บทที่ 4

ผลการทดลอง

3.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบ

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ กรดไขมันอิสระ และองค์ประกอบกรดไขมัน สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด และสี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1- 4.3

ตารางที่ 4.1 ค่าเปอร์ออกไซด์ และกรดไขมันอิสระของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า

ชนิดน้ำมัน	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	เปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลของเปอร์ออกไซด์/กิโลกรัม)	กรดไขมันอิสระ (%)
น้ำมันถั่วเหลือง	4.70 ± 0.31	1.34 ± 0.04
น้ำมันปลาทูน่า	4.68 ± 0.24	1.37 ± 0.03

ตารางที่ 4.2 ค่าความหนืด และสี (L, a, b) ของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า

ชนิดน้ำมัน	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ค่าความหนืด (mPa.s)	L	a	b
น้ำมันถั่วเหลือง	49.46^{b} ± 4.95	99.66^{a} ± 0.13	1.09^{a} ± 0.07	4.78^{a} ± 0.04
น้ำมันปลาทูน่า	37.28^{a} ± 1.22	99.41^{a} ± 0.25	10.98^{b} ± 0.08	31.22^{b} ± 0.13

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า

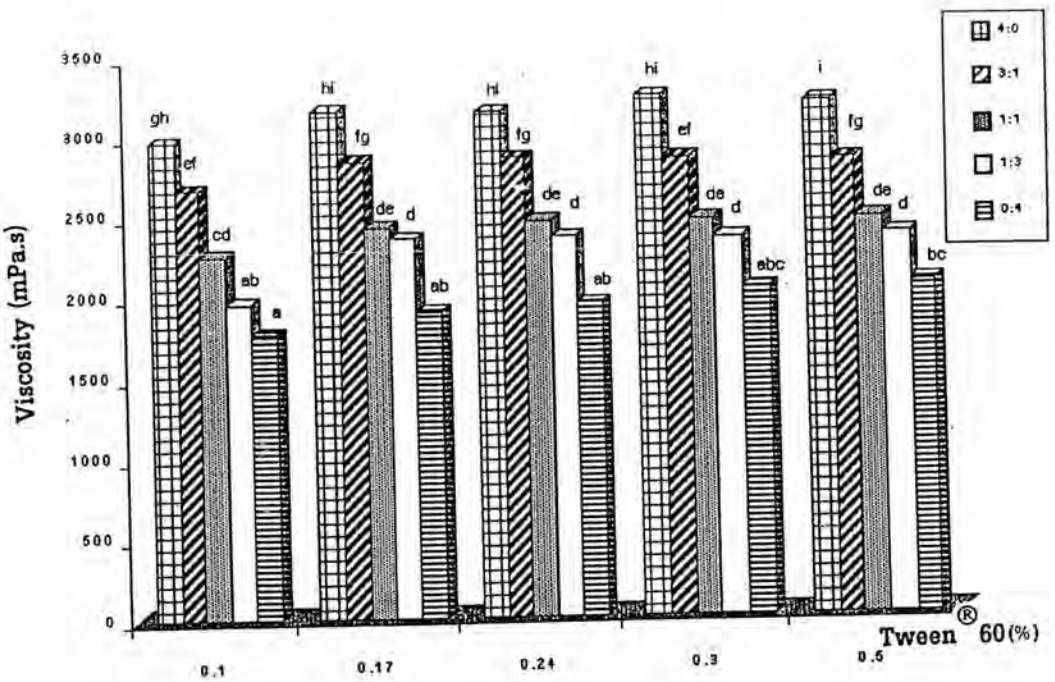
กรดไขมัน	น้ำมันถั่วเหลือง (%)	น้ำมันปลาทูน่า (%)
กรดไมรีสติก (C14:0)	0.0	5.2
กรดเพนตะเดกกะอิโนอิก (C15:0)	0.0	1.7
กรดปาล์มิติก (C16:0)	11.4	27.9
กรดปาล์มิโตเลอิก (C16:1)	0.0	6.8
กรดสเตียริก (C18:0)	4.5	8.0
กรดโอเลอิก (C18:1)	24.9	18.9
กรดไลโนเลอิก (C18:2)	52.1	1.6
กรดไลโนเลนิก (C18:3)	6.1	0.6
กรดออกตะเดกกะเตตระอิโนอิก(C18:4)	0.0	1.7
กรดอะราคิดิก (C20:0)	0.4	0.6
กรดกาโดเลอิก (C20:1)	0.2	1.5
กรดไอโคซะเฮกซะอิโนอิก (C20:5)	0.0	1.5
กรดบีฮีนิก (C22:0)	0.4	4.8
กรดอีรูซิค (C22:1)	0.0	0.3
กรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิก(C22:6)	0.0	18.9

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า พบว่า น้ำมันทั้ง 2 ชนิดมีค่าเปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระใกล้เคียงกัน น้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไลโนเลอิกมากที่สุด รองลงมาเป็นกรดโอเลอิกและกรดปาล์มิติก ตามลำดับ แต่น้ำมันปลาทูน่ามีกรดไขมันปาล์มิติกมากที่สุด รองลงมาเป็นกรดโอเลอิกและDHA น้ำมันปลาทูน่ามีกรดไขมัน EPA และ DHA 1.5 % และ 18.9% ตามลำดับ ซึ่งไม่พบในน้ำมันถั่วเหลือง การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่ามีความหนืดและสีแตกต่างโดยน้ำมันถั่วเหลืองมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันปลาทูน่า แต่น้ำมันปลาทูน่ามีค่าสีแดงและค่าสีเหลืองสูงกว่า

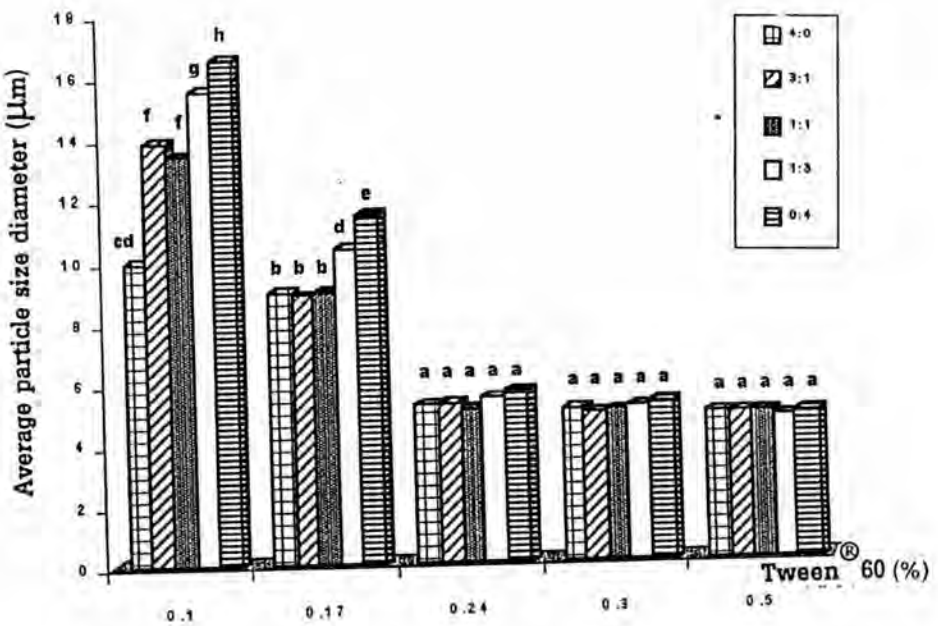
4.2 <u>การใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ น้ำมันผสม และคัดเลือกชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีที่สุดในผลิตภัณฑ์มายองเนส</u>

แปรปริมาณ ทวีน®60 เป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0.5,0.3,0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และแปรอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4

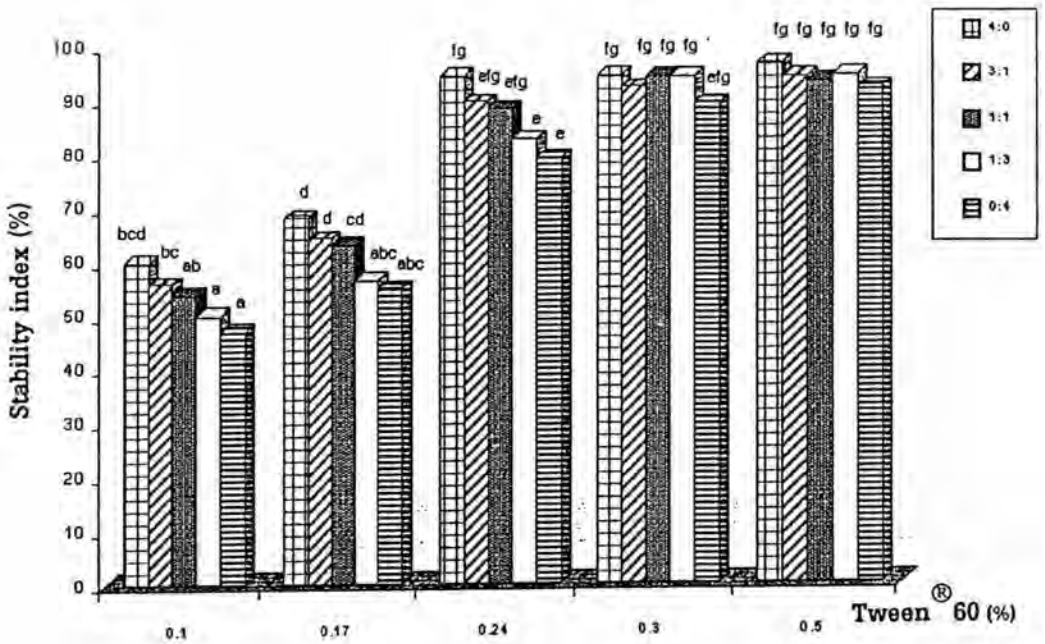
ตัวอย่างที่ได้นำมาประเมินคุณภาพ โดยวัดความหนืด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคไขมันและค่าความคงตัวต่อการแยกชั้นระหว่างน้ำมันกับน้ำ จากนั้นเลือกตัวอย่างที่สรุปได้ด้วยเกณฑ์ดังกล่าว มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ผลจากการใช้ทวีน®60, และอัตราส่วนน้ำมันผสมแสดงดังรูปที่ 4.1-4.3 และตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.1 ค่าความหนืดของอิมัลชันจากน้ำมันผสม ที่แปรปริมาณ ทวีน®60 เป็น 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4



รูปที่ 4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคไขมันจากน้ำมันผสม ที่แปรปริมาณ ทวีน®60 เป็น 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4



รูปที่ 4.3 ค่า stability index ของอิมัลชันจากน้ำมันผสม ที่แปรปริมาณ ทวีน®60 เป็น 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง ทวีน®60 และอัตราส่วนของน้ำมันผสม มีผลต่อความหนืด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมัน และค่า stability index ($p \leq 0.05$) โดยอิมัลชันที่มีสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองและปริมาณ ทวีน®60 สูง มีความหนืด, stability index สูง และอนุภาคไขมันขนาดเล็ก จากผลการทดลองในขั้นนี้จะใช้เฉพาะขนาดอนุภาคไขมัน และค่า stability index เป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างอิมัลชันที่จะนำไปศึกษาในขั้นต่อไป ส่วนค่าความหนืดไม่สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในขั้นตอนนี้ได้ เพราะต่ำกว่าของผลิตภัณฑ์มายองเนสที่จำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งอยู่ระหว่าง6,000 – 7,000 mPa.s และเมื่อพิจารณา

เฉพาะขนาดอนุภาคไขมัน และค่า stability index ได้เลือกตัวอย่างที่ใช้ ทวีน®60 0.24 % อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า 4:0, 3:1 และ 1:1 เพื่อนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น

ตารางที่ 4.4 คะแนนกลิ่นของอิมัลชันจากน้ำมันผสมอัตราส่วน 4:0, 3:1 และ 1:1 ที่ใช้ทวีน®60 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์

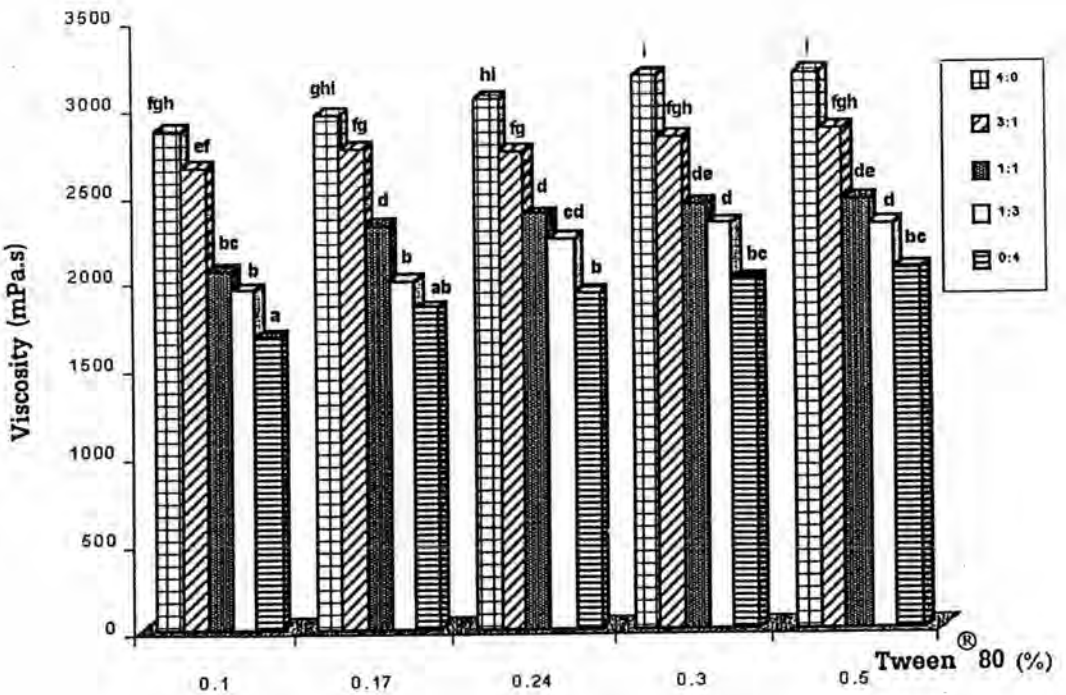
อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่า	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
4 : 0	$9.05^{c} \pm 0.67$
3 : 1	$7.05^{b} \pm 0.69$
1 : 1	$5.06^{a} \pm 0.78$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

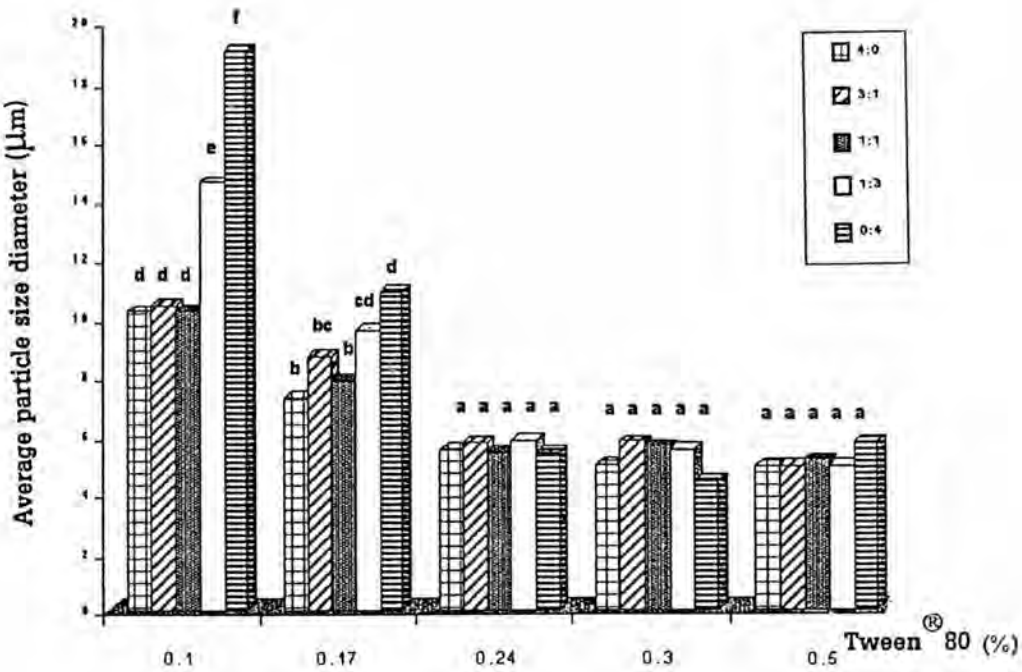
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่ามีผลต่อคะแนนกลิ่นของอิมัลชันที่มี ทวีน®60 เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนกลิ่นลดลงเมื่อปริมาณน้ำมันปลาทูน่าเพิ่มมากขึ้น แต่จากการพิจารณาปัจจัยด้านอื่นประกอบด้วย ได้เลือกอัตราส่วนน้ำมันผสม 1:1 สำหรับการทดลองต่อไปแม้จะมีคะแนนกลิ่นต่ำสุดคือ 5.06 ซึ่งหมายถึงมีกลิ่นคาวปานกลาง แต่ในขั้นต่อไปซึ่งเป็นการผลิตมายองเนสไขมันต่ำจะมีการลดปริมาณน้ำมันและเติมสารแต่งกลิ่น ซึ่งคาดว่าผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นดีขึ้น และที่อัตราส่วนดังกล่าวนี้ผู้บริโภคจะยังคงได้รับประโยชน์จากกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูงกว่าตัวอย่างอื่นอีก 2 ตัวอย่าง

แปรปริมาณ ทวีน®80 เป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0.5,0.3,0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และแปรอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4

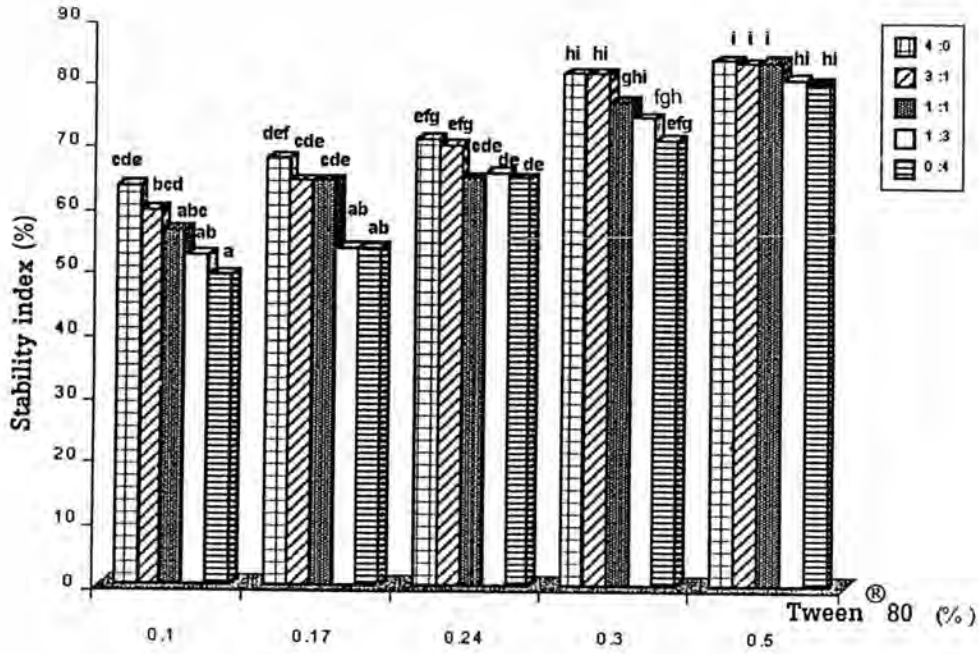
ตัวอย่างที่ได้นำมาประเมินคุณภาพ โดยวัดความหนืด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคไขมันและค่าความคงตัวต่อการแยกชั้นระหว่างน้ำมันกับน้ำ จากนั้นเลือกตัวอย่างที่สรุปได้ด้วยเกณฑ์ดังกล่าว มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ผลจากการใช้ทวีน®80, และอัตราส่วนน้ำมันผสมแสดงดังรูปที่ 4.4-4.6 และตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.4 ค่าความหนืดของอิมัลชันจากน้ำมันผสม ที่แปรปริมาณ ทวีน®80 เป็น 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4



รูปที่ 4.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของอนุภาคไขมันจากน้ำมันผสม ที่แปรปริมาณ ทวีน® 80 เป็น 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4



รูปที่ 4.6 ค่า stability index ของอิมัลชันจากน้ำมันผสม ที่แปรปริมาณ ทวีน®80 เป็น 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า เป็น 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่าง ทวีน®80 และอัตราส่วนของน้ำมันผสม มีผลต่อความหนืด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมัน และค่า stability index ($p \leq 0.05$) โดยอิมัลชันที่มีสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองและปริมาณ ทวีน®80 สูง มีความหนืด stability index สูง และอนุภาคไขมันขนาดเล็ก จากผลการทดลองในขั้นนี้จะใช้เฉพาะขนาดอนุภาคไขมัน และค่า stability index เป็นเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างอิมัลชันที่จะนำไปศึกษาในขั้นต่อไป ส่วนค่าความหนืดไม่สามารถใช้เป็นเกณฑ์ไขขั้นตอนนี้ได้ และเมื่อพิจารณาเฉพาะขนาดอนุภาคไขมัน และค่า stability index ซึ่งได้เลือกตัวอย่างที่ใช้ ทวีน®80 0.30 %

อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อน้ำมันปลาทูน่า 4:0, 3:1 และ 1:1 เพื่อนำมาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น

ตารางที่ 4.5 คะแนนกลิ่นของอิมัลซันจากน้ำมันผสมอัตราส่วน 4:0, 3:1 และ 1:1 และใช้ทวีน®80 0.30% โดยน้ำหนักน้ำมัน เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์

อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่า	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
4 : 0	$9.12^{c} \pm$ 0.67
3 : 1	$7.17^{b} \pm$ 0.66
1 : 1	$4.89^{a} \pm$ 0.69

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

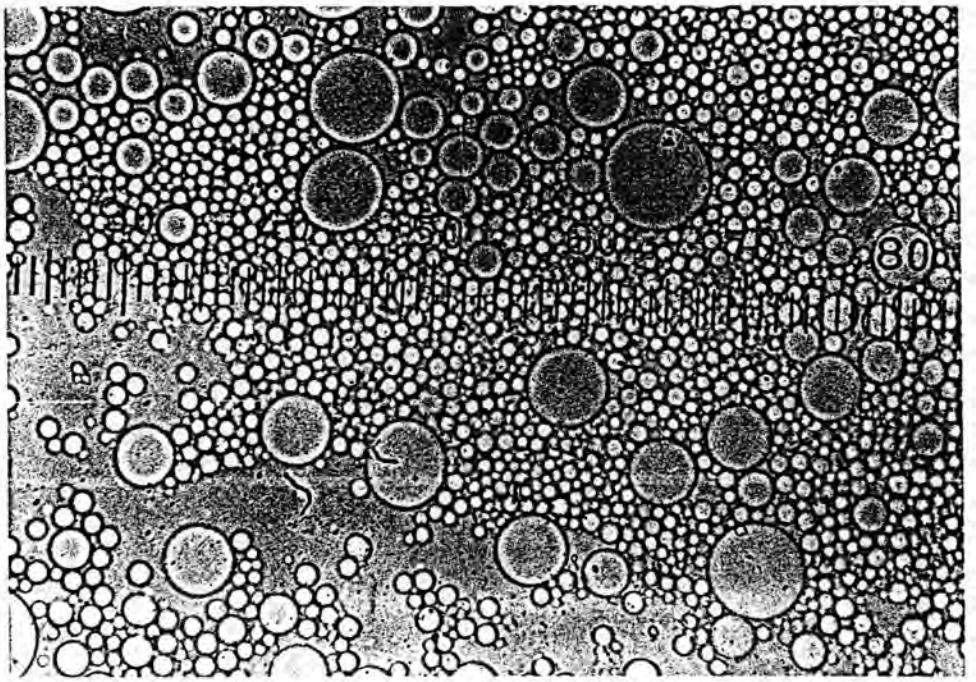
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่ามีผลต่อคะแนนกลิ่นของอิมัลซันที่มี ทวีน®60 เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนกลิ่นลดลงเมื่อปริมาณน้ำมันปลาทูน่าเพิ่มมากขึ้น แต่จากการพิจารณาปัจจัยด้านอื่นประกอบด้วย ได้เลือกอัตราส่วนน้ำมันผสม 1:1 สำหรับการทดลองต่อไปแม้จะมีคะแนนกลิ่นต่ำสุดคือ 4.89 ซึ่งหมายถึงมีกลิ่นคาวปานกลาง แต่ในขั้นต่อไปซึ่งเป็นการผลิตมายองเนสไขมันต่ำจะมีการลดปริมาณน้ำมันและเติมสารแต่งกลิ่น ซึ่งคาดว่าผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นดีขึ้น และที่อัตราส่วนดังกล่าวนี้ผู้บริโภคจะยังคงได้รับประโยชน์จากกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูงกว่าตัวอย่างอื่นอีก 2 ตัวอย่าง

ผลิตอิมัลชันที่สรุปได้จากข้อ 4.2.1.1 และ 4.2.1.2 ซึ่งได้แก่ อิมัลชันจากน้ำมันผสมอัตราส่วน 1:1 และใช้ ทวีน®60 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน และอิมัลชันจากน้ำมันผสมอัตราส่วน 1:1 และใช้ ทวีน®80 0.30% โดยน้ำหนักน้ำมัน นำมาประเมินคุณภาพเพื่อเลือกชนิดสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีที่สุด โดยใช้เกณฑ์การประเมินเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1.1 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6 และรูปที่4.7-4.8

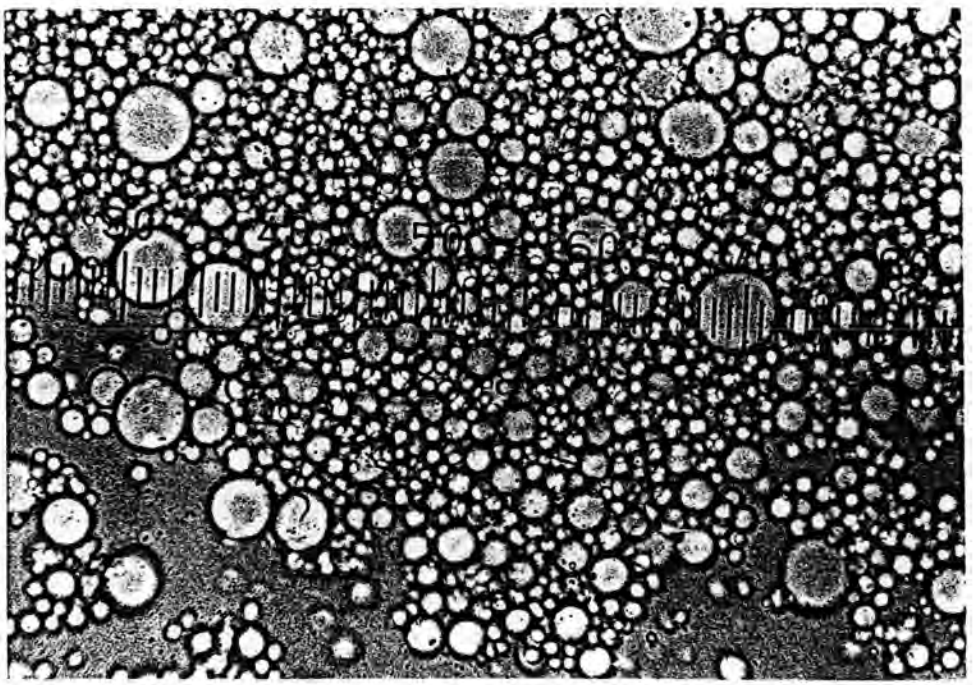
ตารางที่ 4.6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมัน, ค่า stability index ,ค่าความหนืด และคะแนนกลิ่น ของอิมัลชันจากน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่า (1:1) ที่ใช้ทวีน®60 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน และ ทวีน®80 0.30% โดยน้ำหนักน้ำมัน เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์

สมบัติของอิมัลชัน	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ทวีน®60	ทวีน®80
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมัน (μm)[ns]	5.00 ±0.28	4.91 ±0.41
ค่า stability index (%)[ns]	85.16±3.20	84.00±1.82
ค่าความหนืด (mPa.s) [ns]	2,506.25±125.48	2,525.92 ±64.01
คะแนนกลิ่น [ns]	4.63 ± 0.48	4.80±0.48

[ns] ไม่มีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)



รูปที่ 4.7 อนุภาคไขมันของอิมัลชันจากน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่า (1:1) ที่ใช้ ทวีน®60 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.8 อนุภาคอนุภาคไขมันของอิมัลชันจากน้ำมันถั่วเหลือง กับน้ำมันปลาทูน่า (1:1) ที่ใช้ ทวีน®80 0.30% โดยน้ำหนักน้ำมัน(กำลังขยาย 40X)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แสดงว่าชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง มีคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสด้านกลิ่นแตกต่างกัน จึงเลือก ทวีน®60 สำหรับศึกษาในขั้นต่อไป เพราะมีประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ที่ปริมาณต่ำกว่าทวีน®80

4.3. การใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มายองเนส

4.3.1 ศึกษาการใช้มอลโทเด็กซ์ทริน และ ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต

ผลิตตัวอย่างอิมัลชันที่สรุปได้จากข้อ 4.2.2 ตามวิธีการผลิตข้อ 3.3 โดยทดแทนน้ำมันผสมในสูตร ด้วยสารทดแทนไขมัน 2 ชนิด คือ มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด และ ของผสมระหว่างไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1)

4.3.1.1.1 แปรปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด เป็น 3 ระดับ ได้แก่ 3,4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดน้ำมันในสูตรต้นแบบลง 3 ระดับ ได้แก่ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาประเมินคุณภาพ โดยวัดค่าความหนืด ค่ามอดุลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน และการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7-4.10 และรูปที่ 4.9-4.12

ตารางที่ 4.7 ค่าความหนืดของมายองเนสที่แปรปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพดเป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด (%)	ค่าความหนืดเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (mPa.s)
40	3	$2,335.33^{c} \pm 40.00$
	4	$3,650.67^{d} \pm 211.36$
	5	$5,421.72^{e} \pm 368.57$
60	3	$1,701.81^{ab} \pm 13.37$
	4	$2,117.77^{bc} \pm 6.20$
	5	$3,368.52^{d} \pm 278.62$
80	3	$1,622.07^{a} \pm 27.30$
	4	$1,779.42^{ab} \pm 11.36$
	5	$2,087.84^{abc} \pm 12.26$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ค่ามอดุลัสของมายองเนสที่แปรปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด เป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

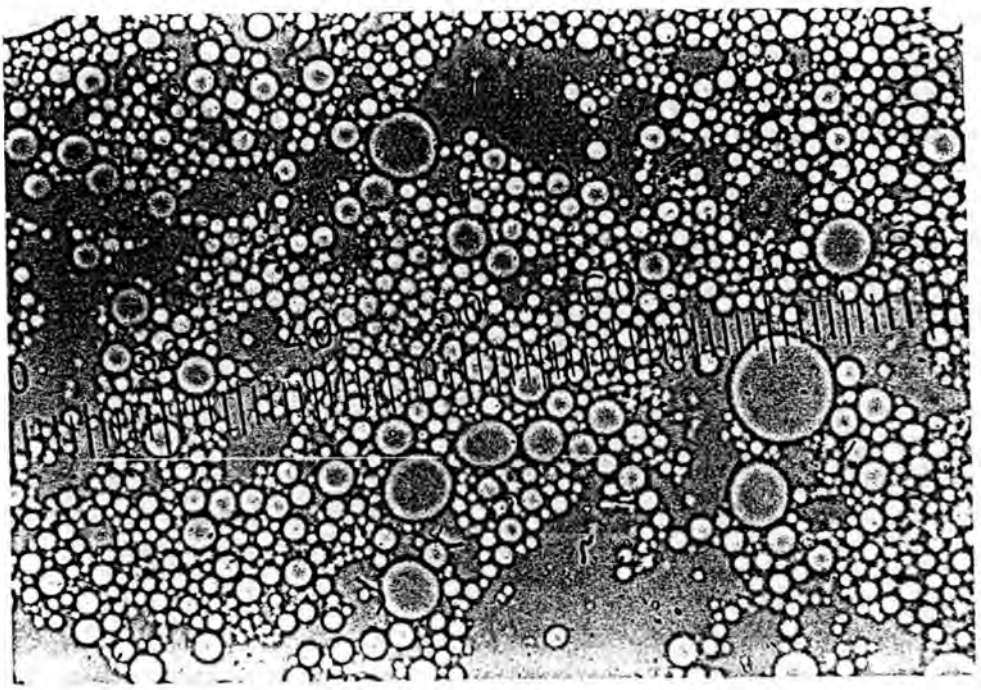
ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด (%)	ค่ามอดุลัสเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (Pa)
40	3	427.00^{cd} ± 18.00
	4	467.00^{d} ± 27.00
	5	678.50^{e} ± 24.50
60	3	368.50^{a} ± 8.50
	4	372.50^{abc} ± 5.50
	5	425.00^{cd} ± 29.00
80	3	349.00^{a} ± 6.00
	4	353.50^{a} ± 5.50
	5	416.50^{bc} ± 1.50

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

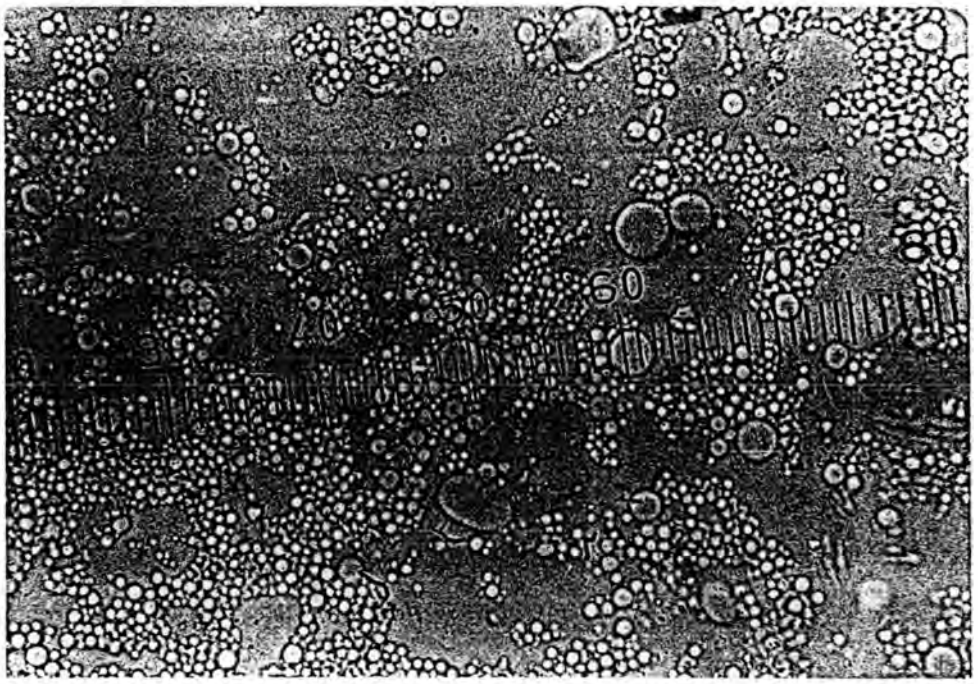
ตารางที่ 4.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมันของของมายองเนสที่แปรปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด เป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณ น้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด (%)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ±เบี่ยงเบนมาตรฐาน (μm)
40	3	$3.75^{ab} \pm 0.09$
	4	$3.53^{a} \pm 0.17$
	5	$3.52^{a} \pm 0.10$
60	3	$4.22^{b} \pm 0.12$
	4	$3.58^{ab} \pm 0.05$
	5	$3.71^{ab} \pm 0.11$
80	3	$6.62^{d} \pm 0.53$
	4	$5.27^{c} \pm 0.08$
	5	$4.22^{b} \pm 0.36$

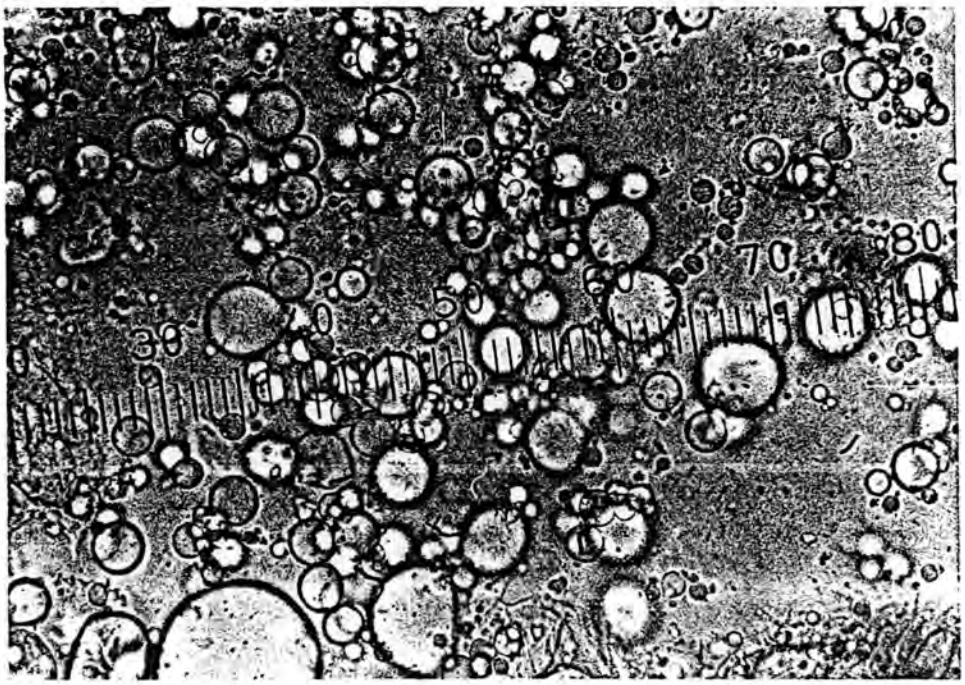
a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



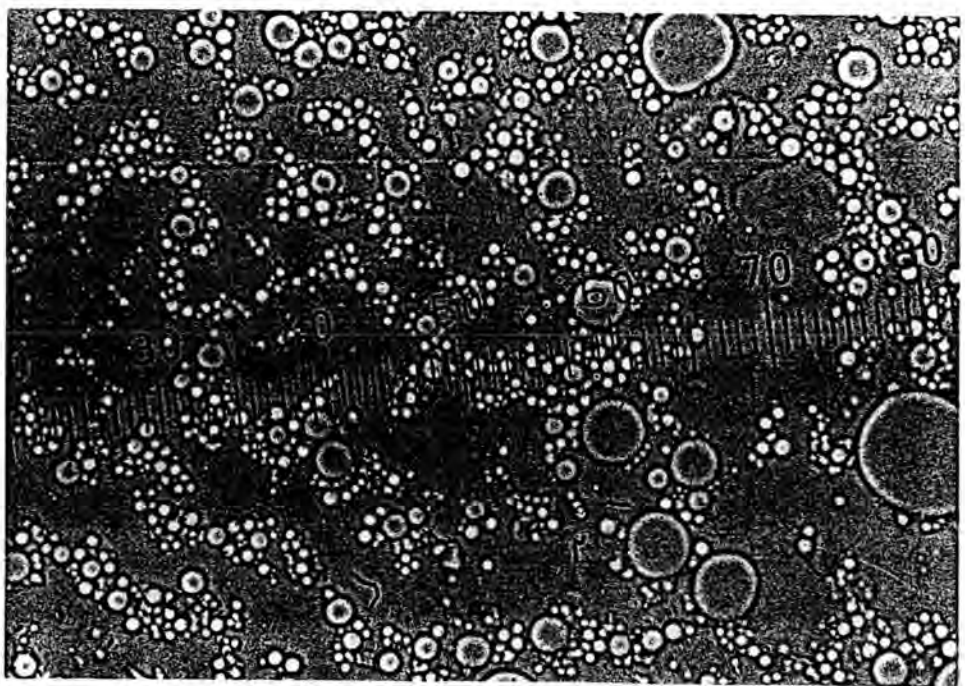
รูปที่ 4.9 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 3% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณ น้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.10 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณ น้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.11 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 3% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณ น้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 80% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.12 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณ น้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 80% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)

ตารางที่ 4.10 ค่าการแยกชั้นของมายองเนสที่แปรปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพดเป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ(%)	มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด (%)	ความสูงชั้นน้ำมันเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (cm)
40	3	$0.73^{bc} \pm 0.06$
	4	$0.63^{ab} \pm 0.06$
	5	$0.50^{a} \pm 0.00$
60	3	$0.87^{c} \pm 0.06$
	4	$0.67^{abc} \pm 0.06$
	5	$0.60^{ab} \pm 0.00$
80	3	$1.43^{d} \pm 0.12$
	4	$1.33^{d} \pm 0.15$
	5	$0.73^{bc} \pm 0.06$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าการแปรปริมาณน้ำมัน และมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด มีผลต่อความหนืด ค่ามอดุลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน และการแยกชั้น ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมันและมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพดต่ำ มีความหนืดและ ค่ามอดุลัสสูง มีอนุภาคไขมันขนาดเล็ก และการแยกชั้นต่ำ จากผลการทดลองได้เลือก ตัวอย่างที่ลดน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก และใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก สำหรับการทดลองในขั้นต่อไป

4.3.1.1.2 แปรปริมาณไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) เป็น 3 ระดับ ได้แก่ 3,4และ 5% โดยน้ำหนัก พร้อมทั้งลดน้ำมันในสูตร ต้นแบบลง 3 ระดับ ได้แก่ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาประเมินคุณภาพ โดยวัดความหนืด ค่ามอดุลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน และการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11-4.14 และรูปที่ 4.13-1.16

ตารางที่ 4.11 ค่าความหนืดของมายองเนสที่แปรปริมาณไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) เป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	ไข่ขาวผง - โซเดียมเคซีเนต (%)	ค่าความหนืดเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (mPa.s)
40	3	$5,400.00^{c} \pm 346.41$
	4	$9,166.67^{d} \pm 288.68$
	5	$14,800.00^{e} \pm 800.00$
60	3	$3,253.33^{b} \pm 283.78$
	4	$6,533.33^{c} \pm 416.33$
	5	$10,533.30^{d} \pm 923.76$
80	3	$766.67^{a} \pm 41.63$
	4	$1,526.67^{a} \pm 110.15$
	5	$3,466.67^{b} \pm 57.74$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ค่ามอดุลัสของมายองเนสที่แปรปริมาณไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) เป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

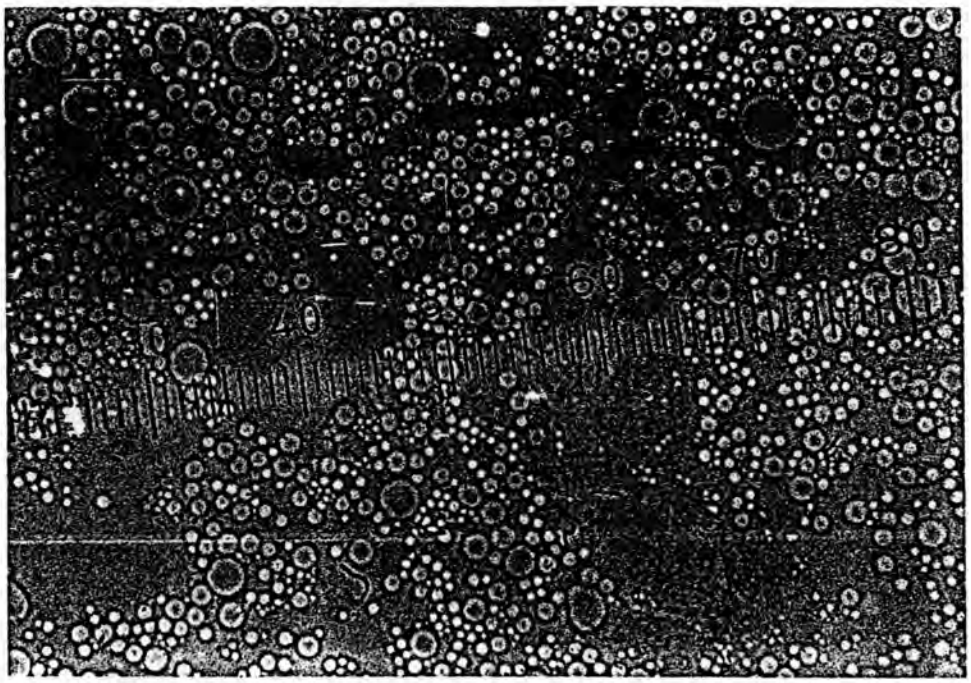
ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากบริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (%)	ค่ามอดุลัสเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (Pa)
40	3	$623.63^{d} \pm 33.12$
	4	$1,925.45^{f} \pm 9.39$
	5	$2,900.21^{g} \pm 152.00$
60	3	$437.93^{bc} \pm 9.60$
	4	$620.25^{d} \pm 12.30$
	5	$893.87^{e} \pm 6.66$
80	3	$180.44^{a} \pm 15.11$
	4	$272.74^{ab} \pm 26.20$
	5	$568.20^{cd} \pm 10.50$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

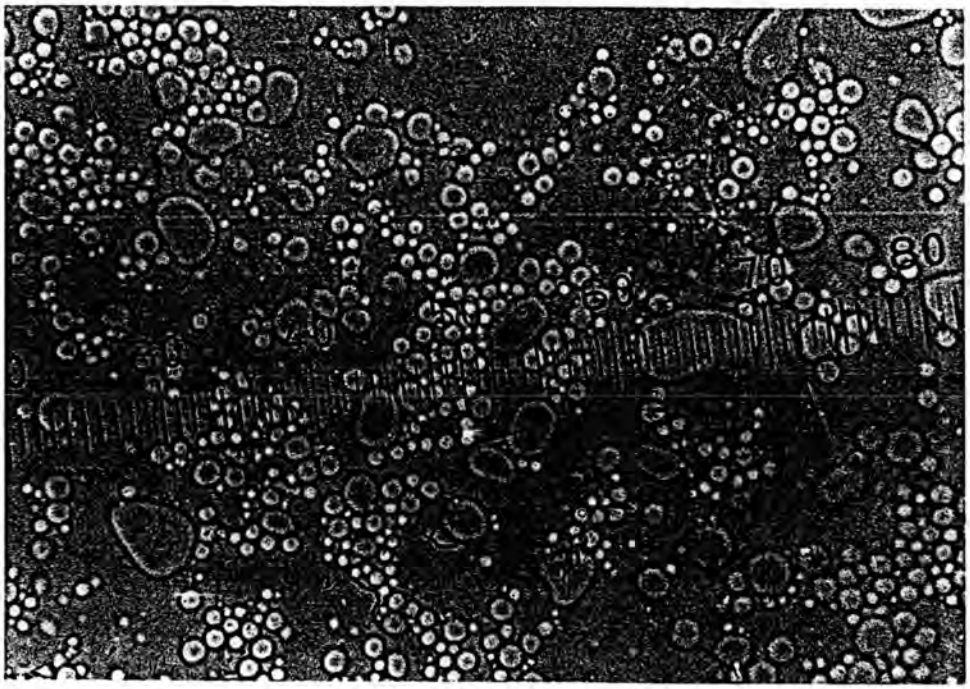
ตารางที่ 4.13 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมันของของมายองเนสที่แปรปริมาณไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) เป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (%)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (μm)
40	3	4.41^{a} ± 0.13
	4	4.68^{a} ± 0.05
	5	5.53^{b} ± 0.06
60	3	4.60^{a} ± 0.05
	4	4.34^{a} ± 0.05
	5	4.48^{a} ± 0.04
80	3	6.54^{d} ± 0.03
	4	6.12^{c} ± 0.10
	5	6.15^{c} ± 0.13

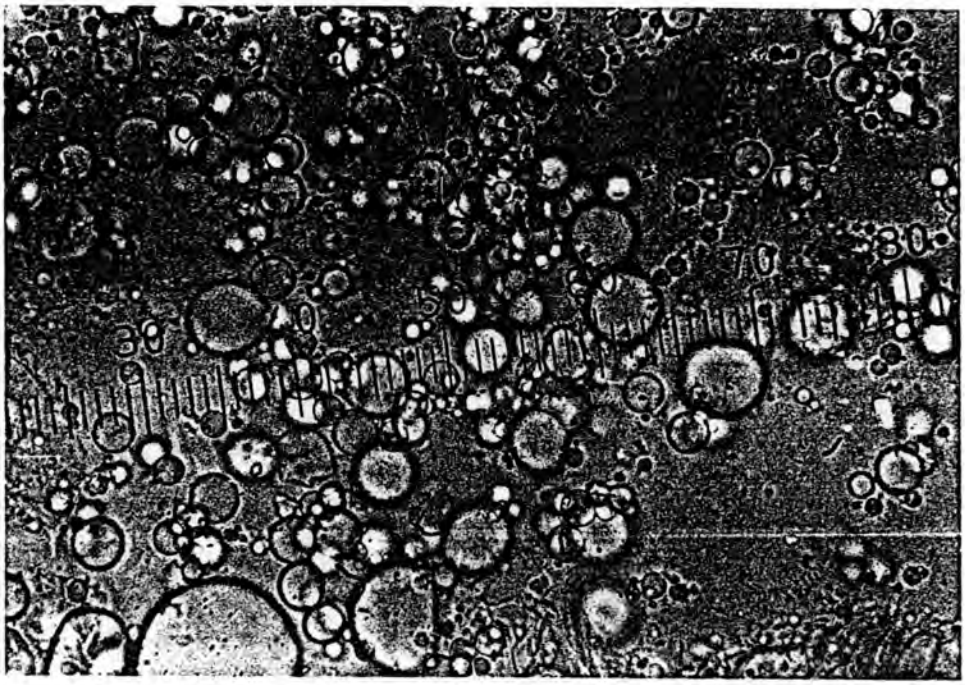
a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



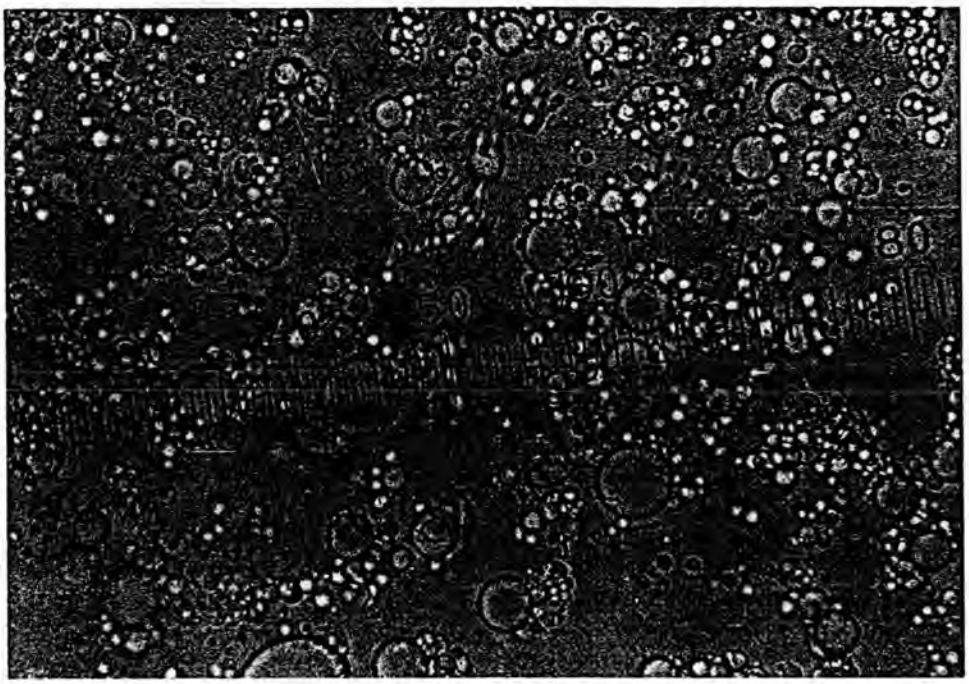
รูปที่ 4.13 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 3% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 80% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.14 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้ ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 80% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.15 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 3% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.16 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 80% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)

ตารางที่ 4.14 ค่าการแยกชั้นของมายองเนสที่แปรปริมาณไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) เป็น 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก

ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (%)	ความสูงชั้นน้ำมันเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน (cm)
40	3	$1.08^{ab} \pm 0.08$
	4	$0.87^{a} \pm 0.06$
	5	$1.10^{b} \pm 0.10$
60	3	$1.35^{c} \pm 0.05$
	4	$0.93^{ab} \pm 0.06$
	5	$1.03^{ab} \pm 0.05$
80	3	$2.07^{d} \pm 0.06$
	4	$2.03^{d} \pm 0.06$
	5	$1.93^{d} \pm 0.06$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า การแปรปริมาณน้ำมัน ปริมาณไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) มีผลต่อความหนืด ค่ามอดุลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน และการแยกชั้น ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมันและ ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) ต่ำ มีความหนืดและ ค่ามอดุลัสสูง มีอนุภาคไขมันขนาดเล็ก และการแยกชั้นต่ำ จากผลการทดลองได้เลือก ตัวอย่างที่ลดน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก และใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 4% โดยน้ำหนัก

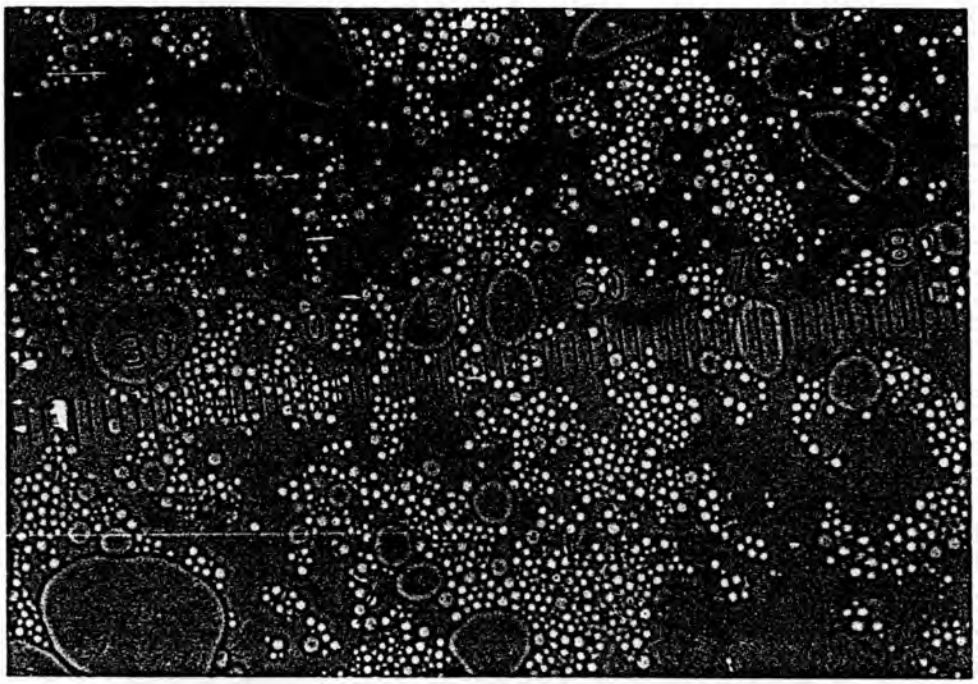
4.3.2 ศึกษาชนิดสารทดแทนไขมัน

ผลิตมายองเนสไขมันต่ำที่สรุปได้จากข้อ 4.3.1.1 และ 4.3.1.2 ได้แก่ มายองเนสไขมันต่ำที่ได้ลดน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก หรือไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 4% โดยน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาประเมินคุณภาพเพื่อเลือกชนิดสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีที่สุด โดยใช้เกณฑ์การประเมินเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1.1 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.17-4.18

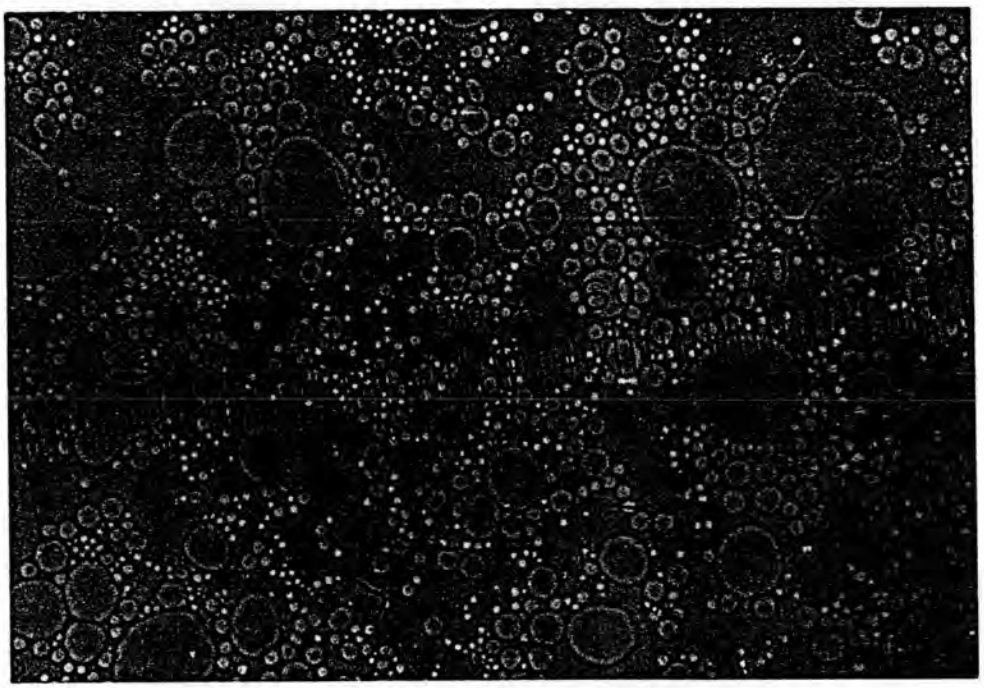
ตารางที่ 4.15 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน การแยกชั้นของน้ำกับน้ำมัน ค่าความหนืด และค่ามอดุลัสของมายองเนสไขมันต่ำ ที่ได้ลดน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก หรือไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) 4% โดยน้ำหนัก

สารทดแทนไขมัน	ปริมาณน้ำมันที่ลดลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (μm)	ความสูงชั้นน้ำมัน (cm)	ค่าความหนืด (mPa.s)	ค่ามอดุลัส (Pa)
มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด	60	$3.43^{a} \pm 0.35$	$0.55^{a} \pm 0.04$	$3,434.61^{a} \pm 287.98$	$431.46^{a} \pm 27.82$
ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต	60	$4.91^{b} \pm 0.61$	$0.79^{b} \pm 0.08$	$9,824.35^{b} \pm 128.72$	$627.83^{b} \pm 48.32$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)



รูปที่ 4.17 อนุภาคไขมันมายองเนสไขมันต่ำ ที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)



รูปที่ 4.18 อนุภาคไขมันของของมายองเนสที่ ที่ใช้ไข่ขาวผง- โซเดียมเคซีเนต (1:1) 4% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันลงจากปริมาณในสูตรต้น แบบ 60% โดยน้ำหนัก (กำลังขยาย 40X)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แสดงว่าชนิดของสารทดแทนไขมันมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างแตกต่างกัน โดยตัวอย่างที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมัน การแยกชั้น ความหนืด และค่ามอดุลัส ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพดไปศึกษาในขั้นต่อไป แม้ว่าจะมีความหนืดต่ำกว่าแต่สามารถปรับปรุงได้ในขั้นตอนต่อไป ขณะที่ตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต (1:1) มีค่าความหนืดสูงกว่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด (6,000 – 7,000 mPa.s)

4.4 การปรับปรุงคุณภาพด้านความหนืด

ผลิตมายองเนสไขมันต่ำตัวอย่างที่สรุปได้จากข้อ 4.3.2 ซึ่งลดน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก และใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก มาปรับปรุงสมบัติด้านความหนืดให้อยู่ในช่วง 6,000 – 7,000 mPa.s ด้วยสารละลายแซนแทนกัมเข้มข้น 3.25% โดยน้ำหนัก

แปรปริมาณแซนแทนกัม เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 0.50, ,0.75,1.00 และ 1.25% โดยน้ำหนัก ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวัดความหนืด ค่ามอดุลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน และการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าความหนืด การแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน และค่า มอดุลัส ของมายองเนสไขมันต่ำ ที่แปรปริมาณแซนแทนกัม เป็น 0.50, 0.75,1.00 และ 1.25% โดยน้ำหนัก

ปริมาณแซนแทนกัม (%)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ค่าความหนืด (mPa.s)	ความสูงชั้นน้ำมัน (cm)	มอดุลัส (Pa)
0.50	4,416.08[a] ± 141.28	0	6874.94[a] ± 640.52
0.75	4,692.65[b] ± 8.75	0	7481.21[b] ± 264.88
1.00	6,603.25[c] ± 95.20	0	9952.13[c] ± 111.00
1.25	7,508.07[d] ± 27.16	0	12,244.58[d] ± 357.02

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณของแซนแทนกัม มีผลต่อค่าความหนืดและค่ามอดุลัส ($p \leq 0.05$) และทำให้ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างไม่เกิดการแยกชั้น โดยตัวอย่างที่ใช้แซนแทนกัมปริมาณมาก มีค่าความหนืดและมอดุลัสสูง และตัวอย่างที่ใช้แซนแทนกัม 1% โดยน้ำหนัก มีค่าความหนืดอยู่ในช่วงความหนืดของมายองเนสที่จำหน่ายในท้องตลาด

4.5 การปรับปรุงกลิ่นผลิตภัณฑ์มายองเนส

4.5.1 ศึกษาปริมาณอบเชย

ปรับปรุงกลิ่นมายองเนสไขมันต่ำตัวอย่างที่สรุปได้จากข้อ 4.4. โดยใช้อบเชยผง ซึ่งแปรปริมาณเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 0.25, 0.5 และ 0.75% โดยน้ำหนัก ประเมินคุณภาพโดยทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม และวัดค่าสี (L, a,b) ของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.17 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ ที่แปรปริมาณ อบเชยเป็น 0.25, 0.5 และ 0.75% โดยน้ำหนัก

ปริมาณ	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
อบเชย (%)	สี	กลิ่นรส	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0.25	$6.55^{c} \pm 0.82$	$6.20^{a} \pm 0.69$	$8.95^{a} \pm 0.82$	$6.05^{c} \pm 0.94$
0.50	$5.45^{b} \pm 0.51$	$6.25^{a} \pm 0.78$	$9.40^{a} \pm 0.68$	$5.25^{b} \pm 0.71$
0.75	$4.80^{a} \pm 0.62$	$7.15^{b} \pm 0.81$	$9.05^{a} \pm 0.94$	$3.40^{a} \pm 1.14$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.18 ค่าสี L,a,b ผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ ที่แปรปริมาณอบเชย เป็น 0.25, 0.5 และ 0.75% โดยน้ำหนัก

ปริมาณ	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
อบเชย (%)	L	a	b
0.25	$+44.01^{b} \pm 0.01$	$+0.34^{a} \pm 0.01$	$+0.35^{a} \pm 0.02$
0.50	$+31.12^{a} \pm 0.65$	$+0.35^{b} \pm 0.02$	$+0.35^{a} \pm 0.03$
0.75	$+26.86^{a} \pm 0.16$	$+0.37^{c} \pm 0.04$	$+0.37^{b} \pm 0.04$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณของอบเชยไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัส ($p \geq 0.05$) แต่มีผลต่อ สี กลิ่น และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยคะแนน สี และความชอบรวม มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อบเชยมาก แต่คะแนนกลิ่นเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้อบเชย และตัวอย่างที่ใช้อบเชยมาก มีค่าความสว่างต่ำ แต่มีค่าสีแดงและเหลืองสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาลคล้ำ จากข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสและค่าสี L, a และ b จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้

อบเชย 0.25% โดยน้ำหนัก ไปปรับปรุงกลิ่นเพิ่มเติม เนื่องจากมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีและความชอบรวมสูงสุด แม้ว่าจะมีคะแนนด้านกลิ่นรสต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้อบเชย 0.75% โดยน้ำหนัก แต่อยู่ในเกณฑ์มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อยเช่นเดียวกัน

4.5.2 ศึกษาปริมาณกระชาย ขิ้นฉ่าย และพริกไทยขาว

ผลิตมายองเนสตัวอย่างที่สรุปได้จากข้อ 4.5.1 ซึ่งใช้อบเชยผง 0.25%โดยน้ำหนัก มาปรับปรุงกลิ่นเพิ่มเติม ด้วยกระชาย , ขิ้นฉ่าย และพริกไทยขาว โดยแปรปริมาณกระชาย 1-1.7 % โดยน้ำหนัก, ขิ้นฉ่าย 0.8-1.2% โดยน้ำหนัก และพริกไทยขาว 1.0-1.5 % โดยน้ำหนัก เลือกสูตรโดยใช้ mixture design ดังแสดงในแผนภาพข้อ 3.5.2 ตัวอย่างที่เลือกทดลองแสดงในตารางที่ 3.1 เลือกตัวอย่างที่ดีที่สุดโดยประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น กลิ่นรส ตกค้าง เนื้อสัมผัส และความชอบรวม และวัดค่าสี (L, a,b)

ตารางที่ 4.19. คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ ที่แปรปริมาณกระชาย 1-1.7 % โดยน้ำหนัก ขิ้นฉ่าย 0.8-1.2% โดยน้ำหนัก และพริกไทยขาว 1.0-1.5 % โดยน้ำหนัก

กระชาย , ขิ้นฉ่าย, พริกไทยขาว	คะแนนเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
	สี	กลิ่น	กลิ่นรสตกค้าง	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
1.3, 1.2,1.5	$7.40^{a} \pm 0.99$	$6.00^{a} \pm 1.21$	$4.15^{a} +1.34$	$9.15^{a} \pm 0.81$	$5.25^{a} \pm 1.52$
1.5, 1.1, 1.4	$7.90^{a} \pm 1.25$	$6.30^{ab} \pm 1.22$	$3.75^{a} +1.16$	$9.45^{a} \pm 0.76$	$5.15^{a} \pm 0.75$
1.7, 1.2, 1.1	$8.00^{a} \pm 0.92$	$7.10^{bc} \pm 1.25$	$6.70^{b} +1.42$	$9.78^{a} \pm 0.57$	$6.65^{b} \pm 0.99$
1.7, 0.8, 1.5	$7.80^{a} \pm 0.70$	$7.37^{c} \pm 0.81$	$6.45^{b} +1.15$	$9.10^{a} \pm 1.02$	$7.35^{b} \pm 1.49$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.20 ค่าสี L,a,b ผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ ที่แปรปริมาณกระชาย 1-1.7 % โดยน้ำหนัก ขิ้นฉ่าย 0.8-1.2% โดยน้ำหนัก และพริกไทยขาว 1-1.5 % โดยน้ำหนัก

กระชาย ,ขิ้นฉ่าย, พริกไทยขาว	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	L	a	b
1.3, 1.2,1.5	+40.93[a] ± 1.19	+0.36[a] ± 0.02	+0.38[a] ± 0.02
1.5, 1.1, 1.4	+43.33[ab] ± 1.89	+0.38[b] ± 0.01	+0.35[a] ± 0.03
1.7, 1.2, 1.1	+41.94[ab] ± 0.97	+0.37[ab] ± 0.01	+0.39[a] ± 0.02
1.7, 0.8, 1.5	+44.20[b] ± 2.06	+0.36[a] ± 0.02	+0.37[a] ± 0.02

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณกระชาย ขิ้นฉ่ายและพริกไทยขาวที่ระดับต่างๆกัน ไม่มีผลต่อการคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน สี เนื้อสัมผัส และค่าสี b ($p \geq 0.05$) แต่มีผลต่อกลิ่น กลิ่นรสตกค้างความชอบรวม และค่าสี L และ a ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่มีกระชาย ขิ้นฉ่ายและพริกไทยขาว 1.7, 1.2 และ 1.1% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ หรือ 1.7, 0.8 และ 1.5 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีคะแนนกลิ่น กลิ่นรสตกค้าง และความชอบรวมสูงสุด แต่เมื่อเปรียบด้านราคาแล้วพบว่าตัวอย่างหลังมีราคาถูกกว่า (ราคาเครื่องเทศที่ใช้ทั้ง 4 สูตร แสดงในภาคผนวก ฉ.2) จึงเลือกไปศึกษาต่อไป ถึงแม้ว่าตัวอย่างที่มีกระชาย ขิ้นฉ่ายและพริกไทยขาว 1.7, 0.8 และ 1.5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีค่าความสว่างสูงสุด และตัวอย่างที่มีกระชาย ขิ้นฉ่ายและพริกไทยขาว 1.5, 1.1 และ 1.4% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีค่าสีแดงสูงสุด แต่ไม่มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี

3.6 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ

ผลิตมายองเนสไขมันต่ำตัวอย่างที่ปรับปรุงกลิ่นด้วยกระชาย ขิ้นฉ่ายและพริกไทยขาว ปริมาณ 1.7, 0.8 และ 1.5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน น้ำ และองค์ประกอบกรดไขมัน และมายองเนสจากสูตรต้นแบบ ข้อ 3.2 วิเคราะห์ ปริมาณไขมัน น้ำ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.21-4.22

ตารางที่ 4.21 ปริมาณไขมันและน้ำในมายองเนสไขมันต่ำ และมายองเนสสูตรต้นแบบ

คุณภาพ	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ไขมัน (%)	น้ำ (%)
มายองเนสสูตรต้นแบบ	62.85 ± 0.42	16.96 ± 0.81
มายองเนสไขมันต่ำ	24.30 ± 1.40	45.46 ± 3.24

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบกรดไขมันของมายองเนสไขมันต่ำ

กรดไขมัน	ปริมาณ (%)
กรดไมรีสติก (C14:0)	1.8
กรดเพนตะเดกกะอิโนอิก (C15:0)	0.5
กรดปาล์มิติก (C16:0)	15.3
กรดปาล์มิโตเลอิก (C16:1)	2.4
กรดสเตียริก (C18:0)	4.6
กรดโอเลอิก (C18:1)	21.4
กรดไลโนเลอิก (C18:2)	29.5
กรดไลโนเลนิก (C18:3)	3.8
กรดออกตะเดกกะเตตระอิโนอิก(C18:4)	0.8
กรดอะราคิดิก (C20:0)	0.4
กรดกาโดเลอิก (C20:1)	0.9
กรดไอโคซะเฮกซะอิโนอิก (C20:5)	0.1
กรดบีฮีนิก (C22:0)	4.3
กรดอีรูซิค (C22:1)	0.5
กรดโดโคซะเฮกซะอิโนอิก(C22:6)	13.7

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมันและน้ำ พบว่ามายองเนสไขมันต่ำที่ผลิตได้มีไขมันลดลงจากสูตรต้นแบบ 61.33% โดยน้ำหนัก มีสัดส่วนของน้ำสูงถึง 45.46% โดยน้ำหนัก มายองเนสไขมันต่ำที่ผลิตได้มีกรดไขมันโอเมกา-3 คือ EPA และ DHA 0.1% และ 13.7% โดยน้ำหนักน้ำมัน ตามลำดับ และสูตรมายองเนสไขมันต่ำที่สรุปได้ ดังแสดงด้านล่าง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
น้ำมันถั่วเหลือง	13.00
น้ำมันปลาทูน่า	13.00
น้ำส้มสายชูกลั่น (กรดอะซิติก 5%)	6.00
น้ำตาลทราย	12.00
มัสตาร์ดผง	2.00
เกลือ	1.50
ทวีน®60	0.24 (โดยน้ำหนักน้ำมัน)
มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด	5.00
แซนแทนกัม	1.00
น้ำ	46.26

3.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตมายองเนสไขมันต่ำที่ปรับปรุงกลิ่นด้วยกระชาย ขิ้นฉ่ายและพริกไทยขาว ปริมาณ 1.7, 0.8 และ 1.5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (32-36 องศาเซลเซียส) และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยวิเคราะห์ค่า TBA ประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น กลิ่นรสตกค้าง เนื้อสัมผัส และความชอบรวม และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ ทุก 2 สัปดาห์ วัดค่าความหนืด การแยกชั้นของน้ำกับน้ำมัน ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตเมื่อเก็บ เป็นเวลา 3 เดือน ตัวอย่างควบคุม (ผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำที่เก็บเป็นเวลา 0 เดือน) และผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.23- 4.28

ตารางที่ 4.23 ค่า TBA ของมายองเนสไขมันต่ำที่บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 32-36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน

อุณหภูมิเก็บ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่า TBA เฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	0	$0.07^{a} + 0.003$
	2	$0.10^{ab} \pm 0.01$
	4	$0.12^{bc} \pm 0.01$
	6	$0.12^{bc} \pm 0.01$
	8	$0.13^{bc} \pm 0.01$
	10	$0.23^{e} \pm 0.01$
	12	$0.24^{e} \pm 0.01$
32-36	0	$0.07^{a} \pm 0.004$
	2	$0.11^{bc} \pm 0.01$
	4	$0.13^{bc} \pm 0.02$
	6	$0.16^{cd} \pm 0.02$
	8	$0.18^{d} \pm 0.02$
	10	$0.28^{f} \pm 0.03$
	12	$0.31^{f} \pm 0.01$

a,b,...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0$)

ตารางที่ 4.24 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น กลิ่นรสตกค้าง เนื้อสัมผัส และความ ชอบรวม ของมายองเนสไขมันต่ำที่บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 32-36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน

อุณหภูมิเก็บ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาเก็บ (สัปดาห์)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน				
		สี ns	กลิ่น	กลิ่นรสตกค้าง	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
10	0	7.97±1.13	6.35^{de} ±1.13	6.00^{h} ±1.17	9.02±0.26	6.27^{e} ±0.71
	2	8.10±0.91	6.70^{e} ±0.67	6.45^{h} ±0.50	9.05±0.44	6.90^{e} ±0.51
	4	7.90±0.81	6.55^{de} ±0.72	6.30^{h} ±0.63	9.20±0.35	6.55^{e} ±0.69
	6	8.30±0.92	6.50^{de} ±1.08	5.55^{fgh} ±0.50	9.20±0.75	6.20^{e} ±0.67
	8	7.90±1.05	6.00^{cde} ±0.67	5.25^{ef} ±0.59	9.20+0.35	5.10^{cd} ± 0.66
	10	8.80±0.82	5.60^{cde} ±0.88	4.70^{def} ±0.71	9.10±0.78	4.55^{c} ±0.80
	12	8.05±1.04	5.25^{cd} ±1.01	4.40^{de} ±0.70	9.05±0.60	4.20^{bc} ±0.71
32-36	0	7.90+0.57	6.20^{de} +0.42	6.20^{h} +0.42	9.00±1.36	6.10^{e} + 0.57
	2	8.15±1.00	6.70^{e} ±0.71	5.75^{gh} ±0.68	8.46±0.60	6.45^{e} ±0.44
	4	8.10±0.77	6.10^{cde} ±1.08	5.10^{ef} ±0.61	8.65±0.67	6.00^{de} ± 1.00
	6	7.95±0.83	4.95^{bc} ±0.96	3.95^{cd} ±0.80	8.80±0.88	4.50^{c} ± 0.85
	8	8.70±0.92	3.75^{ab} ±0.89	3.40^{bc} ±0.77	8.50±0.58	3.35^{ab} ±0.53
	10	8.30±0.72	3.20^{a} ±0.98	2.70^{ab} ±0.63	9.25±0.63	3.10^{a} ± 0.61
	12	8.20±1.00	2.80^{a} ±1.10	2.40^{a} ±0.61	9.00±0.85	2.80^{a} ± 0.75

a,b...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns ไม่มีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น กลิ่นรสตกค้าง เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ของมายองเนสไขมันต่ำที่บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 32-36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน

SOV	d.f.	MS				
		สี	กลิ่น	กลิ่นรสตกค้าง	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
อุณหภูมิ (A)	1	0.133	69.008*	72.852*	1.557*	44.408*
ระยะเวลาเก็บ (B)	5	0.775	23.188*	78.277*	0.052	35.125*
AB	5	1.016	5.628*	1.342*	0.207	1.638*
Block	9	3.249*	3.874*	1.840*	0.761	2.084*
Error	99	0.600	0.551	0.296	0.387	0.348

ตารางที่ 4.26 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส ค่าความหนืด และค่าการแยกชั้นของมายองเนสไขมันต่ำ ที่บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 32-36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิเก็บ

อุณหภูมิเก็บ (องศาเซลเซียส)	คะแนนเนื้อสัมผัสเฉลี่ย±เบี่ยงเบนมาตรฐาน
10	9.13±0.55
32-36	8.76±0.76

a,b...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.27 ค่าความหนืด และค่าการแยกชั้นของมายองเนสไขมันต่ำ ที่บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่อุณหภูมิ 10 , 32-36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน ตัวอย่างควบคุม และผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ความหนืด (mPa.s)	ค่าการแยกชั้น (cm)
ผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด	6,730.31 ± 325.92	0
ตัวอย่างควบคุม	6,651.99 ± 82.85	0
ผลิตภัณฑ์ที่ 10 องศาเซลเซียส	6,864.89 ± 147.77	0
ผลิตภัณฑ์ที่ 32-36 องศาเซลเซียส	6,220.96 ± 139.27	0

a,b...ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* ผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำที่เก็บเป็นเวลา 0 เดือน

ตารางที่ 4.28 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ ของมายองเนสไขมันต่ำที่บรรจุในขวดแก้ว เก็บที่ 10 และ 32-36 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 0,1,2 และ 3 เดือน

อุณหภูมิเก็บ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาเก็บ (เดือน)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัม)	ราและยีสต์ (CFU/กรัม)
ตัวอย่างควบคุม*	0	12.50	5.00
10	1	12.50	5.00
	2	20.00	7.50
	3	45.00	10.00
32-36	1	27.50	7.50
	2	30.00	12.50
	3	50.50	25.00

* ผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำที่เก็บนาน 0 เดือน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาเก็บมีผลต่อค่า TBA คะแนนกลิ่น กลิ่นรสตกค้าง และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนสีและเนื้อสัมผัส ($p \geq 0.05$) อุณหภูมิเก็บเท่านั้นที่มีผลต่อคะแนนเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำที่เก็บที่ 10 และ 32-36 องศาเซลเซียส มีค่า TBA สูงเมื่อเก็บนาน 10 และสัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ที่ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนกลิ่น กลิ่นรสตกค้าง และความชอบรวมต่ำ เมื่อเก็บนาน 12, 8 และ 8 สัปดาห์ ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ที่ 32-36 องศาเซลเซียส มีคะแนนกลิ่น กลิ่นรสตกค้าง และความชอบรวมต่ำ เมื่อเก็บนาน 6, 4 และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่ 32-36 องศาเซลเซียสมีคะแนนเนื้อสัมผัสต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างไม่เกิดการแยกชั้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่ 32-36 องศาเซลเซียสมีความหนืดต่ำที่สุด เมื่อเก็บนาน 3 เดือน

จากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ราและยีสต์ในผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและราและยีสต์ ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 32-36 องศาเซลเซียส ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ 10 และ 32.35 องศาเซลเซียส เก็บนาน 3 เดือน มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 45.00 และ 50.50 CFU/กรัม ตามลำดับ และราและยีสต์ไม่เกิน 10.00 และ 25.00 CFU/กรัม ตามลำดับ