เกสซ์

สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียด้วยไขอ้อยและไขคาร์นูบาพบว่าระบบที่ให้ความคงตัวที่ดีที่สุดคือ ระบบที่ใช้ oleic acid เป็นไขมันเหลว และ ใช้ c-20 หรือร่วมกับ p-40 เป็น สารลดแรงตึงผิว โดยใช้ปริมาณไขมันรวมในสูตรตำรับ 1 เปอร์เซ็นต์ ใช้อัตราส่วนของไขมันแข็งต่อไขมันเหลวที่ 1:1 โดยในขั้นตอนการผลิตใช้เวลาในการลดขนาดด้วยเครื่อง sonication probe ที่ 7 นาที ซึ่งสูตรตำรับมีความคงตัวทางกายภาพดีหลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งสภาวะ 4 องศาเซลเซียสเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษามากที่สุดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดอนุภาคน้อยที่สุด

จากนั้นพัฒนาวิธีวิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในสูตรตำรับ ตาม ICH guideline Q2(R1) เพื่อใช้ในการติดตามความคงตัวของสารสำคัญพบว่าสภาวะที่ทดสอบมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ tocopherol acetate โดยการตรวจสอบความจำเพาะของวิธีวิเคราะห์ (specificity) พบว่าสามารถแยกพีคของสารที่ต้องการวิเคราะห์คือ tocopherol acetate ออกจากสารอื่นในสูตรตำรับ 1(Blank ไขคาร์นูบา) และ สูตรตำรับ 2(Blank ไขอ้อย) สำหรับการตรวจค่าพารามิเตอร์ repeatability, tailing factor และ capacity factor เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของระบบที่ใช้วิเคราะห์ (System suitability test) พบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของ U.S. FDA's Center for Drug Evaluation and Research (CDER) guideline

วิธีวิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในเมทานอล ในสูตรตำรับ 1(Blank ไขคาร์นูบา) และในสูตรตำรับ 2(Blank ไขอ้อย) จะใช้ความสูงพีคที่ retention time ประมาณ 9.4 นาที วิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในเมทานอลได้ในช่วง 91 – 2000 µg/ml มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ tocopherol acetate ในเมทานอล (X, µg/ml) กับพื้นที่ใต้กราฟ (Y) คือ $Y = 12,557.8753 X - 312,266.6015$; $R^2 = 0.9995$ มีเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (% recovery) อยู่ในช่วงระหว่าง 95.44 – 111.21% มีค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ (% RSD) ไม่เกิน 0.98% มีค่าขีดจำกัดของการตรวจหา (DL) และขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ (QL) เท่ากับ 30.04 และ 91.04 µg/ml ตามลำดับ

วิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในสูตรตำรับ 1 (Blank ไขคาร์นูบา) ได้ในช่วง 24 – 2000 µg/ml มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ tocopherol acetate ในเมทานอล (X, µg/ml) กับพื้นที่ใต้กราฟ (Y) คือ $Y = 11,969.2285 X - 91,551.6092$; $R^2 = 1.0000$ มีเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (% recovery) อยู่ในช่วงระหว่าง 95.69 – 106.36% มีค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ (% RSD) ไม่เกิน 1.73% มีค่าขีดจำกัดของการตรวจหา (DL) และขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ (QL) เท่ากับ 7.91 และ 23.96 µg/ml ตามลำดับ

วิเคราะห์ปริมาณ tocopherol acetate ในสูตรตำรับ2 (Blankไขอ้อย) ได้ในช่วง 250 – 2000 µg/ml มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ tocopherol acetate ในเมทานอล (X, µg/ml) กับพื้นที่ใต้กราฟ (Y) คือ $Y = 13,841.3412 X - 614,055.2126$; $R^2 = 0.9959$ มีเปอร์เซ็นต์การคืนกลับการวิเคราะห์ (% recovery) อยู่ในช่วงระหว่าง 90.94 – 104.25% มีค่าความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์ (% RSD) ไม่เกิน 0.81% มีค่าขีดจำกัดของการตรวจหา (DL) และขีดจำกัดของการตรวจหาปริมาณ (QL) เท่ากับ 82.15 และ 248.93 µg/ml µg/ml ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินอี อะซิเตดที่เก็บภายใต้สภาวะต่างๆ พบว่าปริมาณของวิตามินอี อะซิเตดในทุกสภาวะไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น โดยคิดเป็นประมาณ 90 % จากปริมาณเริ่มต้นในทั้งตำรับไขอ้อยและไขคาร์นูบาซึ่งถือว่าสูตรตำรับให้ความคงตัวทางเคมีที่ดี เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง

การพัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บได้พัฒนาสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บสูตรที่ใช้ไขคาร์นูบาเปรียบเทียบกับสูตรที่ใช้ไขอ้อย พบว่าสูตรไขคาร์นูบามีลักษณะเนื้อสัมผัสแข็งเล็กน้อย ใมนุ่ม ในขณะที่สูตรไขอ้อยให้ความรู้สึกนุ่มลื่น ไม่กระด้าง เนื้อโลชั่นสามารถกระจายตัวได้ดีและหลังทาให้ความเงางามที่เล็บ สรุปว่าสูตรไขอ้อยให้ความรู้สึกในการทาที่ดีกว่าสูตรไขคาร์นูบา และจากการทดสอบความคงตัวพบว่า สูตรไขอ้อยและไขคาร์นูบาผ่านการทดสอบความคงตัวในทุกสภาวะที่ทดสอบ โดยลักษณะทางกายภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่พบว่าสูตรไขคาร์นูบามีการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่มากกว่าสูตรไขอ้อย ดังนั้น สูตรโลชั่นที่ใช้ไขอ้อยเป็นสูตรที่ให้ความรู้สึกในการทาและให้ความคงตัวที่ดีกว่าสูตรไขคาร์นูบา และสูตรโลชั่นบำรุงเล็บสูตรไขอ้อยที่พัฒนาขึ้นผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในตำรับ ผ่านการทดสอบการระคายเคือง มีความพร้อมที่จะถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบการที่สนใจ

การพัฒนาสูตรตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากผสมอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ไขอ้อยเปรียบเทียบกับไขคาร์นูบา พบว่าสูตรที่พัฒนาขึ้นทั้งจากไขอ้อยและไขคาร์นูบามีลักษณะภายนอกที่เหมือนกัน ทั้งสองสูตรมีความแข็งที่คงรูปได้ดี มีสีเหลืองอ่อน เมื่อไม่มีการแต่งสีแต่จากการทดสอบความรู้สึกเมื่อทาผลิตภัณฑ์พบว่าลิปสติกสูตรที่ใช้ไขคาร์นูบา ให้ความรู้สึกฝืด มีการกระจายตัวไม่ดี และนุ่มลื่นไม่เท่ากับสูตรที่ใช้ไขอ้อย ซึ่งให้ความรู้สึกนุ่มลื่น มัน เงางาม เมื่อเทียบกับสูตรไขคาร์นูบา

เมื่อนำลิปสติกไปทดสอบสภาวะความคงตัวเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่างๆ ที่ อุณหภูมิห้อง(RT), 4c, 40c เป็นเวลา 1 และ 3 เดือน และ Heating-Cooling เป็นเวลา 6 รอบพบว่าทั้งสองสูตรไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อลิปสติก ไม่มีหยดน้ำมันเกาะข้างตัวลิปสติก ไม่มีการแตกหักของเนื้อลิปสติก แสดงว่าสูตรลิปสติกทั้ง 2 มีความคงตัวทางกายภาพที่ดี

จากการทดสอบความแข็งและการกระจายตัวของลิปสติก โดยใช้เครื่อง texture analyser พบว่า อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์มีผลต่อความแข็งและการกระจายตัวของลิปสติก โดยสูตรลิปสติกที่มี ส่วนผสมของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์จะมีความแข็งที่น้อยกว่าและมีการกระจายตัวที่มากกว่า สูตรที่ไม่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์

เมื่อนำสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์และสูตร ลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขคาร์นูบามาเปรียบเทียบกับลิปสติกที่ขายในท้องตลาด (ตัวอย่างในที่นี้มีมูลค่า 590 บาท) พบว่าลิปสติกที่มีไขอ้อยและอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ของไขอ้อยเป็นส่วนประกอบนั้นมี ค่าความแข็งที่น้อยกว่า หรือความนุ่มที่มากกว่า สรุป สูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของไขอ้อยที่มีอนุภาคนาโน สตรักเจอร์ลิปิดแครีเออร์ไขอ้อยที่พัฒนาขึ้น มีความคงตัว ให้ความรู้สึกเมื่อทาที่นุ่มกว่า มีการกระจายตัวที่ ดีกว่าสูตรสูตรลิปสติกที่มีส่วนประกอบของคาร์นูบา และสูตรจากท้องตลาดซึ่งมีความแข็งและฝืดมากที่สุด และสูตรดังกล่าวผ่านการทดสอบประสิทธิภาพของสารกันเสียในตำรับ ผ่านการทดสอบการระคายเคือง มี ความพร้อมที่จะถ่ายทอดให้กับผู้ประกอบการที่สนใจ

สรุปผลการดำเนินงานและปัญหา

พัฒนาได้สูตรอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์(NLC) โลชันบำรุงเล็บ และลิปสติกโดยใช้ไขอ้อย เปรียบเทียบกับไขคาร์นูบาพบว่าไขอ้อยดีกว่าไขคาร์นูบา ขณะนี้รอสารสกัดไขอ้อยในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อผลิตโลชันบำรุงเล็บ 300 หลอดและลิปสติกบำรุงริมฝีปาก 300 แท่ง

เวลา	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (output)	ผลที่ได้รับ
6 เดือน ที่ 1	พัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญ(วิตามินอี) โดยใช้ไขอ้อยที่ได้รับการควบคุมคุณภาพจากโครงการย่อยที่ 1	1. ได้ข้อมูลผลการพัฒนาและปัจจัยต่างๆที่มีผลในการผลิตสูตร NLC โดยใช้ไขอ้อยร่วมกับไขมันเหลวและสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ	ได้ข้อมูลผลการพัฒนาและปัจจัยต่างๆที่มีผลในการผลิตอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์(NLC) โดยใช้ไขอ้อย ร่วมกับไขมันเหลวและสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ
	พัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) เก็บกักสารสำคัญ(วิตามินอี) โดยใช้ไขชนิดอื่น 1 ชนิด	2. ได้ข้อมูลผลการพัฒนาและปัจจัยต่างๆที่มีผลในการผลิตสูตร NLC โดยใช้ไขอื่นร่วมกับไขมันเหลวและสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ	ได้ข้อมูลผลการพัฒนาและปัจจัยต่างๆที่มีผลในการผลิตอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์(NLC) โดยใช้ไขคาร์นูบาร่วมกับไขมันเหลวและสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ
	วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบสูตร	3. ได้ข้อมูลเปรียบเทียบสูตรตำรับที่ใช้ไขอ้อยและไขชนิดอื่น	ได้ข้อมูลผลการเปรียบเทียบสูตรตำรับ NLC โดยใช้ไขอ้อยและไขคาร์นูบา
	ศึกษาวิธีวิเคราะห์สารสำคัญวิตามินอีในอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC)	4. ได้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์วิตามินอีจากสูตรตำรับ NLC	ได้วิธีวิเคราะห์วิตามินอีที่เหมาะสม

เวลา	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (output)	ผลที่ได้รับ
6 เดือน ที่ 2	ทดสอบความคงตัวของเคมีของ อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ ลิปิดแคเรียเจอร์ (NLC) เก็บกัก สารสำคัญวิตามินอี	5. ได้ทราบผลความคงตัวของ NLC เก็บกักสารสำคัญวิตามินอี	ทราบผลความคงตัวของกายภาพของสูตร NLC เก็บกักสารสำคัญวิตามินอี ที่ ระยะเวลา 1 เดือน
	การผลิตสูตร NLC	6. ได้ NLC สำหรับการพัฒนา สูตรผลิตภัณฑ์ลิปติกบำรุงริม ฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บ	ได้ NLC สำหรับการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ ลิปติกบำรุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว
	การพัฒนาสูตรตำรับลิปติก บำรุงริมฝีปาก	7. ได้สูตรตำรับลิปติกบำรุงริม ฝีปากที่ผสม NLC วิตามินอี	ได้สูตรตำรับลิปติกบำรุงริมฝีปากที่ผสม NLC เก็บกักสารสำคัญวิตามินอีเป็นที่ เรียบร้อยแล้ว
	การพัฒนาโลชั่นบำรุงเล็บ	8. ได้สูตรโลชั่นบำรุงเล็บที่ผสม NLC เก็บกักสารสำคัญวิตามินอี	. ได้สูตรโลชั่นบำรุงเล็บที่ผสม NLC เก็บ กักสารสำคัญวิตามินอี
	การวิเคราะห์และทดสอบความ คงตัวสูตรตำรับลิปติกบำรุงริม ฝีปาก	9. ได้สูตรตำรับลิปติกบำรุงริม ฝีปากที่มีความคงตัว	ได้สูตรตำรับลิปติกบำรุงริมฝีปากที่มี ความคงตัว
	การวิเคราะห์และทดสอบความ คงตัวสูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บ	10. ได้สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่ มีความคงตัว	ได้สูตรตำรับโลชั่นบำรุงเล็บที่มีความคงตัว
	การพัฒนาวเคราะห์และผลิต สูตรตำรับลิปติกบำรุงริมฝีปาก 300แท่งและโลชั่นบำรุงเล็บ300 หลอดๆละ 30กรัม	11. ได้สูตรตำรับลิปติกบำรุงริม ฝีปากจำนวน 300 แท่ง และโลชั่นบำรุงเล็บ300หลอดๆ ละ30กรัม	. ได้สูตรตำรับลิปติกบำรุงริมฝีปาก จำนวน 300 แท่ง และโลชั่นบำรุงเล็บ300 หลอดๆละ30กรัม
	ทดสอบความปลอดภัยของสูตร ตำรับลิปติกบำรุงริมฝีปากใน อาสาสมัคร	12. ทราบผลความปลอดภัยของ สูตรตำรับ ลิปติกบำรุงริม ฝีปาก	ทราบผลความปลอดภัยของสูตรตำรับ ลิปติกบำรุงริมฝีปากเรียบร้อยแล้ว
	ทดสอบความปลอดภัยของสูตร โลชั่นบำรุงเล็บในอาสาสมัคร	13. ทราบผลความปลอดภัยของ สูตรตำรับ โลชั่นบำรุงเล็บ	ทราบผลความปลอดภัยของสูตรตำรับโล ชั่นบำรุงเล็บเรียบร้อยแล้ว
	สำรวจความพึงพอใจใน อาสาสมัครหลังใช้สูตรตำรับ ลิปติกบำรุงริมฝีปากโดยใช้ แบบสอบถาม	14. ทราบผลความพึงพอใจของ สูตรตำรับ ลิปติกบำรุงริม ฝีปาก	ทราบผลความพึงพอใจของสูตรตำรับ ลิปติกบำรุงริมฝีปาก
	สำรวจความพึงพอใจใน อาสาสมัครหลังใช้สูตรตำรับโล ชั่นบำรุงเล็บโดยใช้แบบสอบถาม	15. ทราบผลความพึงพอใจของ สูตรตำรับ โลชั่นบำรุงเล็บ	ทราบผลความพึงพอใจของสูตรตำรับโล ชั่นบำรุงเล็บ

เอกสารอ้างอิง

<http://www.cai.md.chula.ac.th/lesson/lesson4410/data/nails.htm>

<http://www.lipidlibrary.co.uk>

Bino, SD., et al. Relationship between skin response to ultraviolet exposure and skin color type. *Pigment Cell Res.*, 2006, vol. 19, p. 606-614.

Cavalli R., Caputo O., Manrengo E., Pattarino F., Gasco M.R. The effect of the components of microemulsions on both size and crystalline structure of the solid lipid nanoparticles (SLN), *Pharmazie*. 53: 392-6 (1998).

Christie W.W. 13-Phenyltridec-9-enoic and 15-phenylpentadec-9-enoic acids in *Arum maculatum* seed oil. *Eur J Lipid Sci Technol*. 105: 779-780 (2003)

Hou D., Xie C., Huang K., Zhu C. The production and characteristics of solid lipid nanoparticles (SLNs) *Biomaterials*. 24(10):1781-5 (2003).

Jee J.P., Lim S.J., Park J.S., Kim C.K. Stabilization of all-trans retinol by loading lipophilic antioxidants in solid lipid nanoparticles. *Eur J Pharm Biopharm*. 63: 134-139 (2006).

Jenning V. Solid Lipid Nanoparticles (SLN) as a Carrier System for the Dermal Application of Retinol. Free University of Berlin, Berlin, 1999.

Jenning V., Gohla S.H. Encapsulation of retinoids in solid lipid nanoparticles (SLN). *J Microencapsul*. 18:149-158 (2001).

Luck J.S., Muller R.H. Medication vesicles made of solid lipid particle (solid lipid nanoparticles SLN). Patent EP00000605497, 1996.

Maier, T., and Korting, HC. Sunscreens-Which and what for? *Skin Pharmacology and Physiology*, 2005, vol. 18, p. 253-262.

Mehnert W., Mader K. Solid lipid nanoparticles: production, characterization and applications, *Adv Drug Deliv Rev*. 47(2-3): 165-96 (2001).

Muller R.H., Mader S., Gohla S. Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery – a review of the state of the art, *Eur J Pharm Biopharm*. 50(1): 161-77 (2000).

Murdan S. Drug delivery to the nail following topical application *Int J Pharm*. 236: 1-26 (2002).

Pardeike J., Hommoss A., Muller R.H. Lipid nanoparticles (SLN, NLC) in cosmetic and pharmaceutical dermal products, *Int J Pharm*. 366: 170-184 (2009).

Phukan A.C., Boruah R.K.Extraction and evaluation of microcrystalline wax from press mud waste of the sugar industry, *Separation and Purification Technology*, 17(3): 189-194 (1999).

Puglia C., Filosa R., Peduto A., de Caprariis P., Rizza L., Bonina F., Blasi P. Evaluation of alternative strategies to optimize ketorolac transdermal delivery. *AAPS Pharm Sci Technol*. 7: 1–9 (2006).

Ryan E., Galvin K., O'Connor T.P., Maguire A.R., O'Brien N.M. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods Hum Nutr*. 62: 85–91 (2007).

Teeranachaideekul V., Muller R.H., Junyaprasert V.B., Encapsulation of ascorbyl palmitate in nanostructured lipid carriers (NLC)—effects of formulation parameters on physicochemical stability. *Int J Pharm*. 340: 198–206. (2007).

Trotta M., Debernardi F., Caputo O. Preparation of solid lipid nanoparticles by solvent emulsification-diffusion technique, *Int J Pharm*. 257 (1-2): 153-60 (2003).

ภาคผนวก ก.

ตารางวิเคราะห์ และคำนวณผล แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส จากโครงการย่อยที่ 1 และ 2

ตารางผนวกที่ ก-1 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข่อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไข่อ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ – ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไข่อ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
1	-27278092.48	27886582.96	-30159041.67
2	-27115400.08	27720261.39	-29554180.37
3	-26953678.01	27554931.8	-28952926.58
4	-26792920.49	27390588.27	-28355258.8
5	-26633121.76	27227224.92	-27761155.65
6	-26474276.1	27064835.9	-27170595.85
7	-26316377.83	26903415.41	-26583558.27
8	-26159421.31	26742957.66	-26000021.91
9	-26003400.9	26583456.92	-25419965.89
10	-25848311.04	26424907.48	-24843369.45
11	-25694146.16	26267303.65	-24270211.96
12	-25540900.75	26110639.82	-23700472.89
13	-25388569.34	25954910.35	-23134131.88
14	-25237146.46	25800109.7	-22571168.64
15	-25086626.7	25646232.3	-22011563.04
16	-24937004.67	25493272.67	-21455295.04
17	-24788275.02	25341225.31	-20902344.75
18	-24640432.43	25190084.81	-20352692.37
19	-24493471.6	25039845.73	-19806318.24
20	-24347387.27	24890502.71	-19263202.8

ตารางผนวกที่ ก-1 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข้อยู่
สำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไข้อยู่โดยวิธี Reflux
extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไข้อยู่ (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
21	-24202174.23	24742050.41	-18723326.61
22	-24057827.26	24594483.51	-18186670.36
23	-23914341.22	24447796.73	-17653214.85
24	-23771710.95	24301984.82	-17122940.98
25	-23629931.36	24157042.57	-16595829.78
26	-23488997.38	24012964.78	-16071862.38
27	-23348903.95	23869746.3	-15551020.03
28	-23209646.08	23727382.01	-15033284.1
29	-23071218.77	23585866.81	-14518636.06
30	-22933617.06	23445195.63	-14007057.49
31	-22796836.05	23305363.45	-13498530.09
32	-22660870.82	23166365.26	-12993035.65
33	-22525716.52	23028196.08	-12490556.09
34	-22391368.31	22890850.98	-11991073.42
35	-22257821.38	22754325.03	-11494569.78
36	-22125070.96	22618613.35	-11001027.39
37	-21993112.29	22483711.08	-10510428.59
38	-21861940.64	22349613.4	-10022755.83
39	-21731551.33	22216315.51	-9537991.659
40	-21601939.7	22083812.63	-9056118.722
41	-21473101.09	21952100.03	-8577119.779
42	-21345030.9	21821172.99	-8100977.688
43	-21217724.56	21691026.83	-7627675.411

ตารางผนวกที่ ก-1 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไอล้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไอล้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ – ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไอล้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
44	-21091177.49	21561656.89	-7157196.01
45	-20965385.18	21433058.54	-6689522.649
46	-20840343.12	21305227.18	-6224638.593
47	-20716046.84	21178158.23	-5762527.205
48	-20592491.89	21051847.15	-5303171.948
49	-20469673.85	20926289.41	-4846556.385
50	-20347588.32	20801480.53	-4392664.176
51	-20226230.93	20677416.03	-3941479.076
52	-20105597.35	20554091.48	-3492984.942
53	-19985683.25	20431502.47	-3047165.723
54	-19866484.34	20309644.6	-2604005.465
55	-19747996.36	20188513.52	-2163488.311
56	-19630215.07	20068104.89	-1725598.495
57	-19513136.25	19948414.4	-1290320.348
58	-19396755.72	19829437.77	-857638.2937
59	-19281069.3	19711170.75	-427536.8478
60	-19166072.87	19593609.1	-0.619375732

หมายเหตุ มูลค่าเงินปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ เท่ากับ 30,767,532.15 ดอลลาร์สหรัฐ
รายได้จากผลพลอยได้ – ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ -27,441,761.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน
รายได้ไอล้อย (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ 28,053,902.45 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยคำนวณได้จากผลคูณของจำนวนไอล้อยที่
ผลิตได้ต่อเดือน (493,178.4 กิโลกรัม/เดือน) กับ ราคาไอล้อย (56.88 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ ก-2 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข้อยู่
สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไข้อยู่โดยวิธี Reflux
extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไข้อยู่ (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
1	-27278092.48	27742683.33	-30302941.3
2	-27115400.08	27577220.01	-29841121.37
3	-26953678.01	27412743.55	-29382055.84
4	-26792920.49	27249248.06	-28925728.27
5	-26633121.76	27086727.69	-28472122.34
6	-26474276.1	26925176.63	-28021221.81
7	-26316377.83	26764589.1	-27573010.54
8	-26159421.31	26604959.34	-27127472.51
9	-26003400.9	26446281.65	-26684591.76
10	-25848311.04	26288550.35	-26244352.45
11	-25694146.16	26131759.79	-25806738.82
12	-25540900.75	25975904.36	-25371735.2
13	-25388569.34	25820978.49	-24939326.05
14	-25237146.46	25666976.63	-24509495.88
15	-25086626.7	25513893.27	-24082229.3
16	-24937004.67	25361722.94	-23657511.03
17	-24788275.02	25210460.18	-23235325.88
18	-24640432.43	25060099.58	-22815658.73
19	-24493471.6	24910635.76	-22398494.56
20	-24347387.27	24762063.38	-21983818.45

ตารางผนวกที่ ก-2 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
21	-24202174.23	24614377.12	-21571615.56
22	-24057827.26	24467571.69	-21161871.13
23	-23914341.22	24321641.84	-20754570.51
24	-23771710.95	24176582.34	-20349699.12
25	-23629931.36	24032388.02	-19947242.46
26	-23488997.38	23889053.69	-19547186.15
27	-23348903.95	23746574.25	-19149515.85
28	-23209646.08	23604944.58	-18754217.35
29	-23071218.77	23464159.62	-18361276.49
30	-22933617.06	23324214.34	-17970679.22
31	-22796836.05	23185103.72	-17582411.55
32	-22660870.82	23046822.78	-17196459.59
33	-22525716.52	22909366.58	-16812809.54
34	-22391368.31	22772730.2	-16431447.65
35	-22257821.38	22636908.75	-16052360.29
36	-22125070.96	22501897.36	-15675533.89
37	-21993112.29	22367691.21	-15300954.96
38	-21861940.64	22234285.5	-14928610.1
39	-21731551.33	22101675.45	-14558485.99
40	-21601939.7	21969856.31	-14190569.37
41	-21473101.09	21838823.37	-13824847.09
42	-21345030.9	21708571.94	-13461306.05

ตารางผนวกที่ ก-2 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไขอ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
43	-21217724.56	21579097.35	-13099933.25
44	-21091177.49	21450394.98	-12740715.76
45	-20965385.18	21322460.22	-12383640.72
46	-20840343.12	21195288.49	-12028695.35
47	-20716046.84	21068875.24	-11675866.95
48	-20592491.89	20943215.95	-11325142.89
49	-20469673.85	20818306.11	-10976510.63
50	-20347588.32	20694141.26	-10629957.68
51	-20226230.93	20570716.96	-10285471.65
52	-20105597.35	20448028.79	-9943040.211
53	-19985683.25	20326072.35	-9602651.105
54	-19866484.34	20204843.29	-9264292.153
55	-19747996.36	20084337.27	-8927951.247
56	-19630215.07	19964549.97	-8593616.35
57	-19513136.25	19845477.11	-8261275.498
58	-19396755.72	19727114.42	-7930916.798
59	-19281069.3	19609457.67	-7602528.428
60	-19166072.87	19492502.66	-7276098.637
61	-19051762.29	19376245.19	-6951615.743
62	-18938133.49	19260681.1	-6629068.136
63	-18825182.4	19145806.26	-6308444.271
64	-18712904.97	19031616.56	-5989732.676
65	-18601297.19	18918107.92	-5672921.945

ตารางผนวกที่ ก-2 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข้อยู่ สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไข้อยู่โดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็น ตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไข้อยู่ (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
66	-18490355.05	18805276.26	-5358000.741
67	-18380074.61	18693117.55	-5044957.795
68	-18270451.9	18581627.79	-4733781.905
69	-18161483	18470802.97	-4424461.934
70	-18053164.01	18360639.13	-4116986.814
71	-17945491.07	18251132.34	-3811345.542
72	-17838460.31	18142278.67	-3507527.18
73	-17732067.9	18034074.22	-3205520.855
74	-17626310.04	17926515.13	-2905315.762
75	-17521182.94	17819597.55	-2606901.156
76	-17416682.84	17713317.64	-2310266.358
77	-17312806.01	17607671.61	-2015400.755
78	-17209548.72	17502655.68	-1722293.793
79	-17106907.27	17398266.08	-1430934.984
80	-17004878	17294499.09	-1141313.901
81	-16903457.26	17191350.98	-853420.1812
82	-16802641.41	17088818.07	-567243.521
83	-16702426.85	16986896.69	-282773.6798
84	-16602809.99	16885583.19	-0.477853835

หมายเหตุ มูลค่าเงินปัจจุบันของต้นทุนทรัพย์ เท่ากับ 30,767,532.15 ดอลลาร์สหรัฐ
รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ -27,441,761.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน
รายได้ไข้อยู่ (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ 27,909,139.43 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยคำนวณได้จากผลคูณของจำนวนไข้อยู่ที่ผลิตได้ต่อเดือน (493,178.4 กิโลกรัม/เดือน) กับ ราคาไข้อยู่ (56.59 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
1	-27278092.48	27636359.52	-30409265.11
2	-27115400.08	27471530.33	-30053134.86
3	-26953678.01	27307684.23	-29699128.64
4	-26792920.49	27144815.34	-29347233.79
5	-26633121.76	26982917.83	-28997437.72
6	-26474276.1	26821985.91	-28649727.91
7	-26316377.83	26662013.83	-28304091.92
8	-26159421.31	26502995.86	-27960517.37
9	-26003400.9	26344926.3	-27618991.97
10	-25848311.04	26187799.5	-27279503.5
11	-25694146.16	26031609.84	-26942039.82
12	-25540900.75	25876351.73	-26606588.84
13	-25388569.34	25722019.61	-26273138.57
14	-25237146.46	25568607.97	-25941677.06
15	-25086626.7	25416111.3	-25612192.46
16	-24937004.67	25264524.15	-25284672.98
17	-24788275.02	25113841.11	-24959106.89
18	-24640432.43	24964056.77	-24635482.55
19	-24493471.6	24815165.77	-24313788.38

ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
20	-24347387.27	24667162.79	-23994012.86
21	-24202174.23	24520042.54	-23676144.54
22	-24057827.26	24373799.74	-23360172.07
23	-23914341.22	24228429.17	-23046084.12
24	-23771710.95	24083925.61	-22733869.46
25	-23629931.36	23940283.91	-22423516.91
26	-23488997.38	23797498.92	-22115015.37
27	-23348903.95	23655565.52	-21808353.81
28	-23209646.08	23514478.65	-21503521.23
29	-23071218.77	23374233.25	-21200506.75
30	-22933617.06	23234824.31	-20899299.51
31	-22796836.05	23096246.82	-20599888.73
32	-22660870.82	22958495.85	-20302263.7
33	-22525716.52	22821566.45	-20006413.78
34	-22391368.31	22685453.73	-19712328.36
35	-22257821.38	22550152.81	-19419996.93
36	-22125070.96	22415658.86	-19129409.04
37	-21993112.29	22281967.06	-18840554.27
38	-21861940.64	22149072.62	-18553422.29
39	-21731551.33	22016970.8	-18268002.83
40	-21601939.7	21885656.85	-17984285.67
41	-21473101.09	21755126.1	-17702260.66
42	-21345030.9	21625373.85	-17421917.71

ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
43	-21217724.56	21496395.48	-17143246.78
44	-21091177.49	21368186.36	-16866237.91
45	-20965385.18	21240741.91	-16590881.18
46	-20840343.12	21114057.57	-16317166.73
47	-20716046.84	20988128.79	-16045084.78
48	-20592491.89	20862951.09	-15774625.58
49	-20469673.85	20738519.97	-15505779.46
50	-20347588.32	20614830.98	-15238536.79
51	-20226230.93	20491879.7	-14972888.02
52	-20105597.35	20369661.73	-14708823.64
53	-19985683.25	20248172.7	-14446334.19
54	-19866484.34	20127408.25	-14185410.28
55	-19747996.36	20007364.06	-13926042.58
56	-19630215.07	19888035.85	-13668221.8
57	-19513136.25	19769419.33	-13411938.73
58	-19396755.72	19651510.27	-13157184.18
59	-19281069.3	19534304.44	-12903949.04
60	-19166072.87	19417797.66	-12652224.25
61	-19051762.29	19301985.74	-12402000.8
62	-18938133.49	19186864.56	-12153269.74
63	-18825182.4	19072429.98	-11906022.16
64	-18712904.97	18958677.91	-11660249.22
65	-18601297.19	18845604.28	-11415942.12

ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
66	-18490355.05	18733205.05	-11173092.12
67	-18380074.61	18621476.2	-10931690.54
68	-18270451.9	18510413.71	-10691728.72
69	-18161483	18400013.63	-10453198.09
70	-18053164.01	18290272	-10216090.1
71	-17945491.07	18181184.89	-9980396.278
72	-17838460.31	18072748.4	-9746108.184
73	-17732067.9	17964958.65	-9513217.435
74	-17626310.04	17857811.78	-9281715.696
75	-17521182.94	17751303.95	-9051594.684
76	-17416682.84	17645431.36	-8822846.162
77	-17312806.01	17540190.22	-8595461.946
78	-17209548.72	17435576.76	-8369433.898
79	-17106907.27	17331587.24	-8144753.93
80	-17004878	17228217.93	-7921414.001
81	-16903457.26	17125465.14	-7699406.12
82	-16802641.41	17023325.19	-7478722.341
83	-16702426.85	16921794.42	-7259354.768
84	-16602809.99	16820869.21	-7041295.55
85	-16503787.27	16720545.93	-6824536.884
86	-16405355.14	16620821.01	-6609071.013
87	-16307510.08	16521690.86	-6394890.227
88	-16210248.58	16423151.95	-6181986.861

ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
89	-16113567.18	16325200.75	-5970353.297
90	-16017462.41	16227833.74	-5759981.96
91	-15921930.82	16131047.46	-5550865.324
92	-15826969.01	16034838.43	-5342995.904
93	-15732573.57	15939203.21	-5136366.262
94	-15638741.12	15844138.38	-4930969.003
95	-15545468.31	15749640.53	-4726796.778
96	-15452751.8	15655706.3	-4523842.279
97	-15360588.27	15562332.3	-4322098.245
98	-15268974.42	15469515.21	-4121557.456
99	-15177906.98	15377251.7	-3922212.735
100	-15087382.68	15285538.47	-3724056.949
101	-14997398.29	15194372.24	-3527083.006
102	-14907950.59	15103749.74	-3331283.858
103	-14819036.37	15013667.73	-3136652.498
104	-14730652.46	14924122.99	-2943181.962
105	-14642795.68	14835112.32	-2750865.325
106	-14555462.91	14746632.53	-2559695.707
107	-14468651	14658680.44	-2369666.264
108	-14382356.86	14571252.93	-2180770.199
109	-14296577.4	14484346.84	-1993000.749
110	-14211309.54	14397959.09	-1806351.198
111	-14126550.24	14312086.57	-1620814.864

ตารางผนวกที่ ก-3 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไข อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไขอ้อยโดยวิธี Reflux extraction โดยใช้ Hexane เป็นตัวทำละลาย (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไขอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
113	-13958545.19	14141874.96	-1253055.332
114	-13875293.43	14057529.78	-1070818.973
115	-13792538.2	13973687.66	-889669.5117
116	-13710276.54	13890345.59	-709600.4643
117	-13628505.5	13807500.58	-530605.3873
118	-13547222.17	13725149.68	-352677.8755
119	-13466423.63	13643289.94	-175811.5615
120	-13386106.99	13561918.43	-0.116124254

หมายเหตุ มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ เท่ากับ 30,767,532.15 ดอลลาร์สหรัฐ

รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ -27,441,761.04 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

รายได้ไขอ้อย (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ 27,802,177.67 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยคำนวณได้จากผลคูณของจำนวนไขอ้อยที่ผลิตได้ต่อเดือน (493,178.4 กิโลกรัม/เดือน) กับ ราคาไขอ้อย (56.37 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ ก-4 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไช้อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไช้อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไช้อ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
1	-860435.5637	925272.237	-3213545.474
2	-855303.7413	919753.7147	-3149095.501
3	-850202.5261	914268.1061	-3085029.921
4	-845131.7357	908815.2148	-3021346.441
5	-840091.1886	903394.8457	-2958042.784
6	-835080.7043	898006.8049	-2895116.684
7	-830100.1037	892650.8995	-2832565.888
8	-825149.2085	887326.9379	-2770388.159
9	-820227.8414	882034.7295	-2708581.27
10	-815335.8264	876774.085	-2647143.012
11	-810472.9885	871544.8161	-2586071.184
12	-805639.1536	866346.7357	-2525363.602
13	-800834.1487	861179.6577	-2465018.093
14	-796057.8019	856043.3973	-2405032.498
15	-791309.9422	850937.7707	-2345404.669
16	-786590.3998	845862.5951	-2286132.474
17	-781899.0058	840817.689	-2227213.791
18	-777235.5923	835802.8718	-2168646.511
19	-772599.9923	830817.964	-2110428.54
20	-767992.0401	825862.7873	-2052557.792
21	-763411.5706	820937.1643	-1995032.199
22	-758858.4201	816040.9188	-1937849.7
23	-754332.4256	811173.8755	-1881008.25
24	-749833.425	806335.8604	-1824505.815
25	-745361.2575	801526.7002	-1768340.372
26	-740915.7629	796746.2228	-1712509.912
27	-736496.7822	791994.2573	-1657012.437

ตารางผนวกที่ ก-4 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไอล์ย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไอล์ยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายรวม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไอล์ย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
28	-732104.1572	787270.6335	-1601845.961
29	-727737.7309	782575.1824	-1547008.509
30	-723397.3468	777907.736	-1492498.12
31	-719082.8497	773268.1272	-1438312.843
32	-714794.0852	768656.1901	-1384450.738
33	-710530.8998	764071.7595	-1330909.878
34	-706293.1409	759514.6715	-1277688.348
35	-702080.657	754984.7629	-1224784.242
36	-697893.2972	750481.8717	-1172195.667
37	-693730.9117	746005.8366	-1119920.742
38	-689593.3516	741556.4977	-1067957.596
39	-685480.4688	737133.6955	-1016304.37
40	-681392.1161	732737.2719	-964959.2138
41	-677328.1472	728367.0694	-913920.2916
42	-673288.4167	724022.9318	-863185.7765
43	-669272.7801	719704.7036	-812753.8529
44	-665281.0935	715412.2302	-762622.7162
45	-661313.2142	711145.3581	-712790.5723
46	-657369.0002	706903.9345	-663255.638
47	-653448.3103	702687.8076	-614016.1407
48	-649551.0043	698496.8267	-565070.3183
49	-645676.9427	694330.8416	-516416.4194

ตารางผนวกที่ ก-4 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไช้อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 5 ปี (หรือ 60 เดือน) ของการผลิตไช้อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไช้อ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
50	-641825.9867	690189.7034	-468052.7027
51	-637997.9987	686073.2638	-419977.4376
52	-634192.8417	681981.3756	-372188.9037
53	-630410.3794	677913.8922	-324685.3909
54	-626650.4766	673870.6682	-277465.1993
55	-622912.9986	669851.5589	-230526.639
56	-619197.8117	665856.4203	-183868.0303
57	-615504.783	661885.1097	-137487.7037
58	-611833.7803	657937.4848	-91383.99922
59	-608184.6723	654013.4043	-45555.26716
60	-604557.3283	650112.728	0.132506289

หมายเหตุ มูลค่าเงินปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ เท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ

รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ -865,598.18 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

มูลค่าเงินอนาคตของรายได้ไช้อ้อย เท่ากับ 930,823.87 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยคำนวณได้จากผลคูณของจำนวนไช้อ้อยที่ผลิตได้ ต่อเดือน (282,118.98 กิโลกรัม/เดือน) กับ ราคาไช้อ้อย (3.30 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ ก-5 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไอลอย
สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไอลอยด้วยเทคนิค
Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไอลอย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
1	-860435.5637	909939.2387	-3228878.472
2	-855303.7413	904512.1657	-3179670.048
3	-850202.5261	899117.4609	-3130755.113
4	-845131.7357	893754.9314	-3082131.917
5	-840091.1886	888424.385	-3033798.721
6	-835080.7043	883125.6313	-2985753.794
7	-830100.1037	877858.4804	-2937995.417
8	-825149.2085	872622.7439	-2890521.882
9	-820227.8414	867418.2345	-2843331.489
10	-815335.8264	862244.7659	-2796422.549
11	-810472.9885	857102.153	-2749793.385
12	-805639.1536	851990.2117	-2703442.327
13	-800834.1487	846908.7592	-2657367.716
14	-796057.8019	841857.6135	-2611567.905
15	-791309.9422	836836.5939	-2566041.253
16	-786590.3998	831845.5208	-2520786.132
17	-781899.0058	826884.2155	-2475800.922
18	-777235.5923	821952.5005	-2431084.014
19	-772599.9923	817050.1993	-2386633.807
20	-767992.0401	812177.1365	-2342448.711
21	-763411.5706	807333.1377	-2298527.144
22	-758858.4201	802518.0295	-2254867.534
23	-754332.4256	797731.6396	-2211468.32

ตารางผนวกที่ ก-5 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไซอ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไซอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไซอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
24	-749833.425	792973.7969	-2168327.948
25	-745361.2575	788244.3309	-2125444.875
26	-740915.7629	783543.0724	-2082817.565
27	-736496.7822	778869.8533	-2040444.494
28	-732104.1572	774224.5063	-1998324.145
29	-727737.7309	769606.8651	-1956455.011
30	-723397.3468	765016.7645	-1914835.593
31	-719082.8497	760454.0403	-1873464.403
32	-714794.0852	755918.5291	-1832339.959
33	-710530.8998	751410.0687	-1791460.79
34	-706293.1409	746928.4977	-1750825.433
35	-702080.657	742473.6558	-1710432.434
36	-697893.2972	738045.3835	-1670280.348
37	-693730.9117	733643.5223	-1630367.737
38	-689593.3516	729267.9148	-1590693.174
39	-685480.4688	724918.4044	-1551255.239
40	-681392.1161	720594.8354	-1512052.519
41	-677328.1472	716297.0531	-1473083.613
42	-673288.4167	712024.9037	-1434347.126
43	-669272.7801	707778.2343	-1395841.672
44	-665281.0935	703556.8929	-1357565.873
45	-661313.2142	699360.7285	-1319518.359

ตารางผนวกที่ ก-5 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไซ้อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไซ้อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไซ้อ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
46	-657369.0002	695189.591	-1281697.768
47	-653448.3103	691043.331	-1244102.747
48	-649551.0043	686921.8002	-1206731.951
49	-645676.9427	682824.8511	-1169584.043
50	-641825.9867	678752.3371	-1132657.693
51	-637997.9987	674704.1124	-1095951.579
52	-634192.8417	670680.0322	-1059464.388
53	-630410.3794	666679.9525	-1023194.815
54	-626650.4766	662703.7301	-987141.5618
55	-622912.9986	658751.2228	-951303.3376
56	-619197.8117	654822.289	-915678.8603
57	-615504.783	650916.7883	-880266.855
58	-611833.7803	647034.5808	-845066.0545
59	-608184.6723	643175.5276	-810075.1991
60	-604557.3283	639339.4907	-775293.0367
61	-600951.6186	635526.3327	-740718.3226
62	-597367.4141	631735.9172	-706349.8196
63	-593804.5866	627968.1086	-672186.2976
64	-590263.0085	624222.7719	-638226.5342
65	-586742.5532	620499.7733	-604469.3142
66	-583243.0947	616798.9794	-570913.4294
67	-579764.5076	613120.2579	-537557.6792

ตารางผนวกที่ ก-5 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไฉ้อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 7 ปี (หรือ 84 เดือน) ของการผลิตไฉ้อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไฉ้อ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
68	-576306.6676	609463.477	-504400.8698
69	-572869.4509	605828.506	-471441.8148
70	-569452.7345	602215.2147	-438679.3346
71	-566056.3961	598623.4738	-406112.2569
72	-562680.3142	595053.1549	-373739.4162
73	-559324.368	591504.1301	-341559.6541
74	-555988.4374	587976.2725	-309571.819
75	-552672.403	584469.4557	-277774.7663
76	-549376.1461	580983.5544	-246167.358
77	-546099.5488	577518.4438	-214748.463
78	-542842.4939	574073.9998	-183516.9571
79	-539604.8647	570650.0992	-152471.7226
80	-536386.5454	567246.6194	-121611.6486
81	-533187.4209	563863.4388	-90935.63061
82	-530007.3766	560500.4362	-60442.57102
83	-526846.2988	557157.4913	-30131.37858
84	-523704.0744	553834.4843	-0.968601669

หมายเหตุ มูลค่าเงินปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ เท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ

รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ -865,598.18 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

รายได้ไฉ้อ้อย (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ 915,398.87 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยคำนวณได้จากผลคูณของจำนวนไฉ้อ้อยที่ผลิตได้ต่อเดือน (282,118.98 กิโลกรัม/เดือน) กับ ราคาไฉ้อ้อย (3.24 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไอล้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไอล้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไอล้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
1	-860435.5637	898610.1004	-3240207.611
2	-855303.7413	893250.5969	-3202260.755
3	-850202.5261	887923.0585	-3164540.223
4	-845131.7357	882627.2947	-3127044.663
5	-840091.1886	877363.1161	-3089772.736
6	-835080.7043	872130.334	-3052723.106
7	-830100.1037	866928.7615	-3015894.448
8	-825149.2085	861758.2122	-2979285.445
9	-820227.8414	856618.5012	-2942894.785
10	-815335.8264	851509.4445	-2906721.167
11	-810472.9885	846430.8594	-2870763.296
12	-805639.1536	841382.564	-2835019.886
13	-800834.1487	836364.3777	-2799489.657
14	-796057.8019	831376.121	-2764171.337
15	-791309.9422	826417.6153	-2729063.664
16	-786590.3998	821488.6832	-2694165.381
17	-781899.0058	816589.1483	-2659475.239
18	-777235.5923	811718.8353	-2624991.995
19	-772599.9923	806877.5699	-2590714.418
20	-767992.0401	802065.1788	-2556641.279
21	-763411.5706	797281.4899	-2522771.36
22	-758858.4201	792526.3319	-2489103.448
23	-754332.4256	787799.5347	-2455636.339

ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไซอ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไซอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไซอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
24	-749833.425	783100.9291	-2422368.835
25	-745361.2575	778430.347	-2389299.745
26	-740915.7629	773787.6213	-2356427.887
27	-736496.7822	769172.5858	-2323752.083
28	-732104.1572	764585.0753	-2291271.165
29	-727737.7309	760024.9258	-2258983.97
30	-723397.3468	755491.9739	-2226889.343
31	-719082.8497	750986.0576	-2194986.135
32	-714794.0852	746507.0155	-2163273.205
33	-710530.8998	742054.6874	-2131749.417
34	-706293.1409	737628.9139	-2100413.645
35	-702080.657	733229.5367	-2069264.765
36	-697893.2972	728856.3983	-2038301.664
37	-693730.9117	724509.3422	-2007523.233
38	-689593.3516	720188.2129	-1976928.372
39	-685480.4688	715892.8558	-1946515.985
40	-681392.1161	711623.1171	-1916284.984
41	-677328.1472	707378.844	-1886234.287
42	-673288.4167	703159.8847	-1856362.819
43	-669272.7801	698966.0882	-1826669.511
44	-665281.0935	694797.3044	-1797153.3
45	-661313.2142	690653.3841	-1767813.13

ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไอล้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไอล้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไอล้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
46	-657369.0002	686534.179	-1738647.952
47	-653448.3103	682439.5417	-1709656.72
48	-649551.0043	678369.3258	-1680838.399
49	-645676.9427	674323.3855	-1652191.956
50	-641825.9867	670301.576	-1623716.367
51	-637997.9987	666303.7535	-1595410.612
52	-634192.8417	662329.7749	-1567273.679
53	-630410.3794	658379.4979	-1539304.56
54	-626650.4766	654452.7812	-1511502.256
55	-622912.9986	650549.4843	-1483865.77
56	-619197.8117	646669.4675	-1456394.114
57	-615504.783	642812.5919	-1429086.305
58	-611833.7803	638978.7196	-1401941.366
59	-608184.6723	635167.7133	-1374958.325
60	-604557.3283	631379.4367	-1348136.217
61	-600951.6186	627613.7542	-1321474.081
62	-597367.4141	623870.531	-1294970.964
63	-593804.5866	620149.6332	-1268625.917
64	-590263.0085	616450.9276	-1242437.998
65	-586742.5532	612774.2819	-1216406.27
66	-583243.0947	609119.5645	-1190529.8

ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไซอ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไซอ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไซอ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
67	-579764.5076	605486.6447	-1164807.663
68	-576306.6676	601875.3923	-1139238.938
69	-572869.4509	598285.6783	-1113822.711
70	-569452.7345	594717.374	-1088558.071
71	-566056.3961	591170.3519	-1063444.115
72	-562680.3142	587644.485	-1038479.945
73	-559324.368	584139.6471	-1013664.666
74	-555988.4374	580655.7128	-988997.3902
75	-552672.403	577192.5575	-964477.2357
76	-549376.1461	573750.0571	-940103.3246
77	-546099.5488	570328.0886	-915874.7849
78	-542842.4939	566926.5294	-891790.7493
79	-539604.8647	563545.2579	-867850.3561
80	-536386.5454	560184.153	-844052.7485
81	-533187.4209	556843.0944	-820397.075
82	-530007.3766	553521.9626	-796882.4889
83	-526846.2988	550220.6388	-773508.149
84	-523704.0744	546939.0048	-750273.2186
85	-520580.5908	543676.9431	-727176.8663
86	-517475.7364	540434.3371	-704218.2656
87	-514389.4	537211.0707	-681396.595

ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไอล้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไอล้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไอล้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
88	-511321.4712	534007.0285	-658711.0377
89	-508271.8401	530822.0959	-636160.7819
90	-505240.3978	527656.159	-613745.0207
91	-502227.0355	524509.1043	-591462.9519
92	-499231.6457	521380.8194	-569313.7781
93	-496254.1209	518271.1923	-547296.7068
94	-493294.3548	515180.1116	-525410.95
95	-490352.2414	512107.4668	-503655.7246
96	-487427.6753	509053.1479	-482030.252
97	-484520.552	506017.0456	-460533.7584
98	-481630.7674	502999.0513	-439165.4744
99	-478758.2181	499999.057	-417924.6355
100	-475902.8013	497016.9552	-396810.4816
101	-473064.4148	494052.6394	-375822.2569
102	-470242.957	491106.0034	-354959.2106
103	-467438.3271	488176.9417	-334220.5959
104	-464650.4245	485265.3496	-313605.6708
105	-461879.1496	482371.1229	-293113.6976
106	-459124.4032	479494.158	-272743.9428
107	-456386.0867	476634.3518	-252495.6777
108	-453664.1021	473791.6022	-232368.1775
109	-450958.352	470965.8074	-212360.7221

ตารางผนวกที่ ก-6 คำนวณมูลค่าปัจจุบันของเงินด้วยวิธี Trial and error เพื่อประเมินราคาขายไช้อ้อย สำหรับระยะเวลาคืนทุน 10 ปี (หรือ 120 เดือน) ของการผลิตไช้อ้อยด้วยเทคนิค Supercritical fluid extraction (SFE) โดยใช้ Isopropanol เป็นตัวทำละลายร่วม (ต่อ)

เดือนที่ (n)	รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (ค่าเงินปัจจุบัน)	รายได้จากไช้อ้อย (ค่าเงินปัจจุบัน)	มูลค่าปัจจุบันรวมสะสม (ΣP)
110	-448268.7395	468156.8662	-192472.5955
111	-445595.1685	465364.6781	-172703.0859
112	-442937.5433	462589.1433	-153051.4859
113	-440295.7687	459830.1623	-133517.0922
114	-437669.7502	457087.6365	-114099.2059
115	-435059.3938	454361.4677	-94797.13204
116	-432464.6062	451651.5583	-75610.17988
117	-429885.2944	448957.8114	-56537.66282
118	-427321.3662	446280.1307	-37578.89835
119	-424772.7298	443618.4201	-18733.20802
120	-422239.294	440972.5846	0.082566019

หมายเหตุ มูลค่าเงินปัจจุบันของต้นทุนทุนทรัพย์ เท่ากับ 3,278,382.15 ดอลลาร์สหรัฐ

รายได้จากผลพลอยได้ - ต้นทุนดำเนินงานรวม (มูลค่าเงินอนาคต) เท่ากับ -865,598.18 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน

มูลค่าเงินอนาคตของรายได้ไช้อ้อย เท่ากับ 904,001.76 ดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน โดยคำนวณได้จากผลคูณของจำนวนไช้อ้อยที่ผลิตได้ต่อเดือน (282,118.98 กิโลกรัม/เดือน) กับ ราคาไช้อ้อย (3.20 ดอลลาร์สหรัฐ/กิโลกรัม)

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข่อ้อย		โลชั่นสูตรไข่อ้อย		โลชั่นสูตรไข่คาร์นุบา		โลชั่นสูตรไข่คาร์นุบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคาร์บูบา		โลชั่นสูตรไขคาร์บูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคาร์นูบา		โลชั่นสูตรไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคาร์นูบา		โลชั่นสูตรไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคาร์นูบา		โลชั่นสูตรไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		โลชั่นสูตรไขคารนูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
194	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-7 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (โลชั่นบำรุงเล็บ) (ต่อ)

ลำดับที่	โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไข้อย		โลชั่นสูตรไขคาร์บูนา		โลชั่นสูตรไขคาร์บูนา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์บูนา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์บูนา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตรไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ
(ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไฮคาร์บูนา		ลิปสติกสูตร ไฮคาร์บูนา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไขคาร์บูนา		ลิปสติกสูตรไขคาร์บูนา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
129	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูลา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูลา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
147	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
149	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์บูนา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์บูนา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไฮคาร์บูนา		ลิปสติกสูตร ไฮคาร์บูนา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
166	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
176	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตร ไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
181	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
189	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
194	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-8 แสดงผลการระคายเคืองผิวของอาสาสมัครหลังจากการปิดแผ่นแปะที่บรรจุสารทดสอบและบันทึกความผิดปกติตามเวลาที่ทดสอบ (ลิปสติกบำรุงริมฝีปาก) (ต่อ)

ลำดับที่	ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไข้อย		ลิปสติกสูตรไขคาร์นูบา		ลิปสติกสูตรไขคาร์นูบา		น้ำเปล่า		น้ำเปล่า	
	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2		ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม	24 ชม	72 ชม
195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ ก-9 แสดงผลทดสอบความพึงพอใจโลชั่นบำรุงเล็บ

	เพศ	อายุ (ปี)	สภาพมือ และเล็บ	ใช้โลชั่นบำรุงเล็บ หรือไม่	ความพึงพอใจ									
					ครีม				ความรู้สึก					ความ เปลี่ยนแปลง หลังใช้ 7 วัน
					เนื้อ ครีม	ความ เงา	ความ เนียน	กลิ่น	เมื่อทาและ หลังทา	ความ มัน	ความ เหนอะหนะ	ความนุ่ม ผิว	ความเงา ของเล็บ	
1	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	2	2	3	1	1	1	1	2	2	2
2	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	3	4	3	3	4	5	3	3	4
3	หญิง	20-30	แห้ง,เปราะ ง่าย	ไม่ใช้	3	4	3	2	3	3	4	3	3	3
4	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4
5	หญิง	31-40	แห้ง,เปราะ ง่าย	ไม่ใช้	4	4	3	5	3	2	4	3	4	3
6	หญิง	31-40	แห้ง,เปราะ ง่าย	ใช้	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
7	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	2	2	3	3	3	3	3	3	1	2
8	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	3	3	3	3	4	3	3	4	3	3
9	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	3	3	3	0	2	0	0	2	2	2
10	หญิง	31-40	แห้ง,เปราะ ง่าย	ใช้	3	3	2	0	2	4	3	2	3	2
11	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	5	5	5	3	3	2	4	4	5	4
11	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	1	4	4	2	1	3	2	2	3	3

2														
1	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	2	4	2	2	3	4	4	4	3	2
4	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
5	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	4	3	3	3	2	3	4	3
6	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	4	0	4	3	4	5	5	4
7	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	3	5	5	3	3	2	3	3	5	3
8	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	3	4	3	4	3	3	3	3	4	3
9	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	4	1	4	4	4	4	3	3
0	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2
1	ชาย	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	3	4	2	1	3	2	3	5	5	5
2	ชาย	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	5	4	4	3	3	3	3	4	5
3	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	5	4	5	5	4	3	5	5	4	5
4	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	5	2	5	5	5	4	4	4	5

2														
5	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	5	5	4	5	5	3	4	4	5	5
2														
6	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	5	5	4	5	4	5	5	5	4	5
2														
7	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	4	3	4	4	5	5	5	5	5	5
2														
8	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	5	4	5	1	4	4	4	3	4	3
2														
9	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4
3														
0	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3

ตารางผนวกที่ ก-10 แสดงผลทดสอบความพึงพอใจลิปติกบำรุงริมฝีปาก

No	เพศ	อายุ (ปี)	สภาพริม ฝีปาก	ใช้ลิปติกหรือไม่	ความพึงพอใจ									
					เนื้อลิปติก				ความรู้สึก					
					เนื้อ สัมผัส	ความมัน วาว	ความลื่น ขณะทา	ความเนียน ของลิป	เมื่อ ทา	ความชุ่ม ชื้น	หลัง ทา	กลิ่น	ความ แข็ง	ความชอบ โดยรวม
1	หญิง	31-40	แห้ง	ใช้	4	3	4	4	3	3	3	3	4	3
2	หญิง	20-30	แห้ง	ใช้	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3
3	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2
4	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	4	3	4	4	4	3	4	5	3	4
5	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5
6	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	หญิง	31-40	แห้ง	ใช้	3	2	4	4	3	4	4	5	2	4
8	หญิง	41-50	แห้ง	ใช้	4	4	5	3	4	5	4	4	3	5
9	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	4	3	4	4	4	4	4	5	3	4
10	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	4	4	5	4	4	3	4	1	4	3
11	หญิง	20-30	แห้ง	ใช้	4	4	5	4	4	4	4	3	4	4
12	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	2	2	4	3	3	3	2	5	5	3
13	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3
14	หญิง	31-40	แห้ง	ใช้	3	3	4	3	3	3	2	4	3	3
15	หญิง	31-40	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	4	4	4	5	3	4	3	4	4	4
17	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	3	3	3	3	3	2	3	4	4	3
18	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	3	4	3	4	3	3	3	3	3	4

19	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	3	4	4	4	3	4	3	5	4	3
20	หญิง	41-50	แห้ง	ไม่ใช้	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4
21	หญิง	31-40	ธรรมดา	ใช้	3	3	3	4	2	4	3	1	5	3
22	ชาย	20-30	แห้ง	ใช้	4	4	3	4	5	5	5	5	3	4
23	ชาย	20-30	แห้ง	ใช้	5	5	5	5	5	5	5	2	5	4
24	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
25	หญิง	20-30	ธรรมดา	ไม่ใช้	4	4	4	4	3	5	4	3	4	4
26	หญิง	20-30	แห้ง	ใช้	3	5	3	4	3	4	3	4	4	3
27	หญิง	20-30	แห้ง	ใช้	4	3	4	4	4	2	4	3	4	3
28	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4
29	หญิง	20-30	ธรรมดา	ใช้	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5
30	หญิง	20-30	แห้ง	ใช้	5	5	5	5	5	5	4	3	3	4

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

โดย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

กรมแพทยทหารอากาศ

ขอรับรองว่า

โครงการ การทดสอบการระคายเคืองของลิปติกบารุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บผสมอนุภาคโนสตรีกเจอร์ลิปิตแคเรียร์จากไซย้อย

โดย รองศาสตราจารย์ด็อกเตอร์ อุบลทิพย์ นิมมานนิตย์

สังกัด ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารที่พิจารณา: ๑. โครงร่างงานวิจัย

๒. เอกสารข้อมูลสำหรับผู้ป่วย และ เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ฉบับภาษาไทย

คณะกรรมการจริยธรรม โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมแพทยทหารอากาศ ได้พิจารณารายละเอียดโครงร่างงานวิจัย เอกสารข้อมูลสำหรับผู้ป่วย เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยภาษาไทยแล้วเห็นว่าไม่ขัดต่อสวัสดิภาพหรือก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ถูกวิจัยแต่ประการใด

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการที่เสนอได้ ณ วันที่ ๑ กันยายน ๒๕๕๗

นาวาอากาศเอก



(สันติ ศรีเสริมโภค)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย

พลอากาศตรี



(สุชิน บุญมา)

ผู้อำนวยการโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช

กรมแพทยทหารอากาศ

ภาพผนวกที่ ก-1

เอกสารรับรองโครงการวิจัย ด้านจริยธรรมการวิจัย

ภาคผนวก ข.

กิจกรรมสัมมนา ประชุมเชิงปฏิบัติการ เผยแพร่เทคโนโลยีและองค์ความรู้
ที่ได้จากแผนงานวิจัยต่อภาคอุตสาหกรรม รวมถึงนักวิจัย นักวิชาการ และบุคคลที่สนใจทั่วไป

1. การประชุมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จาก กระบวนการผลิตน้ำตาลทราย

วันและสถานที่จัดการประชุม วันที่ 29 – 30 กันยายน 2557

ณ โรงแรมดุสิตธานี อำเภอบางละมุง เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทยมีการขยายกำลังการผลิตเพาะปลูกอ้อยและการผลิตน้ำตาลภายในประเทศมากขึ้น เนื่องจากราคาน้ำตาลและผลผลิตพลอยได้ อาทิเช่น กากน้ำตาล มีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายยังมีผลผลิตพลอยได้ที่ยังไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มแก่ตัวเองได้ คือ กากหม้อกรอง หรือ filter press mud ซึ่งเป็นตะกอนที่ได้หลังจากขั้นตอนการทำใส่น้ำอ้อยในกระบวนการผลิตน้ำตาล ด้วยเหตุนี้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) จึงได้มอบหมายให้ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ดำเนินแผนงานวิจัย เรื่อง การเพิ่มมูลค่าของไข่อ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทย ด้วยการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมจากการใช้องค์ความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร หรือของเหลือจากการเกษตรและอุตสาหกรรม เป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่มีมูลค่าสูงขึ้น จากงานวิจัยดังกล่าวมีผลทำให้สามารถเพิ่มมูลค่าของกากหม้อกรอง ซึ่งเป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับผลิตไข่อ้อย และเป็นแหล่งของสารประกอบสำคัญอีกหลายชนิด สามารถนำไปต่อยอดหรือใช้เป็นส่วนผสมของยา อาหารเสริม อาหาร เวชภัณฑ์และเครื่องสำอาง สามารถสร้างอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำตาลได้หลากหลาย ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ตระหนักและให้ความสำคัญต่องานวิจัยที่จะสร้างมูลค่าและรายได้ให้กับประเทศต่อไปในอนาคต ดังนั้นศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติจึงจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีและองค์ความรู้ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมและบุคคลทั่วไปได้ทราบถึงเทคโนโลยีและแนวทางในการสร้างมูลค่าเพื่อหรือต่อยอดงานวิจัยต่อไปได้ ทางศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ จึงได้จัดการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการเผยแพร่องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 ณ ภัตตาคารเว็นชันฮอลล์ โรงแรมดุสิตธานี อำเภอบางละมุง เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี โดยเชิญตัวแทนจากหน่วยงานต่างๆ อันได้แก่ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ประกอบการโรงงานผลิตน้ำตาลทรายและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง หน่วยงานภาครัฐ และบริษัทเอกชนต่างๆ เป็นต้น (ตารางผนวกที่ ข-1) จำนวนรวมกันประมาณ 165 คน (รวมประธานในพิธีและวิทยากร) มีผู้เข้าร่วมประชุมสัมมนา จำนวน 145 คน (ตารางผนวกที่ ข-2)

ตารางผนวกที่ ข-1 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ
เทคโนโลยีการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม
ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557
โรงแรมดุสิตธานี พัทยา

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
1	นายสุทัศน์ พิพัฒน์ชัยพงศ์	บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด
2	นายชวลิต พนธาร	บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด
3	นายชยันต์ ประวาลปัทมกุล	บริษัท น้ำตาลไทยกาญจนบุรี จำกัด
4	น.ส.ณัชนิชา แพรอ่อน	บริษัท มิตรผลวิชัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด
5	น.ส.นันทิดา วัฒนโรจนพร	บริษัท มิตรผลวิชัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด
6	นายธนา ศุภมานพ	บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด
7	นายสกล โพธิ์ประชุม	บริษัท น้ำตาลราชบุรี จำกัด
8	นายชาญชัย คำจุ	บริษัท น้ำตาลท่ามะกา จำกัด
9	น.ส.สุนันทา นิธากรณ์	บริษัท น้ำตาลท่ามะกา จำกัด
10	นายวีระพล สาขุนทด	บริษัท ไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด
11	นายจิรศักดิ์ โหม่งปรานีต	บริษัท ไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด
12	น.ส.วนิดา จงสงเสริม	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
13	น.ส.ปวันญณ์ กล้าแก้ว	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
14	น.ส.ศรัญญา ไชยสาสน์	บริษัท รวมเกษตรกรรมอุตสาหกรรม จำกัด (มิตรภูเวียง)
15	น.ส.โสสมสุริยา พูลสวัสดิ์	บริษัท รวมเกษตรกรรมอุตสาหกรรม จำกัด (มิตรภูเวียง)
16	นายสมถวิล บุญบานเย็น	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
17	น.ส.ยุพินทรา ชันติวัฒนกุล	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
18	น.ส.สิริภาญ์ เพ็ชรศรี	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
19	น.ส.เพ็ญภา บุญศรี	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
20	นายสุเมธ อิงคมนตรี	บริษัท น้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน)
21	นายสาธิตจันทร์ทอง	บริษัท น้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน)
22	น.ส.พิมพ์ชนก บุตรชา	บริษัท น้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน)
23	น.ส.วันเพ็ญ แก้วกวย	บริษัท น้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน)
24	น.ส.ศุภิกา จันทศรี	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ จำกัด
25	นางพัชรินทร์ ปันคง	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ จำกัด
26	นายสุทธิธโรจน์ วงศ์มานพกุล	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ จำกัด
27	น.ส.ศศิพงษ์ ลายเงิน	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
28	น.ส.ฤทัย เกตุวัต	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-1 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ
เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม
ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557
โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
29	นายอนุสรณ์ ธาดากิตติสาร	บริษัท น้ำตาลบ้านโป่ง จำกัด
30	นายวรเดช ใจดี	บริษัท ไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม จำกัด
31	นายสมหมาย สุขภาศรี	บริษัท สหเรือง จำกัด
32	นายสินชัย สวัสดิชัย	บริษัท อุตสาหกรรมอ่างเวียน จำกัด
33	นายสามารถ ดวงวิจิตรกุล	บริษัท น้ำตาลพิษณุโลก จำกัด
34	น.ส.จิราวรรณ ศรีมูล	บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด
35	น.ส.กุลวิภา ลิ้มปานกุล	บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด
36	นายไพรัตน์ บุญภา	บริษัท อุตสาหกรรมมิตรมงคล จำกัด
37	นายเกียรติ บุทธิดิษฐ์	บริษัท สหการน้ำตาลชลบุรี จำกัด
38	น.ส.มินตรา เหมือนประสาธ	บริษัท สหการน้ำตาลชลบุรี จำกัด
39	น.ส.คณิดา ลีวเวหา	บริษัท เค.ซี อุตสาหกรรม จำกัด
40	น.ส.ปิยะกาญจน์ กลีบทอง	บริษัท เค.ซี อุตสาหกรรม จำกัด
41	น.ส.จันทิมา กรวยทรัพย์	บริษัท น้ำตาลนิวก้าวสันหล้า จำกัด
42	น.ส.พลอยไพลิน สันสมุทร	บริษัท น้ำตาลนิวก้าวสันหล้า จำกัด
43	นายณัฐพล แสงอ่อน	บริษัท โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม จำกัด
44	นายการุณ ไชยสมพงศ์พันธุ์	บริษัท โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม จำกัด
45	น.ส.จิราวรรณ ศรีมูล	บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด
46	น.ส.เพ็ญภา บุญศรี	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
47	น.ส.สิริกาญจน์ เพ็ชรศรี	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
48	น.ส.อรสาณรงค์จรรยา	บริษัท รวมใจโปรดักส์ จำกัด
49	น.ส.นิดา วงษ์สันต์	บริษัท รวมใจโปรดักส์ จำกัด
50	นายเกียรติศักดิ์ จีระธีรนาถ	Sutech Engineering Co., Ltd
51	น.ส.ณัฐ ตรีเนตรกมล	Sutech Engineering Co., Ltd
52	นาง ชลธิชา ข้าสะอาด	บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด
53	น.ส.จารวรรณ พูลสวัสดิ์	บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด
54	น.ส.นัยนา อันแขก	บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด
55	นายประเสริฐ พิริยะกฤต	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
56	นายวรวิทย์ ต่อโชติ	บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-1 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ
เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม
ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557
โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
57	นายธิป โจนกิจ	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาล ที.เอ็น. จำกัด
58	น.ส.ฉันทนา นันทิวัฒนวงศ์	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาล ที.เอ็น. จำกัด
59	นายวีรพงษ์ ธาธาเกษม	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน จำกัด
60	น.ส.ภาวรินทร์ ช่องวารินทร์	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน จำกัด
61	น.ส.ธาริณี ลัมศิริเศรษฐกุล	บมจ. เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
62	คุณจรรยา ศรีสังข์	บมจ.เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
63	นายภราดร จินดาวงศ์	บมจ.เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
64	นายสุทธินันท์ จันทรลอย	บมจ.เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
65	น.ส.กุลนันท์ ยงตระกูล	บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน
66	น.ส.ธาริณล โสภณดิลก	บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน
67	นายทวีพงษ์ ทองแพ	บริษัท น้ำตาลรีไฟน์ซิงมณฑล จำกัด
68	นายณัฐพงศ์ คุณพงษ์	บริษัท น้ำตาลรีไฟน์ซิงมณฑล จำกัด
69	คุณอภิญา แยมพราย	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
70	นายวีระ ทัพไทย	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
71	น.ส.จุฑามาศ คงสมบัติ	บริษัท อุตสาหกรรมโคราช จำกัด
72	นายเอกลักษณ์ สมรัก	บริษัท โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำกัด
73	นายพนอนันต์ พูลทรัพย์	บริษัท โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำกัด
74	นายสมภพ พรหมรุกชาติ	บริษัท โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำกัด
75	นายวีระวัฒน์ ศรีฉัตรวิมุข	บริษัท ไดอะโครม เคมิเคิล จำกัด
76	นายชัยวัฒน์ ศิริมลพิวัฒน์	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
77	นายวิษณุ ชินธรรมมิตร	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
78	นายพนม ตะโกเมือง	สหพันธ์ชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย
79	นายวรุฒิ วุฒิเจริญฤทธิ์	สหพันธ์ชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย
80	นายณราธิป อนันตสุข	สมาคมกลุ่มชาวไร่อ้อยเขต 7
81	นายเอกชัย อริยมงคลชัย	สมาคมกลุ่มชาวไร่อ้อยเขต 7
82	นายวิจิตร คำหา	สมาคมชาวไร่อ้อยเพชรบูรณ์
83	นายถนอม โพธิกุล	สมาคมชาวไร่อ้อยเพชรบูรณ์
84	นางทักษิณา ศันสยะวิชัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น
85	นายศิวกร รสแดงชาติ	บริษัท ไรซ์แลนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
86	นายกิตติพงศ์ ตันนิกุล	บริษัท ไรซ์แลนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-1 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ
เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม
ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557
โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
87	นายทวีศักดิ์ สุตะนันท์	บริษัท ไรซ์แลนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
88	นายเกียรติภูมิ แสงศร	บริษัท เค เอส คอสมีทอลโลจี (ประเทศไทย) จำกัด
89	น.ส.สริลพรพา เลิศฤทธิ์	บริษัท เค เอส คอสมีทอลโลจี (ประเทศไทย) จำกัด
90	นายเศรษฐสิริ เตชะธีรนนท์	บริษัท ปีอาร์เอส โลจิสติก จำกัด
91	น.ส.วันวิสาข์ ศรีนวลไชย	บริษัท ควอลิเท็ค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
92	น.ส.อิสราภรณ์ อังฉริยะเกียรติ	บริษัท ควอลิเท็ค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
93	น.สพ.กิตติ ทรัพย์ชุกุล	บริษัท คลินิกกรีนเทค จำกัด
94	น.สพ.กมล พิพัฒน์ภานุกุล	บริษัท คลินิกกรีนเทค จำกัด
95	น.ส.ปาจริย์ ไตรพันธุ์	บริษัท ยูนิเวอร์แซล ยูทีลิตี้ส์ จำกัด
96	น.ส.เยาวลักษณ์ บุญทรงฤทธิ์	บริษัท ไมลอร์ท แลบบอราทอรีส์ จำกัด
97	น.ส.วรรณิ์ สกุลนิวัฒน์	วรรณิ์เเลซ
98	นายวิจารณ์ ธาราสมบัติ	เจ้าของกิจการ
99	นายพิบูล ทวีกิจอนุกุล	เจ้าของกิจการ
100	คุณปิยะ พุ่มวงศ์	เจ้าของกิจการ
101	น.ส.กรณกนก อายสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
102	นายอัครเดช นรเสด็จ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
103	น.ส.สกุณา มาณะกล้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
104	น.ส.สิริลักษณ์ พจนพรพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
105	น.ส.สรลรัตน์ พ่วงปรีสุทธิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
106	น.ส.ณฤมล มงคลธนวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
107	น.ส.ศลิษา ชุ่มสันเทียะ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
108	น.ส.พิราพร สมบัติสุวรรณ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
109	น.ส.ศุภวรรณ ธารชินสมบัติ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
110	น.ส.พัชรินทร์ สว่างวัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
111	น.ส.ขวัญรัตน์ เป้ารัมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
112	คุณนงนภา จรัสโสมณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
113	รศ.ดร.พรชัย โรจน์สิทธิ์ศักดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
114	ผศ.ดร.ปราณี โรจน์สิทธิ์ศักดิ์	สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
115	น.ส.ศุภย์จิรา สุขบุญญสถิตย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
116	นายสุวิทย์ เลหาศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตารางผนวกที่ ข-1 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ
เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม
ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557
โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
117	คุณสาวตรี เลิศศิริวัฒนิช	ไทยพีบีเอส
118	คุณณัฐนันท์ พินิจสาคร	ไทยพีบีเอส
119	คุณนที ผ่องเผือก	ไทยพีบีเอส
120	คุณประวีณา พลเขตต์	ผู้จัดการออนไลน์
121	คุณสาลิณี ทับพิลา	กรุงเทพธุรกิจ
122	คุณภิเชก ศรีสวัสดิ์	MCOT
123	คุณไพโรจน์	MCOT
124	คุณภัทรวิทย์	MCOT
125	คุณจิตรระวี ลำปิยะ	ประชาชาติธุรกิจ
126	น.ส.กริชผกา บุญเฟื่อง	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
127	น.ส.สุหทัย จิระนนทิพร	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
128	น.ส.กานต์ธิดาพร รักกิจเกษตร	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
129	น.ส.เอมอร อิ่มเจริญ	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
130	น.ส.ณัฐชลธร โสนุชิต	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
131	ดร.ศรายุทธ เอี่ยมมงคล	iTAP
132	นายกิตติ ชุณหวงศ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
133	รศ.ดร.วิรัตน์ วาณิชศรีรัตนนา	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
134	น.ส.รจเรข ชคตันต์บดี	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
134	นายสิทธิพัฒน์ เพชรวัตร	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
136	น.ส.ปาริชาติ ศรีระพันธุ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
137	ดร.จันทรวีภา ธนะโสภณ	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
138	คุณรังสิต เขียวราช	บริษัท ไทยซูการ์มิลเลอร์ จำกัด
139	รศ.ดร.วันวิสาข์ สกกลภาพ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
140	ผศ.ดร.ธีรรัตน์ อธิธิโสภณกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
141	ศ.ดร.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
142	ภญ.ดร.ฉลอม เลาเจริญกุล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
143	รศ.ดร.อุบลทิพย์ นิมมานันต์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
144	ดร.กิตติวุฒิ เกษมวงศ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
145	ดร.ชฎานันท์ เอี่ยมสำอางค์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตารางผนวกที่ ข-1 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
146	ดร.อภिरดา สุคนธ์พันธุ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
147	ดร.สุวัชชัย จรัสโสภณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
148	คุณชัชฌาธิ์ จันทนะ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
149	คุณรามจิตติ อินทรประเสริฐ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
150	ดร.วียงค์ กังวานสุขมงคล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
151	ดร.ณัฐพันธุ์ ศุภกา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
152	ดร.ชัยศักดิ์ จันศรีนิยม	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
153	ดร.ณัฐพร พิมพะ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
154	คุณภาวิดา เกษมโชติช่วง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
155	คุณภาวินี นันตา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
156	คุณวิษุณี ปิ่นเกตุ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
157	คุณวลีวัลย์ เอกนัยน์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
157	คุณจันทิมา หอมกลบ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
159	คุณเพชรอุมา ทรัพย์วรารณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
160	คุณพรเพ็ญ โอภาสกิจไพศาล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
161	คุณนริศา บรรยงวรพินิจ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
162	คุณจำปูน ศรีเมฆ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
163	คุณขวัญใจ เนียมทอง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
164	คุณธนันต์ ธีรสถิตวงษ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
165	คุณอาทิตย์ ภูมิพลั้ง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตารางผนวกที่ ข-2 จำนวนและรายชื่อผู้ลงทะเบียนเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ร่วม ที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
1	นายสุทัศน์ พิพัฒน์ชัยพงศ์	บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด
2	นายชวลิต พนธรา	บริษัท น้ำตาลไทยเอกลักษณ์ จำกัด
3	น.ส.ณัชชา แพอ่อน	บริษัท มิตรผลวิจัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-2 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ลงทะเบียนเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดโซ่จากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัทฯ/องค์กร
4	น.ส.นันทิดา วัฒนโรจนพร	บริษัท มิตรผลวิจัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด
5	นายชาญชัย คำจู	บริษัท น้ำตาลท่ามะกา จำกัด
6	น.ส.สุนันทา นิธารณณ์	บริษัท น้ำตาลท่ามะกา จำกัด
7	นายวีระพล สาขุนทด	บริษัท ไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด
8	นายจิรศักดิ์ โหม่งปรานีต	บริษัท ไทยรุ่งเรืองอุตสาหกรรม จำกัด
9	น.ส.วนิดา จงสงเสริม	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
10	น.ส.ปวันญณ์ กล้าแก้ว	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
11	น.ส.ศรัญญา ไชยสาส์น	บริษัท รวมเกษตรกรรมอุตสาหกรรม จำกัด (มิตรภูเวียง)
12	นายสมถวิล บุญบานเย็น	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
13	น.ส.ยุพินทรา ชันติวัฒนกุล	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
14	น.ส.สิริภาญ์ เพ็ชรศรี	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
15	น.ส.เพ็ญภา บุญศรี	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
16	นายสุเมธ อิงคมนตรี	บริษัท น้ำตาลบุรี จำกัด (มหาชน)
17	นายสาธิต จันทรทอง	บริษัท น้ำตาลบุรี จำกัด (มหาชน)
18	น.ส.พิมพ์ชนก บุตรชา	บริษัท น้ำตาลบุรี จำกัด (มหาชน)
19	น.ส.วันเพ็ญ แก้วกวย	บริษัท น้ำตาลบุรี จำกัด (มหาชน)
20	น.ส.ศุภิกา จันทรศรี	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ จำกัด
21	นางพัชรินทร์ ปั่นคง	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ จำกัด
22	นายสุทธิธนโรจน์ วงศ์มานพกุล	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลบ้านไร่ จำกัด
23	น.ส.ศศิพงษ์ ลายเงิน	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
24	น.ส.ฤทัย เกตุวัต	บริษัท น้ำตาลและอ้อยตะวันออก จำกัด
25	นายอนุสรณ์ ธาดากิตติสาร	บริษัท น้ำตาลบ้านโป่ง จำกัด
26	นายวรเดช ใจดี	บริษัท ไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม จำกัด
27	นายสมหมาย สุขภาศรี	บริษัท สหเรือง จำกัด
28	นายสินชัย สวัสดิชัย	บริษัท อุตสาหกรรมอ่างเวียน จำกัด
29	นายสามารถ ดวงวิจิตรกุล	บริษัท น้ำตาลพิษณุโลก จำกัด
30	น.ส.จิราวรรณ ศรีมูล	บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด
31	น.ส.กุลวิภา ลิ้มปานกุล	บริษัท น้ำตาลเกษตรผล จำกัด
32	นายไพรัตน์ บุญญา	บริษัท อุตสาหกรรมมิตรมงคล จำกัด
33	นายภิรมบุตร กิตยดิษฐ์	บริษัท สหการน้ำตาลชลบุรี จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-2 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ลงทะเบียนเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
34	น.ส.มินตรา เหมือนประสพ	บริษัท สหการน้ำตาลชลบุรี จำกัด
35	น.ส.คณิตา ลีวเวหา	บริษัท เค.ซี อุตสาหกรรม จำกัด
36	น.ส.ปิยะกาญจน์ กลีบทอง	บริษัท เค.ซี อุตสาหกรรม จำกัด
37	น.ส.พลอยไพลิน สีนสมุทร	บริษัท น้ำตาลนิวกว่างฮั่นหลี จำกัด
38	นายณัฐพล แสงอ่อน	บริษัท โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม จำกัด
39	นายการุณ ไชยสมพงศ์พันธ์	บริษัท โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม จำกัด
40	น.ส.อรสาณรงค์จรรยา	บริษัท รวมใจโปรดักส์ จำกัด
41	น.ส.นิดา วงษ์สันต์	บริษัท รวมใจโปรดักส์ จำกัด
42	นายเกียรติศักดิ์ จีระธีรนาถ	Sutech Engineering Co., Ltd
43	น.ส.นฤฉัตร ตรีเนตรกมล	Sutech Engineering Co., Ltd
44	นาง ชลธิชา ขำสะอาด	บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด
45	น.ส.จารุวรรณ พูลสวัสดิ์	บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด
46	น.ส.นัยนา อ้นแขก	บริษัท น้ำตาลระยอง จำกัด
47	นายประเสริฐ พิริยะกฤต	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
48	นายวรุฒิ ต่อโชติ	บริษัท น้ำตาลสระบุรี จำกัด
49	นายธิป โรจนกิจ	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาล ที.เอ็น. จำกัด
50	น.ส.ฉันทนา นันทิวัฒนวงศ์	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาล ที.เอ็น. จำกัด
51	นายวีรพงษ์ ธาธาเกษม	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน จำกัด
52	น.ส.ปภาวรินทร์ ช่องวารินทร์	บริษัท อุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน จำกัด
53	น.ส.ธาริณี ลิ้มศิริเศรษฐกุล	บมจ. เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
54	คุณจรรยา ศรีสังข์	บมจ.เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
55	นายภราดร จินดาวงศ์	บมจ.เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น
56	น.ส.กุลนันท์ ยงตระกูล	บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน
57	น.ส.ธาวิมล โสภณดิลก	บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน
58	คุณอภิญญา แยมพราย	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
59	นายวีระ ทัพไทย	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
60	น.ส.จุฑามาศ คงสมบัติ	บริษัท อุตสาหกรรมโคราช จำกัด
61	นายเอกลักษณ์ สมรัก	บริษัท โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำกัด
62	นายพนอนันต์ พูลทรัพย์	บริษัท โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำกัด
63	นายสมภพ พรหมรุกขชาติ	บริษัท โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-2 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ลงทะเบียนเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
64	นายวีระวัฒน์ ศรีฉัตรวิมล	บริษัท ไดอะโครม เคมิคัล จำกัด
65	นายชัยวัฒน์ ศิริมลพัฒน์	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
66	นายพนม ตะโกเมือง	สหพันธ์ชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย
67	นายวรวุฒิ วุฒิเจริญบุรี	สหพันธ์ชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย
68	นายณรายิป อนันตสุข	สมาคมกลุ่มชาวไร่อ้อยเขต 7
69	นายเอกชัย อริยมงคลชัย	สมาคมกลุ่มชาวไร่อ้อยเขต 7
70	นางทักษิณา ศันสยะวิชัย	ศูนย์วิจัยพืชไร่นอกน่าน
71	นายศิวกร รสแดงชาติ	บริษัท ไรซ์แลนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
72	นายกิตติพงศ์ ตันนิกุล	บริษัท ไรซ์แลนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
73	นายทวีศักดิ์ สุตะนันท์	บริษัท ไรซ์แลนด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
744	นายเกียรติภูมิ แสงศรี	บริษัท เค เอส คอสมิทอลโลจี (ประเทศไทย) จำกัด
75	น.ส.สรลพพร เลิศฤทธิ์	บริษัท เค เอส คอสมิทอลโลจี (ประเทศไทย) จำกัด
76	น.ส.วันวิสาข์ ศรีนวลไชย	บริษัท ควอลิเทค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
77	น.ส.อิสราภรณ์ อัจฉริยะเกียรติ	บริษัท ควอลิเทค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
78	น.สพ.กมล พิพัฒน์ภานุกุล	บริษัท คลีนกรีนเทค จำกัด
79	น.ส.ปจรรย์ ไตรพันธุ์	บริษัท ยูนิเวอร์แซล ยูทิลิตี้ส์ จำกัด
80	น.ส.เยาวลักษณ์ บุญทรงฤทธิ์	บริษัท ไมลอร์ท แล็บบอราทอรีส์ จำกัด
81	นายวิจารณ์ ธาราสมบัติ	เจ้าของกิจการ
82	นายพิบูล ทวีกิจอนุกุล	เจ้าของกิจการ
83	น.ส.กรณกนก आयुสุข	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
84	นายอัครเดช นครเสด็จ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
85	น.ส.สิริลักษณ์ พจนพรพันธุ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
86	น.ส.สรลรัตน์ พ่วงบริสุทธิ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
87	น.ส.นฤมล มงคลธวัช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
88	น.ส.ศลิษา ชุ่มสันเทียะ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
89	น.ส.พิราพร สมบัติสุวรรณ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
90	น.ส.ศุภวรรณ ธารชินสมบัติ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
91	น.ส.พัชรินทร์ สว่างวัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
92	น.ส.ขวัญรัตน์ เป้ารัมย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี
93	คุณนงนภา จรัสโสมณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ตารางผนวกที่ ข-2 จำนวนและรายชื่อผู้ลงทะเบียนเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
94	รศ.ดร.พรชัย โรจน์สิทธิ์ศักดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
95	ผศ.ดร.ปราณี โรจน์สิทธิ์ศักดิ์	สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
96	น.ส.ศุภย์จิรา สุขบุญญสถิตย์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
97	นายสุวิทย์ เลหาศิริวงศ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
98	คุณสาวตรี เลิศศิริวัฒน์	ไทยพีบีเอส
99	คุณณัฐนันท์ พินิจสาคร	ไทยพีบีเอส
100	คุณนที ผ่องเผือก	ไทยพีบีเอส
101	คุณประวีณา พลเขตต์	ผู้จัดการออนไลน์
102	คุณสาลิณี ทับพิลา	กรุงเทพธุรกิจ
103	คุณภิเชก ศรีสวัสดิ์	MCOT
104	คุณไพโรจน์	MCOT
105	คุณภัทรวิทย์	MCOT
106	คุณจิตรระวี ลำปยะ	ประชาชาติธุรกิจ
107	น.ส.กริชผกา บุญเฟื่อง	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
108	น.ส.สุพัทยา จิระนนท์พร	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
109	น.ส.กานต์ธิดาพร รักกิจเกษตร	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
110	ดร.ศรายุทธ เอี่ยมคง	iTAP
111	นายกิตติ ชุมหวงศ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
112	รศ.ดร.วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
113	น.ส.รจเรข ชคตันต์บดี	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
114	นายสิทธิพัฒน์ เพชรวัตร	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
115	น.ส.ปาริชาติ ศรีระพันธ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
116	ดร.จันทร์วิภา ธนะโสภณ	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
117	คุณรังสิต เอียงราช	บริษัท ไทยซูการ์มิลเลอร์ จำกัด
118	รศ.ดร.วันวิสาข์ สกลภาพ	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
119	ผศ.ดร.ธีรรัตน์ อธิโสภณกุล	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
120	ศ.ดร.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
121	ภญ.ดร.ฉลอง เลาจริยกุล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
122	รศ.ดร.อุบลทิพย์ นิมมานนิตต์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
123	ดร.กิตติวุฒิ เกษมวงศ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตารางผนวกที่ ข-2 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ลงทะเบียนเข้าร่วมในงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการ เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
124	ดร.ชญานันท์ เอี่ยมสำอางค์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
125	ดร.อภิตา สุคนธ์พันธุ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
126	ดร.สุวัชชัย จรัสโสภณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
127	คุณัชชนารัช จันทนะ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
128	คุณรามจิตติ อินทรประเสริฐ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
129	ดร.วียงค์ กังวานสุขมงคล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
130	ดร.ณัฐพันธุ์ ศุภกา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
131	ดร.ชัยศักดิ์ จันศรีนิยม	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
132	ดร.ณัฐพร พิมพะ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
133	คุณณิตาเกษมโชติช่วง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
134	คุณภาวินี นันตา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
135	คุณวิษุณี ปิ่นเกตุ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
136	คุณวลีวัลย์ เอกนัยน์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
137	คุณจันทิมา หอมกลบ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
138	คุณเพชรอุมา ทรัพย์วรารณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
139	คุณพรเพ็ญ โอภาสกิจไพศาล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
140	คุณนริศา บรรยงวรพินิจ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
141	คุณจำปูน ศรีเมฆ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
142	คุณขวัญใจ เนียมทอง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
143	คุณธนันต์ ธีรสถิตวงษ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
144	คุณอาทิตย์ ฤมลปลั่ง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
145	คุณโยธิน ธาราสมบัติ	บุคคลทั่วไป

รูปแบบของการจัดการสัมมนาเชิงปฏิบัติการจะเป็นการบรรยายเกี่ยวกับวิธีการและเทคโนโลยีการผลิตไข่อ้อยจากกากหม้อกรองเหลือทิ้งในโรงงานน้ำตาล การตรวจวิเคราะห์คุณภาพตามมาตรฐานอุตสาหกรรม การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตไข่อ้อย ตลอดจนการวิเคราะห์และทางเลือก การใช้ประโยชน์จากกากหม้อกรองเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการสกัดสารโกลนเอสซ์ที่สำคัญได้แก่ สารไฟโตสเตอรอล เป็นต้น โดยคณะผู้วิจัย นอกจากนั้นยังได้เชิญผู้ร่วมบรรยายจากภาคเอกชน ได้แก่ นายรังสิต เอียงราช ผู้อำนวยการ บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด บรรยายเกี่ยวกับ Roadmap อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล

ทราย โดยมีกำหนดการสัมมนาดังตารางผนวกที่ ข-3 พร้อมกันนี้ได้จัดให้มีนิทรรศการแสดงผลเทคโนโลยี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ และแผนภาพจัดแสดงในงานอีกด้วย (ภาพผนวกที่ ข-1 และ ข-2)

ตารางผนวกที่ ข-3 กำหนดการสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา

วันจันทร์ที่ ๒๙ กันยายน ๒๕๕๗	
๐๙.๐๐ – ๑๐.๐๐ น.	ลงทะเบียน
๑๐.๐๐ – ๑๐.๑๐ น.	พิธีเปิดการประชุมเชิงปฏิบัติการฯ กล่าวรายงาน โดย ภญ.ดร.ฉลอง เลาจรีกุล รองผู้อำนวยการศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๐.๑๐ – ๑๐.๒๐ น.	กล่าวเปิดการประชุมเชิงปฏิบัติการฯ โดย ดร.จันทริกา ธนะโสภณ ผู้อำนวยการฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
๑๐.๒๐ – ๑๐.๓๐ น.	กล่าวต้อนรับ โดย ศ.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล ผู้อำนวยการศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.
๑๐.๓๐ – ๑๑.๐๐ น.	Roadmap อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย โดย นายรังสิต เจริญราช ผู้อำนวยการ บริษัท ไทยชูการ์ มิลเลอร์ จำกัด
๑๑.๐๐ – ๑๑.๒๐ น.	พักรับประทานอาหารว่าง
๑๑.๒๐ – ๑๑.๕๐ น.	การเพิ่มมูลค่าและการใช้ประโยชน์จากไขมัน โดย รศ.ดร.อุบลทิพย์ นิมนานิตย์ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๒.๐๐ – ๑๓.๓๐ น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน
๑๓.๓๐ – ๑๔.๑๕ น.	เทคโนโลยีการผลิตไขมันจากกากหม้อกรอง โดย ดร.กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๔.๑๕ – ๑๕.๐๐ น.	แบบจำลองโรงงานต้นแบบการผลิตไขมันจากกากหม้อกรองและต้นทุนการผลิต โดย รศ.ดร.วันวิสาข์ สกลภาพ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
๑๕.๐๐ – ๑๕.๓๐ น.	พักรับประทานอาหารว่าง
๑๕.๓๐ – ๑๖.๑๕ น.	มาตรฐานและข้อกำหนดควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ไขมันและไขมันจากธรรมชาติ โดย ผศ.ดร.ธีรรัตน์ อธิโสภณกุล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
๑๖.๑๕ – ๑๗.๐๐ น.	การประยุกต์ใช้ไขมันเพื่อเป็นวัสดุส่งสารสำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอาง (Solid Lipid Nanoparticles และ Nanostructured Lipid Carrier) โดย ดร.ชญานันท์ เจริญสำอาง ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๗.๐๐ – ๑๘.๓๐ น.	ชมนิทรรศการงานวิจัยของศูนย์นาโนเทคโนโลยี และ แบบจำลองโรงงานต้นแบบการผลิตไขมันจากกากหม้อกรอง ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และอาหารเสริมจากไขมัน
๑๘.๓๐ – ๒๐.๐๐ น.	รับประทานอาหารค่ำ

วันอังคารที่ ๓๐ กันยายน ๒๕๕๗

- ๐๘.๓๐ – ๐๙.๐๐ น. ลงทะเบียน
- ๐๙.๐๐ – ๐๙.๔๕ น. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจากไขอ้อย
โดย ดร.อภิดา สุนทรพันธุ์ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
- ๐๙.๔๕ – ๑๐.๑๕ น. พักรับประทานอาหารว่าง
- ๑๐.๑๕ – ๑๑.๐๐ น. คุณค่าและประโยชน์ของสาร Policosanol และ Phytosterols
(สารธรรมชาติที่มีอยู่ในกากหม้อกรอง)
โดย ดร.สุวัชชัย จรัสโสภณ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
- ๑๑.๐๐ – ๑๑.๓๐ น. ถาม-ตอบประเด็นต่างๆ
ปิดการประชุม
- ๑๒.๐๐ – ๑๓.๐๐ น. รับประทานอาหารกลางวัน

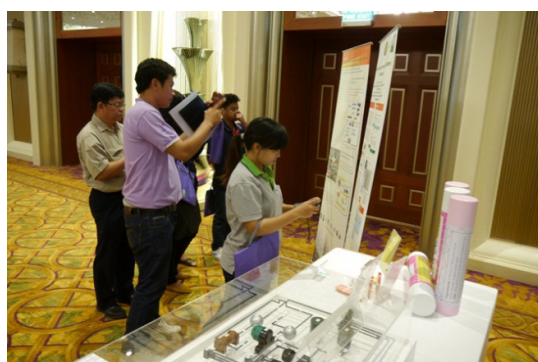


ภาพผนวกที่ ข-1 ภาพบรรยากาศงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการสกัดไขอ้อยจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา



ภาพผนวกที่ ข-1

ภาพบรรยากาศงานสัมมนาและประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ในวันที่ 29 – 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา (ต่อ)



ภาพผนวกที่ ข-2 ภาพแสดงนิทรรศการและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากแผนงานวิจัยในโรงงานสัมมนาประชุมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย ในวันที่ 29 - 30 กันยายน 2557 โรงแรมดุสิตธานี พัทยา

รายงานสรุปแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ

รายงานสรุปแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ



การประชุม	งานประชุมวิชาการ "เทคโนโลยีการสกัดไข่อ้อยจากกากหมักกรองเพื่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ร่วมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย"		
วันที่ประชุม	วันที่ 29-30 กันยายน 2557 08.00-16.30 น.		
สถานที่ประชุม	โรงแรมดุสิตธานี พัทยา		
กลุ่มเป้าหมาย	180	ราย	
ลงทะเบียน	167	ราย	
จำนวนผู้เข้าร่วมประชุม	145	ราย (คิดเป็น 81%	ของกลุ่มเป้าหมาย)
จำนวนผู้ประเมิน	98	ราย (คิดเป็น 68%	ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุม)

1. ประเมินผลระดับความรู้ (คะแนนเต็ม 5)	ค่าเฉลี่ย	%
1 ก่อนการสัมมนาท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของหลักสูตรเพียงใด	1.96	39.20
2 ความรู้ ความเข้าใจในกิจกรรมการประชุม หลังการประชุม	3.00	60.00
ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น		

2. ประเมินผลการประชุม	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเห็น	%
1 เนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของท่านเพียงใด	2.99	ปานกลาง	59.72
2 เนื้อหาที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เพียงใด	3.20	ปานกลาง	63.94
3 ก่อนการสัมมนาท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของหลักสูตรเพียงใด	1.96	ปานกลาง	39.15
4 หลังการสัมมนาท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของหลักสูตรเพียงใด	3.00	ปานกลาง	60.00
5 ความพอใจที่ท่านได้รับจากการสัมมนา	3.31	ปานกลาง	66.20
6 เอกสารประกอบเป็นประโยชน์ มากน้อยเพียงใด	3.21	ปานกลาง	64.23
7 การจัดกรโดยรวมและสิ่งอำนวยความสะดวก	3.55	ดี	70.99
8 ความเหมาะสมของสถานที่	3.66	ดี	73.24
9 ความเหมาะสมของระยะเวลา	3.66	ดี	73.24
	3.11	ปานกลาง	60.60

3. ประเมินผลวิทยากร : วิทยากร : บุคลากรภายในและนอกหน่วยงาน	ค่าเฉลี่ย	ระดับความเห็น	%
1 ความรู้ ประสิทธิภาพในเรื่องบรรยาย	4.15	ดี	82.95
2 เทคนิคในการนำเสนอ และวิธีการถ่ายทอดโดยรวม	3.80	ดี	76.07
3 การสร้างบรรยากาศเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้	3.54	ดี	70.82
4 การบรรยาย และการยกตัวอย่างชัดเจน	3.80	ดี	76.07
5 การเปิดโอกาสให้ซักถามและตอบคำถามชัดเจนตรงประเด็น	4.20	ดี	83.93
6 การควบคุมเวลาในการนำเสนอได้อย่างเหมาะสม	4.36	ดี	87.21
7 บุคลิกภาพของวิทยากร	4.25	ดีมาก	84.92
8 ความเหมาะสมของวิทยากร	4.20	ดี	83.93
	4.04	ดี	80.74

หมายเหตุ			
คะแนนเฉลี่ย		ระดับความเห็น	
4.21	-	5.00	ดีมาก
3.41	-	4.20	ดี
2.61	-	3.40	ปานกลาง
1.81	-	2.60	พอใช้
1.00	-	1.80	ควรปรับปรุง

รายงานสรุปแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ

4. ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับวิทยากร	
1	อาจมีการจัดเป็นทีมวิทยากรและอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อ เช่น การผลิตกับการควบคุมคุณภาพ
2	ความเชี่ยวชาญ การดึงดูดความสนใจ เทคนิคการบรรยายให้กับผู้ฟังที่มีความหลากหลาย
3	เทคนิคการนำเสนอจากธรรมชาติให้เป็นอนูภาคนาโน
4	เทคนิคการผลิตอนูภาคนาโนจากสารสกัดธรรมชาติ
5	จัดงานอบรม/สัมมนาได้ดี เนื้อหาน่าสนใจและได้ประโยชน์มาก
6	เป็นประโยชน์มาก ใช้ได้จริง
7	การนำเสนอเน้นงานวิจัยในทางเทคนิค มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์น้อยเกินไป
8	อยากให้เชิญเจ้าของวัตถุดิบ คือ ชาวไร่ชาวนาใหญ่ รายละเอียดประมาณ 5,000 ต้นขึ้นไป ได้เข้าร่วมประชุมด้วย โดยแบ่งเป็น 4 เขต ๆ ละ เท่า ๆ กัน จะมีประโยชน์มากกว่านี้ในการผลิตวัตถุดิบ (คือไม่เผาไฟ) จะได้ใช้ที่บริสุทธิ์
9	ดีมาก ๆ ครับ
10	บางหัวข้อใช้เวลาเกินไป
5. ข้อเสนอแนะสำหรับการประชุม	
1	เอกสารตลาดเคลื่อนจาก Slide ที่บรรยายจริงในหลายจุด เอกสารและ Slide มีตัวหนังสือเล็ก
2	ช่วงพักของวิทยากรค่อนข้างนานไป 15-20 นาทีน่าจะเหมาะสม
3	เทคนิคการนำเสนอจากธรรมชาติให้เป็นอนูภาคนาโน
4	เทคนิคการผลิตอนูภาคนาโนจากสารสกัดธรรมชาติ
5	จัดงานอบรม/สัมมนาได้ดี เนื้อหาน่าสนใจและได้ประโยชน์มาก
6. สิ่งที่น่าสนใจเป็นข้อบกพร่องและควรปรับปรุง	
1	เนื่องจากเป็นเชิงวิชาการและมีความรู้ในกระบวนการ อาจทำให้เผยแพร่ให้ผู้ประกอบการที่สนใจมากขึ้น ความร่วมมือจากสถาบันและจริงจังกับงานค้นคว้า
2	โดยรวมเน้นวิชาการดีแล้ว แต่มีบาง session ลงรายละเอียดลึกเกินไป รวมทั้งการนำเสนอ วิทยากรควรมี 2 way communication
3	การจัดผู้เข้าร่วมประชุม-สัมมนา ควรจัดให้ตรงกับกลุ่มผู้เข้าร่วมสัมมนา เพราะทำให้ผู้สัมมนามีความสนใจ ทำให้หัวข้อท้าย ๆ มีจำนวนสัมมนาน้อย
4	Process Flow Diagram
5	รายละเอียดเกี่ยวกับการ Implement โครงการ
6	ตัวอย่างที่ใช้แค่ 2 โรงงาน ซึ่งแต่ละโรงงานมีเปอร์เซ็นต์ย่อยสลายและเผาไหม้ต่างกัน และปริมาณอัตราส่วนเท่าไรจึงจะไม่กระทบ
7	ตัวอย่างที่ใช้เป็นกากหม้อกรองสด ไม่มีผลกากหม้อกรองที่เก็บไว้แต่ละช่วงเวลา ตัวอย่าง 1 สัปดาห์ หรือ 1 เดือน ฯลฯ
8	ควรปรับเนื้อหาให้มีความทันสมัยและนำไปใช้งานได้จริงในภาคอุตสาหกรรม การพูดถึงปัญหาแต่ไม่แนะนำอาจทำให้ไม่ได้ประโยชน์จากการสัมมนาเท่าที่ควร
9	เป็นงานวิจัยที่นับว่ามีผลต่ออุตสาหกรรมน้อยและนำตาลในประเทศไทยเป็นอย่างมาก แต่ในการนำไปปฏิบัติจริงเป็นไปได้ยากมาก เพราะทุกวันนี้เปอร์เซ็นต์ย่อยสลายเพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนด้านแรงงาน ถึงแม้ว่าจะพัฒนาไปใช้กรดย่อยก็ยังมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณย่อยสลายไฟไหม้
10	เนื่องจากทางทีมวิจัยใช้ตัวอย่างกากหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาลมิตรภูเขียวและโรงงานน้ำตาลราชบุรีที่มีสัดส่วนย่อยสลาย>ย่อยสลายไฟไหม้ ส่วนโรงงานอื่นตรงกันข้าม) ทำให้ได้สัดส่วน WAX อยู่ในปริมาณมาก เมื่อนำมาคิดจุดคุ้มทุนจึงดูเหมือนว่าจะคืนทุนเร็ว แต่ถ้าใช้กากหม้อกรองจากที่อื่นปริมาณ WAX จะน้อยลงจนไม่คุ้มทุน และไม่มีทางเกิดขึ้นได้ครบได้ที่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องการเผาย่อยได้
11	เทคนิคการนำเสนอ การสร้างบรรยากาศและการยกตัวอย่างไม่ชัดเจนในบางเนื้อหาที่เป็นข้อมูลเชิงลึก
12	การจัด session วันแรกแน่นไป เนื้อหาเยอะ ควรเกลี่ยให้พอดี 2 วัน
13	วันแรกอัดแน่นไป ทำให้จดจำได้ไม่เท่าที่ควรเพราะเป็นวิทยากรค่อนข้างมาก น่าจะเอาเนื้อหาบางส่วนมาไว้วันที่ 2
14	การสกัดกากหม้อกรอง อายุของกากหม้อกรองมีผลต่อ WAX หรือไม่
15	การนำเสนอในภาคธุรกิจควรมีความน่าสนใจมากกว่านี้ (เศรษฐศาสตร์) หากย่อยเอาไปจะมีการทำงาน wax ไปแล้วและสามารถนำมาใช้สกัดได้ยาก
16	เนื้อหา Scale เล็ก รายละเอียดย่อย ๆ ทำให้เสียเวลาในการบรรยายหัวข้อหลัก
17	ข้อมูลการลงทุนในภาพรวม การประเมินมูลค่าความเป็นไปได้ยังไม่ชัดเจน
18	จัดงานได้ดีมากค่ะ
7. หลักสูตรหรือหัวข้อที่ทางต้องการได้รับการฝึกอบรมเพิ่มเติม	
1	การทำเครื่องสำอางอนูภาคนาโน NLC ฯลฯ
2	เอทานอล
3	การสกัดแยกสาร Phytosterols, Policosanol อย่างละเอียด
4	Naterial Analysis of Steel, Stainless
5	เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เพื่อต่อยอดทางการตลาดในอุตสาหกรรม
6	การทำระบบนำส่งนาโนเทคโนโลยี
7	การสกัดกากหม้อกรอง อายุของกากหม้อกรองมีผลต่อ WAX หรือไม่
8	ประโยชน์ของนาโนเทคโนโลยี และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์
9	อยากให้จัดอบรม workshop การทำเครื่องสำอางภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อจะมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น
10	อยากให้อบรมและทดลองทำการผลิตเครื่องสำอางแบบง่าย ๆ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น
11	เรื่องยาง/ข้าว
8. ท่านมีความสนใจร่วมงานวิจัยกับศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติในเรื่องใดบ้าง	
1	ทุกเรื่องที่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่จะได้มีรายได้เพิ่มขึ้นด้วยในสิ่งที่ผลิตนั้น (คือผลพลอยได้)
2	การเตรียมอนูภาคนาโน และการทดสอบฤทธิ์
3	การนำงานวิจัยไปศึกษาหาทางลงทุนประกอบการ โดยคำแนะนำจากอาจารย์ และ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
4	p nano encapsulation (ด้านการเกษตร/ผลิตภัณฑ์)
5	การสกัดแยกสาร Phytosterols, Policosanol อย่างละเอียด
6	เอทานอล
7	แบคทีเรียน้ำตาล
8	โซลีย
9	การวิเคราะห์ด้านโลหะ
10	นาโนเวชสำอาง
11	นวัตกรรมและเทคโนโลยี
12	เรื่องยาง/ข้าว

2. การประชุมวิชาการ

เรื่อง การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงผิวปาก และโลชั่นบำรุงเล็บ

วันและสถานที่จัดการประชุม วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น.

ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท

หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันตลาดเครื่องสำอางได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและสารประกอบในตำรับเครื่องสำอางใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอยู่เสมอ โดยศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ศน.) ได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายอุตสาหกรรม ในการทำวิจัยในโครงการการเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรองโดยการพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์และผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ซึ่งมีโครงการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อย เพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงริมฝีปาก และโลชั่นบำรุงเล็บเป็นโครงการวิจัยย่อย เพื่อที่จะเพิ่มมูลค่าให้กับไขอ้อยที่สกัดได้จากกากหม้อกรองที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลในประเทศโดยการนำไขอ้อยที่ได้รับการวิเคราะห์ส่วนประกอบแล้วมาใช้เป็นสารประกอบในตำรับเครื่องสำอาง และใช้นาโนเทคโนโลยีในการพัฒนาอนุภาคนาโนไขอ้อยเพื่อใช้ในการกักเก็บสารสำคัญทางเครื่องสำอางเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีประสิทธิภาพ มีความคงตัวมากขึ้น และนำพัฒนาเป็นสูตรตำรับเครื่องสำอางในรูปแบบลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ ในการจัดประชุมวิชาการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอและเผยแพร่ผลงานวิจัย พัฒนาและนวัตกรรมใหม่จากโครงการดังกล่าว เพื่อที่จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาเศรษฐกิจให้แก่ผู้ประกอบการด้านเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมน้ำตาลไทย ตลอดจนสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจได้ต่อไป ทางศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ จึงได้จัดการประชุมเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจากงานวิจัย ในวันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท โดยได้ทำการเชิญกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้ประกอบการกลุ่มอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและอื่นๆ รวมทั้งนักวิชาการ นักวิจัย และบุคลากรทั่วไปทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนต่างๆ เป็นต้น (ตารางผนวกที่ ข-4) จำนวนรวมกันประมาณ 226 คน (รวมประธานในพิธีและวิทยากร) มีผู้เข้าร่วมประชุมสัมมนา จำนวน 175 คน (ตารางผนวกที่ ข-5)

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไข่อ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพฯ สุขุมวิท

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
1	ศ.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
2	ภญ.ดร.ฉลอง เลาเจริญกุล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
3	รศ.ดร.วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
4	รศ.ดร.เนติ วระนุช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
5	รศ.ดร.อุบลทิพย์ นิยมมานิตต์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
6	ดร.อภิรดา สุคนธพันธุ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
7	ดร.กิตติวุฒิ เกษมวงศ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
8	ดร.สุวัชชัย จรัสโสภณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
9	ดร.ชัยศักดิ์ จันศรีนิยม	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
10	ดร.ชญานันท์ เอี่ยมสำอาง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
11	ดร.กริष्ณภา บุญเฟื่อง	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
12	คุณศรีทิพย์ อุซชิน	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
13	คุณมนัชญา จันทเขต	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
14	คุณพัชรี กุลปวีณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
15	คุณชัชฌาธิ์ จันทนะ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
16	คุณรามจิตติ อินทรประเสริฐ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
17	คุณพรธิดา เรียงจนะพาธิ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
18	คุณสุพินยา อุปละกะลิน	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
19	คุณภนิตา เกษมโชติช่วง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
20	คุณอรทัย ล้ออุทัย	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
21	คุณกุลธิดา คำกวน	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
22	คุณชุตติกร พึ่งบุญ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
23	คุณวลีวัลย์ เอกนัยน์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
24	คุณจันทิมา หอมกลบ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
25	คุณเพชรอุมา ทรัพย์วรารณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
26	คุณพรเพ็ญ โอภาสกิจไพศาล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
27	คุณนริศา บรรยงวรพินิจ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพฯ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
28	คุณจำปูน ศรีเมฆ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
29	คุณขวัญใจ เนียมทอง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
30	คุณชนันต์ ธีรสถิตวงษ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
31	คุณกันต์ฤทัย ฝ่ายสัจจา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
32	คุณพิชชาพร บุญวัชรพันธุ์สกุล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
33	คุณนริศรา สุขนิิตย์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
34	น.ส.อัญญพร ตันศิริคงคล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
35	น.ส.รจเรข ชคพันธ์บตี	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
36	นายสิทธิพัฒน์ เพชรวัตร	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
37	น.ส.ปาริชาติ ศรีระพันธุ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
38	น.ส.สุตาพรรณ รัตนะ	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
39	ดร.พนิดา อัครพิชยนต์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
40	นายศานันท์ วินิชวงศ์	บริษัท อควา ปูรี แลบบอราทอรีส์ จำกัด
41	น.ส.ประคองศรี คำวงษา	บริษัท อควา ปูรี แลบบอราทอรีส์ จำกัด
42	ผศ.ดร.วัลลภ วีระรังสรรค์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
43	นายชนะชัย วรรณประเสริฐ	บริษัท คอลเกต-ปาล์มโอลีฟ (ประเทศไทย) จำกัด
44	น.ส.จุฑามณี เวียงวงศ์	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
45	นายรุจเวทย์ ทหารแก้ว	บริษัท ศูนย์วิทยาศาสตร์ เบทาโกร จำกัด
46	นายพิสุทธิ์ สังข์แป้น	บริษัท บิวตี้ เอช เซทเทอรา จำกัด
47	ดร.ดุชนิ ขาญวานิช	คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
48	รศ.ดร.วรารณ สุวกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
49	น.ส.ณัฐภา ปราบเสียง	บริษัท Neocosmed จำกัด
50	น.ส.กนกรัตน์ ลักษณะกุล	บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล แลบบอราทอรีส์ จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
51	นางสกริณันท์ ฉันทวานิช	บริษัท ผลิดา จำกัด
52	นายสมพงษ์ ครองวุฒิพงษ์	บริษัท ผลิดา จำกัด
53	รศ.ระพีพรรณ ฉลองสุข	มหาวิทยาลัยศิลปากร
54	ผศ.ดร.ปองทิพย์ สิทธิสาร	มหาวิทยาลัยมหิดล
55	นางสาริศา ปิ่นทอง	Good Guy Group Co.,Ltd.
56	นายจตุพล ปิ่นทอง	Good Guy Group Co.,Ltd.
57	น.ส.ศุภลักษณ์ บัณฑิตกุล	Givaudan (Thiland) Lid.
58	ดร.สุพนิดา วินิจฉัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
59	น.ส.พัลลภา วุฒิภาพรกุล	สถาบันผลิตผลเกษตรฯ ม.เกษตรศาสตร์
60	น.ส.อุบล ฤกษ์อ่ำ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
61	นายสิทธิพงศ์ สารเดช	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
62	น.ส.จิตติมา มานะกิจ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
63	นายกฤษฎา แสงรัตน์	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
64	น.ส.อภิญญา แยมพราย	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
65	นางงามศิลป์ กาบทอง	มหาวิทยาลัยศิลปากร
66	น.ส.นันทิยา วิวัฒนจิตศิลป์	บริษัท เอ็น.ซี.เอส อินเตอร์เนชั่นแนล กรู๊ป จำกัด
67	น.ส.ธนภรณ์ บวรวิรกิจ	บริษัท เอ็น.ซี.เอส อินเตอร์เนชั่นแนล กรู๊ป จำกัด
68	นางขวัญจิรา สิวายะวิโรจน์	มูลนิธิชัยพัฒนา
69	น.ส.สิริลักษณ์ วัฒนธรรม	มูลนิธิชัยพัฒนา
70	น.ส.วรดา สีสาคูกุล	บริษัท วีแลบส์ จำกัด
71	นายวิศิษฐ์ สีสาคูกุล	บริษัท วี แล็บส์ จำกัด
72	น.ส.ชนากานต์ วิงวร	บริษัท ไปโอ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพฯ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
73	น.ส.กุลวัตร จรัสศรีสุนทร	บริษัท ไบโอ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด
74	ดร.รุ่งลาวัลย์ วิบูลย์เกียรติ	บริษัท จูน แลบบอราทอรีส์ จำกัด
75	นายวีระวัฒน์ ศรีฉัตรวิมุข	บริษัท ไดอะโครม เคมิเคิล จำกัด
76	น.ส.วนิดา จงส่งเสริม	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
77	น.ส.ปวันญณ์ กล้าแก้ว	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
78	นายวีระ ทพไทย	บริษัท น้ำตาลทิพย์สุโขทัย จำกัด
79	น.ส.นฤมล มงคลธวัช	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
80	นายสมณวิธ บัญบานเย็น	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
81	นายยุพินทรา ชันติวัฒนกุล	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
82	นายเกียรติศักดิ์ จีระธีรนาถ	Sutech Engineering Co., Ltd
83	น.ส.นฤภัฏ ตรีเนตรกมล	Sutech Engineering Co., Ltd
84	นายพิสิฐ อยู่รุ่งโรจน์	บริษัท โพสเฮลท์แคร์ จำกัด
85	น.ส.รัตนา วงศ์มุกดาภรณ์	Jebsen & Jessen Nutrilife Co., Ltd.
86	นายฐิติพงศ์ เอี่ยมวรารักษ์	Jebsen & Jessen Nutrilife Co., Ltd.
87	น.ส.สุภัค นวฤทธิ์โลหะ	Jebsen & Jessen Nutrilife Co., Ltd.
88	น.ส.หทัยรัตน์ ริมศิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
89	น.ส.เทพกัญญา หาญศีลวัต	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
90	นายอนุวัตร แจ่มชัด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
91	คุณมาลี พงษ์มาลา	บริษัท เมอต้า จำกัด
92	น.ส.ขวัญลิน นพเก้า	สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน)
93	น.ส.พัชณิศา ธนะชัยนันต์	บริษัท วิน อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
94	นางศิริวรรณ วิลาสศักดิ์านนท์	บริษัท วิน อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
95	น.ส.ณภาพัช วัฒนดำรงสุข	บริษัท วิน อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด
96	นายพนธ์ เอกปัญญาสกุล	บริษัท อติณพ จำกัด
97	นายสุทธิชัย วรภัทรพานิชย์	บริษัท กิฟฟารีน สกายไลน์ แลบบอราทอรี แอน เฮลท์แคร์
98	นายกิตติ ชุมหวงศ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
99	คุณณฤมล อุ่นจิตติ	บริษัท ไบรท์เซส กรุ๊ป จำกัด
100	นายพิมล อุปถัมภ์กุล	บุคคลทั่วไป
101	น.ส.ทิพย์ยุพา วิชาคง	บริษัท กรีนสวีลส์ จำกัด
102	น.ส.มนนันท ศักยโรจน์กุล	บริษัท กรีนสวีลส์ จำกัด
103	นายชัยอนันต์ นามงาม	บริษัท คอสมาพรอฟ จำกัด
104	น.ส.ฐิตียา หอมนาน	บริษัท คอสมาพรอฟ จำกัด
105	น.ส.สุมรรณา สุธานุรักษ์	บริษัท แซนด์-เอ็ม อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด
106	นายสุเพียร สุธานุรักษ์	บริษัท แซนด์-เอ็ม อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด
107	น.ส.อรสา วุฒิวงศาโรจน์	บริษัทประชุมพรเทรตติ้ง
108	นางนฤภา วงศ์ปิยะรัตนกุล	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
109	คุณดาวรุ่ง เทอดเทียนวงษ์	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)
110	คุณเอกวัฒน์ เข้มสุทธา	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)
111	นายยงยุทธ นอละออ	IRPC
112	น.ส.วรวรรณ ลาภทัตทิมาทอง	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) (1)
113	นายอรรถรส ธีระวรวงศ์	
114	น.ส.เพลินพิศ อันเจริญ	บริษัท แล็บ แอนด์ บิวตี้ จำกัด
115	น.ส.ทิพาพร สุขสบาย	บริษัท แล็บ แอนด์ บิวตี้ จำกัด
116	น.ส.ชญัญธนันท์ คณานุรักษ์	บริษัท herb home บ้านสมุนไพรคณานุรักษ์ จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพฯ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
117	ดร.สิริลักษณ์ อัครผดุง	มหาวิทยาลัยมหิดล
118	น.ส.ภัทรานุช เอกวโรภาส	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มทร.ธัญบุรี
119	น.ส.เขมจิรา จามกม	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มทร.ธัญบุรี
120	นายนวชาติ ศาลตกุลนุกการ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
121	นายปวิธ วัฒนลาภพูนผล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
122	น.ส.พรพิลาส เอกาพันธุ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
123	น.ส.เกวลี เชื้อสามัคคี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
124	น.ส.สุชาดา พรมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยมหิดล
125	นายสมเกียรติ เรืองรองกวิน	บริษัททีเอ็นเอส จำกัด
126	ม.ล.กุลวดี เกษมสันต์	บริษัท ทีเอ็นเอส จำกัด
127	น.ส.ปิยะกาญจน์ กลีบทอง	บริษัท เค.ซี อุตสาหกรรม จำกัด
128	นายชัยวัฒน์ ศิริมลพิพัฒน์	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
129	น.ส.อวัลลภย์ รงค์ฤทธิไกร	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
130	นายปรกรณ์ ทวีศรีสวัสดิ์	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
131	น.ส.ธิดารัตน์ ขจรไพร	บ. ดอกบัวคู่ จำกัด
132	น.ส.รัชวรรณ ฐานัตถวงศ์เจริญ	บริษัท ซีดีไอพี (ประเทศไทย) จำกัด
133	น.ส.จวีวรรณ รองศักดิ์	บริษัท ซีดีไอพี (ประเทศไทย) จำกัด
134	น.ส.กนกพร พูนผล	สำนักประสานงานชุดโครงการวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาล
135	น.ส.พัชรนันท์ ศรีพัฒน์วัชร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
136	น.ส.นลนีย์ ไวนุอภิวัฒน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
137	น.ส.พรธิดา เลาจรรย์กุล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
138	น.ส.นิศรา โชคปัญญารัตน์	บริษัท นำรัก-เทียนรำ จำกัด
139	นายพีรเดช ราชกิจ	บริษัท ออสเวล เอนเตอร์ไพรส์ จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
140	น.ส.ประไพพร พันธุ์พงศ์กมล	JMT INTER
141	น.ส.ปริญญช เตชะเลิศมณี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
142	น.ส.นงราม จันทเวช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
143	นายกฤชพล ปานรอด	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
144	น.ส.รวีอาภา เหมือนชาติ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
145	นายสกันต์ วารินหอมหวล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
146	น.ส.อิสริยา สมสุขสกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
147	น.ส.นภา พรหมสวัสดิ์	IBHS Co.,Ltd
148	น.ส.นภา พรหมสวัสดิ์	IBHS Co.,Ltd
149	คุณนันทิยา วงศ์แสงตา	สถาบันวิจัยศาสตร์ด้านความงามและสุขภาพ จำกัด
150	น.ส.จรัสพิมพ์ ศรีบุญเรือง	บริษัท ชาเนล (ประเทศไทย) จำกัด
151	น.ส.ฐิติมา สุริวัฒน์	Bronson and Jacobs International Co.,Ltd.
152	นายชัยวุฒิ เกตานีรุจน์	
153	นางลักขณสุภา ประภาวัต	Amartos Company Limited
154	น.ส.นลพรรณ ชันดี	International Laboratories Co.,Ltd
155	น.ส.ณัฐกมล รัตนเทศ	International Laboratories Co.,Ltd
156	นายอภิรักษ์ ไรจนวิภาต	บุคคลทั่วไป
157	น.ส.จุลดา ผดุงชีวิต	Summit Chemical Company
158	น.ส.มนัสภรณ์ ฤทธิศร	Sensient Technologies (Thailand) Ltd.
159	นายรชต วัชรพรต	บริษัท ชิเซโต้ (ไทยแลนด์) จำกัด
160	น.ส.มนัรัตน์ สุขจิตร	บริษัท ชิเซโต้ (ไทยแลนด์) จำกัด
161	นายเทพนิมิตร ทองจันทร์	Saraga MEG (Thailand) Co.,ltd
162	ดร.อรรษณัฏร์ ชินศรีวงศ์กุล	หจก.นิเวศวิทยาฟาร์มาซูติคอล

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพฯ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
163	น.ส.รุ่งฟ้า อุปพงษ์	กรุงเทพผลิตผลอุตสาหกรรมเกษตร
164	นายณัฐพัชร เหล่าอากาศวงศ์	บริษัทเอ็ม วาย อาร์ คอสเมติกส์ โซลูชั่น จำกัด
165	นายจิรภัทร ธนาตลรุ่งเจริญ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
166	น.ส.กัลยาลักษณ์ คันธภักดี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
167	คุณสิทธิยา ประสมศรี	บริษัท บางกอกเทลคอม จำกัด (2)
168	น.ส.กมลทิพย์ จิตประเสริฐ	บริษัท จิตประเสริฐ อินดัสทรีส์ จำกัด
169	นายกุลภพ สุทธิอน	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
170	น.ส.จุฑามาศ ร่มฉัตรเงิน	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
171	น.ส.จุฑามาศ จ้อยจุมพลณ์	มหาวิทยาลัยมหิดล
172	นายฉัตรชัย เสียรนัย	บริษัท สยามเซมเพอร์เมต จำกัด(1)
173	น.ส.ณัฏฐา ลิปิยะรักษา	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทยเทรดดิ้ง จำกัด
174	นายจตุพร ธนูปกรณ์	บริษัท ไตชิน จำกัด (1)
175	คุณสรัชฌา อุดมจตุพร	บริษัท อินคริสซิ่ง โพรพิท จำกัด
176	น.ส.จันทิมา แวนศิลา	บริษัท อัลตัม พรินซ์ จำกัด
177	น.ส.จันทร์เพ็ญ จันทร	บริษัท นิวโมเดอร์น ซูเปอร์แพค จำกัด
178	น.ส.จันทร์เพ็ญ ชัยบริบูรณ์	บริษัท วิสแพค จำกัด
179	นายพงศ์ปิติ เรืองสวัสดิ์	บริษัท ซี.พี. อินเตอร์เทรด จำกัด
180	น.ส.วไลลักษณ์ ทัพเจริญ	บริษัท เคซีอี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
181	น.ส.ฐิติพร วิไลสกุลยง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
182	น.ส.ฐิติพร หงส์ทอง	มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา
183	น.ส.พิมพ์ภัรา โตศรีบรรเจิด	สถาบัน SMEs
184	นายวิศิษฏ์ศักดิ์ อินทรผกาวงศ์	The Siam Ceramic Industries Co., Ltd.
185	น.ส.นงนภัส โฆษวิฑิตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจจากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
186	นายคุณาวุฒิ เหมือนพระ	บริษัท เคนเวล (ประเทศไทย) จำกัด
187	นายกมล ไตรปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
188	น.ส.สุสิทธิ์ จุงสาย	บริษัท คอสโมซูติคอล จำกัด
189	น.ส.ปาจริย์ ไตรพันธ์	บริษัท ยูนิเวอร์แซน ยูนิสตัล จำกัด
190	น.ส.สุลีปราง แดนลาดแก้ว	บุคคลทั่วไป
191	น.ส.ปานียา สาและ	บริษัท ไอ อาร์ ซี (เอเชีย) รีเสิร์ช จำกัด
192	น.ส.จิรพรรณ พลอยพิจิตร	บริษัท กรุงเทพ โปรตีนัส จำกัด (มหาชน)
193	น.ส.พรพรรณ สีลาผอง	มหาวิทยาลัยบูรพา
194	น.ส.จิตาภรณ์ สมบุญ	บริษัท ยู ซี ไวต์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
195	นายเกษม โพธิ์งาม	บริษัท รอยัลปอร์ชเลน จำกัด (2)
196	น.ส.ธัญวรรณ โฆษิตนากกร	บริษัท ไทยแลนด์ สเมลติ้ง แอนด์ รีไฟน์ จำกัด
197	นายเกษม เรืองทรัพย์ทวี	บริษัท ทรีเร็กซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
198	น.ส.ฉวีวรรณ ทวีชัยยุทธ	บริษัท ควอลิตี้ มินิออร์ล จำกัด (มหาชน)
199	นายโชคชัย ปกรณ์ศิริกุล	ห้างหุ้นส่วนจำกัด บีวี เวนทิลเลเตอร์ (ประเทศไทย)
200	นายวินัย นำโชคชัย	KC Mahanakorn
201	น.ส.อนงค์ บุตรดา	HMP (Thailand) Ltd.
202	น.ส.อรอนงค์ สีทองคำ	บริษัท ดีดีเค (ประเทศไทย) จำกัด (2)
203	น.ส.วันวิสาข์ ศรีนวลไชย	บริษัท ควอลิเท็ค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
204	น.ส.ปิยภรณ์ จันทราภานตานันท์	บริษัท เทราล ไทย จำกัด (2)
205	นายจเรง อ่องสกุล	บริษัท พรอมสยาม จำกัด
206	น.ส.อิสราภรณ์ อัจฉริยะเกียรติ	บริษัท ควอลิเท็ค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
207	น.ส.กมลลดา พิษยวิทยาเวทย์	บริษัท ควอลิเท็ค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
208	น.ส.นันทิยา วงศ์แก้วตา	บริษัท สถาบันวิจัยศาสตร์ด้านความงามและสุขภาพ จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-4 จำนวนและรายชื่อผู้ที่ได้รับเชิญเข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนา
อนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไข่อ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง
ผิวปากและโลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้อง บอล
รูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพฯ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
209	น.ส.กุลธิดา สุขนิวัฒน์ชัย	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
210	น.ส.ภาวิณี สุขวรรณ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
211	น.ส.ปริญญ์ รุจิชัยวิสิฐ	บริษัท แพนราชเทวีกรุ๊ป จำกัด มหาชน
212	น.ส.ชุติมา ทิพยกมล	บริษัท แพนราชเทวีกรุ๊ป จำกัด มหาชน
213	น.ส.ปรภัก วุฒิวังศ์ดิลก	บริษัท แพนราชเทวีกรุ๊ป จำกัด มหาชน
214	น.ส.ศรित्रา เชาวเมธีวุฒิ	อุตสาหกรรมมิตรมงคล
215	คุณจิราภรณ์ แพงาม	บริษัท ไมลอทท์ แลบบอรรทอรี่ส์ จำกัด
216	ดร.ใจพร พุ่มคำ	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
217	คุณปวีตรดา เตชะศิริกุล	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
218	คุณปาจริย์ ไตรพันธ์	บริษัท ยูนิเวอร์แซล ยูทิลิตี้ส์ จำกัด
219	คุณกรรณชนก สุพงษ์วิบูลย์พันธ์	บริษัท อุดมชัย จำกัด
220	รศ.จตุพร บานชื่น	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
221	คุณวิมลศิริ ปัญจณศักดิ์	บริษัท ไบเออร์สต็อฟ (ประเทศไทย) จำกัด
222	คุณอนงนาฏ สิทธิคง	วิทยุกรรมประชาสัมพันธ์
223	คุณชัยราษฎร์ วรรณประไพ	Most Chanael
224	คุณเกษรา สนุ	Most Chanael
225	คุณศุภชัย แซ่เกาะ	TV.9
226	คุณภิเชก ศรีสวัสดิ์	TV.9

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
1	ศ.นพ.สิริฤกษ์ ทรงศิวิไล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
2	ภญ.ดร.ฉลอง เลาเจริญกุล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
3	รศ.ดร.วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
4	รศ.ดร.เนติ วระนุช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
5	รศ.ดร.อุบลทิพย์ นิมมานนิตต์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
6	ดร.อภิรดา สุคนธพันธุ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
7	ดร.กิตติวุฒิ เกษมวงศ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
8	ดร.สุวัชชัย จรัสโสภณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
9	ดร.ชัยศักดิ์ จันศรีนิยม	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
10	ดร.ชฎานันท์ เอี่ยมสำอาง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
11	คุณพัชรี กุลปวีณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
12	คุณชัชณารัช จันทนะ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
13	คุณรามจิตติ อินทรประเสริฐ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
14	คุณพรธิดา เรียงจนะพาณี	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
15	คุณสุพินยา อุปทะลน	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
16	คุณภนิดา เกษมโชติช่วง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
17	คุณกุลธิดา คำกวน	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
18	คุณชุตติกร พึ่งบุญ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
19	คุณวลีวัลย์ เอกนัยน์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
20	คุณจันทิมา หอมกลบ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
21	คุณเพชรอุมา ทรัพย์วรารณ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตริกเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัทฯ/องค์กร
22	คุณพรเพ็ญ โอภาสกิจไพศาล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
23	คุณนริศา บรรยงวรพินิจ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
24	คุณจำปูน ศรีเมฆ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
25	คุณขวัญใจ เนียมทอง	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
26	คุณชนนนต์ ธีรสติวงษ์	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
27	คุณกัณฑ์ฤทัย ฝ่ายสัจจา	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
28	คุณพิชชาพร บุญวัชรพันธ์สกุล	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
29	คุณนริศรา สุขนิത്യ	ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
30	น.ส.อัญญพร ตันศิริคงคล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
31	น.ส.รจเรช ชคพันธ์บดี	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
32	นายสิทธิพัฒน์ เพชรวัตร	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
33	น.ส.ปาริชาติ ศรีระพันธุ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
34	น.ส.สุตาพรรณ รัตนะ	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
35	ดร.พนิดา อัครพิชัยนธ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
36	นายศานตนันท์ วินิวงค์	บริษัท อควา ปูรี แลบบอราทอรีส์ จำกัด
37	น.ส.ประคองศรี คำวงษา	บริษัท อควา ปูรี แลบบอราทอรีส์ จำกัด
38	ผศ.ดร.วัลลภ วีระรังสรรค์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
39	นายชนะชัย วรรณประเสริฐ	บริษัท คอลเกต-ปาล์มโอลีฟ (ประเทศไทย) จำกัด
40	น.ส.จุฑามณี เวียงวงศ์	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
41	นายพิสุทธิ์ สังข์แป้น	บริษัท บิวตี้ เอช เซทเทอรา จำกัด
42	ดร.ดุชนิ ขาววณิช	ภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
43	รศ.ดร.วราภรณ์ สุวกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
44	น.ส.ณัฐรภา ปราบเสียง	บริษัท Neocosmed จำกัด
45	น.ส.กนกรัตน์ ลักษณะกุล	บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนล แลบบอราทอรีส์ จำกัด
46	นางสริรำนันท์ ฉันทวานิช	บริษัท ผลิดา จำกัด
47	รศ.ระพีพรรณ ฉลองสุข	มหาวิทยาลัยศิลปากร
48	ผศ.ดร.ปองทิพย์ สิริธินสาร	มหาวิทยาลัยมหิดล
49	นางสาริศา ปิ่นทอง	Good Guy Group Co.,Ltd.
50	นายจตุพล ปิ่นทอง	Good Guy Group Co.,Ltd.
51	น.ส.ศุภลักษณ์ บัณฑิตกุล	Givaudan (Thiland) Lid.
52	ดร.สุพนิดา วินิจฉัย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
53	น.ส.พัลลภา วุฒิภาพรกุล	สถาบันผลิตผลเกษตรฯ ม.เกษตรศาสตร์
54	น.ส.อุบล ฤกษ์อ่ำ	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
55	นายสิทธิพงศ์ สารเดช	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
56	น.ส.จิตติมา มานะกิจ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
57	นายกฤษฎา แสงรัตน์	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
58	น.ส.อภิญา แยมพราย	บริษัท น้ำตาลทิพย์กำแพงเพชร จำกัด
59	นางงามศิลป์ กาบทอง	มหาวิทยาลัยศิลปากร
60	น.ส.นันทิยา วิวัฒนจิตศิลป์	บริษัท เอ็น.ซี.เอส อินเตอร์เนชั่นแนล กรุ๊ป จำกัด
61	น.ส.ธนภรณ์ บวรวิริกิจ	บริษัท เอ็น.ซี.เอส.อินเตอร์เนชั่นแนล กรุ๊ป จำกัด
62	นางขวัญจิรา สิวะวิโรจน์	มูลนิธิชัยพัฒนา
63	น.ส.สิริลักษณ์ วัฒนธรรม	มูลนิธิชัยพัฒนา

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
64	น.ส.วรดา สีสมาติกุล	บริษัท วีแลบส์ จำกัด
65	นายวิศิษฐ์ สีสมาติกุล	บริษัท วี แลบส์ จำกัด
66	น.ส.ชนากานต์ วิงวร	บริษัท ไบโอ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด
67	น.ส.กุลวัตร จรัสศรีสุนทร	บริษัท ไบโอ แมนูแฟคเจอร์ริง จำกัด
68	ดร.รุ่งลาวัลย์ วิบูลย์เกียรติ	บริษัท จูน แลบบอราทอรีส์ จำกัด
69	นายวีระวัฒน์ ศรีฉัตรวิเศษ	บริษัท ไดอะโครม เคมิคัล จำกัด
70	น.ส.นฤมล มงคลธนวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี
71	นายสมณวิทย์ บุญบานเย็น	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
72	นายยุพินทรา ชันติวัฒนกุล	บริษัท คริสตอลลา จำกัด
73	นายเกียรติศักดิ์ จีระธีรนาถ	Sutech Engineering Co., Ltd
74	น.ส.นฤมล ตรีเนตรมงคล	Sutech Engineering Co., Ltd
75	นายพิสิฐ อยู่รุ่งโรจน์	บริษัท โพสเฮลท์แคร์ จำกัด
76	น.ส.เทพกัญญา หาญศิริวัต	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
77	คุณมาลี พงษ์มาลา	บริษัท เมอต้า จำกัด
78	น.ส.พัชร์ณิศา ธนะชัยนันต์	บริษัท วิน อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด
79	นางศิริวรรณ วิลาสักคานนท์	บริษัท วิน อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด
80	น.ส.ณภาพัช วัฒนดำรงสุข	บริษัท วิน อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล จำกัด
81	นายพนธ์ เอกปัญญาสกุล	บริษัท อติณพ จำกัด
82	นายสุทธิชัย วรรณพานิชย์	บริษัท กิฟฟารีน สกายไลน์ แลบบอราทอรี แอน เฮลท์แคร์ จำกัด
83	นายกิตติ ชุมหวงศ์	สำนักประสานงานวิจัยชุดโครงการอ้อยและน้ำตาล สกว.
84	คุณนฤมล อุ่นจิตติ	บริษัท ไบรท์เชส กรุ๊ป จำกัด
85	นายพิมล อุปถัมภ์กุล	บุคคลทั่วไป

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝิ ป า ก และ โล ชั น บำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
86	น.ส.ทิพย์ยุพา วิชาคง	บริษัท กรีนสวิลล์ จำกัด
87	น.ส.มนนันท ศักยโรจน์กุล	บริษัท กรีนสวิลล์ จำกัด
88	นายชัยอนันต์ นามงาม	บริษัท คอสมาพรอพ จำกัด
89	น.ส.ฐิตียา หอมนาน	บริษัท คอสมาพรอพ จำกัด
90	น.ส.อรสา วุฒิวงศาโรจน์	บริษัทประชุมพรเทรตติ้ง
91	นางนฤภา วงศ์ปิยะรัตนกุล	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
92	คุณดาวรุ่ง เทอดเทียนวงษ์	บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)
93	นายอรรถรส ธีระวรวงศ์	บุคคลทั่วไป
94	น.ส.ทิพาพร สุขสบาย	บริษัท แล็บ แอนด์ บิวตี้ จำกัด
95	น.ส.ชญญ์ชนันท์ คณานุรักษ์	บริษัท herb home บ้านสมุนไพรคณานุรักษ์ จำกัด
96	ดร.สิริลักษณ์ อัครผดุง	มหาวิทยาลัยมหิดล
97	น.ส.ภัทรานุช เอกวโรภาส	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มทร.ธัญบุรี
98	น.ส.เชมจิรา จามกม	วิทยาลัยการแพทย์แผนไทย มทร.ธัญบุรี
99	นายนวชาติ ศาลตกุลนุการ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
100	นายปวิธ วัฒนลาภพูนผล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
101	น.ส.เกวลี เชื้อสมัคคี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
102	น.ส.สุชาดา พรหมสุวรรณ	มหาวิทยาลัยมหิดล
103	นายสมเกียรติ เรืองรองกวิน	บริษัททีเอ็นเอส จำกัด
104	ม.ล.กุลวดี เกษมสันต์	บริษัท ทีเอ็นเอส จำกัด
105	นายชัยวัฒน์ ศิริมลพิวัฒน์	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
106	น.ส.ธวัลหทัย รงค์ฤทธิ์ไกร	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด
107	นายปรกรณ์ ทวีศรีสวัสดิ์	บริษัท ประจวบอุตสาหกรรม จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไข่อ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
108	น.ส.ธิดารัตน์ ขจรไพร	บ. ดอกบัวคู่ จำกัด
109	น.ส.รัชวรรณ ฐานตวงค์เจริญ	บริษัท ซีดีไอพี (ประเทศไทย) จำกัด
110	น.ส.จุรีวรรณ ร่องศักดิ์	บริษัท ซีดีไอพี (ประเทศไทย) จำกัด
111	น.ส.กนกพร พูนผล	สำนักประสานงานชุดโครงการวิจัยด้านอ้อยและน้ำตาล สกว.
112	นายพีรเดช ราชกิจ	บริษัท ออสเวล เอนเตอร์ไพรส์ จำกัด
113	น.ส.นภา พรหมสวัสดิ์	IBHS Co.,Ltd
114	น.ส.จรัสพิมพ์ ศรีบุญเรือง	บริษัท ชานล (ประเทศไทย) จำกัด
115	น.ส.ฐิติมา สุริวัฒน์	Bronson and Jacobs International Co.,Ltd.
116	นายชัยวุฒิ เกตนารุจน์	บุคคลทั่วไป
117	นางลักษณ์สุภา ประภาวัต	Amartos Company Limited
118	น.ส.นลพรรณ ชันดี	International Laboratories Co.,Ltd
119	น.ส.ณัฐกมล รัตนเทศ	International Laboratories Co.,Ltd
120	นายอภิรักษ์ ไรจนวิภาต	บุคคลทั่วไป
121	น.ส.จุลลดา ผดุงชีวิต	Summit Chemical Company
122	นายรชต วัชรพรพต	บริษัท ชิเซโต้ (ไทยแลนด์) จำกัด
123	น.ส.มณีนรัตน์ สุขจิตร	บริษัท ชิเซโต้ (ไทยแลนด์) จำกัด
124	นายเทพนิมิตร ทองจันทร์	Saraga MEG (Thailand) Co.,Ltd
125	ดร.อรรษยฉัตร ชินศรีวงศ์กุล	หจก.นิเวศเจริญฟาร์มาซูติคอล
126	คุณลธิยา ประสมศรี	บริษัท บางกอกเทลคอม จำกัด (2)
127	นายฉัตรชัย เจียรนัย	บริษัท สยามเซมเพอร์เมต จำกัด(1)
128	น.ส.ณัฏฐา ลิปิยะรักษา	บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทยเทรดดิ้ง จำกัด
129	คุณสรวิศา อุดมจตุพร	บริษัท อินทริสซิ่ง โพรพิท จำกัด
130	น.ส.จันทิมา แวนศิลา	บริษัท อัลต้าม ปริซิ่ง จำกัด

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ – นามสกุล	โรงงาน/บริษัทฯ/องค์กร
131	น.ส.จันทร์เพ็ญ จันทร	บริษัท นิวมอเตอร์ส ซูเปอร์แพค จำกัด
132	น.ส.จันทร์เพ็ญ ชัยบริบูรณ์	บริษัท วิสแพค จำกัด
133	น.ส.พิมพ์ภัรา โตศรีบรรเจิด	สถาบัน SMEs
134	นายคุณาวุฒิ เหมือนพระ	บริษัท เคนเวล (ประเทศไทย) จำกัด
135	น.ส.ปจรรย์ ไตรพันธ์	บริษัท ยูนิเวอร์แซน ยูนิสตัล จำกัด
136	น.ส.ชุลีปราง แดนลาดแก้ว	บุคคลทั่วไป
137	น.ส.ปานียา สาและ	บริษัท ไอ อาร์ ซี (เอเชีย) รีเสิร์ช จำกัด
138	น.ส.ฐิตาภรณ์ สมบุญ	บริษัท ยู ซี ไวด์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
139	นายเกษม โพธิ์งาม	บริษัท รอยัลปอร์ชเลน จำกัด (2)
140	น.ส.ธัญวรรณ โฆษิตธนากร	บริษัท ไทยแลนด์ สเมตติ้ง แอนด์ รีไฟน์ จำกัด
141	น.ส.ฉวีวรรณ ทวีชัยยุทธ	บริษัท ควอลิตี้ มิเนอร์ล จำกัด (มหาชน)
142	น.ส.อรอนงค์ สีทองคำ	บริษัท ดีดีเค (ประเทศไทย) จำกัด (2)
143	น.ส.วันวิสาข์ ศรีนวลไชย	บริษัท ควอลิเทค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
144	น.ส.ปิยภรณ์ จันทรากานตานันท์	บริษัท เทรล ไทย จำกัด (2)
145	นายจเร อ่องสกุล	บริษัท พรอมสยาม จำกัด
146	น.ส.อิสราภรณ์ อัจฉริยะเกียรติ	บริษัท ควอลิเทค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
147	น.ส.กมลลดา พิษยวิทยาเวทย์	บริษัท ควอลิเทค แล็บบอราทอรี เซอร์วิส จำกัด
148	น.ส.นันทิยา วงศ์แก้วตา	บริษัท สถาบันวิจัยศาสตร์ด้านความงามและสุขภาพ จำกัด
149	น.ส.กุลธิดา สุขนิวัฒน์ชัย	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
150	น.ส.ภาวณีย์ สุขวรรณ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
151	น.ส.ปริญญ์ รุจิชัยวิสิฐ	บริษัท แพนราชเทวีกรุ๊ป จำกัด มหาชน

ตารางผนวกที่ ข-5 จำนวนและรายชื่อผู้ที่เข้าร่วมในงานสัมมนาวิชาการเรื่อง การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ฝีปาก และ โลชั่นบำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล	โรงงาน/บริษัท/องค์กร
152	น.ส.ชุติมา ทิพยกุล	บริษัท แพนราชเทวีกรุ๊ป จำกัด มหาชน
153	น.ส.ปรภัก ภูมิวงศ์ดิลก	บริษัท แพนราชเทวีกรุ๊ป จำกัด มหาชน
154	น.ส.ศรিতรา เขาว์เมธีวุฒิ	อุตสาหกรรมมิตรมงคล
155	คุณจิราภรณ์ แพงาม	บริษัท ไมลอทท์ แลบบอราทอรีส์ จำกัด
156	ดร.ใจพร พุ่มคำ	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
157	คุณปวีตรดา เตชะศิริกุล	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา
158	คุณปจรรย์ ไตรพันธุ์	บริษัท ยูนิเวอร์แซล ยูทิลิตี้ส์ จำกัด
159	คุณกรรณชนก สุพงษ์วิบูลย์พันธ์	บริษัท อุดมชัย จำกัด
160	รศ.จตุพร บานชื่น	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
161	คุณวิมลศิริ ปัญจนศักดิ์	บริษัท ไบเออร์สต็อฟ (ประเทศไทย) จำกัด

รูปแบบของการจัดการสัมมนาวิชาการ เป็นการบรรยายเกี่ยวกับการสกัดไขอ้อยและการตรวจวัดคุณภาพตามมาตรฐานสากล และการนำไขอ้อยมาประยุกต์ใช้เป็นวัสดุส่งสารสำคัญ ในรูปแบบของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ แล้วนำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง โดยมีการเปรียบเทียบกับไขมันที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในท้องตลาด ได้แก่ ไขมันคาร์นูบาร์ นอกจากนี้ยังได้เชิญผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องสำอาง มาร่วมบรรยายในงานด้วย โดยได้ให้การบรรยายในหัวข้อเรื่อง การใช้สารจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย อันประกอบด้วย การนำเสนอผลงานวิจัยจากโครงการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อย เพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ การนำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เสริมสร้างและขยายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างนักวิชาการและภาคเอกชน ในการเสริมสร้างความแข็งแกร่งในการพัฒนาผลงานสู่เชิงพาณิชย์ และการประชาสัมพันธ์งานวิจัยของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สวก.) ที่พร้อมต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ โดยมีกำหนดการสัมมนาดังตารางผนวกที่ ข-6 พร้อมกันนี้ได้จัดให้มีนิทรรศการแสดงเทคโนโลยี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ และแผนภาพจัดแสดงในงานอีกด้วย (ภาพผนวกที่ ข-3)

ตารางผนวกที่ ข-6 กำหนดการสัมมนาวิชาการเรื่องการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจจาก
ไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงผิวปากและโลชั่น บำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม
2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล
กรุงเทพ สุขุมวิท

เวลา	กำหนดการ
๐๘.๓๐-๐๙.๐๐	ลงทะเบียน
๐๙.๐๐-๐๙.๑๐	กล่าวรายงาน โดย ญ.ดร.ฉลอง เลาจรีกุล รองผู้อำนวยการศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๐๙.๑๐-๐๙.๒๐	กล่าวต้อนรับผู้เข้าร่วมการประชุม โดย ศ.นพ.ศิริฤกษ์ ทรงศิริไธ ผู้อำนวยการศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๐๙.๒๐-๐๙.๓๐	กล่าวเปิดการประชุมและแนะนำแผนงานวิจัยการเพิ่มมูลค่าของไขอ้อยที่สกัดจากกากหม้อกรอง โดยพัฒนาเป็นอนุภาคนาโนภายใต้การดำเนินงานของ คอบช. - สกว. โดย รศ.ดร.วิรัตน์ วาณิชศรีรัตน (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)
๐๙.๓๐-๑๐.๐๐	บทบาทและทิศทางการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ โดย ญ.ดร. ฉลอง เลาจรีกุล รองผู้อำนวยการศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๐.๐๐-๑๐.๑๕	พักรับประทานอาหารว่าง
๑๐.๑๕-๑๑.๐๐	เทคโนโลยีการสกัดไขอ้อย (Sugarcane wax) และการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ พลอยได้จากอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในประเทศไทย โดย ดร. กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๑.๐๐-๑๑.๓๐	ประโยชน์ของสารธรรมชาติจากกากหม้อกรอง Policosanol และ Phytosterols ในผลิตภัณฑ์ เครื่องสำอางและเสริมอาหาร โดย ดร.สุวัชชัย จรัสโสภณ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๑.๓๐-๑๒.๑๕	งานวิจัยพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียจจากไขอ้อย เพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุง ริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บ โดย ดร.อภิรดา สุคนธ์พันธุ์ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๒.๑๕-๑๓.๓๐	พักรับประทานอาหารกลางวัน
๑๓.๓๐-๑๔.๐๐	เทคโนโลยีการกักเก็บและนำส่งระดับนาโน โดย ดร. ชญานันท์ เอี่ยมสำอาง ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๔.๐๐-๑๔.๓๐	การพัฒนาสูตรตำรับและวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดย รศ.ดร. อุบลทิพย์ นิยมานิตย์ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๔.๓๐-๑๕.๐๐	วิธีการวิเคราะห์สารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดย ดร.ชัยศักดิ์ จันศรีนิยม ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
๑๕.๐๐-๑๕.๑๕	พักรับประทานอาหารว่าง
๑๕.๑๕-๑๖.๐๐	การใช้สารจากธรรมชาติในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดย รศ.ดร.เนติ วรรณุช ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
๑๖.๐๐-๑๖.๓๐	ตอบข้อซักถาม/พิธีปิดการประชุม



ภาพผนวกที่ ข-3 ภาพแสดงบรรยากาศ และการจัดนิทรรศการแสดงผลงานที่เกิดขึ้นจากแผนงานวิจัย ในงานงานการสัมมนาวิชาการเรื่องการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงผิวปากและโลชั่น บำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท



ภาพผนวกที่ ข-3 ภาพแสดงบรรยากาศ และการจัดนิทรรศการแสดงผลภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากแผนงานวิจัย ในงานงานการสัมมนาวิชาการเรื่องการพัฒนาอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์จากไขอ้อยเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกบำรุงฝีปากและโลชั่น บำรุงเล็บ วันที่ 13 ตุลาคม 2557 เวลา 08.00 – 16.30 น. ณ ห้องบอลรูม 2 และ 3 ชั้น 7 โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท (ต่อ)

รายงานสรุปแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ

รายงานสรุปแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ



การประชุม	งานประชุมวิชาการ "การพัฒนาอนาคตนาโนสตรักเจอร์สปีดแคร์เลอร์จากโซลิตอนเพื่อประยุกต์ใช้ในลิปสติกน่ารุ่งฝักปากและโลชั่นน่ารุ่งเล็ม"		
วันที่ประชุม	วันที่ 13 ตุลาคม 2557 08.00-16.30 น.		
สถานที่ประชุม	โรงแรมโซฟิเทล กรุงเทพ สุขุมวิท		
กลุ่มเป้าหมาย	200	ราย	
ลงทะเบียน	226	ราย	
จำนวนผู้เข้าร่วมประชุม	175	ราย (คิดเป็น 88%	ของกลุ่มเป้าหมาย)
จำนวนผู้ประเมิน	129	ราย (คิดเป็น 74%	ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุม)

1. ประเมินผลระดับความรู้ (คะแนนเต็ม 5)		ค่าเฉลี่ย	%
1	ก่อนการสัมมนาท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของหลักสูตรเพียงใด	2.27	45.40
2	ความรู้ ความเข้าใจในกิจกรรมการประชุม หลังการประชุม	3.05	61.00

ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น

2. ประเมินผลการประชุม		ค่าเฉลี่ย	ระดับความเห็น	%
1	เนื้อหาสาระมีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของท่านเพียงใด	3.01	ปานกลาง	60.23
2	เนื้อหาที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เพียงใด	3.02	ปานกลาง	60.45
3	ก่อนการสัมมนาท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของหลักสูตรเพียงใด	2.27	ปานกลาง	45.45
4	หลังการสัมมนาท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของหลักสูตรเพียงใด	3.05	ปานกลาง	60.91
5	ความพอใจที่ท่านได้รับจากการสัมมนา	3.13	ปานกลาง	62.50
6	เอกสารประกอบเป็นประโยชน์ มากน้อยเพียงใด	3.15	ปานกลาง	62.95
7	การจัดการโดยรวมและสิ่งอำนวยความสะดวก	3.33	ปานกลาง	66.59
8	ความเหมาะสมของสถานที่	3.35	ปานกลาง	67.05
9	ความเหมาะสมของระยะเวลา	3.69	ดี	73.86
		3.11	ปานกลาง	59.87

3. ประเมินผลวิทยากร : วิทยากร : บุคลากรภายในและบุคคลภายนอก		ค่าเฉลี่ย	ระดับความเห็น	%
1	ความรู้ ประสบการณ์ในเรื่องบรรยาย	4.42	ดี	88.42
2	เทคนิคในการนำเสนอ และวิธีการถ่ายทอดโดยรวม	4.09	ดี	81.84
3	การสร้างบรรยากาศเพื่อการเรียนรู้	3.82	ดี	76.32
4	การบรรยาย และการยกตัวอย่างชัดเจน	4.04	ดี	80.79
5	การเปิดโอกาสให้ซักถามและตอบคำถามชัดเจนตรงประเด็น	4.17	ดี	83.42
6	การควบคุมเวลาในการนำเสนอได้อย่างเหมาะสม	4.03	ดี	80.53
7	บุคลิกภาพของวิทยากร	4.28	ดีมาก	85.53
8	ความเหมาะสมของวิทยากร	4.29	ดีมาก	85.79
		4.14	ดี	82.83

หมายเหตุ		ระดับความเห็น	
คะแนนเฉลี่ย			
4.21	-	5.00	ดีมาก
3.41	-	4.20	ดี
2.61	-	3.40	ปานกลาง
1.81	-	2.60	พอใช้
1.00	-	1.80	ควรปรับปรุง

รายงานสรุปแบบประเมินผลการประชุมวิชาการ

4. ความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับวิทยากร	
1	ชอบลักษณะการบรรยาย ดร.เนติ วรบุช เสียงดังฟังชัด มี vibration เชิงวิชาการและ entertain ทำให้ไม่ง่วง ชวนให้ติดตามการฟังได้ต่อเนื่อง
2	วิทยากรควบคุมเวลาในการนำเสนอได้ดีนัก
3	หัวข้อการบรรยายเหมาะกับกลุ่มอุตสาหกรรมมากกว่า สำหรับระดับธุรกิจอาจได้รับประโยชน์ในแง่วิศวกรรมใหม่เท่านั้น ในเรื่องของสูตรทางเคมี วิธีการทดลองวิจัยอาจล้าสมัย ทำให้ฟังบางช่วงบางตอนไม่เข้าใจ
4	ข้อมูลงานวิจัยปกติมาก ๆ
5	จากข้อมูลราคาของ Sugarcane wax ยิ่งถือว่ามีราคาสูงกว่า carnauba wax อยู่ เมื่อเทียบคุณภาพซึ่งไม่แตกต่างกันมากนัก
6	ได้ประโยชน์และเห็นภาพชัด
7	ควรจัดอบรมเรื่องเทคนิคการจัดทำอนุภาคนาโน
8	ขอบคุณสำหรับสิ่งดี ๆ อยากให้จัดบ่อย ๆ
5. ข้อเสนอแนะสำหรับการประชุม	
1	ควรให้รายละเอียดที่เป็น Scientific มากกว่านี้ ส่วนใหญ่กล่าวเป็นพื้นฐานของหลักการ
2	ควรขยายการจัดประชุมในส่วนที่เกี่ยวข้องให้ผู้ผลิตในประเทศทั้งระดับ SME และระดับใหญ่ เพราะมีประโยชน์
6. สิ่งที่น่าสนใจว่าเป็นข้อบกพร่องและควรปรับปรุง	
1	เนื้อหาในคู่มือ ไม่ครบตาม Slide เพราะบาง Slide ค่อนข้างหนาติดตาม
2	ประชุมครั้งนี้เน้นไลเซนส์และลิป ควรจะแจกผลิตภัณฑ์หรือแจกตัว Sugarcane wax ให้กับเอกชนที่สนใจเข้าร่วมฟัง เพื่อนำไปดูหรือศึกษาพัฒนาต่อไป
3	เวลาน้อยไป
4	ควรเพิ่มเวลาการสนทนา เนื่องจากบางหัวข้อควรลงรายละเอียดในเนื้อหา แต่เนื่องจากเวลาน้อยเกินไปทำให้เนื้อหาสั้น
5	วิธีการบรรยายไม่น่าสนใจ สำหรับวิทยากรหลาย ๆ ท่าน
6	เอกสารที่ไม่ได้ครบตามการนำเสนอ
7. หลักสูตรหรือหัวข้อที่ท่านต้องการได้รับการฝึกอบรมเพิ่มเติม	
1	Nanotechnology ที่อยู่รอบตัวเราในชีวิตประจำวัน
2	ต้องการฝึกปฏิบัติ lab เพื่อมองเห็นภาพประกอบได้ดียิ่งขึ้น
3	ความสัมพันธ์ของนาโนเทคโนโลยีกับตลาด Asean, EU, USA
4	Nano Drug Delivery
5	ความเหมาะสมของการนำระบบนำส่งไปใช้ในทางเครื่องสำอาง
6	ความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ในการผลิตภาคอุตสาหกรรมที่เป็น SME
7	เรื่องการนำเสนอที่สำคัญ
8. ท่านมีความสนใจร่วมงานวิจัยกับศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติในเรื่องใดบ้าง	
1	ความปลอดภัยของอาหาร
2	เรื่อง Phytosterol อาหารเสริมที่สกัดได้ในประเทศ
3	การทดสอบเผยแพร่ข้อมูลห้องปฏิบัติการ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การสกัดสมุนไพรและการทดสอบควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์
4	การวิเคราะห์สารสกัดสมุนไพร
5	ทุกเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องสำอาง
6	Dung Delivery
7	เครื่องสำอางที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโน
8	เทคโนโลยี นวัตกรรมเกี่ยวกับเครื่องสำอาง

ภาคผนวก ค.

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้
กิจกรรมที่ดำเนินการมา และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

แผนและผลการดำเนินงานวิจัย

โครงการที่1 เปรียบเทียบกิจกรรมที่เสนอในข้อเสนอโครงการ และกิจกรรมที่ทำจริง

วัตถุประสงค์	กิจกรรม	ช่วง ระยะเวลา ตามแผน	ผลการดำเนินงาน
1. เพื่อเตรียมไขมันจากกากหม้อกรองในขนาดต้นแบบระดับภาคสนาม (Pilot scale) ด้วยเทคนิคการสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (Supercritical Carbon dioxide Extraction) และจัดทำข้อกำหนดเพื่อควบคุมคุณภาพ	1.1 ทำการสกัดไขมันจากกากหม้อกรองในระดับต้นแบบ โดยเทคนิคการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต จำนวน 5-10 รุ่น (Batch) โดยที่แต่ละรุ่นได้ไขมันประมาณ ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม	พ.ย.56-ม.ค. 57	ได้ไขมันที่สกัดจากกากหม้อกรองโรงงานน้ำตาล ด้วยเทคนิค sc-CO ₂ จำนวน 15 กิโลกรัม โดยไขมันที่ได้ส่วนหนึ่งได้ส่งมอบให้กับโครงการวิจัยย่อยที่ 2 เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง
	1.2 ทำการศึกษาข้อกำหนดต่างๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์เพื่อควบคุมคุณภาพ	ก.พ.57-เม.ย.57	ได้ศึกษาส่วนประกอบและข้อกำหนดต่างๆตามมาตรฐาน
2. เพื่อศึกษาทางเลือกในการสร้างมูลค่าเพิ่มของกากหม้อกรองจากการใช้ประโยชน์ของไขมันและสารที่เป็นองค์ประกอบชนิดต่างๆ ได้แก่ Policosanol และ Phytosterol	2.1 ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารสำคัญที่มีอยู่ในกากหม้อกรองที่ได้จากโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยของสารพวก policosanol และ phytosterol ชนิดต่าง ๆ	เม.ย.57-พ.ค.57	ทราบถึงกระบวนการที่เหมาะสมในการสกัดสารสำคัญในกลุ่มและการวิเคราะห์ Phytosterol จากกากหม้อกรอง และสามารถจำแนกชนิดของสารดังกล่าวได้
	2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์สารสำคัญจากข้อมูลชนิดและปริมาณสารสำคัญที่วิเคราะห์ได้ในข้อ 3.1ที่ได้จากกากหม้อกรอง	พ.ค.57-มิ.ย.57	ทราบถึงปริมาณ Phytosterol ที่ได้จากการสกัดจากกากหม้อกรอง

3. เพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และต้นทุนของการผลิตไซออยเพื่อใช้เป็นวัสดุนำส่งสารสำคัญ	3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาและคำนวณต้นทุนการผลิตไซออย	พ.ย.56-เม.ย.57	ทราบต้นทุนราคาของไซออยที่ผลิตจากกากหม้อกรองโรงงานน้ำตาล ผลตอบแทนการลงทุนของโครงการ (ROI)
	3.2 การศึกษาต้นทุนการผลิตไซออย และ สาร Policosanol ในระดับต้นแบบอุตสาหกรรม		ทราบถึงกระบวนการที่เหมาะสมในการสกัดสารสำคัญในกลุ่ม Phytosterol จากกากหม้อกรอง และสามารถจำแนกชนิดของสารดังกล่าวได้
4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไซออยจากต้นอ้อยสดและสายพันธุ์อ้อยที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อใช้สำหรับเป็นฐานข้อมูลและการจำแนกพันธุ์อ้อยของประเทศไทย ปรับลดสายพันธุ์อ้อยที่ทำการวิจัยจาก 40 สายพันธุ์ เป็น 12-15 สายพันธุ์	4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไซออยที่ขุดได้จากต้นอ้อยสด สายพันธุ์อ้อยที่ใช้ในทางการค้าและเป็นสายพันธุ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย 4.2 ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไซออยที่ขุดได้จากต้นอ้อยสด ของสายพันธุ์อ้อยแต่ละสายพันธุ์ที่ทำการเลือกมาศึกษา	เม.ย.57-มิ.ย. 57	ข้อมูลด้านที่ได้จากการวิจัยในกิจกรรมนี้ ยังไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของไซออยและสายพันธุ์อ้อยอย่างชัดเจน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษายังน้อยเกินกว่าที่จะนำมาประเมินผลทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์

โครงการที่2

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	เดือนที่				ผลการดำเนินงานและ ปัญหา
		1-3	4-6	7-9	10-12	
1. พัฒนานุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) จากไขอ้อยเพื่อเก็บกัก วิตามินอี	ผลิตและพัฒนาสูตรตำรับอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ เก็บกัก วิตามินอี เพื่อใช้ทางเครื่องสำอาง					ได้พัฒนา NLCวิตามินอี โดยใช้คาร์บูนาแวกซ์ และไขอ้อย
2. ศึกษาความคงตัวของเคมีของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ โดย วิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี ที่เก็บกักไว้ในอนุภาค	พัฒนาวิธีวิเคราะห์ สารสำคัญ (วิตามินอี) ที่ถูกกักเก็บ เพื่อตรวจสอบความคงตัวของเคมีของอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) กักเก็บ วิตามินอี		 			พัฒนาวิธีวิเคราะห์ด้วย HPLC ในเบื้องต้นแล้ว
3. นำอนุภาคนาโนสตรักเจอร์ลิปิดแคเรียอร์ (NLC) บำรุงริมฝีปากและโลชั่น จากไขอ้อยที่เก็บกัก สารสำคัญ เช่น วิตามินอี มาใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาตำรับลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุง เล็บ ทดสอบความคงตัว และความพึงพอใจ	พัฒนาสูตรตำรับลิปสติก บำรุงริมฝีปากและโลชั่น บำรุงเล็บผสม NLC จากไขอ้อยที่ได้เปรียบเทียบกับไข นิตอื่นทดสอบความคงตัว และความพึงพอใจ			 		ได้สูตรลิปสติกบำรุงริมฝีปากและโลชั่นบำรุงเล็บผสม NLC จากไขอ้อยที่ได้เปรียบเทียบกับไขคาร์บูนาที่ทดสอบความคงตัว และความพึงพอใจแล้ว อย่าง 1 สูตร