

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการตรวจลักษณะทางกายภาพและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

4.1.1 ผลการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ

จากการตรวจลักษณะทางกายภาพของเมล็ดแมงลัก ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการวิจัยได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1: ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดแมงลัก

ลักษณะทางกายภาพ	ค่าเฉลี่ย ¹ ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
สี	ดำ
รูปร่าง	รี
Bulk density (g/cm ³)	0.75 ± 0.01
น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด (กรัม)	0.12 ± 0.00
ความสามารถในการพองตัว (mL/g)	
- เมล็ดแมงลัก	28.02 ± 0.16
- เมล็ดแมงลักบด	34.96 ± 0.20

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

พบว่าเมล็ดแมงลักบดมีค่าความสามารถในการพองตัว (swelling capacity) สูงกว่าเมล็ดแมงลักมากทำให้มีแนวโน้มที่จะสามารถนำเมล็ดแมงลักบดมาใช้ในการแยกเมือกเมล็ดแมงลักโดยวิธีทางกายภาพให้ได้ร้อยละของผลผลิตเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้นจึงนำเมล็ดแมงลักบดมาใช้ในขั้นตอนการแยกเมือกจากเมล็ดแมงลักด้วย

4.1.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

เมื่อนำเมล็ดแมงลักและเมือกเมล็ดแมงลักอบแห้งมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 : องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดแมงลักและเมือกเมล็ดแมงลักอบแห้ง

องค์ประกอบทางเคมี	ค่าเฉลี่ย ¹ ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	เมล็ดแมงลัก (%)	เมือกเมล็ดแมงลัก (%)
ความชื้น	10.26 ± 0.34	5.06 ± 0.38
โปรตีน	14.07 ± 0.53	0.57 ± 0.02
ไขมัน	19.57 ± 0.03	0.49 ± 0.02
เถ้า	5.87 ± 0.14	1.29 ± 0.04
เส้นใยหยาบ	43.55 ± 0.25	-
คาร์โบไฮเดรต	6.68 ± 0.19	6.11 ± 0.23
ใยอาหารทั้งหมด	-	86.48 ± 0.21

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

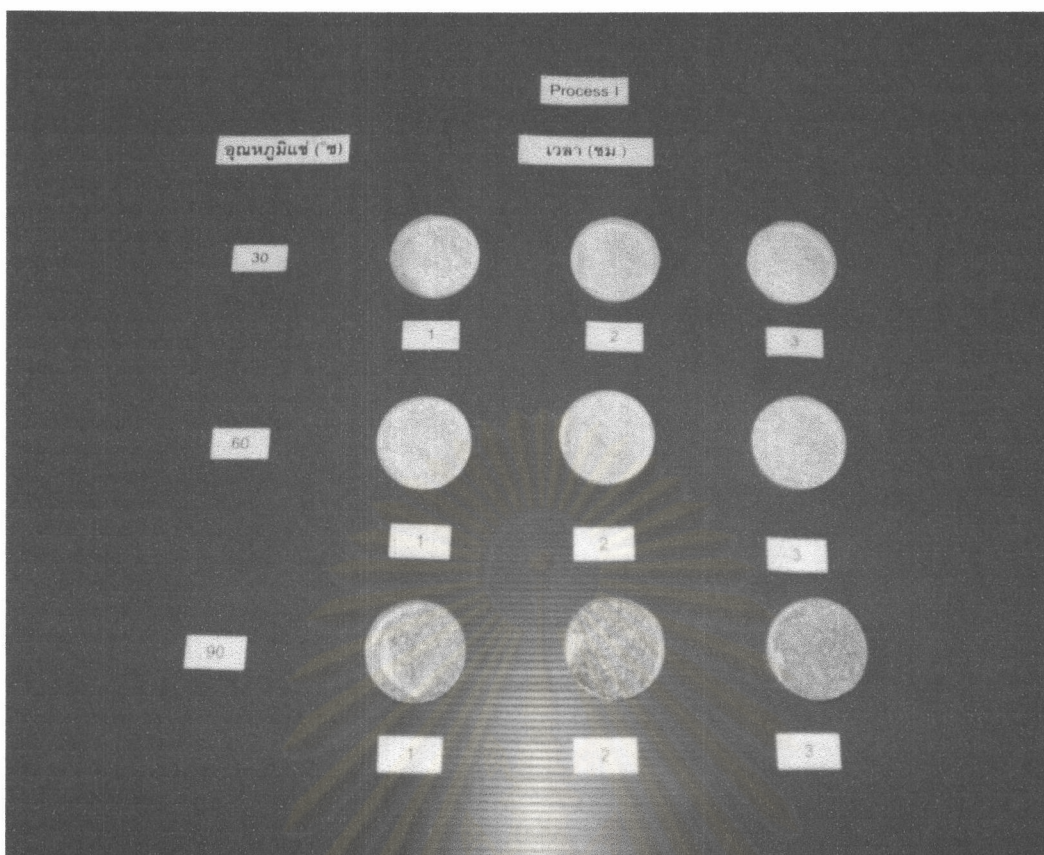
พบว่า เมล็ดแมงลักทั้งเมล็ดมีปริมาณเส้นใยหยาบอยู่สูง ในขณะที่เดียวกันก็มีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่สูงเช่นเดียวกัน แต่ในส่วนเมือกเมล็ดแมงลักนั้นจะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเป็นองค์ประกอบหลัก อีกทั้งยังมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตส่วนที่ไม่ใช่ใยอาหารอยู่น้อยมาก แสดงว่าโปรตีนและไขมันของเมล็ดแมงลักเกือบทั้งหมดจะอยู่ในส่วนสีด้าของเมล็ดแมงลัก ดังนั้นในการที่จะได้ใยอาหารจากเมล็ดแมงลักเพียงอย่างเดียวจึงจำเป็นต้องแยกส่วนเมือกออกมาจากส่วนสีด้าซึ่งมีโปรตีนและไขมันอยู่สูง

4.2 ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงเมือกเมล็ดแมงลัก

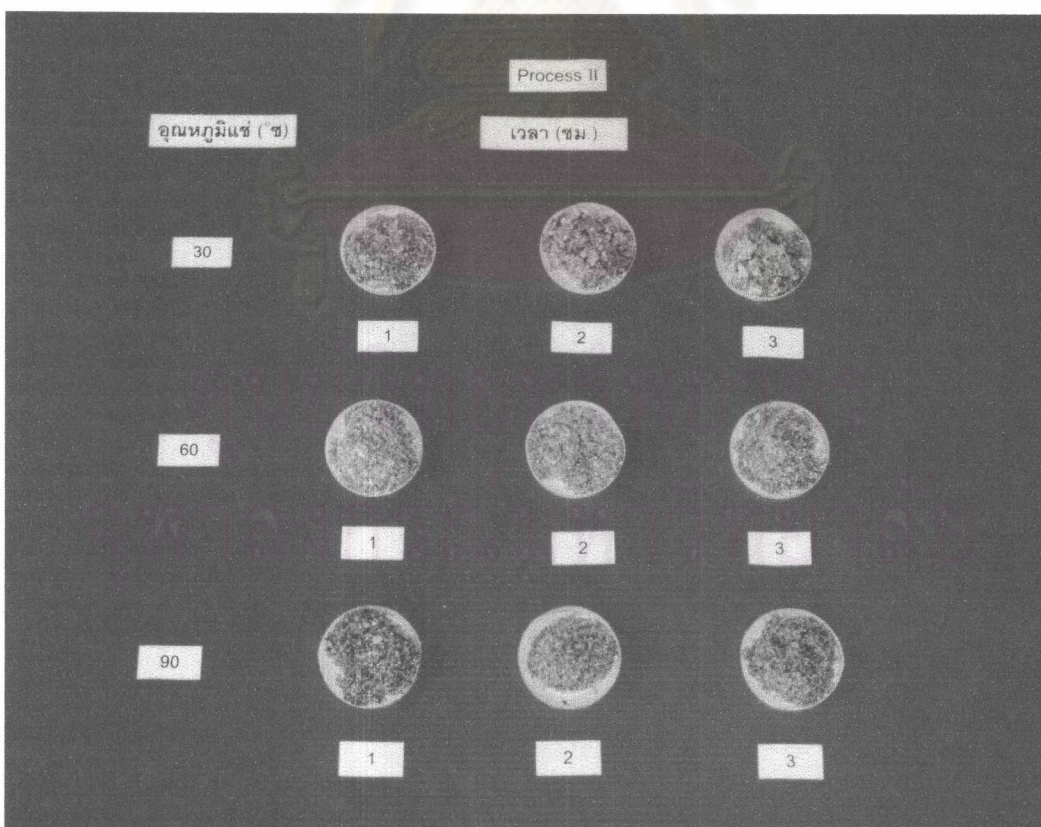
4.2.1 ภาวะที่เหมาะสมในการแยกเมือกเมล็ดแมงลัก

4.2.1.1 การแยกเมือกเมล็ดแมงลักแบบแห้งจากเมล็ดแมงลักและเมล็ดแมงลักบด

จากการทดลองแปรอุณหภูมิของน้ำแช่เมล็ดแมงลักและเมล็ดแมงลักบดเป็น 30-90°C และเวลาในการแช่เป็น 1-6 ชั่วโมง ได้ผงเมือกที่มีสีขาวครีมจนถึงสีคล้ำดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ เมื่อนำมาวัดค่าร้อยละของผลผลิต (%yield) และค่าสี (L,a,b) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ผงเมือกเมล็ดแมงลักจากการแยกแบบแห้งโดยใช้เมล็ดแมงลัก



ภาพที่ 4.2 ผงเมือกเมล็ดแมงลักจากการแยกแบบแห้งโดยใช้เมล็ดแมงลักบด

ตารางที่ 4.3 : ร้อยละของผลผลิตและสีของผงเมือกเมล็ดแมงลักจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลักแบบแห้ง

ภาวะการแยก		ร้อยละของผลผลิต ¹	สี ¹		
อุณหภูมิ (°C)	เวลาแช่ (ชั่วโมง)		L	a	b
30	1	4.02 ^f ±0.85	75.47 ^{ab} ±0.66	1.23 ^e ±0.66	11.27 ^e ±0.37
	3	5.36 ^c ±0.13	76.93 ^{ab} ±1.70	1.49 ^e ±0.38	11.99 ^d ±0.46
	6	6.04 ^b ±0.12	78.37 ^a ±0.94	1.85 ^d ±0.03	12.77 ^c ±0.19
60	1	6.33 ^a ±0.57	76.49 ^{ab} ±0.84	2.20 ^{cd} ±0.08	13.34 ^{bc} ±0.51
	3	5.28 ^c ±0.13	74.82 ^{bc} ±1.35	2.49 ^{bc} ±0.13	13.87 ^{ab} ±0.29
	6	4.82 ^d ±0.26	72.77 ^c ±2.14	2.83 ^{ab} ±0.43	14.30 ^a ±0.23
90	1	3.83 ^f ±1.06	69.84 ^d ±0.86	2.82 ^{ab} ±0.04	14.32 ^a ±0.49
	3	3.93 ^f ±1.10	67.79 ^e ±0.42	2.90 ^a ±0.10	13.40 ^{bc} ±0.12
	6	4.31 ^e ±0.47	66.84 ^e ±0.79	3.07 ^a ±0.09	13.63 ^b ±0.42

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ , ค่าสี Hunter : L = ความสว่าง (100 = สว่าง , 0 = มืด) ; a = + สีแดง , - สีเขียว ; b = + สีเหลือง , - สีนํ้าเงิน

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ 4.4 : ร้อยละของผลผลิตและสีของผงเมือกเมล็ดแมงลักจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลักบดแบบแห้ง

ภาวะการแยก		ร้อยละของผลผลิต ¹	สี ¹		
อุณหภูมิ (°C)	เวลาแช่ (ชั่วโมง)		L	a	b
30	1	4.91 ^b ±0.88	64.50 ^{abc} ±0.66	2.44 ^d ±0.07	11.11 ^a ±0.86
	3	5.17 ^{ab} ±0.61	65.04 ^{ab} ±1.53	2.47 ^d ±0.09	10.96 ^a ±0.20
	6	5.26 ^a ±1.11	65.15 ^a ±0.94	2.54 ^{cd} ±0.11	11.22 ^a ±0.24
60	1	4.69 ^{cd} ±0.14	64.89 ^{ab} ±0.42	2.74 ^b ±0.11	10.95 ^a ±0.78
	3	4.37 ^e ±0.25	64.93 ^{ab} ±0.99	2.95 ^a ±0.18	10.49 ^{ab} ±0.40
	6	5.28 ^a ±0.16	64.12 ^{bc} ±0.88	3.01 ^a ±0.02	10.88 ^a ±0.05

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ 4.4 : (ต่อ)

ภาวะการแยก		ร้อยละของผลผลิต ¹	สี ¹		
อุณหภูมิ (°C)	เวลาแช่ (ชั่วโมง)		L	a	b
90	1	4.48 ^{de} ±0.21	63.68 ^{cd} ±0.48	2.83 ^{ab} ±0.05	9.86 ^{bc} ±0.43
	3	4.65 ^{cd} ±0.75	62.92 ^d ±0.48	2.74 ^b ±0.08	9.49 ^c ±0.53
	6	4.98 ^b ±1.19	60.80 ^e ±2.14	2.70 ^{bc} ±0.09	9.43 ^c ±0.59

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

พบว่าอุณหภูมิและเวลาในการแช่มีผลต่อร้อยละของผลผลิต และค่าความสว่าง (L) ของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้จากการใช้เมล็ดแมงลักและเมล็ดแมงลักบดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิของน้ำแช่เพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของผลผลิตจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึงระดับ 90°C จะทำให้ร้อยละของผลผลิตลดลง อีกทั้งการแช่เมล็ดแมงลักที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้ร้อยละของผลผลิต และค่าความสว่าง (L) ของผงเมือกเมล็ดแมงลักลดลงอีกด้วย ทั้งนี้เมื่อนำน้ำที่เหลือจากการแช่เมล็ดแมงลักที่ภาวะต่างๆ มาวัดค่าการเกิดสารสีน้ำตาล (Browning absorbance value) โดยดูจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ได้ผลดังตารางที่ 4.5 โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิและเวลาในการแช่เมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้น ปฏิกริยาการเกิดสารสีน้ำตาลจากหมู่อะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์จะเพิ่มสูงขึ้น และยิ่งเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้เมล็ดแมงลักบด ทั้งนี้จึงมีผลต่อสีของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้โดยพบว่า สีของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้จากการแยกทางกลโดยใช้เมล็ดแมงลักที่ไม่ผ่านการบด จะมีความสว่าง (L) สูงกว่าเมื่อใช้เมล็ดแมงลักบดมาก รวมทั้งค่าร้อยละของผลผลิตของการแยกเมือกเมล็ดแมงลักโดยใช้เมล็ดแมงลักบดมีค่าน้อยกว่าการใช้เมล็ดแมงลักที่ไม่ผ่านการบดมาก

ดังนั้นจึงเลือกภาวะที่ให้ค่าร้อยละของผลผลิตสูงสุดและให้ค่าความสว่างของผงเมือกเมล็ดแมงลักดีที่สุดของการแยกโดยวิธีทางกลแบบแห้งนี้เป็นการใช้เมล็ดแมงลักที่ไม่ผ่านการบด อุณหภูมิในการแช่ 60°C นาน 1 ชม. และเมล็ดแมงลักบด อุณหภูมิในการแช่ 30°C นาน 6 ชม.

ตารางที่ 4.5 : ค่าการเกิดสารสีน้ำตาล (Browning Absorbance Value) ของน้ำที่เหลือจากการแช่ เมล็ดแมงลักในขั้นตอนการแยกเมือกเมล็ดแมงลักแบบแห้งทั้งแบบที่ผ่านการบดและไม่ผ่านการบด

ภาวะการแยกเมือก		ค่าการเกิดสารสีน้ำตาล ¹	
อุณหภูมิ (°C)	เวลาแช่ (ชั่วโมง)	เมล็ดแมงลักที่ไม่ผ่านการบด	เมล็ดแมงลักบด
30	1	0.039±0.008	0.058±0.011
	3	0.039±0.012	0.082±0.009
	6	0.045±0.003	0.088±0.020
60	1	0.047±0.006	0.119±0.014
	3	0.052±0.003	0.129±0.008
	6	0.072±0.005	0.167±0.008
90	1	0.126±0.022	0.159±0.013
	3	0.165±0.046	0.180±0.011
	6	0.189±0.007	0.209±0.039

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ , วัดที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

4.2.1.2 การแยกเมือกเมล็ดแมงลักแบบเปียก

จากการทดลองแปรอุณหภูมิของน้ำแช่เป็น 30-60°C เวลาในการแช่เป็น 1-6 ชม. และเวลาในการตีปั่นเมล็ดแมงลักที่พองตัวแล้วเพื่อให้ส่วนเมือกแยกออกจากส่วนสีดำเป็น 1-10 นาที เมื่อนำมาวัดค่าร้อยละของผลผลิต และค่าสี (L,a,b) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 : ร้อยละของผลผลิตและสีของผงเมือกเมล็ดแมงลักจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลักแบบเปียก

ภาวะในการแยก			ร้อยละของผลผลิต ¹	สี ¹		
อุณหภูมิ (°C)	เวลาแช่ (ชั่วโมง)	เวลาตีปั่น (นาที)		L	a	b
30	1	1	1.40 ^s ±0.12	71.71 ^a ±0.25	2.10 ^l ±0.04	14.03 ^l ±0.04
		5	9.61 ^l ±1.05	68.62 ^{cd} ±0.56	2.83 ^{bc} ±0.09	15.32 ^{abc} ±0.07
		10	13.64 ^e ±2.09	65.64 ^{fg} ±1.62	3.12 ^a ±0.11	15.08 ^{cd} ±0.05
	3	1	2.53 ^r ±0.83	69.98 ^{bc} ±0.25	2.62 ^{de} ±0.05	15.40 ^{ab} ±0.11
		5	10.65 ^j ±0.61	66.37 ^{fg} ±1.20	3.05 ^a ±0.03	15.45 ^{ab} ±0.04
		10	16.07 ^a ±0.84	66.52 ^{efg} ±0.85	3.19 ^s ±0.08	15.19 ^{bcd} ±0.05
	6	1	3.04 ^q ±0.21	70.92 ^{ab} ±0.46	2.38 ^f ±0.05	14.21 ^{ghi} ±0.06
		5	11.17 ⁱ ±1.16	68.67 ^{cd} ±0.52	2.88 ^b ±0.04	15.52 ^a ±0.09
		10	15.92 ^{bc} ±0.99	61.10 ^{def} ±0.09	2.78 ^{bcd} ±0.06	15.02 ^{de} ±0.04
60	1	1	4.60 ^o ±0.25	71.00 ^{ab} ±0.12	2.33 ^f ±0.09	14.08 ^{hi} ±0.09
		5	10.47 ^k ±0.07	68.09 ^{de} ±0.17	2.67 ^{cde} ±0.10	14.73 ^f ±0.06
		10	16.04 ^{ab} ±0.11	66.55 ^{efg} ±0.26	2.61 ^e ±0.04	14.33 ^{gh} ±0.14
	3	1	3.74 ^p ±0.33	67.98 ^{de} ±0.15	2.11 ^l ±0.08	13.94 ^l ±0.11
		5	7.93 ^m ±0.09	63.92 ^{hi} ±0.85	2.88 ^b ±0.09	14.40 ^g ±0.06
		10	15.87 ^c ±0.11	63.24 ⁱ ±0.85	2.77 ^{bcd} ±0.01	14.09 ^{hi} ±0.08
	6	1	4.98 ⁿ ±0.03	65.12 ^{gh} ±0.10	2.71 ^{cde} ±0.08	14.79 ^{ef} ±0.04
		5	11.97 ^f ±0.11	64.99 ^{gh} ±0.16	2.90 ^b ±0.06	15.23 ^{bcd} ±0.12
		10	15.25 ^d ±0.28	61.16 ^j ±0.13	3.08 ^a ±0.01	14.71 ^f ±0.20

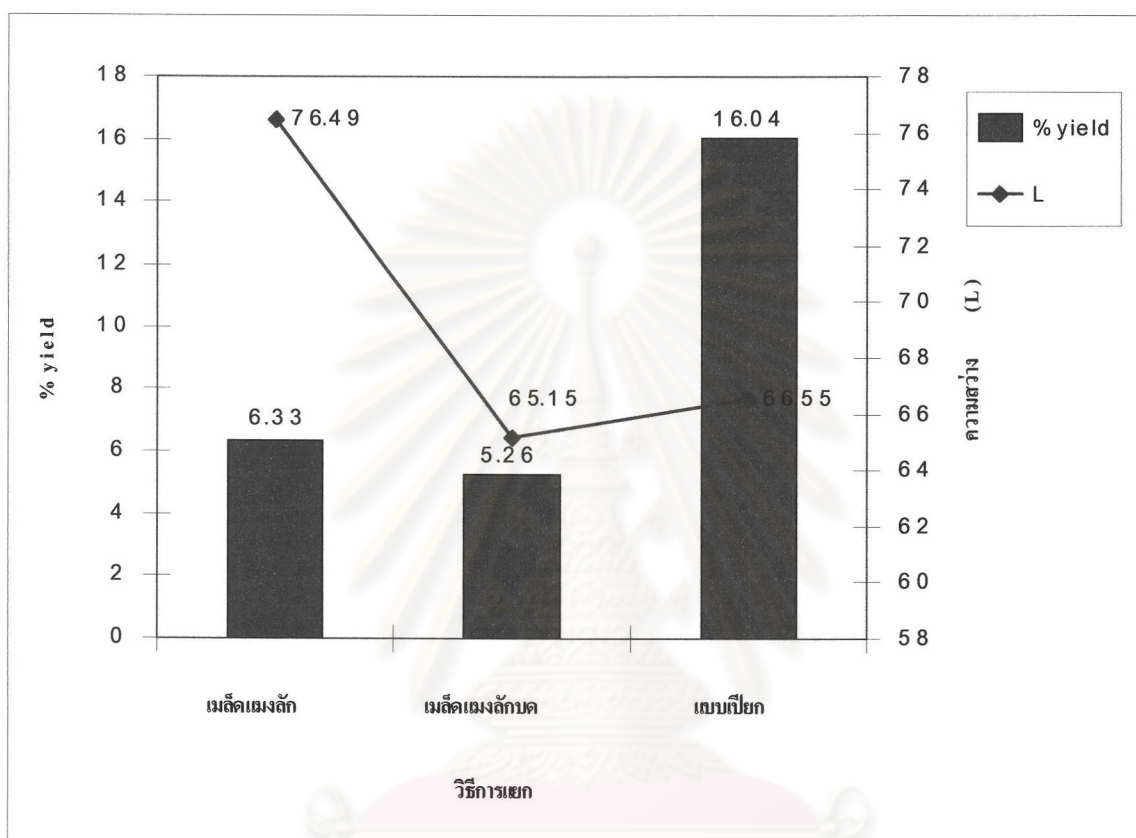
¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ , ค่าสี Hunter : L = ความสว่าง (100 = สว่าง , 0 = มืด) ; a = + สีแดง , - สีเขียว ; b = + สีเหลือง , - สีนํ้าเงิน

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

พบว่าที่อุณหภูมิและเวลาในการแช่เท่ากัน เวลาในการตีปั่นจะมีผลต่อร้อยละของผลผลิตและค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักอย่างมีนัยสำคัญ (p< 0.05) โดยเมื่อเวลาในการตีปั่นเพิ่มขึ้น ค่าร้อยละของผลผลิตจะเพิ่มขึ้น แต่ค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) จึงเลือกสภาวะที่ให้ค่าร้อยละของผลผลิตสูงสุดโดยใช้เวลาในการแช่เมล็ดแมงลักสั้นที่สุด

ของการแยกโดยวิธีนี้เป็นอุณหภูมิในการแช่เป็น 60°C นาน 1 ชม. เวลาในการตีปั่นเมล็ดแมงลักที่ พองตัวแล้วเพื่อแยกส่วนเมือกออกจากส่วนลีดำนาน 10 นาที

เมื่อนำสภาวะที่ดีที่สุดในการแยกทั้ง 3 แบบ มาเปรียบเทียบกับทั้งค่าร้อยละของผลผลิต และค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้ ได้ผลดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบภาวะการแยกเมือกเมล็ดแมงลักต่อร้อยละการผลิตและความสว่างของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้

จากภาพที่ 4.3 พบว่าภาวะ การแยกทั้ง 3 แบบจะทำให้ค่าร้อยละของผลผลิต และค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยภาวะที่เหมาะสมในการแยกเมือกจากเมล็ดแมงลัก คือ ภาวะที่ให้ค่าร้อยละของผลผลิตสูงสุด คือ การแยกเมือกเมล็ดแมงลักแบบเปียก ที่อุณหภูมิในการแช่ 60°C นาน 1 ชม. เวลาในการตีปั่นนาน 10 นาที

4.2.2 ภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้จากการแยกที่ภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 4.2.1 มาฟอกสีด้วยวิธี Alkaline Hydrogen Peroxide (AHP) โดยแปร pH ในการทำปฏิกิริยาเป็น 9.0 และ 11.5

และแปรปริมาณ H_2O_2 เป็น 0.1-2.0%(w/v) และเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 1-3 ชม. ได้ค่าความสว่าง และปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ของผงเมือกเมล็ดแมงลัก ดังตารางที่ 4.7

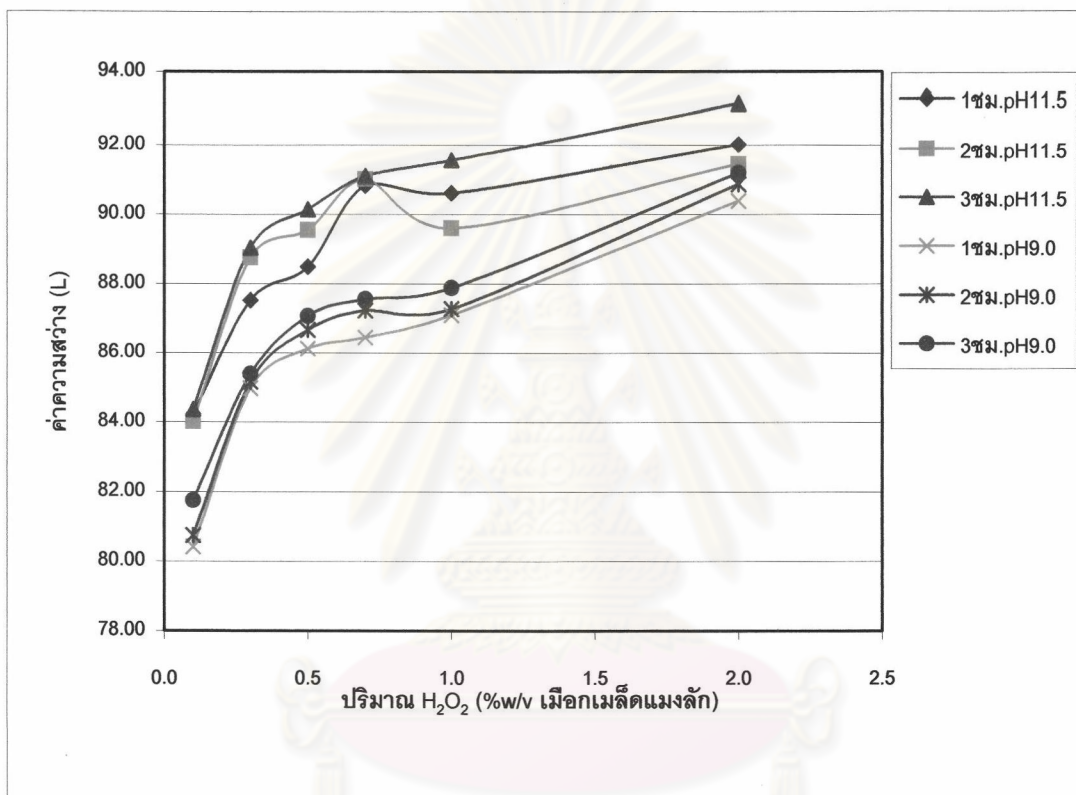
ตารางที่ 4.7 : ค่าความสว่าง (L) และปริมาณเกลือของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ภาวะการฟอกสีด้วยวิธี AHP

ภาวะการฟอกสี		ค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ค่าความสว่าง (L)		%เกลือโซเดียมคลอไรด์ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)	
% H_2O_2 (w/v)	เวลา (ชั่วโมง)	pH 9.0	pH 11.5	pH 9.0	pH 11.5
0.1	1	80.41 ^u \pm 0.46	84.24 ^{rs} \pm 0.18	1.59 ^{mn} \pm 0.20	3.77 ^{efg} \pm 0.25
	2	80.74 ^{tu} \pm 0.39	84.02 ^s \pm 0.53	1.72 ^{lmn} \pm 0.20	3.27 ^{ghi} \pm 0.21
	3	81.75 ^t \pm 1.02	84.37 ^{rs} \pm 0.47	1.65 ^{lmn} \pm 0.10	3.22 ^{ghij} \pm 0.44
0.3	1	84.97 ^{qrs} \pm 1.85	87.53 ^{ijklm} \pm 0.25	2.03 ^{klmn} \pm 0.32	3.47 ^{gh} \pm 0.24
	2	85.16 ^{pqrs} \pm 0.63	88.75 ^{hij} \pm 1.08	1.68 ^{lmn} \pm 0.35	3.15 ^{ghij} \pm 0.26
	3	85.39 ^{opqr} \pm 0.95	89.03 ^{ghi} \pm 0.25	1.53 ⁿ \pm 1.07	3.44 ^{gh} \pm 2.13
0.5	1	86.12 ^{nopq} \pm 0.14	88.49 ^{hijk} \pm 0.49	2.08 ^{klmn} \pm 0.94	4.32 ^{de} \pm 0.20
	2	86.67 ^{lmno} \pm 0.14	89.69 ^{efgh} \pm 0.28	2.56 ^{jk} \pm 0.10	4.25 ^{def} \pm 0.53
	3	87.07 ^{lmn} \pm 0.56	90.14 ^{defg} \pm 0.97	2.30 ^{kl} \pm 0.30	4.60 ^{cd} \pm 0.27
0.7	1	86.45 ^{mnop} \pm 0.42	90.80 ^{bcdef} \pm 2.06	2.22 ^{klm} \pm 0.09	4.87 ^{cd} \pm 1.16
	2	87.23 ^{klmn} \pm 2.02	91.00 ^{bcde} \pm 0.84	2.70 ^{ijk} \pm 0.25	5.16 ^{cd} \pm 0.80
	3	87.56 ^{ijklm} \pm 1.47	91.10 ^{bcd} \pm 2.13	2.31 ^{kl} \pm 0.48	5.09 ^{bc} \pm 0.27
1.0	1	87.10 ^{lmn} \pm 0.81	90.61 ^{cdef} \pm 0.72	3.02 ^{hij} \pm 0.16	5.16 ^{bc} \pm 0.28
	2	87.28 ^{klmn} \pm 0.65	89.60 ^{fgh} \pm 2.62	3.22 ^{ghij} \pm 0.24	5.55 ^b \pm 0.36
	3	87.88 ^{ijkl} \pm 1.13	91.56 ^{bc} \pm 0.67	3.22 ^{ghij} \pm 0.35	5.62 ^b \pm 0.88
2.0	1	90.38 ^{cdef} \pm 0.44	92.02 ^{ab} \pm 1.82	3.64 ^{fgh} \pm 0.14	7.32 ^a \pm 0.80
	2	90.86 ^{bcdef} \pm 0.74	91.45 ^{bcd} \pm 2.59	3.38 ^{gh} \pm 2.19	7.36 ^a \pm 0.42
	3	91.18 ^{bcd} \pm 0.63	93.17 ^a \pm 0.95	3.56 ^{gh} \pm 0.39	7.35 ^a \pm 0.71

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ , ค่าสี Hunter : L = ความสว่าง (100 = สว่าง , 0 = มืด) ; a = + สีแดง , - สีเขียว ; b = + สีเหลือง , - สีนํ้าเงิน

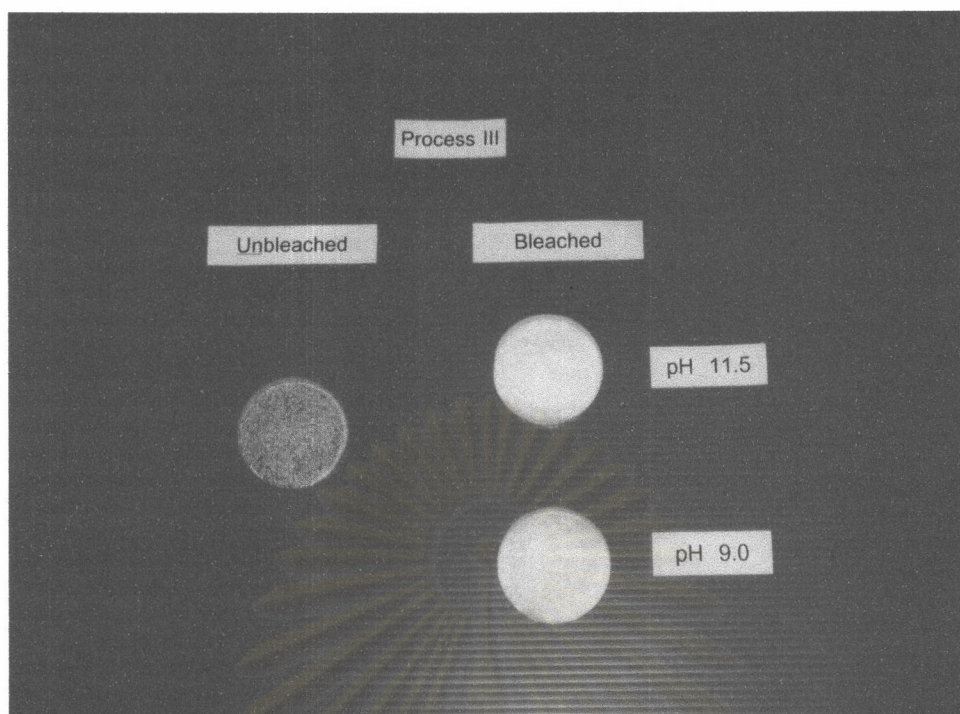
a,b,c,..... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

พบว่า pH ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และปริมาณ H_2O_2 มีผลต่อค่า L และปริมาณ กลีโกลิโคเจนของผงเมือกเมล็ดแมงลักอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และไม่พบปริมาณ H_2O_2 ตกค้างในผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ทุกภาวะการฟอกสี โดยแนวโน้มที่เกิดขึ้นในการฟอกสีที่ pH 11.5 จะให้ค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักสูงกว่าที่ pH 9.0 ในทุกภาวะเดียวกัน และปริมาณกลีโกลิโคเจนที่เกิดขึ้นก็จะสูงกว่าด้วยเช่นกัน อีกทั้งเมื่อใช้ปริมาณ H_2O_2 ที่ใช้สูงขึ้น ค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งที่ pH 11.5 และ pH 9.0 ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักเมื่อฟอกสีด้วยวิธี AHP ที่ pH 11.5 และ pH 9.0

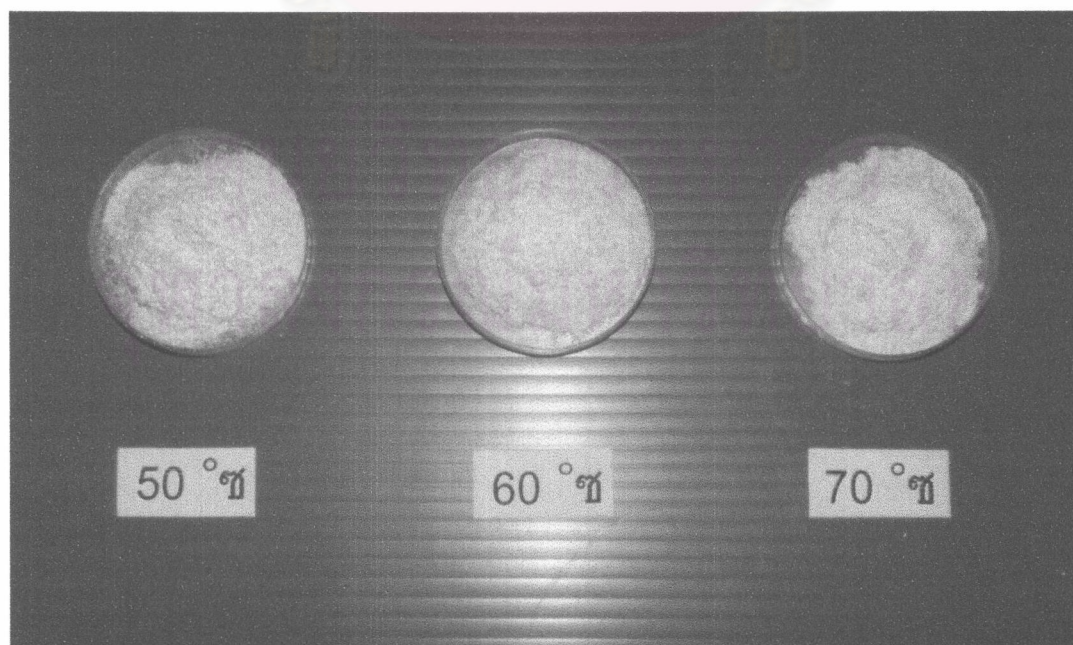
โดยเมื่อคำนึงถึงค่าความสว่างของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้ ประกอบกับปริมาณ กลีโกลิโคเจนที่เกิดขึ้นแล้ว จึงได้ภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีเมือกเมล็ดแมงลักด้วยวิธี AHP คือ ปริมาณ H_2O_2 2.0%(w/v) ของสารเมือก ที่ pH 9.0 เวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ชม. ได้ผงเมือกเมล็ดแมงลักที่มีความสว่าง (L-value) สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ผ่านการฟอกสีดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 ผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ผ่านการฟอกสี (Bleached) ด้วยวิธี AHP ที่ pH 11.5 และ pH 9.0 เปรียบเทียบกับเมือไม่ฟอกสี (Unbleached)

4.2.3 ภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งเมือกเมล็ดแมงลักด้วยตู้อบลมร้อน

เมื่อนำเมือกเมล็ดแมงลักที่ผ่านการฟอกสีในข้อ 4.2.2 มาแปรอุณหภูมิในการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนเป็น 50-70°C ได้ผงเมือกเมล็ดแมงลักที่มีความแตกต่างของสีดังแสดงในภาพที่ 4.6 โดยเมื่อนำไปวัดค่าสี (L,a,b) และค่าการดูดซับน้ำของผงเมือกเมล็ดแมงลัก ได้ผลดังตารางที่ 4.8



ภาพที่ 4.6 ผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้จากการอบในตู้อบลมร้อนแบบภาคที่อุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 4.8 : ค่า L, a, b และค่าการดูดซับน้ำ (water absorption) ของผงเมือกเมล็ดแมงลัก ที่อุณหภูมิตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dryer) 50-70°C

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	ค่า L, a, b			ค่าการดูดซับน้ำ ¹ (กรัม/กรัมตัวอย่าง แห้ง)
	L	a ^{ns}	b	
50	88.49 ^b ±0.54	0.24±0.07	12.87 ^a ±0.12	184.90 ^a ±1.08
60	89.73 ^b ±0.99	0.38±1.07	11.63 ^b ±1.08	136.16 ^b ±9.11
70	91.23 ^a ±0.58	0.33±0.08	11.07 ^b ±0.27	93.44 ^c ±2.10

¹ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน , ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดมีผลต่อค่า L และค่าการดูดซับน้ำของผงเมือกเมล็ดแมงลักอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้นค่า L ของผงเมือกเมล็ดแมงลักจะสูงขึ้น แต่ค่าการดูดซับน้ำจะลดลง

ดังนั้นจะเลือกภาวะที่เหมาะสมในการอบด้วยตู้อบลมร้อน โดยคำนึงถึงค่าการดูดซับน้ำเป็นหลัก ประกอบกับค่า L เป็นที่อุณหภูมิในการอบ 50°C

4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงเมือกเมล็ดแมงลักและกากที่เหลือจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลัก และกากที่เหลือจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลักมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และค่า water activity (A_w) ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 : องค์ประกอบทางเคมีและค่า A_w ของผงเมือกเมล็ดแมงลักและกากที่เหลือจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลัก

องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติ	ค่าเฉลี่ย ¹ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ผงเมือกเมล็ดแมงลัก	กากที่เหลือจากการแยก
ความชื้น (%)	5.15 ± 0.19	3.67 ± 0.13
โปรตีน (%)	0.73 ± 0.08	19.21 ± 0.23
ไขมัน (%)	0.89 ± 0.11	22.19 ± 1.07
เถ้า (%)	4.62 ± 0.28	8.20 ± 0.17
-เกลือโซเดียมคลอไรด์ (%)	3.30 ± 0.13	-
เส้นใยหยาบ (%)	-	36.15 ± 1.38
ใยอาหารทั้งหมด (%)	84.37 ± 0.95	-
คาร์โบไฮเดรต (%)	4.24 ± 0.52	10.58 ± 0.81
A_w	0.44 ± 0.07	-

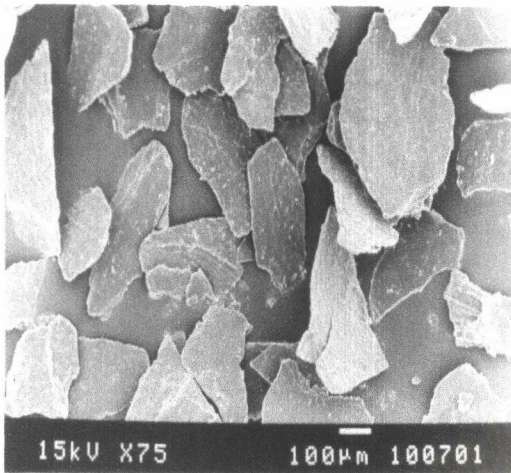
¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

พบว่าผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ได้มีองค์ประกอบหลัก คือ ใยอาหาร อยู่สูงถึงร้อยละ 84.37 และมีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 1 และมีค่า A_w ค่อนข้างต่ำ ในขณะที่ส่วนกากที่เหลือจากการแยกเมือกเมล็ดแมงลักมีปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่สูง

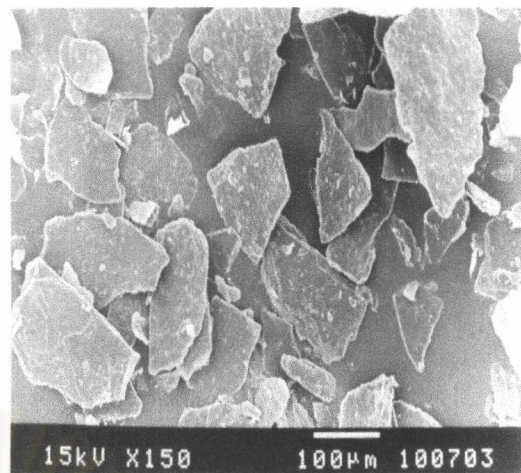
4.4 ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผงเมือกเมล็ดแมงลัก

4.4.1 ลักษณะอนุภาคและพื้นผิวของผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) กัวกัม (GG) โลคัสปีนัม (LBG) และแซนแทนกัม (XG) มาตรวจลักษณะอนุภาคและพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบลักษณะอนุภาคดังภาพที่ 4.7-4.11 และลักษณะพื้นผิวดังภาพที่ 4.12-4.16



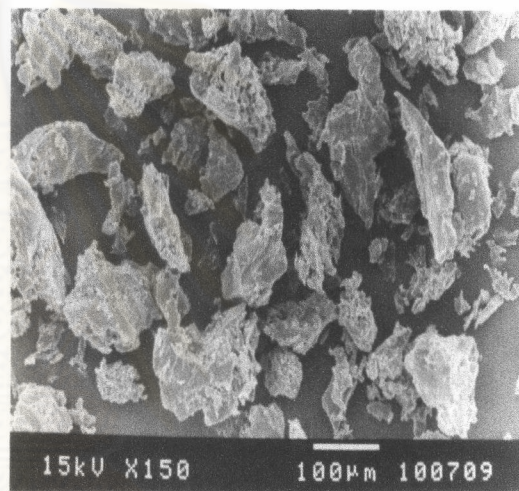
ภาพที่ 4.7 ลักษณะอนุภาคของ COG



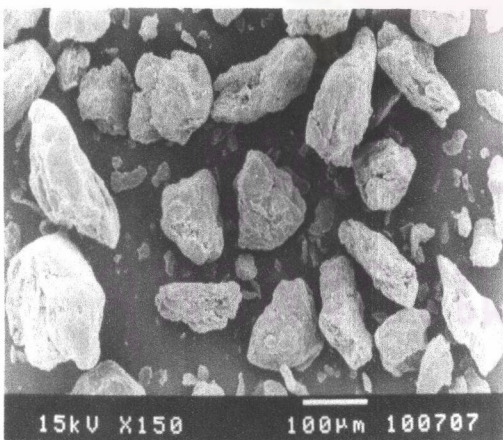
ภาพที่ 4.8 ลักษณะอนุภาคของ FOG



ภาพที่ 4.9 ลักษณะอนุภาคของ GG

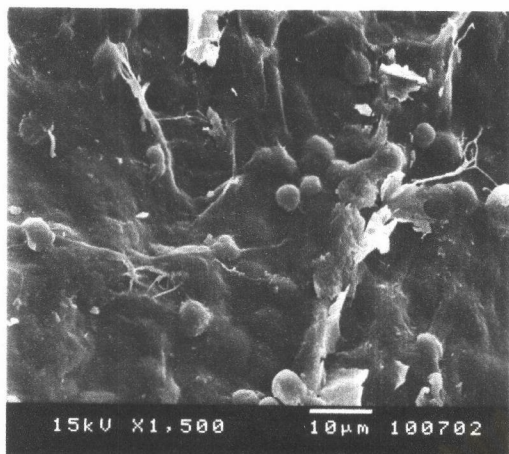


ภาพที่ 4.10 ลักษณะอนุภาคของ LBG

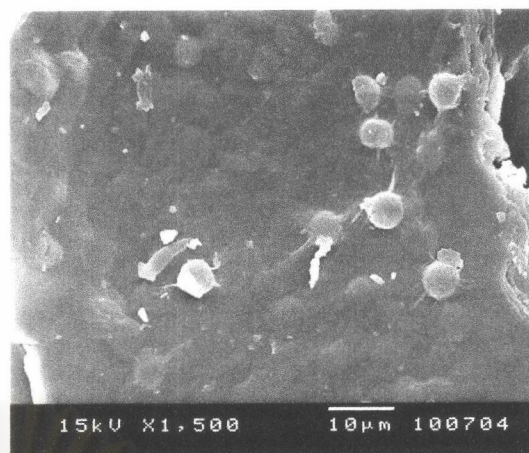


ภาพที่ 4.11 ลักษณะอนุภาคของ XG

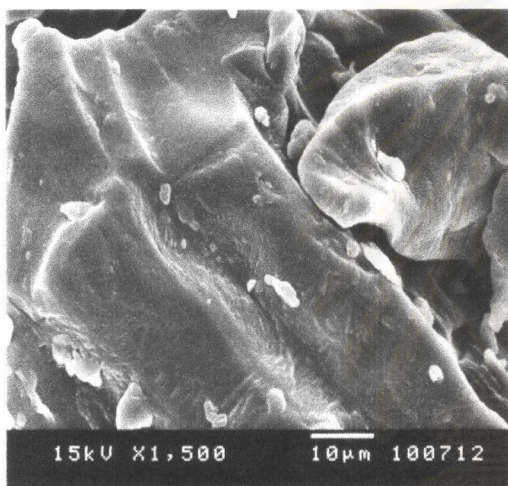
ทรัพยากร
มหาวิทยาลัย



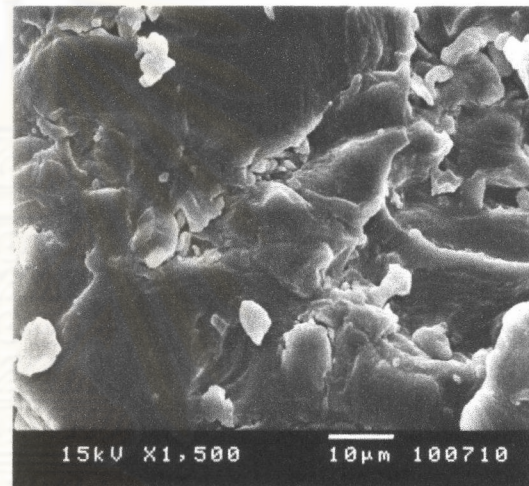
ภาพที่ 4.12 ลักษณะพื้นผิวของ COG



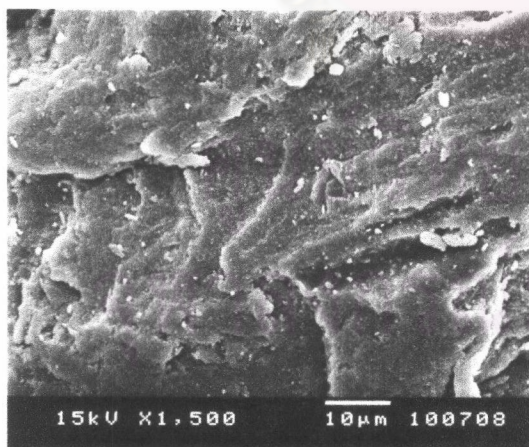
ภาพที่ 4.13 ลักษณะพื้นผิวของ FOG



ภาพที่ 4.14 ลักษณะพื้นผิวของ GG



ภาพที่ 4.15 ลักษณะพื้นผิวของ LBG



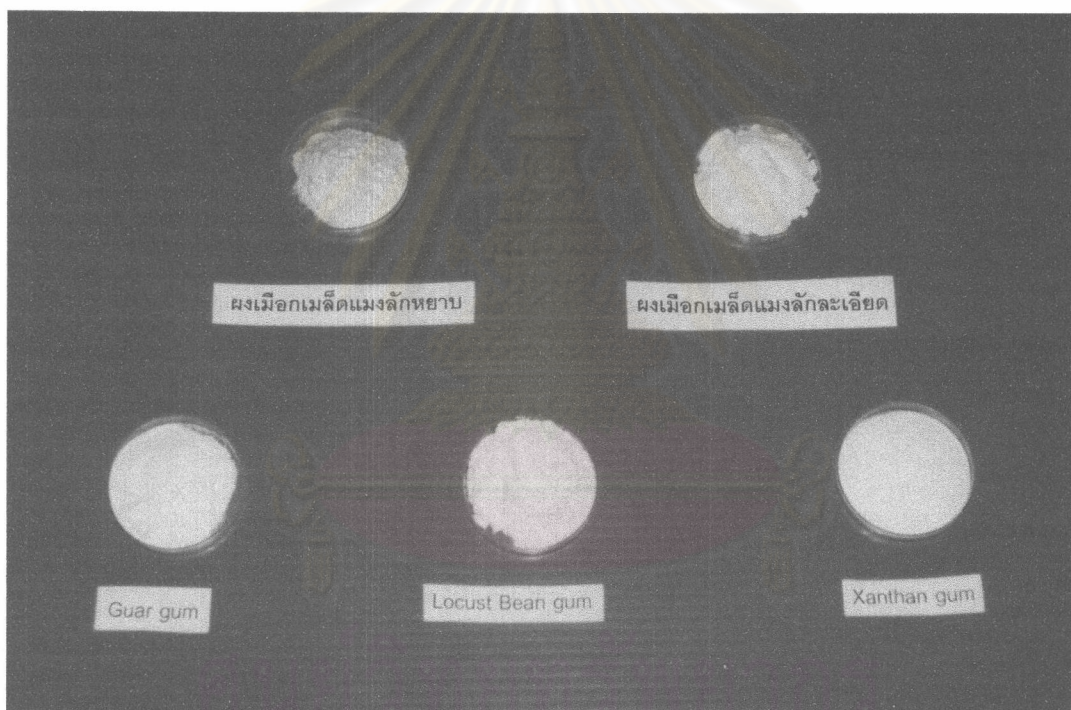
ภาพที่ 4.16 ลักษณะพื้นผิวของ XG

ทรัพยากร
มหาวิทยาลัย

จากภาพที่ 4.7-4.11 พบว่า ลักษณะอนุภาคของทั้ง COG และ FOG เป็นแผ่นแบน (flake) ในขณะที่ลักษณะอนุภาคของ GG , LBG และ XG เป็นทรงกลม และจากภาพที่ 4.12-4.16 พบว่าลักษณะพื้นผิวของ COG , FOG และ XG มีความขรุขระสูง ในขณะที่ลักษณะพื้นผิวของ GG และ LBG ค่อนข้างเรียบ

4.4.2 สีของผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) , ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) , กวักัม (GG) , โลคัสป็นกัม (LBG) , และแซนแทนกัม (XG) มาเปรียบเทียบสี (L,a,b) ด้วยเครื่อง Minolta CR-300 series ได้ผลดังภาพที่ 4.17 และ ตารางที่ 4.10



ภาพที่ 4.17 ลักษณะสีที่แตกต่างกันของผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบและแบบละเอียดกับ กวักัม , โลคัสป็นกัม และแซนแทนกัม

ตารางที่ 4.10 : ค่าสี (L,a,b) ของ COG , FOG เปรียบเทียบกับ GG , LBG และ XG

ชนิดกัม	สี ¹ (ค่าเฉลี่ย \pm เบี่ยงเบนมาตรฐาน)		
	L	a	b
COG	81.84 \pm 0.17	0.88 \pm 0.08	17.58 \pm 0.11
FOG	87.74 \pm 0.11	-0.11 \pm 0.06	12.95 \pm 0.22
GG	88.86 \pm 0.06	-0.63 \pm 0.02	11.84 \pm 0.01
LBG	89.88 \pm 0.20	0.23 \pm 0.02	10.86 \pm 0.06
XG	86.63 \pm 0.28	0.44 \pm 0.04	18.46 \pm 0.47

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ , ค่าสี Hunter : L = ความสว่าง (100 = สว่าง , 0 = มืด) ; a = + สีแดง , - สีเขียว ; b = + สีเหลือง , - สีนํ้าเงิน

จากภาพที่ 4.17 และตารางที่ 4.10 พบว่า ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบมีค่าความสว่าง (L) ต่ำกว่าผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด แต่มีค่าสีแดง (a) และเหลือง (b) สูงกว่า โดยผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียดมีค่า L ใกล้เคียงกับกัวกัม และแซนแทนกัม ในขณะที่โลคัสป็นกัมมีค่า L มากที่สุด

4.4.3 ความสามารถในการอุ้มนํ้า (Water Holding Capacity , WHC) ของผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนํ้าผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) , ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) , กัวกัม (GG) , โลคัสป็นกัม (LBG) , และแซนแทนกัม (XG) มาวัดค่าความสามารถในการอุ้มนํ้า ได้ค่าดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 : ความสามารถในการอุ้มนํ้าของผงเมือกเมล็ดแมงลักและกัมชนิดต่างๆ

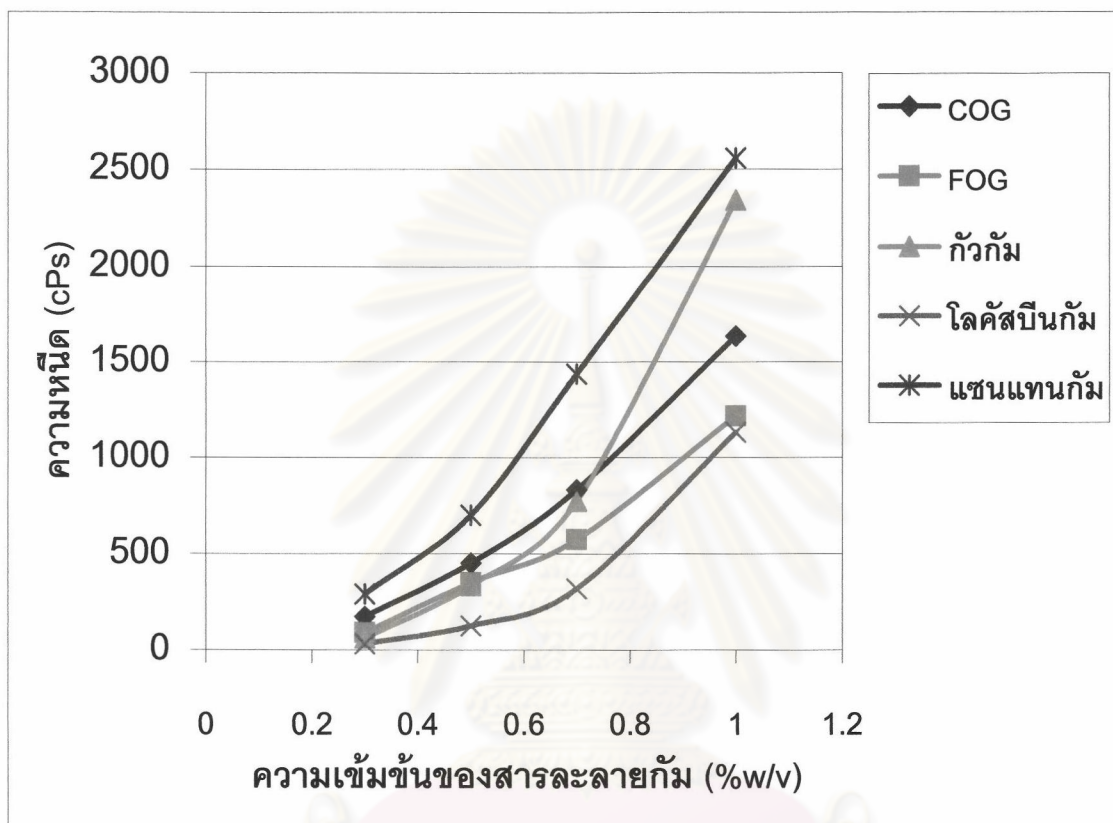
ชนิดกัม	ความสามารถในการอุ้มนํ้า ¹ (กรัม นํ้าต่อกรัม ตัวอย่างแห้ง)
COG	157.09 \pm 5.53
FOG	127.59 \pm 1.34

¹ ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ

พบว่า ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบมีค่า WHC สูงกว่าผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด ส่วนกัวกัม , โลคัสป็นกัม และแซนแทนกัม ไม่สามารถวัดค่า WHC ได้โดยวิธีนี้

4.4.4 ความหนืด (viscosity)

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) , ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) กวักัม (GG) โลคัสปีนัม (LBG) และแซนแทนัม (XG) มาวัดค่าความหนืดที่ความเข้มข้น 0.3-1.0%(w/v) อัตราการเฉือน 10 วินาที⁻¹ ได้ผลดังภาพที่ 4.18



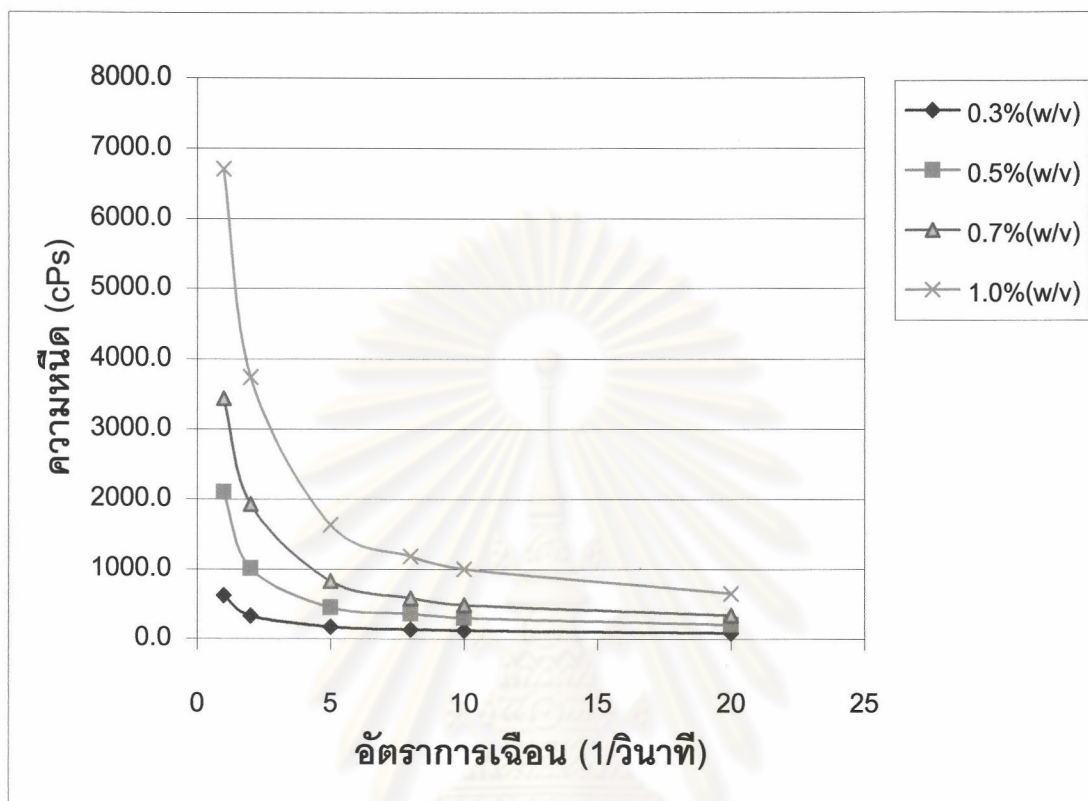
ภาพที่ 4.18 ความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักและสารละลายกัมชนิดต่างๆ

จากภาพที่ 4.18 พบว่า สารละลาย COG มีความหนืดสูงกว่า สารละลาย FOG โดยในช่วงความเข้มข้น 0.3-0.7%(w/v) สารละลาย COG มีความหนืดสูงกว่า สารละลาย GG แต่ต่ำกว่า สารละลาย XG ในขณะที่ สารละลาย FOG มีความหนืดใกล้เคียงกับ สารละลาย GG แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า 0.7%(w/v) ทั้ง สารละลาย COG และ FOG กลับมีความหนืดต่ำกว่า สารละลาย GG

4.4.5 ลักษณะการไหล (Rheological behavior)

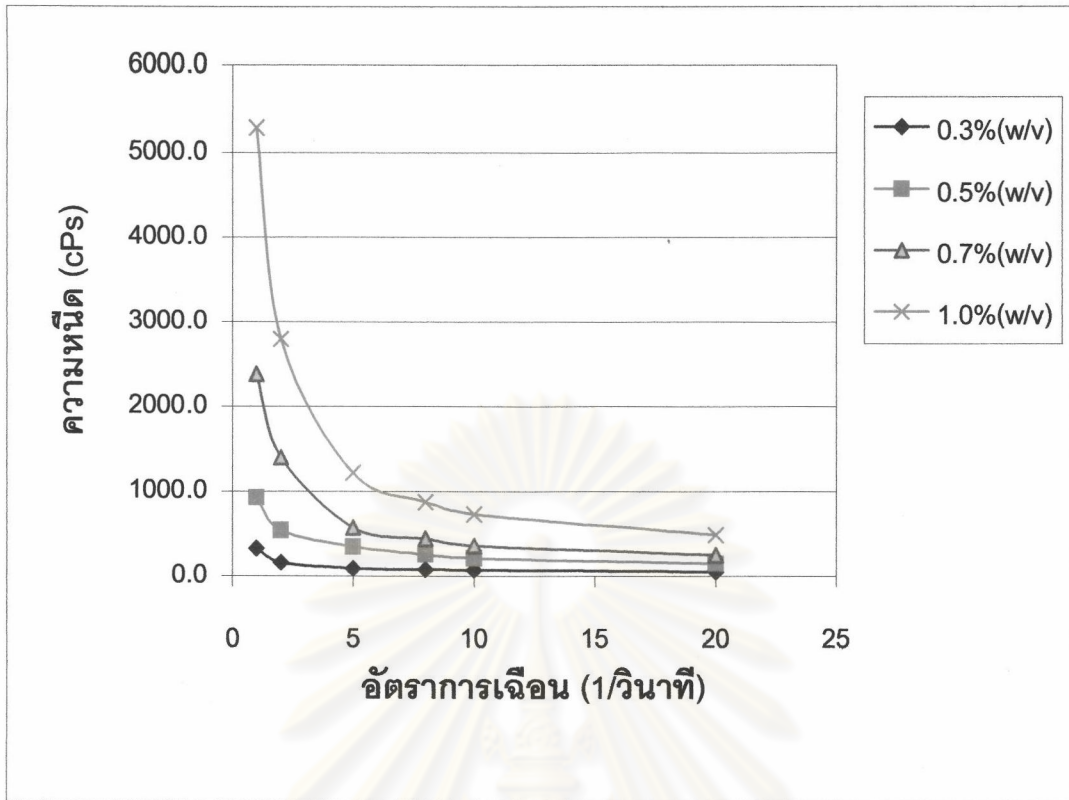
เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) , ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) กวักัม (GG) โลคัสปีนัม (LBG) และแซนแทนัม (XG) มาวัดค่าความหนืดที่

ความเข้มข้น 0.3-1.0%(w/v) เมื่อแปรอัตราการเขือนเป็น 1-20 วินาที⁻¹ เพื่อตรวจสอบลักษณะการไหลของสารละลาย ได้ผลดังภาพที่ 4.19-4.23

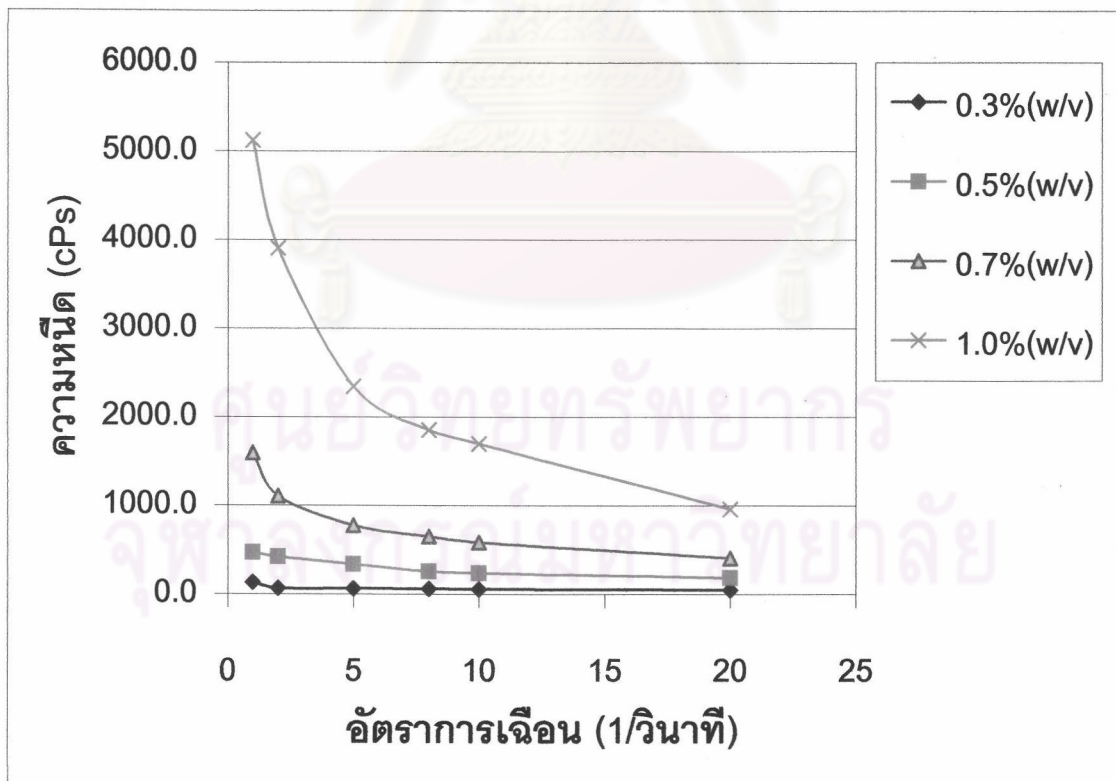


ภาพที่ 4.19 ลักษณะการไหลของสารละลาย COG

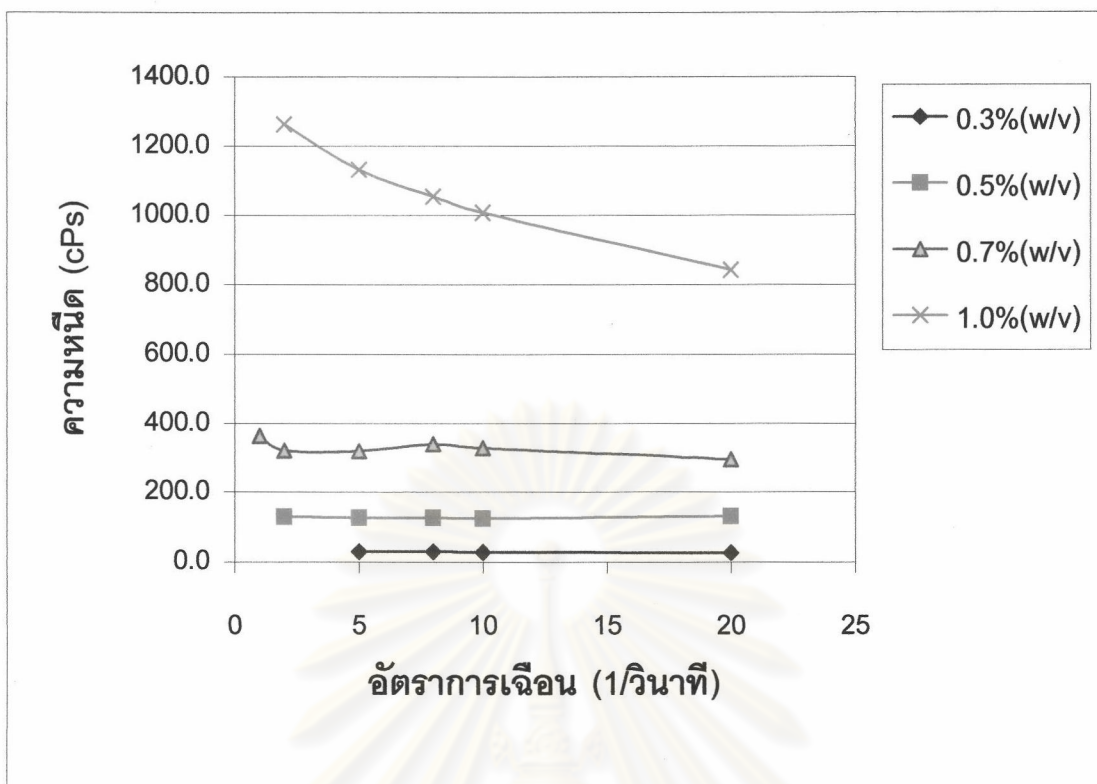
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



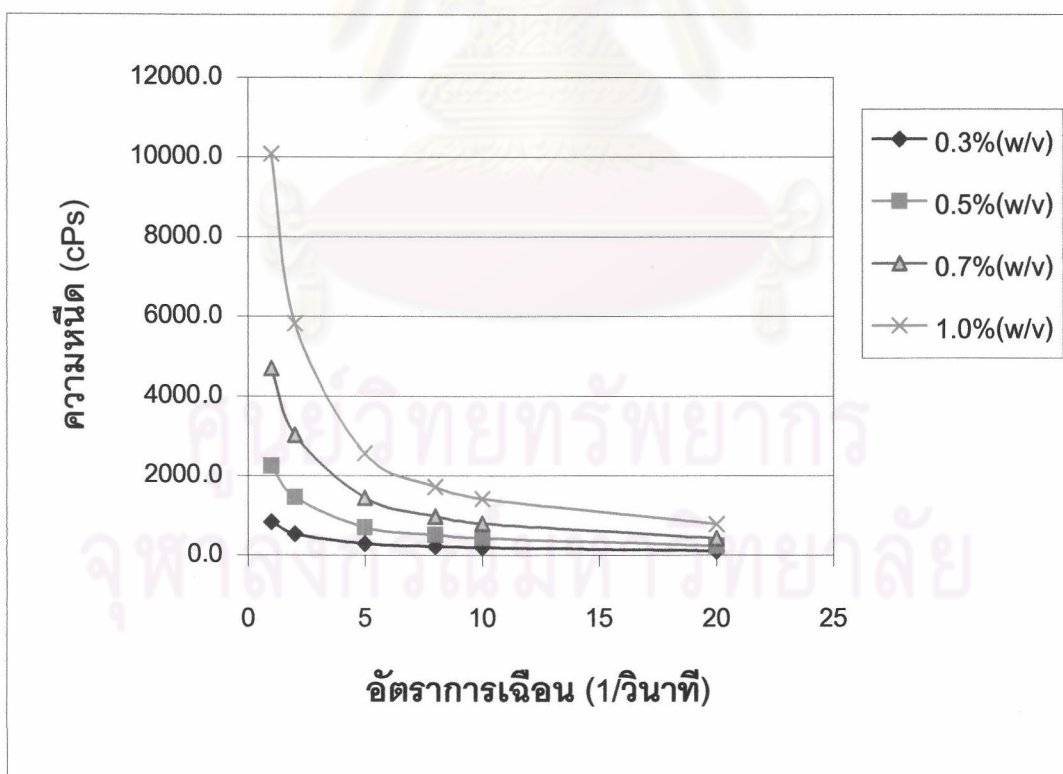
ภาพที่ 4.20 ลักษณะการไหลของสารละลาย FOG



ภาพที่ 4.21 ลักษณะการไหลของสารละลาย GG



ภาพที่ 4.22 ลักษณะการไหลของสารละลาย LBG

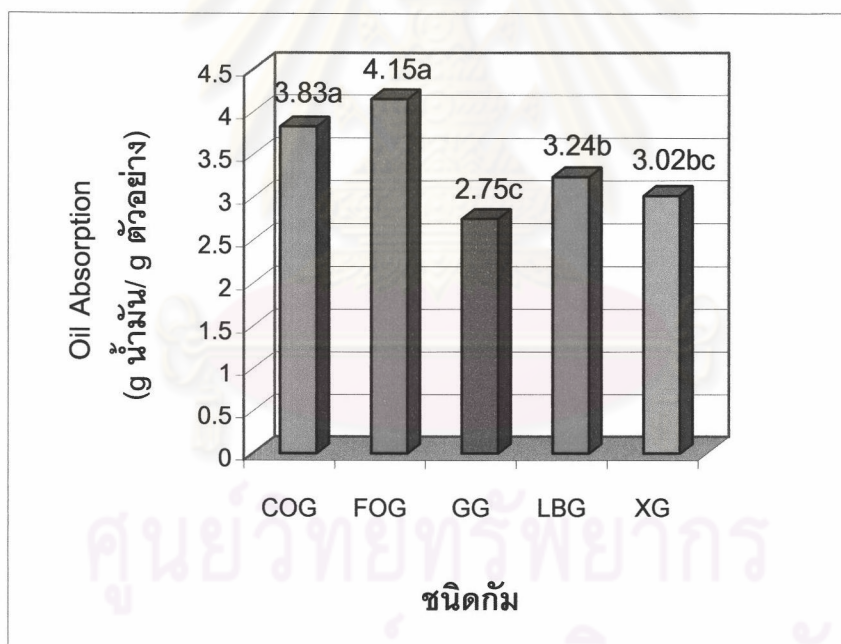


ภาพที่ 4.23 ลักษณะการไหลของสารละลาย XG

จากภาพที่ 4.19-4.23 พบว่า สารละลาย COG , FOG , GG และ XG ที่ความเข้มข้นต่ำ มีลักษณะการไหลแบบ Newtonian คือ ความหนืดไม่เปลี่ยนแปลงที่ทุกอัตราการเฉือน และมีลักษณะการไหลแบบ pseudoplastic คือ ความหนืดลดลงเมื่ออัตราการเฉือนเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นไป (มากกว่า 0.3%w/v) โดยลักษณะการไหลของสารละลาย COG และ FOG จะคล้ายกับสารละลาย XG มากที่สุด ส่วนสารละลาย LBG มีการไหลแตกต่างจากสารละลายกัมชนิดอื่น คือ มีลักษณะการไหลแบบ Newtonian ที่ทุกความเข้มข้น ยกเว้นที่ความเข้มข้น 1.0%(w/v) จึงจะเริ่มแสดงลักษณะการไหลแบบ pseudoplastic

4.4.6 ค่าการดูดซับน้ำมัน (oil absorption)

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) กัวกัม (GG) โลคัสبینกัม (LBG) และแซนแทนกัม (XG) มาวัดค่าการดูดซับน้ำมัน ได้ผลดังภาพที่ 4.24

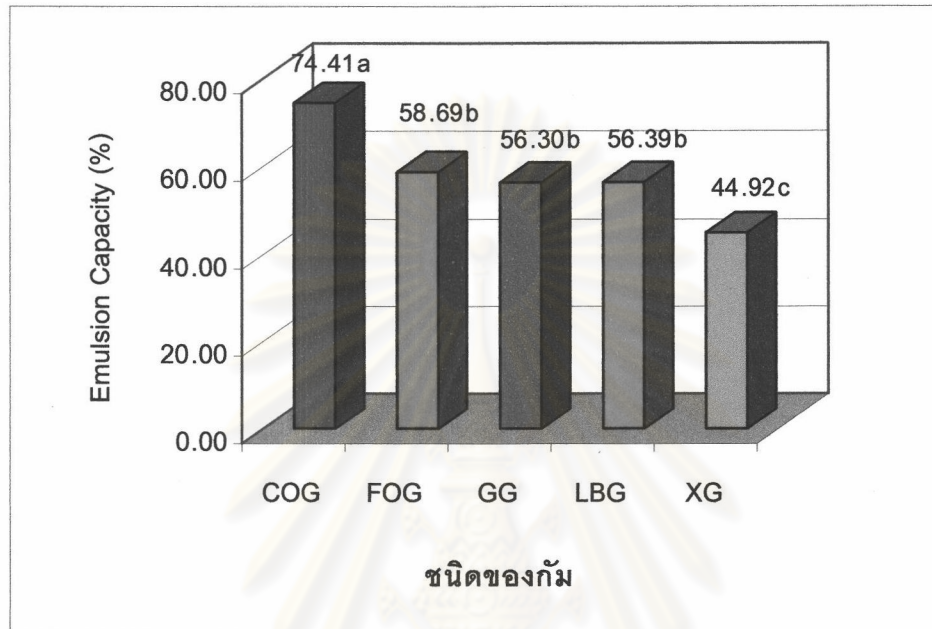


ภาพที่ 4.24 ค่าการดูดซับน้ำมันของผงเมือกเมล็ดแมงลักเทียบกับกัมชนิดต่างๆ

จากภาพที่ 4.24 พบว่า ผงเมือกเมล็ดแมงลักทั้ง 2 แบบมีค่าการดูดซับน้ำมันสูงกว่า GG , LBG และ XG อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ FOG มีค่าการดูดซับน้ำมันสูงกว่า COG เล็กน้อย

4.4.7 ความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน (Emulsion Capacity ,EC)

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) , ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) , กัวกัม (GG) , โลคัสปีนัม (LBG) , และแซนแทนกัม (XG) มาวัดค่าความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชัน ได้ผลดังภาพที่ 4.25

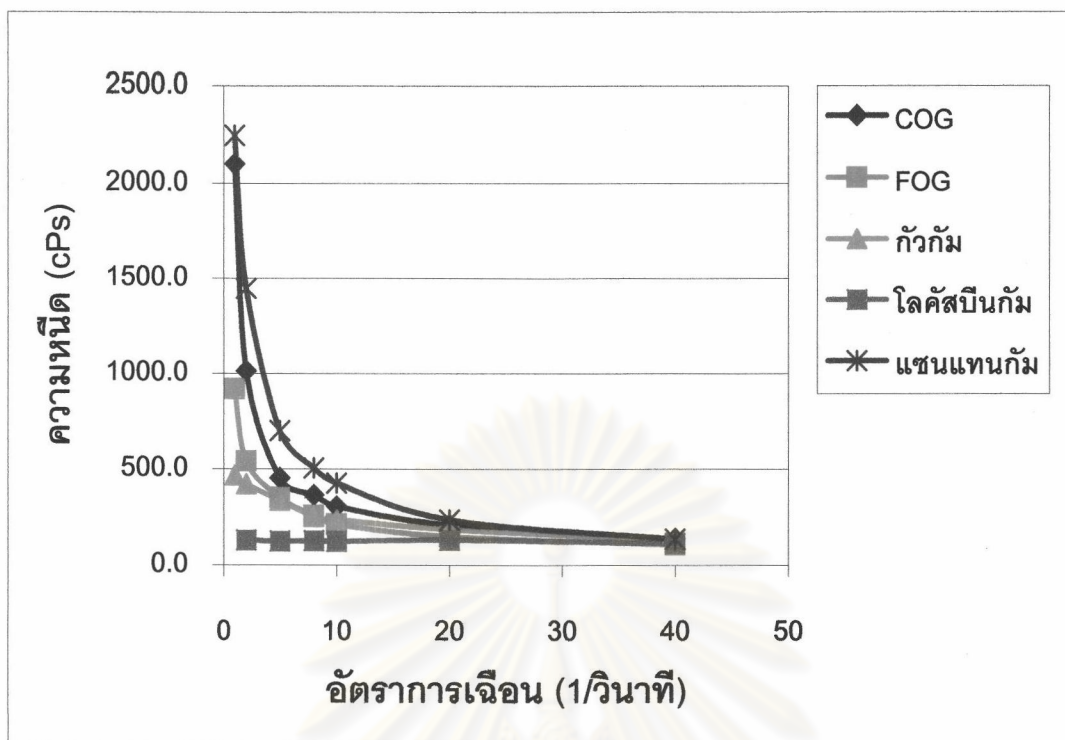


ภาพที่ 4.25 ค่าความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชันของผงเมือกเมล็ดแมงลักเทียบกับกัมชนิดต่างๆ

จากภาพที่ 4.25 พบว่า COG มีค่าความสามารถในการทำให้เกิดอิมัลชันสูงกว่า FOG , GG , LBG และ XG อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบมีค่า EC เท่ากับ 74.41% ส่วน FOG มีค่า EC 58.69% ซึ่งเท่ากับ GG และ LBG ในขณะที่ XG มีค่า EC ต่ำที่สุด

4.4.8 ผลของอัตราการเจือปนต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) และแบบละเอียด (FOG) ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาวัดความหนืดเปรียบเทียบกับสารละลายกัวกัม (GG) , โลคัสปีนัม (LBG) และ แซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อแปรอัตราการเจือปนเป็น 5-40 วินาที⁻¹ ได้ผลดังภาพที่ 4.26



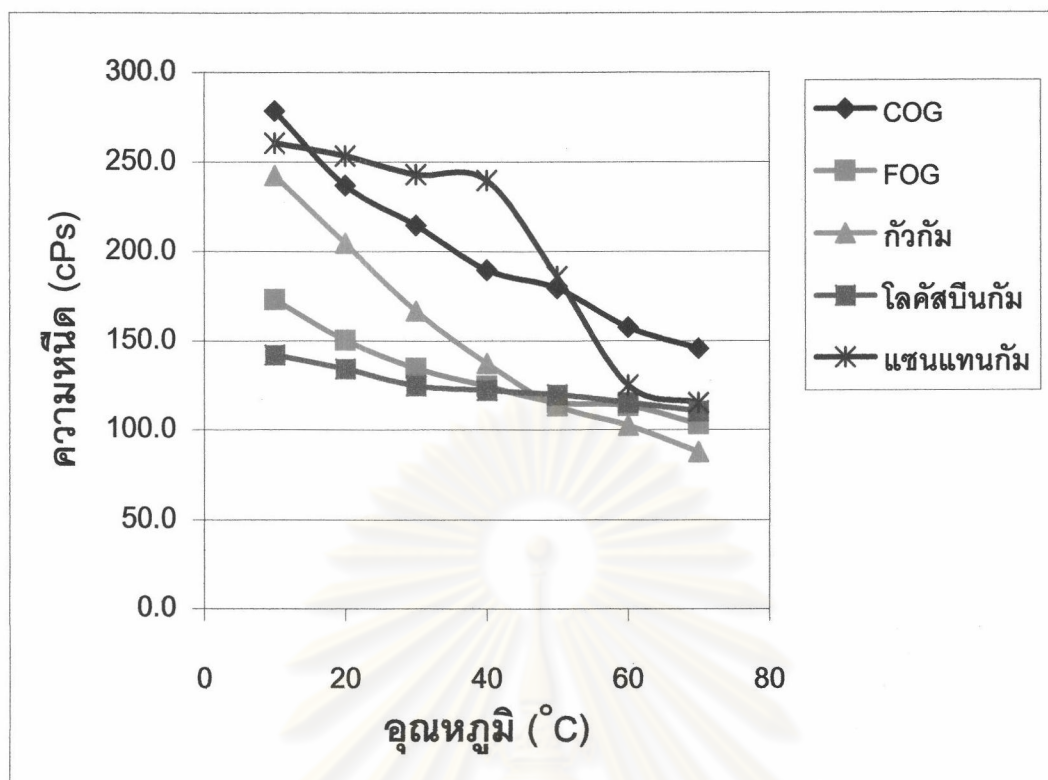
ภาพที่ 4.26 ผลของอัตราการเจือปนต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักเทียบกับสารละลายกัมชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v)

จากภาพที่ 4.26 พบว่า สารละลาย COG , FOG และสารละลายกัมทุกชนิดมีความหนืดลดลงเมื่ออัตราการเจือปนเพิ่มขึ้น

4.4.9 ผลของอุณหภูมิต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) และแบบละเอียด (FOG) ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาวัดความหนืดเปรียบเทียบกับสารละลายกัวกัม (GG) , โลคัสบีนกัม (LBG) และ แซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อแปรอุณหภูมิเป็น 10-70 องศาเซลเซียส ได้ผลดังภาพที่ 4.27

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



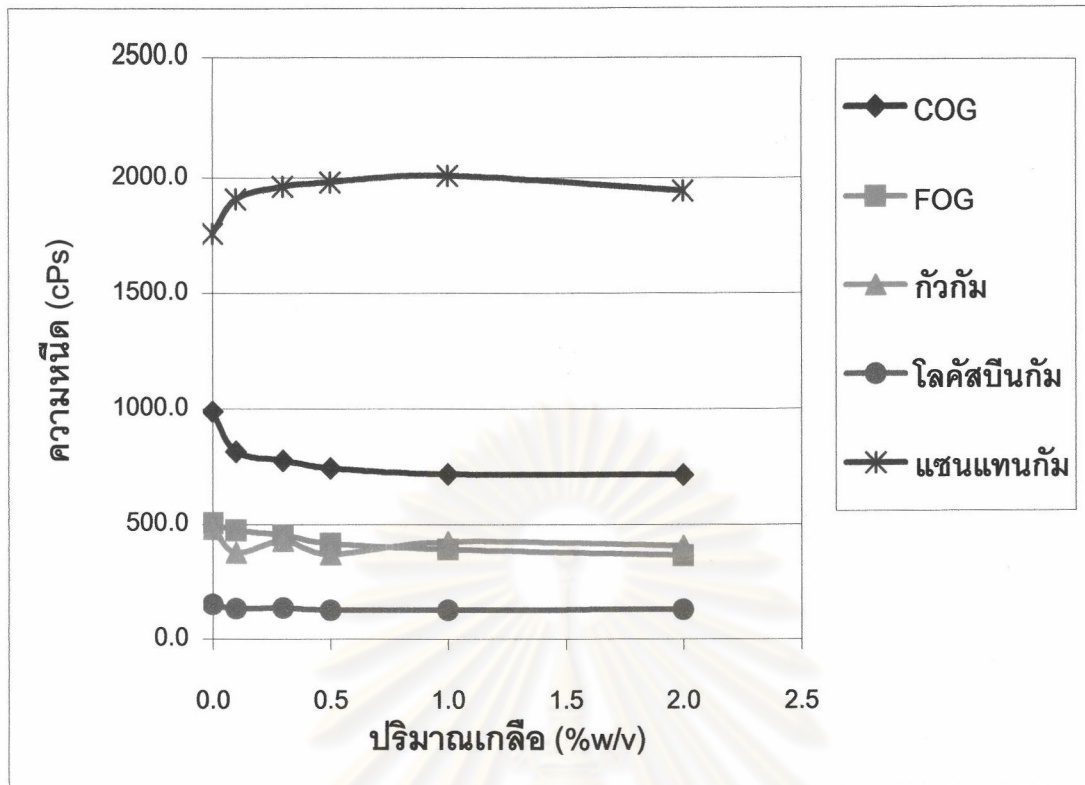
ภาพที่ 4.27 ผลของอุณหภูมิต่อความขุ่นของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักเทียบกับสารละลายกัมชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v)

จากภาพที่ 4.27 พบว่า เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความขุ่นของสารละลาย COG , FOG และสารละลาย GG , LBG และ XG ลดลง

4.4.10 ผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อความขุ่นของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) และแบบละเอียด (FOG) ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาวัดความขุ่นเปรียบเทียบกับสารละลายกัวกัม (GG) , โลคัสป็นกัม (LBG) และ แชนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อแปรปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็น 0.0-2.0%(w/v) ได้ผลดังภาพที่ 4.28

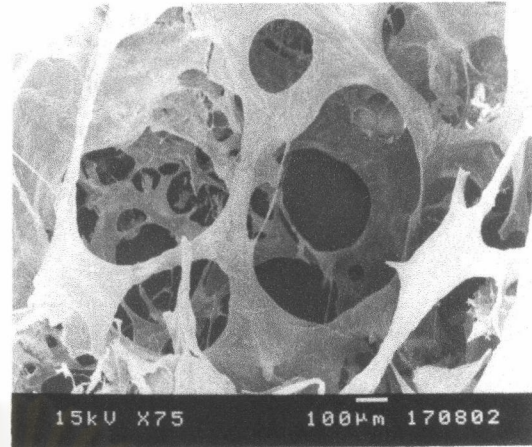
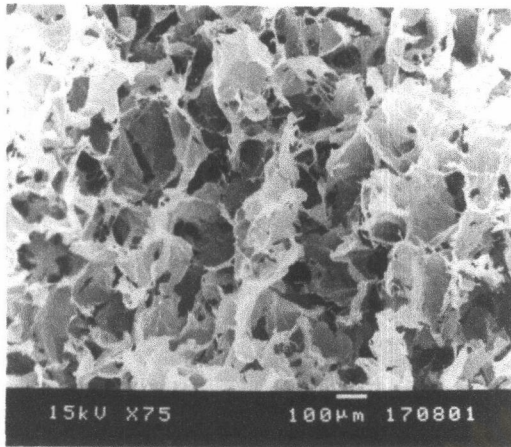
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



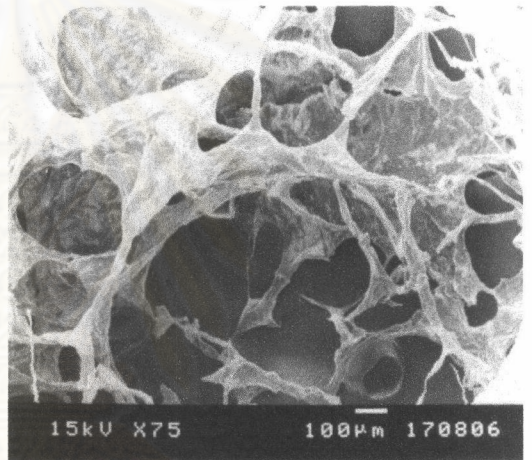
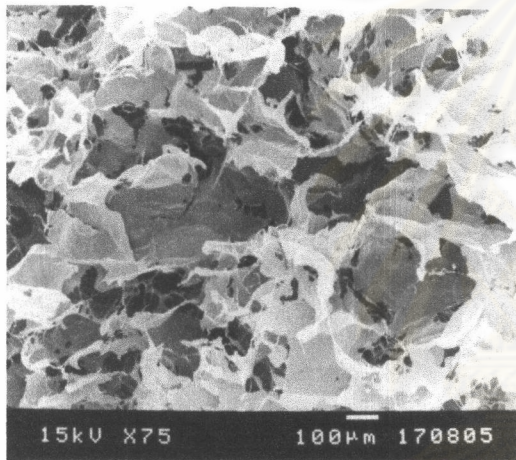
ภาพที่ 4.28 ผลของปริมาณเกล็ดต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักเทียบกับสารละลายกัมชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v)

จากภาพที่ 4.28 พบว่า ความหนืดของสารละลาย COG , FOG , GG และ LBG ลดลงอย่างมากเมื่อมีปริมาณเกล็ดในสารละลายเพียง 0.1%(w/v) ในขณะที่สารละลาย XG มีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณเกล็ดในสารละลายเพิ่มขึ้น

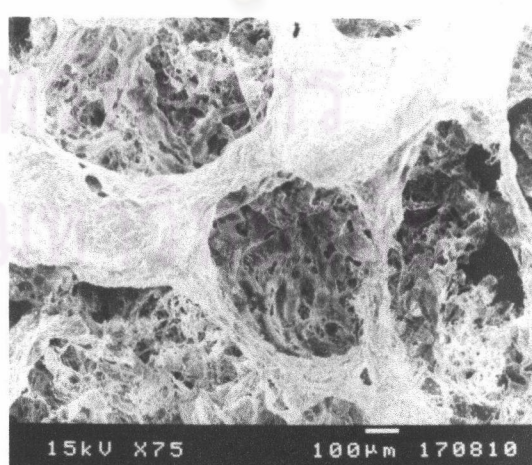
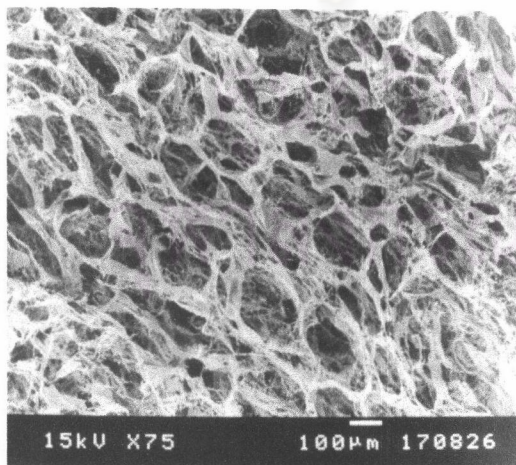
และเมื่อนำสารละลาย COG , FOG , GG , LBG และ XG ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาตรวจดูลักษณะ microstructure ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของสารละลายกัมที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีปริมาณเกล็ด 0.5%(w/v) ได้ผลดังภาพที่ 4.29-4.33



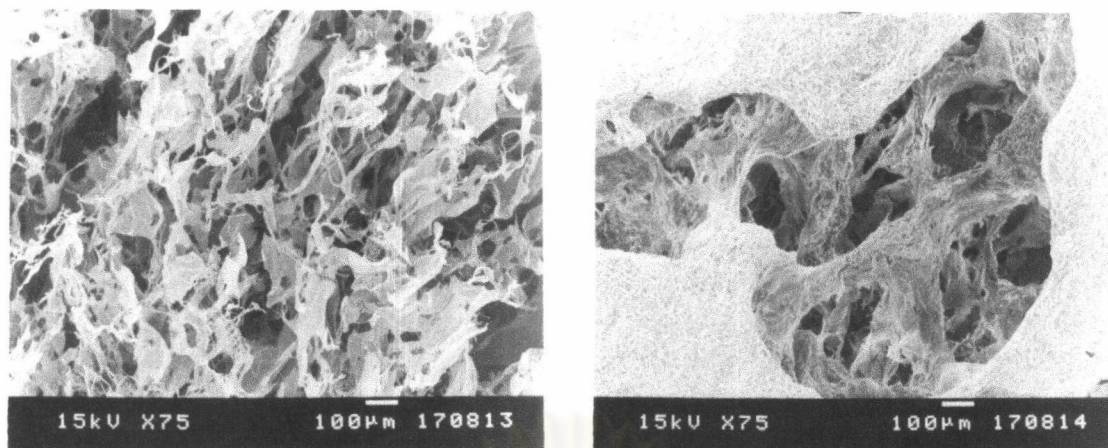
ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย COG เมื่อไม่เติมเกล็ด (ซ้าย) และเติมเกล็ด 0.5%(w/v) (ขวา)



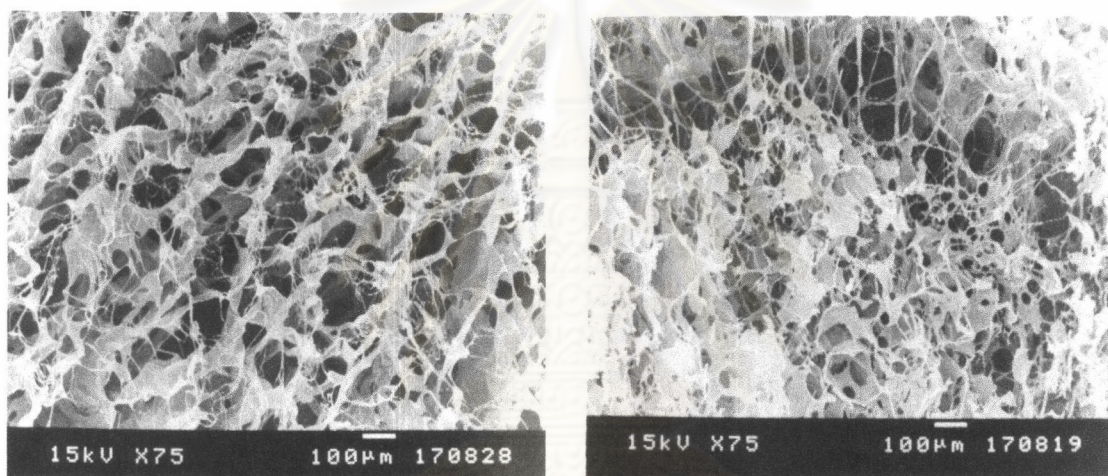
ภาพที่ 4.30 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย FOG เมื่อไม่เติมเกล็ด(ซ้าย) และเติมเกล็ด 0.5%(w/v) (ขวา)



ภาพที่ 4.31 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย GG เมื่อไม่เติมเกล็ด(ซ้าย) และเติมเกล็ด 0.5%(w/v) (ขวา)



ภาพที่ 4.32 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย LBG เมื่อไม่เติมเกล็ด(ซ้าย) และเติมเกล็ด 0.5%(w/v) (ขวา)

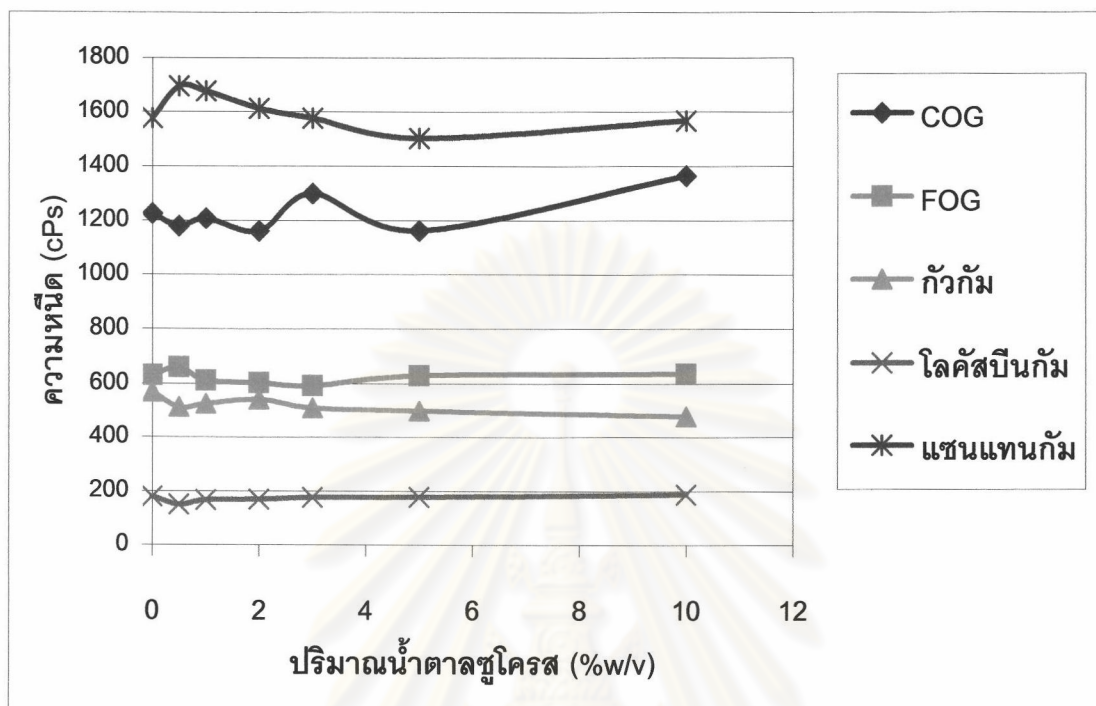


ภาพที่ 4.33 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย XG เมื่อไม่เติมเกล็ด(ซ้าย) และเติมเกล็ด 0.5%(w/v) (ขวา)

จากภาพที่ 4.29-4.33 พบว่า ลักษณะ microstructure ของสารละลาย COG , FOG, GG และ LBG เมื่อมีปริมาณเกล็ด 0.5%(w/v) จะเปลี่ยนไปในลักษณะที่สอดคล้องกับความหนืดของสารละลายกัมที่วัดได้ในภาพที่ 4.25 คือ เป็นลักษณะที่จับตัวกันแบบหลวมมากขึ้น และมีช่องว่างของโครงสร้างที่ใหญ่ขึ้นจึงเป็นผลทำให้ความหนืดของสารละลายกัมลดลง ในขณะที่จะพบการจับตัวกันของโครงสร้างที่แน่นขึ้นในสารละลาย XG เมื่อมีปริมาณเกล็ด 0.5%(w/v) จึงทำให้ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมที่วัดได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

4.4.11 ผลของน้ำตาลซูโครส (sucrose) ต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลัก เมื่อนำสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) และแบบละเอียด (FOG) ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาวัดความหนืดเปรียบเทียบกับสารละลายกัวกัม (GG) โลคัสปีนกัม

(LBG) และ แซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อแปรปริมาณน้ำตาลซูโครสเป็น 0.0-10.0%(w/v) ได้ผลดังภาพที่ 4.34



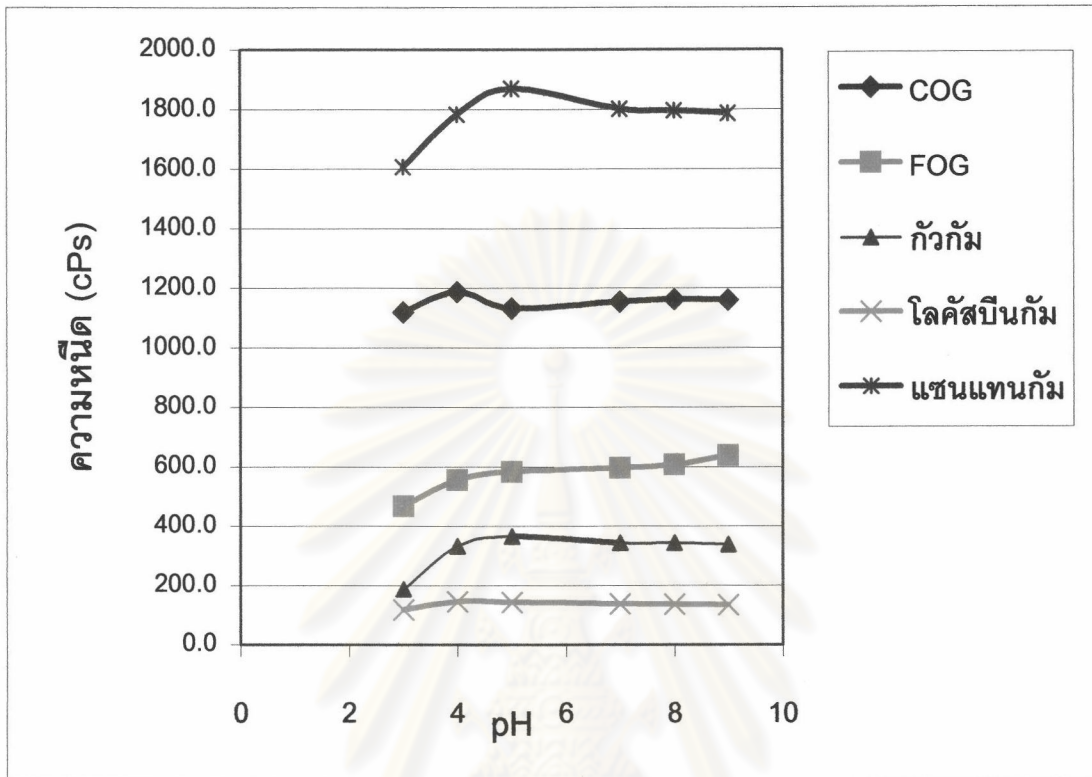
ภาพที่ 4.34 ผลของปริมาณน้ำตาลต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักเทียบกับสารละลายกัมชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v)

จากภาพที่ 4.34 พบว่า ความหนืดของสารละลาย COG , FOG , GG และ LBG ลดลงในช่วงแรกของการเติมน้ำตาลซูโครส แต่ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น และเมื่อนำสารละลาย COG , FOG , GG , LBG และ XG ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาตรวจดูลักษณะ microstructure ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของสารละลายกัมที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อมีปริมาณน้ำตาลซูโครส 10.0%(w/v) พบว่าไม่สามารถตรวจสอบลักษณะ microstructure ของสารละลายได้ เนื่องจากเมื่อนำสารละลายไปทำแห้งแบบเยือกแข็งแล้ว ได้ลักษณะเป็นผลึกแข็ง ไม่มีความพรุน จึงไม่สามารถนำไปส่องดูลักษณะการจับตัวกันของโครงสร้างภายในสารละลายได้

4.4.12 ผลของกรด-ด่าง (pH) ต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลัก

เมื่อนำสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) และแบบละเอียด (FOG) ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาวัดความหนืดเปรียบเทียบกับสารละลายกัวกัม (GG) โลคัสปีนกัม

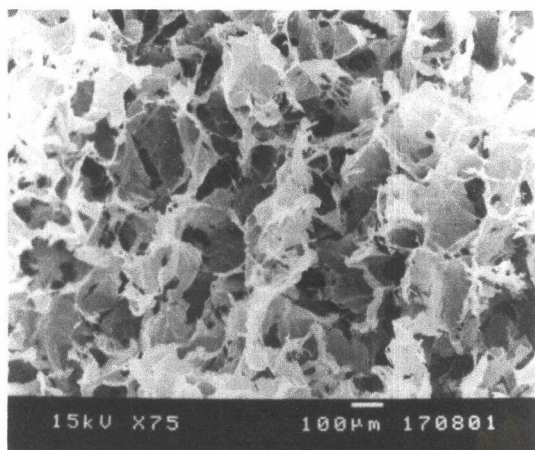
(LBG) และ แซนแทนกัม (XG) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อแปร pH เป็น 3.0-8.0 ได้ผลดังภาพที่ 4.35



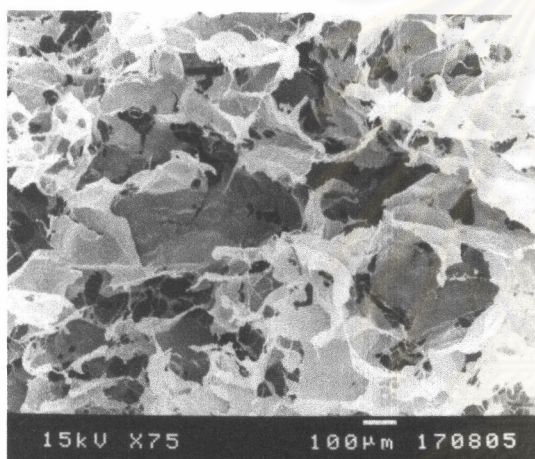
ภาพที่ 4.35 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อความหนืดของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลัก เทียบกับสารละลายกัมชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v)

จากภาพที่ 4.35 พบว่า สารละลาย COG , FOG , และสารละลายกัมทุกชนิดให้ค่าความหนืดที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อ pH ของสารละลายเปลี่ยนไป ยกเว้นที่ pH 3 ความหนืดของสารละลายส่วนใหญ่จะลดลง

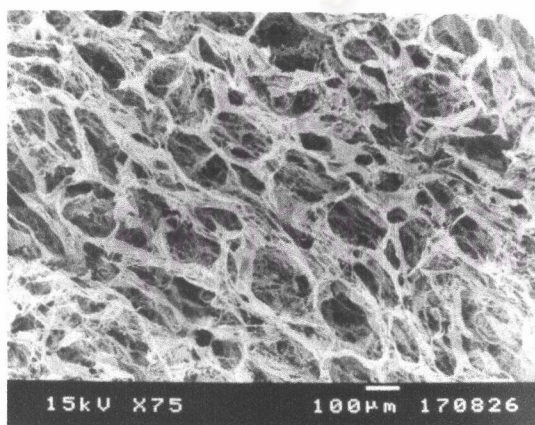
และเมื่อนำสารละลาย COG , FOG , GG , LBG และ XG ที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) มาตรวจดูลักษณะ microstructure ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของสารละลายกัมที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อ pH ของสารละลายเท่ากับ 5 ได้ผลดังภาพที่ 4.36-4.40



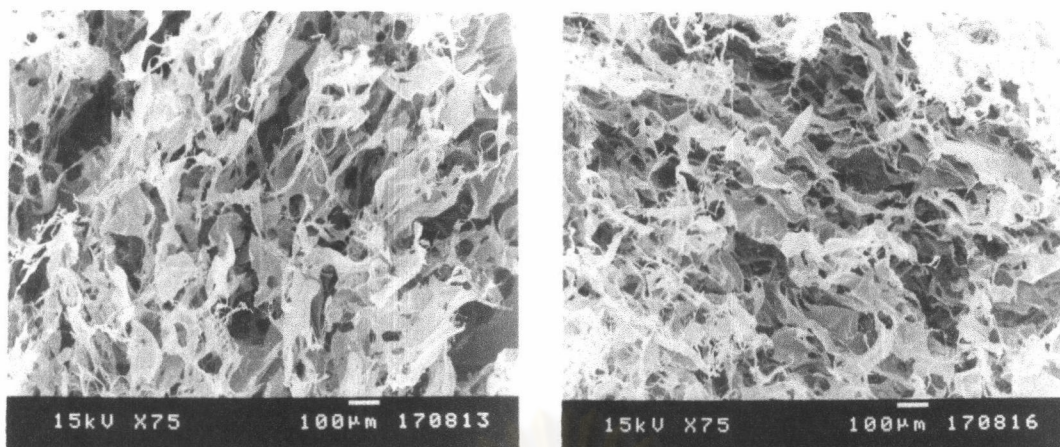
ภาพที่ 4.36 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย COG เมื่อไม่มีการปรับ pH (ซ้าย) และเมื่อสารละลายมี pH 5 (ขวา)



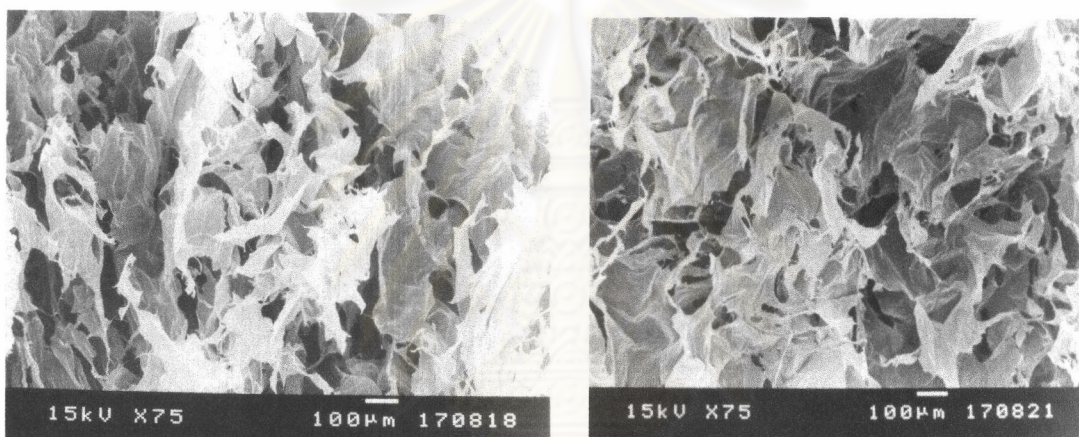
ภาพที่ 4.37 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย FOG เมื่อไม่มีการปรับ pH (ซ้าย) และเมื่อสารละลายมี pH 5 (ขวา)



ภาพที่ 4.38 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย GG เมื่อไม่มีการปรับ pH (ซ้าย) และเมื่อสารละลายมี pH 5 (ขวา)



ภาพที่ 4.39 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย LBG เมื่อไม่มีการปรับ pH (ซ้าย) และเมื่อสารละลายมี pH 5 (ขวา)

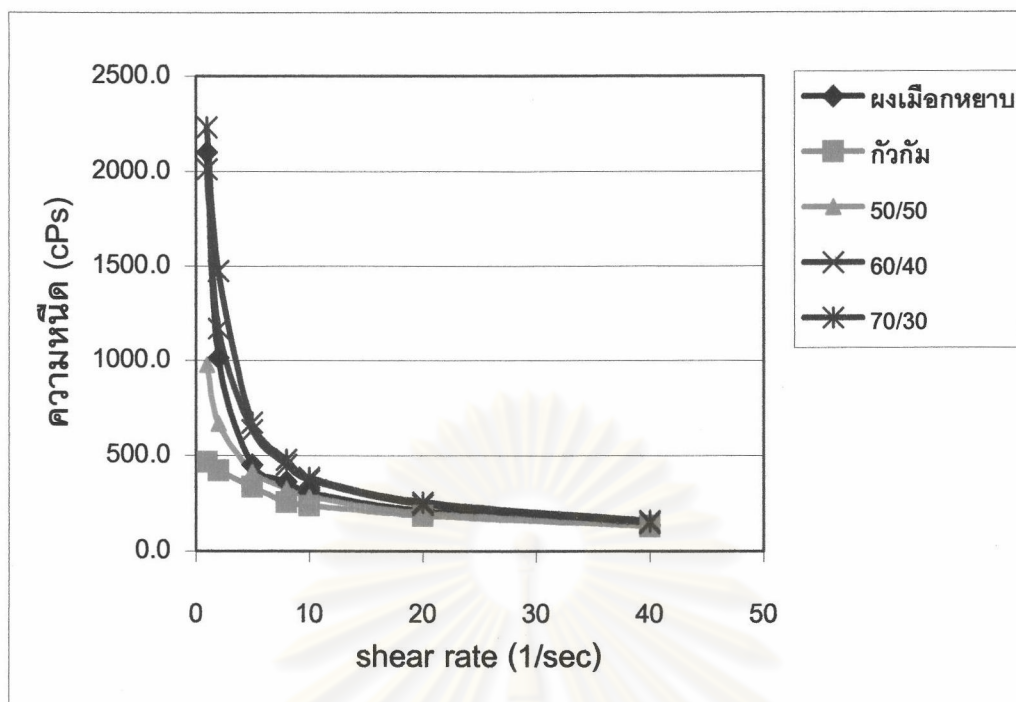


ภาพที่ 4.40 เปรียบเทียบลักษณะ microstructure ของสารละลาย XG เมื่อไม่มีการปรับ pH (ซ้าย) และเมื่อสารละลายมี pH 5 (ขวา)

จากภาพที่ 4.36-4.40 พบว่า ที่ pH 5 ลักษณะ microstructure ของสารละลายกัมทุกชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการจับตัวกันจากที่สารละลายสภาวะปกติ

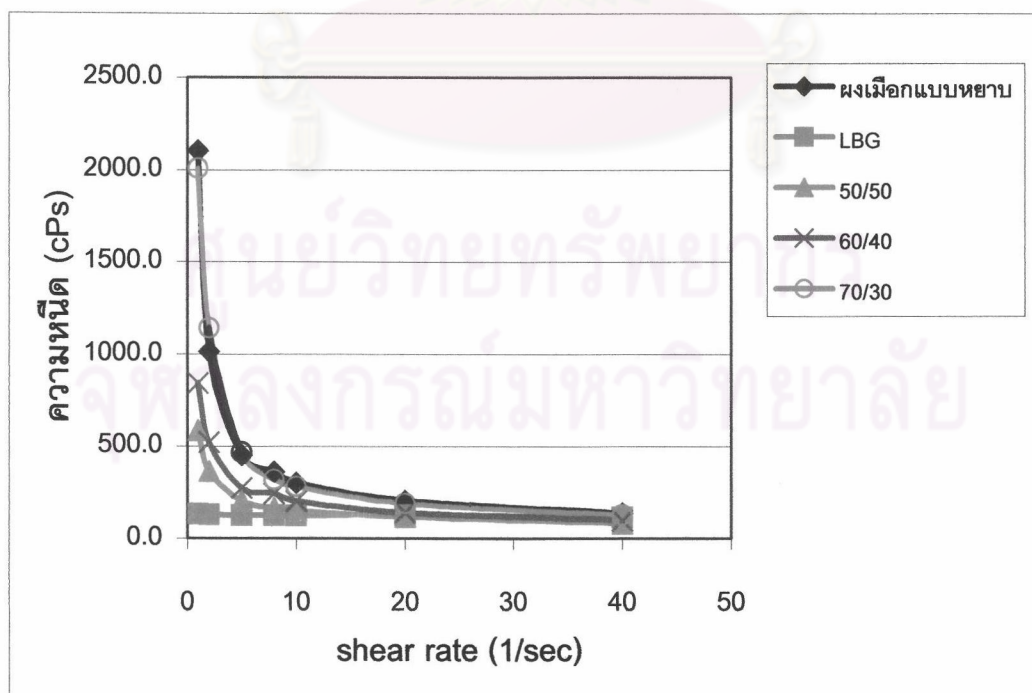
4.5 ผลของการใช้ผงเมือกเมล็ดแมงลักร่วมกับกัมชนิดอื่น

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) , ผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบละเอียด (FOG) มาผสมกับกัวกัม (GG) โคลด์สปีนกัม (LBG) และแซนแทนกัม (XG) ในอัตราส่วน 50/50 60/40 และ 70/30 แล้ววัดความหนืดของสารละลายที่ความเข้มข้น 0.5%(w/v) เมื่อแปรอัตราการเฉือนเป็น 1-40 วินาที⁻¹ เพื่อศึกษาลักษณะแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารละลายผสม ได้ผลดังภาพที่ 4.41-4.46



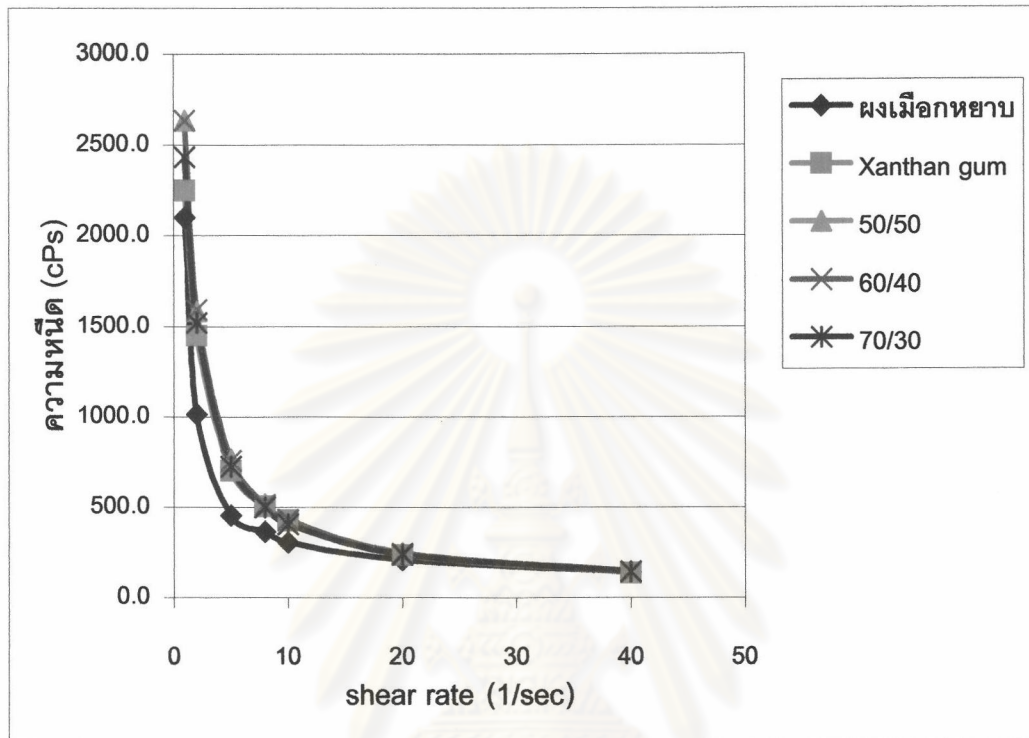
ภาพที่ 4.41 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารผสมระหว่าง COG กับ GG

จากภาพที่ 4.41 พบว่ามีแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารผสมระหว่าง COG กับ GG ที่อัตราส่วน 70/30 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายสูงกว่า สารละลาย COG และ สารละลาย GG เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.5%w/v)



ภาพที่ 4.42 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารผสมระหว่าง COG กับ LBG

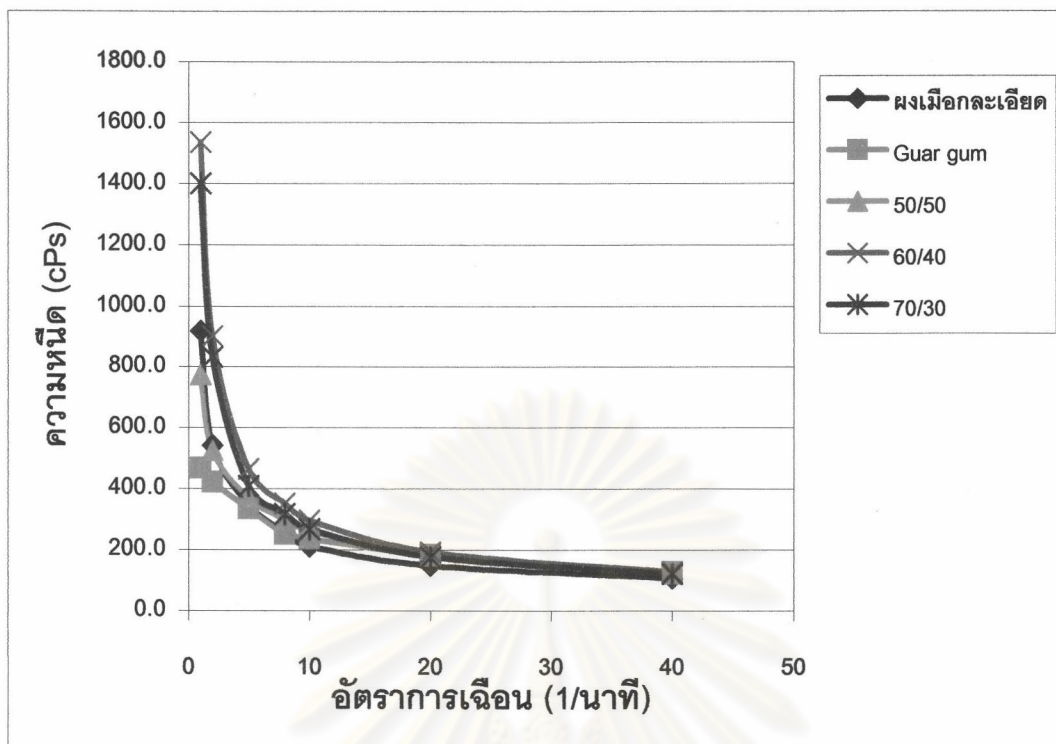
จากภาพที่ 4.42 พบว่าไม่มีแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารผสมระหว่าง COG กับ LBG ที่ทุกอัตราส่วน โดยสังเกตได้จากทุกอัตราส่วนจะให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายต่ำกว่า สารละลาย COG และ สารละลาย LBG เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.5%w/v)



ภาพที่ 4.43 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารผสมระหว่าง COG กับ XG

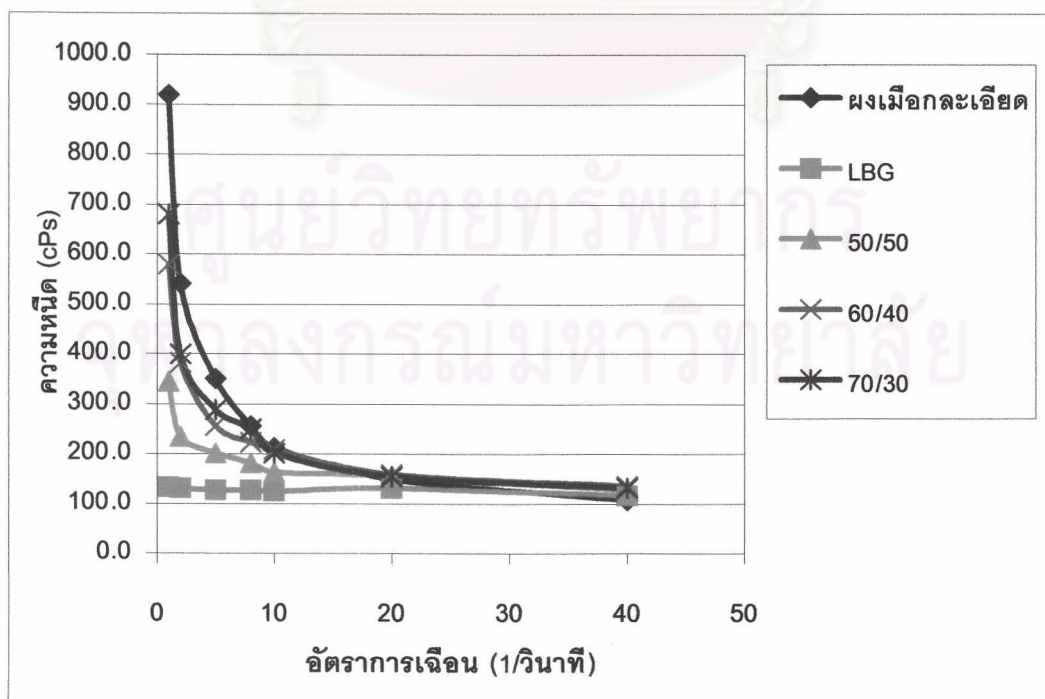
จากภาพที่ 4.43 พบว่ามีแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารผสมระหว่าง COG กับ XG ที่ทุกอัตราส่วน โดยสังเกตได้จากทุกอัตราส่วนจะให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายสูงกว่า สารละลาย COG และ สารละลาย XG เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.5%w/v)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



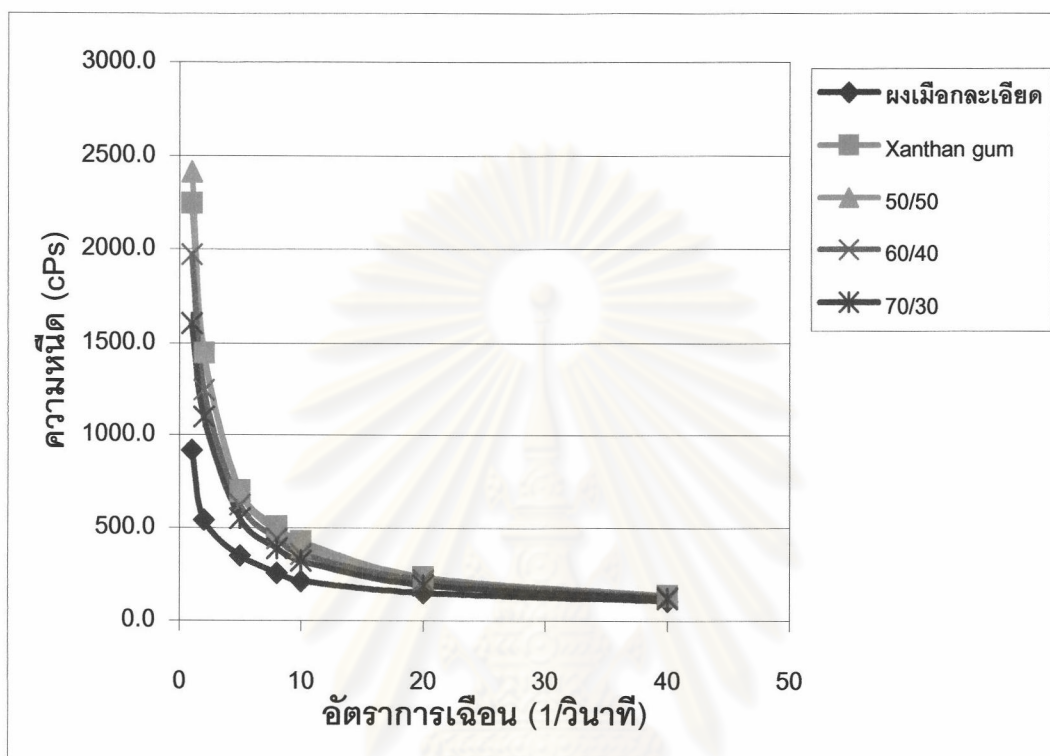
ภาพที่ 4.44 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารผสมระหว่าง FOG กับ GG

จากภาพที่ 4.44 พบว่ามีแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารผสมระหว่าง FOG กับ GG ที่อัตราส่วน 60/40 และ 70/30 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายสูงกว่าสารละลาย FOG และ สารละลาย GG เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.5%w/v)



ภาพที่ 4.45 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารผสมระหว่าง FOG กับ LBG

จากภาพที่ 4.45 พบว่าไม่มีแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารผสมระหว่าง FOG กับ LBG ที่ทุกอัตราส่วน โดยสังเกตได้จากทุกอัตราส่วนจะให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายต่ำกว่า สารละลาย FOG และ สารละลาย LBG เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.5%w/v)

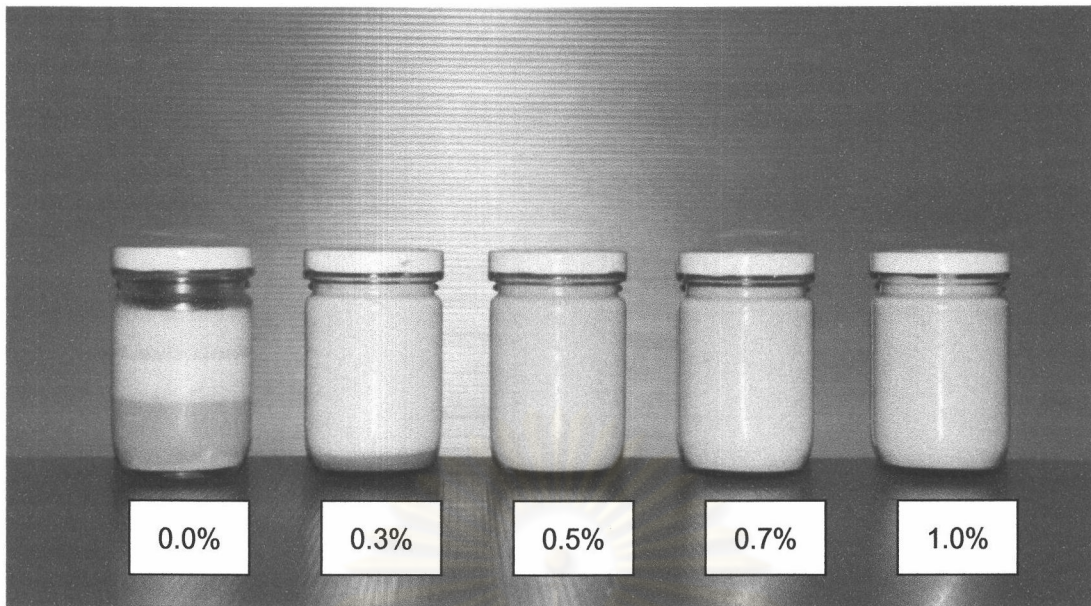


ภาพที่ 4.46 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารผสมระหว่าง FOG กับ XG

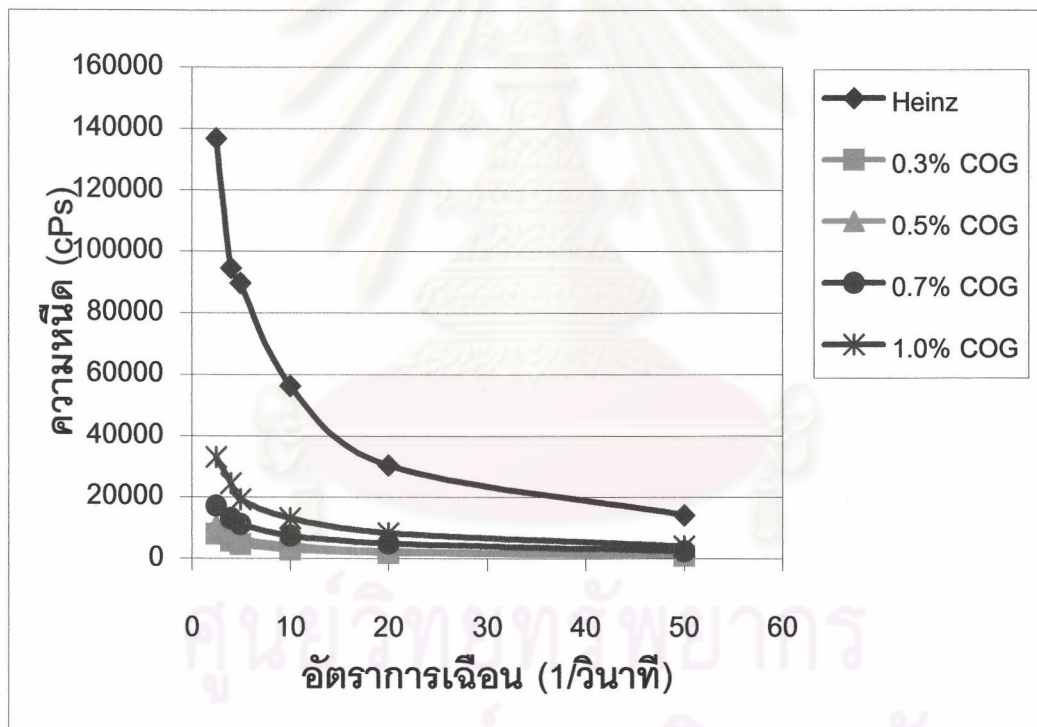
จากภาพที่ 4.46 พบว่ามีแนวโน้มการเสริมฤทธิ์กันของสารผสมระหว่าง FOG กับ XG ที่อัตราส่วน 50/50 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความหนืดเริ่มต้นของสารละลายสูงกว่า สารละลาย FOG และ สารละลาย XG เพียงอย่างเดียวที่ความเข้มข้นเดียวกัน (0.5%w/v)

4.6 ตัวอย่างการทดลองใช้ผงเมือกเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ

เมื่อนำผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ (COG) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันได้ดี เติมลงในผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ เพื่อทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์ทดแทนส่วนไขมันที่ลดลง โดยเติมในปริมาณ 0.3-1.0% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ได้มายองเนสไขมันต่ำดังภาพที่ 4.47 แล้วนำมาวัดค่าความหนืดที่อัตราการเฉือนต่างๆ เพื่อดูลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบ คือ มายองเนสไขมันต่ำยี่ห้อ ไฮเนส (Heinz) ได้ผลดังภาพที่ 4.48



ภาพที่ 4.47 มายองเนสไขมันต่ำที่เติมผงเมือกเมล็ดแมงลักทดแทนไข่แดงที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 4.48 ความหนืดของมายองเนสไขมันต่ำที่เติมผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบ

จากภาพที่ 4.48 พบว่า มายองเนสไขมันต่ำที่ได้จากการเติมผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบหยาบทดแทนไข่แดงมีความหนืดต่ำกว่ามายองเนสต้นแบบมาก แต่ความหนืดของผงเมือกเมล็ดแมงลักมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย จึงติดตามการแยกชั้นของมายองเนสไขมันต่ำที่เติมผงเมือกเมล็ดแมงลัก ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 : ระยะเวลาที่มายของเนสไขมันต่ำที่เติมผงเมือกเมล็ดแมงลักทดแทนไข่แดง
เกิดการแยกชั้นหลังการผลิต

ระดับการเติมผงเมือกเมล็ดแมงลัก (%)	ระยะเวลาที่เกิดการแยกชั้นหลังการผลิต (วัน) ¹
0.3	2
0.5	8
0.7	ยังไม่พบการแยกชั้นหลังจาก 2 เดือน
1.0	"

¹ ติดตามผลจากการทดลอง 3 ซ้ำ โดยคิดจากตัวอย่างมายของเนสต่ำที่เริ่มพบการแยกชั้นก่อนนับจากวันผลิต

จากตารางที่ 4.12 พบว่า มายของเนสไขมันต่ำที่เติมผงเมือกเมล็ดแมงลักทดแทนไข่แดงที่ความเข้มข้น 0.7-1.0% (น้ำหนักต่อปริมาตร) สามารถทำให้อิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (oil in water) ของผลิตภัณฑ์มีความคงตัวอยู่ได้แม้จะลดปริมาณอิมัลซิฟายเออร์เดิม คือ ไข่แดง โดยไม่พบการแยกชั้นหลังจาก 2 เดือน หลังการผลิต