



การเตรียมและการตรวจสอบลักษณะสมบัติของเจลเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต

Preparation and characterization of methyl 2-aminobenzoate gel

กรกฎ เพ็ชรหัตถะ โยธิน<sup>1\*</sup> ดวงกมล บุญบำรุง<sup>1</sup> และ สุภาภรณ์ คางคำ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

กรุงเทพมหานคร 10600

<sup>2</sup>สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

กรุงเทพมหานคร 10600

\*Email: lynjinvee@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสมบัติของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตในรูปแบบเจล โดยศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสมในการเตรียมเจล ตัวแปรที่ศึกษาคืออัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่อัตราส่วน 35:45.5, 30:50.5, 25:55.5, 20:60.5 และ 15:65.5 ตามลำดับ อัตราส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ตามลำดับ อัตราส่วนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วน 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 และ 10:0 ตามลำดับ ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของเจลทำโดยทดสอบหาร้อยละการขบของเหลว ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละการสูญเสียรูปทรง และการคงสภาพ จากการศึกษพบว่าปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเจลคือ ปริมาณของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่อัตราส่วน 25:55.5 ปริมาณของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 3:1 ปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วน 10:0 และขึ้นรูปเจลตามปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสมนำไปวิเคราะห์หาอัตราการคงสภาพที่อุณหภูมิ  $50 \pm 1$  องศาเซลเซียสระยะเวลา 7 วัน โดยตรวจสอบปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตด้วยเทคนิคเนียร์-อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีพบว่าเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตลดลงเหลือร้อยละ 38.8 ดังนั้นเจลที่เตรียมขึ้นนำไปใช้ที่อุณหภูมิห้องได้ไม่ต่ำกว่าระยะเวลา 3 เดือน จากการศึกษสมบัติของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตในรูปแบบเจลที่เตรียมขึ้นสามารถ

Received: February 01, 2018

Revised: April 09, 2018

Accepted: April 10, 2018

นำไปพัฒนาเป็นเจลที่มีสมบัติขับไล่แมลงและผลิดในระดับอุตสาหกรรมรวมถึงการค้าเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาสารระเหยที่ให้กลิ่นในรูปแบบเจลหรือรูปแบบอื่น ๆ ต่อไป

**คำสำคัญ:** เจล เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลส

### Abstract

This study investigates the properties of methyl 2-aminobenzoate in gel form by finding the suitable amount and composition of gel preparation. The variables studied were the ratio of distilled water to glycerin at 35: 45.5, 30: 50.5, 25: 55.5, 20: 60.5 and 15: 65.5 respectively. The ratio of carboxymethyl cellulose to hydroxyethyl cellulose at 4:0, 3: 1, 2: 2, 1: 3 and 0:4 respectively. The ratio of methyl 2-aminobenzoate to ethyl alcohol solution at 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 and 10:0 respectively. The physical property of the gel form is determined by calculating the percentage of syneresis, the percentage of weight loss, the percentage of dimensional stability and the stability. The study found that the amount and composition suitable for gel preparation were the amount of distilled water to glycerin at 25: 55.5 ratio. The amount of carboxymethyl cellulose to hydroxyethyl cellulose at 3:1 ratio, and the ratio of methyl 2-aminobenzoate per alcohol at 10:0. The gel was then prepared according to the suitable amount and composition and left in atmosphere at  $50 \pm 1$  °C for 7 days to examine the stability. The remaining amount of methyl 2-aminobenzoate determined by the Near-Infrared-Spectroscopy (NIR spectroscopy) technique was reduced to 38.8 percent. The result suggests that the gel preparation under this condition can be used at room temperature for up to 3 months. Therefore, methyl 2-aminobenzoate in gel form can be applied for commercial production of bird repellent as well as other volatile compounds.

**Keywords:** Gel, Methyl 2-aminobenzoate, Carboxymethyl cellulose, Hydroxyethyl cellulose

### 1. บทนำ

น้ำมันหอมระเหยและสารเคมีหลายชนิดถูกนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ให้กลิ่น เช่น นำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ปรับสภาพอากาศ ปลอดภัยกลิ่นหอมเพื่อปรับสภาพอากาศให้หอม สดชื่นหรือดับกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งสารปรับอากาศมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ทั้งในโรงเรียน โรงพยาบาล โรงแรม สำนักงาน ห้องอาหาร และห้องน้ำ เป็นต้น โดยมีการนำมาใช้หลากหลายรูปแบบ เช่น สเปรย์ น้ำมันของเหลว เทียน และเจล แต่การใช้สารปรับอากาศ

พวกนี้ก็สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้ เช่น ทำให้เกิดการหอบหืด หายใจลำบาก ปวดหัวไมเกรน เป็นต้น [1] จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับสารปรับอากาศในรูปแบบเจลปรับอากาศที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายแทนที่เจลแบบดั้งเดิมที่เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ [2] ทำให้เป็นมิตรกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส และเซลลูโลสดัดแปลง ให้เป็นเจลในรูปแบบของไฮโดรเจล ซึ่งไฮโดรเจลเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่สามารถดูดซับ

และสามารถปลดปล่อยสารละลายน้ำที่ถูกดูดซับไว้ได้ ทำให้มีการพัฒนาไฮโดรเจลไปใช้ในด้านต่าง ๆ อย่างมากมาย เช่น ใช้เป็นตัวดูดซับในผลิตภัณฑ์เพื่ออนามัยส่วนบุคคล กักเก็บน้ำในการเกษตร และช่วยควบคุมการปลดปล่อยยา เป็นต้น [3]

เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตหรือเมทิลแอนทรานิเลตเป็นน้ำมันหอมระเหยชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และยา มานานหลายปี เช่น กลิ่นดอกไม้หรือกลิ่นผลไม้ [4] นอกจากนี้ยังพบว่าเมทิลแอนทรานิเลตก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อหลอดลมของนก [5] จึงมีการนำเมทิลแอนทรานิเลตมาใช้ในรูปแบบของการฉีดพ่นเป็นละอองลอย [6, 7] แทนการใช้ค่าขี้ก้นนก ซึ่งมีข้อจำกัดในพื้นที่ขนาดใหญ่ [5] จึงสามารถขับไล่คนที่เข้ามารุกไล่พื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรมและชุมชนเมือง เช่น การขับไล่คนในสวนบลูเบอร์รี่ เซอร์รี่ และองุ่น [4, 8] การขับไล่ห่าน [5] การขับไล่คนออกจากเส้นทางการบินที่ท่าอากาศยานสำรอง [7] ซึ่งนกที่มารุกไล่พื้นที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายทางสถาปัตยกรรม พืชผลทางเกษตรกรรม รวมถึงอาจเป็นพาหะนำโรคไปสู่มนุษย์ได้ [2, 4, 5] ปัจจุบันในห้องทดลองมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารระเหยให้กลิ่นสำหรับไล่คนอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบไข หรือของเหลวสำหรับฉีดพ่น โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวถูกนำมาใช้งานภายนอกอาคารจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะเจอกับความชื้น ใอน้ำ แสงแดด ทำให้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบไขที่อาจขึ้นรูปจากขี้ผึ้งไขจากพืชและสัตว์ เมื่อเจอแสงแดดหรืออุณหภูมิสูงทำให้เกิดการละลายตัวไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ ส่วนผลิตภัณฑ์ในรูปของเหลวเมื่อทำการฉีดพ่น อาจเกิดการบสกรปรกให้กับสิ่งปลูกสร้างหรือบริเวณที่ใช้

งานนั้น ๆ รวมทั้งละอองลอยที่เกิดจากการฉีดพ่นมีโอกาสปนเปื้อนไปกับสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ อากาศ รวมถึงเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ถ้ามนุษย์ได้รับสารระเหยเหล่านี้จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ จึงต้องมีการควบคุมและป้องกันการใช้สารเคมีอย่างเคร่งครัด [1] ทางเลือกหนึ่งคือการนำสารระเหยนี้มาใช้ในงานในลักษณะเป็นเจล โดยใช้อนุพันธ์ของเซลลูโลสซึ่งเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติสามารถคงรูปทนความร้อนได้สูง และย่อยสลายได้ เป็นสารสร้างเจล [9] ซึ่งสารในรูปแบบเจลมีข้อดีคือช่วยลดการสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีที่เป็นละอองลอย ปลดปล่อยต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สะดวกในการใช้งาน ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานสำหรับการฉีดพ่น ใช้งานได้ยาวนานมากขึ้น และใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [1, 2] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การนำสารที่มีองค์ประกอบของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตมาศึกษาหาปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบเจล

## 2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

### 2.1 สารเคมี

สารละลายเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต หรือเมทิลแอนทรานิเลต ( $C_8H_9NO_2$ ) เข้มข้นร้อยละ 60 โดยปริมาตร ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทเทกซาโก จำกัด โปแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต ไฮเดรท ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) เอทิลแอลกอฮอล์ ( $C_2H_5OH$ ) เข้มข้นร้อยละ 97 โดยปริมาตร (ผสมมีกส์) ไซลีน ( $C_{12}H_{15}N_3O_6$ ) กลีเซอริน ( $C_3H_8O_3$ ) โซเดียมเบนโซเอต ( $C_6H_5COONa$ ) และพอลิซอร์เบต ( $C_{64}H_{126}O_{26}$ )

## 2.2 เทคนิควิเคราะห์

- ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ สเปกโตรสโกปี (Nuclear magnetic resonance spectroscopy; NMR) ยี่ห้อ Bruker รุ่น ASCEND500 , ที่ 196.5 Hz

- ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตภายในเจล ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด สเปกโตรสโกปี (Near-infrared spectroscopy; NIR) ยี่ห้อ Bruker รุ่น Vector 22/N ช่วงจำนวนคลื่น (Wavenumber region) ต่อตารางเซนติเมตร ตั้งแต่ 12,000 – 4,000  $\text{cm}^{-1}$  แบบการสะท้อนคลื่นแสงด้วยความละเอียด 8  $\text{cm}^{-1}$  ของช่วงคลื่นแสงจะบันทึกค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดจำนวน 16 ครั้งต่อสเปกตรัม

## 2.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.3.1 การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต

ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตในตัวอย่าง โดยเทคนิค  $^1\text{H}$  NMR และ  $^{13}\text{C}$  NMR สเปกโตรสโกปี วิเคราะห์ค่า chemical shift ของตัวอย่างที่ได้เปรียบเทียบกับค่า chemical shift ของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตมาตรฐาน

### 2.3.2 การศึกษาปริมาณขององค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเจล

การศึกษาปริมาณขององค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเจล ทำการทดลองโดยกำหนดปริมาณที่แน่นอนของสารต่าง ๆ ดังนี้ เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ร้อยละ 10 และพอลิซอร์แบนซ์ ร้อยละ 5 โดยปริมาตร คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 3 กรัม โพลแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต (สารก่อตะกอน) 0.3 กรัม ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส 1 กรัม และ โซเดียมเบนโซเอต (สารกันเสียป้องกันการ

เจริญเติบโตของเชื้อรา) 0.2 กรัม รวมเป็นสัดส่วนทั้งสิ้นร้อยละ 19.5 และทำการปรับเปลี่ยนปริมาณน้ำกลั่นต่อกลีเซอริน (สารทำให้คงรูป (fixative)) ดังตารางที่ 1 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำกลั่นต่อกลีเซอริน ดังนี้

ตารางที่ 1 สัดส่วนการเตรียมเจลเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำกลั่นต่อกลีเซอริน (W : G)

สูตร (W : G)	สาร		
	น้ำกลั่น (ml)	กลีเซอริน (g)	สารอื่นๆ ร้อยละ
35 : 45.5	35	45.5	19.5
30 : 50.5	30	50.5	19.5
25 : 55.5	25	55.5	19.5
20 : 60.5	20	60.5	19.5
15 : 65.5	15	65.5	19.5

ขั้นตอนในการเตรียมเจล สามารถทำได้โดยละลายคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 3 กรัม และไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส 1 กรัม ในสารผสมโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต และโซเดียมเบนโซเอต ในน้ำอุณหภูมิ  $80 \pm 2$  ที่อัตราส่วน 0.3:0.2 โดยน้ำหนัก แล้วนำมาผสมกับกลีเซอรินเหลว เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ร้อยละ 10 โดยปริมาตร และพอลิซอร์แบนซ์ ร้อยละ 5 โดยปริมาตร เทเจลที่ได้ลงในแม่พิมพ์รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร และความสูง 2 เซนติเมตร และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นจึงจะนำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพเพื่อหาอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่เหมาะสม และทำการเตรียมเจลเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของ

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืด โดยกำหนดปริมาณที่แน่นอนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตโพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต พอลิซอร์แบนซ์ โหเดียมเบนโซเอต คงเดิม ส่วนกลีเซอรินและน้ำกลั่นตามอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า รวมเป็นสัดส่วนทั้งสิ้นร้อยละ 96 และทำการปรับเปลี่ยนปริมาณของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** สัดส่วนการเตรียมเจลเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (CMC : HEC)

สูตร (CMC:HEC)	สาร		
	CMC (g)	HEC (g)	สารอื่นๆ ร้อยละ
4 : 0	4	0	96
3 : 1	3	1	96
2 : 2	2	2	96
1 : 3	1	3	96
0 : 4	0	4	96

ทำการเตรียมเจลคงเดิม นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ เพื่อหาอัตราส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่เหมาะสม และทำการเตรียมเจลเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นของผสมที่เป็นสารระเหย โดยกำหนดปริมาณที่แน่นอนของพอลิซอร์แบนซ์ โพแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต โหเดียมเบนโซเอต คงเดิม ส่วนกลีเซอริน น้ำกลั่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ตามอัตราส่วน

ที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า รวมเป็นสัดส่วนทั้งสิ้นร้อยละ 90 และทำการปรับเปลี่ยนปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ ดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** สัดส่วนการเตรียมเจลเพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ (M2AB : alc.)

สูตร (M2AB : alc.)	สาร		
	M2AB (ml)	alc. (ml)	สารอื่นๆ ร้อยละ
5 : 5	5	5	90
6 : 4	6	4	90
7 : 3	7	3	90
8 : 2	8	2	90
9 : 1	9	1	90
10 : 0	10	0	90

ทำการเตรียมเจลคงเดิม นำไปทดสอบสมบัติทางกายภาพ หาอัตราส่วนของอัตราส่วนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม

**2.3.3 การทดสอบสมบัติของเจล**

**2.3.3.1 การวัดค่าการจับของเหลว (% syneresis) โดยดัดแปลงวิธีจากลิตธิบัตร์ของ Lin & Tarrytown [10]**

นำเจลออกจากแม่พิมพ์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเจล เป็นน้ำหนักเจลทั้งหมด (a) ในหน่วยกรัม คลุมเจลด้วย paraffin paper และใส่ภาชนะที่มีฝาปิดสนิท นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเจลออกมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง เปิดฝา

ภาชนะน้ำ paraffin paper ออกจากเจล แล้วนำกระดาษชำระที่ทราบน้ำหนักแน่นอนมาซับของเหลวที่ก้นเจล ชั่งน้ำหนักกระดาษชำระที่ดูดซับของเหลวไว้ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักของของเหลวส่วนที่ถูกดูดซับบนกระดาษ (b) จากนั้นคำนวณค่าร้อยละของการซับของเหลว ดังสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละการซับของเหลว} = \frac{(b \times 100)}{a} \dots (1)$$

**2.3.3.2 การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงรูปทรง (% dimensional stability) โดยดัดแปลงวิธีจาก Modi J.J. [11]**

นำเจลออกจากแม่พิมพ์ วัดรูปทรงของเจลโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงที่แน่นอนของเจลเป็นรูปทรงเริ่มต้น (c) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ตั้งเจลไว้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ  $22 \pm 1$  องศาเซลเซียส แล้ววัดการเปลี่ยนแปลงของรูปทรงของเจล (d) ทุกวันเป็นเวลา 16 วัน คำนวณร้อยละการสูญเสียรูปทรง ดังสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละการสูญเสียรูปทรง} = \frac{(c-d) \times 100}{c} \dots (2)$$

**2.3.3.3 การวัดค่าการสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) โดยดัดแปลงวิธีจากสิทธิบัตรของ Modi J.J [12]**

นำเจลออกจากแม่พิมพ์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเจลเป็นน้ำหนักเริ่มต้นในหน่วยกรัม (e) ตั้งเจลไว้ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิ  $22 \pm 1$  องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักของเจลทุกวัน (f) เป็นเวลา 16 วัน คำนวณร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก ดังสมการที่ (3)

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{(e-f) \times 100}{e} \dots (3)$$

**2.3.3.4 การวัดค่าการคงสภาพ (stability) โดยดัดแปลงวิธีจาก David J.R. [12]**

นำเจลออกจากแม่พิมพ์ ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของเจลเป็นน้ำหนักเริ่มต้นในหน่วยกรัม ตั้งเจลไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ  $50 \pm 1$  องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักของเจลทุกวันเป็นเวลา 7 วัน คำนวณค่าเฉลี่ยการสูญเสียน้ำหนักดังสมการ (3) หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว นำไปทำการตรวจวัดปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่หือด้วยเทคนิค NIR เพื่อนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตสำหรับการนำไปใช้ในภาวะจำลอง

**2.3.3.5 การเปลี่ยนแปลงสีของเจล (color changes)**

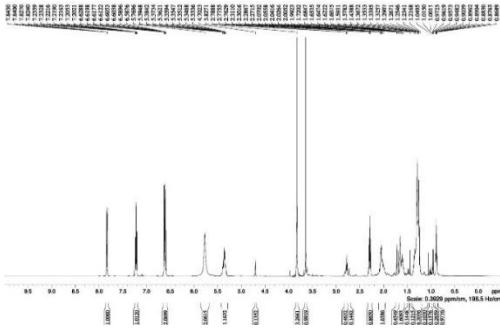
นำเจลออกจากแม่พิมพ์สังเกตสีของเจลและบันทึกภาพเจลเป็นภาพเริ่มต้น ตั้งเจลไว้ที่ภาวะภายใต้หลอดจริง ณ อุณหภูมิ  $30 \pm 3$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ  $70 \pm 5$  สังเกตสีของเจลและบันทึกภาพเจลทุกวันเป็นเวลา 16 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของเจลด้วยสายตาและวิเคราะห์ผล

### 3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

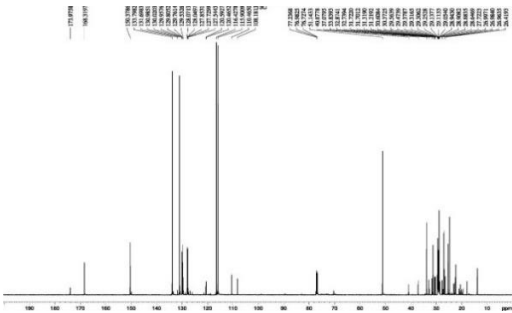
#### 3.1 การตรวจพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต

ผลการตรวจพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีของสารตัวอย่างจากเทคนิค  $^1\text{H NMR}$  และ  $^{13}\text{C NMR}$  สเปกโทรสโกปี ซึ่งจะบอกค่า chemical shift ( $\delta$ ) ของสารตัวอย่าง โดยจะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า chemical shift ของ เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต เพื่อเป็นการยืนยันว่าตัวอย่างที่ใช้มีองค์ประกอบของ

เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ซึ่งผลสเปกตรัมจากการนำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค  $^1\text{H}$  NMR และ  $^{13}\text{C}$  NMR แสดงดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1  $^1\text{H}$  NMR สเปกตรัมของของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตในสารตัวอย่าง



รูปที่ 2  $^{13}\text{C}$  NMR สเปกตรัมของของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตในตัวอย่าง

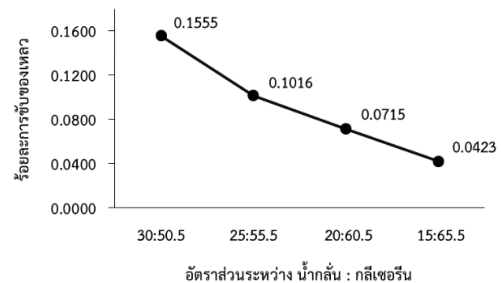
จากรูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงตัวอย่างสเปกตรัม  $^1\text{H}$  NMR และ  $^{13}\text{C}$  NMR ของสารตัวอย่าง จากสเปกตรัม  $^1\text{H}$  NMR จะสังเกตพบพีคที่สำคัญที่บริเวณ 6.7, 7.2, และ 7.8 ซึ่งแสดงถึงโปรตอนที่อยู่บนวงแหวนเบนซีน และพีคที่ตำแหน่ง 3.82 แสดงถึงโปรตอนในหมู่เมทอกซี ( $\text{OCH}_3$ ) และพีคที่บริเวณ 5.77 แสดงถึงโปรตอนในหมู่อะมิโน ( $\text{NH}_2$ ) ส่วนสเปกตรัม  $^{13}\text{C}$  NMR จะพบพีคที่สำคัญของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ที่ตำแหน่ง 168.32 แสดงถึงคาร์บอนิล ( $\text{C}=\text{O}$ ) ที่อยู่ในหมู่เอสเทอร์ และ

เมื่อเปรียบเทียบ  $^1\text{H}$  NMR และ  $^{13}\text{C}$  NMR สเปกตรัมของสารตัวอย่าง กับสเปกตรัมของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตมาตรฐาน พบว่าปรากฏสัญญาณในตำแหน่งใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวอย่างที่ใช้มีองค์ประกอบของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต

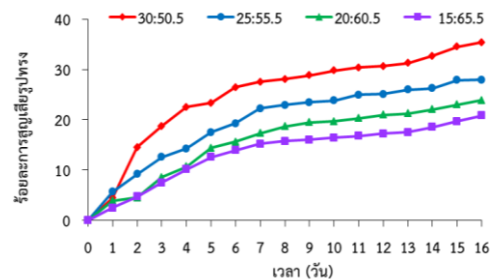
### 3.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเจลที่เตรียมขึ้น

#### 3.2.1 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเจลที่อัตราส่วนระหว่างน้ำกลั่นต่อกลีเซอริน

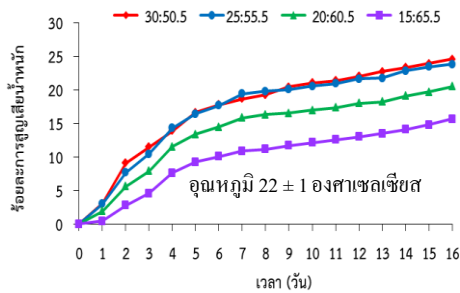
ศึกษาอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอริน โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่ 35:45.5, 30:50.5, 25:55.5, 20:60.5 และ 15:65.5 (อัตราส่วนโดยปริมาตร/มวล) ตามลำดับ เพื่อหาอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่เหมาะสมสำหรับการคงรูปของเจล ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพแสดงดังรูปที่ 3



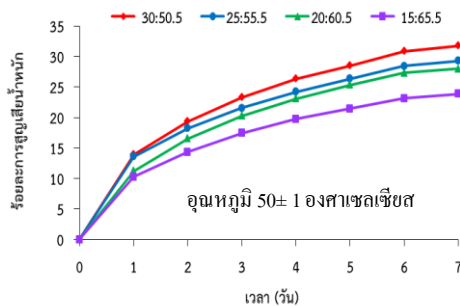
(3ก.)



(3ข.)



(3ก.)



(3ง.)

### รูปที่ 3 ผลการศึกษาอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอริน

(3ก.) การขับของเหลว, (3ข.) การสูญเสียรูปทรง, (3ค.) การสูญเสียน้ำหนัก, (3ง.) การคงสภาพ

จากการศึกษาอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่อัตราส่วน 30:50.5, 25:55.5, 20:60.5 และ 15:65.5 ตามลำดับ พบว่ามีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.1555, 0.10156, 0.0715 และ 0.0423 กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสูญเสีย น้ำหนักใกล้เคียงกัน แต่ที่อัตราส่วน 30:50.5 เจลมีความอ่อนตัวมาก ทำให้รูปทรงของเจลเกิดการบิดเบี้ยว แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินเป็น 25:55.5 พบว่าความคงรูปของเจลก็จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณกลีเซอรินที่เพิ่มขึ้น ส่วนที่อัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่ 15:65.5 มีค่าการขับของเหลวและการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเจลดน้อยกว่าสูตรอื่น ๆ จึงมีความแข็งตัวมาก ทำให้การแพร่ของน้ำออกจากเจลงเป็นไปได้อย่างยาก จากผลการทดลองแสดงว่าสมบัติการขับของเหลว (3ก.) และการสูญเสียรูปทรง (3ข.) มีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนของกลีเซอรินที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของกลีเซอรินในสถานะอุณหภูมิ 22 ± 1 องศาเซลเซียส อยู่ในสถานะของแข็ง เมื่อถูกนำมาละลายเข้ากับน้ำและปล่อยให้ อยู่ในสภาวะดังกล่าว จะทำให้สารผสมที่ได้อยู่ในสภาวะที่แข็งตัวและคงรูปได้ สารในสถานะของแข็งจะอยู่ชิดกันมากจึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากกว่าสารในสถานะของเหลวหรือแก๊ส ทำให้เจลงที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรินมาก การขับของเหลวออกมาจึงน้อยลง ทำให้การสูญเสียรูปทรงมีแนวโน้มลดลง แต่มีความคงรูปเพิ่มมากขึ้น เพราะแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อน้ำหนักของเจลง โดยเจลงที่อุณหภูมิ 50 ± 1 องศาเซลเซียส (3ง.) มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเจลงที่อุณหภูมิ 22 ± 1 องศาเซลเซียส (3ค.) เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้ของเหลวภายในเจลงระเหยได้ดีกว่า ทำให้น้ำหนักของเจลงมีแนวโน้มลดลง จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเจลงที่อัตราส่วนระหว่างน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่อัตราส่วนต่างๆจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่ 25:55.5 มีการขับของเหลว การสูญเสีย น้ำหนัก การสูญเสียรูปทรง และการคงสภาพเหมาะสมสำหรับการเตรียมเจลง ดังนั้นอัตราส่วนของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่ 25:55.5 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสต่อไป

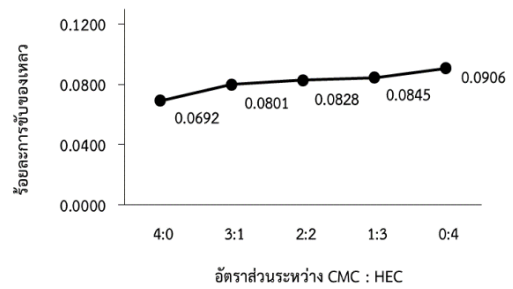


**3.2.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของ เจลที่อัตราส่วนระหว่างคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC)**

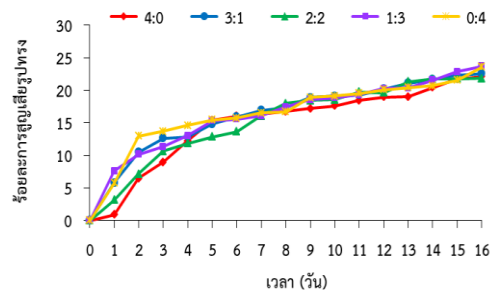
ศึกษาอัตราส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 (อัตราส่วนโดยมวล/มวล) ตามลำดับ เพื่อหาอัตราส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มความหนืดและความแข็งแรงของเจล และผลของการดูดซึมของเหลว ซึ่งส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพแสดงดังรูปที่ 4

จากการศึกษาอัตราส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าร้อยละการจับของเหลว (4ก.) จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วนของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ลดลงและไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุพันธ์ของเซลลูโลสทั้งสองชนิดมีความสามารถในการดูดซึมน้ำ ละลายน้ำ และเกิดการบวมตัว จึงสามารถกักเก็บน้ำเอาไว้ได้ แต่ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสมีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้เป็นสองเท่าของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส [9] จึงทำให้น้ำและสารในสถานะของเหลวถูกกักเก็บไว้ได้มาก ส่งผลให้มีการแพร่ของไอน้ำได้มาก ทำให้ปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 0:4 มีค่าการจับของเหลวมากที่สุด แต่เมื่อปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นหมู่ไฮดรอกซิลในคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิล

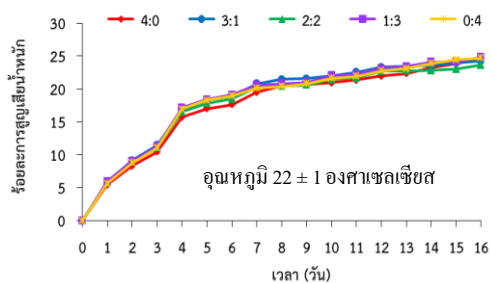
ในไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ทำให้เกิดการเชื่อมขวาง (crosslinking) ที่มีความหนาแน่นมากขึ้น ส่งผลให้เจลมีความแข็งมากขึ้น แต่กักเก็บน้ำได้น้อยลง ส่งผลให้อัตราการจับของเหลวจะลดลง [13] โดยที่อัตราส่วน 4:0 มีค่าการจับของเหลวน้อยที่สุด เนื่องจากเจลมีความแข็งตัวสูง ส่วนที่อัตราส่วน 3:1, 2:2 และ 1:3 ตามลำดับ มีค่าการจับของเหลวร้อยละ 0.0801, 0.0828 และ 0.0845 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเจลที่ได้มีลักษณะไม่แข็งหรือไม่อ่อนตัวจนเกินไป



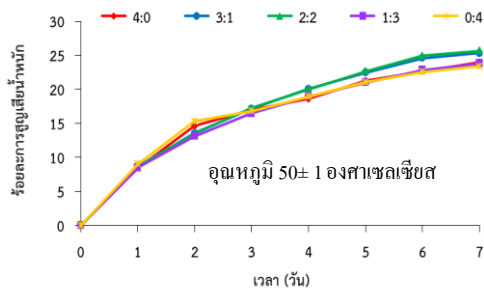
(4ก.)



(4ข.)



(4ค.)



(4ง.)

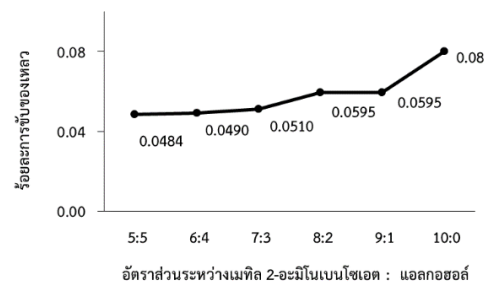
**รูปที่ 4** ผลการศึกษาอัตราส่วนของ CMC ต่อ HEC (4ก.) การขับของเหลว, (4ข.) การสูญเสียรูปทรง, (4ค.) การสูญเสียน้ำหนัก, (4ง.) การคงสภาพ

ส่วนการสูญเสียรูปทรง (4ข.) การสูญเสีย น้ำหนัก (4ค.) และการคงสภาพ (4ง.) มีแนวโน้มใน ลักษณะเดียวกัน คือมีการสูญเสียน้ำหนักและ รูปทรงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และค่อยๆลดลง ตามระยะเวลาที่ผ่านมา เนื่องจากคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลสและไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสมีโครงสร้าง เป็นเซลลูโลส จะมีสมบัติในการดูดซับหรือคายไอน้ำ หรือของเหลวอื่น ๆ ในบรรยากาศรอบตัวของมัน จนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยสมดุลของความชื้น เซลลูโลสจะแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ ของบรรยากาศนั้น ๆ ด้วยเหตุนี้เจลที่มีความชื้นสูง ทำให้การขับของเหลวออกมาจากเจล จึงมีการ สูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว เมื่อเจลเริ่มมีความชื้น ลดลงทำให้การขับของเหลวน้อยลงจึงมีการ สูญเสียน้ำหนักเป็นไปอย่างช้า ๆ เพื่อรักษาสมดุล ของความชื้น [14] เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพ ของเจลที่อัตราส่วนระหว่าง คาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส (CMC) ต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส (HEC) ทั้งหมดจะเห็นได้ว่าอัตราส่วนคาร์บอกซี เมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่ อัตราส่วนต่าง ๆ มีแนวโน้มสมบัติทางกายภาพ คล้ายกัน แต่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีแนวโน้มที่

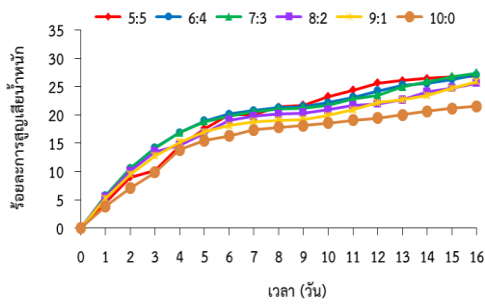
จะทำให้เกิดการเชื่อมขวาง(crosslinking) ภายใน โมเลกุลตัวเองมากกว่าที่จะเกิดการเชื่อมขวางกับ โมเลกุลอื่น ๆ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการผสมไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส [15, 16] รวมถึงเมื่อพิจารณา ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลสมีราคาที่ถูกกว่าไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ในการนำไปผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อการค้า อัตราส่วนที่ 3:1 จึงมีความเหมาะสมที่สุด ดังนั้น ปริมาณของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 3:1 จึงมีความเหมาะสม ในการเตรียมเจลเพื่อทำการศึกษาอัตราส่วนที่ เหมาะสมของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อ แอลกอฮอล์ต่อไป

### 3.2.3 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของ เจลที่อัตราส่วนระหว่างเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ต่อแอลกอฮอล์

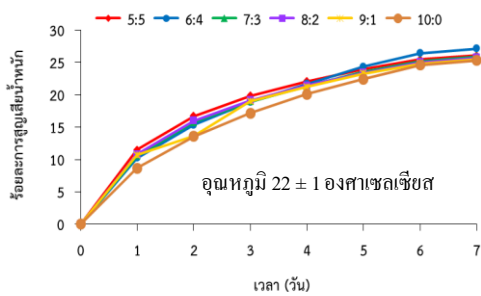
ศึกษาอัตราส่วนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของ เมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ที่ 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 และ 10:0 ตามลำดับ (อัตราส่วน โดยปริมาตร/ปริมาตร) เพื่อหาอัตราส่วนของเมทิล 2- อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม สำหรับการปลดปล่อยของเหลวภายในของเจล ซึ่ง ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพแสดงดังรูปที่ 5



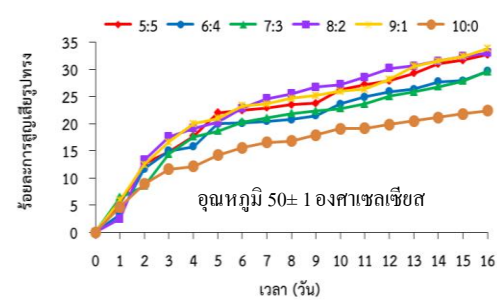
(5ก.)



(5ข.)



(5ค.)



(5ง.)

**รูปที่ 5** ผลการศึกษาอัตราส่วนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์

(5ก.) การจับของเหลว, (5ข.) การสูญเสียรูปทรง, (5ค.) การสูญเสียน้ำหนัก, (5ง.) การคงสภาพ

จากการศึกษาอัตราส่วนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อสารละลายแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วน 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 และ 10:0 ตามลำดับ พบว่าเมื่อปริมาณสารละลายแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นสมบัติการจับของเหลว (5ก.) มีแนวโน้มลดลง อาจเนื่องมาจากสารละลายแอลกอฮอล์มีส่วนผสมของมักซ์ไซลีน ( $C_{12}H_{15}N_3O_6$ ) ทำให้การระเหยช้าลง

การจับของเหลวจึงลดลง แต่การสูญเสียรูปทรง (5ข.) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามปริมาณแอลกอฮอล์ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเจลที่อุณหภูมิ  $50 \pm 1$  องศาเซลเซียส (5ค.) และเจลที่อุณหภูมิ  $22 \pm 1$  องศาเซลเซียส (5ง.) มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน ดังนั้นเจลที่มีอัตราส่วนของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อสารละลายแอลกอฮอล์เท่ากับ 10:0 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่าการจับของเหลวร้อยละ 0.08 ซึ่งมีค่ามากกว่าเจลสูตรอื่น ๆ ของเหลวที่อยู่ในเจลจับออกมาได้ดี ส่งผลต่ออัตราการระเหยที่เพิ่มขึ้น และค่าการสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียรูปทรง มีค่าต่ำกว่าเจลสูตรอื่น ทำให้เจลมีอายุการใช้งานมากกว่านั่นเอง

### 3.2.4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของเจลที่เตรียมจากปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสม ณ สภาพแวดล้อมจริง

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของเจลที่สภาพแวดล้อมจริง อุณหภูมิ  $30 \pm 3$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ  $70 \pm 5$  ทุกวันเป็นเวลา 16 วัน โดยเจลที่ใช้ศึกษาเตรียมจากปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสมในการเตรียมเจล คือ ร้อยละโดยปริมาตรของน้ำกลั่น, พอลิซอร์เบต และเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่ 25:5:10 ตามลำดับ ร้อยละโดยมวลของกลีเซอริน, คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส, โพลีแซ็กคาไรด์ และ โซเดียมเบนโซเอต ที่ 55.5:3:1:0.3:0.2 ตามลำดับ ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงสีของเจลแสดงดังรูปที่ 6

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าจากวันที่ 1 ถึงวันที่ 16 เจลมีความเข้มของสีเพิ่มขึ้นจากสีเหลืองอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลเข้มเห็นได้อย่างชัดเจน แสดงว่าเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงสีของเจล ณ สภาพแวดล้อมภายนอกก็เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสและไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ธรรมชาติที่สามารถย่อยสลายได้ [17] และองค์ประกอบอื่นๆภายในเจลอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับอากาศทำให้สีของเจลเปลี่ยนไป ซึ่งอาจจะป้องกันการเปลี่ยนสีได้โดยการเติมสารที่เหมาะสมสำหรับป้องกันการเกิดออกซิเดชันลงไป



รูปที่ 6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของเจลที่เตรียมจากปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสม ณ สภาพแวดล้อมภายนอก

### 3.2.5 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีโดยหาปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต

ผลจากการใช้เทคนิค NIR ที่ช่วงความยาวคลื่น 400-12000 นาโนเมตร เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) เบื้องต้น สำหรับทำนายปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตของเจลที่เตรียมขึ้น ได้ค่า  $R^2$  ของกราฟมาตรฐาน ปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0-10 เท่ากับ 99.65 (RMSECV = 0.176) ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าเทคนิคดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้สำหรับการวัดปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตในเจลได้

ซึ่งผลการวิเคราะห์หาปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตก่อน และหลังของเจลสูตรที่เหมาะสมที่อุณหภูมิ  $50 \pm 1$  องศาเซลเซียส ทุกวันเป็นเวลา 7 วัน วัดปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่เหลือได้จากสเปกตรัมการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสารที่ความยาวคลื่นต่างๆ และเมื่อนำความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงอินฟราเรดมาคำนวณหาปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตแสดงผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

วันที่	ร้อยละปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต
0	100
1	98.85
2	90.79
3	77.06
4	51.10
5	45.97
6	43.54
7	38.81

จากการทดลองวิเคราะห์หาของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 วัน จะเห็นได้ว่าจากปริมาณเริ่มต้นจนถึงวันที่ 7 ปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตจะลดลงร้อยละ 61.18 เนื่องจากเจลมีการระเหยของสารอยู่ตลอดเวลาทำให้ปริมาณของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการทดลองที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 7 วัน เป็นภาวะจำลองที่เทียบเท่ากับอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 เดือน ดังนั้นเจลที่เตรียมขึ้นสามารถนำไปใช้ที่อุณหภูมิห้องไม่ต่ำกว่า 3 เดือน

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารตัวอย่างด้วยเครื่อง NMR พบว่ามีองค์ประกอบของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ซึ่งมีสมบัติในการให้กลิ่นขับไล่นก และนำเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต มาศึกษาหาปริมาณขององค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเจล โดยศึกษาหา

- อัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำกลั่นต่อกลีเซอรินที่อัตราส่วน 35:45.5, 30:50.5, 25:55.5, 20:60.5 และ 15:65.5 ตามลำดับ พบว่ามีค่าการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกัน ส่วนสมบัติการจับของเหลว และการสูญเสียรูปทรง มีแนวโน้มลดลงตามกลีเซอรินที่เพิ่มขึ้น โดยที่อัตราส่วน 25.5: 55.5 มีความคงรูปของเจลที่เหมาะสม ไม่อ่อนตัวจนเกิดการบิดเบี้ยวหรือแข็งตัวมากจนทำให้เกิดการแพร่ของน้ำออกจากเจลเป็นไปได้ยาก

- อัตราส่วนที่เหมาะสมของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ที่อัตราส่วน 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ตามลำดับ พบว่าร้อยละการจับของเหลวจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้น และลดลงตามปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้น จะทำให้เจลมีความแข็งตัวมากขึ้น แต่กักเก็บของเหลวได้น้อยลง ส่งผลให้อัตราการจับของเหลวจะลดลง ซึ่งคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่อัตราส่วน 3:1, 2:2 และ 1:3 ตามลำดับ มีค่าการจับของเหลวร้อยละ 0.0801 ถึง 0.0845 ซึ่งมีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเจลที่ได้มีลักษณะไม่แข็งหรือ ไม่อ่อนตัวจนเกินไป ส่วนการสูญเสียรูปทรง การสูญเสียน้ำหนัก และค่าการคงสภาพ มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน คือมีการสูญเสียน้ำหนักและรูปทรงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและ

ค่อย ๆ ลดลง เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีราคาที่ถูกกว่าไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส ดังนั้นในการนำไปผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อการค้าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสที่ 3:1 จึงมีความเหมาะสมที่สุด

- อัตราส่วนที่เหมาะสมของเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตต่อแอลกอฮอล์ที่อัตราส่วน 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 และ 10:0 ตามลำดับ พบว่าที่อัตราส่วน 10:0 มีความเหมาะสมในการเตรียมเจลมากที่สุด เนื่องจากมีค่าการจับของเหลวร้อยละ 0.0801 ซึ่งมีค่ามากกว่าเจลสูตรอื่น ๆ ทำให้ของเหลวที่อยู่ในเจลจับออกมาได้ดี ส่วนค่าการสูญเสียน้ำหนัก การสูญเสียรูปทรง มีค่าต่ำกว่าเจลสูตรอื่น ทำให้เจลมีอายุการใช้งานมากกว่า

ดังนั้น ปริมาณ และ องค์ประกอบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมเจลมีดังนี้ ร้อยละโดยปริมาตรของน้ำกลั่น, พอลิเมอร์เบนซ์ และเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอต ที่ 25:5:10 ตามลำดับ ร้อยละโดยมวลของกลีเซอริน, คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, ไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส, โปแทสเซียมอะลูมิเนียมซัลเฟต และโซเดียมเบนโซเอต ที่ 55.5:3:1:0.3:0.2 ตามลำดับ

เมื่อนำเจลที่ขึ้นรูปตามปริมาณและองค์ประกอบที่เหมาะสมไปวิเคราะห์ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสีของเจล ณ สภาพแวดล้อมจริงและศึกษาหาปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตของเจลพบว่าเจลมีการเปลี่ยนสีเข้มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป และปริมาณเมทิล 2-อะมิโนเบนโซเอตที่สภาวะจำลองเทียบเท่าสภาวะปกติเป็นระยะเวลา 3 เดือน ลดลงร้อยละ 61.18 จากปริมาณเริ่มต้น จากงานวิจัยนี้เจลที่เตรียมขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 3 เดือน และเป็นแนวทางในการพัฒนาสาร

ระเหยที่ให้กลิ่นขับไล่แมลง หรือให้กลิ่นอื่น ๆ ในรูปแบบเจลหรือรูปแบบอื่น ๆ ในอุตสาหกรรมต่อไป

### 5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำงานวิจัยนี้ขอขอบคุณ บริษัท เคมีฟลิท จำกัด ที่ให้การสนับสนุนวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงขอบคุณสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม และสาขาวิชาเคมี วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือวิเคราะห์ วัสดุอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อใช้ในการงานวิจัย

### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Anne S. Ten question concerning air fresheners and indoor built. *Building and Environment*. 2017. 111: 279-284.
- [2] Poonam A., Schubert P. and David D. The use of thermal analysis to study the change in air-freshner gels. *Thermochimica Acta*. 1998. 324: 9-13.
- [3] Alessandro S., Christian D. and Marta M. Biodegradable cellulose-base hydrogel: Design and application. *Materials*. 2009. 2: 353-373
- [4] Leonard R.A. Efficacy of methyl anthranilate as a bird repellent on cherries, blueberries and grapes. *Proceedings of the fifteen vertebrate pest conference*. Lincoln, USA. March 1992; 136-141

- [5] Gwen R.S. and Larry C. Bird repellent: development of avian-specific tear gases for resolution of human-wildlife conflicts. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 1998. 42: 153-160
- [6] Russell M. and Larry C. Grazing repellency of methyl anthranilate to snow geese is enhanced by a visual cue. *Crop Protection* 1996. 15(1): 97-100.
- [7] Richard M.E., Je R.P. and Bernice C. Methyl anthranilate aerosol for dispersing birds from the light lines at homestead air reserve station. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2002. 49: 175-178.
- [8] John L.C. Evaluation of a methyl anthranilate formulation for reducing bird damage to blueberries. *Crop Protection* 1995. 14(3): 257-259.
- [9] Selestina G. and Vanja K. Synthesis and application of new temperature-responsive hydrogels based on carboxymethyl and hydroxyethyl cellulose derivatives for the functional finishing of cotton knitwear. *Carbohydrate Polymers*. 2011. 85: 664-673.
- [10] Lin C.F. and Tarrytown N.J. "Air freshener gel" UK 4,056,612. 1997.
- [11] Modi j.j. "Air treatment gel composition" US 5,741,482. 1998.
- [12] David J.R. *Chemistry and Technology of Flavors and Fragrances*. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 2005

- [13] เกวติน รัตนจรัสกุล. การพัฒนาฟิล์มต้านจุลินทรีย์จากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร่วมกับน้ำมันสะระแหน่ *Mentha piperita*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555.
- [14] จิตตรา ดอกบัว. การศึกษาประสิทธิภาพเซลลูโลสฟอสเฟตจากฟางข้าวและชานอ้อยเพื่อใช้ดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2552.
- [15] Astrini N., Anah L. and Haryono A. Crosslinking Parameter on the preparation of cellulose based hydrogel with divinylsulfone. *Procedia Chemistry*. 2012. 4: 275-281.
- [16] Yoldas S., Aylin A., Basak D. and Caner T. Carboxymethylcellulose (CMC) – hydroxyethylcellulose (HEC) based hydrogels: synthesis and characterization. *Original Paper*. 2014. 21:1689–1698.
- [17] Pengfei L., Maolin Z., Jiuqiang L., Jing P. and Jilan W. Radiation preparation and swelling behavior of sodium carboxymethyl cellulose hydrogels. *Radiation Physics and Chemistry*. 2002. 63: 525-528