

บทนำรวม

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทยมีความสำคัญเนื่องจาก เป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญและสร้างรายได้ให้กับประเทศจำนวนมาก รวมทั้งยังเป็นอาหารโปรตีนที่มีแนวโน้มว่าจะมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้สัตว์น้ำยังมีความสำคัญในแง่ของสัตว์เลี้ยงที่เป็นเพื่อนของมนุษย์ เช่นใน ปลาสวยงามทั้งหลายซึ่งนับวันว่าจะได้รับความนิยมในการเลี้ยงสูง ปลาสวยงามบางชนิดมีราคาแพง เช่น ปลาหมอสี ปลาคาร์พ จึงทำให้นักวิชาการเกิดความสนใจในการศึกษาด้านต่างๆ มากมาย นอกจากนี้สัตว์น้ำยังเป็นสัตว์ทดลองที่มีความสำคัญในด้านการเรียนการสอนและการวิจัยของประเทศ รวมทั้งปลาประจำถิ่นซึ่งกำลังจะใกล้สูญพันธุ์ เช่น ปลาบึก เป็นต้น ทำให้มีการศึกษาวิจัยในแง่ของการอนุรักษ์มากขึ้นดังนั้นจึงไม่อาจหลีกเลี่ยงได้เลยว่า สัตว์น้ำเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนไทยในปัจจุบันและอนาคต

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำนั้นมักพบปัญหาที่แตกต่างกันไป แต่ปัญหาส่วนมากที่มักพบ คือ ปัญหาด้านการจัดการที่ไม่เหมาะสม ปัญหาโรคระบาด รวมทั้งปัญหาความไม่แน่นอนของคุณภาพน้ำ ซึ่งล้วนแล้วแต่ส่งผลทำให้ปริมาณการผลิตปลาตกลง หรือมีต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น ปัญหาดังกล่าวมีปัจจัยหนึ่งที่เป็นสาเหตุโน้มนำ ก็คือความเครียด ความเครียดในปลาเกิดจากปัจจัยภายนอกเป็นสำคัญ หรือที่เรียกว่า Stressor ซึ่งได้แก่ คุณภาพน้ำที่ไม่ดี อุณหภูมิในน้ำไม่เหมาะสม หรือการรบกวนจากศัตรู รวมทั้งการจับบังคับของมนุษย์ เมื่อมีความเครียดเกิดขึ้นจะมีผลเสียต่อร่างกายปลา คือ ระบบภูมิคุ้มกันทำงานลดลง การเจริญเติบโตหยุดชะงัก กินอาหารลดลง การทำงานของระบบสืบพันธุ์ไม่ดี ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุโน้มนำของการติดเชื้อในปลาทุกชนิด ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจับบังคับปลาควรคำนึงถึงปัจจัยของความเครียดเสมอ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเกษตรกรและนักวิชาการบางส่วนไม่ได้คำนึงถึงการจับบังคับปลาที่ถูกต้อง เนื่องมาจากการขาดความรู้ดังกล่าว รวมทั้งคิดว่าการสลับปลาเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก เป็นไปไม่ได้ ไม้มีความจำเป็น มีค่าใช้จ่ายสูง รวมทั้งไม่แน่ใจในความปลอดภัยของยาสลับต่อการบริโภค วิธีการจับบังคับปลามีหลายชนิด เช่น การใช้เครื่องมือ การล่ออุณหภูมิ แต่วิธีที่ได้รับความนิยมมากคือการใช้สารเคมีหรือยาสลับละลายลงในน้ำ สารเคมีที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด เช่น สารไตรเคน มีเทนซัลโฟเนต (tricaine methanesulfonate; MS-222) มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายในน้ำได้ทันที มีความปลอดภัยสูง ได้รับการยอมรับจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาให้ใช้เป็นยาสลับในปลาบริโภคได้ แต่ข้อเสียคือมีราคาแพงมากทำให้ไม่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรมากนัก สารควินัลดีนเป็นสารที่มีลักษณะเป็นน้ำมัน มีกลิ่นฉุน มีความเป็นพิษต่อผู้ใช้และปลา วิธีการใช้ยุ่งยาก คือต้องทำการละลายในตัวทำละลายก่อน สารเบนโซเคน เป็นสารที่มีผลึกสีขาว ต้องทำละลายเช่นกันรวมทั้งมีความเป็นพิษในปลาและสัตว์น้ำที่มีโครงร่างแข็งภายนอก มีรายงานว่าสารยูจีนอลในกานพลูมีฤทธิ์ในการสลับปลาได้ อย่างไรก็ตามจากการสืบค้นและ

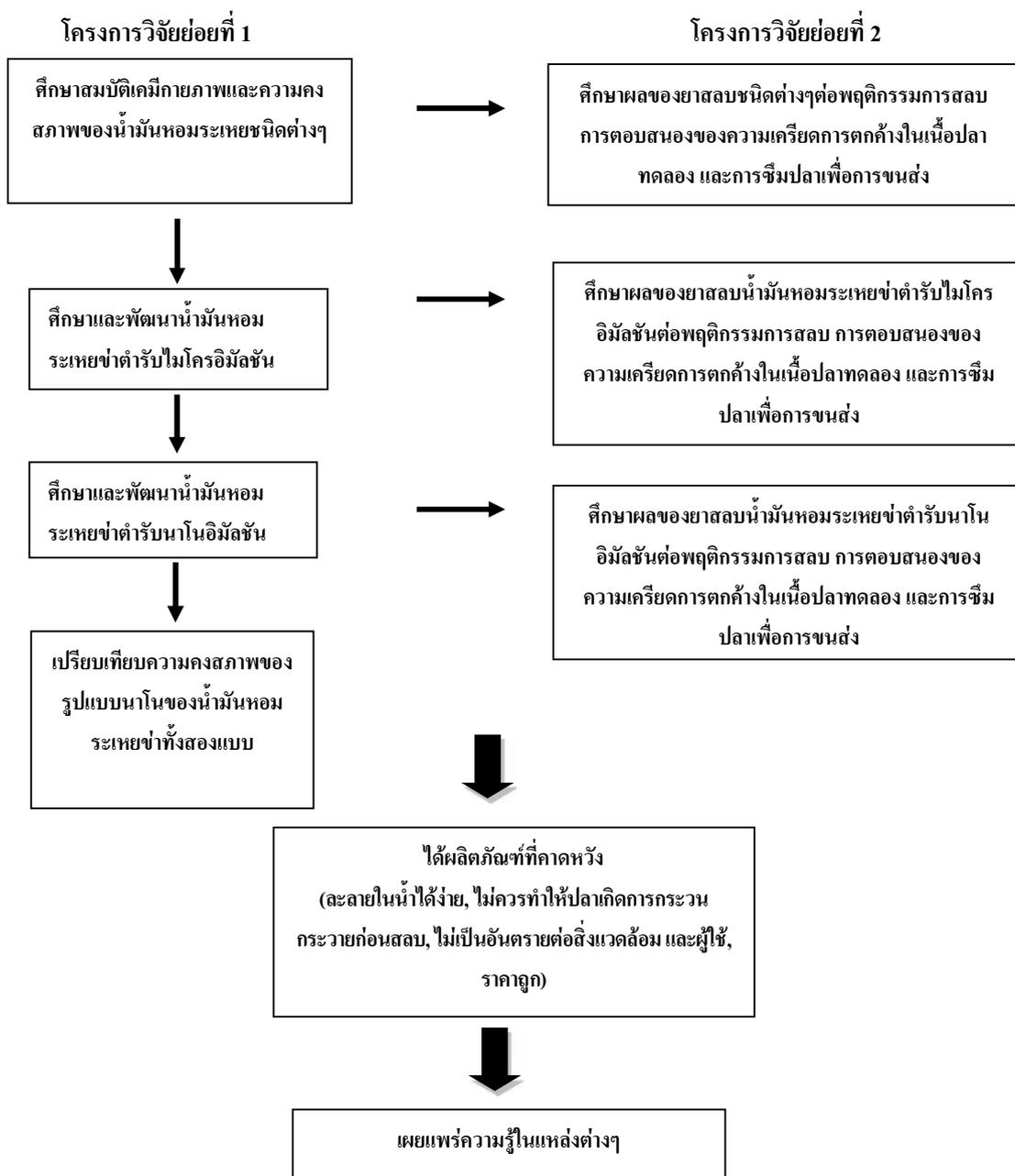
ศึกษาเบื้องต้นของคณะผู้วิจัยพบว่าพืชสมุนไพรพื้นบ้านบางชนิด โดยเฉพาะในข้าใช้สลับปลาได้ ซึ่งมีข้อดีกว่าานปลาคือหาได้ง่ายในทุกภาคของประเทศไทย และที่สำคัญคือเป็นพืชที่มนุษย์สามารถบริโภคได้ นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคนิคในการวิจัยขั้นสูงที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพรได้ดี โดยสามารถเพิ่มการละลายหรือความเข้ากันกับน้ำของน้ำมันหอมระเหยสกัดจากสมุนไพรที่มีปัญหาในการละลายในน้ำ และยังช่วยเพิ่มการดูดซึมสารออกฤทธิ์ให้สามารถออกฤทธิ์ได้เร็วขึ้น

คณะผู้วิจัยจึงได้พิจารณาใช้นาโนเทคโนโลยีมาพัฒนาผลิตภัณฑ์สารสกัดสมุนไพรในสัตว์น้ำ โดยคาดหวังว่าจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้สามารถออกฤทธิ์ได้ดีกว่า หรือเทียบเท่าสารเคมีที่มีราคาแพงและอันตรายดังกล่าวข้างต้น ซึ่งนอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรไทยแล้ว ยังสามารถผลิตนวัตกรรมใหม่ที่สามารถวางจำหน่ายได้ ทั้งในระดับชาติและอาจก้าวต่อไปถึงระดับนานาชาติได้ด้วยทั้งนี้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการป้องกันและรักษาโรคในสัตว์น้ำให้กับผู้เกี่ยวข้อง รวมทั้งเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งจะเป็นการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติเคมีกายภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย
2. เพื่อศึกษาความคงสภาพ และสมบัติเคมีกายภาพของน้ำมันข้า
3. เพื่อเตรียมมาตรฐานสำหรับควบคุมคุณภาพของน้ำมันข้า
4. เพื่อพัฒนาตำรับนาโนอิมัลชันและตำรับไมโครอิมัลชันของน้ำมันข้า
5. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความคงสภาพของตำรับน้ำมันข้าทั้งชนิดนาโนอิมัลชันและไมโครอิมัลชัน
6. เพื่อศึกษาพฤติกรรมกลการสลับ การพ่นสลับ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของความเครียด และการตกค้างในเนื้อของปลาทดลองที่ได้รับยาสลับชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันข้าในรูปแบบนาโนอิมัลชันและไมโครอิมัลชัน
7. เพื่อศึกษาการซึมของลูกปลาทดลองหลังจากได้รับยาสลับชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำมันข้าในรูปแบบนาโนอิมัลชันและไมโครอิมัลชันในระดับการซึมเพื่อการขนส่ง

รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย



ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบองค์ประกอบภายในและสมบัติเคมีกายภาพของน้ำมันข้าวที่เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญต่อการนำไปพัฒนาต่อในรูปแบบนาโนอิมัลชันและไมโครอิมัลชัน
2. ได้ GC fingerprint ที่สามารถใช้ควบคุมมาตรฐานของน้ำมันข้าว
3. ได้ตำรับน้ำมันข้าวในรูปแบบนาโนอิมัลชันและในรูปแบบไมโครอิมัลชัน
4. ตำรับยาที่พัฒนาได้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ในการใช้สารธรรมชาติทดแทนสารเคมีอันตรายในการสลับปลา
5. ตำรับยาที่พัฒนาได้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาที่ได้ใช้สารธรรมชาติที่ดีมีราคาถูก
6. เป็นการช่วยลดการนำเข้ายาจากต่างประเทศ อีกทั้งอาจมีโอกาสดึงดูดนักลงทุนที่พัฒนาได้ออกสู่การแข่งขันระหว่างประเทศด้วย
7. ได้ตำรับผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรที่อาจนำไปจดสิทธิบัตรได้
8. ได้ผลงานที่สามารถนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในระดับนานาชาติได้
9. ได้ตำรับยาสลับปลาที่ส่งเสริมการผลิตในระดับอุตสาหกรรม
10. ส่งเสริมให้เกิดการใช้ยาสลับ เพื่อจรรยาบรรณการใช้สัตว์ทดลอง เพื่องานวิจัย และงานด้านการเรียนการสอน

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรผู้ปลูกพืชสมุนไพร
2. เกษตรกรผู้เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ร้านขายปลาสวยงาม และประชาชนผู้สนใจทั่วไป
3. หน่วยงานราชการ เพื่อการเรียนการสอนและการศึกษาวิจัย เช่น มหาวิทยาลัยต่างๆ

โครงการวิจัยย่อยที่ 1

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรด้วยนาโนเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการสลบปลาบางชนิด

Development of Medicinal Plant Products by Nanotechnology

for Some Fish Anesthetization

นางศิริพร โอโกโนกิ¹ นางสาววาสนา ไชยศรี² นางศรีกาญจนา คล้ายเรือง³

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ 053-944311
โทรสาร 053-222741

² ภาควิชาคลินิกสัตวบริโภคน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ 053-948023
โทรสาร 053-948062

³ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โทรศัพท์ 053-873540 ต่อ 108 โทรสาร
053-875205

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยย่อยที่ 1

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรด้วยนาโนเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการสลบปลาบางชนิด

Development of Medicinal Plant Products by Nanotechnology for Some Fish Anesthetization

งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 งบประมาณที่ได้รับ 737,500 บาท ระยะเวลาทำวิจัย 1 ปี 11 เดือน ตั้งแต่ กรกฎาคม 2555 ถึง มิถุนายน 2557

ชื่อคณะผู้วิจัย

นางศิริพร โอโกโนกิ¹ นางสาววาสนา ไชยศรี² นางศรีกาญจนา คล้ายเรือง³

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรหลายชนิด และเพิ่มคุณสมบัติการสลบของน้ำมันฆ่าด้วยการพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชัน น้ำมันหอมระเหยฆ่าได้มาจากการสกัดเหง้าสดของฆ่าด้วยไอน้ำ การวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยทำโดยวิธีก๊าซโครมาโทกราฟีแมสสเปกโทเมตรี พบว่าสาร 1,8-cineole และ 4-allylphenyl acetate เป็นสารประกอบส่วนมากของน้ำมันหอมระเหยฆ่า การพัฒนารูปแบบเริ่มจากการสร้างเฟสไดอะแกรมไตรภาคเทียมด้วยวิธีการไทเทรตด้วยน้ำ เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำมันฆ่า น้ำ และส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วม เพื่อหาไมโครอิมัลชันที่เหมาะสม ส่วนนาโนอิมัลชันเตรียมโดยใช้เครื่องบดผสมภายใต้ความเร็วสูง ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันฆ่ารูปแบบไมโครอิมัลชันที่เหมาะสมประกอบด้วยน้ำมันฆ่าร้อยละ 20 ทวิน80 และ เอทานอลบริสุทธิ์ในอัตราส่วน 2:1 ผลการทดลองแสดงว่าตำรับไมโครอิมัลชันที่พัฒนาได้มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 81.74 ± 0.10 นาโนเมตร ศักย์ไฟฟ้าซีต้าเท่ากับ -12.63 ± 0.32 มิลลิโวลต์ ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 59.97 ± 0.38 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร ค่าความหนืดเท่ากับ 2.72 ± 0.19 มิลลิปาสคาล/วินาที สำหรับนาโนอิมัลชันพบว่าตำรับที่เหมาะสมประกอบด้วย น้ำมันฆ่าร้อยละ 20 ทวิน80 ร้อยละ 5 และ น้ำร้อยละ 75 โดยตำรับนี้มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 204.23 ± 0.92 นาโนเมตร ศักย์ไฟฟ้าซีต้าเท่ากับ -35.43 ± 0.67 มิลลิโวลต์ ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.572 ± 0.00 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร และค่าความหนืดเท่ากับ 0.33 ± 0.00 มิลลิปาสคาล/วินาที ผลการทดลองในเรื่องความคงตัวพบว่า การเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 180 วัน ทำให้น้ำมันฆ่า น้ำมันฆ่าไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันมีความคงตัวดี

The aim of the present study was to evaluate chemical properties of essential oil from various medicinal plants and to enhance the anesthetic properties of galangal oil by developing into microemulsion and nanoemulsion dosage forms. The essential oil was obtained from fresh rhizomes of *Alpinia galanga* by hydrodistillation and analyzed by gas chromatograph coupled to mass spectrometer (GC-MS). 1,8-cineole and 4-allylphenyl acetate are the major compounds of the galangal oil. Dosage form development was started with pseudoternary phase diagram construction using a water titration method. In order to find the suitable compositions in the microemulsion, the effect of the oil, water, and surfactant/co-surfactant mixture was studied. The nanoemulsion was prepared by high speed homogenization. It was found that the suitable galangal oil microemulsion was composed of 20 % of galangal oil, Tween 80 and absolute ethanol (2:1). The results showed that the developed microemulsion had a mean particle size of 81.74 ± 0.10 nm, a zeta potential of -12.63 ± 0.32 mV, conductivity at 59.97 ± 0.38 μ S/cm, viscosity of 2.72 ± 0.19 mPa/s. For nanoemulsion, it was found that the suitable formulation was composed of 20 % of galangal oil, 5% of Tween 80 and 75% of water. This formulation had a mean particle size of 204.23 ± 0.92 nm, a zeta potential of -35.43 ± 0.67 mV, conductivity at 0.572 ± 0.00 μ S/cm, viscosity at 0.33 ± 0.00 mPa/s. Results from stability study found that storage at 4°C for 180 days offered a good stability of galangal oil, microemulsion and nanoemulsion.

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ 053-944311 โทรสาร 053-222741

² ภาควิชาคลินิกสัตว์บริโภคน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โทรศัพท์ 053-948023 โทรสาร 053-948062

³ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โทรศัพท์ 053-873540 ต่อ 108 โทรสาร 053-875205

คำสำคัญ

สมุนไพร น้ำมันหอมระเหยข่า นาโนเทคโนโลยี นาโนอิมัลชัน ไมโครอิมัลชัน สารลดแรงตึงผิว ความคงสภาพ เฟสไดอะแกรม

Keywords

Medicinal plant, Galangal oil, Nanotechnology, Nanoemulsion, Microemulsion, Surfactant, Stability, Phase diagram

บทที่ 1

บทนำ

สัตว์น้ำในประเทศไทยมีหลายชนิด สัตว์น้ำที่สำคัญและถือว่าเป็นสัตว์บริโภคได้แก่ กุ้ง ปลา ปู หอย และปลาหมึก ผู้วิจัยให้ความสนใจปลาเป็นอันดับแรก เพราะปลาเป็นทั้งสัตว์น้ำที่สามารถเลี้ยงเพื่อบริโภคและเพื่อความสวยงาม จึงทำให้ปลาเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ แต่ในปัจจุบันพบว่า การประกอบอาชีพเลี้ยงปลาในประเทศไทยมีปัญหาทางด้านต้นทุนการผลิตที่มีมูลค่าสูงในขณะที่ยield ขายผลผลิตส่วนใหญ่ไม่คุ้มค่าเท่าที่ควร ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนสูง คือการใช้สารหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพง ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นยาที่ใช้รักษาโรคปลาโดยตรงหรือทางอ้อม ยาที่ใช้ในการสลบปลา เป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งที่เกษตรกรต้องการใช้เพื่อการรักษาหรือเพื่อการขนส่งปลา ยาที่มีใช้ในปัจจุบันได้แก่ เช่น tricain methane sulfonate (MS-222), benzocaine และ quinaldine ซึ่งล้วนเป็นสารเคมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้ประเทศไทยไม่สามารถผลิตได้ ดังนั้นในแต่ละปีประเทศไทยจึงต้องเสียดุลการค้ากับต่างประเทศในเรื่องการนำเข้าสารเหล่านี้เป็นจำนวนมหาศาล และสารบางชนิดยังมีอันตรายต่อผู้ใช้ การเลือกใช้สารจากธรรมชาติทดแทนสารเคมีอันตรายดังกล่าวข้างต้น จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด มีรายงานว่า สารยูจีนอล (eugenol) ซึ่งมีมากในสมุนไพรบางชนิดเช่นการพลู สามารถใช้สลบปลาได้ (Stoskopf, 1993.) และจากการสืบค้นคณะผู้วิจัยพบว่า สารยูจีนอลนี้ยังมีอยู่ในพืชสมุนไพรไทยพื้นบ้านบางชนิด อย่างไรก็ตาม การนำน้ำมันสมุนไพรมาใช้ในการสลบปลาแต่ละครั้ง จะเกิดปัญหาเนื่องจากน้ำมันสมุนไพรไม่สามารถละลายในน้ำที่แช่ปลาที่จะสลบ ดังนั้นจึงต้องนำไปผสมกับแอลกอฮอล์ก่อน แต่การใช้แอลกอฮอล์มักทำให้ปลาเกิดพฤติกรรมที่ผิดปกติและอาจจะมีผลต่อความเครียด ซึ่งส่งผลเสียหายต่อสุขภาพปลาและผลผลิต อีกประการหนึ่งในการสลบปลาโดยเฉพาะปลาสำหรับบริโภค ผู้บริโภคมักไม่ยอมรับในกลิ่นของน้ำมันสมุนไพรที่ติดไปกับปลา ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหานี้ คณะผู้วิจัยจึงจะทำการวิจัยเพื่อพัฒนาตำรับยาน้ำมันสมุนไพรที่สามารถละลายน้ำได้โดยไม่ต้องอาศัยแอลกอฮอล์ โดยพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบนาโนอิมัลชัน (nanoemulsion) และไมโครอิมัลชัน (microemulsion) และเนื่องจากโครงการนี้จะพัฒนาตำรับยาดังกล่าวทั้งสองรูปแบบนี้ในลักษณะ o/w emulsion ซึ่งน้ำมันสมุนไพรจะถูกกักเก็บไว้เป็นอนุภาคเล็ก ๆ ภายในตำรับ ดังนั้นจึงทำให้ตำรับสามารถกลบกลิ่นน้ำมันสมุนไพรได้ด้วย

โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยที่ทำการวิจัยในห้องปฏิบัติการ ทำการพัฒนาตำรับน้ำมันฆ่า 2 รูปแบบคือรูปแบบนาโนอิมัลชัน และรูปแบบไมโครอิมัลชัน โดยจะเริ่มทำการกลั่นน้ำมันและทำการควบคุมมาตรฐานน้ำมันหอมระเหยต่างๆ โดยการจัดทำ fingerprint ของน้ำมันหอมระเหยต่างๆ แล้วทำการศึกษาก่อนการตั้งตำรับ (preformulation study) ของน้ำมันหอมระเหยที่น่าสนใจ ได้แก่การศึกษาลักษณะภายนอกของน้ำมันฆ่าโดยวิธี visual observation การศึกษาสมบัติการละลาย การศึกษาองค์ประกอบภายในของ

น้ำมันข้าวและการศึกษาความคงตัวของน้ำมันข้าวเมื่อเก็บในสภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ จากนั้นทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตั้งตำรับนาโนอิมัลชันและไมโครอิมัลชันของน้ำมันข้าว ได้แก่ผลของชนิดและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิว พร้อมทั้งทำการศึกษานาโนอนุภาคภายในรวมทั้งพฤติกรรมการไหลของตำรับที่เตรียมได้ เพื่อนำไปพัฒนาต่อให้ได้ตำรับนาโนอิมัลชันและตำรับไมโครอิมัลชันที่เหมาะสมสำหรับน้ำมันข้าว และตามด้วยการศึกษาความคงสภาพของตำรับน้ำมันข้าวที่พัฒนาได้ทั้งสองรูปแบบคือรูปแบบนาโนอิมัลชันและรูปแบบไมโครอิมัลชัน เพื่อเปรียบเทียบกันในด้านความคงสภาพ และความน่าใช้ของตำรับต่อไป

หากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นผลสำเร็จ การใช้น้ำมันจากพืชสมุนไพรในการควบคุมปลาจะสามารถทดแทนสารเคมีอันตราย เนื่องจากน้ำมันพืชสมุนไพรเป็นสารธรรมชาติที่มีความปลอดภัยสูง มีราคาถูกเนื่องจากเป็นสารที่สามารถผลิตได้เองในประเทศ อีกทั้งประเทศไทยมีเกษตรกรที่ปลูกพืชสมุนไพรดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของน้ำมันข้าวเพื่อใช้ในการควบคุมปลา นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของสมุนไพรไทยแล้ว ยังสามารถผลิตนวัตกรรมใหม่ที่สามารถวางจำหน่ายได้ ทั้งในระดับชาติและอาจก้าวต่อไปถึงระดับนานาชาติได้ด้วย

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

พืชสมุนไพรที่ใช้ในการประกอบอาหารในประเทศไทยมีหลายชนิด เช่น โหระพา ยี่หระ ผักชีฝรั่ง กระเพราขาว แมงลัก กระวาน จันทน์เทศ และข่า โดยข่า เป็นพืชที่ใช้เป็นอาหารข่ามีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Alpinia alanga* (Linn.) จากภูมิปัญญาพื้นบ้านของไทย ข่า เป็นสมุนไพรหลักในตำรายาไทยที่มีสรรพคุณต่อสุขภาพทางเดินอาหารและช่องท้อง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าในประเทศเพื่อนบ้านเช่น มาเลเซีย มีการใช้ข่า ในการรักษาอาการไอ หอบหืด ปวดศีรษะ และการอักเสบต่าง ๆ (Burkill, 1966) ในปี 1992 (Fransworth et al., 1992) ได้รายงานว่าข่ามีฤทธิ์ทั้ง antiseptic และ antibacterial และสามารถขับลมได้ ในประเทศอินเดีย มีตำรายาประจำบ้านหลายชนิดที่มีข่าเป็นองค์ประกอบหลัก (The Wealth of India, 1985)

จากการที่มีการใช้เหง้าข่า มากกว่าส่วนอื่นๆ ดังนั้นจึงมีรายงานการวิจัยสารต่างๆ รวมทั้งฤทธิ์ของสารสกัดจากเหง้าข่าเป็นจำนวนมากกว่า จากการทบทวนเอกสารพบรายงานการวิจัยหาลักษณะประกอบภายในของเหง้าข่าหลายรายงาน ซึ่งพบว่าภายในเหง้าข่ามีองค์ประกอบที่สำคัญโดยเฉพาะในกลุ่มของ phenylpropanoid หลายชนิด ได้แก่ 1'-acetoxychavicol acetate, 1'-acetoxyeugenol acetate, 1'-hydroxychavicol acetate, trans-p-hydroxycinnamaldehyde, trans-p-coumaryl alcohol, trans-p-coumaryl diacetate (Mitsui et al, 1976; Barik et al, 1987; Noro et al, 1988; Lee et al, 2001) และเมื่อไม่นานมานี้มีรายงานการค้นพบสาร phenylpropanoid ตัวใหม่ ที่มีชื่อทางเคมีว่า 4, 4'[(2E, 2'E)-bis(prop-2-ene)-1,1'-oxy]-diphenyl-7,7'-diacetata (Zhu et al., 2009)

จากรายงานการศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดข่า พบว่าน้ำมันหอมระเหยของข่ามีฤทธิ์ที่มีประโยชน์มากมาย ได้แก่ antitumor (Itokawa et al., 1987; Kondo et al., 1993; Moffatt et al., 2000; Zheng et al., 2002), antiinflammatory (Nakamura et al., 1998), pungency (Yang et al., 1999), antioxidative (Kubota et al., 2001), antifungal (Janssen et al., 1985), antibacterial (Oommetta-aree et al., 2006), และ antiplasmid activity (Latha et al., 2009) ด้วย อย่างไรก็ตามน้ำมันข่ามีข้อจำกัดในการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการรักษา เนื่องจากไม่สามารถเข้ากับน้ำได้ ในโครงการนี้ จึงได้นำนาโนเทคโนโลยีมาแก้ไขปัญหาเรื่องนี้ โดยการเตรียมน้ำมันข่าให้อยู่ในรูปนาโนอิมัลชันหรือไมโครอิมัลชัน ซึ่งรูปแบบแรกจะมีลักษณะขุ่นทึบแสง ในขณะที่รูปแบบหลังจะมีลักษณะเป็นคอลลอยด์ (Krauel et al., 2007) เป็นเนื้อเดียว (monophasic system) ที่เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำ น้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารช่วยสารลดแรงตึงผิว (Kogan et al., 2006) มีลักษณะใส มีความหนืดต่ำ และมีความคงตัวทางด้านเทอร์โมไดนามิก นั่นหมายถึงระบบของไมโครอิมัลชันสามารถเกิดขึ้นได้เองโดยไม่ต้องอาศัยแรงหรือเครื่องมืออื่นใด (Boonme et al., 2006) อนุภาคภายในของไมโครอิมัลชันมีขนาดอยู่ในช่วง 5-100 นาโนเมตร ซึ่งเล็กกว่าความยาวแสง ดังนั้นเราจึงไม่สามารถมองเห็นอนุภาคภายในนั้นได้ด้วยตาเปล่า เราจึงมองเห็นไมโครอิมัลชันมีลักษณะใส ซึ่งเป็นจุดเด่นหนึ่งของ

ไมโครอิมัลชันที่แตกต่างจากอิมัลชันทั่วไป ในขณะที่อนุภาคของนาโนอิมัลชันจะมีขนาดใหญ่กว่า แต่ยังคงอยู่ในระดับนาโนเมตร ปัจจุบันมีรายงานการนำระบบไมโครอิมัลชันมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้น้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรเพื่อให้เกิดประสิทธิผลในฤทธิ์ต่าง ๆ มากขึ้น (Okonogi et al., 2012; Saeio et al., 2011; Chaiyana et al., 2010) และสังเกตว่ามีผู้นิยมผลิตผลิตภัณฑ์ในรูปแบบไมโครอิมัลชันมากกว่านาโนอิมัลชัน เพราะนอกจากไมโครอิมัลชันสามารถผลิตได้ง่าย และต้นทุนในการผลิตไมโครอิมัลชันต่ำเนื่องจากไม่ต้องการเครื่องมือในการผลิตแล้ว ไมโครอิมัลชันยังมีข้อดีอีกมากมายเมื่อนำมาใช้ทางด้านเภสัชกรรม เช่น ไมโครอิมัลชันเป็นตำรับที่มีความคงตัวดี สามารถยืดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ได้ ช่วยเพิ่มการซึมผ่านผิวหนังได้ดีเนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็ก และลักษณะภายนอกของตำรับยังนำใช้ นอกจากนี้องค์ประกอบหลักของตำรับ อันได้แก่ น้ำมัน น้ำ สารลดแรงตึงผิว และสารช่วยสารลดแรงตึงผิว ยังสามารถร่วมมือกันในการนำส่งยาผ่านผิวหนังได้เป็นอย่างดี (Abdulkarim et al., 2010)

นาโนอิมัลชัน (nanoemulsion) เป็นรูปแบบยาเตรียมที่เป็น dispersion ของหยดน้ำมันในน้ำ (O/W) หรือหยดน้ำในน้ำมัน (W/O) ห่อหุ้มหยดด้วยสารลดแรงตึงผิว นาโนอิมัลชันมีขนาดหยดอนุภาคภายในเล็กมาก มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณไม่เกิน 1 ไมครอน นาโนอิมัลชันสามารถเตรียมได้โดยการพัฒนาศูตรตำรับให้เหมาะสมและใช้แรงดันช่วยในการทำหัวตภาภายในมีขนาดเล็กลง นาโนอิมัลชันมีลักษณะคล้ายกับอิมัลชันโดยทั่วไป แต่มีความคงสภาพมากกว่าและสามารถกักเก็บตัวยาคได้ในปริมาณที่มากกว่า อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการรักษามากกว่าด้วย ทั้งนี้เนื่องจากนาโนอิมัลชันมีขนาดอนุภาคภายในที่เล็กกว่ามาก ในปัจจุบันจึงมีความพยายามนำนาโนอิมัลชันมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอางเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีความคงสภาพดี สามารถนำส่งตัวยาสู่เนื้อเยื่อเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเตรียมได้ง่ายกว่าตำรับไมโครอิมัลชัน นอกจากนี้นาโนอิมัลชันยังสามารถกลบกลืนตัวยาคัญได้ เนื่องจากตัวยาคูกักเก็บไว้ในหยดตภาภายในที่มีสารลดแรงตึงผิวห่อหุ้มไว้ทุกหยด สารลดแรงตึงผิวยังช่วยทำให้ตัวยาคสามารถละลายในตัวกลางที่เป็นน้ำได้ ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีกรอบแนวความคิดที่จะนำรูปแบบนาโนอิมัลชันมาพัฒนาตำรับน้ำมันข่า เพื่อประสิทธิภาพในการนำส่งตัวยาค ความคงสภาพ และการกลบกลืนน้ำมันข่า

ไมโครอิมัลชัน (microemulsion) เป็นรูปแบบยาเตรียมที่เป็น homogeneous dispersion ของหยดน้ำมันในน้ำ (O/W) หรือหยดน้ำในน้ำมัน (W/O) ห่อหุ้มหยดด้วยสารลดแรงตึงผิว ไมโครอิมัลชันมีขนาดหยดอนุภาคภายในเล็กกว่านาโนอิมัลชัน คือมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-150 นาโนเมตร การพัฒนาศูตรตำรับจะซับซ้อนกว่านาโนอิมัลชัน แต่มีสมบัติพิเศษที่เหนือกว่านาโนอิมัลชันและตำรับอิมัลชันธรรมดา คือมีความใส (transparency) ทำให้ตำรับและดูสวยงามนำใช้ (ตำรับอิมัลชันธรรมดามีลักษณะขุ่น) ไมโครอิมัลชันมีความหนืดน้อยกว่าทำให้ไหลได้ดีกว่าตำรับอิมัลชันธรรมดาที่มีความหนืดสูงไหลยาก และไมโครอิมัลชันมีความคงสภาพมากกว่า ความใสของตำรับไมโครอิมัลชันเกิดขึ้นได้เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดของน้ำมันซึ่งเป็นตัวตภาภายใน (ประมาณ 10-150 นาโนเมตร) มีขนาดสั้นกว่าความยาวของ visible wavelength ซึ่งประมาณ 150-200 นาโนเมตร ทำให้สายตาคคนเรามองไม่เห็นหยดเหล่านั้น จึงมองเห็นเป็น

ตำรับใต ดั้งนั้นในปัจจุบันจึงความพยายามนำไมโครอิมัลชันมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีความคงสภาพสูงที่สุด และสามารถละลายและนำส่งตัวยาที่ละลายน้ำยากไปสู่อวัยวะเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยกลบกลิ่นของตัวยาได้ด้วย และด้วยเหตุนี้โครงการวิจัยนี้จึงมีกรอบแนวคิดในการนำไมโครอิมัลชันมาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมันข่าเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง

บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

1. พืชสมุนไพร

พืชสมุนไพรที่ใช้ในการศึกษาฤทธิ์ในการทำสลับปลาเบื้องต้นมี 10 ชนิด โดยเก็บพืชสมุนไพรทั้งต้นจากบริเวณที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่ นำสมุนไพรที่ได้มาตรวจสอบเอกลักษณ์เพื่อยืนยันว่าเป็นสมุนไพรที่ต้องการ จากนั้นรวบรวมเอาเฉพาะส่วนใบหรือเหง้า (rhizome) ของพืชไปทำการทดลองต่อไป ประกอบด้วย

- ก. โหระพา (*Ocimum basilicum*) ส่วนที่นำมาใช้คือ ใบและช่อดอก
- ข. ยี่ห่วย (*Ocimum gratissimum*) ส่วนที่นำมาใช้คือ ใบและช่อดอก
- ค. ผักชีฝรั่ง (*Eryngium foetidum*) ส่วนที่นำมาใช้คือ ใบ
- ง. กระเพราขาว (*Ocimum sanctum*) ส่วนที่นำมาใช้คือ ใบและช่อดอก
- จ. แมงลัก (*Ocimum canum*) ส่วนที่นำมาใช้คือ ใบและช่อดอก
- ฉ. กระวาน (*Amomum krervanh*) ส่วนที่นำมาใช้คือ ใบ
- ช. จันทน์เทศ (*Myristica fragrans*) ส่วนที่นำมาใช้คือ รากหุ้มเปลือกเมล็ด และเมล็ด
- ซ. ข่า (*Alpinia galanga*) ส่วนที่นำมาใช้คือ เหง้า

2. เครื่องมือและอุปกรณ์การวิจัย

1. GC-MS (Colume ของ Agilent, USA; Detector ของ Hewlett Packard HP[®], USA)
2. ชุดเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยชนิดน้ำมันเบาที่น้ำหนัก
3. High speed homogenizer (Ultra-Turrax T25, IKA-WERKE, Germany)
4. Photon correlation spectrophotometer (Zetasizer[®] Nano ZS analyzer, USA)

3. วัสดุที่ใช้

1. Tween 20: (Namsiang Group CO., LTD. Bangkok, Thailand)
2. Tween 80: (Namsiang Group CO., LTD. Bangkok, Thailand)
3. Triton X-100: (Amresco, Solon, Ohio)
4. Methanol (Merck, Darmstadt, Germany)
5. Absolute ethanol (Emsure, Merck KGaA, Darmstadt, Germany)
6. Iso-propanol (Fisher Scientific, Leicestershire, United Kingdom)
7. Butanol (Merck, Darmstadt, Germany)

8. Octanol (Merck, Darmstadt, Germany)
9. Propylene glycol (Union Science Co.,Ltd. Lot.6027511031, repack. 22/02/55)
10. Glycerin (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)
11. Span 80 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)
12. Cetyl alcohol (Fluka Chemical Co., Japan)
13. Stearyl alcohol (Fluka Chemical Co., Japan)
14. Stearic acid (Fluka Chemical Co., Japan)
15. Cetostearyl alcohol (Fluka Chemical Co., Japan)
16. PEG 400 (Union Science Co.,Ltd., Thailand)
17. PEG 600 (Union Science Co.,Ltd., Thailand)
18. Acetone (Merck, Darmstadt, Germany)
19. Hexane (Merck, Darmstadt, Germany)
20. Diethyl ether (Fisher Scientific, Leicestershire, United Kingdom)
21. Dichloromethane (Fisher Scientific, Leicestershire, United Kingdom)
22. DMSO (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)
23. Ethyl acetate (Fisher Scientific, Leicestershire, United Kingdom)

4. การสกัดและการควบคุมมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหย

การสกัดน้ำมันหอมระเหย

ทำความสะอาดพืชสด พร้อมทั้งสะเด็ดน้ำออกให้มากที่สุด จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนพร้อมกับจัดบันทึก แล้วนำมาบดผสมกับน้ำกลั่น ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหย โดยวิธี hydro-distillation ใช้เครื่องกลั่นขนาด 1 ลิตร และ 10 ลิตร (ดังแสดงในภาพที่ 1) รองรับน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ด้วย clevenger สำหรับน้ำมันชนิดที่เบากว่าน้ำ จากนั้นจัดบันทึกปริมาณน้ำมันหอมระเหยหลังจากที่นำน้ำมันหอมระเหยไปกำจัดน้ำพร้อมคำนวณหาร้อยละของผลที่ได้ แล้วเก็บรวบรวมใส่ภาชนะปิดสนิท ป้องกันแสงและเก็บในตู้เย็น เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 1 แสดงการกลั่นน้ำมันหอมระเหยในภาชนะขนาดต่างๆ ก. ภาชนะกลั่นแบบ 1 ลิตร
ข. ภาชนะกลั่นแบบ 10 ลิตร

การควบคุมมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหย

การควบคุมมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหย โดยนำมาวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการทางเคมีด้วยวิธีก๊าซโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทเมตรี (GC-MS) (GC Agilent system 6890m/แมสสเปกโตรมิเตอร์ MS 5973 ใช้คอลัมน์ HP-5 MS (30.0 μm x 250 μm x i.d., 0.25 μm)) และเปรียบเทียบกับแมสสเปกตรัมของสารมาตรฐาน ผลการทดลองแสดงเป็น GC chromatogram การศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยอาศัยอิเล็กตรอนอิมแพค (Electron Impact (EI) mode) รายละเอียดและสภาวะการทำงานของเครื่อง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดและสภาวะการทำงานของเครื่อง GC-MS

Column	Agilent J&W USA [®] 0.25 μm , 300x0.250mm
Mobile phase	Helium gas (UHP grade)
Flow rate	1.0 ml/min
Injection volume	1 μl
Run time	49.93 min
Detection	HEWLETT Packard HP [®] Mass Selective Detector

5. การศึกษาก่อนการตั้งตำรับของน้ำมันฆ่า

ได้นำน้ำมันฆ่าที่สกัดได้มาศึกษาสมบัติการละลายหรือสมบัติความเข้ากันได้ของน้ำมันฆ่ากับตัวทำละลาย โดยทำการศึกษากับของเหลวที่นิยมใช้ในทางเภสัชกรรมเป็นตัวทำละลายหรือตัวช่วยละลาย รวมทั้งสิ้นจำนวน 25 ตัว (ตารางที่ 2) การศึกษาสมบัติการละลายทำโดยการชั่งน้ำมันฆ่า 0.01 กรัม ลงในหลอดทดลองแล้วเติมของเหลวทดสอบชนิดต่างๆ ทีละส่วน และก่อนเติมส่วนต่อไปให้ทำการผสมสารผสมให้เข้ากันโดยเครื่องคนผสมแบบ vortex mixer หรือแบบ magnetic stirrer ดังแสดงในภาพที่ 2 ทำเช่นนี้เรื่อยๆ จนกระทั่งน้ำมันฆ่าละลายหมดโดยการสังเกตด้วยตาเปล่าโดยจะพบลักษณะใส จากนั้นบันทึกปริมาณของเหลวที่ใช้ แล้วทำการคำนวณค่าการละลายและแสดงค่าการละลายแบบประมาณ โดยอาศัยตารางแสดงการประมาณค่าการละลายสาร (ตารางที่ 3) โดยหากของเหลวใดแสดงค่าตัวเลขน้อยแสดงว่าของเหลวนั้นสามารถละลายน้ำมันได้ดีในทางกลับกันหากตัวทำละลายใดมีค่าตัวเลขมาก แสดงว่าตัวทำละลายนั้นสามารถละลายน้ำมันได้ไม่ดี ในการทดลองทำการสังเกตความเข้ากันได้ระหว่างน้ำมันฆ่ากับของเหลวทดสอบด้วยว่าเกิดตะกอนหรือไม่เพียงใด



ภาพที่ 2 การศึกษาสมบัติการละลายและความเข้ากันได้ของน้ำมันหอมระเหย

ก. โดยเครื่องผสมแบบ vortex ข. โดยเครื่องผสมแบบ magnetic stirrer

ตารางที่ 2 แสดงชนิดของตัวทำละลายในการศึกษา

หลอดที่	ตัวทำละลาย	หลอดที่	ตัวทำละลาย
1	น้ำร้อน	14	Cetyl alcohol
2	น้ำเย็น	15	Stearyl alcohol
3	Methanol	16	Stearic acid
4	Absolute ethanol	17	Cetosteary alcohol
5	Iso-propanol	18	PEG 400
6	Butanol	19	PEG 600
7	Octanol	20	Acetone
8	Propylene glycol	21	Hexane
9	Glycerine	22	Diethyl ether
10	Tween 20	23	Dichloromethane
11	Tween 80	24	DMSO
12	TritonX-100	25	EtOAc
13	Span 80		

ตารางที่ 3 การแสดงค่าการละลายโดยประมาณของสาร

ค่าการละลายโดยประมาณ	ส่วนของของเหลวที่ใช้ในการละลายสาร 1 ส่วน
Very soluble	< 10
Freely soluble	1 – 10
Soluble	10 – 30
Sparingly soluble	30 – 100
Slightly soluble	100 – 1000
Very slightly soluble	1000 – 10000
Practically insoluble/insoluble	> 10000

6. การเตรียมผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย

ในการเตรียมผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

- 6.1 ทำการหาความหนาแน่นของสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว
- 6.2 ทำการหาความหนาแน่นของสารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม (Smix)
- 6.3 ทำการศึกษา phase diagram ของไมโครอิมัลชัน โดยวิธี water titration ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 การหาความหนาแน่นของสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว

เนื่องจากการพัฒนาระบบ ไมโครอิมัลชัน สิ่งสำคัญของระบบนำส่งยาแบบนี้คือการสร้างแผนภาพสามเหลี่ยม หรือ phase diagram ซึ่งแสดงถึงสัดส่วนองค์ประกอบของน้ำ น้ำมัน และสารลดแรงตึงผิวกับสารลดแรงตึงผิวร่วมที่ก่อให้เกิดระบบ ไมโครอิมัลชัน ที่มีลักษณะโปร่งใส มีความหนืดต่ำ และมีความคงตัวดีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งอัตราส่วนของสารต่างๆ ใน phase diagram นั้นจะแสดงโดยอัตราส่วนโดยน้ำหนักสาร ดังนั้น จึงต้องทำการหาค่าความหนาแน่นของสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว เนื่องจากการเตรียมจะใช้การตวงปริมาตรแทนการชั่งน้ำหนักสาร สารเคมีที่ทำการหาค่าความหนาแน่น ได้แก่ น้ำมันข่า, น้ำกลั่น, Tween 20, Tween 80 และ Triton X-100

ความหนาแน่นของสาร สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนัก (g)}}{\text{ปริมาตร (ml)}}$$

6.2 การหาความหนาแน่นของสารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม (Smix)

สารผสมระหว่างสารลดแรงตึงผิว (surfactant) และสารลดแรงตึงผิวร่วม (co-surfactant) ในการวิจัยนี้จะใช้ตัวย่อคือ Smix โดย surfactant ที่ใช้คือ non-ionic surfactant ได้แก่ Tween 20, Tween 80, และ Triton X-100 ส่วน co-surfactant คือ absolute ethanol, propan-2-ol และ polyethylene glycol และสัดส่วนที่ใช้ในการเตรียม Smix เท่ากับ 1:1, 1:2 และ 2:1 โดยน้ำหนัก ซึ่งก่อนที่จะทำการสร้าง phase diagram จะต้องหาความหนาแน่นของ Smix ในแต่ละคู่และแต่ละสัดส่วน ความหนาแน่นของ Smix สามารถหาได้จากสูตรของการหาความหนาแน่นของสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว

6.3 การสร้าง Phase diagram ของ น้ำมันข่า

phase diagram คือ แผนภาพสามเหลี่ยมที่แสดงถึงสัดส่วนองค์ประกอบของน้ำ น้ำมัน และสารลดแรงตึงผิวกับสารลดแรงตึงผิวร่วมที่ก่อให้เกิดระบบที่มีลักษณะโปร่งใส มีความหนืดต่ำ และมีความคงตัวดีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในการทำ phase diagram ของการทดลองนี้จะกำหนดให้วัฏภาคน้ำมัน คือ

น้ำมันข้าว วิกฤตการณ์น้ำ คือ น้ำกลั่น และใช้เพียงสารลดแรงตึงผิวเท่านั้น เพื่อทำการเลือกสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การสร้าง ternary phase diagram ในขั้นตอนทำโดยการใช้น้ำ Tween 20 หรือ Tween 80 หรือ Triton X-100 ทำหน้าที่เป็น surfactant และสร้าง pseudoternary phase diagram โดยใช้ส่วนผสมของ surfactant และ co-surfactant เรียกส่วนผสมนี้ว่า Smix โดยใช้ ethanol, isopropanol และ propylene glycol ทำหน้าที่เป็น co-surfactant ซึ่งใช้อัตราส่วนของสารทั้งสองเท่ากับ 1:1, 1:2, และ 2:1 การสร้าง phase diagram ทั้งหมดทำโดยวิธี water titration

7. การเตรียมผลิตภัณฑ์นาโนอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยข้าว

ในขั้นตอนนี้ เริ่มด้วยการเลือกสารลดแรงตึงผิว 3 ชนิด ได้แก่ Tween 20, Tween 80 และ Triton X-100 เพื่อใช้ในตำรับ นาโนอิมัลชัน ที่มีความเข้มข้นของน้ำมันข้าว 20 %w/w โดยกำหนดให้ใช้ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวมีค่าเท่ากัน ตามตารางที่ 4 เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของชนิดของสารลดแรงตึงผิว และสามารถเลือกสารลดแรงตึงผิวเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

วิธีการเตรียมนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าว ทำโดยการเตรียมวิกฤตการณ์น้ำที่มีสารลดแรงตึงผิวผสมอยู่ และวิกฤตการณ์น้ำมันให้มีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นกระจายวิกฤตการณ์น้ำมันในวิกฤตการณ์น้ำ โดยใช้ magnetic stirrer ช่วยในการกระจาย (500 rpm นาน 3 นาที) หลังจากนั้นนำสารผสมไปผ่านเครื่อง high speed homogenizer (Ultra-Turrax T25, IKA-WERKE, Germany) ที่ 16,000 rpm นาน 5 นาที

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าวในแต่ละตำรับ

ส่วนประกอบ ตำรับ	วิกฤตการณ์น้ำมัน (ปริมาณ)	วิกฤตการณ์น้ำ (ปริมาณ)	สารลดแรงตึงผิว (ปริมาณ)
T20(5)	น้ำมันข้าว (20%)	น้ำกลั่น (75%)	Tween20 (5%)
T80(5)	น้ำมันข้าว (20%)	น้ำกลั่น (75%)	Tween80 (5%)
TX-100(5)	น้ำมันข้าว (20%)	น้ำกลั่น (75%)	TritonX (5%)
T20(10)	น้ำมันข้าว (20%)	น้ำกลั่น (70%)	Tween20 (10%)
T80(10)	น้ำมันข้าว (20%)	น้ำกลั่น (70%)	Tween80 (10%)
TX-100(10)	น้ำมันข้าว (20%)	น้ำกลั่น (70%)	TritonX-100 (10%)

8. การศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชัน

ทำการศึกษาความคงสภาพของผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันใน 2 เดือน ไขดังนี้

8.1 เก็บในอุณหภูมิคงที่

เตรียมสูตรตำรับไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันสูตรที่คัดเลือก แบ่งเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 3 ขวด แต่ละขวดนำไปแยกเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ 3 อุณหภูมิ ได้แก่ 4 องศาเซลเซียส 45 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส)

8.2 เก็บในอุณหภูมิผกผัน

เตรียมสูตรตำรับไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันสูตรที่คัดเลือก แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิแบบสภาวะเร่ง คือ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สลับกับ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ซึ่งนับเป็น 1 รอบ ทำเช่นนี้สลับกันจนครบ 6 – 8 รอบ

ทำการประเมินคุณสมบัติของตำรับที่เตรียมได้ โดยศึกษาสมบัติเคมีกายภาพในหัวข้อต่อไปนี้

1. ลักษณะภายนอก
2. ความหนืด
3. ขนาดของอนุภาค
4. ความต่างศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค
5. การศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้า

การศึกษาลักษณะภายนอก ทำโดยการสังเกตด้วยตาเปล่า การศึกษาพฤติกรรมการไหลเพื่อหาค่าความหนืดของนาโนอิมัลชัน ทำโดยอาศัยเครื่อง rheometer แบบ R/S-CC Bob and Cup (Brookfield, United States) โดยการเติมนาโนอิมัลชันลงไปในส่วนของ Cup ประมาณ 80 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปประกอบกับเครื่องวัดความหนืดที่มีแกนหมุนหรือส่วนของ Bob ตั้งค่า shear rate เริ่มจาก 0 sec^{-1} จนถึง 1800 sec^{-1} ภายใน 3 นาที หลังจากนั้นบันทึกค่าความหนืด การวัดความหนืดของแต่ละสูตรจะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง

การศึกษขนาดของอนุภาค และการศึกษาความต่างศักย์ไฟฟ้าของอนุภาค (Zeta potential) ทำโดยใช้เครื่อง photon correlation spectroscopy (Malvern Zetasizer Nano-ZS, Malvern, UK) ในการวัดต้องทำการเจือจางตัวอย่างให้เหมาะสม ในการทดลองในโครงการนี้ได้ทำการเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:1000 ค่าต่างๆ ที่ต้องการวัด สามารถอ่านได้จากเครื่องโดยตรง

การศึกษาสมบัติการนำไฟฟ้าทำโดยใช้เครื่อง conductivity meter (Cyberscan 2000, Eutech Instruments, Singapore) นำแต่ละสูตรตำรับที่ต้องการวัดหาค่าการนำไฟฟ้ามาวัดโดยจุ่มแท่ง electrode ลงไปในตำรับจดบันทึกค่าการนำไฟฟ้าที่ปรากฏบนหน้าจอของเครื่อง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. ผลการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

ผลการศึกษากลั่นน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรพื้นบ้านแสดงดังตารางที่ 5 โดยแสดงชนิดของสมุนไพร ส่วนที่ใช้ เวลาที่ใช้ในการกลั่น และ % yield

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลการกลั่นของสมุนไพรแต่ละชนิด

พืชสมุนไพร	ส่วนที่ใช้	เวลาที่ใช้กลั่น (ชั่วโมง)	Yield (%)
โหระพา	ทุกส่วนของพืช	6	0.24
น้ำมันยี่หระ	ทุกส่วนของพืช	6	0.08
ผักชีฝรั่ง	ทุกส่วนของพืช	6	0.06
กระเพราขาว	ทุกส่วนของพืช	12	0.09
แมงลัก	ทุกส่วนของพืช	12	0.14
ใบกระวาน)	ใบ	6	3.43
จันทน์เทศ	รอกุ่มเปลือกเมล็ด	3	4.00
	ผลไม้กะเทาะเปลือก	6	3.67
ข่า	เหง้า	3	0.10

2. ผลการควบคุมมาตรฐานน้ำมันหอมระเหยด้วย GC-MS

เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีฤทธิ์ทำให้ปลาสลบ มาทำการศึกษาเปรียบเทียบองค์ประกอบภายใน และเพื่อควบคุมมาตรฐานน้ำมันเหล่านั้น ด้วย GC-MS ผลการทดลองพบว่าน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีองค์ประกอบภายในแตกต่างกัน ดังนี้

2.1 น้ำมันโหระพา

องค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันโหระพา 2 ลำดับแรก คือ methyl chavicol และ 1,8-cineole โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันโหระพาด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
13.04	methyl chavicol	5,247,046	98
6.52	1,8-cineole	2,348,927	99

Rt = retention time

2.2 น้ำมันยี่หระ

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันยี่หระ 2 ลำดับแรก คือ eugenol และ cis-ocimene โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันยี่หระด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
19.5	Eugenol	3,612,968	98
6.85	cis-ocimene	5,341,499	97

Rt = retention time

2.3 น้ำมันผักชีฝรั่ง

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันผักชีฝรั่ง 2 ลำดับแรก คือ 3-dodecen-1-al และ trans-2-tridecenal โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันผักชีฝรั่งด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
24.07	3-dodecen-1-al	4,656,915	94
31.41	trans-2-tridecenal	2,024,354	91

Rt = retention time

2.4 น้ำมันกะเพราขาว

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันกะเพรา 2 ลำดับแรก คือ methyl eugenol และ eugenol โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันกระเพราขาวด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
21.57	methyl eugenol	4799159	96
19.37	eugenol	2179686	98

Rt = retention time

2.5 น้ำมันแมงลัก

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันแมงลัก 2 ลำดับแรก คือ geranial และ z-citral โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันแมงลักด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
16.11	geranial	4,299,150	96
14.74	z-citral	3,963,843	96

Rt = retention time

2.6 น้ำมันกระวาน

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันกระวาน 2 ลำดับแรก คือ 1,8-cineole และ sabinene โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันกระวานด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.65	1,8-cineole	5,440,992	99
4.99	sabinene	4,741,288	96

Rt = retention time

2.7 น้ำมันรุกรู่มเปลือกเมล็ดจันทร์เทศ

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันรุกรู่มเปลือกเมล็ดจันทร์เทศ 2 ลำดับแรก คือ beta-phellandrene และ sabinene โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันรูกุ่มเปลือกเมล็ดจันทร์เทศด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.60	beta-phellandrene	5,473,638	98
5.02	sabinene	5,486,852	96

Rt = retention time

2.8 น้ำมันเมล็ดจันทร์เทศ

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันเมล็ดจันทร์เทศ 2 ลำดับแรก คือ safrole และ sabinene โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเมล็ดจันทร์เทศด้วยวิธี GC-MS

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
16.48	safrole	3852369	98
5.02	sabinene	5479744	96

Rt = retention time

2.9 น้ำมันข่า

ผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักที่มีปริมาณมากที่สุดของน้ำมันข่า 2 ลำดับแรก คือ 1,8-cineole และ 4-allylphenyl acetate โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่กลั่นเองด้วยวิธี GC-MS

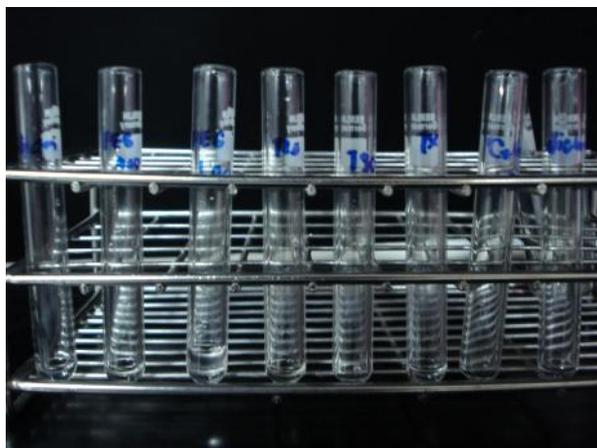
RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.68	1,8-cineole	7,123,728	99
19.03	4-allylphenyl acetate	5,179,317	98

Rt = retention time

3. ผลการศึกษาสมบัติการละลาย

ผลการทดลองพบว่าน้ำมันข่าสามารถละลายในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ได้แตกต่างกัน หากน้ำมันข่าสามารถละลายในตัวทำละลายชนิดใดได้ดี ก็จะใช้ตัวทำละลายชนิดนั้นในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่หาก

น้ำมันข้าวสามารถละลายในตัวทำละลายชนิดใดได้ไม่ค่อยดีก็จะใช้ตัวทำละลายชนิดนั้นในปริมาณมาก
แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการละลายของน้ำมันข้าวในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

โดยผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติการละลายของน้ำมันเข้ากับในตัวทำละลายชนิดต่างๆ แสดงใน
ตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบสมบัติการละลายของน้ำมันเข้ากับในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

ตัวทำละลาย	ส่วนของตัวทำละลายที่ทำให้น้ำมัน	สมบัติการละลาย
	เข้า 1 ส่วนละลายหมด	โดยประมาณ
น้ำร้อน	> 10,000	Insoluble
น้ำเย็น	> 10,000	Insoluble
Methanol	9	Freely soluble
Absolute ethanol	7	Freely soluble
Iso-propanol	8	Freely soluble
Butanol	9	Freely soluble
Octanol	80	Sparingly soluble
Propylene glycol	250	Slightly soluble
Glycerine	90	Sparingly soluble
Tween 20	8	Freely soluble
Tween 80	9	Freely soluble
TritonX-100	8	Freely soluble
Span 80	2	Freely soluble
Cetyl alcohol	6	Freely soluble
Stearyl alcohol	6	Freely soluble
Stearic acid	8	Freely soluble
Cetosteary alcohol	90	Sparingly soluble
PEG 400	800	Sparingly soluble
PEG 600	600	Sparingly soluble
Acetone	4	Freely soluble
Hexane	2	Freely soluble
Diethyl ether	5	Freely soluble
Dichloromethane	8	Freely soluble
DMSO	9	Freely soluble
EtOAc	100	Sparingly soluble

4. ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยข่า

4.1 การศึกษาการหาความหนาแน่นของสารเคมีที่มีสถานะเป็นของเหลว

Tween 20, Tween 80 และ Triton X-100 เป็นสารเคมีที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำกลั่น (ความหนาแน่น >1) ส่วนน้ำมันข่า เป็นน้ำมันที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำกลั่น (ความหนาแน่น <1) ผลแสดงดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงค่าความหนาแน่นของสารที่มีสถานะเป็นของเหลว

สารเคมีที่มีสถานะของเหลว	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)
น้ำมันข่า	0.991
น้ำกลั่น	1.011
Tween 20	1.100
Tween 80	1.090
Triton X-100	1.070

4.2 ผลการศึกษาการหาความหนาแน่นของสารผสม

การทดลองพบว่าค่าความหนาแน่นของ Smix ของแต่ละคู่ แต่ละสัดส่วนมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับน้ำหนักของ surfactant และ co-surfactant ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่าในสัดส่วน 2:1 จะให้ค่าความหนาแน่นสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณของ surfactant มากกว่า co-surfactant ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีน้ำหนักมากกว่า co-surfactant ลำดับถัดมาคือ สัดส่วน 1:1 และสัดส่วนที่ให้ค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ สัดส่วน 1:2

ตารางที่ 17 แสดงค่าความหนาแน่น Smix ในแต่ละคู่และแต่ละสัดส่วน

Smix	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)
Tween 20 : absolute ethanol	
1:1	0.932
1:2	0.857
2:1	0.996
Tween 80 : absolute ethanol	
1:1	0.875
1:2	0.825
2:1	0.925
Triton X-100 : absolute ethanol	
1:1	0.890
1:2	0.833
2:1	0.950
Tween 20 : propan-2-ol	
1:1	0.916
1:2	0.863
2:1	0.962
Tween 80 : propan-2-ol	
1:1	0.864
1:2	0.843
2:1	0.950
Triton X-100 : propan-2-ol	
1:1	0.903
1:2	0.845
2:1	0.923
Tween 20 : propylene glycol	
1:1	1.100
1:2	1.133
2:1	1.048

ตารางที่ 17 (ต่อ) แสดงค่าความหนาแน่น Smix ในแต่ละคู่และแต่ละสัดส่วน

Smix	ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร)
Tween 80 : propylene glycol	
1:1	1.115
1:2	1.176
2:1	1.188
Triton X-100 : propylene glycol	
1:1	1.086
1:2	1.102
2:1	1.174
Triton X-100 : propylene glycol: absolute ethanol	
2:1	1.011
2:0.2	1.047
2:0.4	0.958
2:0.6	
Triton X-100 : propan-2-ol	
2:0.2	1.053
2:0.4	1.011
2:0.6	0.962
Triton X-100 : absolute ethanol	
2:0.2	1.035
2:0.4	1.016
2:0.6	0.973

4.3 ผลการศึกษา Phase diagram

ผลการทดลองพบว่าลักษณะ phase diagram ที่ได้จากแต่ละระบบมีความแตกต่างกัน โดย Tween 20 และ Tween 80 ให้สีของระบบที่ต่างกัน ระบบที่ใช้ Tween 80 จะมีสีเหลืองกว่าระบบที่ใช้ Tween 20 จาก phase diagram เมื่อใช้ surfactant เดียวๆ พบว่าพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชันมีมากที่สุดเมื่อใช้ Tween 20 ดังแสดงในตารางที่ 18 รองลงมาคือ TritonX-100 และ Tween 80 ตามลำดับ แต่พื้นที่ดังกล่าวกลับไม่เพิ่มมากเมื่อใช้ Smix ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ Smix ของ Triton X-100 และ Tween 80 ดังแสดงในตารางที่ 19 ถึงตารางที่ 21 เป็นที่น่าสังเกตว่าในการใช้ Smix เมื่อสัดส่วนของ co-surfactant มากขึ้น พื้นที่การเกิดไมโครอิมัลชันจะลดลง และในบรรดา co-surfactant ทั้ง 3 ชนิดที่ใช้คือ ethanol, isopropanol และ propylene glycol พบว่า ethanol และ isopropanol มีประสิทธิภาพสูงในการเกิดไมโครอิมัลชันของน้ำมันข้าว

ตารางที่ 18 แสดงพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชัน เมื่อใช้ surfactant เดียวๆ

Smix	พื้นที่ไมโครอิมัลชัน (%)
Tween 20	32.76 ± 0.46
Tween 80	21.17 ± 0.32
TritonX-100	27.63 ± 0.37

ตารางที่ 19 แสดงพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชัน เมื่อใช้ Smix ที่มี ethanol เป็น co-surfactant

Smix	พื้นที่ไมโครอิมัลชัน (%)
Tween 20 : ethanol	
1:1	35.07 ± 0.37
1:2	29.24 ± 0.26
2:1	35.78 ± 0.10
Tween 80 : ethanol	
1:1	41.81 ± 0.33
1:2	36.44 ± 0.38
2:1	44.92 ± 0.19
Triton X-100 : ethanol	
1:1	49.87 ± 0.54
1:2	41.04 ± 0.83
2:1	56.41 ± 0.22

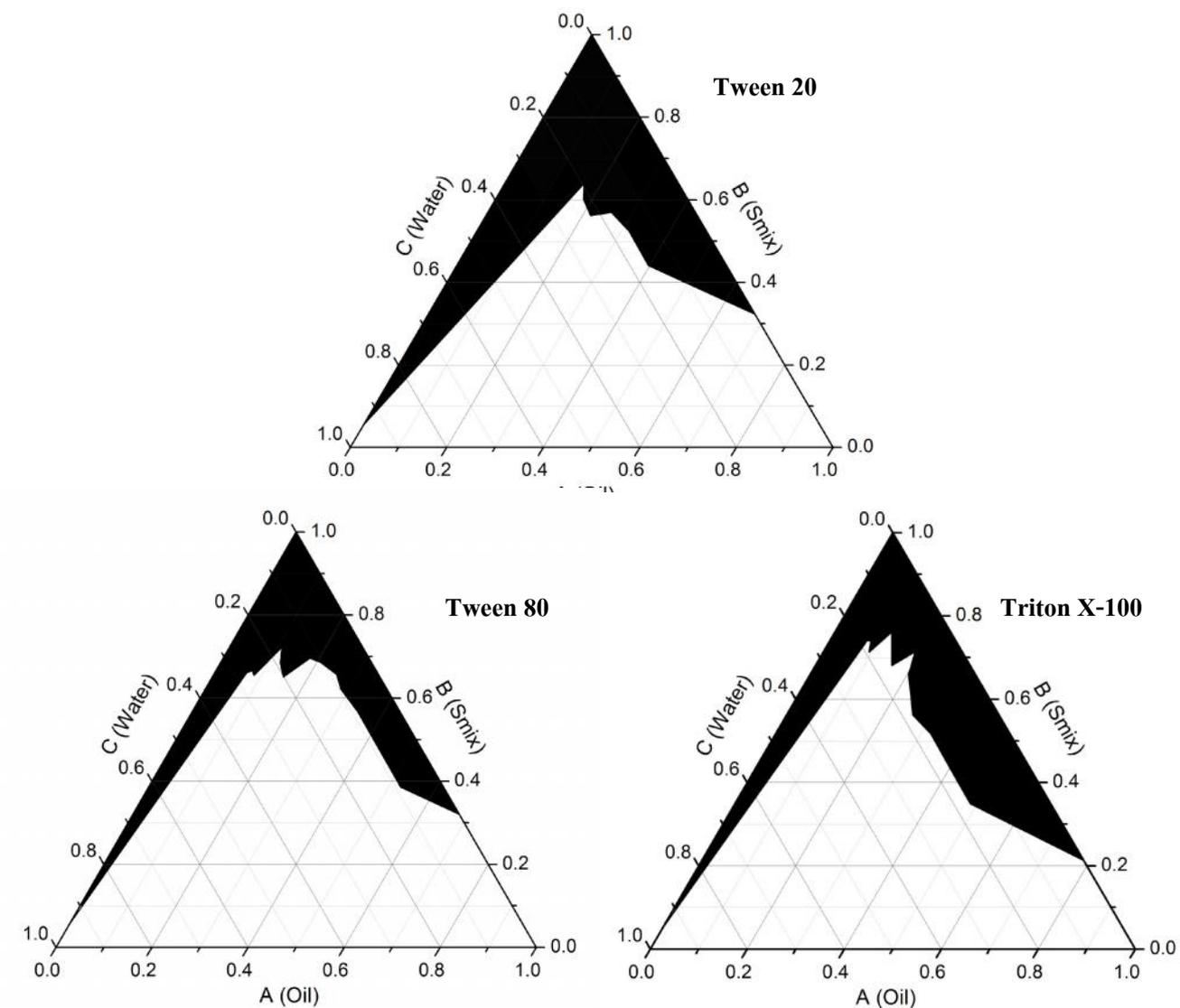
ตารางที่ 20 แสดงพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชัน เมื่อใช้ Smix ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant

Smix	พื้นที่ไมโครอิมัลชัน (%)
Tween 20 : propan-2-ol	
1:1	29.03 ± 0.21
1:2	28.83 ± 0.67
2:1	29.91 ± 0.28
Tween 80 : propan-2-ol	
1:1	33.79 ± 0.36
1:2	28.50 ± 0.17
2:1	43.06 ± 0.39
Triton X-100 : propan-2-ol	
1:1	44.72 ± 0.40
1:2	28.60 ± 0.15
2:1	54.52 ± 0.67

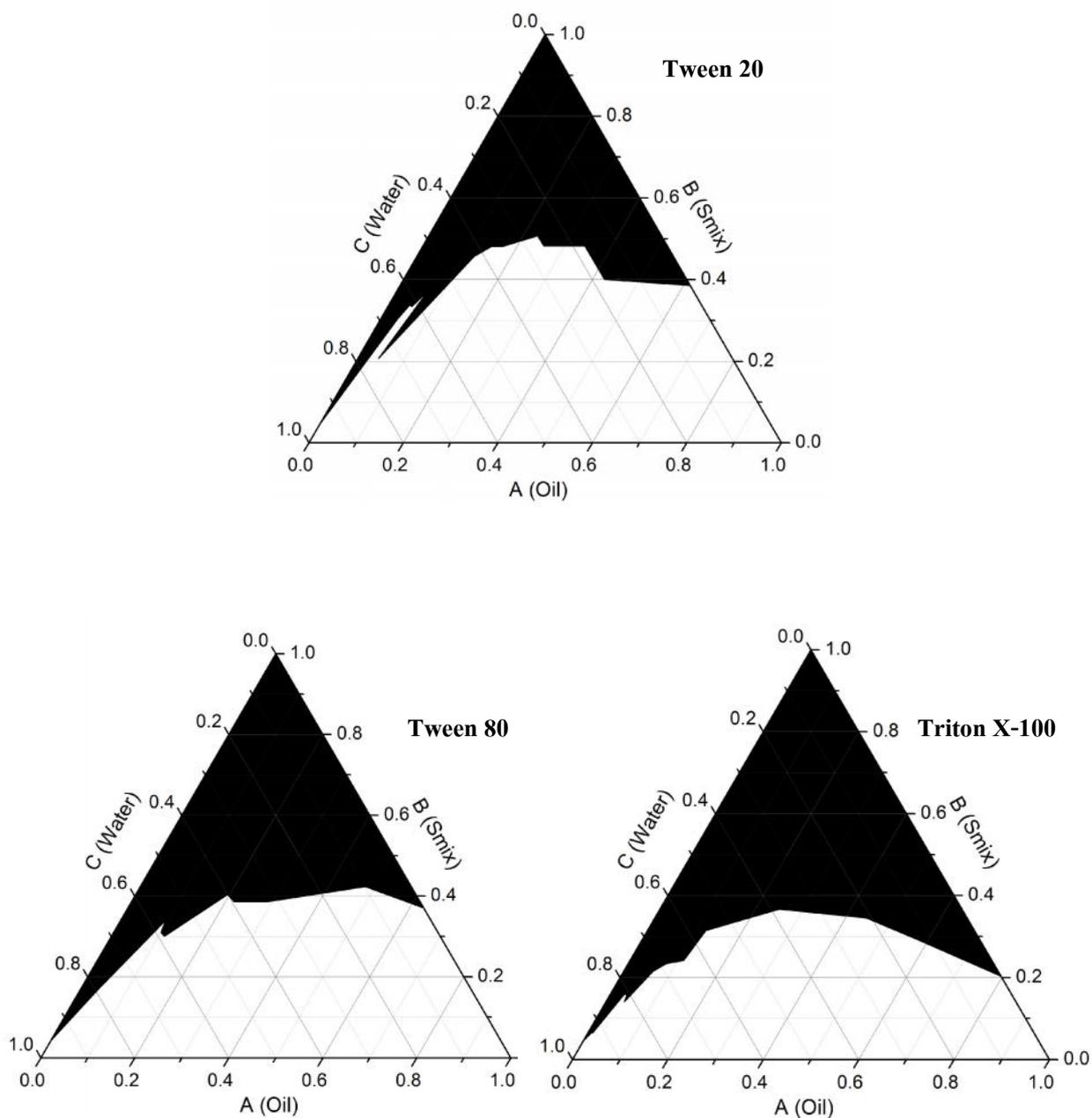
ตารางที่ 21 แสดงพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชัน เมื่อใช้ Smix ที่มี propylene glycol เป็น co-surfactant

Smix	พื้นที่ไมโครอิมัลชัน (%)
Tween 20 : propylene glycol	
1:1	20.20 ± 0.19
1:2	10.73 ± 0.22
2:1	23.99 ± 0.25
Tween 80 : propylene glycol	
1:1	24.99 ± 0.37
1:2	18.16 ± 0.26
2:1	26.08 ± 0.37
Triton X-100 : propylene glycol	
1:1	43.75 ± 0.17
1:2	29.55 ± 0.11
2:1	46.11 ± 0.41

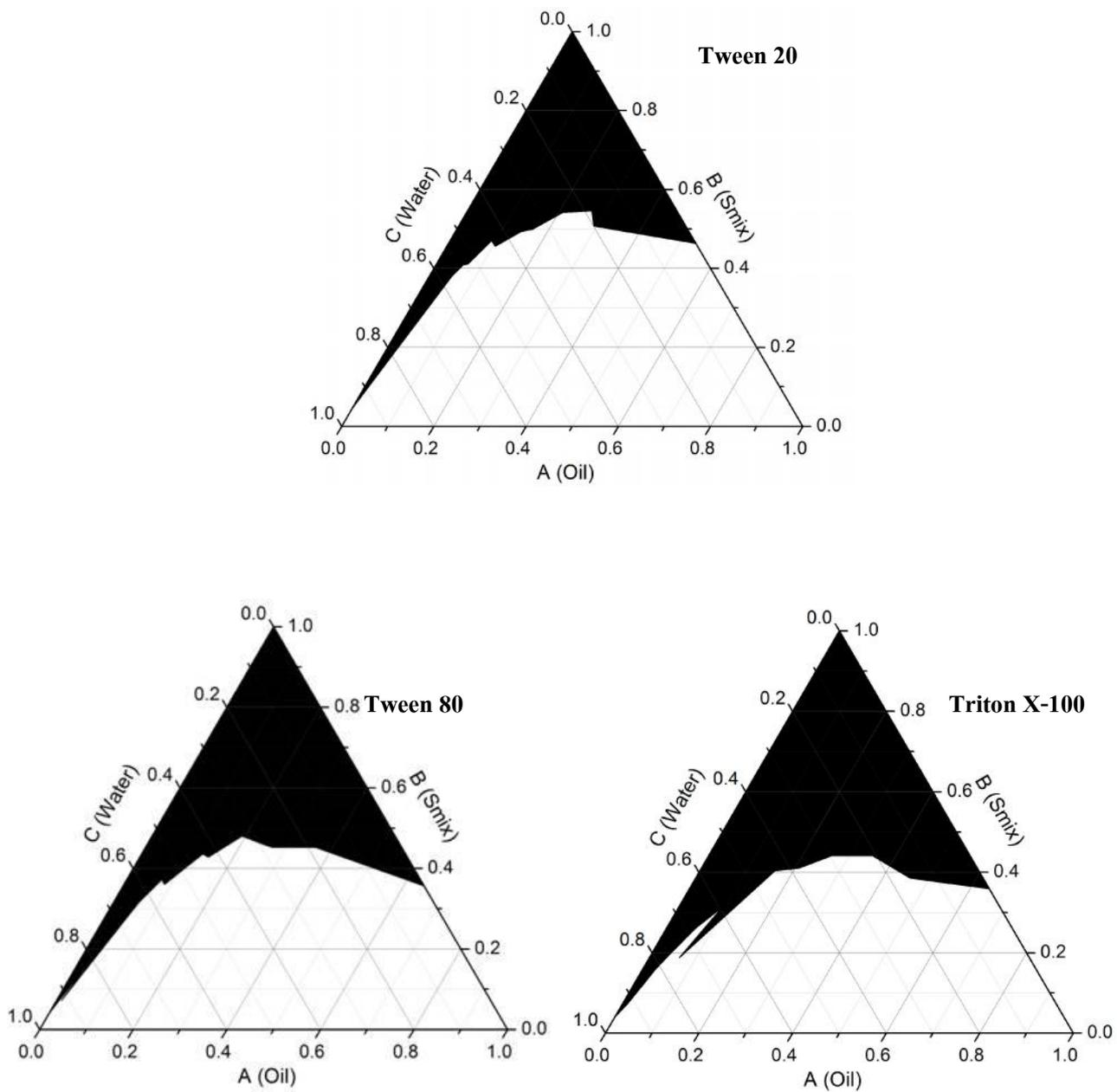
ได้ทำการศึกษาความหนืดของ Smix ของ Triton X-100 และ Tween 80 ที่ผสมกับ ethanol และ isopropanol ในสัดส่วนต่างๆ ได้ผลการทดลองสำหรับ Smix ของ Triton X-100 ดังแสดงในภาพที่ 4 ถึงภาพที่ 13 และตารางที่ 22 ถึงตารางที่ 23 และสำหรับ Smix ของ Tween 80 ดังแสดงในภาพที่ 4 ถึงภาพที่ 13 และตารางที่ 24 ถึงตารางที่ 25



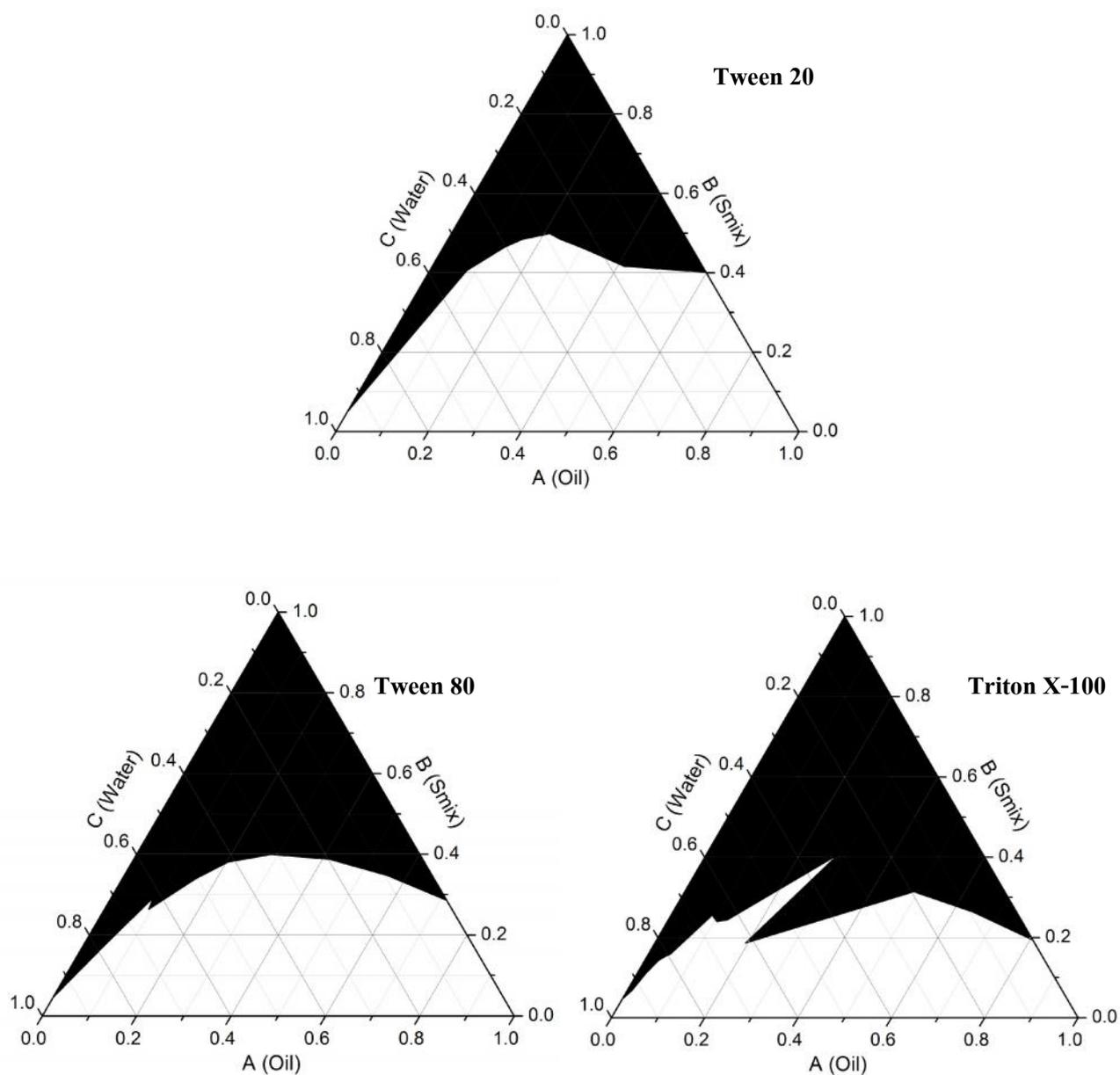
ภาพที่ 4 Ternary phase diagram ของน้ำมันข่าใน surfactant ชนิดต่าง ๆ



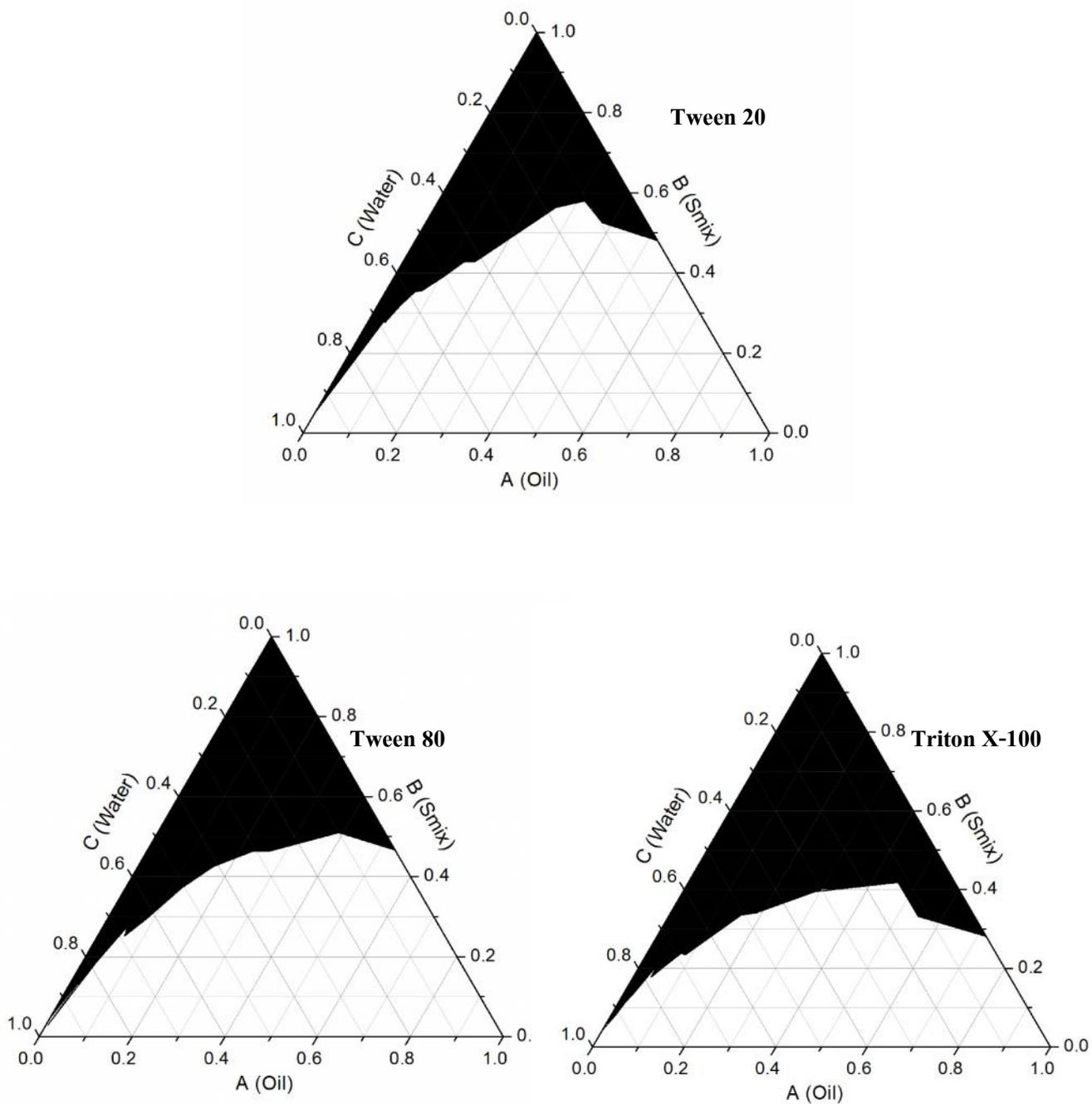
ภาพที่ 5 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข้าวใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี ethanol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 1:1



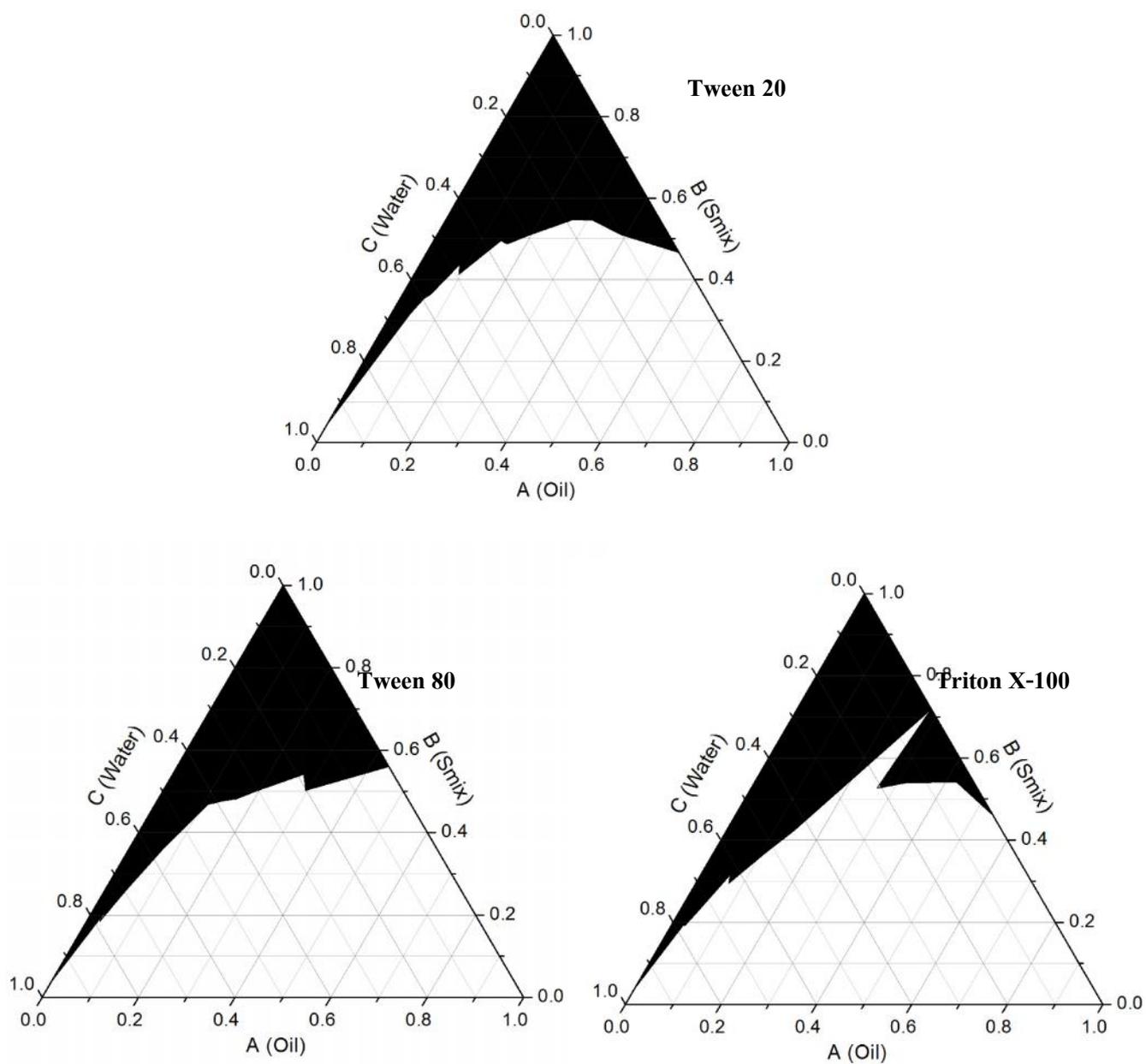
ภาพที่ 6 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข้าวใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี ethanol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 1:2



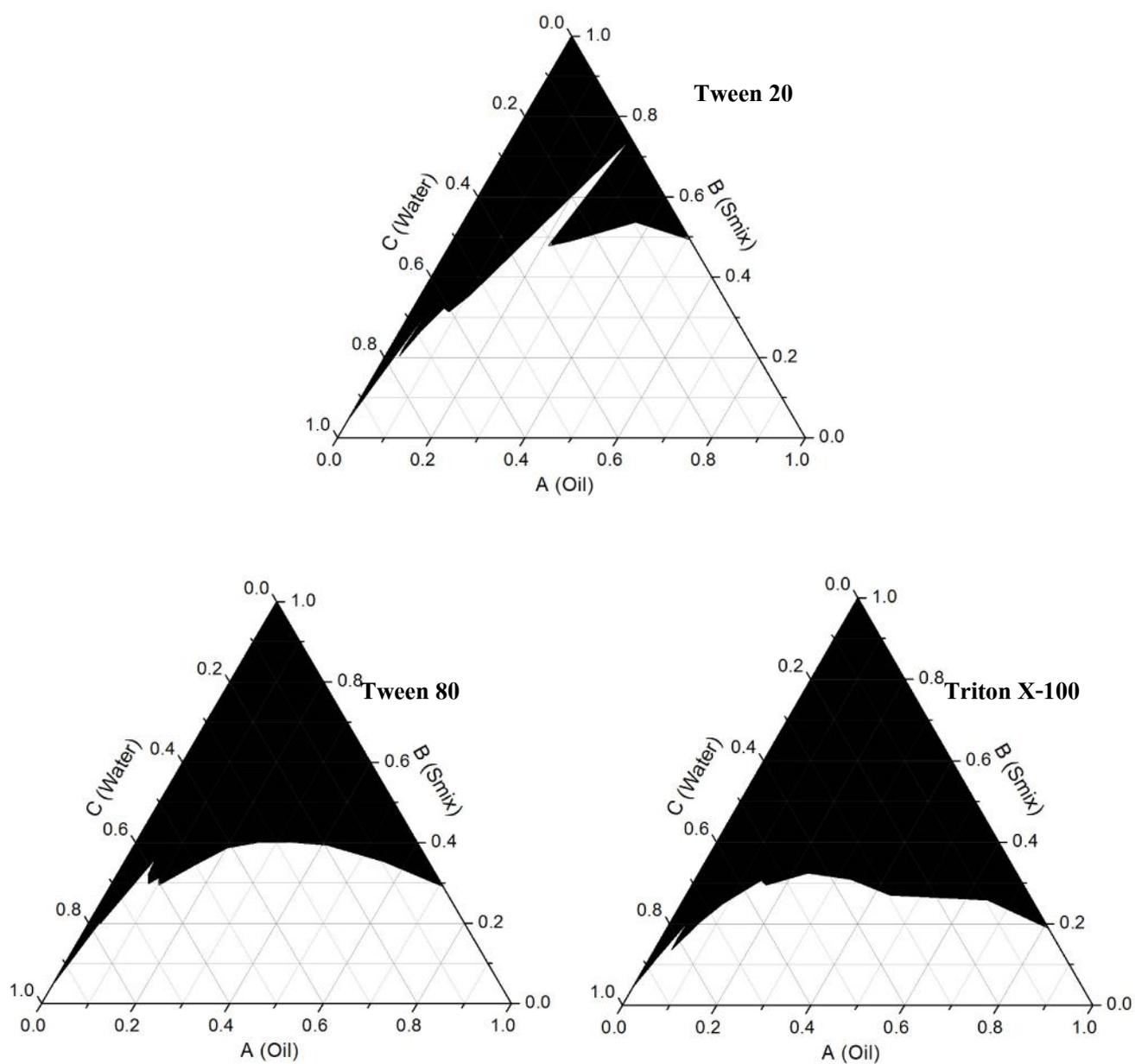
ภาพที่ 7 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข่าใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี ethanol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 2:1



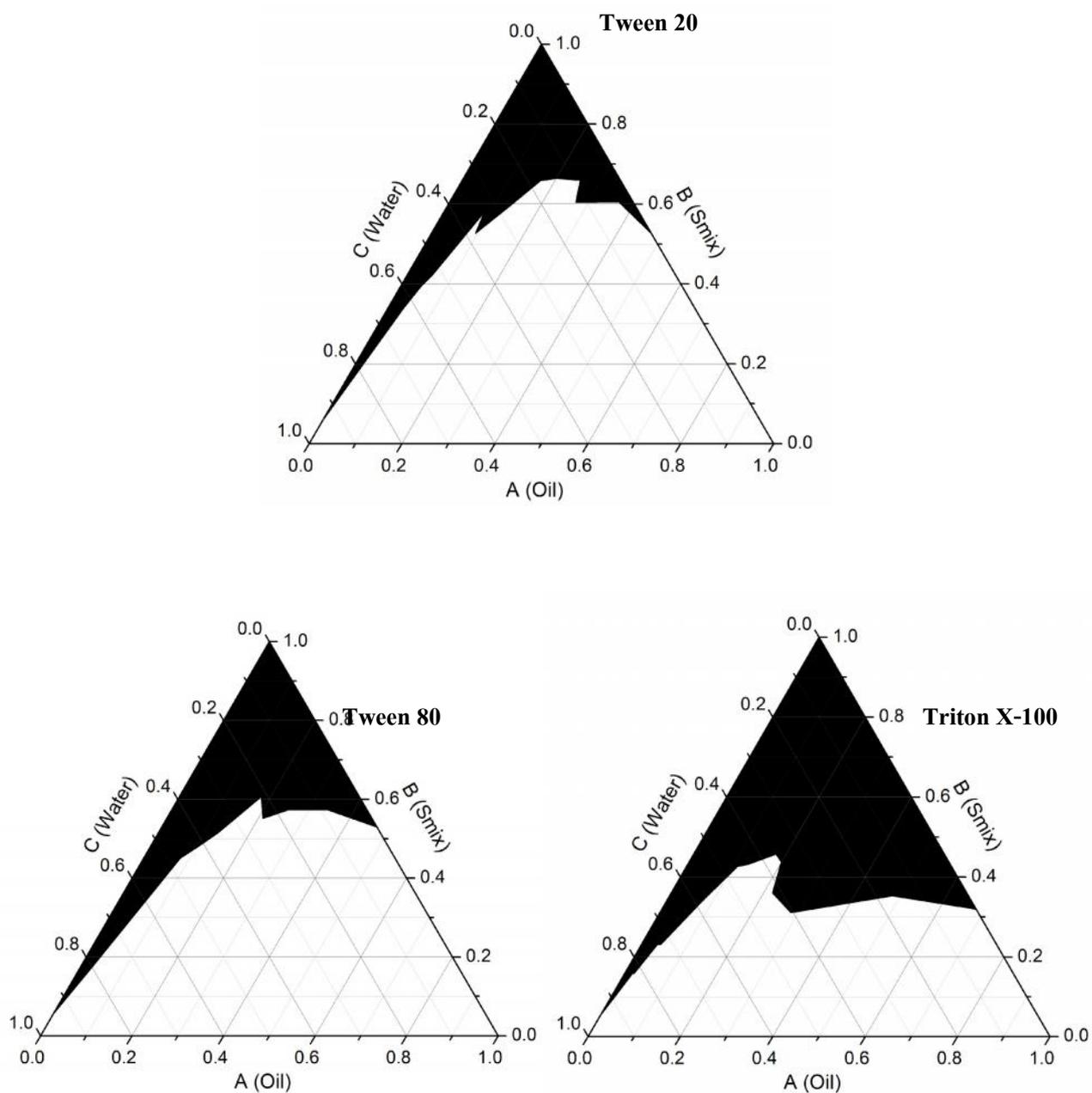
ภาพที่ 8 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข่าใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 1:1



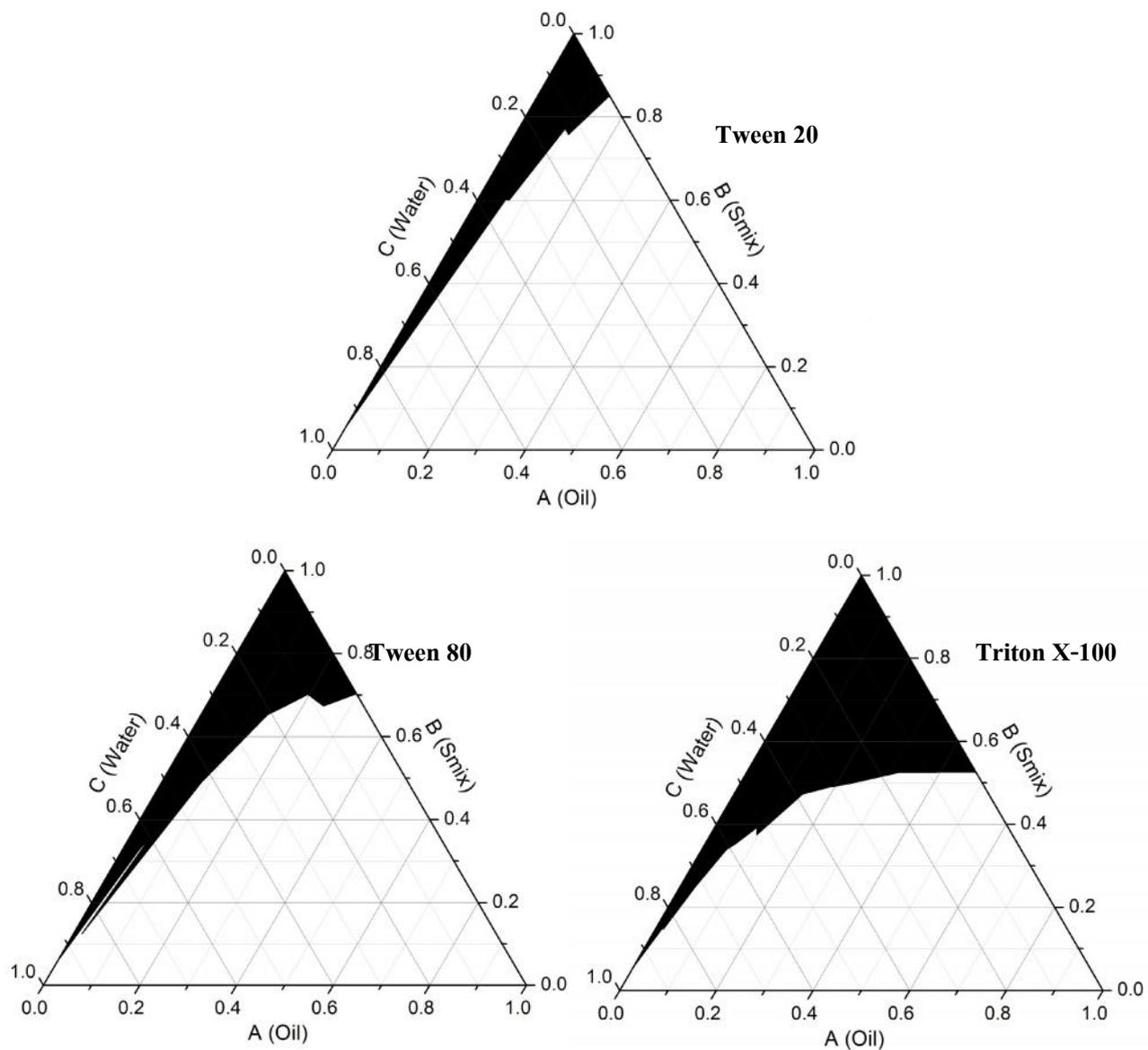
ภาพที่ 9 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข่าใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 1:2



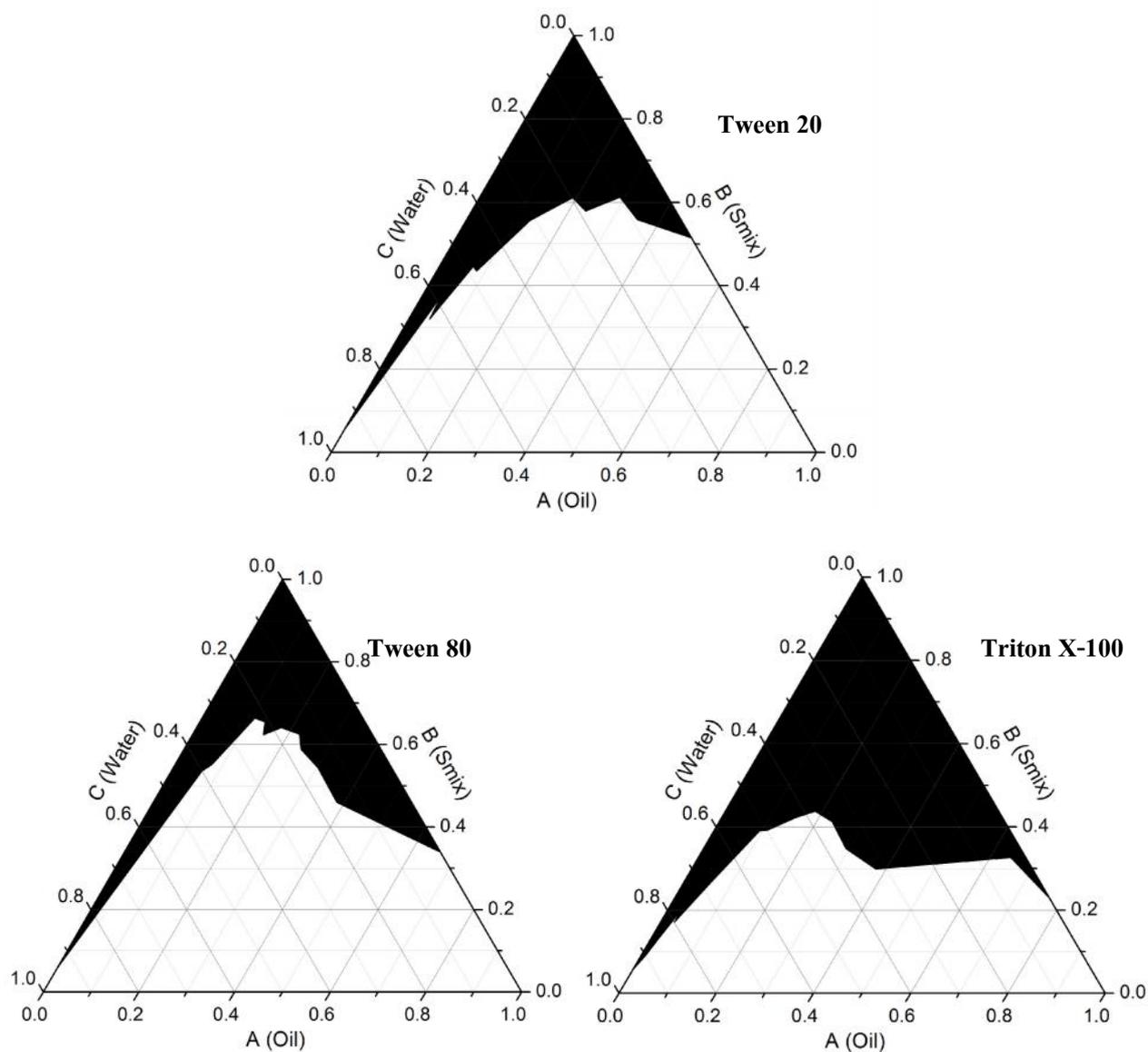
ภาพที่ 10 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข้าวใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 2:1



ภาพที่ 11 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข้าวใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี propylene glycol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 1:1



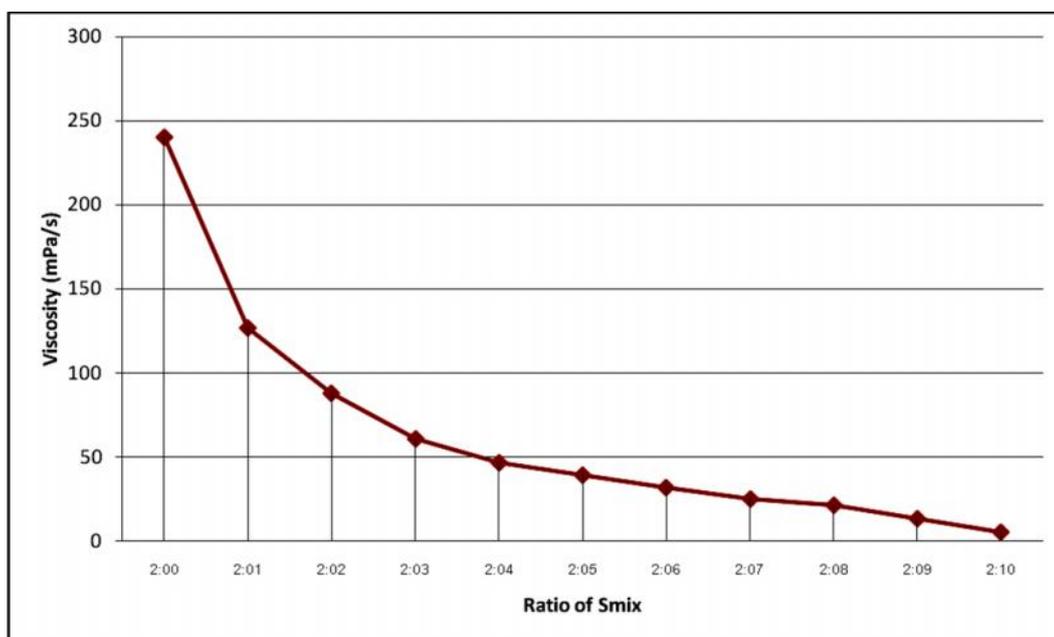
ภาพที่ 12 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข้าวใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี propylene glycol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 1:2



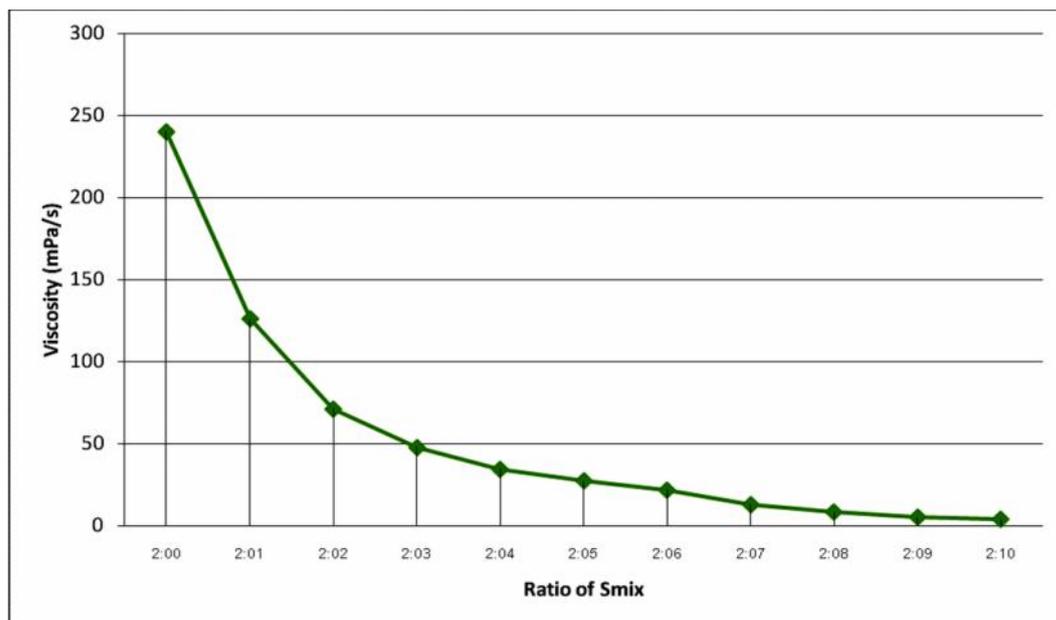
ภาพที่ 13 Pseudoternary phase diagram ของน้ำมันข้าวใน surfactant ชนิดต่าง ๆ ที่มี propylene glycol เป็น co-surfactant ในสัดส่วน 2:1

ผลการศึกษาเรื่องความหนืดพบว่า Tween 80 มีความหนืด 270 mPa/s ซึ่งมากกว่า TritonX-100 ที่มีความหนืด 240 mPa/s ผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าการเติม ethanol ลงไปใน Smix เพียง 0.2 ส่วน ก็สามารถทำให้ความหนืดของตำรับลดลงไปได้อย่างมากแต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ ethanol ไปมากๆ ก็จะทำให้การลดลงของความหนืดจะมีเพียงเล็กน้อย

จากผลการทดลองพบว่า phase diagram ที่ใช้ Triton X-100 เป็นสารลดแรงตึงผิวจะให้พื้นที่ microemulsion มากที่สุด รองลงมาเป็น Tween 80 และ Tween 20 ตามลำดับ และพบว่าคู่ของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมของ Tween 80 กับ ethyl alcohol และ TritonX-100 กับ ethyl alcohol ในอัตราส่วน 2:1 สามารถบรรจุน้ำมันลงในตำรับได้มากที่สุดถึง 20 – 25% ประกอบกับผลของความหนืด จึงสามารถเตรียมไมโครอิมัลชันชนิด self-emulsifying drug delivery system (SEDDS) ได้ โดยใช้ Smix ที่ประกอบด้วย Triton X-100 หรือ Tween 80 และ ethanol ในสัดส่วน 2:1 ในปริมาณที่เป็นสัดส่วนต่อน้ำมันเข้าเท่ากับ 80:20 หรือ 4:1 โดยน้ำหนัก เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบความหนืดของ Smix ของ TritonX-100 ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant



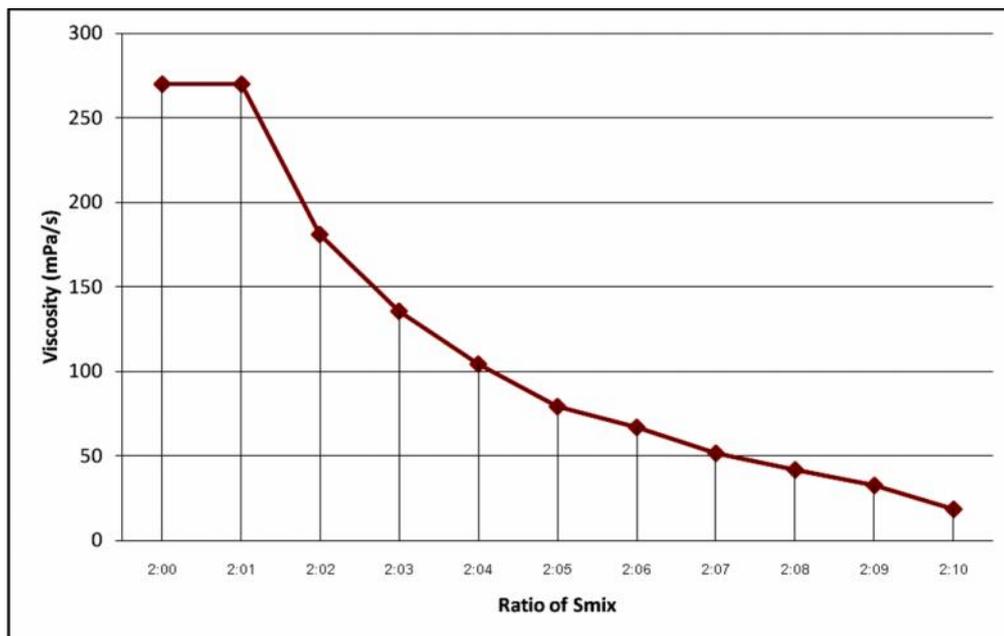
ภาพที่ 15 เปรียบเทียบความหนืดของ Smix ของ TritonX-100 ที่มี ethanol เป็น co-surfactant

ตารางที่ 22 แสดงค่าความหนืดของ Smix ของ TritonX-100 ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant

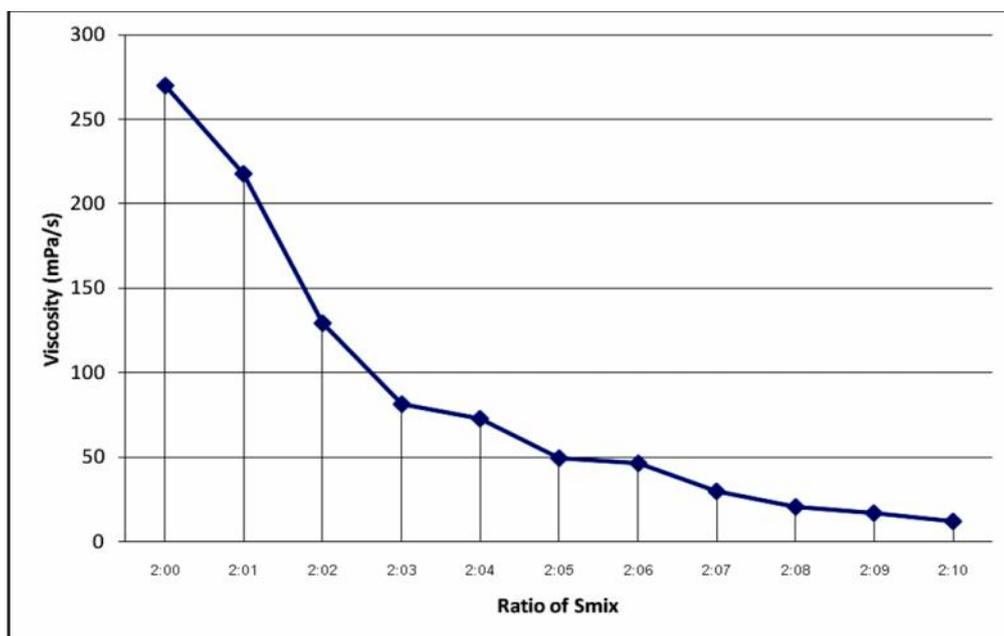
สัดส่วน	ความหนืด (mPa/s)
2:0.0	240.00 ± 0.00
2:0.1	127.06 ± 0.01
2:0.2	87.61 ± 0.02
2:0.3	60.67 ± 0.01
2:0.4	46.39 ± 0.01
2:0.5	39.28 ± 0.01
2:0.6	31.50 ± 0.01
2:0.7	25.17 ± 0.01
2:0.8	21.17 ± 0.01
2:0.9	13.33 ± 0.02
2:1.0	5.50 ± 0.01

ตารางที่ 23 แสดงค่าความหนืดของ Smix ของ TritonX-100 ที่มี ethanol เป็น co-surfactant

สัดส่วน	ความหนืด (mPa/s)
2:0.0	240.00 ± 0.00
2:0.1	125.72 ± 0.01
2:0.2	71.17 ± 0.01
2:0.3	47.56 ± 0.02
2:0.4	34.39 ± 0.01
2:0.5	27.22 ± 0.02
2:0.6	21.78 ± 0.01
2:0.7	12.50 ± 0.02
2:0.8	8.06 ± 0.02
2:0.9	4.94 ± 0.01
2:1.0	3.78 ± 0.02



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบความหนืดของ Smix ของ Tween 80 ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant



ภาพที่ 17 เปรียบเทียบความหนืดของ Smix ของ Tween 80 ที่มี ethanol เป็น co-surfactant

ตารางที่ 24 แสดงค่าความหนืดของ Smix ของ Tween 80 ที่มี isopropanol เป็น co-surfactant

สัดส่วน	ความหนืด (mPa/s)
2:0.0	270 ± 0.00
2:0.1	269.83 ± 0.02
2:0.2	180.89 ± 0.00
2:0.3	135.83 ± 0.02
2:0.4	104.67 ± 0.02
2:0.5	79.44 ± 0.01
2:0.6	67.22 ± 0.00
2:0.7	51.56 ± 0.01
2:0.8	42.17 ± 0.00
2:0.9	32.67 ± 0.02
2:1.0	18.78 ± 0.01

ตารางที่ 25 แสดงค่าความหนืดของ Smix ของ Tween 80 ที่มี ethanol เป็น co-surfactant

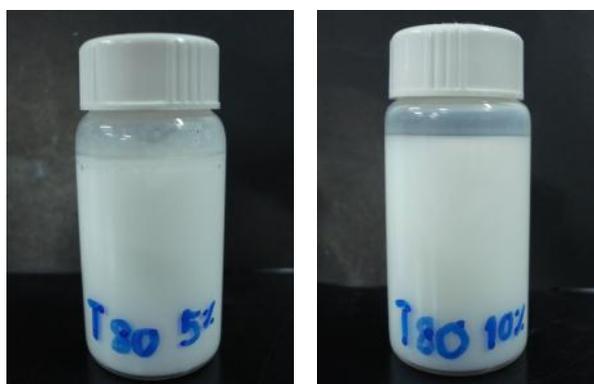
สัดส่วน	ความหนืด (mPa/s)
2:0.0	270 ± 0.00
2:0.1	217.67 ± 0.01
2:0.2	129.44 ± 0.00
2:0.3	81.56 ± 0.01
2:0.4	72.56 ± 0.02
2:0.5	49.50 ± 0.02
2:0.6	46.61 ± 0.01
2:0.7	29.50 ± 0.01
2:0.8	20.72 ± 0.02
2:0.9	17.06 ± 0.02
2:1.0	12.11 ± 0.01

ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์นาโนอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยข่า

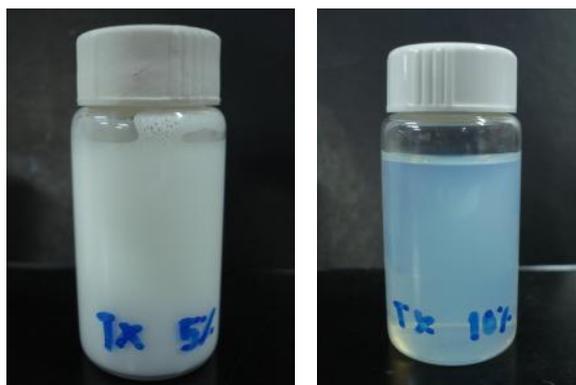
ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์นาโนอิมัลชันน้ำมันหอมระเหยข่าโดยใช้ surfactant ทั้ง 3 ชนิดคือ Tween 20, Tween 80 และ TritonX-100 พบว่าในสูตรตำรับทั้งหมดที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ มีลักษณะขาวขุ่น สวยงาม คล้ายนํ้านม ไม่เกิดการแยกชั้น ดังแสดงในภาพที่ 18 ถึงภาพที่ 22 แต่เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเพียง 1 วัน พบว่าสูตรตำรับที่ใช้ TritonX-100 ในปริมาณ 10% เกิดการแยกชั้น ดังแสดงในภาพที่ 25 ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาในเรื่องความคงตัวของแต่ละตำรับในเวลานานขึ้นหรือในสภาวะเครียดต่าง ๆ ต่อไป



ภาพที่ 18 แสดงลักษณะของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข่าที่มี Tween 20 เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ



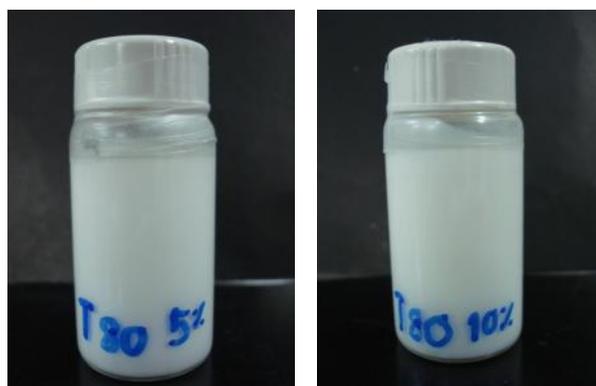
ภาพที่ 19 แสดงลักษณะของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข่าที่มี Tween 80 เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ



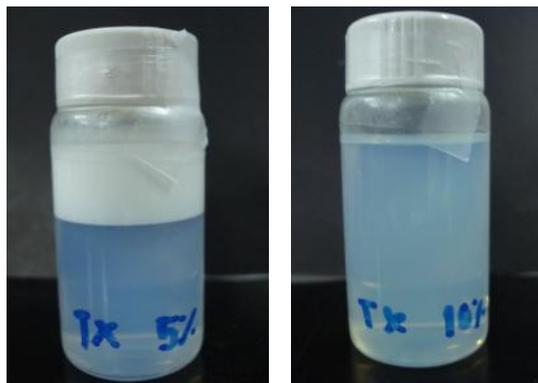
ภาพที่ 20 แสดงลักษณะของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าที่มี Triton X-100 เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ๆ



ภาพที่ 21 แสดงลักษณะของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าที่มี Tween 20 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 วัน



ภาพที่ 22 แสดงลักษณะของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าที่มี Tween 80 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 วัน



ภาพที่ 23 แสดงลักษณะของนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าวที่มี Triton X-100 เมื่อตั้งทิ้งไว้ 1 วัน

ผลการศึกษาความคงตัว

1. ความคงตัวทางกายภาพ

ในการศึกษาความคงตัวทางกายภาพ สำหรับระบบไมโครอิมัลชัน ได้คัดเลือกระบบที่ใช้ Smix ของ Tween 80 กับ co-surfactant 2 ชนิด คือ ethanol และ isopropanol ในสัดส่วน 2:1, 2:0.6, และ 2:0.4 โดยทุก ๆ ระบบ เตรียมไมโครอิมัลชันที่มีน้ำมันข้าว 10% Smix 40% และน้ำ 50% ผลการทดลองพบว่าในทุกสภาวะ การเก็บตลอดเวลาการศึกษา ระบบไมโครอิมัลชันทุกตัวรับมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลง คือมีลักษณะเป็นของเหลวสีใสไม่แยกชั้น และมีสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 26 ถึงตารางที่ 49 สำหรับระบบนาโนอิมัลชัน ได้คัดเลือกระบบที่มีน้ำมันข้าว 20% Surfactant 5% และ 10% และน้ำ 65% และ 70% ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าระบบนาโนอิมัลชันทุกสูตรแสดงลักษณะคล้ายกันคือเป็นของเหลวขาวขุ่น และภายหลังการเก็บที่สภาวะต่าง ๆ บางระบบเกิดการแยกชั้น และมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันออกไป แสดงในตารางที่ 50 ถึงตารางที่ 62

2. ความคงตัวทางเคมี

ในการศึกษาความคงตัวทางเคมี ได้ศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันในระบบไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชัน เปรียบเทียบกับน้ำมันข้าวที่ไม่ถูกกักเก็บในคำรับ ผลการทดลองสำหรับระบบไมโครอิมัลชันแสดงในภาพที่ 24 ถึงภาพที่ 28 และตารางที่ 63 ถึงตารางที่ 67 สำหรับระบบนาโนอิมัลชันแสดงในภาพที่ 29 ถึงภาพที่ 33 และตารางที่ 68 ถึงตารางที่ 72 สำหรับความเข้มข้น 5 % และภาพที่ 34 ถึงภาพที่ 38 และตารางที่ 73 ถึงตารางที่ 77 สำหรับความเข้มข้น 10 % ส่วนน้ำมันข้าวที่ไม่ถูกกักเก็บแสดงในภาพที่ 39 ถึงภาพที่ 43 และตารางที่ 78 ถึงตารางที่ 82

ตารางที่ 26 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	ของเหลวสีใส ไม่แยกชั้น	7.00 ± 0.02	81.74 ± 0.10	-12.63 ± 0.32	59.97 ± 0.38	2.72 ± 0.19
2 : 0.6	ของเหลวสีใส ไม่แยกชั้น	7.00 ± 0.02	82.61 ± 0.13	-13.63 ± 1.11	40.08 ± 0.08	3.50 ± 0.00
2 : 0.4	ของเหลวสีใส ไม่แยกชั้น	7.00 ± 0.03	81.28 ± 1.60	-13.83 ± 2.48	24.56 ± 0.03	4.61 ± 0.10

ตารางที่ 27 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเตรียมเสร็จใหม่ ๆ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	ของเหลวสีใส ไม่แยกชั้น	7.35 ± 0.01	83.00 ± 0.07	-12.33 ± 0.51	45.31 ± 0.02	2.89 ± 0.10
2 : 0.6	ของเหลวสีใส ไม่แยกชั้น	7.45 ± 0.02	82.74 ± 0.16	-9.55 ± 0.70	39.53 ± 0.03	4.11 ± 0.10
2 : 0.4	ของเหลวสีใส ไม่แยกชั้น	7.39 ± 0.01	83.24 ± 0.63	-22.67 ± 2.37	21.27 ± 0.03	5.28 ± 0.10

ตารางที่ 28 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข้าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 7 วัน

สัดส่วน Smix	Temp ($^{\circ}$ C)	สมบัติทางกายภาพ				
		pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	4	7.44 \pm 0.01	112.16 \pm 0.19	-13.03 \pm 0.67	58.63 \pm 0.03	2.67 \pm 0.00
	30	7.38 \pm 0.02	93.42 \pm 0.14	-6.13 \pm 0.24	50.80 \pm 0.03	2.77 \pm 0.00
	45	7.36 \pm 0.02	94.85 \pm 1.76	-23.00 \pm 2.49	59.08 \pm 0.07	2.68 \pm 0.10
2 : 0.6	4	7.53 \pm 0.02	111.19 \pm 0.10	-2.53 \pm 0.53	44.09 \pm 0.02	3.50 \pm 0.00
	30	7.50 \pm 0.01	98.75 \pm 0.04	-6.27 \pm 2.21	46.44 \pm 0.07	3.50 \pm 0.00
	45	7.42 \pm 0.02	92.36 \pm 0.08	-6.15 \pm 2.85	44.32 \pm 0.06	3.50 \pm 0.00
2 : 0.4	4	7.54 \pm 0.01	112.03 \pm 0.08	-3.35 \pm 1.67	31.93 \pm 0.03	4.50 \pm 0.00
	30	7.58 \pm 0.01	96.06 \pm 0.17	-5.08 \pm 0.79	32.18 \pm 0.04	4.50 \pm 0.00
	45	7.44 \pm 0.01	92.13 \pm 0.04	-4.25 \pm 1.46	31.91 \pm 0.03	4.50 \pm 0.00

ตารางที่ 29 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข้าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 7 วัน

สัดส่วน Smix	Temp ($^{\circ}$ C)	สมบัติทางกายภาพ				
		pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	4	7.45 \pm 0.08	113.16 \pm 0.23	-8.28 \pm 0.37	42.21 \pm 0.07	3.00 \pm 0.00
	30	7.59 \pm 0.03	92.91 \pm 0.20	-8.74 \pm 2.73	42.46 \pm 0.13	3.00 \pm 0.00
	45	7.52 \pm 0.03	93.42 \pm 0.61	-8.38 \pm 1.60	42.40 \pm 0.01	3.00 \pm 0.00
2 : 0.6	4	7.62 \pm 0.04	112.68 \pm 0.26	-5.81 \pm 1.60	31.17 \pm 0.03	4.17 \pm 0.00
	30	7.67 \pm 0.05	94.25 \pm 0.15	-11.77 \pm 0.46	31.26 \pm 0.07	4.16 \pm 0.10
	45	7.77 \pm 0.01	93.17 \pm 0.61	-12.57 \pm 0.65	31.33 \pm 0.03	4.07 \pm 0.00
2 : 0.4	4	7.60 \pm 0.02	112.99 \pm 0.40	-8.69 \pm 0.45	20.57 \pm 0.04	5.17 \pm 0.00
	30	7.61 \pm 0.01	90.74 \pm 0.24	-12.83 \pm 1.19	20.50 \pm 0.07	5.17 \pm 0.00
	45	7.33 \pm 0.02	92.98 \pm 1.05	-23.90 \pm 1.45	20.49 \pm 0.01	5.17 \pm 0.00

ตารางที่ 30 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 30 วัน

สัดส่วน Smix	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ				
		pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	4	7.03 ± 0.02	146.23 ± 2.53	-2.89 ± 2.09	53.97 ± 0.06	2.67 ± 0.00
	30	7.01 ± 0.01	107.77 ± 0.04	-0.45 ± 0.09	50.77 ± 0.05	2.67 ± 0.00
	45	7.02 ± 0.01	96.94 ± 0.44	-0.69 ± 0.79	52.03 ± 0.06	2.67 ± 0.00
2 : 0.6	4	7.24 ± 0.01	141.35 ± 0.04	-1.63 ± 0.60	45.36 ± 0.04	3.50 ± 0.00
	30	7.78 ± 0.02	104.14 ± 0.22	-0.50 ± 0.36	40.63 ± 0.07	3.50 ± 0.00
	45	7.23 ± 0.01	98.21 ± 0.68	-0.56 ± 0.15	45.66 ± 0.04	3.50 ± 0.00
2 : 0.4	4	7.39 ± 0.03	143.34 ± 2.27	-0.60 ± 0.35	32.71 ± 0.04	4.50 ± 0.00
	30	7.00 ± 0.02	104.32 ± 0.14	-4.11 ± 2.26	35.59 ± 0.07	4.50 ± 0.00
	45	7.27 ± 0.01	90.31 ± 0.09	-0.83 ± 1.04	32.51 ± 0.03	4.50 ± 0.00

ตารางที่ 31 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 30 วัน

สัดส่วน Smix	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ				
		pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	4	7.54 ± 0.01	148.46 ± 0.18	-4.38 ± 0.76	45.03 ± 0.02	2.83 ± 0.00
	30	7.33 ± 0.02	101.84 ± 0.13	-3.84 ± 2.25	44.51 ± 0.02	2.83 ± 0.00
	45	7.26 ± 0.01	90.65 ± 0.28	-0.18 ± 0.04	44.04 ± 0.03	2.83 ± 0.00
2 : 0.6	4	7.62 ± 0.00	141.78 ± 0.14	-5.11 ± 1.35	32.34 ± 0.04	4.00 ± 0.00
	30	7.42 ± 0.00	108.85 ± 0.21	-0.29 ± 0.12	33.41 ± 0.02	4.00 ± 0.00
	45	7.47 ± 0.01	98.43 ± 0.24	-0.39 ± 0.21	33.37 ± 0.02	4.00 ± 0.00
2 : 0.4	4	7.61 ± 0.01	141.61 ± 0.11	-0.54 ± 0.25	21.24 ± 0.01	5.17 ± 0.00
	30	7.52 ± 0.01	103.16 ± 0.07	-8.12 ± 0.12	21.31 ± 0.03	5.17 ± 0.00
	45	7.48 ± 0.01	95.52 ± 0.15	-1.76 ± 0.89	20.84 ± 0.06	5.17 ± 0.00

ตารางที่ 32 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 60 วัน

สัดส่วน Smix	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ				
		pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	4	7.77 ± 0.02	141.44 ± 0.20	-6.02 ± 2.03	55.76 ± 0.11	2.50 ± 0.00
	30	7.79 ± 0.01	102.28 ± 0.10	-1.61 ± 0.31	58.00 ± 0.08	2.50 ± 0.00
	45	7.89 ± 0.01	93.65 ± 0.23	-3.67 ± 0.29	53.91 ± 0.06	2.50 ± 0.00
2 : 0.6	4	7.14 ± 0.02	140.60 ± 0.22	-1.76 ± 0.57	46.30 ± 0.10	3.33 ± 0.00
	30	7.71 ± 0.05	106.09 ± 0.60	-1.67 ± 0.34	40.76 ± 0.11	3.33 ± 0.00
	45	7.14 ± 0.01	91.18 ± 0.10	-4.29 ± 0.52	46.21 ± 0.09	3.33 ± 0.00
2 : 0.4	4	7.27 ± 0.01	141.28 ± 0.18	-2.62 ± 1.28	33.17 ± 0.01	4.33 ± 0.00
	30	7.76 ± 0.01	102.90 ± 0.03	-2.35 ± 1.14	36.89 ± 0.09	4.33 ± 0.00
	45	7.14 ± 0.01	95.04 ± 0.66	-3.98 ± 0.70	33.15 ± 0.08	4.33 ± 0.00

ตารางที่ 33 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 60 วัน

สัดส่วน Smix	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ				
		pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	4	7.17 ± 0.01	141.01 ± 0.10	-3.18 ± 0.22	45.60 ± 0.04	2.67 ± 0.00
	30	7.95 ± 0.01	104.72 ± 0.33	-3.10 ± 0.95	44.95 ± 0.08	2.67 ± 0.00
	45	7.12 ± 0.01	91.14 ± 0.11	-3.84 ± 0.47	44.25 ± 0.10	2.67 ± 0.00
2 : 0.6	4	7.14 ± 0.02	141.70 ± 0.28	-8.23 ± 0.76	32.65 ± 0.12	3.83 ± 0.00
	30	7.00 ± 0.01	103.70 ± 0.55	-1.93 ± 0.45	33.72 ± 0.12	3.83 ± 0.00
	45	7.13 ± 0.02	93.59 ± 0.17	-3.60 ± 0.35	33.12 ± 0.06	3.83 ± 0.00
2 : 0.4	4	7.22 ± 0.02	147.63 ± 0.16	-7.01 ± 0.42	21.39 ± 0.09	5.00 ± 0.00
	30	7.02 ± 0.02	102.53 ± 0.41	-7.32 ± 1.15	21.57 ± 0.02	5.00 ± 0.00
	45	7.17 ± 0.02	92.98 ± 0.13	-1.91 ± 0.25	21.07 ± 0.06	5.00 ± 0.00

ตารางที่ 34 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 1 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.25 \pm 0.01	130.88 \pm 0.07	-17.47 \pm 0.51	58.22 \pm 0.03	2.83 \pm 0.00
2 : 0.6	7.38 \pm 0.03	131.66 \pm 0.44	-16.50 \pm 1.35	44.27 \pm 0.03	3.50 \pm 0.00
2 : 0.4	7.33 \pm 0.03	133.47 \pm 2.20	-12.37 \pm 0.70	31.80 \pm 0.02	4.67 \pm 0.00

ตารางที่ 35 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 1 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.69 \pm 0.02	132.09 \pm 0.16	-15.67 \pm 0.32	42.91 \pm 0.01	3.00 \pm 0.00
2 : 0.6	7.49 \pm 0.02	130.91 \pm 0.31	-15.23 \pm 1.86	31.24 \pm 0.02	4.17 \pm 0.00
2 : 0.4	7.48 \pm 0.02	131.14 \pm 0.13	-13.23 \pm 1.46	20.67 \pm 0.07	5.28 \pm 0.10

ตารางที่ 36 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 2 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.41 \pm 0.01	92.83 \pm 0.61	-9.24 \pm 1.74	50.30 \pm 0.04	2.83 \pm 0.00
2 : 0.6	7.53 \pm 0.02	94.12 \pm 0.10	-3.99 \pm 0.84	44.75 \pm 0.05	3.50 \pm 0.00
2 : 0.4	7.49 \pm 0.02	91.57 \pm 0.10	-6.42 \pm 1.65	32.06 \pm 0.05	4.56 \pm 0.10

ตารางที่ 37 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 2 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.64 ± 0.03	92.59 ± 0.11	-5.92 ± 2.67	43.16 ± 0.01	2.83 ± 0.00
2 : 0.6	7.61 ± 0.02	91.83 ± 0.71	-10.89 ± 2.02	31.55 ± 0.02	4.00 ± 0.00
2 : 0.4	7.64 ± 0.01	92.46 ± 0.66	-6.15 ± 2.27	24.70 ± 0.02	5.17 ± 0.00

ตารางที่ 38 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 3 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.12 ± 0.01	93.42 ± 0.34	-8.03 ± 1.56	52.07 ± 0.02	2.67 ± 0.00
2 : 0.6	7.11 ± 0.02	96.17 ± 0.20	-12.07 ± 0.45	47.10 ± 0.01	3.50 ± 0.00
2 : 0.4	7.16 ± 0.03	91.36 ± 0.26	-4.37 ± 1.81	33.79 ± 0.08	4.50 ± 0.00

ตารางที่ 39 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 3 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.23 ± 0.02	94.71 ± 0.47	-12.50 ± 2.16	46.01 ± 0.06	2.83 ± 0.00
2 : 0.6	7.17 ± 0.01	95.39 ± 0.18	-8.58 ± 2.37	32.54 ± 0.11	4.00 ± 0.00
2 : 0.4	7.15 ± 0.02	99.96 ± 0.06	-19.77 ± 4.19	24.44 ± 0.06	5.17 ± 0.00

ตารางที่ 40 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 4 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.15 \pm 0.01	91.34 \pm 0.26	-1.93 \pm 0.44	58.57 \pm 0.72	2.67 \pm 0.00
2 : 0.6	7.15 \pm 0.01	98.76 \pm 1.11	-15.30 \pm 1.74	47.16 \pm 0.43	3.50 \pm 0.00
2 : 0.4	7.29 \pm 0.01	96.64 \pm 0.77	-2.22 \pm 0.88	33.50 \pm 0.12	4.50 \pm 0.00

ตารางที่ 41 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 4 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.31 \pm 0.01	94.94 \pm 0.07	-5.55 \pm 1.13	44.23 \pm 0.02	2.83 \pm 0.00
2 : 0.6	7.21 \pm 0.02	95.34 \pm 0.09	-17.23 \pm 3.40	32.82 \pm 0.03	4.00 \pm 0.00
2 : 0.4	7.18 \pm 0.01	92.19 \pm 0.08	-9.07 \pm 1.67	23.74 \pm 0.05	5.17 \pm 0.00

ตารางที่ 42 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 5 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.13 \pm 0.02	99.72 \pm 0.08	-4.51 \pm 1.68	56.57 \pm 0.21	2.67 \pm 0.00
2 : 0.6	7.12 \pm 0.02	93.68 \pm 0.16	-6.09 \pm 0.95	47.90 \pm 0.05	3.50 \pm 0.00
2 : 0.4	7.08 \pm 0.01	95.45 \pm 1.02	-5.84 \pm 1.71	33.46 \pm 0.04	4.50 \pm 0.00

ตารางที่ 43 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 5 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.18 ± 0.01	95.29 ± 0.30	-1.52 ± 0.26	44.12 ± 0.01	2.83 ± 0.00
2 : 0.6	7.26 ± 0.03	96.01 ± 0.47	-4.29 ± 0.98	32.47 ± 0.02	3.89 ± 0.10
2 : 0.4	7.14 ± 0.01	93.43 ± 0.48	-1.88 ± 0.80	21.51 ± 0.02	5.17 ± 0.00

ตารางที่ 44 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 6 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.13 ± 0.02	106.45 ± 0.96	-1.32 ± 0.41	55.80 ± 0.10	2.56 ± 0.10
2 : 0.6	7.12 ± 0.01	117.00 ± 0.20	-5.40 ± 1.28	47.33 ± 0.02	3.44 ± 0.10
2 : 0.4	7.11 ± 0.01	103.82 ± 0.12	-2.74 ± 0.67	33.23 ± 0.03	4.50 ± 0.00

ตารางที่ 45 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 6 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.14 ± 0.01	122.08 ± 0.34	-12.73 ± 1.62	44.19 ± 0.02	2.83 ± 0.00
2 : 0.6	7.23 ± 0.00	124.31 ± 0.13	-4.37 ± 0.25	32.51 ± 0.01	3.89 ± 0.10
2 : 0.4	7.20 ± 0.01	124.12 ± 0.55	-2.08 ± 0.99	20.29 ± 0.01	5.06 ± 0.10

ตารางที่ 46 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 7 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.17 \pm 0.01	112.65 \pm 1.69	-22.47 \pm 1.01	53.40 \pm 0.26	2.50 \pm 0.00
2 : 0.6	7.11 \pm 0.00	123.88 \pm 0.22	-15.80 \pm 2.05	45.77 \pm 0.12	3.33 \pm 0.00
2 : 0.4	7.13 \pm 0.01	117.35 \pm 0.99	-1.96 \pm 0.55	34.17 \pm 0.01	4.44 \pm 0.10

ตารางที่ 47 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 7 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.15 \pm 0.01	115.25 \pm 1.37	-7.72 \pm 1.67	40.12 \pm 0.01	2.78 \pm 0.10
2 : 0.6	7.23 \pm 0.02	125.41 \pm 1.55	-6.83 \pm 0.83	30.24 \pm 0.03	3.83 \pm 0.00
2 : 0.4	7.13 \pm 0.03	125.57 \pm 1.89	-10.27 \pm 1.22	20.34 \pm 0.02	5.00 \pm 0.00

ตารางที่ 48 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ ethanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 8 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.07 \pm 0.03	124.76 \pm 0.36	-4.66 \pm 0.56	52.81 \pm 0.01	2.50 \pm 0.00
2 : 0.6	7.10 \pm 0.01	129.90 \pm 3.64	-8.07 \pm 0.83	44.84 \pm 0.23	3.33 \pm 0.00
2 : 0.4	7.13 \pm 0.02	125.87 \pm 0.35	-3.87 \pm 1.23	34.05 \pm 0.04	4.39 \pm 0.10

ตารางที่ 49 แสดงสมบัติทางกายภาพของไมโครอิมัลชันข่าที่มี Smix คือ Tween80 และ isopropanol เมื่อเก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 8 รอบ

สัดส่วน Smix	สมบัติทางกายภาพ				
	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μ S/cm)	ความหนืด (mPa/s)
2 : 1	7.14 \pm 0.02	125.74 \pm 0.18	-3.18 \pm 1.15	48.10 \pm 0.01	2.67 \pm 0.00
2 : 0.6	7.19 \pm 0.01	123.16 \pm 0.70	-13.47 \pm 3.79	35.14 \pm 0.03	3.83 \pm 0.00
2 : 0.4	7.15 \pm 0.01	125.27 \pm 0.14	-0.30 \pm 0.13	26.30 \pm 0.01	5.00 \pm 0.00

ตารางที่ 50 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ

Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	ของเหลวสีขาว ไม่แยกชั้น	4.29 ± 0.01	229.83 ± 1.50	-41.83 ± 0.61	0.308 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Triton X-100 (10%)	ของเหลวสีขาว ไม่แยกชั้น	4.80 ± 0.03	132.85 ± 0.51	-7.32 ± 1.98	0.500 ± 0.00	0.83 ± 0.00
Tween 20 (5%)	ของเหลวสีขาว ไม่แยกชั้น	3.97 ± 0.01	262.82 ± 2.81	-36.33 ± 0.91	0.511 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	ของเหลวสีขาว ไม่แยกชั้น	4.43 ± 0.02	268.45 ± 1.57	-5.20 ± 0.28	0.751 ± 0.00	0.50 ± 0.00
Tween 80 (5%)	ของเหลวสีขาว ไม่แยกชั้น	3.23 ± 0.01	204.23 ± 0.92	-35.43 ± 0.67	0.572 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ของเหลวสีขาว ไม่แยกชั้น	4.65 ± 0.01	247.88 ± 2.81	-21.73 ± 2.64	0.551 ± 0.00	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 51 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่างๆ นาน 7 วัน

Surfactant (%)	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ					
		ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (µS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	4	ชั้นบนขาว	4.76 ± 0.02	354.80±2.99	-37.53±0.84	0.144±0.00	0.33±0.00
	45	ชั้นบนโปร่งแสง*	4.80 ± 0.01	351.50±2.62	-41.40±0.70	0.122±0.00	0.33±0.00
	30	ชั้นบนขาว*	4.81 ± 0.01	333.77±1.65	-46.50±0.00	0.126±0.00	0.33±0.00
Triton X-100 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น*	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	ไม่แยกชั้น	5.16 ± 0.01	382.73±2.58	-27.40±0.44	0.239±0.00	0.67±0.00
	30	ไม่แยกชั้น	5.22 ± 0.01	397.60±0.69	-29.37±0.47	0.248±0.00	0.67±0.00
Tween 20 (5%)	4	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	4.44 ± 0.01	409.53 ± 3.07	-45.17±0.92	0.219±0.00	0.33±0.00
	45	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	4.44 ± 0.01	407.10 ± 2.15	-40.43±0.65	0.226±0.00	0.33±0.00
	30	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	4.50 ± 0.01	458.73 ± 2.37	-43.73±0.78	0.215±0.00	0.33±0.00
Tween 20 (10%)	4	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	4.79 ± 0.01	484.33 ± 1.12	-33.87±0.60	0.226±0.00	0.67±0.00
	45	แยกชั้น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	30	ชั้นบนขาวขุ่น	4.89 ± 0.03	483.80 ± 1.85	-35.33±0.64	0.217±0.00	0.67±0.00
Tween 80 (5%)	4	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	3.70 ± 0.02	493.13 ± 4.51	-40.33±0.12	0.250±0.00	0.33±0.00
	45	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	3.77 ± 0.01	408.47 ± 2.72	-37.23±1.06	0.276±0.00	0.33±0.00
	30	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	3.83 ± 0.01	414.93 ± 1.02	-34.40±1.99	0.249±0.00	0.33±0.00
Tween 80 (10%)	4	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	5.03 ± 0.02	415.00 ± 0.44	-29.47±1.27	0.226±0.00	0.67±0.00
	45	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	4.78 ± 0.02	443.57 ± 0.76	-33.63±1.63	0.229±0.00	0.67±0.00
	30	ขาวขุ่นไม่แยกชั้น	4.97 ± 0.01	479.02 ± 2.02	-26.63±1.25	0.231±0.00	0.67±0.00

ตารางที่ 52 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 30 วัน

Surfactant (%)	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ					
		ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (µS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	4.70 ± 0.01	432.03 ± 0.45	-41.83 ± 0.47	0.190 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	45	แยกสามชั้น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	30	ชั้นบนขาวขุ่น	4.70 ± 0.01	445.53 ± 0.76	-39.60 ± 1.55	0.258 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Triton X-100 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	ชั้นบนใสกว่า	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	30	ชั้นบนใสกว่า	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	4	ไม่แยกชั้น	4.41 ± 0.01	414.20 ± 2.10	-36.10 ± 1.90	0.309 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	45	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	30	ไม่แยกชั้น	4.32 ± 0.01	495.81 ± 0.15	-32.00 ± 1.71	0.348 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	แยกชั้น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	30	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	4	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.74 ± 0.01	203.83 ± 2.91	-38.83 ± 1.59	0.308 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	45	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.54 ± 0.01	210.30 ± 2.62	-13.30 ± 0.75	0.484 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	30	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.59 ± 0.01	243.60 ± 1.82	-21.10 ± 1.97	0.384 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	4	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.88 ± 0.01	277.60 ± 3.94	-12.37 ± 1.42	0.321 ± 0.00	0.67 ± 0.00
	45	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.16 ± 0.01	215.80 ± 2.03	-15.50 ± 1.99	0.436 ± 0.00	0.67 ± 0.00
	30	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.45 ± 0.01	266.07 ± 4.10	-7.51 ± 0.78	0.356 ± 0.01	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 53 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 60 วัน

Surfactant (%)	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ					
		ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (µS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	แยกสามชั้น					
	30	ชั้นบนขาวขุ่น					
Triton X-100 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	ชั้นบนใสกว่า					
	30	ชั้นบนใสกว่า					
Tween 20 (5%)	4	ไม่แยกชั้น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	ชั้นบนขาวขุ่น					
	30	ไม่แยกชั้น					
Tween 20 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	แยกชั้น					
	30	ชั้นบนขาวขุ่น*					
Tween 80 (5%)	4	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.64 ± 0.01	285.10 ± 5.31	-40.87 ± 1.12	0.362 ± 0.00	0.17 ± 0.00
	45	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.41 ± 0.01	214.00 ± 2.54	-25.90 ± 1.91	0.544 ± 0.01	0.17 ± 0.00
	30	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.53 ± 0.01	209.03 ± 0.45	-35.40 ± 1.01	0.447 ± 0.01	0.17 ± 0.00
Tween 80 (10%)	4	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.49 ± 0.01	226.77 ± 2.55	-30.97 ± 0.46	0.328 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	45	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.91 ± 0.01	234.57 ± 0.15	-23.53 ± 2.37	0.458 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	30	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.14 ± 0.03	254.38 ± 0.47	-23.30 ± 2.43	0.394 ± 0.01	0.33 ± 0.00

ตารางที่ 54 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่าง ๆ นาน 90 วัน

Surfactant (%)	Temp (°C)	สมบัติทางกายภาพ					
		ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity (μS/cm)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	แยกสามชั้น					
	30	ชั้นบนขาวขุ่น					
Triton X-100 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	ชั้นบนใสกว่า					
	30	ชั้นบนใสกว่า					
Tween 20 (5%)	4	ไม่แยกชั้น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	ชั้นบนขาวขุ่น					
	30	ไม่แยกชั้น					
Tween 20 (10%)	4	ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	45	แยกชั้น					
	30	ชั้นบนขาวขุ่น*					
Tween 80 (5%)	4	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.11 ± 0.01	216.17 ± 5.11	-47.07 ± 2.74	0.362 ± 0.01	0.17 ± 0.00
	45	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.91 ± 0.01	227.37 ± 3.65	-26.13 ± 4.22	0.562 ± 0.01	0.17 ± 0.00
	30	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.00 ± 0.01	222.63 ± 4.07	-32.70 ± 3.04	0.424 ± 0.00	0.17 ± 0.00
Tween 80 (10%)	4	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.62 ± 0.03	295.10 ± 1.58	-35.10 ± 1.44	0.368 ± 0.00	0.33 ± 0.00
	45	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.28 ± 0.01	278.33 ± 0.95	-29.37 ± 0.81	0.655 ± 0.01	0.33 ± 0.00
	30	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.55 ± 0.01	263.42 ± 1.57	-21.77 ± 2.06	0.455 ± 0.01	0.33 ± 0.00

ตารางที่ 55 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 1 รอบ

Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.39 ± 0.01	322.40 ± 1.95	-34.00 ± 0.46	0.254 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.76 ± 0.01	235.37 ± 2.40	-37.33 ± 1.19	0.259 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.90 ± 0.01	269.59 ± 1.62	-26.70 ± 3.58	0.236 ± 0.01	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 56 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 2 รอบ

Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.36 ± 0.01	321.50 ± 2.19	-41.30 ± 1.01	0.436 ± 0.01	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.68 ± 0.03	238.20 ± 2.79	-40.40 ± 1.21	0.473 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.77 ± 0.01	285.70 ± 1.84	-22.90 ± 1.15	0.376 ± 0.00	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 57 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 3 รอบ

Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.33 ± 0.02	394.94 ± 0.96	-44.13 ± 1.10	0.450 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.69 ± 0.01	227.30 ± 2.65	-37.77 ± 0.55	0.489 ± 0.01	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.66 ± 0.01	256.52 ± 0.92	-28.03 ± 2.10	0.401 ± 0.00	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 58 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 4 รอบ

Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.35 ± 0.01	304.50 ± 1.11	-43.23 ± 2.45	0.461 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.71 ± 0.00	299.67 ± 1.45	-16.27 ± 0.96	0.522 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.69 ± 0.02	259.97 ± 0.73	-4.89 ± 0.25	0.422 ± 0.00	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 59 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 5 รอบ

Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ข่าขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนข่าขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	ข่าขุ่น ไม่แยกชั้น	4.27 ± 0.01	352.53 ± 4.57	-44.70 ± 0.36	0.470 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ข่าขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ข่าขุ่น ไม่แยกชั้น	3.62 ± 0.02	200.53 ± 0.59	-8.36 ± 1.61	0.528 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ข่าขุ่น ไม่แยกชั้น	4.55 ± 0.03	276.60 ± 1.77	-4.60 ± 1.06	0.422 ± 0.00	0.67 ± 0.00

ตารางที่ 60 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 6 รอบ

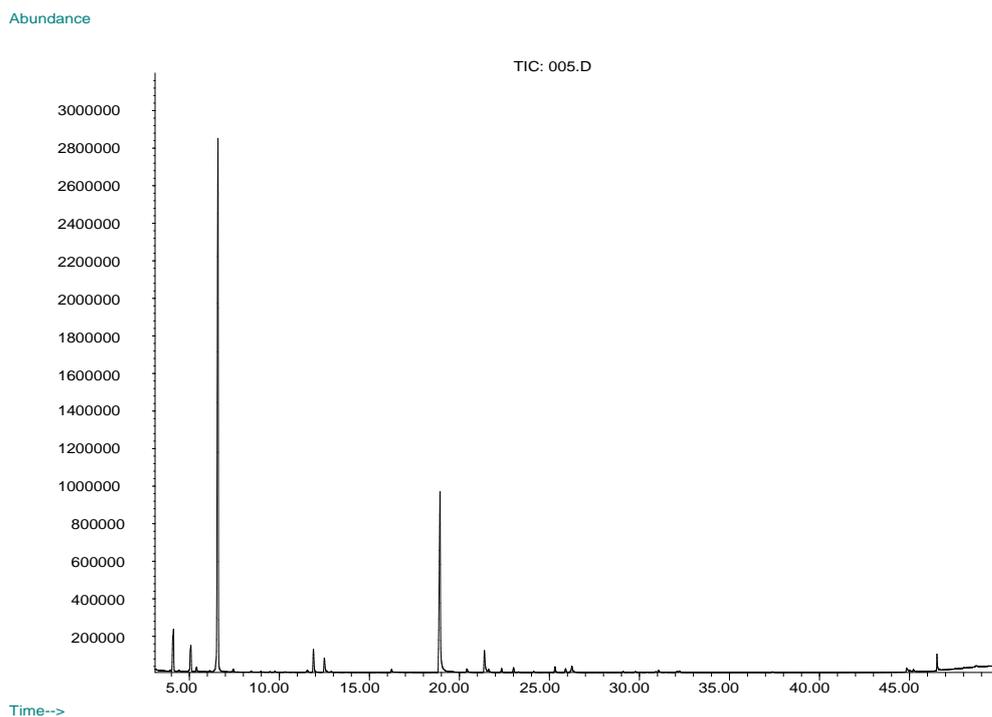
Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนข่าขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนข่าขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนข่าขุ่น	4.80 ± 0.01	385.00 ± 5.90	-32.27 ± 0.96	0.473 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 20 (10%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ข่าขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ข่าขุ่น ไม่แยกชั้น	3.63 ± 0.02	251.00 ± 3.98	-26.03 ± 1.58	0.558 ± 0.00	0.33 ± 0.00
Tween 80 (10%)	ข่าขุ่น ไม่แยกชั้น	4.51 ± 0.02	265.29 ± 3.01	-14.67 ± 1.33	0.451 ± 0.00	0.61 ± 0.10

ตารางที่ 61 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 7 รอบ

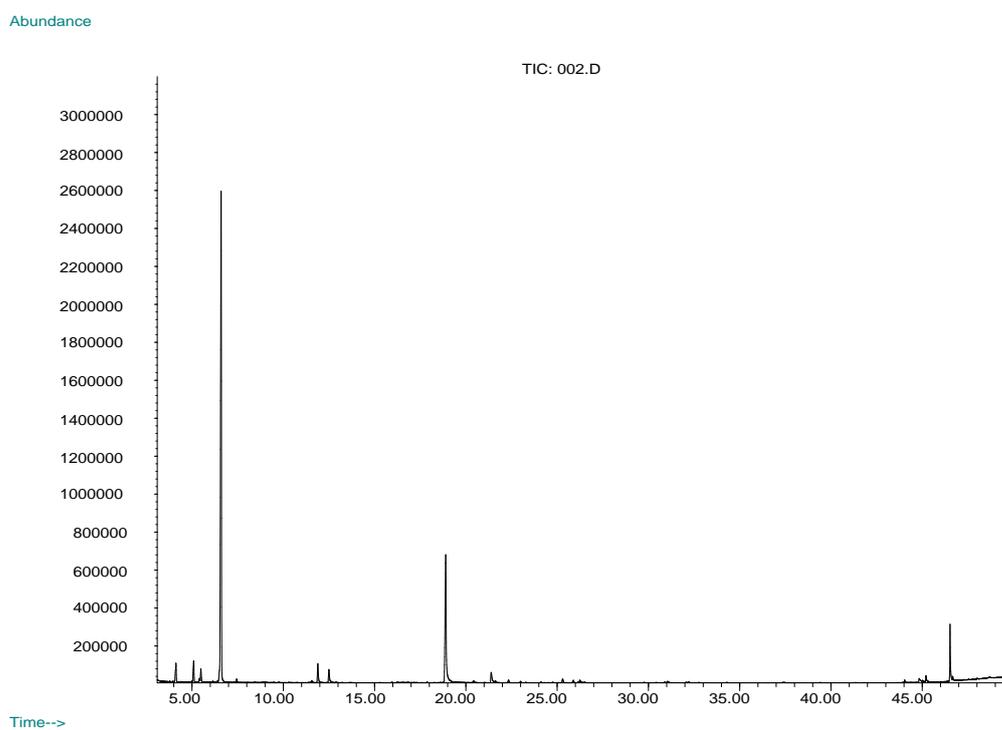
Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	4.20 ± 0.03	374.03 ± 1.80	-38.30 ± 1.18	0.496 ± 0.00	0.28 ± 0.10
Tween 20 (10%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.66 ± 0.01	254.40 ± 1.92	-22.63 ± 2.44	0.573 ± 0.00	0.28 ± 0.10
Tween 80 (10%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.46 ± 0.01	269.52 ± 0.84	-2.08 ± 0.99	0.472 ± 0.00	0.56 ± 0.10

ตารางที่ 62 แสดงสมบัติทางกายภาพของนาโนอิมัลชันข่าที่เก็บไว้ในอุณหภูมิผกผัน 8 รอบ

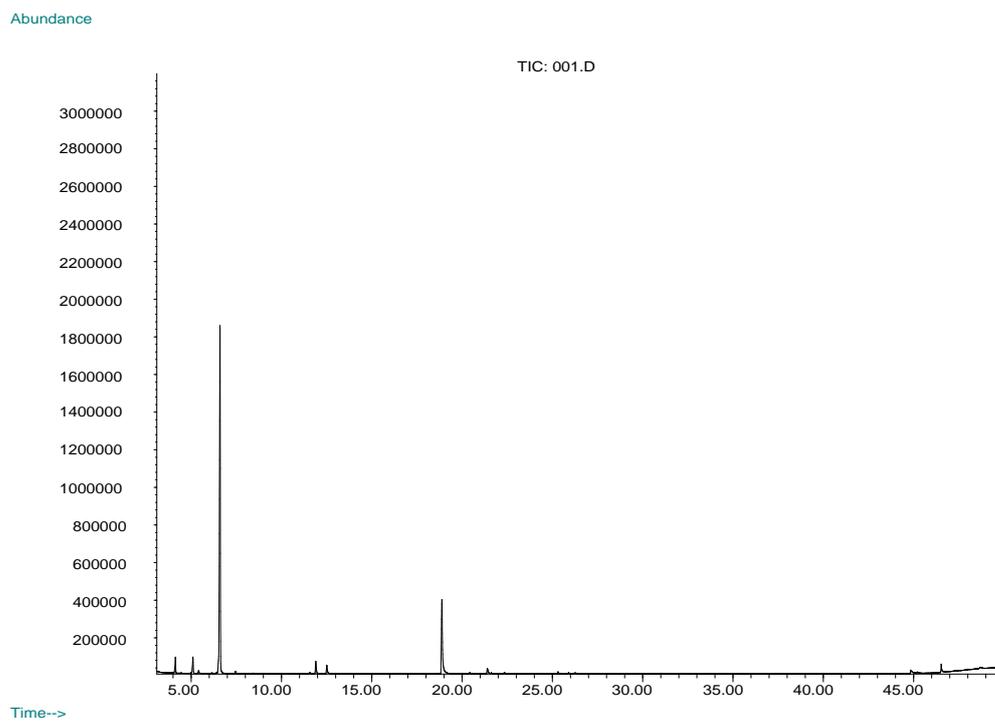
Surfactant (%)	สมบัติทางกายภาพ					
	ลักษณะ	pH	ขนาดอนุภาค (nm)	Zeta potential (mV)	Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	ความหนืด (mPa/s)
Triton X-100 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Triton X-100 (10%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 20 (5%)	แยกชั้น ชั้นบนขาวขุ่น	4.13 ± 0.01	316.07 ± 2.91	-41.40 ± 0.60	0.514 ± 0.00	0.22 ± 0.10
Tween 20 (10%)	แยก 3 ชั้น น้ำมัน-ขาวขุ่น	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Tween 80 (5%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	3.58 ± 0.01	298.23 ± 0.68	-24.13 ± 1.05	0.605 ± 0.01	0.22 ± 0.10
Tween 80 (10%)	ขาวขุ่น ไม่แยกชั้น	4.39 ± 0.02	266.29 ± 2.15	-7.92 ± 1.20	0.516 ± 0.01	0.44 ± 0.10



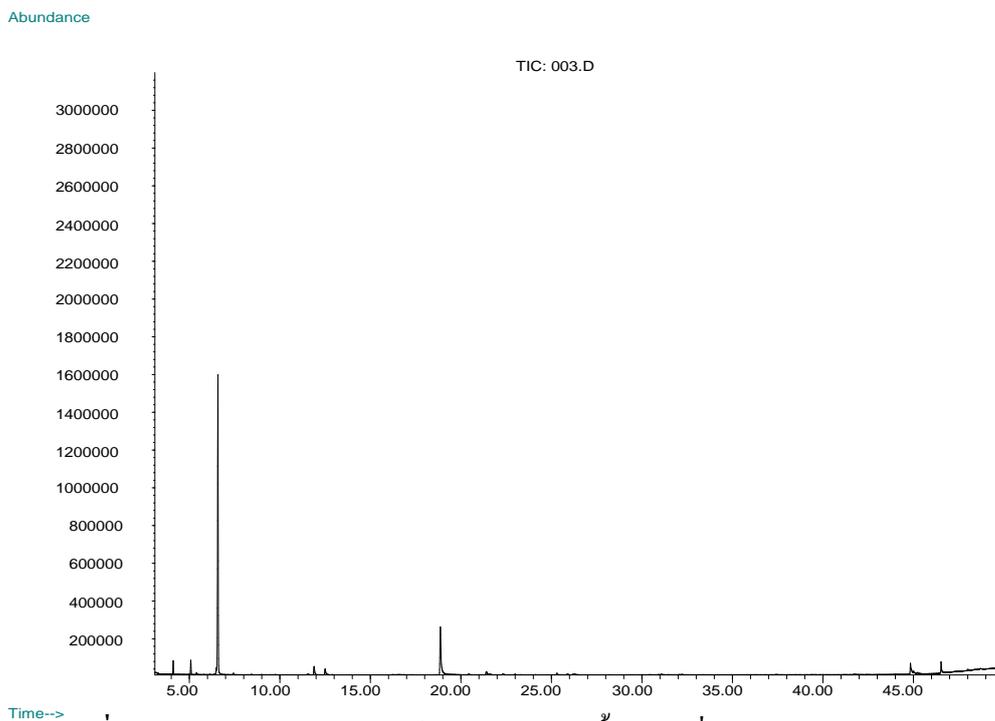
ภาพที่ 24 GC chromatogram ของไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80: ethanol = 2:1 ที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ



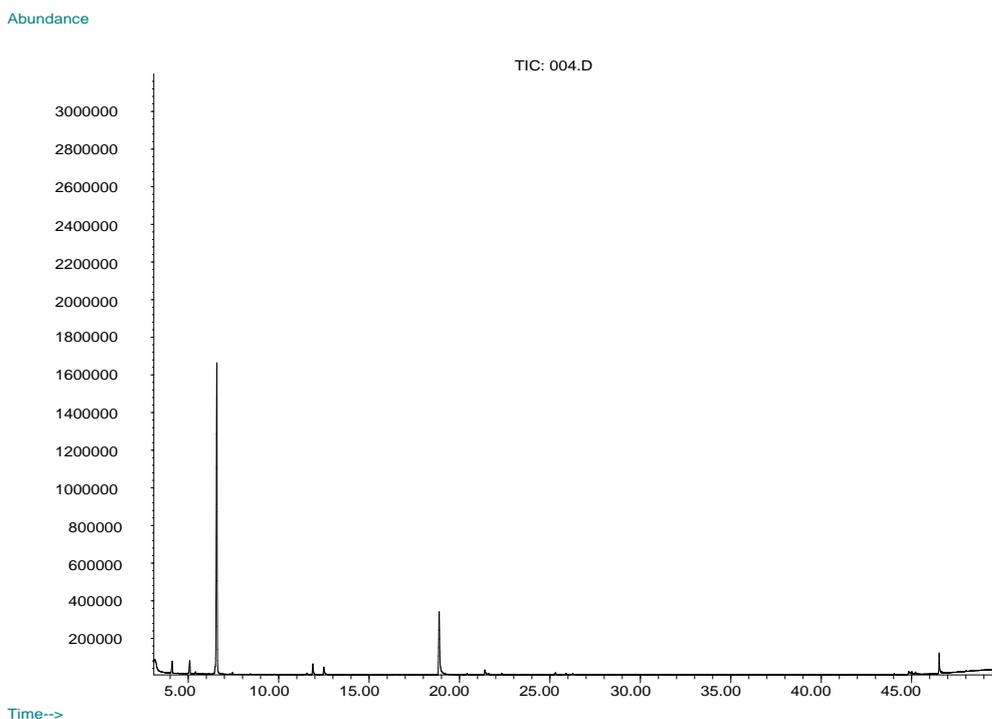
ภาพที่ 25 GC chromatogram ของไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80: ethanol = 2:1
เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 26 GC chromatogram ของไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1
เก็บที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 27 GC chromatogram ของไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1
เก็บที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 28 GC chromatogram ของไมโครอิมัลชันน้ำมันข่าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1
เก็บที่อุณหภูมิผกผัน 8 รอบ

ตารางที่ 63 องค์ประกอบทางเคมีของไมโครอิมัลชันน้ำมันข่าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1 ที่เตรียมเสร็จ
ใหม่ ๆ

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.59	1,8-cineole	2,840,572	98
18.92	4-allylphenyl acetate	958,654	97

ตารางที่ 64 องค์ประกอบทางเคมีของไมโครอิมัลชันน้ำมันข่าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1 เก็บที่ 4 องศา
เซลเซียส นาน 180 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.60	1,8-cineole	2,592,346	98
18.90	4-allylphenyl acetate	668,537	97

ตารางที่ 65 องค์ประกอบทางเคมีของไมโครอิมัลชันน้ำมันข่าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1 เก็บที่ 30 องศา
เซลเซียส นาน 180 วัน

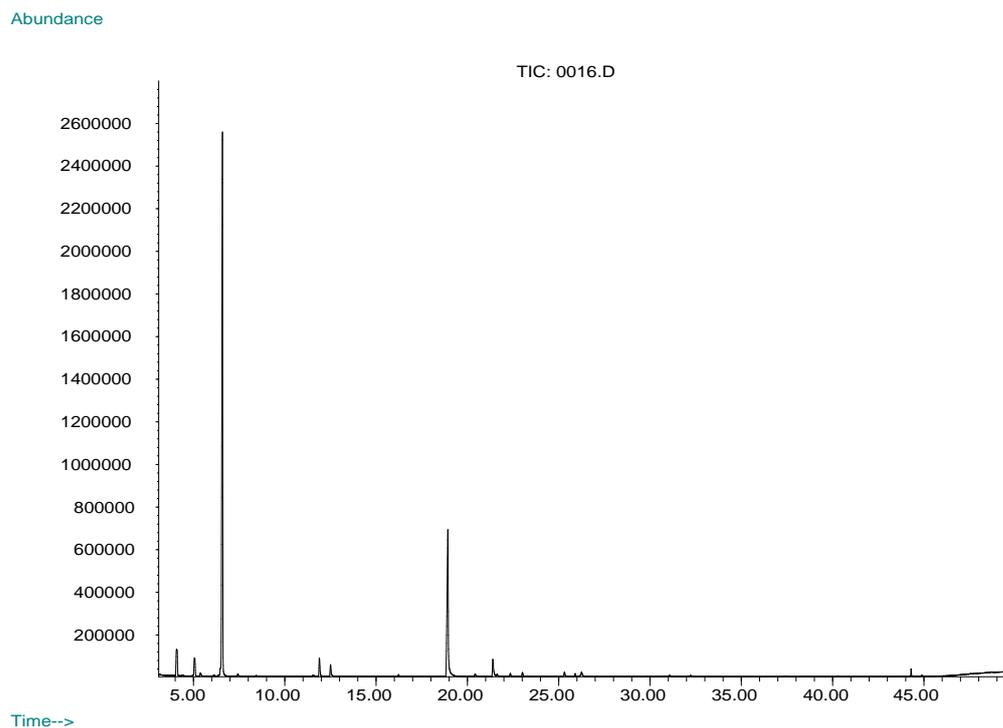
RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.60	1,8-cineole	1,846,537	98
18.88	4-allylphenyl acetate	395,455	96

ตารางที่ 66 องค์ประกอบทางเคมีของไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1 เก็บที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.58	1,8-cineole	1,580,373	98
18.87	4-allylphenyl acetate	254,191	96

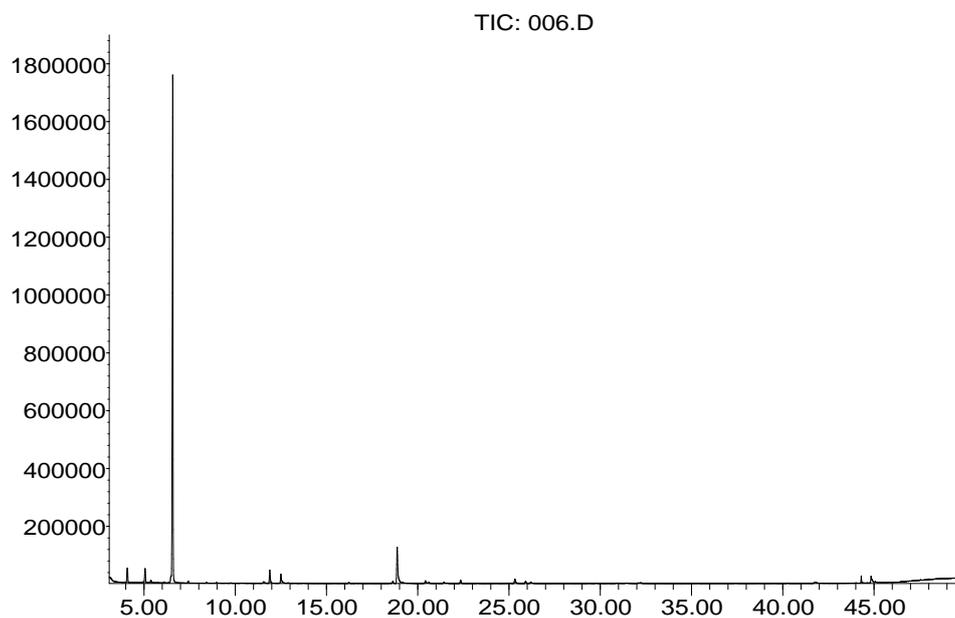
ตารางที่ 67 องค์ประกอบทางเคมีของไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าที่มี Tween 80 : ethanol = 2:1 เก็บที่อุณหภูมิ ผกผัน 8 รอบ

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.58	1,8-cineole	1,645,387	98
18.88	4-allylphenyl acetate	332,184	96



ภาพที่ 29 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 5% ที่เตรียมเสร็จใหม่

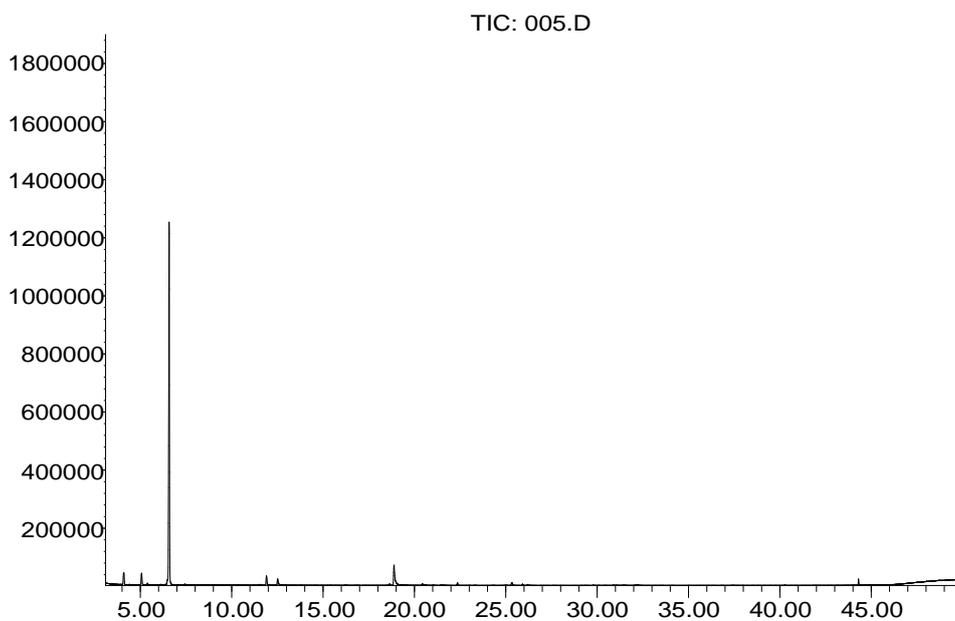
Abundance



Time-->

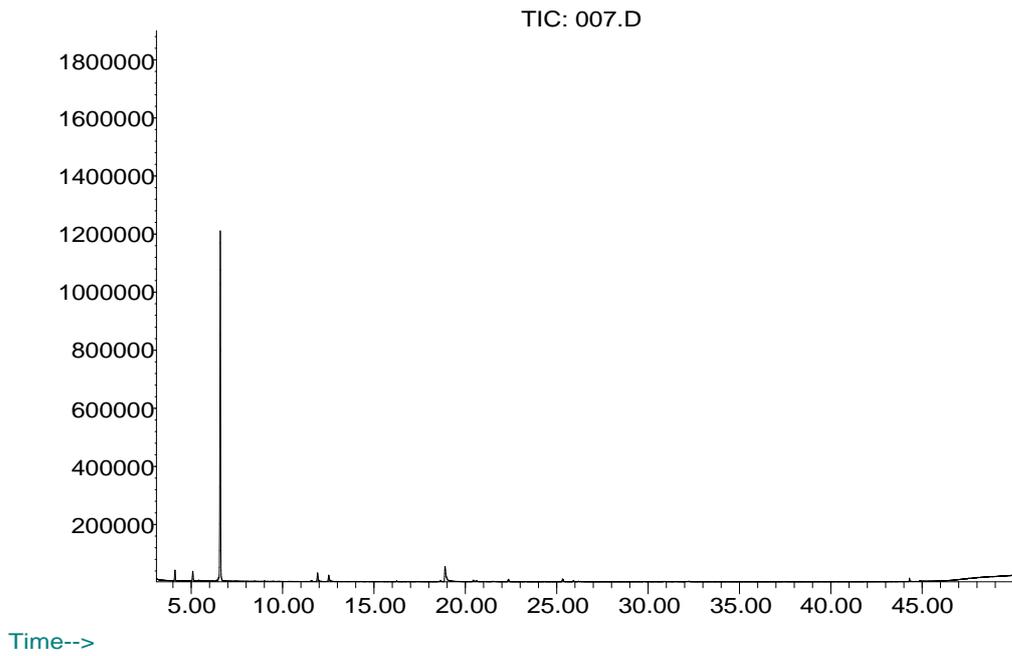
ภาพที่ 30 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันงาที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 5%
เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน

Abundance

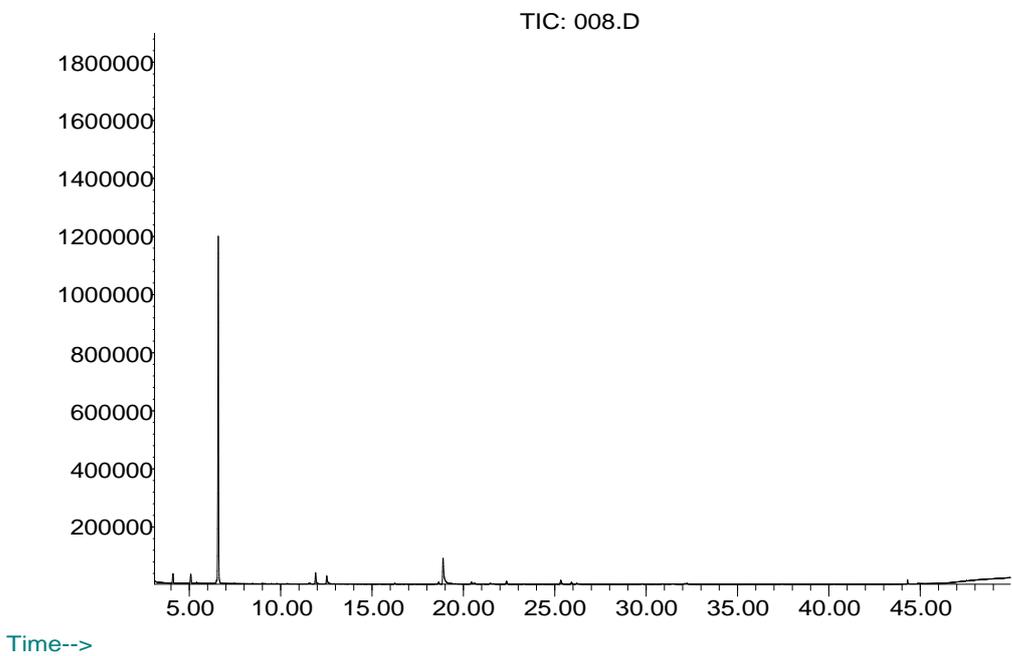


Time-->

ภาพที่ 31 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันงาที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 5%
เก็บที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 32 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 5%
เก็บที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 33 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 5%
เก็บที่อุณหภูมิผกผัน เป็นระยะเวลา 8 รอบ

ตารางที่ 68 องค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชันน้ำมันข่าที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 5% ที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.59	1,8-cineole	2,550,046	98
18.93	4-allylphenyl acetate	687,113	96

ตารางที่ 69 องค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชัน T80-5% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.58	1,8-cineole	1,750,237	96
18.88	4-allylphenyl acetate	124,297	97

ตารางที่ 70 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชัน T80-5% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วัน

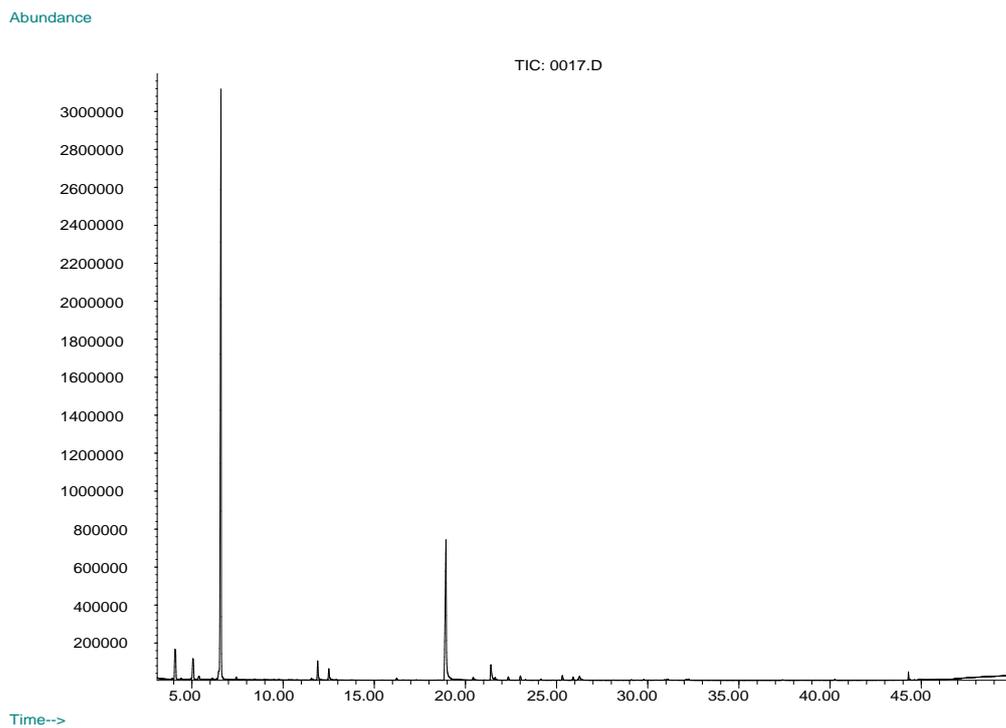
RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.58	1,8-cineole	1,239,846	96
18.88	4-allylphenyl acetate	69,353	97

ตารางที่ 71 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชัน T80-5% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 180 วัน

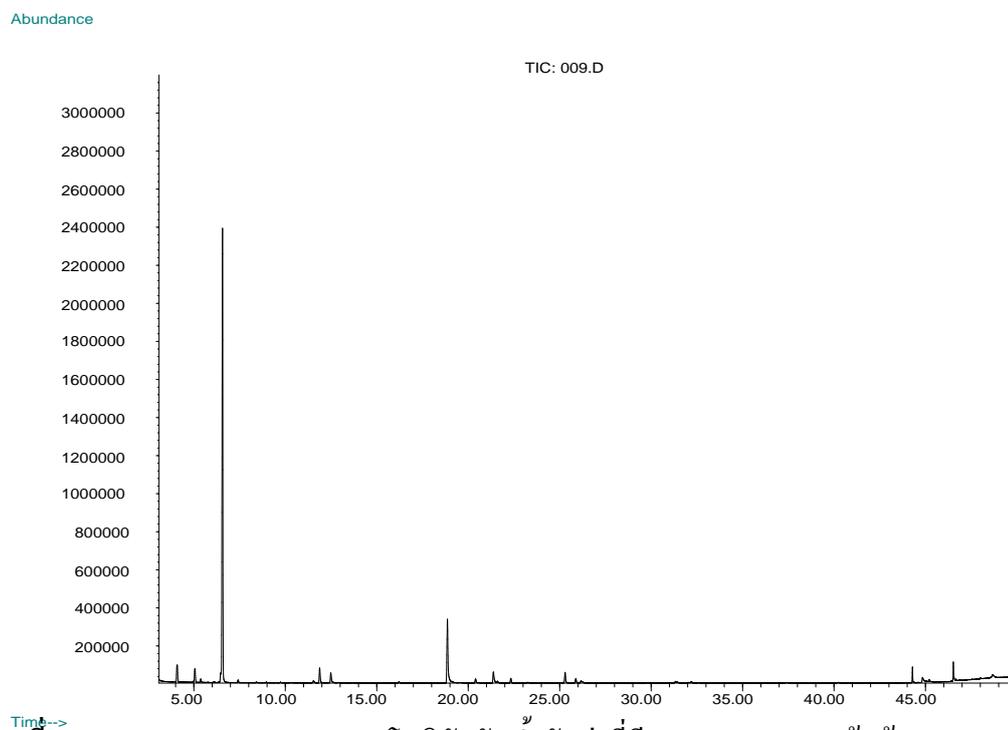
RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.59	1,8-cineole	1,192,059	95
18.89	4-allylphenyl acetate	51,249	97

ตารางที่ 72 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชัน T80-5% เก็บไว้ที่อุณหภูมิผกผัน เป็นระยะเวลา 8 รอบ

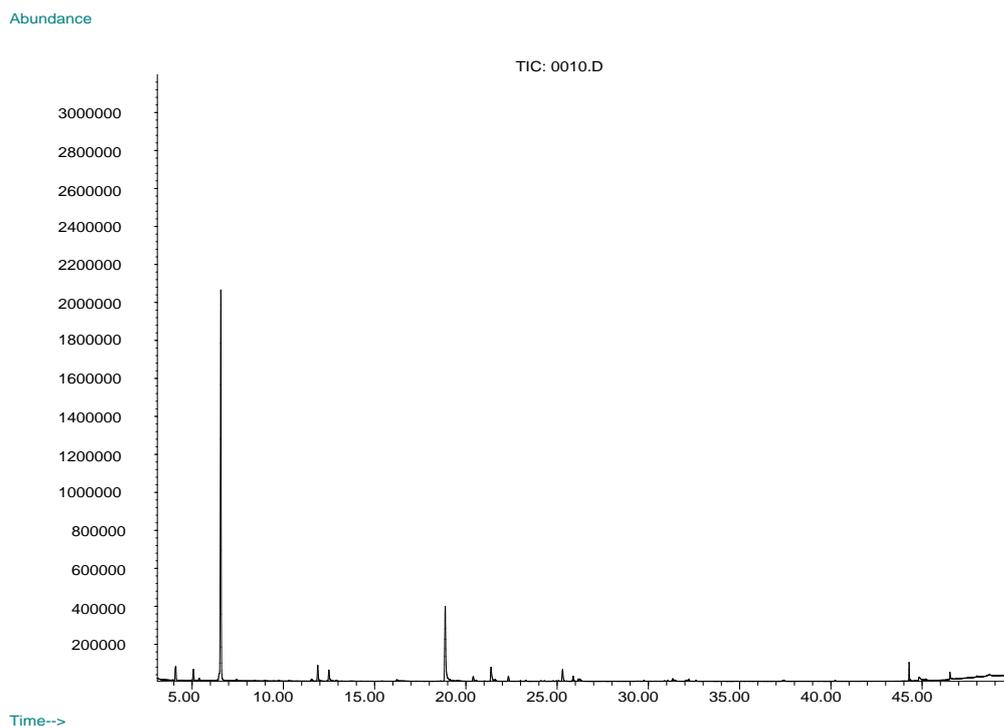
RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.58	1,8-cineole	1,195,941	96
18.89	4-allylphenyl acetate	57,132	96



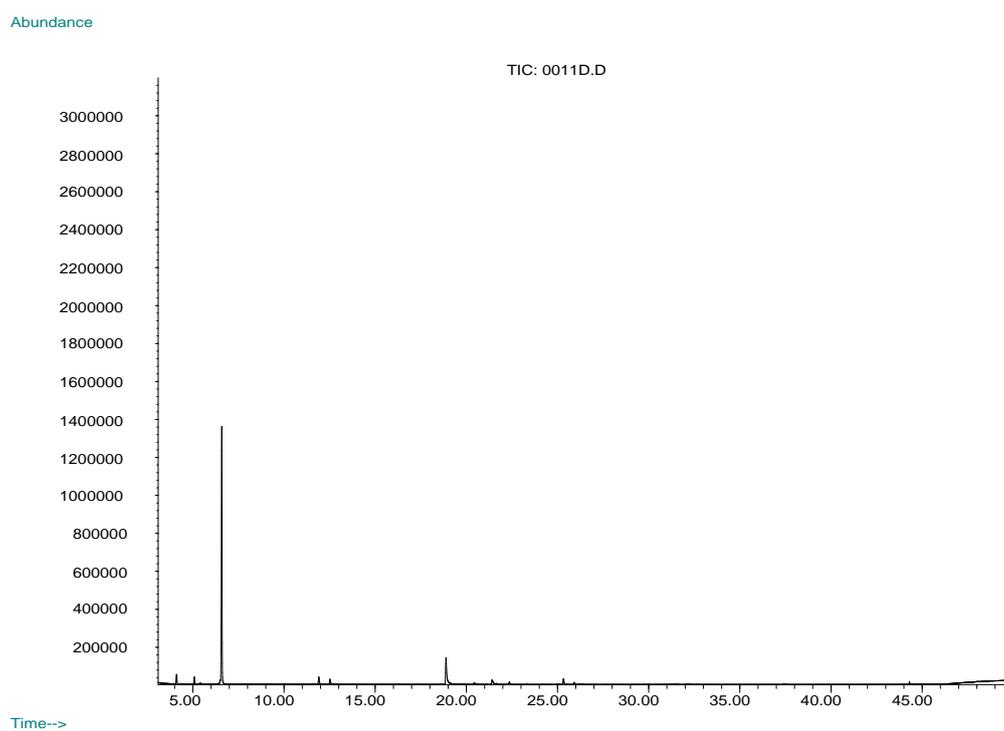
ภาพที่ 34 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 10%
ที่เตรียมเสร็จใหม่ๆ



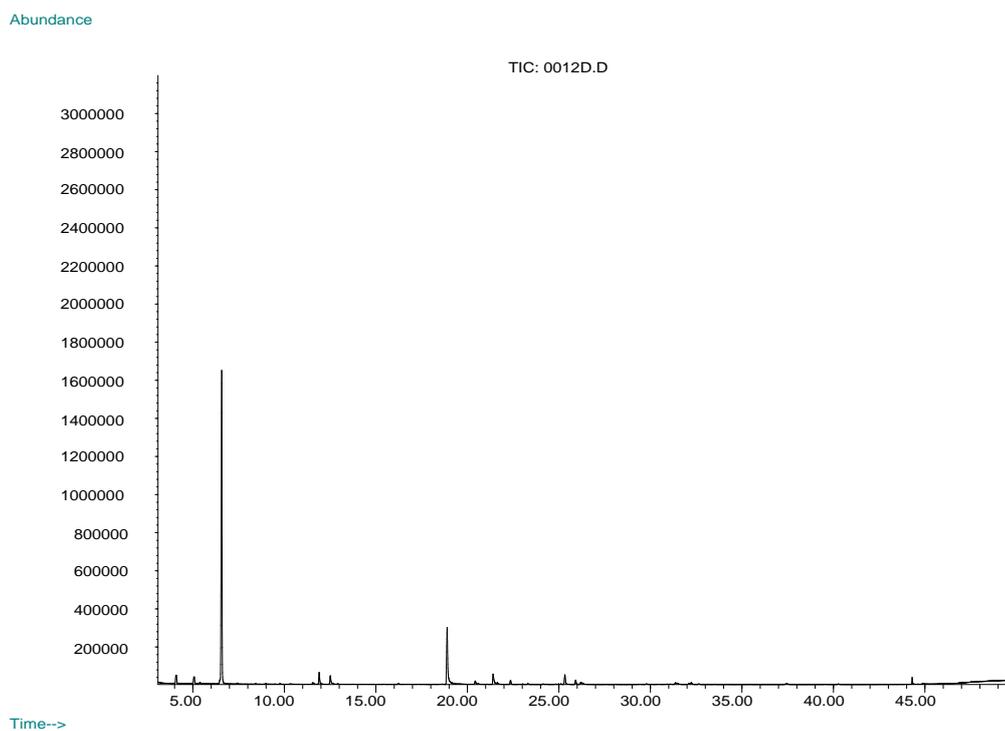
ภาพที่ 35 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 10%
เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 36 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 10%
เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 37 GC chromatogram ของนาโนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 10%
เก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 38 GC chromatogram ของนา โนอิมัลชันน้ำมันข้าวที่มี Tween 80 ความเข้มข้น 10% เก็บที่อุณหภูมิผกผัน เป็นระยะเวลา 8 รอบ

ตารางที่ 73 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนา โนอิมัลชัน T80-10% ที่เตรียมใหม่

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.59	1,8-cineole	3,088,691	98
18.94	4-allylphenyl acetate	738,336	96

ตารางที่ 74 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนา โนอิมัลชัน T80-10% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.57	1,8-cineole	2,376,463	98
18.86	4-allylphenyl acetate	332,927	96

ตารางที่ 75 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนา โนอิมัลชัน T80-10% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 90 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.57	1,8-cineole	2,048,156	98
18.87	4-allylphenyl acetate	387,745	97

ตารางที่ 76 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชัน T80-10% เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 90 วัน

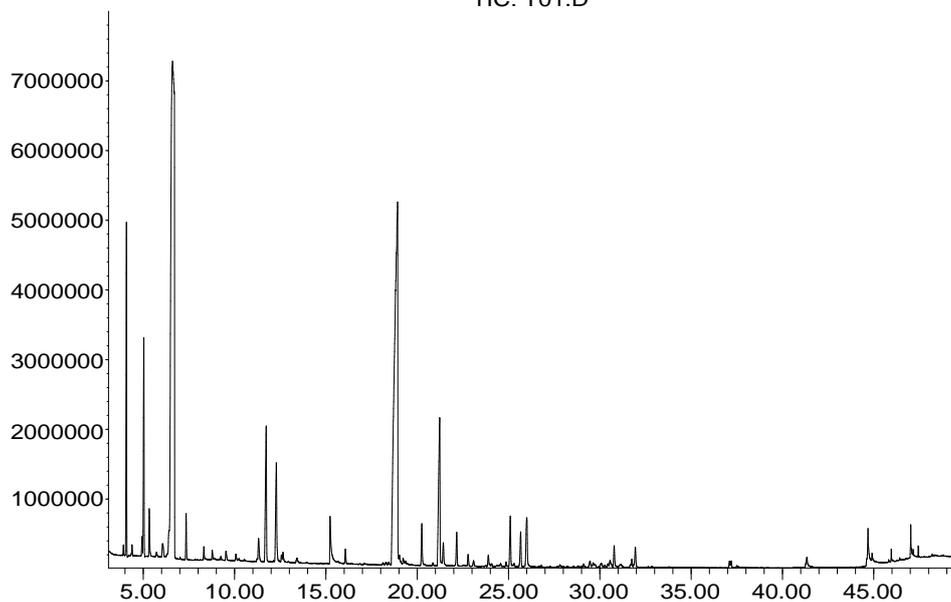
RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.59	1,8-cineole	1,346,754	96
18.88	4-allylphenyl acetate	141,694	96

ตารางที่ 77 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของตำรับนาโนอิมัลชัน T80-10% เก็บไว้ที่อุณหภูมิผกผันเป็นระยะเวลา 8 รอบ

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.58	1,8-cineole	1,644,314	96
18.89	4-allylphenyl acetate	296,956	96

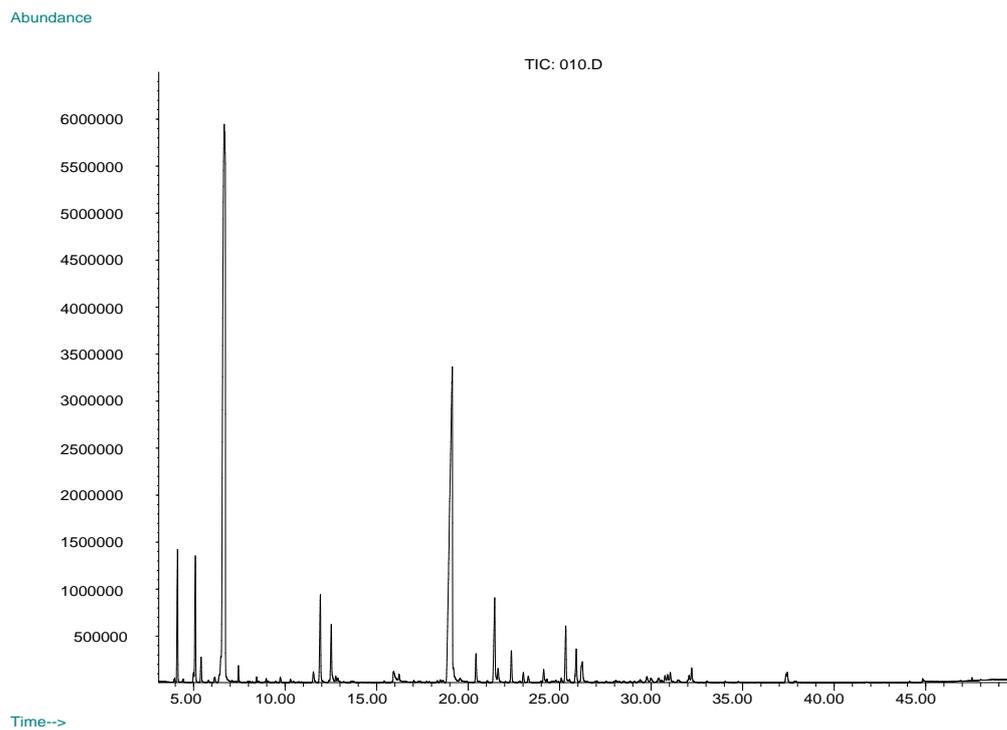
Abundance

TIC: T01.D

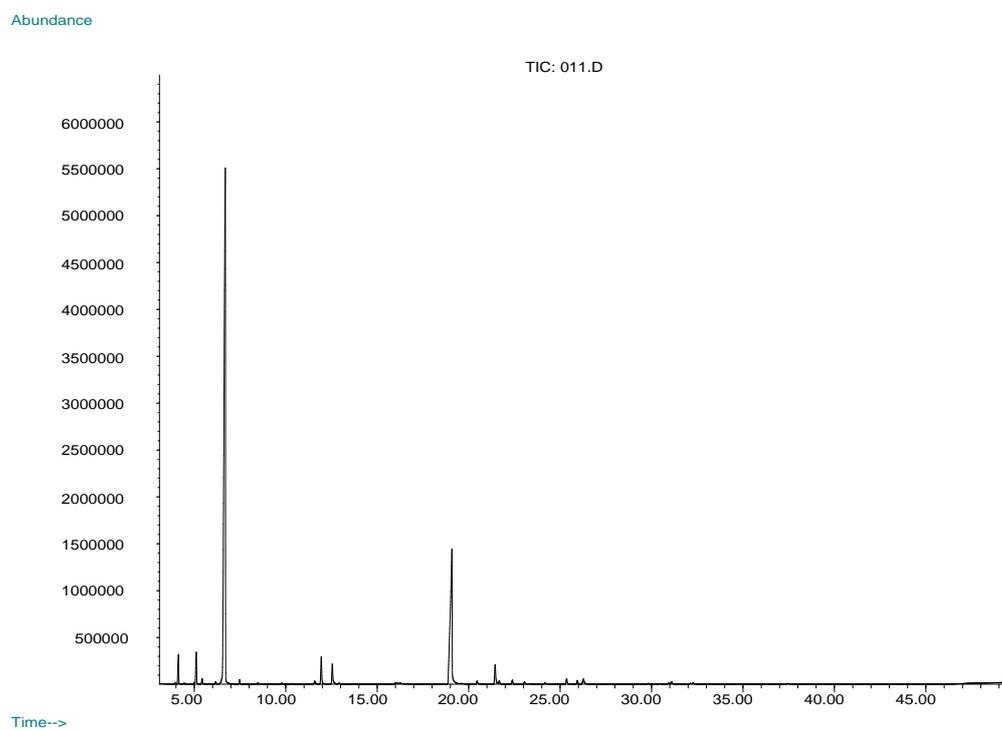


Time-->

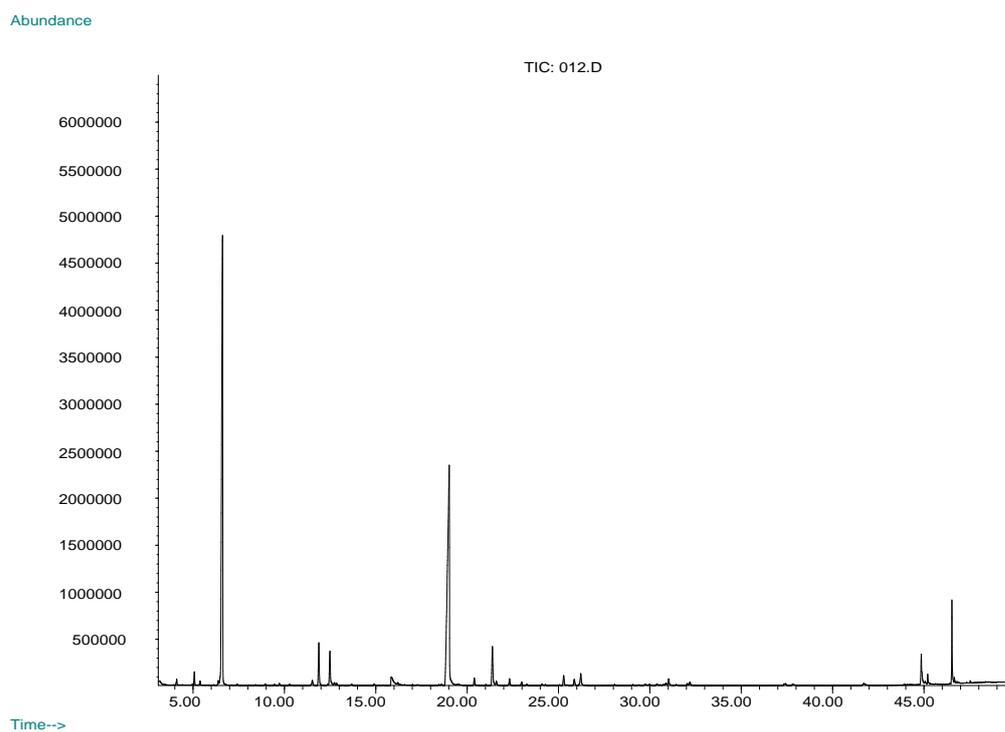
ภาพที่ 39 GC chromatogram ของน้ำมันข่าที่กลั่นเสร็จใหม่ๆ



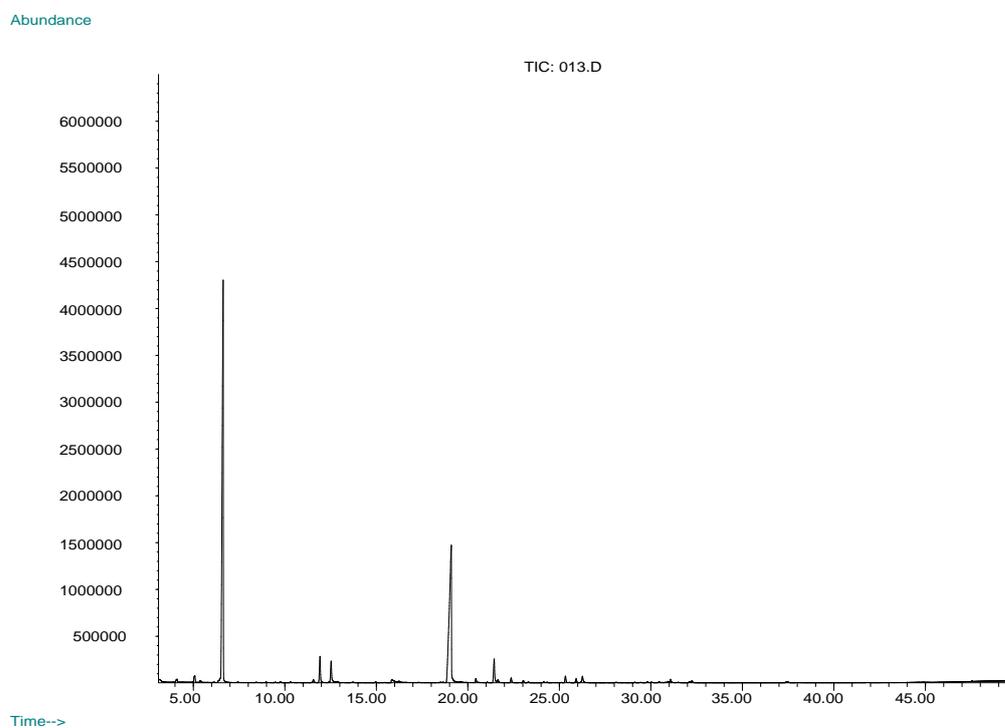
ภาพที่ 40 GC chromatogram ของน้ำมันข่าที่เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 41 GC chromatogram ของน้ำมันข่าที่เก็บที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 42 GC chromatogram ของน้ำมันข้าวที่เก็บที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 180 วัน



ภาพที่ 43 GC chromatogram ของน้ำมันข้าวที่เก็บที่อุณหภูมิผกผัน นาน 8 รอบ

ตารางที่ 78 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่กลั่นเสร็จใหม่ ๆ

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.68	1,8-cineole	7,123,728	99
19.03	4-allylphenyl acetate	5,179,317	98

ตารางที่ 79 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.68	1,8-cineole	5,924,003	99
19.13	4-allylphenyl acetate	3,323,429	98

ตารางที่ 80 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.70	1,8-cineole	1,239,846	98
19.08	4-allylphenyl acetate	69,353	96

ตารางที่ 81 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 วัน

RT (min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.62	1,8-cineole	1,192,059	98
19.02	4-allylphenyl acetate	51,249	98

ตารางที่ 82 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิผกผัน นาน 8 รอบ

RT(min)	Library/ID	Peak Height	Quality
6.63	1,8-cineole	1,183,407	98
19.10	4-allylphenyl acetate	87,415	96

บทที่ 6

อภิปรายและวิจารณ์ผล

การศึกษานี้ได้เริ่มจากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชชนิดต่าง ๆ โดยวิธี hydro-distillation ซึ่งทำตามวิธีของ Chaiyana et al. (2012) โดยพืชที่นำมาศึกษาเป็นกลุ่มพืชที่ปลูกได้ง่ายในประเทศและเป็นพืชอาหารหรือยา ได้แก่ ข่า (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือเหง้า) โหระพา (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือใบและช่อดอก) ยี่ห่วย (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือใบและช่อดอก) ผักชีฝรั่ง (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือใบ) กะเพราขาว (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือใบและช่อดอก) แมงลัก (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือใบและช่อดอก) และกลุ่มพืชที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ได้แก่ กระวาน (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือใบ) และจันทน์เทศ (ส่วนที่นำมาใช้สกัดน้ำมันคือรอกหุ้มเปลือกเมล็ดและส่วนของเมล็ด) ผลการสกัดน้ำมัน พบว่าพืชแต่ละชนิดให้ปริมาณน้ำมันไม่เท่ากัน พบว่าในบรรดาพืชไทย ข่าให้ปริมาณน้ำมันมากเป็นอันดับ 1 โดยได้ปริมาณน้ำมัน (yield) 0.31% ซึ่งเป็นปริมาณที่เคยมีรายงานไว้ (Prakathagomol et al., 2012) จากนั้นได้ส่งน้ำมันที่สกัดได้ให้โครงการย่อยที่ 2 เพื่อนำไปศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ในการสลบปลา ผลการทดลองพบว่าน้ำมันทั้ง 9 ชนิด มีฤทธิ์ทำให้ปลาสลบได้ (ผลการทดลองของโครงการย่อยที่ 2) ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบน้ำมันของน้ำมันเหล่านั้น ผลการทดลองพบว่าน้ำมันแต่ละชนิดมีองค์ประกอบภายในและปริมาณที่แตกต่างกัน มีรายงานว่าน้ำมันกานพลูซึ่งมีองค์ประกอบของ eugenol สูงมีฤทธิ์ในการสลบปลา (Akbari et al., 2010; Boyer et al., 2009; Velisek et al., 2005) ซึ่งคาดว่าฤทธิ์ในการสลบปลาน่าจะมาจากสาร eugenol นี้ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำมันข่าแม้ไม่มี eugenol ก็สามารถออกฤทธิ์ในการสลบปลาได้ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบในน้ำมัน พบว่าน้ำมันข่ามีสาร methyl eugenol อยู่ในปริมาณ 3.31%w/w ซึ่งแม้เป็นปริมาณไม่มาก แต่อาจมีองค์ประกอบอื่นในน้ำมันที่ออกฤทธิ์เป็นสารเสริมฤทธิ์ เพื่อช่วยให้น้ำมันข่าสามารถสลบปลาได้ นอกจากนั้น ยังมีสารสำคัญซึ่งพบว่ามีช่วยในการสลบปลาได้คือ 1,8-cineole (จากการทดลองของโครงการย่อยที่ 2) ในการพัฒนาตำรับนาโนของน้ำมันข่า ขั้นแรกต้องทราบสมบัติบางอย่างที่จำเป็นต่อการพัฒนา ได้แก่ สมบัติการละลายในตัวทำละลายต่าง ๆ จากการทดลองพบว่าน้ำมันข่าสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายบางชนิดได้ดีมาก เช่น methanol, ethanol, isopropanol, butanol, acetone, hexane, diethyl ether, Dichloromethane, และ DMSO นอกจากนั้นยังสามารถเข้ากันได้ดีกับ surfactant บางชนิด ได้แก่ Tween 20, Tween 80, Triton X-100, และ Span 80 ซึ่งตัวทำละลายและ surfactant เหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในตำรับไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชัน ดังนั้นการที่น้ำมันข่าสามารถเข้ากันได้ดีกับสารเหล่านี้ จึงเป็นข้อชี้แนะให้เห็นว่าน้ำมันข่าสามารถเตรียมให้อยู่ในรูปไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันได้

ในการพัฒนาตำรับไมโครอิมัลชัน การสร้าง ternary phase diagram เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเป็นแนวทางให้สามารถเลือกพัฒนาสูตรตำรับที่พึงประสงค์ได้ ตำรับไมโครอิมัลชันที่พึงประสงค์

สำหรับน้ำมันข่าที่จะใช้ในการสลับปลา คือต้องเป็นตำรับที่สามารถเข้ากับน้ำได้ในทุกสัดส่วน ในการเจือจางด้วยน้ำ จึงควรเกิดไมโครอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (o/w) ปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิดไมโครอิมัลชันคือ surfactant (Lawrence et al., 2000) ในการวิจัยนี้จึงมีการศึกษา surfactant จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ Tween 20, Tween 80, และ Triton X-100 ซึ่งทั้ง 3 ชนิดที่นำมาศึกษาล้วนเป็น surfactant ที่มีความปลอดภัยต่อตำรับ กล่าวคือเป็น non-ionic surfactant ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารใดๆ ในตำรับ และทั้งยังไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคือง (Palazzo et al., 2003) ผลการทดลองพบว่า ในบรรดา surfactant ทั้ง 3 ชนิด Tween 20 เป็นสารที่ให้พื้นที่ในการเกิดไมโครอิมัลชันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม มีรายงานวิจัยพบว่า สาร co-surfactant ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถเพิ่มพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชันได้เป็นอย่างดี เนื่องจากช่วยทำให้เพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณผิวของไมเซลล์ ทำให้ surfactant สามารถลดแรงตึงระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Palazzo et al., 2003) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทดลองใช้ co-surfactant 3 ชนิด ได้แก่ ethanol, isopropanol, และ propylene glycol ผสมร่วมกับ surfactant แต่ละตัวที่กล่าวข้างต้น ในสัดส่วนต่างๆ โดยน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่า co-surfactant สามารถเพิ่มพื้นที่การเกิดไมโครอิมัลชันได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าในบรรดา co-surfactant ทั้ง 3 ที่นำมาใช้ ethanol มีประสิทธิภาพในการเพิ่มพื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชันมากที่สุด รองลงมาเป็น isopropanol และ propylene glycol ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การเติม co-surfactant ลงไปในระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ surfactant แต่ละชนิดได้ไม่เท่ากัน พบว่า surfactant ที่ได้รับประโยชน์จากการเติม co-surfactant มากที่สุดคือ Triton X-100 รองลงมาเป็น Tween 80 และ Tween 20 ตามลำดับ โดยสัดส่วน surfactant ต่อ co-surfactant ที่ทำให้เกิดพื้นที่ของไมโครอิมัลชันมากที่สุดคือ 2:1 โดยพบว่า ภายหลังจากการใช้ co-surfactant แล้ว พื้นที่ของการเกิดไมโครอิมัลชันมากที่สุดจะได้ออกมาจากการใช้ surfactant หลักคือ Triton X-100 รองลงมาเป็น Tween 80 และ Tween 20 ตามลำดับ

นอกจากนั้น ผลการทดลองที่ได้ยังแสดงให้เห็นว่า co-surfactant ในปริมาณที่เหมาะสมเท่านั้น ที่จะทำให้เกิดพื้นที่ไมโครอิมัลชันในปริมาณมาก จากการทดสอบหาค่าความหนืดของ surfactant ผสมร่วมกับ co-surfactant หรือที่เรียกว่า Smix พบว่าความหนืดของ Smix จะลดลงเมื่อปริมาณ co-surfactant เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความหนืดของ Smix เพิ่มคงที่เมื่อสัดส่วนของ co-surfactant เพิ่มถึง 1 ส่วนเมื่อใช้ surfactant 2 ส่วน การเพิ่มสัดส่วนของ co-surfactant มากกว่านี้ เช่นในสัดส่วน surfactant:co-surfactant = 1:1 และ 1:2 จะไม่ทำให้พื้นที่การเกิดไมโครอิมัลชันเพิ่มมากขึ้น แต่กลับลดลง ทั้งนี้พิจารณาว่าไม่ได้เนื่องมาจากความหนืด แต่เป็นด้วยสาเหตุที่ว่าปริมาณสาร surfactant ถูกเจือจางลงมากเกินไป จนไม่เพียงพอต่อการทำให้เกิดไมโครอิมัลชันเนื่องมาจากปริมาณ

จากผลการทดลองนี้ จึงได้พิจารณาเตรียมไมโครอิมัลชัน โดยใช้ Triton X-100 และ Tween 80 โดยใช้ ethanol เป็น co-surfactant ส่งให้โครงการย่อยที่ 2 ไปทดสอบการสลับในปลา ผลการทดลอง ผลการทดลองในเบื้องต้นนี้พบว่า ไมโครอิมัลชันข่าที่เตรียมได้ สามารถสลับปลาได้ แต่

หลังจากสลับแล้ว ไมโครอิมัลชัน ที่ใช้ Triton X-100 ทำให้ปลาตาย ในขณะที่ไมโครอิมัลชันที่ใช้ Tween 80 หลังจากสลับแล้ว ปลาไม่ตาย และมีอาการเป็นปกติทุกอย่าง ดังนั้นจึงพิจารณาว่า Tween 80 ควรเป็น surfactant ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเตรียมตำรับไมโครอิมัลชันน้ำมันข้าวในเพื่อใช้ในการสลับปลา จึงได้ทดลองเตรียมตำรับไมโครอิมัลชันชนิด self-emulsifying drug delivery system (SEDDS) ของน้ำมันข้าวโดยใช้น้ำมันข้าวร้อยละ 20 และ Smix ของ Tween 80 ต่อ co-surfactant ทั้ง 3 ชนิด คือ ethanol, isopropanol, และ propylene glycol (สัดส่วน 2:1) โดยใช้ปริมาณ Smix เท่ากับร้อยละ 80 พบว่าได้ระบบที่ใสไม่มีตะกอนใด ๆ และเมื่อเจือจางด้วยน้ำ สามารถเจือจางด้วยน้ำ กล่าวคือสามารถได้ผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันที่มีความใสสวยงามได้ และเมื่อทดลองล่อนนำไปเติมลงในอ่างเลี้ยงปลา (โดยโครงการย่อยที่ 2) ก็พบว่าผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันสามารถผสมเข้ากับน้ำในอ่างปลาได้โดยไม่มีน้ำมันแยกตัวออกมา และสามารถทำให้ปลาสลับได้ และทั้งเมื่อปลาพ้นจากการสลับ ปลาที่มีสภาพปกติดีดั้งเดิม ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการสร้างสูตรตำรับไมโครอิมัลชันของน้ำมันข้าวเพื่อการสลับปลาอย่างเป็นรูปธรรม

สำหรับการพัฒนานาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าว ได้เริ่มจากการใช้ surfactant ทั้ง 3 ชนิดคือ Tween 20, Tween 80 และ TritonX-100 ในปริมาณร้อยละ 5 และร้อยละ 10 เปรียบเทียบกัน โดยให้ปริมาณน้ำมันข้าวคงที่ที่ร้อยละ 20 ผลการทดลองพบว่าในสูตรตำรับทั้งหมดที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ มีลักษณะขาวขุ่น สวยงามคล้ายน้ำมัน ไม่เกิดการแยกชั้น อย่างไรก็ตามพิจารณาว่าควรต้องทำการศึกษาในเรื่องความคงตัวของแต่ละตำรับเมื่อเก็บในสภาวะต่าง ๆ เป็นเวลานาน เพื่อให้เกิดความมั่นใจในตำรับที่พัฒนาขึ้น ว่าเป็นตำรับที่มีความคงตัวอย่างแท้จริง

ในการศึกษาความคงตัวของตำรับไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันของน้ำมันข้าว ได้ทำการศึกษาความคงตัวทั้งทางกายภาพและทางเคมี โดยทางกายภาพได้ศึกษาลักษณะภายนอกของของตำรับ ขนาดของอนุภาคของวัตถุกายใน ความต่างศักย์ การนำไฟฟ้า ค่ากรด-เบส และความหนืด ส่วนทางเคมีได้ศึกษาองค์ประกอบสำคัญของน้ำมันข้าวโดยอาศัย GC-MS เพื่อดูว่าองค์ประกอบเหล่านั้นมีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด โดยทุกตำรับที่ทำการศึกษา จะถูกเก็บที่สภาวะต่าง ๆ ได้แก่ เก็บในที่เย็น (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส), ที่อุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส), ที่ร้อน (45 องศาเซลเซียส) และที่อุณหภูมิผกผัน (ในช่วง 4 องศาเซลเซียสและ 45 องศาเซลเซียส) ตำรับไมโครอิมัลชันที่คัดเลือกมาทำการศึกษาเป็นตำรับที่ประกอบด้วย S mix ของ Tween 80 ซึ่งทำหน้าที่เป็น surfactant ร่วมกับ co-surfactant ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ethanol, isopropanol, และ propylene glycol ในสัดส่วนของ surfactant : co-surfactant เท่ากับ 2:1, 2:0.6, และ 2:0.4 ผลการทดลองพบว่าไมโครอิมัลชันทุกตำรับมีความคงสภาพทางกายภาพดี ในทุกสภาวะการเก็บ ไมโครอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ isopropanol และ propylene glycol เป็น co-surfactant มี pH สูงกว่าที่ใช้ ethanol เล็กน้อย ความหนืดของไมโครอิมัลชันเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณ co-surfactant ลดลง ส่วนขนาดอนุภาค ค่าความต่างศักย์และการนำไฟฟ้าไม่แตกต่างกัน การเก็บไมโครอิมัลชันไว้ในที่เย็น ขนาดอนุภาคของวัตถุกายในที่วัดได้ จะใหญ่กว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่เก็บในสภาวะอื่น แต่เมื่อทิ้งไว้ใน

สภาวะอื่น ๆ เป็นเวลานานขึ้น พบว่าขนาดอนุภาคดังกล่าวก็จะโตขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามขนาดที่เพิ่มขึ้น ไม่มากพอที่จะทำให้สายตามองเห็นได้ ดังนั้นโดยภาพรวมแล้วจึงมองเห็นตำรับไมโครอิมัลชันทุกตำรับว่ายังใสเหมือนเดิม

ส่วนตำรับนาโนอิมัลชัน ในทุกตำรับที่เตรียมเสร็จใหม่ ๆ มีลักษณะขุ่นขาวคล้ายน้ำมัน ไม่แยกชั้น มีค่ากรด-เบส ก่อนไปทางกรดเล็กน้อย พิจารณาว่าอาจเนื่องจากอิทธิพลขององค์ประกอบบางชนิดของน้ำมันฆ่าที่มีความเป็นกรด เป็นที่น่าสังเกตว่าขนาดของอนุภาคของวัตภาคภายในของนาโนอิมัลชันใหญ่กว่าไมโครอิมัลชัน และความคงสภาพทางกายภาพต่ำกว่าไมโครอิมัลชัน อย่างไรก็ตามพบว่านาโนอิมัลชันที่เตรียมโดยใช้ Tween 80 เป็น surfactant มีความคงสภาพมากที่สุด โดยพบว่าไม่ปรากฏการแยกชั้นของทั้งสองวัตภาคเมื่อเก็บไว้ในทุก ๆ สภาวะ โดยที่สมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษาไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก ส่วนตำรับที่มีการแยกชั้นไม่สามารถวิเคราะห์หาค่าต่าง ๆ ที่เป็นสมบัติทางกายภาพได้

เมื่อนำไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันที่มีความคงสภาพทางกายภาพภายใต้การเก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิดในน้ำมันฆ่า คือ 1,8-cineole และ 4-allylphenyl acetate พบว่ามีการสูญเสียปริมาณสารสำคัญไปในระดับที่แตกต่างกัน โดยในภาพรวมพบว่าองค์ประกอบดังกล่าวลดลงน้อยที่สุดเมื่อเก็บในที่เย็น เช่น 4 องศาเซลเซียส พบว่าการสูญเสียขององค์ประกอบสำคัญจะเกิดขึ้นอย่างมากเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เหล่านั้น รวมทั้งน้ำมันฆ่าบริสุทธิ์ไว้ที่อุณหภูมิสูง เช่นที่ 45 องศาเซลเซียส พบว่าการเก็บไว้ในที่อุณหภูมิปกติ คือที่ร้อนสลับกับที่เย็น จะเกิดการสูญเสียขององค์ประกอบสำคัญในน้ำมันฆ่าน้อยกว่าการเก็บไว้ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลาติดต่อกัน ในตำรับนาโนอิมัลชันที่มีปริมาณ Tween 80 อยู่ร้อยละ 5 มีการลดลงของสารสำคัญมากกว่าในตำรับที่มี Tween 80 ร้อยละ 10 พบว่าปริมาณของ 4-allylphenyl acetate ในนาโนอิมัลชันลดลงมากกว่าในไมโครอิมัลชัน เมื่อเก็บในสภาวะเดียวกัน และพบว่าการเปลี่ยนแปลงของ 4-allylphenyl acetate มีมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของ 1,8-cineole เมื่อรูปแบบตำรับเปลี่ยนไป เช่นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับนาโนอิมัลชันและไมโครอิมัลชันเมื่ออยู่ในสภาวะการเก็บเดียวกัน ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า แม้ความคงตัวของทางกายภาพจะมีสูงในตำรับที่เลือกสรร แต่การเก็บตำรับเหล่านั้นไว้ในที่ไม่เหมาะสมเช่นที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดความไม่คงตัวของเคมีของน้ำมันฆ่าได้ นอกจากนั้นผลการทดลองนี้ยังชี้แนะว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บน้ำมันฆ่าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของน้ำมันฆ่าไม่ว่าจะเป็นไมโครอิมัลชันหรือนาโนอิมัลชัน คือสภาวะที่มีอุณหภูมิเย็น เช่นในตู้เย็น ที่ 4 องศาเซลเซียส

บทที่ 7

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. ในพืชไทยที่นำมาศึกษาทั้งหมด เหง้าของข่าให้น้ำมันหอมระเหย (น้ำมันข่า) มากที่สุดและมีฤทธิ์ในการสลับปลาดีที่สุด
2. สารสำคัญและสารที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำมันข่ามี 2 ชนิด คือ 1,8-cineole และ 4-allylphenyl acetate โดยสารทั้งสองชนิดมีความคงตัวมากที่สุดเมื่อเก็บในที่เย็น
3. สภาพที่เหมาะสมมากที่สุดในการเก็บน้ำมันข่าหรือผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันหรือนาโนอิมัลชันของน้ำมันข่าคือที่เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
4. Tween 80 เป็น surfactant ที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมผลิตภัณฑ์อิมัลชันของน้ำมันข่าเพื่อการสลับปลา
5. สัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดของ surfactant ต่อ co-surfactant เพื่อให้เกิดไมโครอิมัลชันของน้ำมันข่าได้มากที่สุดคือ 2:1
6. สารสำคัญในน้ำมันข่า โดยเฉพาะ 4-allylphenyl acetate เมื่ออยู่ในไมโครอิมัลชันมีความคงสภาพมากกว่าเมื่ออยู่ในนาโนอิมัลชัน
7. การเก็บไมโครอิมัลชันน้ำมันข่าไว้ในสภาวะต่าง ๆ ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียความคงสภาพทางกายภาพ แต่เกิดการสูญเสียความคงตัวทางเคมีในทุกสภาวะ เพียงแต่การสูญเสียที่เกิดขึ้นมีระดับแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะที่เก็บ

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากพบว่าการสูญเสียทางเคมีเกิดขึ้นในน้ำมันข่า และยังไม่มียางานการศึกษาอย่างละเอียดในเรื่องนี้ โดยเฉพาะในเรื่อง kinetic study ดังนั้นจึงน่าจะมีการวิจัยเพื่อศึกษา kinetic stability ของน้ำมันข่าและผลิตภัณฑ์ไมโครอิมัลชันและนาโนอิมัลชันของน้ำมันข่า เพื่อเข้าใจกลไกการสลายตัวของสารสำคัญ รวมถึงหาสารช่วยที่จะทำให้สารสำคัญเหล่านั้นคงตัวดีขึ้น ซึ่งการศึกษาดังกล่าวนี้อาจต้องใช้เวลาในการศึกษาอีกไม่ต่ำกว่า 1 ปี

บรรณานุกรม

- Abdulkarim, M.F., Abdullah, G.Z., Chitneni, M. (2010). Topical piroxicam *in vitro* release and *in vivo* anti-inflammatory and analgesic effects from palm oil esters-based nanocream. *International Journal of Nanomedicine*, 5: 915-24.
- Akbari, S., Mohammad, J., Khoshnod, M.J., Rajaian, H., Afsharnasab, M. (2010). The Use of Eugenol as an Anesthetic in Transportation of White Indian Shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) Post Larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 423-29.
- Barik, B.R., Kundu, A.B., Dey, A.K. (1987). Two phenolic constituents from *Alpinia galanga* rhizomes. *Phytochemistry*, 26: 2126–27.
- Boonme, P., Krauel, K., Graf, A., Rades, T., Junyaprasert, V.B. (2006). Characterization of Microemulsion Structures in the Pseudoternary Phase Diagram of Isopropyl Palmitate/Water/Brij 97:1-Butanol. *AAPS Pharmaceutical Science & Technology*, 7(2): E99–E104.
- Boyer, S.E., White, J.S., Stier, A.C., Osenberg, C.W. (2009). Effects of the fish anesthetic, clove oil (eugenol), on coral health and growth. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 369: 53–7.
- Burkill, I.H. (1966). *A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula*, vol. II. Crown Agents for the Colonies, London, UK, pp. 1327–32.
- Chaiyana, W., Okonogi, S. (2012). Inhibition of cholinesterase by essential oil from food plant. *Phytomedicine*, 19, 836-39.
- Chaiyana, W, Saeio, K, Hennink, WE, Okonogi, S. (2010). Characterization of potent anticholinesterase plant oil based microemulsion. *International Journal of Pharmaceutics* 401, 32-40.
- Fransworth, NR, Bunyapraphatsara, N. (1992). *Thai Medicinal Plants. Recommended for Primary Health Care System*. Prachancho, Bangkok.
- Itokawa, H., Morita, H., Sumitomo, T., Totsuka, N., Takeya, K. (1987). Antitumour principles from *Alpinia galanga*. *Planta Medica*, 53: 32– 33.
- Janssen, A.M., Scheffer, J.J.C. (1985). Acetoxychavicol acetate, an antifungal component of *Alpinia galanga*. *Planta Medica*, 51(6): 507-11.
- Kogan, A., Garti, N. (2006). Microemulsions as transdermal drug delivery vehicles. *Advances in Colloid and Interface Science*, 123(126): 369-85.
- Kondo, A., Ohigashi, H., Murakami, A., Suratwadee, J., Koshimitzu, K. (1993). 1-Acetoxychavicol acetate as a potent inhibitor of tumor promoter-induced Epstein– Barr virus activation from

- Languas galanga*, a traditional Thai condiment. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 57: 1344 – 45.
- Krauel, K., Girvan, L., Hook, S., Rades, T. (2007). Characterisation of colloidal drug delivery systems from the naked eye to Cryo. FESEM. *Micron*, 38(8): 796-803.
- Kubota, K., Ueda, Y., Yasuda, M., Masuda, A. (2001). Occurrence and antioxidative activity of 1V-acetoxychavicol acetate and its related compounds in the rhizomes of *Alpinia galanga* during cooking. *Spec. Publ. - The Royal Society of Chemistry. (Food Flavors and Chemistry)*, 274: 601–07.
- Latha, C., Shriram, V.D., Jahagirdar, S.S., Dhakephalkarc, P.K., Rojatkar, S.R. (2009). Antiplasmodial activity of 1-acetoxychavicol acetate from *Alpinia galanga* against multi-drug resistant bacteria *Journal of Ethnopharmacology*, 123: 522–25.
- Lawrence, M.J., Rees, G.D. (2000). Microemulsion-based media as novel drug delivery systems. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 45, 89-121.
- Lee, S.J., Ando T. (2001). Optically active 1-acetoxychavicol acetate and its positional isomers: synthesis repellent effect against adzuki bean weevil. *Journal of Pesticide Science* 26, 76–81.
- Mitsui, S., Kobayashi, S., Nagahori, H., Ogiso, A. 1976. Constituents from seeds of *Alpinia galanga* WILD and their anti-ulcer activities. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* 24, 2377–82.
- Moffatt, J., Hashimoto, M., Kojima, A., Kenned, D.O., Murakami, A., Koshimizu, K., Ohigashi, H., Matsui-Yuasa, I. (2000). Apoptosis induced by 1-acetoxychavicol acetate in Ehrlich ascites tumor cells is associated with modulation of polyamine metabolism and caspase-3 activation. *Carcinogenesis*, 21: 2151–57.
- Nakamura, Y., Murakami, A., Ohto, Y., Torikai, K., Tanaka, T., Ohigashi, H. (1998). Suppression of tumor promoter-induced oxidative stress and inflammatory responses in mouse skin by a superoxide generation inhibitor 1-acetoxychavicol acetate. *Cancer Research*, 58: 4832– 39.
- Noro, T., Sekiya, T., Katoh, M., Oda, Y., Miyase, T., Kuroyanagi, M., Ueno, A., Fukushima, S. (1988). Inhibitors of xanthine oxidase from *Alpinia galanga*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 36: 244–248.
- Okonogi, S., Chaiyana W. (2012). Enhancement of anti-cholinesterase activity of *Zingiber cassumunar* essential oil by microemulsion technique. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 6(5): 249-55.
- Oonmetta-aree, J., Suzuki T., Gasaluck P., Eumkeb G. (2006). Antimicrobial properties and action of galangal (*Alpinia galanga* Linn.) on *Staphylococcus aureus*. *LWT-Food Science and Technology*, 39: 1214–20.

- Palazzo, G., Lopez F., Giustini M., Colafemmina G., Ceglie A. (2003). Role of the Co-surfactant in the CTAB/Water/n-Pentanol/n-Hexane Water-in-Oil Microemulsion. 1. Pentanol Effect on the Microstructure. *The Journal of Physical Chemistry B*, 107: 1924-31.
- Prakatthagomol, W., Sirithunyalug, J., Okonogi, S. (2012). Comparison of antibacterial activity against food-borne bacteria of *Alpinia galanga*, *Curcuma longa* and *Zingiber cassumunar*. Chiang Mai University, *Journal of Natural Sciences*, 11(2): 177-86.
- Saeio, K., Yotsawimonwat, S., Anuchapreeda, S., Okonogi, S. (2011). Development of microemulsion of potent anti-tyrosinase essential oil of edible plant. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 5(5): 246-52.
- Stoskopf, M. 1993. Anaesthesia. In: *Aquaculture for Veterinarians Fish Husbandry and Medicine*. 1st ed., edited by L. Brown. Pergamon press, Exteter : UK. p. 164 - 165.
- The Wealth of India. (1985). *A Dictionary of Indian Raw Materials & Industrial Products: Raw Materials*, vol. 2. Council of Scientific and Industrial Research, New Delhi, India, pp 196–97.
- Velisek, J., Svobodova, Z., Piackova, V., Groch, L., Nepejchalova, L. (2005). Effects of clove oil anaesthesia on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Vet. Med. – Czech*, 50(6): 269–75.
- Yang, X., Eilerman, R.G. (1999). Pungent principle of *Alpinia galanga* (L.) Swartz and its applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 1657– 62.
- Zheng, Q., Hirose, Y., Yoshimi, N., Murakami, A., Koshimizu, K., Ohigashi, H., Sakata, K., Matsumoto, Y., Sayama, Y., Mori, H. (2002). Further investigation of the modifying effect of various chemopreventive agents on apoptosis and cell proliferation in human colon cancer cells. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, 128: 539–46.
- Zhu, X.L., Yang, M.H., Luo, J.G., Huang, X.F., Kong, L.Y. (2009). A New Phenylpropanoid from *Alpinia galanga*. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 7(1): 19-20.

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางศิริพร โอโกโนกิ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs Siriporn Okonogi
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3500200466097
3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก
ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม
คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ถนนสุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
โทร. 053-944311, 053-941512 โทรสาร 053-222741
E-mail : okng2000@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขา/วิชาเอก	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
ตรี	เภสัชศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม)	เภสัชศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
โท	เภสัชศาสตรมหาบัณฑิต	เภสัชกรรม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ไทย
เอก	Ph.D.	Pharmaceutical Science	Chiba University	Japan

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางเกษตร โดยเทคโนโลยีทางเภสัชกรรม (Value Adding of Agricultural Goods by Pharmaceutical Technology)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2553
2. หัวหน้าโครงการ “การประเมินฤทธิ์รักษาและการพัฒนาระบบนำส่งสารสกัดสมุนไพรที่มีศักยภาพโดยการใช้หนอนไหม (Therapeutic Evaluation of High Potential Plant Extract and Development of Its Pharmaceutical Delivery System by Utilization of Silkworm)” ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก) รุ่นที่ 12 สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2552

3. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาน้ำยาบ้วนปากสำหรับหยุดเลือดในช่องปาก (Development of Dental Hematostatic Mouthwash)” จากทุนอุดหนุนการวิจัย ศูนย์เทคโนโลยีทางทันตกรรมขั้นสูง (ADTEC) สวทช งบประมาณปี พ.ศ. 2552
4. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาตำรับแกรนูลสารสกัดออกฤทธิ์จากเหง้าข่า เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์สารเสริมในสุกร (Development of Bioactive Granule Formulation from *Alpinia galanga* Rhizome for Food Additive Product in Swine)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2552
5. หัวหน้าโครงการ “การพัฒนาตัวพาโครงสร้างนาโนกักเก็บไลโคปีนเพื่อการถนอมผิวขาว (Development of Lycopene-loaded NLC for preservation of white skin)” ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก) รุ่นที่ 11 สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2551
6. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาเพื่อพัฒนาตำรับยาของสารสกัดจันทร์แปดกลีบสำหรับใช้ในทางทันตกรรม (The Study for Development of Pharmaceutical Product of Star Anise Extract for Dentistry)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2552
7. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การวิจัยพัฒนาเภสัชภัณฑ์ของสารสกัดใบข้าวฟัก (Research and Development of Fak Khaao Leaf Extract Pharmaceutical Product)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2551
8. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรเป็นสารเสริมสำหรับสุกร (Research and Development of Medicinal Plant as Feed Additive for Swine)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2551
9. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเจลพอลิเมอร์ ณ จุดเริ่มสัมผัสเพื่อใช้เป็นระบบนำส่งยา (Development of in situ forming polymer gel for drug delivery)” ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก-สกอ) รุ่นที่ 10 สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2551
10. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การวิจัยเปลือกผลไม้ไทยเพื่อผลิตเป็นสารมูลค่าสูง (Research of Thai Fruit Peel for Production of High-Value Substance)” มูลนิธิโทเร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ประเทศไทย (Thailand Toray Science Foundation, TTSF) ประจำปี 2550
11. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์นาโนของน้ำมันจากสมุนไพรไทยโดยเทคนิคไมโครอิมัลชัน (Development of Nano Product of Oil from Thai Medicinal Plant)” โครงการการสร้างกำลังคนเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม” สนับสนุนโดยความร่วมมือระหว่าง ฝ่ายวิชาการสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว.) ประจำปี 2550

12. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาระบบนำส่งนาโนผ่านผิวหนังโดยไม่โครอิมัลชัน (Development of Transdermal Nano Delivery System by Microemulsion)” ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก) รุ่นที่ 10 สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2551
13. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาระบบนำส่งนาโนสำหรับชีวสารออกฤทธิ์ (Development of Nano Delivery System for Bioactive Compounds)” ทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก) รุ่นที่ 9 สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2550
14. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาระบบนำส่งนาโนของสารออกฤทธิ์ชีวภาพโดยใช้ไคโตซาน (Development of Nano Delivery System of Bioactive Compound by Using Chitosan)” ทุนโครงการเครือข่ายเชิงกลยุทธ์เพื่อการพัฒนาบุคลากรอาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาผู้การเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศ ประเภททุนปริญญาเอกร่วมในประเทศ - ต่างประเทศ (sandwich program) เสนอโดยอาจารย์ที่ปรึกษา สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ) ประจำปี 2549
15. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “โครงการวิจัยและพัฒนาพืชสมุนไพรเป็นแกรนูลอาหารเสริมสำหรับสัตว์ (Research and Development of Medicinal Plant as Granule for Animal Supplement)” สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2550
16. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของพืชในวงศ์ Zingiberaceae (Study of Antioxidant Activity of Zingiberaceous Plant)” สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2550
17. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องหอมเพื่อการส่งออก (Research and Development of Aroma Product for Exportation)” จากทุนอุดหนุนโครงการ ITAP สวทช พ.ศ. 2550
18. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาเภสัชภัณฑ์เจลจากสารสกัดหญาแฝกเพื่อใช้รักษาโรคปริทันต์ (The Development of Pharmaceutical Gel from Yaa Faek Extract for Treatment of Periodontal Disease)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2550
19. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาเตรียมจาก *Echinacea purpurea* (Research and Development of Pharmaceutical Products from *Echinacea purpurea*)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2549
20. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การเพิ่มคุณภาพของสารสกัดสมุนไพรไทยด้วยนาโนเทคโนโลยีโดยใช้กากเหลือใช้ในประเทศเป็นสารช่วย (Quality Improvement of Thai Medicinal Plant Extract via Nanotechnology by Using the Local Waste as Excipient)” ภายใต้โครงการงานวิจัยพื้นฐาน

- แบบมีทิศทาง (Directed Basic Research) สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2549
21. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การเตรียมและศึกษาสมบัติเคมีกายภาพของไคโตซาน-อัลจินต ไมโคร/นาโนพาคีเคิลที่มีสารสกัดบัวบก (Preparation and physico-chemical characterization of chitosan-alginate micro/nano particles containing *Centella asiatica* extract)” ทุนวิจัย มหาวิทยาลัย สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) พ.ศ. 2549
 22. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาตำรับโบรมีเลนเจลจากสับปะรดไทย (Development of Bromelain Gel from Thai Pineapple)” สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2549
 23. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้แป้งกล้วยในการพัฒนาเม็ดอะโรมา (Application of Banana Starch in the Development of Aroma Tablet)” สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2549
 24. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์กึ่งแข็งสมุนไพรไล่ยุงอะโรมา (Aroma-Herbal mosquito repellent semisolid product)” สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2548
 25. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาโลชั่นป้องกันยุงจากยาหอมและสมุนไพรไทย (Development of Mosquito Repellent Lotion from Ya-Hom and Thai Herbs)” สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ประจำปี 2548
 26. หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาสำหรับโคนม (Research and Development of Pharmaceutical Products for Dairy Cows)” จากทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2548
 27. หัวหน้าชุดโครงการ Novel Delivery System for Bioactive Compound (NDSBC) สนับสนุนโดยโครงการส่งเสริมเพิ่มสมรรถนะและขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ประจำปี 2548

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

1. Ruttiros Khonkarn, Samlee Mankhetkorn, Wim E. Hennink, **Siriporn Okonogi***. (2011). PEG-OCL micelles for quercetin solubilization and inhibition of cancer cell growth. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. (*Accepted*).

2. Wasana Chaisri, Amir H. Ghassemi, Wim E. Hennink, **Siriporn Okonogi***. (2011). Enhanced gentamicin loading and release of PLGA and PLHMGA microspheres by varying the formulation parameters. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 84, 508–514.
3. Suchada Sudtiyanwimon, Wirat Niwatananon, Songwut Yotsawimonwat, **Siriporn Okonogi***. (2010). Phytochemical and biological activities of *Tacca chantrieri*. *Journal of Metals, Materials and Minerals*. 20(3), 179-183.
4. Waranya Neimkhum, Wirat Niwatananon, Songwut Yotsawimonwat, **Siriporn Okonogi***. (2010). Biological Activities of Active Extracts from Stem of *Tabernaemontana Divaricata*. *Journal of Metals, Materials and Minerals*. 20(3), 201-206.
5. Wantida Chaiyana, Kiattisak Saeio, Wim E Hennink, **Siriporn Okonogi***. (2010). Characterization of potent anticholinesterase plant oil based microemulsion. *International Journal of Pharmaceutics*. 401, 32-40.
6. Wasana Chaisri, **Siriporn Okonogi***, Khwanchai Kreausukon, Tanu Pinyopummintr, Witaya Suriyasathaporn. (2010). Effects of Medium and High Discomfort Periods during Dry Environment on either Pathogens Causing Subclinical Mastitis or Antimicrobial Resistance of Environmental Streptococci and Coagulase-negative Staphylococci. *CMU Journal of Natural Sciences*. 9(2), 217-230.
7. Wasana Chaisri, Wim E. Hennink, Chadarat Ampasavate, **Siriporn Okonogi***. (2010). Cephalexin Microspheres for Dairy Mastitis. Effect of Preparation Method and Surfactant Type on Physicochemical Properties of the Microspheres. *AAPS PharmSciTech* 11(2), 945-951.
8. Ruttiros Khornkarn, **Siriporn Okonogi***, Chadarat Ampasavate, Songyot Anuchapreeda. (May 2010) Investigation of fruit peel extracts as sources for compounds with antioxidant and antiproliferative activities against human cell lines. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2122-2129.
9. Yotsawimonwat S, Rattanadechsakul J, Rattanadechsakul P, **Okonogi S**. (2010). Skin improvement and stability of *Echinacea purpurea* dermatological formulations. *International Journal of Cosmetic Science*, 32, 340-346.
10. Witayapan Nantitanon, Songwut Yotsawimonwat, **Siriporn Okonogi***. (2010). Factors influencing antioxidant activities and total phenolic content of guava leaf extract. *LWT-Food Science Technology*. 43, 1095-1103.
11. Chadarat Ampasavate, **Siriporn Okonogi***, Songyot Anuchapreeda. (2010). Cytotoxicity of extracts from fruit plants against leukemic cell lines. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 4(1), 013-021.

12. Rungsinee Phongpradist, Chuda Chittasupho, **Siriporn Okonogi**, Teruna Siahaan, Songyot Anuchapreeda, Chadarat Ampasavate, Cory Berkland. (2010). LFA-1 on Leukemic Cells as a Target for Therapy or Drug Delivery. *Current Pharmaceutical Design* 16, 2321-2330.
13. Somporn Putiyanan, **Siriporn Okonogi** and Wannaree Charoensup. (2010). Pharmacognostic Characterization of *Illicium verum* Hk. f. for Dental Application. *Chiang Mai University Journal of Natural Science* 9(1), 89-93.
14. Srikanjana Klayraung, **Siriporn Okonogi***. (2009). Antibacterial and Antioxidant Activities of Acid and Bile Resistant Strains of *Lactobacillus fermentum* Isolated from Miang. *Brazilian Journal of Microbiology*. 40, 757-766.
15. Somporn Putiyanan, Khesorn Nantachit, **Siriporn Okonogi**. (2009). Standard Pharmacognostic Characterisation of Fak khaao as Pharmaceutical Preparation for Skin Diseases Treatment. *Chiang Mai University Journal of Natural Science* 9(1), 189-200.
16. Semsri S, Ampasavate C, **Okonogi S**, Srikamchum M, Anuchapreeda S. (2009). Effect of Mangosteen peel fraction extracts on *WT1* gene and WT1 protein expression in leukemic cell lines. *Songkla Med J.* 27(5), 389-403.
17. Suwanna Semsri, Chadarat Ampasavate, **Siriporn Okonogi**, Mongkon Srikamchum, Songyot Anuchapreeda. (2009). Effect of Mangosteen peel fraction extracts on *WT1* gene and WT1 protein expression in leukemic cell lines. *Songklanagarind Medical Journal* 27(5), 389-403.
18. Orawan Chitavanich, Busaban Sirithunyalug, **Siriporn Okonogi**, Sirivipa Piyamongkul, Jakkapan Sirithunyalug. (2009). Preparation and Characterization of Drug-Solution-Dropping Tablet. *Chiang Mai University Journal of Natural Science* 8(2), 175-188.
19. Srikanjana Klayraung, Helmut Viernstein, **Siriporn Okonogi***. (2009). Development of Tablets Containing Probiotics: Effects of Formulation and Processing Parameters on Bacterial Viability. *International Journal of Pharmaceutics* 370(1-2), 54-60.
20. Wasana Chaisri, Wim E. Hennink, **Siriporn Okonogi***. (2009). Preparation and Characterization of Cephalexin Loaded PLGA Microspheres. *Current Drug Delivery* 6(1), 69-75.
21. Srikanjana Klayraung, Helmut Viernstein, Jakkapan Sirithunyalug, Suganya Tachakittirungrod, Fumio Ikegami, **Siriporn Okonogi***. (2008). Probiotic Properties of Lactobacilli Isolated from Thai Traditional Food. *Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm.)* 76(3), 485-503.
22. Srikanjana Klayraung, **Siriporn Okonogi***, Jakkapan Sirithunyalug Helmut Viernstein. (2008). Comparative Probiotic Properties of *Lactobacillus fermentum* Isolated from Thai Traditional Fermented Foods: Miang and Nham. *Research Journal of Biological Sciences* 3(9), 1119-1124.

23. Sakornrat Khongkhunthian, Siriwoot Sookkhee, **Siriporn Okonogi***. (2009). Antimicrobial Activities against Periodontopathogens of Essential Oil from Lemon Grass (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.). Chiang Mai University Journal of Natural Science. 8(1), 11-22.
24. Orawan Chitavanich, Busaban Sirithunyalug, **Siriporn Okonogi**, Sirivipa Piyamongkul, Jakkapan Sirithunyalug. (2008). Preparation and Characterization of Chlorpheniramine Maleate-Solution-Dropping Tablet. Chiang Mai University Journal of Natural Science.7(1), 73-87.
25. Suganya Tachakittirungrod, Fumio Ikegami, **Siriporn Okonogi***. (2007). Antioxidant Active Principles Isolated from *Psidium guajava* Grown in Thailand. Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm.) 75(4), 179-193.
26. Kiattisak Saeio, Yanee Pongpaibul, Helmut Viernstein, **Siriporn Okonogi***. (2007). Factors Influencing Drug Dissolution Characteristic from Hydrophilic Polymer Matrix Tablet. Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm.) 75(4), 147-163.
27. **Siriporn Okonogi***, Suganya Tachakittirungrod, Sombat Chowwanapoonpohn, Songyot Anuchpreeda, Chadarat Duangrat. (2007). Comparison of Antioxidant Capacity and Cytotoxicity of Certain Fruit Peels. Food Chemistry 103, 839-846.
28. Suganya Tachakittirungrod, **Siriporn Okonogi***, Sombat Chowwanapoonpohn. (2007). Comparative Study on Antioxidant Activity of Certain Plants in Thailand: Mechanism of Antioxidant Action of Guava Leaf Extract. Food Chemistry 103, 381-388.
29. Witayapan Nantitanon, Sombat Chowwanapoonpohn, **Siriporn Okonogi***. (2007). Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Hyptis suaveolens* Essential Oil. Scientia Pharmaceutica (Sci. Pharm.) 75(1), 35-45.
30. Kanokporn Niwatananun, Wirat Niwatananun, Nirach Lertprasertsook, **Siriporn Okonogi** (2007). Repeated-Dose Dermal Toxicity of Topical Formulation of *Hyptis suaveolens* Oil. Chiang Mai University Journal 5(3), 369-375.
31. Songwut Yotsawimonwat, **Siriporn Okonogi**, Krauel K, Rages T. (2006). Characterisation of microemulsions containing orange oil with water and propylene glycol as hydrophilic components. Pharmazie 61, 920-926.
32. **Siriporn Okonogi***, Satit Puttipipatkachorn. (2006). Dissolution Improvement of High Drug Loaded Solid Dispersion. AAPS PharmSciTech 7(2) Article 52. E1–E6. (DOI: [10.1208/pt070252](https://doi.org/10.1208/pt070252)).
33. Suporn Charumanee, Aurawan Titwan, Jakkapan Sirithunyalug, Peter Weiss-Greiler, Peter Wolschann, Helmut Viernstein, **Siriporn Okonogi***. (2006). Thermodynamics of the encapsulation by cyclodextrins. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 81:523–529.

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววาสนา ไชยศรี

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Wasana Chaisri

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 5101 01172 010

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ถนนเลียบคลองชลประทาน หมู่ 4 ตำบลแม่เหียะ

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50100

โทรศัพท์ 053-948023 โทรสาร 053-274710

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ โทรนิท na_wasana@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา
ปริญญาตรี	สัตวแพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม)	สัตวแพทยศาสตร์	ม.เชียงใหม่
ปริญญาเอก	วิทยาศาสตร์ดุग्ภิบัณฑิต	เภสัชศาสตร์	ม.เชียงใหม่

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

1. **Wasana Chaisri**, , Aomruetai Torkee, Rugpong Tajai et al. Relationship between CMU Mastitis Test Scores and Amount of Somatic Cell in Raw Milk. Proceeding of The 3rd Animal Science Conference. Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.2002.
2. Kittikorn Boonsri, **Wasana Chaisri**, Jarunluk Younggad, Rugpon Tajai, Suwit Chotinun et al. Bacteriological Isolates and Their Sensitivity Test , Milk Composition and Somatic Cell Count in Late Lactation Cows during 2 Weeks before Drying off, in Amphur Mae-On, Chiang Mai Province. Proceeding of The 3rd Animal Science Conference. Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. 2002.
3. Sukolrat Boonyayatra, **Wasana Chaisri**. Incidence and Prevalence of Subclinical Mastitis in Small Holder Dairy Farms of Chiang Mai Province, Thailand. 2004.
4. S.Okonogi, **W.Chaisri**, S.Ausayakhun, S.Kaewvichit, J.Sirithunyalug. Application of Polymers to Increase Drug Dissolution : A Binary Ofloxacin-Polymer Solid Dispersion System. 2004. Proceeding in 12th International Pharmaceutical Technology Symposium, 12-15 September,

Istanbul-Turkey.

5. **W.Chaisri**, T.Pitaksuteepong, W.Jiskoot, W.Hennink, M.Van Steenberg, C.Duangrat and S.Okonogi. Preparation and Charaterization of Cephalexine-Loaded Microspheres. 2548. Proceeding in BioThailand 2005, 2-5 November, Bangkok.
6. **Wasana Chaisri**, Chadarat Duangrat, Tasana Pitaksuteepong, Sakchai Ausayakhun, Busaban Sirithunyalug, Jakkapan Sirithunyalug and Siriporn Okonogi. Preliminary Study of Delivery System Development for Treatment of Mastitis in Lactating Cows. 2005. Proceeding in Nanotechnology : Drug Delivery System & Free Radical School, 21-22 Feb, 2005, Chiang Mai, Thailand.
7. **Wasana Chaisri** and Siriporn Okonogi. Effect of solvent on preparation of cephalixin-loaded microsphere. PSWC 2007 - 3rd Pharmaceutical Sciences World Congress: Optimizing Drug Therapy: an Imperative for World. 22-25 April 2007, Amsterdam, The Netherlands.
8. Nannapat Nalame, **Wasana Chaisri** and Witaya Suriyasathaporn . Loss of L-ascorbic acid in commercial drinking milk caused by milk processing and storage times. Southeast Asian journal of tropical medicine and public health. Vol 40 No. 4 July 2009.
9. **Wasana Chaisri**, Wim E. Hennink. Preparation and Characterization of Cephalexin Loaded PLGA Microspheres. 2009. Current Drug Delivery. 6, 69-75.

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางศรีกาญจนา คล้ายเรือง
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms. Srikanjana Klayraung
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 00130 72 4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ. สันทราย

จ. เชียงใหม่ 50290

โทรศัพท์ 053-873540 ต่อ 108 โทรสาร 053-878225

e-mail: srikanja@mju.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีจบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อ	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา
2536	ปริญญาตรี	วท.บ	ชีววิทยา	จุลชีววิทยา	ม.เกษตรศาสตร์
2541	ปริญญาโท	วท.ม	จุลชีววิทยา	จุลชีววิทยา	ม.เกษตรศาสตร์
2551	ปริญญาเอก	Ph.D.	เภสัชศาสตร์	เภสัชศาสตร์	ม.เชียงใหม่.

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

1. **Klayraung, S.** and Okonogi, S. 2009. Antibacterial and antioxidant activities of acid and bile resistant strains of *Lactobacillus fermentum* isolated from Miang. *Brazilian Journal of Microbiology*. 40, 757-766.
2. **Klayraung, S.,** Viernstein, H., Okonogi, S. 2009. Development of tablets containing probiotics: Effects of formulation, processing parameters on bacterial viability. *International Journal of Pharmaceutics*. 370, 54-60.
3. **Klayraung, S.,** Okonogi, S., Sirithunyalug, J., Viernstein, H. 2008. Comparative Probiotic properties of *Lactobacillus fermentum* isolated from Thai traditional fermented foods: Miang and Nham. *Research Journal of Biological Sciences* 3, 1119-1124.
4. **Klayraung, S.,** Okonogi, S., Viernstein, H. 2008. Probiotic properties of lactobacilli isolated from Thai traditional food. *Scientia Pharmaceutica*, 76, 485-503.
5. Kiss, H., Kögler, B., Petricevic, L., Sauerzapf, I., **Klayraung, S.,** Domig, K., Viernstein, H., Kneifel, W. 2007 Vaginal *Lactobacillus* microbiota of healthy women in the late first trimester of pregnancy. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 114, 1402-1407.
6. Seesuriyachan P., Takenaka, S., Kuntiya, A., **Klayraung, S.,** Murakami, S. and Aoki, K. 2007. Metabolism of azo dyes by *Lactobacillus casei* TISTR 1500 and effects of various factors on decolorization. *Water Research*, 41, 985-992.
7. **Klayraung, S.,** Thawthep, S., Ngaosai, I., Sukonthasing, S. Antioxidant activity of lactic acid bacteria isolated from fermented tea leaves (Miang). Poster Presentation. The 5th Asian Conference on Lactic Acid Bacteria: Microbes in Disease Prevention & Treatment, Singapore, July 1-3, 2009.
8. **Klayraung, S.,** Viernstein, H., Okonogi, S. Bioencapsulation of Lactic Acid Bacteria Using Inulin and Banana Powder as Excipients. Poster Presentation. XV International

Workshop on Bioencapsulation and COST865 Meeting, Vienna, Austria, September 6-8, 2007.

9. **Klayraung, S.**, Sirithunyalug, J., Kneifel, W., Viernstein, H., Okonogi, S. Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria from Bioresources in Thailand. Poster Presentation. BioThailand 2005, The Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, November 2-5, 2005.