

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการเตรียมสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศ

จากการเตรียมสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศได้ผลตามขั้นตอนดังนี้

#### 4.1.1 ผลการเตรียมมะเขือเทศ

นำมะเขือเทศสด (10.00 กิโลกรัม) ล้างด้วยน้ำสะอาด เช็ดให้แห้งนำมาแยกส่วนขั้วสีเขียวและแกนสีขาวออก (9.47 กิโลกรัม) และหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1x1 cm ดังภาพที่ 8 นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 °C ชั่งน้ำหนัก บันทึกดังตารางที่ 2

ภาพที่ 8 มะเขือเทศสด และมะเขือเทศที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก



ตารางที่ 2 ปริมาณมะเขือเทศสดจากการเตรียม

รายการ	ปริมาณ (กิโลกรัม)
มะเขือเทศสด	10.00
มะเขือเทศที่เอาขั้วและแกนออก	9.47

จากผลการทดลองได้มะเขือเทศแห้ง 572 กรัม หรือร้อยละ 5.72 ของปริมาณมะเขือเทศสด

#### 4.1.2 ผลการเตรียมสารสกัดมะเขือเทศโดยการหมักแบบมาเซอร์ชัน

นำมะเขือเทศแห้งจากข้อ 1) มาหมักแบบมาเซอร์ชันด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทในที่มีได้สารสกัดมะเขือเทศในเอทิลอะซิเตท มีสีแดงส้ม ดังภาพที่ 9 กรองแยกกากออกจากสารสกัดเอทิลอะซิเตทเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป กากมะเขือเทศที่ผ่านการหมักมีสีสดดังภาพที่ 10

ภาพที่ 9 การสกัดมะเขือเทศในตัวทำละลายเอทิลอะซีเตทโดยการหมักแบบมาเซอร์ชัน



ภาพที่ 10 กากมะเขือเทศที่ผ่านการหมักแบบมาเซอร์ชัน



นำสารละลายเอทิลอะซีเตท ไปทำการแยกเอาตัวทำละลายอินทรีย์ออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศแบบหมุน หลังจากแยกได้สารสกัดมะเขือเทศ 18.48 กรัมหรือร้อยละ 3.23 กรัมของมะเขือเทศแห้ง (ภาพที่ 11)

ภาพที่ 11 สารสกัดมะเขือเทศหลังจากแยกตัวทำละลายเอทิลอะซีเตทออก



#### 4.1.3 ผลการแยกสารสกัดมะเขือเทศด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟี

สารสกัดที่ได้จากข้อ 4.1.2 นำมาทำการแยกด้วยวิธีคอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยวัฏภาคคงที่ได้แก่สารเซฟาเด็กซ์แอลเอช 20 และวัฏภาคเคลื่อนที่ได้แก่อะซีโตน สารเซฟาเด็กซ์แอลเอช 20 เป็นพอลิเมอร์ (Polymer) ประเภทสารเด็กซ์แทรนที่เชื่อมต่อกันเป็นร่างแห (Cross-linked dextran) มีหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล และหมู่อัลคิลอีเธอร์เป็นองค์ประกอบ โดยอัลคิลที่เป็นองค์ประกอบเป็นแบบสายโซ่ยาว (C13-C18) สารมีขนาดรูพรุนที่สม่ำเสมอ ใช้แยกสารโดยอาศัยความแตกต่างของขนาดโมเลกุลของสาร (Hydroxyalkoxypropyl-dextran. Available: <http://www.sigmaaldrich.com>:ออนไลน์) โดยในขั้นตอนการแยกสาร สารเกิดการแยกในคอลัมน์ซึ่งสังเกตเห็นได้จากสีของสารที่ต่างกัน ในคอลัมน์ และช่วงในการแยกกว้างทำให้สามารถทำการเก็บสารถูกชะออกมาจากคอลัมน์เป็นแฟรกชันตามลำดับสีจากเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดดังนี้ สีเหลืองอ่อน สีส้มอ่อน สีส้มเข้ม สีส้มแดง สีส้มเข้ม สีส้มอ่อน สีเหลืองอ่อน และใส จากนั้นนำสารแต่ละแฟรกชันไปทำการตรวจเอกลักษณ์สารไลโคปีนโดยใช้เทคนิค HPTLC

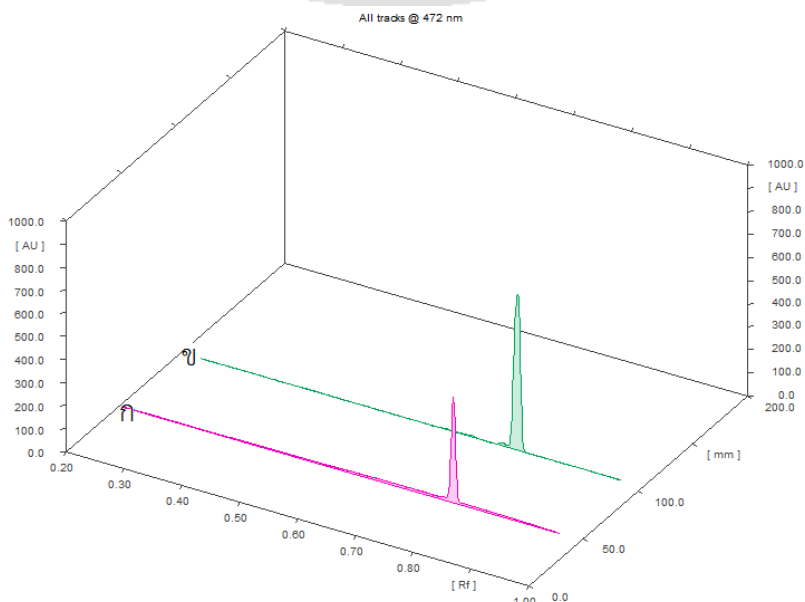
#### 4.2 ผลการตรวจเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญไลโคปีนด้วยรังสีฟลูออโรสเปกโตรเมทรี

การตรวจเอกลักษณ์สารสำคัญไลโคปีนในสารสกัดมะเขือเทศด้วยเทคนิค HPTLC โดยวิธี External standard technique โดยนำแฟรกชันของสารสกัดมะเขือเทศที่ได้จากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟีมาทำการตรวจวิเคราะห์ตามขั้นตอน ได้ผลดังนี้คือ

##### 4.2.1 ผลของวัฏภาคเคลื่อนที่ที่เหมาะสม

เมื่อทำการดีเวลลอปสารมาตรฐานไลโคปีนและสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศด้วยระบบวัฏภาคเคลื่อนที่ เมทธานอล:เฮกเซน:เอทิลอะซีเตท อัตราส่วน 45:40:15 เมื่อนำแผ่น HPTLC ไปตรวจด้วยเครื่องเดนมิตริเตอร์ได้กราฟของสารมาตรฐานไลโคปีนและสารสกัดมะเขือเทศ ดังแผนภูมิที่ 4

**แผนภูมิที่ 4** กราฟของสารมาตรฐานไลโคปีน (ก) และสารสกัดมะเขือเทศ (ข) ในวัฏภาคเคลื่อนที่เมทธานอล:เฮกเซน:เอทิลอะซีเตท อัตราส่วน 45:40:15



จากกราฟได้ค่า  $R_f$  (Relative front) ของระบบวิภูภาคเคลื่อนที่ของ เมทธานอล:เฮกเซน:เอทิลอะซีเตท อัตราส่วน 45:40:15 ที่ 0.76 โดยกราฟแสดงค่า  $R_f$  ของสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศเท่ากับค่า  $R_f$  ของสารมาตรฐานไลโคปีน และเป็นระบบที่สามารถทำการแยกสารไลโคปีนในสารสกัดมะเขือเทศได้ โดยระยะทางที่สารสกัดเคลื่อนที่ห่างจากระยะทางเคลื่อนที่ของตัวทำละลายได้ค่า  $R_f$  ที่อยู่ในช่วงเหมาะสมตามหลักการแยก ซึ่งหลักการแยกที่ดีจะมีค่า  $R_f$  ประมาณ 0.4-0.8 (รตนา อินทรานุกุล. 2547) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ระบบวิภูภาคเคลื่อนที่ของ เมทธานอล:เฮกเซน:เอทิลอะซีเตท อัตราส่วน 45:40:15 ในการตรวจเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญไลโคปีนจากสารสกัดมะเขือเทศ

#### 4.2.2 ผลการตรวจสอบแฟรกชันของสารสกัดมะเขือเทศ

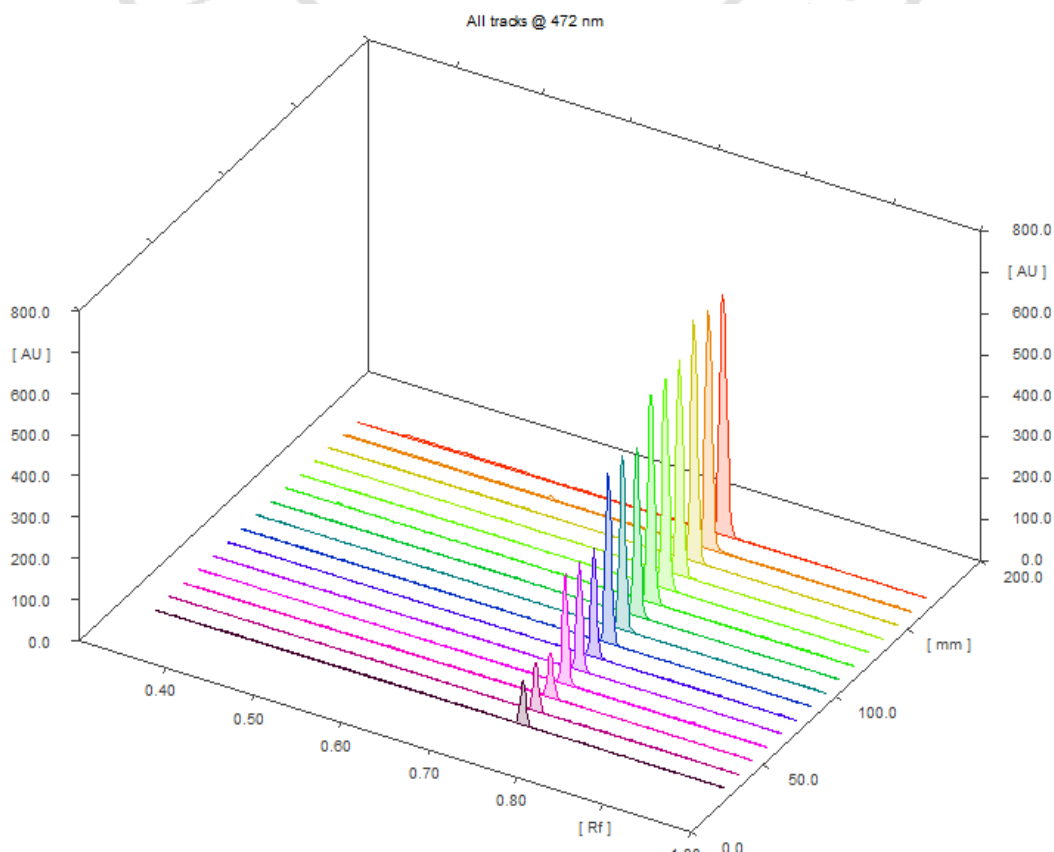
นำแฟรกชันของสารสกัดมะเขือเทศที่เก็บแยกตามสีจากการแยกด้วยคอลัมน์โครมาโทกราฟี มาตรวจด้วยเทคนิค HPTLC โดยใช้ระบบวิภูภาคเคลื่อนที่ จากข้อ 4.2.1 ได้แก่ระบบวิภูภาคเคลื่อนที่ เมทธานอล:เฮกเซน:เอทิลอะซีเตท อัตราส่วน 45:40:15 จากการตรวจสอบค่าพื้นที่ที่ได้ฟิคด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ของเครื่อง HPTLC พบสารสำคัญไลโคปีนเป็นองค์ประกอบในแฟรกชันสีส้มอ่อน สีส้มเข้ม และสีส้มแดง นำแฟรกชันสีดังกล่าวมารวมกันและนำไปตรวจหาปริมาณสารสำคัญ ไลโคปีนต่อไป

#### 4.2.3 ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญไลโคปีนในสารสกัดมะเขือเทศ

โดยได้ผลดังนี้

i) จากการเตรียมสารละลายมาตรฐานและวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญไลโคปีน โดยได้กราฟของสารมาตรฐานดังแผนภูมิที่ 5 และค่าพื้นที่ที่ได้ฟิค ดังตารางที่ 3

แผนภูมิที่ 5 กราฟของสารมาตรฐานไลโคปีน

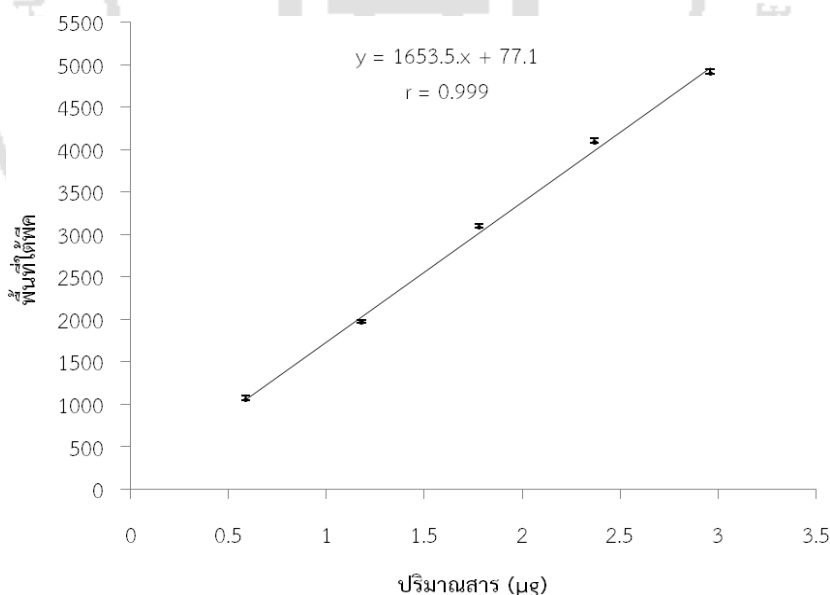


ตารางที่ 3 ค่าพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยของสารมาตรฐานไลโคปีน

ปริมาณสาร ( $\mu\text{g}$ )	พื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย (n=3)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0.6	1054.8	54.4
1.2	1963.7	30.0
1.8	3080.6	48.8
2.4	4077.5	53.0
3.0	4892.5	52.9

ii) การสร้างกราฟมาตรฐาน โดยการนำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากตารางที่ 3 นำค่าความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยกับปริมาณสารมาตรฐานไลโคปีน มาสร้างกราฟและได้สมการของกราฟมาตรฐานดังแผนภูมิที่ 6

แผนภูมิที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยกับปริมาณสารมาตรฐานไลโคปีน



จากการสร้างกราฟได้สมการเส้นตรง  $Y = 1653.5X + 77.1$  โดยมีค่าความชันที่ 1653.5 จุดตัดแกน Y ที่ 77.1 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.999

iii) ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญไลโคปีนในสารสกัดมะเขือเทศ จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญไลโคปีนจากสารสกัดมะเขือเทศได้ค่าพื้นที่ใต้พีคดังตารางที่ 4.3 ซึ่งนำมาหาปริมาณของสารสำคัญไลโคปีนในสารสกัดได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน  $Y = 1653.5X + 77.1$  โดยจากการคำนวณได้ปริมาณสารสำคัญไลโคปีน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 พื้นที่ใต้พีคเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญไลโคปีนเฉลี่ย

ปริมาณสารสกัด ( $\mu\text{l}$ )	พื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย (n = 3)	ปริมาณสารสำคัญ ไลโคปีนเฉลี่ย ( $\mu\text{g}$ )
0.3	2842.4	1.67
0.4	3888.8	2.31
0.5	4790.5	2.85
ปริมาณสารสกัดไลโคปีนเฉลี่ย ( $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ )		5.7
ความเข้มข้นสารสกัดไลโคปีนเฉลี่ย ( $\mu\text{mole}/\text{ml}$ )		10.6
ปริมาณสารสกัดไลโคปีนเฉลี่ยต่อมะเขือเทศสด (mg/kg)		56.9

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณสารสำคัญไลโคปีนในสารสกัดมะเขือเทศเท่ากับ 995  $\mu\text{g}/\text{g}$  มะเขือเทศแห้ง หรือเท่ากับ 57  $\mu\text{g}/\text{g}$  มะเขือเทศสด

เพื่อให้ยอมรับในผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดไลโคปีนที่ได้ ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ โดยได้ผลดังข้อ 4.3

#### 4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการพัฒนาวิธีวิเคราะห์

การตรวจสอบความถูกต้องของการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

##### 4.3.1 ความจำเพาะเจาะจง

จากการทดสอบโดยใช้วัสดุภาคคงที่ HPTLC aluminium sheet, Silica gel และระบบวัสดุภาคเคลื่อนที่ ได้แก่ เมทธานอล:เฮกเซน:เอทิลอะซิเตท อัตราส่วน 45:40:15 ในวิเคราะห์สารสกัดไลโคปีนเทียบกับสารมาตรฐานไลโคปีน ได้ค่า Relative front ( $R_f$ ) ของสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศและสารมาตรฐานไลโคปีนที่ค่า  $R_f$  0.76 เหมือนกัน ซึ่งแสดงว่าระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถแยกสารสำคัญไลโคปีนในสารสกัดมะเขือเทศได้

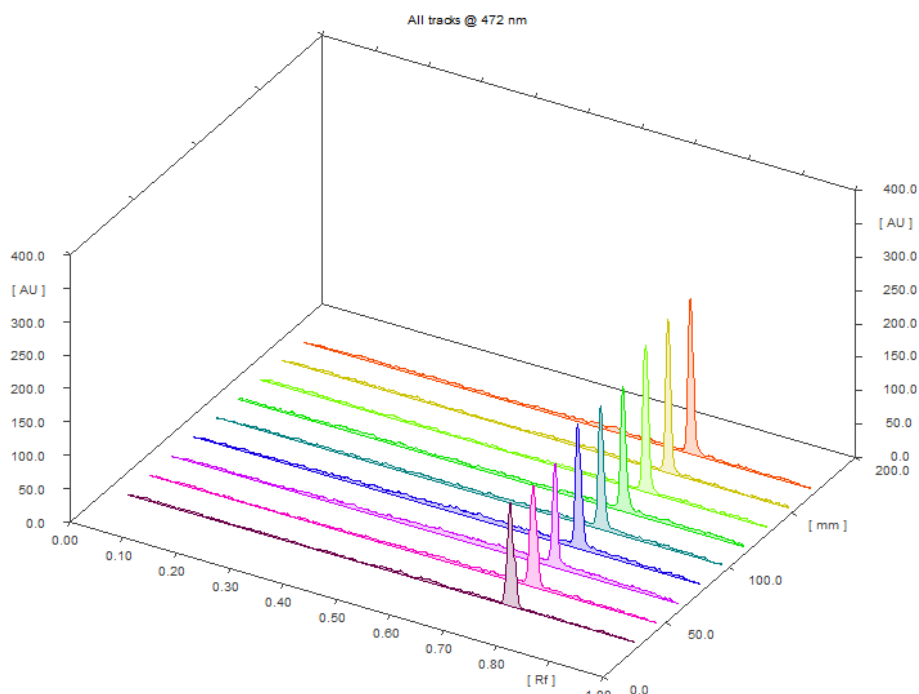
##### 4.3.2 ความเป็นเส้นตรงหรือความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

จากการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณของสารละลายมาตรฐานไลโคปีนกับพื้นที่ใต้พีคซึ่งได้สมการเส้นตรง  $Y = 1653.5X + 77.1$  โดยจากสมการได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $r$ ) เท่ากับ 0.999 โดยเกณฑ์การยอมรับค่า  $r$  ในการวิเคราะห์ทางเภสัชกรรมมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.998 (Ferenczi-Fodor et al. 2001) ซึ่งค่า  $r$  ที่ได้จากการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามที่อ้างอิง

##### 4.3.3 ความแม่นยำ

จากการตรวจวัดด้วยเครื่องเดนซิโตมิเตอร์ได้กราฟดังแผนภูมิที่ 7 นำผลวิเคราะห์ค่าพื้นที่ใต้พีคที่ได้มาคำนวณร้อยละการกลับคืน ดังแสดงในตารางที่ 5

แผนภูมิที่ 7 กราฟการตรวจวัดความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์



ตารางที่ 5 ร้อยละการกลับคืนของสารมาตรฐานไลโคปีนในการตรวจวัดความแม่นยำของวิธีวิเคราะห์

สารมาตรฐานไลโคปีน			ร้อยละการกลับคืนเฉลี่ย (%)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์
ระดับความเข้มข้น (%)	ปริมาณที่เติม ( $\mu\text{g}$ ) (n=3)	ปริมาณเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ ( $\mu\text{g}$ )			
80	0.46	0.464	100.91	2.00	1.98
100	0.57	0.576	101.04	1.78	1.76
120	0.71	0.716	101.25	1.38	1.36

ร้อยละการกลับคืนเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสารมาตรฐานไลโคปีนที่ความเข้มข้นร้อยละ 80, 100 และ 120 ของสารสกัดไลโคปีนเท่ากับ  $100.91 \pm 2.00$ ,  $101.04 \pm 1.78$  และ  $101.25 \pm 1.38$  ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยร้อยละการกลับคืนเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมดเท่ากับ  $101.07 \pm 1.72$  และค่าเฉลี่ยร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 1.70 ซึ่งค่าร้อยละการกลับคืนที่ได้จากการวิเคราะห์อยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 95-105 (Ferenczi-fodor et al. 2001)

#### 4.3.4 ความเที่ยง

การทดสอบความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ที่ได้ผลดังต่อไปนี้

- i) ความเที่ยงภายในวันเดียวกัน โดยผลการทดสอบความเที่ยงภายในวันเดียวกัน แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงภายในวันเดียวกัน

ปริมาณสารสกัด ( $\mu\text{L}$ )	พื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย (n=3)			ร้อยละส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานสัมพัทธ์		
	เช้า	กลางวัน	เย็น	เช้า	กลางวัน	เย็น
0.3	2895.9	2843.8	2787.8	0.94	0.74	0.80
0.4	3944.4	3889.2	3832.7	2.52	2.56	2.91
0.5	4838.3	4796.8	4736.4	0.36	0.72	0.45

จากการวิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของความเที่ยงภายในวันเดียวกันทั้งหมดเท่ากับ 1.33

- ii) การทำการวิเคราะห์ความเที่ยงต่างวัน โดยผลการทดสอบความเที่ยงต่างวัน แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงต่างวัน

ปริมาณสารสกัด ( $\mu\text{L}$ )	พื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย (n = 3)	ร้อยละส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานสัมพัทธ์
0.3	2845.4	1.3
0.4	3754.2	0.8
0.5	4845.5	0.7

จากการวิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของความเที่ยงต่างวันทั้งหมดเท่ากับ 0.93

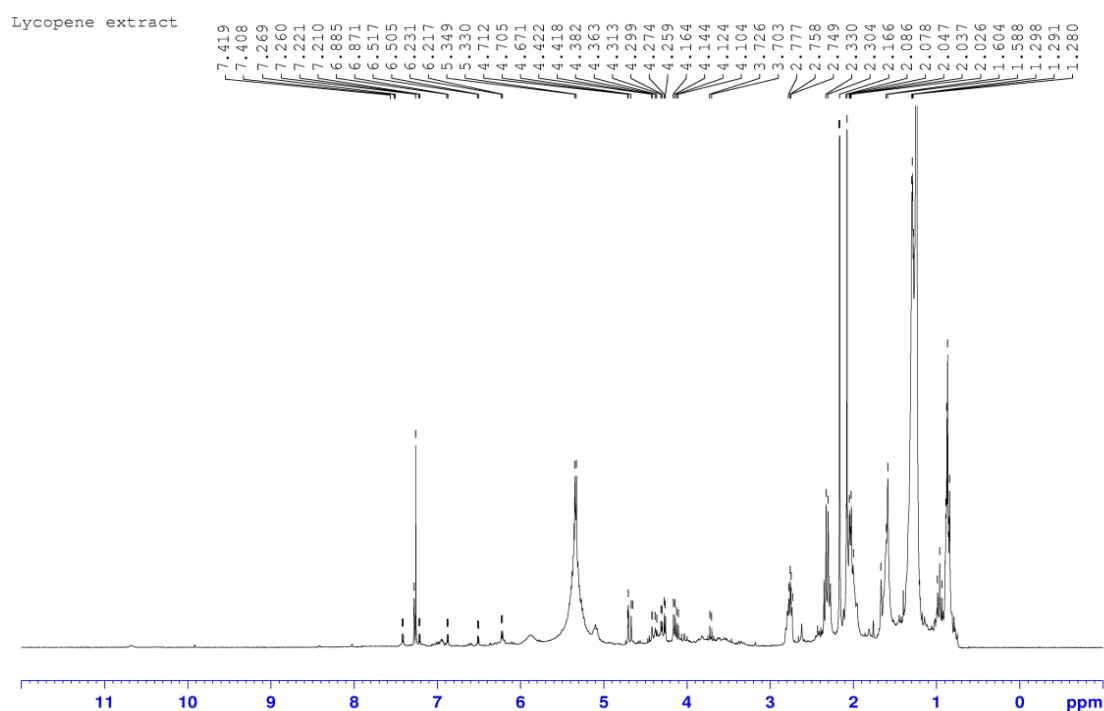
ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงภายในวันเดียวกัน ได้ผลการทดสอบที่มีค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ที่ 1.33 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับการวิเคราะห์ความเที่ยงภายในวันเดียวกันคือ  $\leq 2$  และการวิเคราะห์ความเที่ยงต่างวันการวิเคราะห์ความเที่ยงต่างวันที่ 0.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การยอมรับการวิเคราะห์ความเที่ยงต่างวันคือ  $\leq 3$  ตามที่อ้างอิง (Ferenczi-fodor et al. 2001)



#### 4.4 ผลการตรวจเอกลักษณ์สารสกัดไลโคปีนด้วยนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์

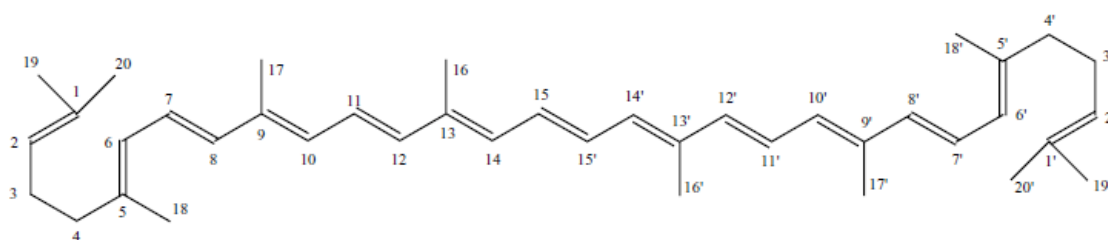
ผลการตรวจสารสกัดไลโคปีนด้วยนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ได้โปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกตรัม ( $^1\text{H NMR}$ , ppm) ดังแผนภูมิที่ 8

แผนภูมิที่ 8 สเปกตรัมโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ ( $^1\text{H NMR}$  :  $\text{CDCl}_3$ , ppm) ของสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศ



จากโปรตอนนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกตรัมที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผลของเคมีคัลชิฟท์ของโปรตอนที่เกิดขึ้นกับตำแหน่งของคาร์บอนอะตอมของโครงสร้างไลโคปีน (ภาพที่ 12)

ภาพที่ 12 โครงสร้างไลโคปีนที่ระบุตำแหน่งคาร์บอนอะตอม



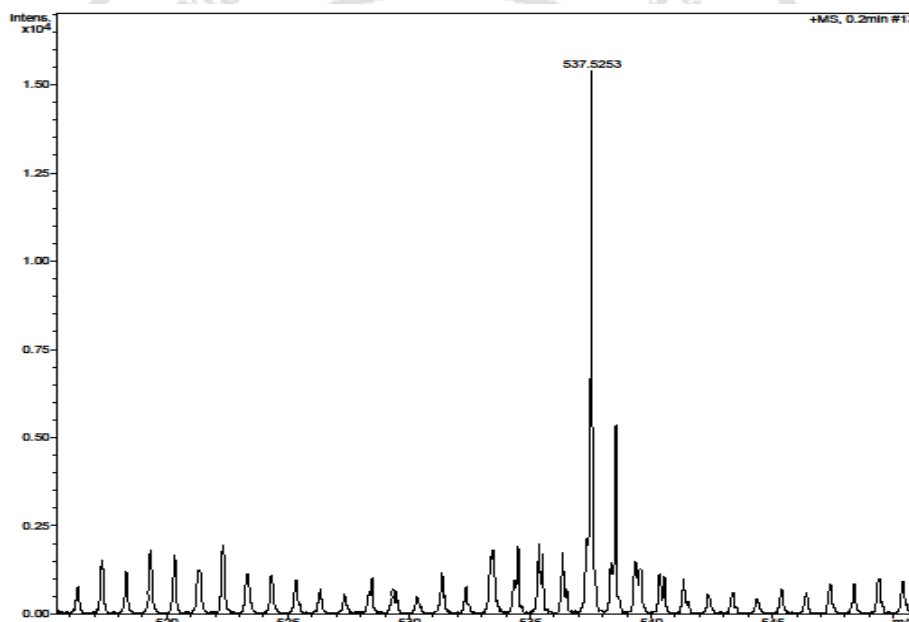
ที่มา : Estrella, A. et al. 2004

ผลการวิเคราะห์เคมีคัลซิฟท์ของโปรตอน (ตำแหน่งคาร์บอนอะตอม-โปรตอน : H) ดังนี้คือ 5.33 (2,2'-H), ca. 2.33 (3,3'-H), ca. 2.33 (4,4'-H), 6.52 (7,7'-H), 6.23 (8,8'-H), 6.22 (9,9'-H), ca. 6.89 (11,11'-H), ca. 6.51 (14,14'-H), ca. 6.87 (15,15'-H), 1.60 (16,16'-H), 1.59 (17,17'-H), 2.03 (18,18'-H), 2.04 (19,19'-H), 2.05 (20,20'-H) จากการวิเคราะห์แสดงว่าสารที่สกัดได้เป็นสารสกัดไลโคปีน

#### 4.5 ผลการตรวจเอกลักษณ์สารสกัดไลโคปีนด้วยแมสสเปกโทรเมทรี

ผลการตรวจสารสกัดไลโคปีนในรูปโพลีทีฟอออนแมสสเปกตรัม  $[M+H]^+$  แสดงดังแผนภูมิที่ 9

แผนภูมิที่ 9 แมสสเปกตรัมของสารสกัดไลโคปีนจากมะเขือเทศ



จากแมสสเปกตรัมของสารที่ได้แสดงพีคมวลต่อประจุ ( $m/z$ ) 537.5263 เป็นพีคเบสซึ่งเป็นพีคสูงสุดที่เป็นค่าโมเลกุลาร์อออน ( $M+1$ )<sup>+</sup> ของสาร เป็นค่าที่เท่ากับน้ำหนักโมเลกุลของสารที่เกิดการให้อิเล็กตรอน ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักโมเลกุลาร์อออนของสารไลโคปีน ( $[M+H]^+$ :  $C_{40}H_{57}^+$ ) เป็นการยืนยันว่าสารสกัดเป็นสารไลโคปีน ( $C_{40}H_{56}$ )

#### 4.6 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะเฉพาะและสภาพความคงตัวของอนุภาคนำส่งแบบถุงที่กักเก็บและที่ไม่ได้กักเก็บสารสกัดไลโคปีน

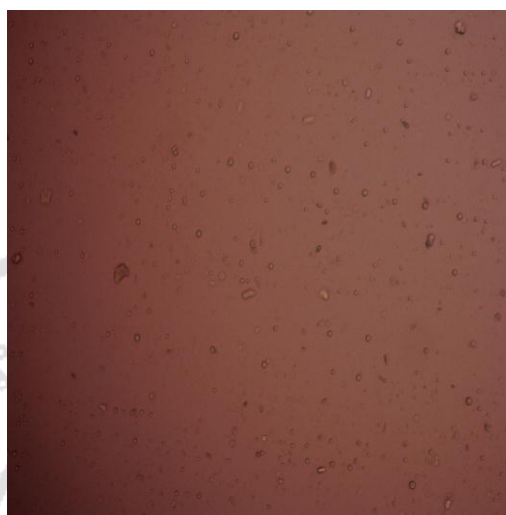
ได้ผลการตรวจสอบดังนี้

##### 4.6.1 ทางด้านสัณฐานวิทยาของอนุภาค

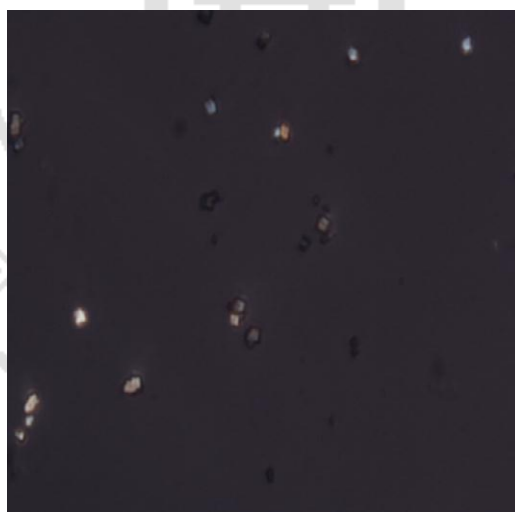
i) ผลการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์

นำอนุภาคนำส่งแบบถุงสูตรตำรับที่ 1-7 ที่เตรียมได้ไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ ได้ลักษณะดังภาพที่ 13

ภาพที่ 13 อนุภาคนำส่งแบบถุงจากการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์เมื่อใช้แสงปกติ (1) และเมื่อใช้แสงชนิดแสงโพลาไรซ์ (2)



(1)



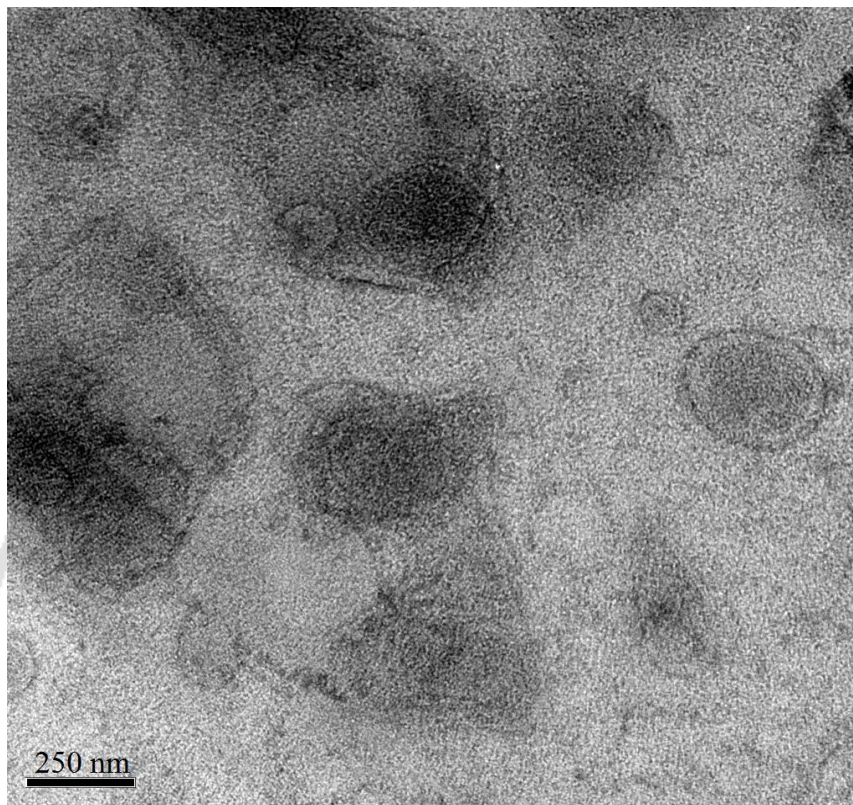
(2)

จากภาพที่ 13 (1) เป็นภาพของอนุภาคนำส่งแบบถุงจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์เมื่อใช้แสงปกติโดยเห็นเป็นอนุภาคเล็กกระจายตัวอยู่ทั่ว และเมื่อได้ตรวจดูภายใต้แสงโพลาไรซ์พบอนุภาคเล็กมีลักษณะเป็นรูปแบบ X-cross และอนุภาคมีความสว่างบนพื้นฉากที่มีดั่งภาพที่ 13 (2) ซึ่งเป็นคุณลักษณะของอนุภาคนำส่งแบบถุงที่ผนังมีการเรียงตัวกันเป็นสองชั้นที่เห็นการหักเหแสงสองแนว (Birefringence) (วารสารณ์ จรรยาประเสริฐ. 2552, Manosroi, A. et al. 2003)

ii) ผลการตรวจสอบลักษณะรูปร่างอนุภาคนำส่งแบบถุงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

นำอนุภาคนำส่งแบบถุงที่เตรียมได้ ไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านได้ลักษณะดั่งภาพที่ 14

ภาพที่ 14 อนุภาคนำส่งแบบถุงจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน



จากภาพที่ 14 แสดงอนุภาคมีผนัง 2 ชั้น อนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลมโดยอนุภาคมีขนาดประมาณ 50-250 nm

#### 4.6.2 ผลการวัดขนาดอนุภาค กระจายของอนุภาค และศักย์ไฟฟ้าซีต้า

นำอนุภาคนำส่งแบบถุงที่เตรียมได้ไปทำการวัดขนาดอนุภาค กระจายของอนุภาค และศักย์ไฟฟ้าซีต้า ด้วยเครื่อง Delso<sup>TM</sup> Nano C, Particle analyzer, Japan ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ขนาดอนุภาค การกระจายอนุภาค และศักย์ไฟฟ้าซีต้าของสูตรตำรับที่ 1-7

สูตรตำรับ	ขนาดอนุภาคเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (nm) (n=3)	การกระจายอนุภาค± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)	ศักย์ไฟฟ้า± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)	ลักษณะทางกายภาพ
1	224.0±16.7	0.26±0.03	-0.07±0.03	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน
2	238.3±14.6	0.28±0.02	-52.76±0.29	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน
3	295.0±6.2	0.25±0.01	-50.20±1.25	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน
4	208.4±6.5	0.26±0.02	-53.96±0.95	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน
5	275.3±6.8	0.38±0.01	-65.14±0.64	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน
6	289.7±3.5	0.21±0.02	-64.23±1.37	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน
7	298.0±14.6	0.31±0.02	-49.75±0.70	สารละลายใส สีเหลืองอ่อน

จากตารางที่ 8 สูตรตำรับอนุภาคนำส่งแบบถุงที่ 1-7 เมื่อเริ่มต้นเป็นสารละลายใส สีเหลืองอ่อน ไม่มีตะกอน มีขนาดอนุภาคในระดับนาโน โดยขนาดอนุภาคของตำรับที่ 4 มีขนาดเล็กที่สุด (208.4±6.5 nm) และตำรับที่ 7 มีขนาดอนุภาคใหญ่สุด (298.0±14.6 nm) โดยตำรับ 3 ขนาดอนุภาค (295.0±6.2 nm) ใกล้เคียงกับตำรับที่ 7 ต่างเพียงเล็กน้อย ค่าการกระจายอนุภาคทั้ง 7 ตำรับอยู่ในช่วง 0.21-0.38 ส่วนค่าศักย์ไฟฟ้าในตำรับที่ 1 มีค่าศักย์ไฟฟ้าที่ -0.07 เนื่องจากเป็นสูตรตำรับที่ไม่ได้เติมสารไดเซทิลฟอสเฟต ในขณะที่สูตรตำรับที่ 2-7 ซึ่งมีการเติมสารไดเซทิลฟอสเฟตร้อยละ 5, 10, 12, 15, 18, 20 ตามลำดับ แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าในช่วง (-50)-(-60) นำผลที่ได้จากเริ่มต้นไปทำการเปรียบเทียบในการศึกษาความคงสภาพของสูตรตำรับต่อไป

#### 4.6.3 ผลการตรวจสอบสภาพความคงตัว

เมื่อนำตำรับที่เตรียมขึ้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4±2 °C และอุณหภูมิห้อง (28±2 °C) เป็นเวลา 3 เดือน สังเกตลักษณะทางกายภาพของสูตรตำรับและทำการวัดขนาดอนุภาค การกระจายของอนุภาค และวัดศักย์ไฟฟ้าซีต้า ซึ่งได้ผลการทดลองตามตารางที่ 9, 10 และ 11 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ขนาดอนุภาคนำส่งแบบถุงของสูตรตำรับที่ 1-7 ในช่วงเวลา 3 เดือน

สูตร ตำรับ	อุณหภูมิ (°C)	ขนาดอนุภาค (nm)±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)			
		เริ่มต้น	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
1	4±2	224±16.7	986.8±5.1	*	*
1	28±2	224±16.7	1015.6±8.7	*	*
2	4±2	238.3±14.6	338.5±15.8	656.8±10.8	1000.0±103.9
2	28±2	238.3±14.6	442.5±8.9	715.4±34.3	1034.3±54.4
3	4±2	295.0±6.2	456.8±4.7	425.5±11.3	425.5±46.3
3	28±2	295.0±6.2	426.9±4.7	478.3±8.6	488.5±5.4
4	4±2	208.4±6.5	218.8±2.1	288.6±1.4	294.3±4.2
4	28±2	208.4±6.5	229.4±7.6	259.0±12.8	293.5±5.1
5	4±2	275.3±6.8	457.9±6.2	695.9±14.4	791.1±73.6
5	28±2	275.3±6.8	468.1±20.1	687.1±15.7	792.9±11.2
6	4±2	289.7±3.5	326.0±6.5	872.0±9.5	**
6	28±2	289.7±3.5	459.4±4.0	865.4±9.3	**
7	4±2	298.0±14.6	1008.0±8.9	**	**
7	28±2	298.0±14.6	1019.4±11.5	**	**

หมายเหตุ : \* : หยุดทำการวัดเนื่องจากมีตะกอนเป็นปริมาณมาก

\*\* : หยุดทำการวัด เนื่องจากมีสารมีการจับตัวเป็นก้อนลึบขาวลอยอยู่เหนือ  
สารละลายเป็นปริมาณมาก

จากการศึกษาความคงสภาพทางด้านขนาดอนุภาคโดยเก็บไว้ในที่มีดภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิ 4±2 °C และที่อุณหภูมิห้อง (28±2 °C) ได้ผลดังนี้

ตำรับที่ 1 ซึ่งไม่ได้เติมสารไดเซทิลฟอสเฟตมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นมากในเดือนที่ 2 และเกิดการตกตะกอนในเดือนที่ 2 จึงหยุดทำการวัด เนื่องจากสูตรตำรับไม่มีความคงสภาพทั้ง 2 สภาวะอุณหภูมิ

ตำรับที่ 2 มีอัตราส่วนของสารไดเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 5 สูตรตำรับที่ 2 นี้มีความคงสภาพมากกว่าสูตรตำรับที่ 1 เนื่องมาจากการเติมสารไดเซทิลฟอสเฟตที่ให้ประจุลบ แต่ปริมาณที่เติมยังมีอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสมจึงทำให้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นทุกเดือน จนกระทั่งเดือนที่ 3 ขนาดอนุภาค

ใหญ่เกินในระดับอนุภาคนาโน โดยที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) ขนาดอนุภาคเพิ่มมากกว่าที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C เล็กน้อย

ตัวรับที่ 3 มีอัตราส่วนของสารไตรเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 10 ซึ่งอนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยทุกเดือน โดยที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) ขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้นมากกว่าที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C เล็กน้อย

ตัวรับที่ 4 มีอัตราส่วนของสารไตรเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 12 ซึ่งอนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นโดยขึ้นเพิ่มขึ้นน้อยกว่าทุกสูตรตัวรับ ทั้งอุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) และที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C ซึ่งสูตรตัวรับนี้เป็นสูตรตัวรับที่มีความคงสภาพทางด้านขนาดอนุภาคดีกว่าสูตรตัวรับอื่น

ตัวรับที่ 5 มีอัตราส่วนของสารไตรเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 15 อนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากทุกเดือน จนกระทั่งเดือนที่ 3 ขนาดอนุภาคค่อนข้างใหญ่ ทั้งที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) และที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C

ตัวรับที่ 6 มีอัตราส่วนของสารไตรเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 18 อนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นค่อนข้างมากทุกเดือน จนกระทั่งเดือนที่ 3 สารมีการจับตัวเป็นลิ่มขาวลอยทั้งที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) และที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C จึงหยุดทำการวัดขนาดอนุภาคในเดือนที่ 3 เนื่องจากสูตรตัวรับไม่มีความคงสภาพ

ตัวรับที่ 7 มีอัตราส่วนของสารไตรเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 20 อนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นมากในเดือนที่ 1 จนอนุภาคมีขนาดใหญ่เกินระดับนาโน ในเดือนที่ 2 สารมีการจับตัวเป็นลิ่มขาวลอยและมีสีขุ่นขาวทั้งที่สภาวะอุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) และที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C จึงหยุดทำการวัดขนาดอนุภาคในเดือนที่ 2 เนื่องจากสูตรตัวรับไม่มีความคงสภาพ พบว่ามีการตกตะกอนในเดือนที่ 3

จากผลการศึกษาความคงสภาพของสูตรตัวรับที่ 1-7 ทางด้านขนาดอนุภาค พบว่าสูตรตัวรับที่ 4 ซึ่งมีอัตราส่วนของสารไตรเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 12 เป็นสูตรตัวรับที่มีความคงสภาพทางด้านขนาดอนุภาคดีกว่าสูตรตัวรับอื่น

ตารางที่ 10 การกระจายอนุภาคน้ำส่งแบบถุงของสูตรตำรับที่ 1-7 ในช่วงเวลา 3 เดือน

สูตรตำรับ	อุณหภูมิ (°C)	การกระจายอนุภาค±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)			
		เริ่มต้น	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
1	4±2	0.26±0.03	0.47±0.01	*	*
1	28±2	0.26±0.03	0.51±0.01	*	*
2	4±2	0.28±0.02	0.35±0.03	0.39±0.01	0.38±0.01
2	28±2	0.28±0.02	0.35±0.01	0.39±0.02	0.41±0.01
3	4±2	0.25±0.01	0.29±0.01	0.23±0.01	0.23±0.02
3	28±2	0.25±0.01	0.22±0.01	0.28±0.04	0.32±0.05
4	4±2	0.26±0.02	0.25±0.01	0.27±0.01	0.23±0.02
4	28±2	0.26±0.02	0.27±0.01	0.21±0.01	0.32±0.01
5	4±2	0.38±0.02	0.37±0.01	0.34±0.02	0.39±0.05
5	28±2	0.38±0.02	0.37±0.01	0.35±0.03	0.36±0.01
6	4±2	0.21±0.02	0.25±0.01	0.32±0.02	**
6	28±2	0.21±0.02	0.33±0.01	0.40±0.01	**
7	4±2	0.31±0.02	0.48±0.01	**	**
7	28±2	0.31±0.02	0.41±0.01	**	**

หมายเหตุ : \* : หยุดทำการวัดเนื่องจากมีตะกอนเป็นปริมาณมาก

\*\* : หยุดทำการวัด เนื่องจากมีสารมีการจับตัวเป็นก้อนลึบขาวลอยอยู่เหนือ  
สารละลายเป็นปริมาณมาก

จากการศึกษาความคงสภาพทางด้านการกระจายอนุภาคโดยเก็บไว้ในที่มีดภายใต้สภาวะที่  
อุณหภูมิ 4±2 °C และที่อุณหภูมิห้อง (28±2 °C) ได้ผลดังนี้

สูตรตำรับที่ 1 มีค่าการกระจายอนุภาคเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 1 และหยุดทำการวัดเนื่องจากสาร  
เกิดการตกตะกอนในเดือนที่ 2 ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ

สูตรตำรับ 2, 3, 4 และ 5 เมื่อครบ 3 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงค่าการกระจายอนุภาค  
เล็กน้อยจากเริ่มต้น ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ

สูตรตำรับ 6 และ 7 มีค่าการกระจายอนุภาคเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 และ 1 ตามลำดับและหยุด  
ทำการวัดเนื่องจากสารมีการจับตัวเป็นก้อนลึบขาวลอยเป็นปริมาณมาก ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ



ตารางที่ 11 ศักย์ไฟฟ้าซีต้าของอนุภาคนำส่งแบบถุงของสูตรตำรับที่ 1-7 ในช่วงเวลา 3 เดือน

สูตร ตำรับ	อุณหภูมิ (°C)	ศักย์ไฟฟ้า (มิลลิโวลต์)±SD (n=3)			
		เริ่มต้น	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3
1	4±2	-0.07±0.03	-0.04±0.02	*	*
1	28±2	-0.07±0.03	0.00±0.01	*	*
2	4±2	-52.76±0.29	-35.64±3.58	-29.60±0.98	-21.83±1.67
2	28±2	-52.76±0.29	-29.15±0.58	-25.20±0.79	-19.90±1.68
3	4±2	-50.20±1.25	-27.58±1.34	-23.2±2.72	-23.80±1.63
3	28±2	-50.20±1.25	-29.40±0.73	-30.20±1.11	-30.50±0.95
4	4±2	-53.96±0.95	-48.39±0.63	-48.20±3.22	-46.20±2.08
4	28±2	-53.96±0.95	-52.40±1.33	-49.50±1.73	-48.60±1.16
5	4±2	-65.14±0.64	-54.23±1.37	-58.51±0.93	-50.86±1.80
5	28±2	-65.14±0.64	-59.20±0.87	-57.20±1.14	-56.80±0.73
6	4±2	-64.23±1.37	-36.69±3.45	-28.90±1.68	**
6	28±2	-64.23±1.37	-30.80±1.49	-28.50±1.87	**
7	4±2	-49.75±0.70	-19.45±0.85	**	**
7	28±2	-49.75±0.70	-14.80±0.18	**	**

หมายเหตุ : \* : หยุดทำการวัดเนื่องจากมีตะกอนเป็นปริมาณมาก

\*\* : หยุดทำการวัด เนื่องจากมีสารมีการจับตัวเป็นก้อนลึมหาวลอยอยู่เหนือ  
สารละลายเป็นปริมาณมาก

จากการศึกษาความคงสภาพทางด้านศักย์ไฟฟ้าอนุภาคโดยเก็บไว้ในที่มีดภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิ 4±2 °C และที่อุณหภูมิห้อง (28±2 °C) ได้ผลดังนี้

สูตรตำรับที่ 1 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเกือบจะเป็นศูนย์ในเดือนที่ 1 เนื่องจากไม่มีการเติมสารไดเซทิลฟอสเฟต และหยุดทำการวัดเนื่องจากสารเกิดการตกตะกอนในเดือนที่ 2 ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ

สูตรตำรับ 2 และ 3 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าสัมบูรณ์ของประจุลบลดลง ซึ่งสอดคล้องกับขนาดอนุภาคที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากอนุภาคเกิดการรวมตัวกัน ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ

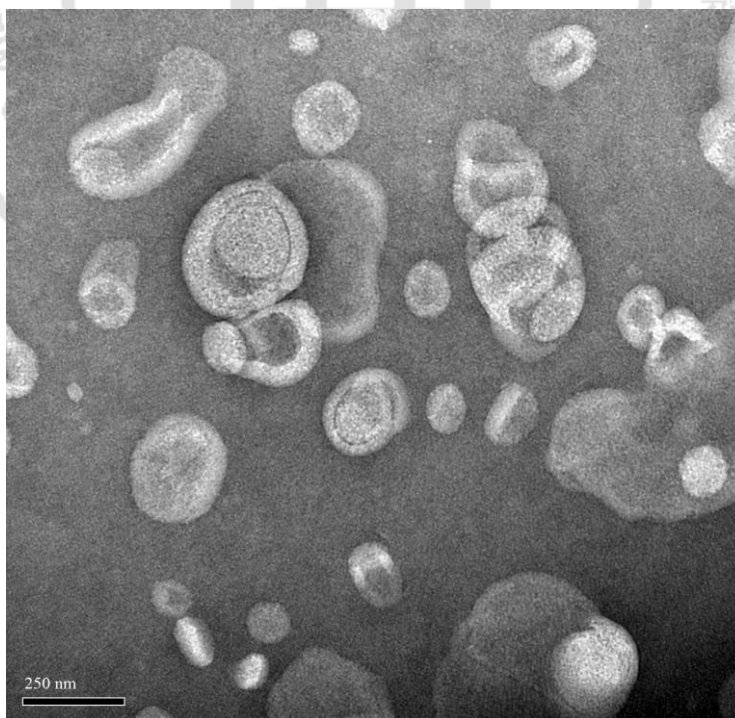
สูตรตำรับ 4 และ 5 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าสัมบูรณ์ของประจุลบลดลงเล็กน้อย โดยสูตรตำรับที่ 4 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ

สูตรตำรับ 6 และ 7 ซึ่งมีการเติมสารไดเซทิลฟอสเฟตที่ร้อยละ 18 และ 20 ตามลำดับ โดย

ค่าศักย์ไฟฟ้าสัมบูรณ์ของตำรับ 7 น้อยกว่าตำรับ 6 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการปริมาณสารของประจุลบที่มากเกินไปและปริมาณประจุจะอยู่ที่ผิวของอนุภาคได้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม พบว่าในเดือนที่ 1 ตำรับที่ 7 แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าสัมบูรณ์ของประจุลบลดลงมาก มีสารลิ่มขาวลอยอยู่มากและขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้นเนื่องจากอนุภาคเกิดการรวมตัวกัน ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ ซึ่งเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกันในตำรับที่ 6 แต่การเปลี่ยนแปลงในตำรับที่ 6 เกิดขึ้นช้ากว่า ได้หยุดทำการวัดสูตรตำรับที่ 6 และ 7 ในเดือนที่ 3 และ 2 ตามลำดับ

จากผลทางด้านความคงสภาพจากเริ่มต้นและเมื่อครบ 3 เดือนพบว่าความคงสภาพของสูตรตำรับที่ 4 ทางด้านขนาดอนุภาคมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรตำรับอื่น มีการเปลี่ยนแปลงกระจายอนุภาคและศักย์ไฟฟ้าซีต้าเล็กน้อย ไม่มีการตกตะกอน ซึ่งสูตรตำรับที่ 4 มีความคงสภาพมากกว่าสูตรตำรับอื่น จึงเลือกสูตรตำรับที่ 4 สำหรับเตรียมอนุภาคนำส่งแบบถูกกักเก็บสารสกัดไลโคปีน และทำการตรวจสอบคุณลักษณะและความคงสภาพ โดยเก็บไว้ในที่มืดที่สภาวะอุณหภูมิ  $4 \pm 2$  °C และที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  °C) ได้ผลจากการตรวจสอบลักษณะรูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านดังภาพที่ 15 และผลของขนาดอนุภาค การกระจายอนุภาค และศักย์ไฟฟ้า ดังผลตามตารางที่ 12

**ภาพที่ 15** อนุภาคนำส่งแบบถูกกักเก็บสารสกัดไลโคปีนจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน



จากภาพของอนุภาคนำส่งแบบถูกกักเก็บสารสกัดไลโคปีนโดยการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านเป็นภาพขาว-ดำ อนุภาคมีลักษณะค่อนข้างกลม มีขนาดอนุภาคประมาณ 50 – 250 nm โดยอนุภาคมีลักษณะเป็นผนังสองชั้นมีสีขาว บนพื้นฉาดดำ

**ตารางที่ 12** ขนาดอนุภาค การกระจายตัวของอนุภาค และศักย์ไฟฟ้าซีต้าของอนุภาคนำส่งแบบถุงสูตรตำรับที่ 4 ที่ไม่ได้กักเก็บและที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน ในช่วงเวลา 3 เดือน

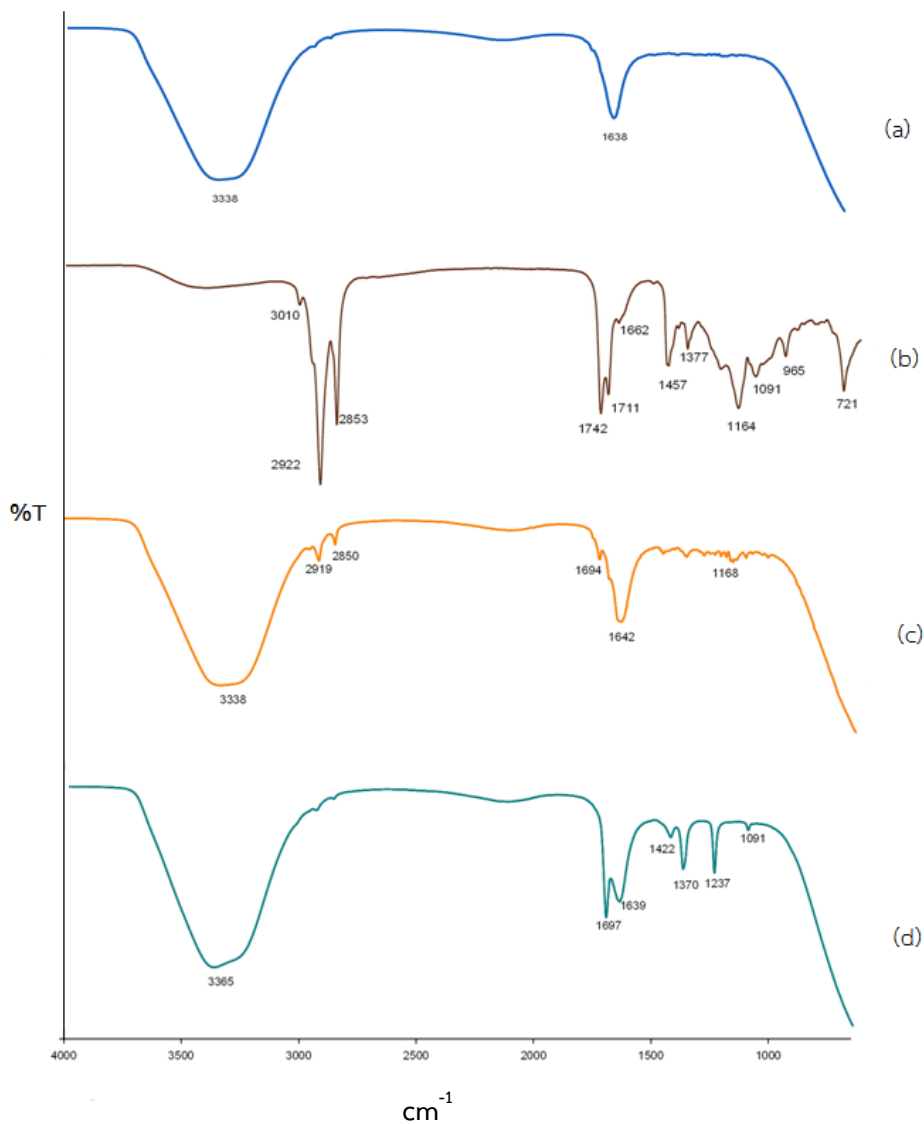
ตำรับ		อนุภาคนำส่งแบบถุง		อนุภาคนำส่งแบบถุงที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน	
		4±2	28±2	4±2	28±2
อุณหภูมิ (°C)					
ขนาดอนุภาคเฉลี่ย (nm) (n=3)	เริ่มต้น	208.4±6.5	208.4±6.5	195.0±3.0	195.0±3.0
	เดือนที่ 1	218.8±2.1	229.4±7.6	219.8±0.9	235.6±4.5
	เดือนที่ 2	288.6±1.4	259.0±12.8	284.9±0.5	276.2±6.0
	เดือนที่ 3	294.3±4.2	293.5±5.1	288.7±2.1	291.6±3.5
การกระจายตัวของอนุภาค (n=3)	เริ่มต้น	0.26±0.02	0.26±0.02	0.34±0.02	0.34±0.02
	เดือนที่ 1	0.25±0.01	0.27±0.01	0.34±0.01	0.25±0.01
	เดือนที่ 2	0.27±0.01	0.21±0.01	0.26±0.02	0.26±0.01
	เดือนที่ 3	0.23±0.02	0.32±0.01	0.25±0.01	0.26±0.01
ศักย์ไฟฟ้า (mV) (n=3)	เริ่มต้น	-53.96±0.95	-53.96±0.95	-55.66±1.71	-55.66±1.71
	เดือนที่ 1	-48.39±0.63	-52.40±1.33	-55.58±1.07	-51.30±0.54
	เดือนที่ 2	-48.20±3.22	-49.50±1.73	-54.80±1.93	-52.10±0.17
	เดือนที่ 3	-46.20±2.08	-48.60±1.16	-52.09±0.99	-52.10±1.21

จากตารางที่ 12 ซึ่งแสดงผลทางด้านขนาดอนุภาค การกระจายตัวของอนุภาค และศักย์ไฟฟ้าซีต้าของอนุภาคนำส่งแบบถุงสูตรตำรับที่ 4 ที่ไม่ได้กักเก็บและที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน ที่เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิห้อง (28±2 °C) และที่อุณหภูมิ 4±2 °C ในช่วงเวลา 3 เดือน โดยพบว่าในเดือนที่ 3 อนุภาคนำส่งแบบถุงสูตรตำรับที่ 4 ที่ไม่ได้กักเก็บและที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน ไม่มีการตกตะกอน ขนาดอนุภาคมีขนาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าการกระจายอนุภาคการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และค่าศักย์ไฟฟ้าสัมบูรณ์ของประจุลบลดลงเล็กน้อย ในทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ แสดงถึงความคงสภาพของอนุภาคนำส่งแบบถุงที่ไม่ได้กักเก็บและที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน

#### 4.6.4 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrometer (FT-IR)

นำสารสกัดไลโคปีน อนุภาคนำส่งแบบถุงที่ไม่ได้กักเก็บและที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีนและอนุภาคนำส่งแบบถุงผสมสารสกัดไลโคปีน ไปตรวจด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrometer ได้สเปคตรัม ดังแผนภูมิที่ 10

**แผนภูมิที่ 10** สเปกตรัมอินฟราเรดของ (a) สารสกัดไลโคปีน (b) อนุภาคนำส่งแบบถุงที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน (c) และอนุภาคนำส่งแบบถุงผสมสารสกัดไลโคปีน (d) จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrometer



สเปกตรัม (a) : อนุภาคนำส่งแบบถุง

สเปกตรัม (b) : สารสกัดไลโคปีน

สเปกตรัม (c) : อนุภาคนำส่งแบบถุงที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน

สเปกตรัม (d) : อนุภาคนำส่งแบบถุงผสมสารสกัดไลโคปีน

จากแผนภูมิที่ 10 แสดงสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier transform infrared spectrometer ของอนุภาคนำส่งแบบถุง (a) สารสกัดไลโคปีน (b) อนุภาคนำส่งแบบถุงที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน (c) และอนุภาคนำส่งแบบถุงผสมสารสกัดไลโคปีน (d)

สเปกตรัมของอนุภาคนำส่งแบบถุง แสดงพีคของ O-H stretching ( $3338\text{ cm}^{-1}$ ) และ O-H scissors bending ( $1638\text{ cm}^{-1}$ )

สเปกตรัมของไลโคปีนแสดงพีค C-H stretching ที่ 3010, 2922, 2853  $\text{cm}^{-1}$ , C=C stretching ที่ 1742, 1711, 1662  $\text{cm}^{-1}$ , C-H bending 1457, 1377  $\text{cm}^{-1}$  ซึ่งผลของสเปกตรัมของสารไลโคปีนในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ Kamil และคณะ (2011)

สเปกตรัมอนุภาคนำส่งแบบถุงผสมสารสกัดไลโคปีน แสดงพีคที่เป็นลักษณะของสารไลโคปีน C=C stretching ที่ 1697  $\text{cm}^{-1}$ , C-H bending 1422, 1370, 1091  $\text{cm}^{-1}$

สเปกตรัมอนุภาคนำส่งแบบถุงที่กักเก็บสารสกัดไลโคปีน แสดงพีคเล็กที่เป็นลักษณะของสารไลโคปีน C-H stretching ที่ 2919, 2850  $\text{cm}^{-1}$ , C=C stretching ที่ 1694  $\text{cm}^{-1}$  C-H bending 1168  $\text{cm}^{-1}$

#### 4.7 ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assay

ทำการตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของอนุภาคนำส่งแบบถุง สารสกัดไลโคปีน และสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุง ภายใต้สภาวะดังนี้

##### 4.7.1 ภายในห้องที่มีแสง ที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$ °C)

นำอนุภาคนำส่งแบบถุง สารสกัดไลโคปีน และสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุง ตั้งวางภายในห้องที่มีแสงสว่าง ที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2$  °C) มาทำการตรวจทุก 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 5 วัน ได้ผลการตรวจสอบโดยแสดงเป็นค่าของ % Scavenging capacity นำผล % Scavenging capacity ที่ได้ของอนุภาคนำส่งแบบถุงมาหักออกจากค่า % Scavenging capacity ของสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงเพื่อเปรียบเทียบ % Scavenging capacity ของสารสกัดไลโคปีนและสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุง ดังผลตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 % Scavenging capacity ของอนุภาคนำส่งแบบถุง สารละลายสารสกัดไลโคปีน และ สารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุง ตั้งวางภายในห้องที่มีแสงสว่าง ที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C)

สาร	ความเข้มข้น ( $\mu\text{mol}/\text{ml}$ )	% Scavenging capacity $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)				
		วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
อนุภาคนำส่ง แบบถุง	-	10.9 $\pm$ 0.9	8.8 $\pm$ 0.3	4.1 $\pm$ 0.3	3.2 $\pm$ 0.5	1.2 $\pm$ 0.4
สารสกัด ไลโคปีนที่กักเก็บ ในอนุภาคนำส่ง แบบถุง	2.12	86.9 $\pm$ 0.9	78.8 $\pm$ 0.1	73.0 $\pm$ 0.2	61.0 $\pm$ 0.2	57.9 $\pm$ 0.2
	1.7	77.0 $\pm$ 0.8	66.9 $\pm$ 0.9	60.9 $\pm$ 0.3	56.1 $\pm$ 0.2	48.9 $\pm$ 0.3
	1.48	71.0 $\pm$ 1.1	54.3 $\pm$ 0.2	47.3 $\pm$ 0.8	40.0 $\pm$ 0.3	40.0 $\pm$ 0.2
	1.27	57.8 $\pm$ 1.1	47.3 $\pm$ 0.5	40.0 $\pm$ 0.2	38.2 $\pm$ 0.3	33.1 $\pm$ 0.2
สารละลาย สารสกัด ไลโคปีน	2.12	82.1 $\pm$ 0.9	70.4 $\pm$ 0.8	60.0 $\pm$ 0.1	46.1 $\pm$ 0.1	27.0 $\pm$ 0.4
	1.7	76.8 $\pm$ 0.4	48.8 $\pm$ 0.2	38.8 $\pm$ 0.2	17.3 $\pm$ 0.9	16.4 $\pm$ 0.2
	1.48	62.7 $\pm$ 0.8	38.2 $\pm$ 0.5	28.4 $\pm$ 0.4	16.2 $\pm$ 0.2	15.1 $\pm$ 0.2
	1.27	52.4 $\pm$ 0.3	28.0 $\pm$ 0.2	18.0 $\pm$ 0.2	15.8 $\pm$ 0.1	12.3 $\pm$ 1.0

จากค่า % Scavenging capacity ที่ได้จากรายการที่ 13 แสดงว่าสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงและสารละลายสารสกัดไลโคปีนที่ตั้งวางในห้องที่มีแสง 5 วัน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยสารสกัดไลโคปีนที่ทุกค่าความเข้มข้นแสดงผลในแนวเดียวกัน

สารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงที่ความเข้มข้น 2.12, 1.70, 1.48 และ 1.27 ค่า % Scavenging capacity ลดลงประมาณร้อยละ 33, 36, 44 และ 43 ตามลำดับ

สารละลายสารสกัดไลโคปีนที่ความเข้มข้น 2.12, 1.70, 1.48 และ 1.27 ค่า % Scavenging capacity ลดลงประมาณร้อยละ 67, 79, 76 และ 77 ตามลำดับ

จากผลที่ได้ แสดงว่าอนุภาคนำส่งแบบถุงช่วยในการคงสภาพสารสกัดไลโคปีนทางด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในสภาวะที่มีแสงที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) ได้

#### 4.7.2 ในที่มีมืด ที่อุณหภูมิ $4\pm 2$ °C และที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$ °C) เป็นเวลา 3 เดือน

นำอนุภาคนำส่งแบบถุง สารสกัดไลโคปีน และสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงที่เก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C และที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) เป็นเวลา 3 เดือน มาทำการตรวจวัดผลการตรวจสอบโดยแสดงเป็นค่าของ % Scavenging capacity นำผล % Scavenging capacity ที่ได้ของอนุภาคนำส่งแบบถุงมาหักออกจากค่า % Scavenging capacity ของสารสกัดไลโคปีนที่กัก

เก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุง เพื่อเปรียบเทียบ % Scavenging capacity ของสารสกัดไลโคปีนและสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุง ดังผลตามตารางที่ 14

**ตารางที่ 14** % Scavenging capacity ของอนุภาคนำส่งแบบถุง สารละลายสารสกัดไลโคปีน และสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C และที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) เป็นเวลา 3 เดือน

สาร	ความเข้มข้น ( $\mu\text{mol/ml}$ )	% Scavenging capacity $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3)			
		$4\pm 2$ °C		อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$ °C)	
		เริ่มต้น	3 เดือน	เริ่มต้น	3 เดือน
อนุภาคนำส่งแบบถุง	-	$12.1\pm 0.2$	$8.2\pm 0.3$	$12.1\pm 0.2$	$7.1\pm 0.3$
สารสกัดไลโคปีน ที่กักเก็บใน อนุภาคนำส่งแบบถุง	2.12	$87.1\pm 0.4$	$85\pm 0.4$	$87\pm 0.4$	$82\pm 0.5$
สารละลาย สารสกัดไลโคปีน	2.12	$82.4\pm 0.2$	$37\pm 0.4$	$82.4\pm 0.4$	$38\pm 0.5$

จากค่า % Scavenging capacity ที่ได้จากรายการที่ 14 แสดงว่าสารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงและสารละลายสารสกัดไลโคปีนที่เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) และที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C ในช่วงเวลา 3 เดือน ซึ่งผลแสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระลดลง โดยสารละลายสารสกัดไลโคปีนมีการลดลงประมาณร้อยละ 55 ทั้งสองสภาวะอุณหภูมิ ในขณะที่สารสกัดไลโคปีนที่กักเก็บในอนุภาคนำส่งแบบถุงลดลงประมาณร้อยละ 2 และ 5 ที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C และที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) ตามลำดับ

จากผลการตรวจสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Assay ภายในห้องที่มีแสงสว่าง ที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) เป็นเวลา 5 วัน และเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิ  $4\pm 2$  °C และที่อุณหภูมิห้อง ( $28\pm 2$  °C) เป็นเวลา 3 เดือน ที่ได้เป็นการยืนยันว่าอนุภาคนำส่งแบบถุงช่วยในการคงสภาพสารสกัดไลโคปีนทางด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ