

บทที่ 3

ผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลอง

3.1 การเตรียมสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมแห้ง

จากการสกัดเปลือกผลทับทิมแห้งด้วยวิธีการต้ม (Reflux) ด้วย 95% ethanol แล้ว partition ด้วย ethyl acetate พบว่าสารสกัดที่ได้มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลเข้ม (รูปที่ 3.1) คิดเป็น % yield 7.78 % w/w แล้ววิเคราะห์หาปริมาณ ellagic acid โดยวิธี HPLC นำค่าที่ได้มาคำนวณจากกราฟมาตรฐานที่เป็นเส้นตรงพบว่าปริมาณ ellagic acid 11.51 ± 0.23 %w/w



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของสารสกัดจากเปลือกผลทับทิม

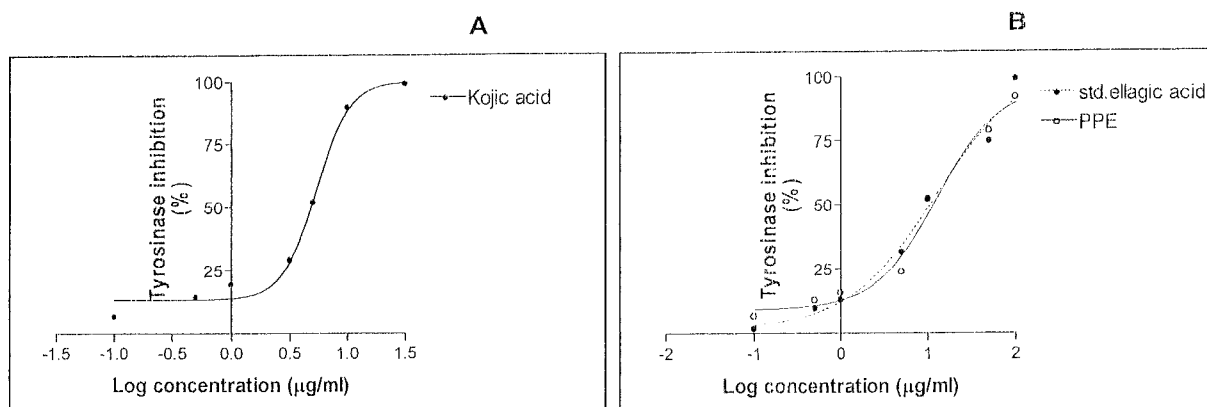
3.2 การทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือกผลทับทิม

จากการทดสอบฤทธิ์ anti-tyrosinase ด้วยวิธี mushroom tyrosinase inhibitor assay พบว่า สารสกัดจากเปลือกผลทับทิมมีฤทธิ์น้อยกว่า kojic acid เพียง 2 เท่า และมีฤทธิ์เทียบเท่ากับ standard ellagic acid ส่วนการทดสอบฤทธิ์ anti-oxidation ด้วยวิธี thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) assay พบว่า สารสกัดจากเปลือกผลทับทิมมีฤทธิ์น้อยกว่า trolox 3 เท่า แต่มีฤทธิ์ดีกว่า standard ellagic acid

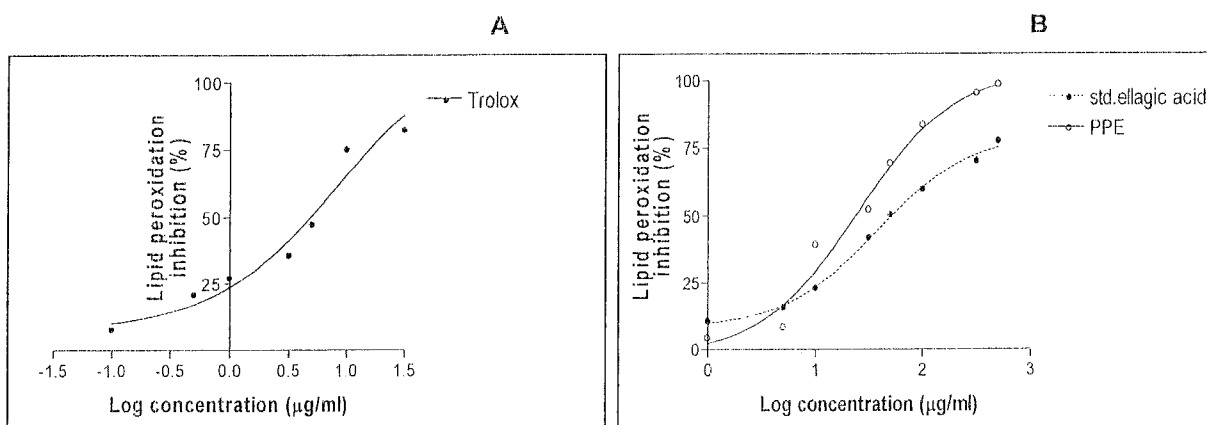
ซึ่งการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ว่า สมุนไพรในรูปสารสกัดหยาบสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีผลข้างเคียงจำเป็นต้องทำให้บริสุทธิ์เพื่อให้ได้สารสำคัญในการออกฤทธิ์ ทั้งนี้เนื่องจากฤทธิ์ทางชีวภาพที่ต้องการเป็นผลมาจากการออกฤทธิ์ของสารหลายชนิดที่มีปริมาณ และสัดส่วนที่พอเหมาะในสารสกัดนั้นร่วมกัน

ตารางที่ 3.1 แสดงค่า EC_{50} ของผลการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดเปลือกผลทับทิม

การทดสอบ	EC_{50} ($\mu\text{g/ml}$)		
	positive control	standard ellagic acid	สารสกัดเปลือกผลทับทิม
anti-tyrosinase	5.33 (kojic acid)	12.56	12.78
anti-oxidation	7.80 (trolox)	36.92	24.35



รูปที่ 3.2 Sigmoid curves แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log concentration กับ % tyrosinase inhibition (A) kojic acid, (B) std.ellagic acid and pomegranate peel extract (PPE)



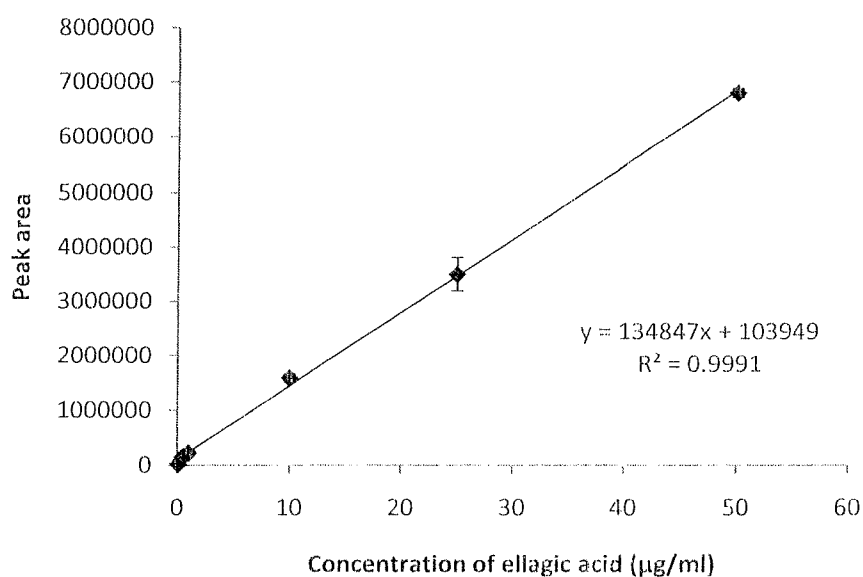
รูปที่ 3.3 Sigmoid curves แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log concentration กับ % lipid peroxidation inhibition (A) trolox, (B) std.ellagic acid and pomegranate peels extract (PPE)

3.3 การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ ellagic acid

จากการวิเคราะห์หาปริมาณ ellagic acid ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1, 10, 25 และ 50 μg/ml ด้วย HPLC ตามสภาวะที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยฉีด standard ellagic acid เข้า HPLC ตัวอย่างละ 2 ครั้ง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าเฉลี่ยของ peak area (ตารางที่ 3.2) มา plot calibration curve ระหว่าง peak area กับความเข้มข้นของ standard ellagic acid พบว่าได้สมการเส้นตรง $y = 134847x + 103949$ โดยมีค่า Linear correlation (R^2) 0.9991 (รูปที่ 3.4)

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน ellagic acid

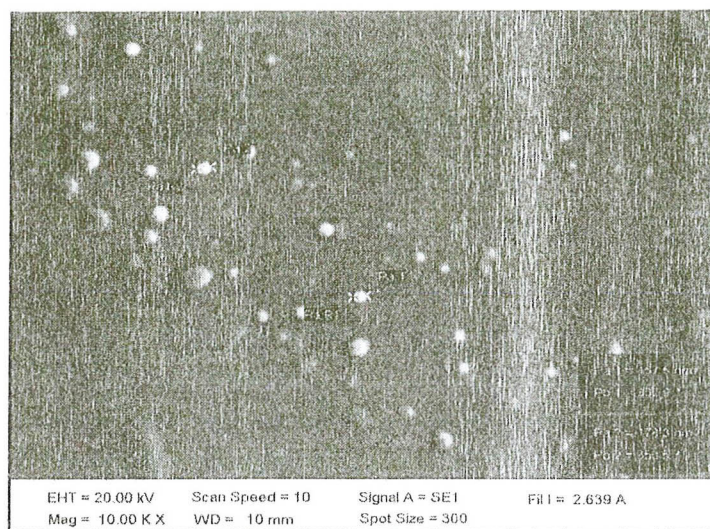
Concentration of ellagic acid (µg/ml)	Peak area				
	1	2	3	Mean	SD
0.1	26440	26682	24078	25733.333	1439
0.5	156260	153254	157456	155656.67	2165
1	218170	221650	214983	218267.67	3335
10	1677708	1577118	1522703	1592509.7	78640
25	3621595	3156629	3737826	3505350	307542
50	6828102	6712351	6871226	6803893	82158



รูปที่ 3.4 Standard curve แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของ ellagic acid

3.4 การตั้งตำรับสารสกัดเปลือกผลทับทิมในรูปแบบ อนุภาคไขมันแข็งขนาดนาโน

จากการศึกษาพบว่าสามารถเตรียม pomegranate peel extract loaded NLCs ด้วยเทคนิค hot melt microemulsion ได้สำเร็จ โดยเมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกวาด (SEM) พบว่าอนุภาคมีรูปร่างทรงกลม มีการกระจายตัวดี (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกวาด (SEM) แสดงลักษณะอนุภาค Lyophilized pomegranate peel extract loaded NLCs ที่เตรียมจาก lexol โดยมีไขมันแข็งเป็นร้อยละ 25 ของตัวรับ

และเมื่อทำการวัดขนาดอนุภาคด้วย dynamic light scattering พบว่ามีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 160 - 300 nm (ตารางที่ 3.3) ค่าการกระจายอนุภาคอยู่ในช่วง 0.2-0.3 และประจุบนผิวอนุภาคมีค่าเฉลี่ย ~ -35 mV ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความคงตัวของตัวรับ โดยทั่วไปพบว่าปัจจัยในการผลิตที่ทำการศึกษามีผลต่อค่าประจุบนผิวอนุภาค แต่มีผลต่อขนาดและการกระจายอนุภาค ปัจจัยในการผลิตที่มีผลต่อขนาดอนุภาค ได้แก่ ปริมาณของไขมันแข็งในตัวรับ ปริมาณของสารลดแรงตึงผิว และปริมาณของสารสกัดจากเปลือกผลทับทิม อย่างไรก็ตามพบว่าชนิดของไขมันเหลวไม่มีผลต่อขนาดอนุภาคเฉลี่ย การกระจายอนุภาค

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไขมันแข็งจาก 10-30 (%w/w) ขนาดอนุภาคเฉลี่ยมีแนวโน้มใหญ่ขึ้นจาก 160-330 nm ค่าการกระจายของอนุภาคก็กว้างขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณไขมันแข็งในตัวรับ โดยที่ปริมาณสารลดแรงตึงผิวคงที่ ทำให้ปริมาณสารลดแรงตึงผิวไม่พอที่จะใช้ในการก่อให้เกิดอนุภาค

ซึ่งจากการศึกษาเมื่อเพิ่มปริมาณของสารลดแรงตึงผิว (lipoid s75) จาก 3-7 (%w/w) พบว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยมีแนวโน้มเล็กลง เนื่องจากปริมาณสารลดแรงตึงผิวที่เพิ่มขึ้นจะไปช่วยลดแรงตึงผิวในขณะที่จะเกิดเป็นอนุภาค จึงส่งผลให้ขนาดอนุภาคที่ได้มีขนาดเล็กลง ค่าการกระจายของอนุภาคก็แคบลง

จากการทดลองยังพบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมมากขึ้นจะทำให้ขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นด้วยเนื่องจากเมื่อเกิดเป็นอนุภาคปริมาณสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมที่มากกว่าจะสามารถกระจายอยู่ในอนุภาค และเกาะอยู่ที่ผิวอนุภาคได้มากกว่าการไหลตสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมในปริมาณที่น้อย จึงส่งผลให้เมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมมากขึ้นจะทำให้ได้ขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น

นอกจากนี้ ยังได้ทดลองเตรียมสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมในรูปแบบไขมันแข็งขนาดนาโนในรูปแบบผงแห้งด้วยเทคนิค freeze dry โดยใช้ mannitol เป็น lyoprotectant จากผลการทดลองพบว่าสามารถเตรียมสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมในรูปแบบไขมันแข็งขนาดนาโนในรูปแบบผงแห้งได้สำเร็จ ได้ผงแห้งสีเหลืองอ่อนกระจายตัวได้ง่ายในน้ำกลั่น ไม่เกาะกันเป็นก้อน เมื่อนำไปดูลักษณะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกวาด พบว่า มีลักษณะเป็นทรงกลม และเมื่อทำการวัดขนาดอนุภาคด้วย dynamic light scattering มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 200 nm



ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดอนุภาคเฉลี่ย การกระจายขนาดอนุภาคและประจุบนผิวอนุภาคเมื่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยในกระบวนการผลิต

ชนิดของ Oil	Mean particle size (nm) $\pm$ SD	Polydispersity index (PI) $\pm$ SD	Zeta potential (mV) $\pm$ SD
Lexol	169 $\pm$ 11	0.27 $\pm$ 0.01	-36.5 $\pm$ 2.1
Oleic acid	176 $\pm$ 3	0.26 $\pm$ 0.04	-33.4 $\pm$ 1.9
Olive oil	188 $\pm$ 2	0.34 $\pm$ 0.02	-33.9 $\pm$ 2.6
IPP	175 $\pm$ 5	0.26 $\pm$ 0.04	-36.8 $\pm$ 2.1
IPM	183 $\pm$ 7	0.27 $\pm$ 0.05	-35.9 $\pm$ 3.5
Total lipid (%w/w)	Mean particle size (nm) $\pm$ SD	Polydispersity index (PI) $\pm$ SD	Zeta potential (mV) $\pm$ SD
10	162 $\pm$ 6	0.27 $\pm$ 0.04	-35.4 $\pm$ 2.2
15	169 $\pm$ 2	0.28 $\pm$ 0.05	-35.4 $\pm$ 3.4
20	212 $\pm$ 8	0.27 $\pm$ 0.05	-32.6 $\pm$ 1.9
25	169 $\pm$ 11	0.27 $\pm$ 0.01	-36.5 $\pm$ 2.1
30	328 $\pm$ 15	0.32 $\pm$ 0.03	-34.3 $\pm$ 2.1
Surfactant (%w/w)	Mean particle size (nm) $\pm$ SD	Polydispersity index (PI) $\pm$ SD	Zeta potential (mV) $\pm$ SD
3	324 $\pm$ 8	0.34 $\pm$ 0.02	-34.7 $\pm$ 1.9
5	277 $\pm$ 5	0.27 $\pm$ 0.03	-37.4 $\pm$ 1.8
7	169 $\pm$ 11	0.27 $\pm$ 0.01	-36.5 $\pm$ 2.1
Pomegranate peel extract (%w/w)	Mean particle size (nm) $\pm$ SD	Polydispersity index (PI) $\pm$ SD	Zeta potential (mV) $\pm$ SD
0.5	169 $\pm$ 11	0.27 $\pm$ 0.01	-36.5 $\pm$ 2.1
0.6	237 $\pm$ 6	0.27 $\pm$ 0.04	-34.9 $\pm$ 2.9
0.7	289 $\pm$ 6	0.28 $\pm$.003	-33.4 $\pm$ 2.6

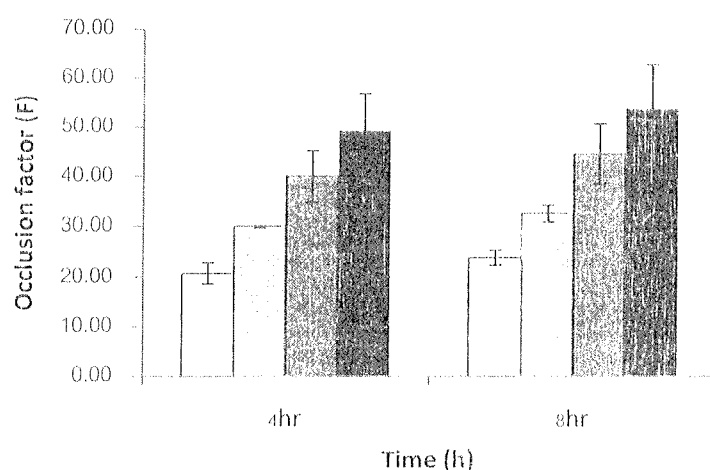
3.5 การทดสอบการปกคลุมผิวของอนุภาคไขมันแข็งขนาดนาโน

รูปที่ 3.6 แสดงค่าการปกคลุม (F) ของ NLC dispersions โดยการเพิ่มปริมาณของไขมันแข็งทั้งหมดในตำรับจาก 10%, 15%, 20% ถึง 30% (w/w) จากการศึกษาเราคาดหวังว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของไขมันแข็งความเข้มข้นของอนุภาคของไขมันมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นด้วย

ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไขมันที่เป็นของแข็งจาก 10% ถึง 30% (w/w) นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่าการปกคลุม (F) ผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ด้วยความสามารถของอนุภาคไขมันแข็งขนาดนาโนในการยึดติด (adhesiveness) ผิวที่ดี เนื่องจากประสิทธิภาพในการยึดติดผิวนี้มีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของ

อนุภาคที่เล็กลง (Wissing et al., 2001) การยึดติดผิวของอนุภาคไขมันแข็งขนาดนาโนนี้ไปสู่การสร้างฟิล์มบนผิวหนึ่งหลังจากการทา เนื่องจากอนุภาคไขมันแข็งขนาดนาโนมีช่องว่างระหว่างอนุภาคที่แคบขนาดแคปิลลารี (capillary) ทำให้เกิดแรงแคปิลลารี (capillary forces) ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดฟิล์มที่มีความหนา (Pardeike et al., 2007) ทำให้การระเหยของน้ำลดลง และทำให้เกิดผลของการปกคลุมผิว (occlusion effect) ซึ่งเมื่อความเข้มข้นของอนุภาคของไขมันเพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้เกิดการปกคลุมผิวที่มากขึ้นด้วย ซึ่งอาจมาจากความพรุนหรือความหนาของชั้นของฟิล์มซึ่งจะทำการศึกษาต่อไป

ค่าการปกคลุมยังขึ้นอยู่กัเวลา หากเปรียบเทียบผลการปกคลุมระหว่างที่เวลา 4 ชั่วโมงและ 8 ชั่วโมงพบว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของค่าการปกคลุม แต่ที่ปริมาณไขมันแข็งที่ 20% และ 30% (w/w) พบว่าค่าการปกคลุมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าที่เวลา 4 ชั่วโมงสามารถเกิดการปกคลุมผิวได้สูงสุด



รูปที่ 3.6 แสดงค่าการปกคลุม (Occlusion factor) ของ NLC dispersions ที่เตรียมโดยมีปริมาณไขมันรวมเป็น □ 10% w/w, □ 15% w/w, □ 20% w/w และ ■ 30% w/w

3.6 การศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยา

จากผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.4 พบว่าการเตรียม pomegranate peel extract loaded NLCs ด้วยเทคนิค hot microemulsion มีประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยาอยู่ในช่วงร้อยละ 50 - 90 โดยปัจจัยในกระบวนการผลิตมีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยา

จากการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ไขมันเหลวเป็น oleic acid และ olive oil ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยาจะลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 50-60 เนื่องจากไขมันเหลวทั้งสองชนิดนี้มีความหนืดสูง ทำให้ microemulsion ที่เตรียมได้เกิดเป็นเจลที่มีความหนืดสูงตามไปด้วย จึงยากต่อการกระจายลงใน stabilizing agent ทำให้สูญเสียไปในกระบวนการผลิตในปริมาณมาก โดยพบว่าเมื่อใช้ lexol เป็นไขมันเหลวจะให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยามากที่สุด

จากการทดลองยังพบว่าเมื่อใช้ไขมันเหลวเป็น lexol แต่เพิ่มปริมาณไขมันแข็งทั้งหมดในตำรับจาก 10-30 (%w/w) ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 70-90 จากการศึกษาผู้วิจัย คาดหวังว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของไขมันแข็ง ความเข้มข้นของอนุภาคของไขมันมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น รวมถึงขนาดอนุภาคเฉลี่ยก็มีแนวโน้มใหญ่ขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยามีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

นอกจากนี้เมื่อเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิว พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวขนาดอนุภาคเฉลี่ยมีแนวโน้มเล็กลง และยังส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยามีเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยพบว่าเมื่อใช้ปริมาณไขมันแข็ง 25 (%w/w) และปริมาณสารลดแรงตึงผิว 7 (%w/w) ให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยามากที่สุด

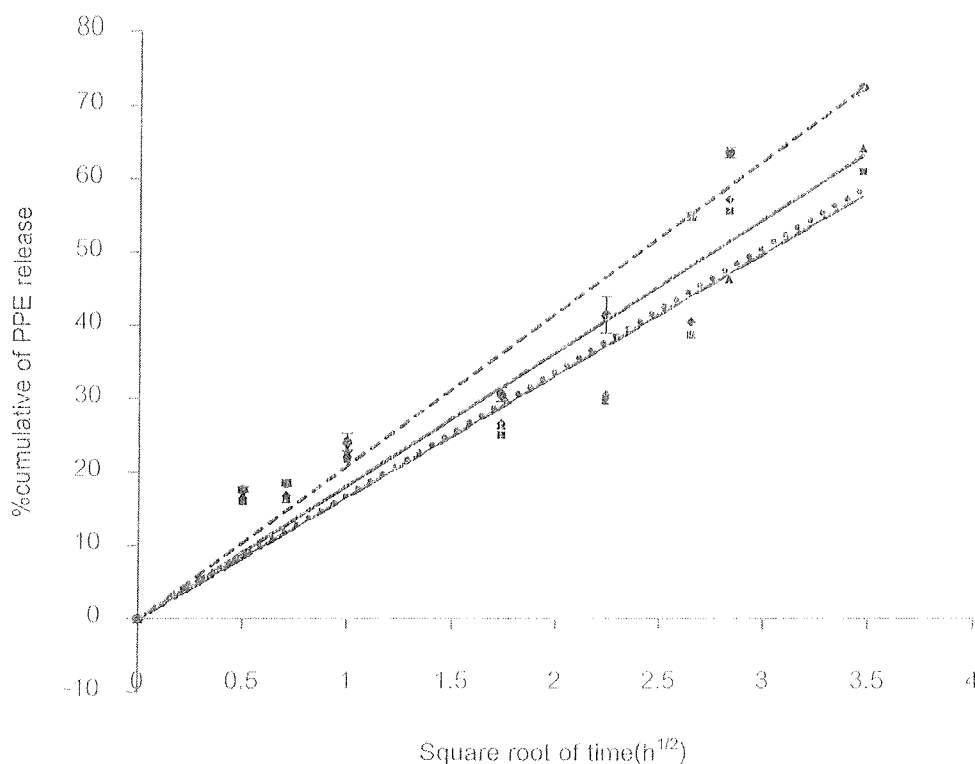
อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ไขมันเหลวเป็น lexol ปริมาณไขมันแข็งเป็น 25 (%w/w) แต่เพิ่มปริมาณสารสกัดจากเปลือกผลทับทิม พบว่าการเพิ่มปริมาณสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวย่า โดยสารสกัดจากเปลือกผลทับทิมที่ 0.5 (%w/w) ให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บตัวยามากที่สุด

ตารางที่ 3.4 แสดงประสิทธิภาพในการกักเก็บ ellagic acid เป็นร้อยละ

ชนิด oil	% Entrapment (mean $\pm$ SD)
Lexol	90.75 $\pm$ 2.20
Oleic acid	59.73 $\pm$ 2.35
Olive oil	49.65 $\pm$ 1.31
IPP	72.31 $\pm$ 7.56
IPM	71.38 $\pm$ 6.11
Total lipid (%w/w)	% Entrapment (mean $\pm$ SD)
10	66.05 $\pm$ 2.39
15	74.49 $\pm$ 2.68
20	81.13 $\pm$ 0.67
25	90.75 $\pm$ 2.20
30	88.97 $\pm$ 0.98
Surfactant (%w/w)	% Entrapment (mean $\pm$ SD)
3	74.68 $\pm$ 1.49
5	86.94 $\pm$ 1.48
7	90.75 $\pm$ 2.20
Pomegranate peel extract (%w/w)	% Entrapment (mean $\pm$ SD)
0.5	90.75 $\pm$ 2.20
0.6	84.70 $\pm$ 1.10
0.7	81.51 $\pm$ 0.97

3.7 การศึกษารูปแบบการปลดปล่อยตัวยา

ศึกษารูปแบบการปลดปล่อย ellagic acid จากตำรับ pomegranate peel extract loaded NLCs cream และ ตำรับ pomegranate peel extract unloaded NLCs cream ด้วยวิธี Franz diffusion cell จากผลการศึกษาพบว่าอนุภาคมีการปลดปล่อย ellagic acid ช้าๆ อย่างต่อเนื่อง (prolong release) ภายในเวลา 12 ชั่วโมง ซึ่งรูปแบบการปลดปล่อยตัวยาเป็นไปตาม Higuchi's model โดยในการทดลองนี้ศึกษาการปลดปล่อย ellagic acid จาก NLCs ที่เตรียมโดยใช้ไขมันเหลวต่างชนิดกัน พบว่าการปลดปล่อยตัวยาขึ้นกับชนิดของไขมันเหลว การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าตำรับที่ใช้ lexol เป็นไขมันเหลว มีการปลดปล่อยตัวยามากกว่าตำรับที่ใช้ IPP และ IPM เป็นไขมันเหลว แต่มีการปลดปล่อยตัวยาที่น้อยกว่า pomegranate peel extract unloaded NLCs โดยค่าการปลดปล่อยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในรูปแบบ pomegranate peel extract loaded NLCs ตัวยาต้องละลายออกจากอนุภาค แล้วต้องแพร่ผ่านครีมนก่อน จึงพบว่าเมื่ออัตราเร็วในการละลายช้ากว่าในรูปแบบ pomegranate peel extract unloaded NLCs (รูปที่ 3.7) ผลการทดลองนี้ชี้แนะว่าจำนวนคาร์บอนอะตอมของ lexol, IPP และ IPM มีค่าเท่ากับ C6-C12, C19 และ C17 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อการปลดปล่อยตัวยา โดย lexol มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยที่สุด จะช่วยในการปลดปล่อย ellagic acid ออกมาได้มากที่สุด

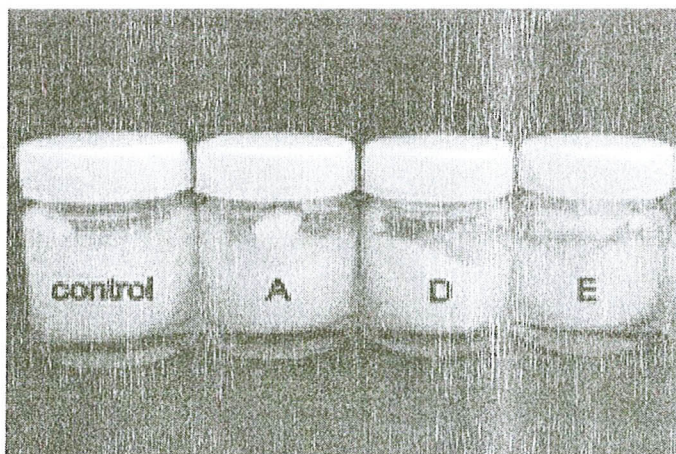


รูปที่ 3.7 แสดงรูปแบบการปลดปล่อยตัวยาจากตำรับ pomegranate loaded NLCs cream เมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของไขมันเหลวในตำรับ (◆) lexol, (■) IPP และ (▲) IPM เปรียบเทียบกับตำรับ (●) pomegranate peel extract unloaded NLCs cream

3.8 การศึกษาความคงตัวของทางกายภาพ และเคมี

จากผลการศึกษาความคงตัวในสภาวะเร่ง โดยพบว่าปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ศึกษาไม่มีผลต่อความคงตัวทางกายภาพ ตารางที่ 3.5 แสดงลักษณะของตำรับเมื่อผ่านการทดสอบในสภาวะเร่งครบ 6 รอบ พบว่าไม่มีการแยกชั้นของตำรับที่รอบต่างๆ ซึ่งทุกตำรับจะมีลักษณะเหมือนกับตำรับก่อนการทดสอบคือ เป็นครีมสีขาวที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน (รูปที่ 3.8) โดยจากตาราง 3.6 แสดงค่าความหนืดของตำรับทั้งก่อนและหลังทำการทดสอบความคงตัวทางเคมีในสภาวะเร่ง โดยวิธี heat cool จำนวน 6 รอบ พบว่าทุกตำรับไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืด

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาความคงตัวทางเคมีโดยการวัดการเปลี่ยนแปลง pH ของตำรับด้วยเครื่อง pH meter และวัดปริมาณสารสำคัญด้วยเครื่อง HPLC ผลการทดลองพบว่าทุกตำรับเมื่อผ่าน heat cool cycle ครบ 6 รอบ พบว่ามี ความคงตัวดี โดยไม่ขึ้นกับปัจจัยในการผลิตที่ศึกษา ตารางที่ 3.7 แสดงค่า pH ของตำรับ จากผลการทดลองพบว่าหลังการทดสอบในสภาวะเร่งทุกตำรับมีใกล้เคียงกับก่อนการทดสอบ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการหาปริมาณสารสำคัญด้วย HPLC (รูปที่ 3.9) โดยพบว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของไขมันเหลว พบว่าปริมาณสารสำคัญลดลงใกล้เคียงกันหลังการทดสอบในสภาวะเร่ง ซึ่งจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าระบบนำส่งในรูปแบบ NLCs มีแนวโน้มในการเพิ่มความคงตัวให้กับสารสกัดเปลือกผลทับทิมได้



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายแสดงลักษณะตำรับหลังการทดสอบความคงตัวทางกายภาพในสภาวะเร่ง โดยวิธี Heat cool ของตำรับ pomegranate loaded NLCs cream เมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของไขมันเหลว (A) Lexol, (D) IPP และ (E) IPM เปรียบเทียบกับตำรับ (control) pomegranate peel extract unloaded NLCs cream

ตารางที่ 3.5 แสดงลักษณะตำรับเมื่อทำการทดสอบความคงตัวทางกายภาพในสภาวะเร่ง โดยวิธี heat cool ที่จำนวนรอบต่างๆ

ตำรับ	Oil	ตัวอย่างที่	ลักษณะการแยกชั้น หลังเข้า Heat cool (รอบ)						
			0	1	2	3	4	5	6
A	Lexol	1	M	M	M	M	M	M	M
		2	M	M	M	M	M	M	M
		3	M	M	M	M	M	M	M
D	IPP	1	M	M	M	M	M	M	M
		2	M	M	M	M	M	M	M
		3	M	M	M	M	M	M	M
E	IPM	1	M	M	M	M	M	M	M
		2	M	M	M	M	M	M	M
		3	M	M	M	M	M	M	M
Control	Pomegranate peel extract cream	1	M	M	M	M	M	M	M
		2	M	M	M	M	M	M	M
		3	M	M	M	M	M	M	M

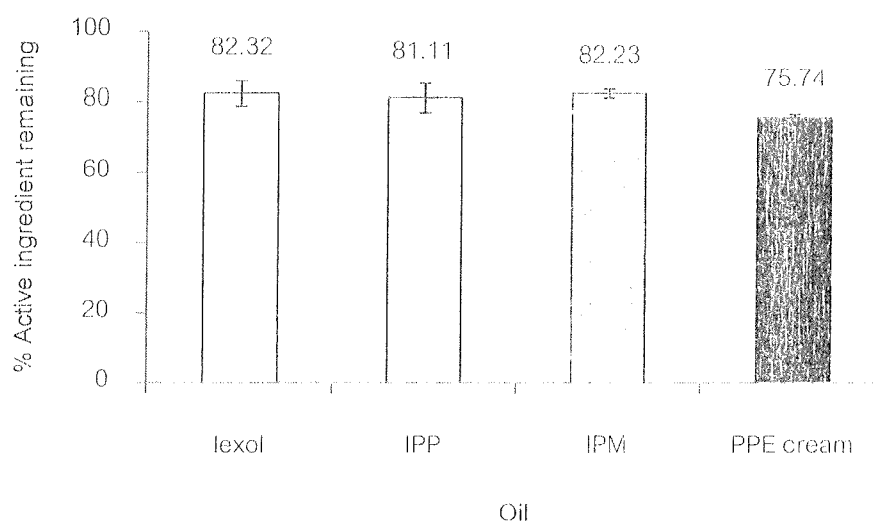
หมายเหตุ: M = ไม่แยกชั้น

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความหนืดของตำรับทั้งก่อนและหลังทำการทดสอบความคงตัวทางเคมีในสภาวะเร่ง โดยวิธี heat cool จำนวน 6 รอบ โดยเก็บให้พ้นแสง

ตำรับ	Oil	Viscosity (cps) $\pm$ SD	
		Initial	After heat cool cycle
A	Lexol	1654 $\pm$ 23	1613 $\pm$ 16
D	IPP	1865 $\pm$ 12	1850 $\pm$ 21
E	IPM	1630 $\pm$ 16	1604 $\pm$ 26
Control	Pomegranate peel extract cream	1683 $\pm$ 15	1653 $\pm$ 0.05

ตารางที่ 3.7 แสดงค่า pH ของตำรับทั้งก่อนและหลังทำการทดสอบความคงตัวทางเคมีในสภาวะเร่ง โดยวิธี heat cool จำนวน 6 รอบ โดยเก็บให้พ้นแสง

ตำรับ	Oil	pH value $\pm$ SD	
		Initial	After heat cool cycle
A	Lexol	7.34 ± 0.10	7.51 ± 0.05
D	IPP	7.35 ± 0.05	7.18 ± 0.02
E	IPM	7.30 ± 0.06	7.04 ± 0.06
Control	Pomegranate peel extract cream	7.28 ± 0.07	7.16 ± 0.06



รูปที่ 3.9 แสดงปริมาณสารสำคัญที่เหลืออยู่ในตำรับ pomegranate loaded NLCs cream เมื่อเปลี่ยนแปลงชนิดของไขมันเหลว (□) Lexol, (□) IPP และ (□) IPM เปรียบเทียบกับตำรับ (■) pomegranate peel extract unloaded NLCs cream หลังการทดสอบความคงตัวทางเคมีในสภาวะเร่งด้วยวิธี heat cool