

นาโนอิมัลชันของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพร : ดอกกานพลู ที่เตรียมโดยวิธี aqueous titration
Nano-emulsion of essential oil from medicinal plant : Clove-buds prepared
by aqueous titration method

นริศา สาลิงาม¹และ มนต์ทิพย์ ชำของ¹

Narisa Saleengam¹and Montip Chamchong¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิด nano-emulsion ของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูโดยวิธี aqueous titration โดยการใช้สารลดแรงตึงผิวร่วม (Co-surfactant) ที่ให้ค่า hydrophile-lipophile balance (HLB) แบบต่ำ กลางและสูง ร่วมกับ Tween20 ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวหลัก(Surfactant) ดังนั้น Acacia, Transcutol P, Span20 และ PEG400 จึงถูกใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวร่วมเนื่องจากมีค่า HLB อยู่ในช่วง 3-6, 4, 8.6 และ 13 ตามลำดับ โดยใช้น้ำกลั่นเป็น continuous phase ของ nano-emulsion สารลดแรงตึงผิวหลักและสารลดแรงตึงผิวร่วมข้างต้นถูกนำมาจับคู่กันได้ทั้งหมด 4 คู่ ด้วยอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันซึ่งเรียกว่า S_{mix} จากนั้นนำมาผสมกับน้ำมันและไทเทรตด้วยน้ำกลั่น และทำการเขย่า ของเหลวที่ไม่เกิดการแยกชั้นจะถูกนำมาทดสอบความคงตัวต่อด้วยวิธี Centrifugal test, Cooling – Heating cycle และ Freezing – Thawing cycle ตามลำดับ นาโนอิมัลชันที่ผ่านการทดสอบความคงตัวมาวัดขนาด (size) ด้วยเทคนิค Dynamic light scattering (DLS) พบว่า การใช้ Tween20 ร่วมกับ Transcutol P ผสมน้ำมันการพลูและน้ำกลั่น ทำให้เกิด nano-emulsion ได้ถึง 20 อัตราส่วน โดยเฉพาะการใช้ Tween 20:Transcutol P ที่อัตราส่วน 3:1 และ Oil:S_{mix} ที่อัตราส่วน 1:9 ได้ขนาดอนุภาคนาโนเล็กที่สุด คือ 10.68±0.11 nm และเมื่อลดปริมาณของ S_{mix} ลง ขนาดของอนุภาคเพิ่มขึ้นเป็น 13.06±0.11 nm และ zeta potential เปลี่ยนจาก -0.61±0.47 ถึง -0.27±0.49 mV

ABSTRACT

The objective of this research was to study the formation of nano-emulsion from clove bud essential oil prepared by aqueous titration method. The co-surfactants, HLB of which was ranging from low, medium to high, were selected to use together with Tween 20 as surfactant. Therefore Acacia, Transcutol P, Span 20 and PEG 400 were added as co-surfactant since their HLB are 3-6, 4, 8.6 and 13 respectively while distilled water was used to provide continuous phase of nano-emulsion. Surfactant and each co-surfactant were mixed together to get 4 pairs of surfactant and co-surfactant combinations called "S_{mix}". Various S_{mix} ratios were prepared to mix with various amount of oil then they were titrated with distilled water. After being well shaken, visual stability evaluation was performed. Then the centrifugal, cooling-heating cycle and freezing-thawing cycle tests were also

¹ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

¹ Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaensae, Kasetsart University, Nakhonpathom 73140

carried out to confirm the stability of emulsion. Particle size of each mixture which passed all the tests was measured by dynamic light scattering method. It was found that up to 20 mixing ratios of oil, distilled water and Tween 20 together with Transcutol P could provide nano-emulsion. Especially the emulsion from mixing ratio of Tween 20: Transcutol P at 3:1 and Oil:S_{mix} at 1:9 was obtained as smallest nanoparticle size of 10.68±0.11 nm. When the amount of S_{mix} was reduced to Oil:S_{mix} at 1:6, its particle size was increased to 13.06±0.11 nm and zeta potential was changed from -0.61±0.47 to -0.27±0.49 mV.

Key Words : clove essential oil, nano-emulsion, nanoparticles, aqueous titration

e-mail address : nu-no_on@hotmail.com , fengmoc@ku.ac.th

คำนำ

น้ำมันหอมระเหยกานพลู มีส่วนประกอบสำคัญของ eugenol , eugenol acetate และ beta caryophyllene ซึ่งสารสำคัญทั้งสามตัวนี้เมื่อรวมกันแล้วมีมากถึง 99% ของน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด (Wenqiang *et al.*, 2006) น้ำมันกานพลูมีลักษณะเป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อน ๆ ที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เป็นสารหอมระเหยที่มีโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีที่ซับซ้อน สามารถที่จะระเหยไปกับอากาศได้อย่างรวดเร็ว ที่อุณหภูมิประมาณ 30-40°C น้ำมันกานพลูถูกนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอาหาร การแพทย์ อุตสาหกรรมและสุคนธ์บำบัด จากงานวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าการทำ nano-emulsion ใช้ได้ดีและเหมาะกับการกักเก็บสารสำคัญหรือยาประเภทไม่คงตัวระเหยง่ายและละลายได้ดีในน้ำมัน (lipophilic drug) ซึ่งก็น่าจะนำมาประยุกต์ใช้กับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูได้เช่นเดียวกัน (Shafiq-un-Nabi, 2007) ดังนั้นการนำน้ำมันกานพลูมาผ่านกระบวนการด้วยการใช้เทคนิคการทำ nano-emulsion ทำให้สามารถเก็บรักษาสารสำคัญที่ระเหยได้ง่ายในระยะเวลาที่นานขึ้น

เทคนิค nano-emulsion ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเมื่อประมาณ 3-4 ปีที่ผ่านมาในการใช้เตรียมยาเพราะว่ายาโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากความไม่คงตัวและค่าการละลายที่ไม่ดีกับสารที่ใช้เป็นระบบนำส่ง เทคนิคการทำ nano-emulsion นี้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยาสำหรับผิวหนังและตา เนื่องมาจากการทำ nano-emulsion จะเป็นการเพิ่มความคงตัวระหว่างการเก็บรักษาสารสำคัญ นอกจากนี้ยังอาจใช้เป็นสารตั้งต้นในการทำผลิตภัณฑ์ในลักษณะ nano-encapsulation ได้อีกด้วย

เทคนิคการทำ nano-emulsion หลายวิธีเช่น aqueous titration, high pressure homogenization, solvent evaporation, precipitation, supercritical fluid extraction เป็นต้น (Bravo-Osuna *et al.*, 2006; Chang *et al.*, 2010; Chaudhuri and Paria, 2010; Chavanpatil *et al.*, 2007; Mai Hoa *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2009) แต่ละเทคนิคในการทำมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน เช่น การเลือกใช้วิธี high pressure homogenization ต้องใช้เงินทุนสูงเพราะเครื่องมือมีราคาแพง ส่วนวิธี aqueous titration เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ไม่ต้องใช้เงินทุนสูง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิด nano-emulsion ของน้ำมันหอมระเหยจากานพลูด้วยวิธี aqueous titration โดยการใช้สารลดแรงตึงผิวหลักและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่ให้ค่า HLB แตกต่างกันทั้งแบบสูง กลาง และต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัตถุดิบและสารเคมี

น้ำมันจากานพลู(Clove oil)ซื้อจากบริษัท อโรมาฮับ จ.นนทบุรี

Tween 20 , Acacia และ Span 20 ซื้อจาก บริษัท Ajax FineChemicals (Auckland, New Zealand)

Transcutol ®P และ PEG400 ซื้อจาก บริษัท Merck Schuchardt OHG (Hohenbrunn, Gemany)

2. การเตรียมนาโนอิมัลชันด้วยวิธี aqueous titration

การทดลองนี้ได้เลือกใช้สารลดแรงตึงผิวหลัก(Surfactant) คือ Tween20(HLB=16) และสารลดแรงตึงผิวร่วม (Co-surfactant) 4 ชนิดคือ Acacia (HLB=3-6), Transcutol P (HLB=4), Span20 (HLB=8.6) และ PEG400 (HLB=13) จากนั้นนำ Surfactant และ Co-surfactant ข้างต้นมาจับคู่กัน ได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม คือ Tween20:Acacia, Tween20:Transcutol P , Tween20:Span20 และ Tween20:PEG400 ด้วยอัตราส่วนผสมต่างๆ เรียกว่า S_{mix} โดยแต่ละคู่จะมีอัตราส่วน ดังนี้ 4:1,3:1, 2:1,1:1, 1:0, 1:2, 1:3 และ 1:4 จากนั้นนำน้ำมันจากานพลูผสมกับ S_{mix} ที่ได้ในอัตราส่วน ดังนี้ 1:9, 1:8, 1:7, 1:6, 1:5, 1:4, 1:3.5, 1:3, 1:2.3, 1:2, 1:1.5, 1:1,1:0.66,1:0.43, 1:0.25 และ 1:0.11 ไทเทรทด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 200 μ l จำนวน 15 ครั้ง (Shafiq-un-Nabi, 2007) สังเกตการแยกชั้นในแต่ละครั้งที่ไทเทรทน้ำลงไปแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน เก็บผลวันที่ 1, 2 และ 3 ดูสีและการแยกชั้นอีกครั้ง

3. การทดสอบความคงตัวของอิมัลชัน

เลือกสัดส่วนของอิมัลชันที่ไทเทรทด้วยน้ำกลั่นจนครบ 3000 μ l และเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วันไม่เกิดการแยกชั้น แล้วจึงนำไปทดสอบความคงตัวของอิมัลชันด้วยวิธี Centrifugal test โดยการทดสอบความคงตัวด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ 3500 rpm เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเครื่อง Centrifugation จากนั้นสังเกตลักษณะที่เกิดขึ้นด้วยสายตา คือ ถ้าไม่เกิดการแยกชั้นแสดงว่าอิมัลชันมีความคงตัว นำอิมัลชันที่ไม่เกิดการแยกชั้นมาทดสอบความคงตัวของอิมัลชันด้วยวิธี Cooling – Heating cycle เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน เก็บตัวอย่างของอิมัลชันไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (2 วัน) จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 °C ในเวลาที่เท่ากัน ทำการทดลองซ้ำจนครบ 6 รอบ (24 วัน) สังเกตลักษณะที่เกิดขึ้นด้วยสายตา นำอิมัลชันที่ไม่เกิดการแยกชั้นมาทดสอบความคงตัวต่อด้วยวิธี Freezing – Thawing cycle เป็นการศึกษาคผลของอุณหภูมิในสภาวะเร่งที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน ทำการแช่แข็งตัวอย่างของอิมัลชันไว้ที่อุณหภูมิ -21 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (2 วัน) จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 °C ในเวลาที่เท่ากัน ทำการทดลองซ้ำจนครบ 3 รอบ (12 วัน) แล้วทำการสังเกตลักษณะที่เกิดขึ้นด้วยสายตา ถ้าไม่เกิดการแยกชั้นแสดงว่าอิมัลชันมีความคงตัว (Shafiq-un-Nabi, 2007)

4. การหาขนาดและการวัดประจุ Zeta Potential ของนาโนอิมัลชัน

นำอิมัลชันที่ผ่านการทดสอบความคงตัวขั้นสุดท้ายโดยวิธี Freezing – Thawing cycle ส่งตรวจที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ด้วยเทคนิค Dynamic light scattering (DLS)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเตรียมนาโนอิมัลชันด้วยวิธี aqueous titration

ผลจากการเตรียมนาโนอิมัลชันโดยใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าการใช้สารลดแรงตึงผิวหลักมากกว่าสารลดแรงตึงผิวร่วม จะทำให้อิมัลชันที่ได้ไม่แยกชั้นมีความคงตัวดี แต่ถ้าใช้สารลดแรงตึงผิวหลักน้อยกว่าสารลดแรงตึงผิวร่วม อิมัลชันที่ได้ส่วนใหญ่จะเกิดการแยกชั้นไม่มีความคงตัวเช่น เมื่อใช้ Tween 20 ร่วมกับ Transcutol P ไม่ควรใช้ Transcutol P ในปริมาณที่มากกว่า Tween 20 เพราะส่วนใหญ่จะไม่ทำให้เกิดเป็นของผสมที่เป็นอิมัลชันของสารเนื้อเดียวที่มีความคงตัวได้ จากนั้นนำผลการไทเทรตสารลดแรงตึงผิวหลักกับสารลดแรงตึงผิวร่วมที่อัตราส่วนต่างๆ มาพล็อตลงใน Pseudoternary phase diagram เพื่อหาอัตราส่วนที่สามารถเกิดอิมัลชัน โดยส่วนที่ไม่แยกชั้นจะใช้จุดเขียวและในส่วนที่แยกชั้นจะใช้จุดสีดำจาก Figure 1 แสดงการเกิดอิมัลชันของ Tween20:Transcutol P ที่อัตราส่วน 4:1 คิดเปอร์เซ็นต์การเกิดอิมัลชันจากจุดสีเขียวได้ 50%

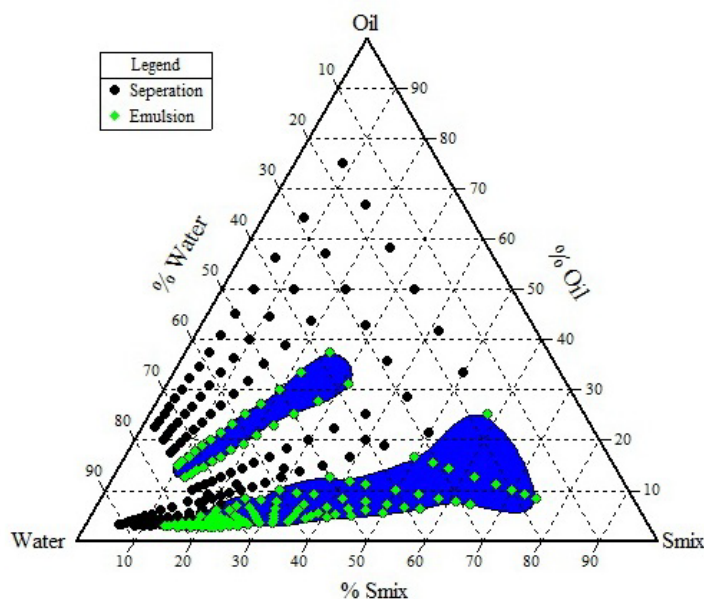


Figure 1 The emulsion of Tween20:Transcutol P ratio at 4:1

2. การทดสอบความคงตัวของอิมัลชัน

จากการทดสอบความคงตัวขั้นสุดท้ายด้วยวิธี Freezing-Thawing โดยการสังเกตด้วยสายตา พบว่าการใช้ Tween20:Transcutol P ได้อิมัลชันลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใสไม่เกิดการแยกชั้นมากที่สุดคือ 15 อัตราส่วน คือ Tween20:Transcutol P ที่ 4:1, 3:1, 2:1 และ 1:1 ที่อัตราส่วน Oil:S_{mix} 1:9, 1:8, 1:7 และ 1:6 รองลงมา คือ Tween20:PEG400 มี 11 อัตราส่วน คือ Tween20:PEG400 ที่ 4:1, 3:1 และ 2:1 ที่อัตราส่วน Oil:S_{mix} 1:9, 1:8, 1:7 และ 1:6 ส่วนคู่ที่เกิดอิมัลชันที่ไม่แยกชั้นน้อยที่สุด 3 อัตราส่วน คือ Tween20:Acacia ที่ 4:1 และ 3:1 ที่อัตราส่วน Oil:S_{mix} ที่ 1:9, 1:7 และ 1:6

3. การหาขนาดและการวัดประจุ Zeta Potential ของนาโนอิมัลชัน

เนื่องจากขนาดอนุภาคนาโนเมตรจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.1-100 nm (Adnano, 2550) ส่วนที่มีขนาดเกินกว่า 100 nm จะใช้เป็นหน่วยวัดที่ใหญ่ขึ้น คือไมโครเมตร ซึ่งไมโครเมตรจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.1-100 μm (100-100,000 nm) จาก Table 1 จะพบว่าการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคด้วยเทคนิค Dynamic light scattering (DLS) กับ Tween 20:Transcutol P ซึ่งมีทั้งหมด 20 อัตราส่วน พบว่ามีขนาดอนุภาคอยู่ในช่วงที่ให้ผลเป็นนาโนอิมัลชันทุกอัตราส่วนโดยอัตราส่วนของ Tween 20:Transcutol P ที่ 3:1 Oil:s_{mix} ที่ 1:9 มีขนาดอนุภาคนาโนเล็กที่สุดคือ $10.68 \pm 0.11 \text{ nm}$ และเมื่อลดอัตราส่วนของ S_{mix} ลงเป็น 1:8, 1:7 และ 1:6 จะพบว่าขนาดของอนุภาคจะใหญ่ขึ้นเป็น $11.14 \pm 0.09 \text{ nm}$, $11.19 \pm 0.16 \text{ nm}$ และ $13.06 \pm 0.11 \text{ nm}$ โดยที่ค่า Zeta Potential เพิ่มสูงขึ้นจาก $-0.61 \pm 0.47 \text{ mV}$ เป็น $-0.27 \pm 0.49 \text{ mV}$ (Table 2) ส่วนการใช้ Tween20 เพียงอย่างเดียวคือ Tween 20:Transcutol P ที่ 1:0 พบว่าขนาดของอนุภาคที่ได้อยู่ในช่วงนาโนเช่นกัน โดยค่า Zeta Potential เป็นค่าบวกเล็กน้อย

Table 1 Nanoparticle size (nm) between ratio of Tween 20:Transcutol P

Tween 20:Transcutol P	Oil:S _{mix}				
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5
4:1	32.60 ± 1.70	28.13 ± 1.83	10.46 ± 0.18	12.27 ± 0.06	-
3:1	10.68 ± 0.11	11.14 ± 0.09	11.19 ± 0.16	13.06 ± 0.11	-
2:1	11.75 ± 0.20	24.91 ± 0.73	23.83 ± 0.59	16.02 ± 0.12	-
1:1	28.13 ± 0.92	15.10 ± 0.02	31.37 ± 0.75	-	-
1:0	21.60 ± 0.50	25.38 ± 3.16	23.59 ± 1.17	35.72 ± 1.97	21.46 ± 1.84

Table 2 Zeta Potential (mV) between ratio of Tween 20:Transcutol P

Tween 20:Transcutol P	Oil:S _{mix}				
	1:9	1:8	1:7	1:6	1:5
4:1	-0.16 ± 0.75	-0.79 ± 0.61	-0.27 ± 0.72	-0.16 ± 0.28	-
3:1	-0.61 ± 0.47	-0.53 ± 0.36	-0.37 ± 0.48	-0.27 ± 0.49	-
2:1	-0.49 ± 0.78	-0.67 ± 0.74	-0.59 ± 0.11	-0.61 ± 0.07	-
1:1	-0.77 ± 0.05	-0.39 ± 0.71	-0.31 ± 0.56	-	-
1:0	0.16 ± 0.85	0.06 ± 1.05	0.04 ± 0.97	0.32 ± 1.03	0.07 ± 0.65

จาก Table 3 พบว่าการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคที่อัตราส่วน Tween 20 : PEG400 ซึ่งมีทั้งหมด 11 อัตราส่วนที่ผ่านการทดสอบความคงตัวของอิมัลชันขั้นสุดท้าย เมื่อนำไปวิเคราะห์ขนาดอนุภาคพบว่าขนาดเป็นนาโนอิมัลชันทุกอัตราส่วน ขนาดของอนุภาคที่วัดได้อยู่ในช่วง $13.93 \pm 0.23 \text{ nm}$ ถึง $20.88 \pm 0.33 \text{ nm}$ ซึ่งมี

ขนาดที่ใกล้เคียงกับการใช้ Tween20 ร่วมกับ Transcutol P ส่วนค่า Zeta Potential ส่วนใหญ่ให้ค่าเป็นลบเล็กน้อย (Table 4)

Table 3 Nanoparticle size (nm) between ratio of Tween 20 : PEG400

Tween 20:PEG400	Oil:S _{mix}			
	1:9	1:8	1:7	1:6
4:1	14.73±0.37	13.93±0.23	14.24±0.45	16.22±0.18
3:1	16.34±0.29	14.93±0.10	14.78±0.19	18.60±0.16
2:1	20.25±0.28	18.08±0.46	20.88±0.33	-

Table 4 Zeta Potential (mV) between ratio of Tween 20:Transcutol P

Tween 20:PEG400	Oil:S _{mix}			
	1:9	1:8	1:7	1:6
4:1	-0.56±0.64	-0.64±0.47	-0.33±0.42	-0.54±0.05
3:1	0.17±0.44	-0.48±0.62	-0.33±0.61	-0.22±0.59
2:1	-0.28±0.34	-0.60±0.78	0±0.49	-

จาก Table 5 จะพบว่าการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคที่อัตราส่วน Tween 20:Acacia ทั้งหมด 3 อัตราส่วน พบว่าขนาดที่ได้เป็นนาโนเมตร 2 อัตราส่วน และอีก 1 อัตราส่วน คือ Tween 20 : Acacia ที่ 4:1 Oil:S_{mix} ที่ 1:9 มีขนาดอนุภาคที่ได้ 535.60±12.15 nm ซึ่งมีขนาดเป็นไมโครเมตรคืออยู่ระหว่าง 100-100,000 nm ค่า Zeta Potential ที่ได้คือ -0.28±0.04 mV (Table 6)

Table 5 Nanoparticle size (nm) between ratio of Tween 20:Acacia

Tween 20 : Acacia	Oil:S _{mix}			
	1:9	1:8	1:7	1:6
4:1	535.60±12.15	-	-	23.58±0.98
3:1	-	-	22.16±0.77	-

Table 6 Zeta Potential (mV) between ratio of Tween 20:Acacia

Tween 20 : Acacia	Oil:S _{mix}			
	1:9	1:8	1:7	1:6
4:1	-0.28±0.04	-	-	-0.06±0.05
3:1	-	-	-0.40±0.11	-

สรุป

จากศึกษาพบว่าการใช้สารลดแรงตึงผิวหลักที่มากกว่าสารลดแรงตึงผิวร่วม จะทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ดี แต่ถ้าใช้สารลดแรงตึงผิวหลักน้อยกว่าสารลดแรงตึงผิวร่วม อิมัลชันที่ได้ส่วนใหญ่จะไม่เกิดความคงตัวซึ่งพบในการใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมทั้ง 4 ชนิด โดยการใช้สารลดแรงตึงผิวหลักและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่ให้ค่า hydrophile-lipophile balance (HLB) แตกต่างกันทั้งแบบสูง กลาง และต่ำ พบว่าการใช้ Span20 เป็น Co-surfactant ไม่ผ่านการทดสอบความคงตัวเนื่องมาจากการจับคู่ Tween20 ซึ่งมีค่า HLB สูง ร่วมกับ Span20 ซึ่งมีค่า HLB กลาง ส่วนการเกิด nano-emulsion ของน้ำมันหอมระเหยกานพลูจะได้เป็นของเหลวใสสีเหลืองอ่อน พบว่าการใช้ Tween20:Transcutol P ซึ่งมีค่า HLB สูง ร่วมกับค่า HLB ต่ำ มีจำนวนอัตราส่วนของของผสมระหว่าง Oil, Smix และน้ำ เกิดเป็น nano-emulsion มากที่สุด โดยขนาดอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง $10.68 \pm 0.11 \text{ nm}$ ถึง $32.60 \pm 1.70 \text{ nm}$ และมีค่า Zeta Potential ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงประจุที่ผิวของหยดน้ำมัน อยู่ในช่วงลบ คือ อยู่ในช่วง $-0.61 \pm 0.28 \text{ mV}$ ถึง $-0.77 \pm 0.05 \text{ mV}$ ส่วนการใช้อัตราส่วนของ Tween20:PEG400 ขนาดของอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง $13.93 \pm 0.23 \text{ nm}$ ถึง $20.88 \pm 0.33 \text{ nm}$ ซึ่งมีช่วงการเกิด nano-emulsion ที่แคบกว่าการใช้อัตราส่วนของ Tween20:Transcutol P มีที่ค่า Zeta Potential อยู่ในช่วง $-0.64 \pm 0.47 \text{ mV}$ ถึง $0.17 \pm 0.44 \text{ mV}$ ใกล้เคียงกับอัตราส่วนของ Tween20:Transcutol P ส่วนการใช้ Tween20:Acacia ช่วงขนาดของอนุภาค $22.16 \pm 0.77 \text{ nm}$ ถึง $535.60 \pm 12.15 \text{ nm}$ มีที่ค่า Zeta Potential เป็นลบ อยู่ในช่วง $-0.06 \pm 0.05 \text{ mV}$ ถึง $-0.40 \pm 0.11 \text{ mV}$ การใช้ Tween20 เพียงอย่างเดียวคือ Tween 20 : Transcutol P ที่ 1:0 พบว่าขนาดของอนุภาคที่ได้จะอยู่ในช่วง $21.46 \pm 1.84 \text{ nm}$ ถึง $35.72 \pm 1.97 \text{ nm}$ มีที่ค่า Zeta Potential เป็นบวก อยู่ในช่วง $0.06 \pm 1.05 \text{ mV}$ ถึง $0.32 \pm 1.03 \text{ mV}$

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนโครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย มก. ปีงบประมาณ 2554 โครงการวิจัยรหัส :ว-ท(ด)184.54

เอกสารอ้างอิง

- Bravo-Osuna, I., Schmitz, T., Bernkop-Schnurch, A., Vauthier, C., & Ponchel, G. 2006. Elaboration and characterization of thiolated chitosan-coated acrylic nanoparticles. *International journal of Pharmaceutics*, 316, 170-175
- Chang, P. R., Jian, R., Yu, J., & Ma, X. 2010. Fabrication and characterization of chitosan nanoparticles/plasticized-starch composites. *Food Chemistry*, 120, 736-740
- Chaudhuri, R. G., & Paria, S. 2010. Synthesis of sulfur nanoparticles in aqueous surfactant solution. *Journal of colloid and interface science*, 343, 439-446
- Chavanpatil M.D., Khair, A., & Panyam, J.2007. Surfactant-polymer nanoparticles: A novel platform for sustained and enhanced cellular delivery of water-soluble molecules. *Pharmaceutical Research*, 24, 803-810

- Mai Hoa, L. T., Chi, N.T., Triet, N.M., Thanh Nhan, L.N., & Chien, D.M. 2009. Preparation of fluorescence starch-nanoparticle and its application as plant transgenic vehicle. **Journal of central South University of Technology(English Edition)**, 15, 768-773
- Wang, J. S., Smetana, A. B., Boeckl, J.J., Brown, G.j., & Wai, C.M. 2009. Depositing ordered arrays of metal sulfide nanoparticles in nanostructures using supercritical fluid carbon dioxide. **Langmuir**, 26, 1117-1123
- Shafiq-un-Nabi, S., Shakeel, F., Talegaonkar, S., Ali, J., Baboota, S., Ahuja, A., Khar, R.K., and Ali, M. 2007. Formulation Development and Optimization using Nanoemulsion Technique: a Technical Note. **AAPS PharmSciTech**, 8(2).pp: E1-E6.
- Wenqiang, G., Shufen, L., Ruixiang, Y., Shaokun T. and Q. Can. 2006. Comparison of Essential Oils of Clove Buds Extracted with Supercritical Carbon Dioxide and Other Three Traditional Extraction Methods. **Food Chem.** 101(4): 1558-1564