

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ศึกษาสารอิมัลซิฟายเออร์ในเค้กเนย

##### 4.1.1 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ Sucrose ester เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

แปรปริมาณ Sucrose ester เป็น 3 ระดับ คือ 1,2,3% โดยน้ำหนักแป้ง

ประเมินผลการทดลอง เพื่อเลือกเค้กเนยที่ใช้ Sucrose ester เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

โดยพิจารณาจาก คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.2) และสมบัติทางกายภาพด้านปริมาตร และ symmetry index (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางกายภาพของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Sucrose ester ปริมาณ 1, 2, 3% โดยน้ำหนักแป้ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| สมบัติของเค้กเนย                    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                  |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                     | สูตรควบคุม                       | Sucrose ester 1%                 | Sucrose ester 2 %                | Sucrose ester 3 %                |
| <b>Batter</b>                       |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ความต่งจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> )  | 1.0700 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0111 | 0.9812 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0082 | 0.9644 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0101 | 0.9465 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0158 |
| ความหนืด (cP)                       | 35000 <sup>a</sup> $\pm$ 1649.24 | 40400 <sup>b</sup> $\pm$ 461.88  | 41800 <sup>bc</sup> $\pm$ 768.94 | 42600 <sup>c</sup> $\pm$ 765.94  |
| <b>Cake</b>                         |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )      | 1044.25 <sup>a</sup> $\pm$ 34.38 | 1107.00 <sup>b</sup> $\pm$ 14.31 | 1203.75 <sup>c</sup> $\pm$ 34.14 | 1230.75 <sup>c</sup> $\pm$ 34.77 |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)  | 2.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08     | 2.57 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03     | 2.80 <sup>c</sup> $\pm$ 0.08     | 2.86 <sup>c</sup> $\pm$ 0.08     |
| น้ำหนักที่สูญเสีย <sup>ns</sup> (%) | 4.29 $\pm$ 0.14                  | 4.42 $\pm$ 0.04                  | 4.33 $\pm$ 0.29                  | 4.41 $\pm$ 0.21                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)          | 4.36 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08     | 5.26 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03     | 5.35 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04     | 5.54 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04     |
| Symmetry index <sup>ns</sup> (mm)   | 8.00 $\pm$ 1.15                  | 7.75 $\pm$ 1.26                  | 7.75 $\pm$ 2.87                  | 7.50 $\pm$ 1.91                  |
| Uniformity index <sup>ns</sup> (mm) | 1.00 $\pm$ 0.00                  | 1.75 $\pm$ 0.50                  | 1.25 $\pm$ 0.96                  | 2.00 $\pm$ 0.00                  |
| Volume index (mm)                   | 145.00 <sup>a</sup> $\pm$ 2.71   | 161.00 <sup>b</sup> $\pm$ 1.83   | 164.75 <sup>b</sup> $\pm$ 2.06   | 169.50 <sup>c</sup> $\pm$ 3.11   |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณสาร Sucrose ester มีผลต่อความต่งจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า เมื่อปริมาณสาร Sucrose ester เพิ่มขึ้น จะทำให้ความต่งจำเพาะลดลง ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ volume index เพิ่มขึ้น ปริมาณสาร Sucrose ester ไม่มีผลต่อ ค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ symmetry index และ uniformity index ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Sucrose ester ปริมาณ 1, 2, 3% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Sucrose ester 1%              | Sucrose ester 2%              | Sucrose ester 3%              |
| สี <sup>ns</sup> (10)        | 8.39 $\pm$ 1.04                  | 8.33 $\pm$ 0.97               | 8.16 $\pm$ 0.80               | 8.31 $\pm$ 0.90               |
| -สีเปลือก <sup>ns</sup> (5)  | 4.18 $\pm$ 0.07                  | 4.41 $\pm$ 0.61               | 4.06 $\pm$ 0.52               | 4.14 $\pm$ 0.65               |
| -สีเนื้อ <sup>ns</sup> (5)   | 4.20 $\pm$ 0.65                  | 4.18 $\pm$ 0.70               | 4.10 $\pm$ 0.55               | 4.16 $\pm$ 0.55               |
| กลิ่น <sup>ns</sup> (10)     | 8.60 $\pm$ 0.96                  | 8.63 $\pm$ 0.91               | 8.64 $\pm$ 1.08               | 8.66 $\pm$ 1.05               |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 8.20 <sup>b</sup> $\pm$ 0.87     | 8.29 <sup>b</sup> $\pm$ 1.07  | 6.43 <sup>a</sup> $\pm$ 1.30  | 6.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.10  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 34.72 <sup>c</sup> $\pm$ 2.50    | 32.89 <sup>b</sup> $\pm$ 2.69 | 28.14 <sup>a</sup> $\pm$ 4.18 | 26.72 <sup>a</sup> $\pm$ 5.33 |
| -ความชุ่ม (20)               | 17.22 <sup>b</sup> $\pm$ 1.64    | 16.45 <sup>b</sup> $\pm$ 1.98 | 13.95 <sup>a</sup> $\pm$ 2.70 | 13.77 <sup>a</sup> $\pm$ 3.40 |
| -ความนุ่ม (20)               | 17.50 <sup>d</sup> $\pm$ 1.51    | 16.43 <sup>c</sup> $\pm$ 1.94 | 14.18 <sup>b</sup> $\pm$ 3.02 | 12.95 <sup>a</sup> $\pm$ 3.35 |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 16.45 <sup>d</sup> $\pm$ 1.59    | 15.62 <sup>c</sup> $\pm$ 1.57 | 13.97 <sup>b</sup> $\pm$ 1.87 | 13.20 <sup>a</sup> $\pm$ 2.05 |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 8.06 <sup>b</sup> $\pm$ 1.11     | 7.95 <sup>b</sup> $\pm$ 1.14  | 7.10 <sup>a</sup> $\pm$ 1.27  | 6.64 <sup>a</sup> $\pm$ 1.12  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.39 <sup>c</sup> $\pm$ 0.98     | 7.66 <sup>b</sup> $\pm$ 0.95  | 6.87 <sup>a</sup> $\pm$ 1.24  | 6.56 <sup>a</sup> $\pm$ 1.56  |
| รสชาติ <sup>ns</sup> (10)    | 8.85 $\pm$ 0.58                  | 8.85 $\pm$ 0.85               | 8.85 $\pm$ 0.74               | 8.83 $\pm$ 0.80               |
| คะแนนรวม (100)               | 85.25 <sup>c</sup> $\pm$ 4.65    | 82.62 <sup>b</sup> $\pm$ 4.13 | 74.22 <sup>a</sup> $\pm$ 5.56 | 72.47 <sup>a</sup> $\pm$ 6.04 |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณสาร Sucrose ester มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า เมื่อปริมาณสาร Sucrose ester เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวมลดลง ปริมาณสาร Sucrose ester ไม่มีผลต่อคะแนนสี สีเปลือกเค้ก สีเนื้อเค้ก กลิ่น และรสชาติ ( $p > 0.05$ ) จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง จะทำให้มีคะแนนรวมสูงกว่าเมื่อใช้สาร Sucrose ester ที่ระดับ 2% และ 3% โดยน้ำหนักแบ่ง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกปริมาณสาร Sucrose ester ที่ดีที่สุด โดยพิจารณาเค้กเนยจะต้องมีคะแนนการยอมรับรวมในระดับสูง ปริมาตรเค้ก และปริมาตรจำเพาะ มีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม พบว่า ปริมาณสาร Sucrose ester ที่ดีที่สุดสำหรับเค้กเนยคือ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง

#### 4.1.2 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ Monoglyceride เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

แปรปริมาณ Monoglyceride เป็น 3 ระดับ คือ 1,2,3% โดยน้ำหนักแบ่ง  
ประเมินผลการทดลอง เพื่อเลือกเค้กเนยที่ใช้ Monoglyceride เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์  
โดยพิจารณาจาก คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.4) และสมบัติทางกาย  
ภาพด้านปริมาตร และ symmetry index (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 สมบัติทางกายภาพของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Monoglyceride ปริมาณ 1, 2, 3% โดยน้ำหนัก  
แบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| สมบัติของเค้กเนย                    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                  |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                     | สูตรควบคุม                       | Monoglyceride 1 %                | Monoglyceride 2 %                | Monoglyceride 3 %                |
| <b>Batter</b>                       |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ความถ่วงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.0670 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0049 | 1.0070 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0059 | 0.9823 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0080 | 0.9727 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0070 |
| ความหนืด (cP)                       | 36600 <sup>a</sup> $\pm$ 400     | 40800 <sup>b</sup> $\pm$ 653.20  | 41600 <sup>bc</sup> $\pm$ 653.20 | 42400 <sup>c</sup> $\pm$ 653.20  |
| <b>Cake</b>                         |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )      | 1062.75 <sup>a</sup> $\pm$ 16.46 | 1093.00 <sup>b</sup> $\pm$ 8.60  | 1138 <sup>c</sup> $\pm$ 15.73    | 1193.50 <sup>d</sup> $\pm$ 18.34 |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)  | 2.47 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04     | 2.54 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02     | 2.64 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04     | 2.77 <sup>d</sup> $\pm$ 0.05     |
| น้ำหนักที่สูญเสีย <sup>ns</sup> (%) | 4.30 $\pm$ 0.15                  | 4.31 $\pm$ 0.12                  | 4.16 $\pm$ 0.09                  | 4.28 $\pm$ 0.20                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)          | 4.39 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03     | 4.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07     | 5.36 <sup>c</sup> $\pm$ 0.08     | 5.60 <sup>d</sup> $\pm$ 0.07     |
| Symmetry index <sup>ns</sup> (mm)   | 7.75 $\pm$ 0.96                  | 7.50 $\pm$ 1.00                  | 7.25 $\pm$ 0.96                  | 7.25 $\pm$ 0.50                  |
| Uniformity index <sup>ns</sup> (mm) | 1.25 $\pm$ 0.50                  | 1.00 $\pm$ 0.00                  | 1.25 $\pm$ 0.96                  | 1.25 $\pm$ 0.50                  |
| Volume index (mm)                   | 144.50 <sup>a</sup> $\pm$ 1.29   | 1.54 <sup>b</sup> $\pm$ 2.65     | 160.75 <sup>c</sup> $\pm$ 3.30   | 167.50 <sup>d</sup> $\pm$ 1.73   |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณสาร Monoglyceride มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ  
ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า  
เมื่อปริมาณสาร Monoglyceride เพิ่มขึ้น จะทำให้ความถ่วงจำเพาะลดลง ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้ก  
ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ volume index เพิ่มขึ้น ปริมาณสาร Monoglyceride ไม่มีผลต่อ  
ค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ symmetry index และ uniformity index ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4.4 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเด็กเนย เมื่อใช้สาร Monoglyceride ปริมาณ 1, 2, 3% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Monoglyceride 1%              | Monoglyceride 2%              | Monoglyceride 3%              |
| สี <sup>ns</sup> (10)        | 7.91 $\pm$ 1.30                  | 7.83 $\pm$ 1.15               | 7.64 $\pm$ 1.53               | 7.66 $\pm$ 1.07               |
| -สีเปลือก <sup>ns</sup> (5)  | 4.06 $\pm$ 0.78                  | 4.00 $\pm$ 0.65               | 3.97 $\pm$ 0.78               | 3.95 $\pm$ 0.61               |
| -สีเนื้อ <sup>ns</sup> (5)   | 3.85 $\pm$ 0.94                  | 3.83 $\pm$ 0.97               | 3.66 $\pm$ 1.15               | 3.70 $\pm$ 0.89               |
| กลิ่น <sup>ns</sup> (10)     | 8.53 $\pm$ 1.00                  | 8.50 $\pm$ 1.12               | 8.54 $\pm$ 1.12               | 8.50 $\pm$ 1.07               |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 7.39 <sup>c</sup> $\pm$ 0.86     | 6.79 <sup>b</sup> $\pm$ 1.50  | 6.14 <sup>a</sup> $\pm$ 1.39  | 6.12 <sup>a</sup> $\pm$ 1.33  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 32.87 <sup>c</sup> $\pm$ 2.00    | 27.79 <sup>b</sup> $\pm$ 5.76 | 27.93 <sup>b</sup> $\pm$ 4.38 | 25.66 <sup>a</sup> $\pm$ 5.11 |
| -ความชุ่ม (20)               | 1.60 <sup>c</sup> $\pm$ 1.45     | 14.52 <sup>b</sup> $\pm$ 3.10 | 14.33 <sup>b</sup> $\pm$ 2.52 | 11.27 <sup>a</sup> $\pm$ 4.26 |
| -ความนุ่ม (20)               | 16.27 <sup>b</sup> $\pm$ 1.36    | 13.27 <sup>a</sup> $\pm$ 3.77 | 13.60 <sup>a</sup> $\pm$ 3.16 | 14.39 <sup>a</sup> $\pm$ 2.31 |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 15.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.10    | 13.83 <sup>b</sup> $\pm$ 1.26 | 13.56 <sup>b</sup> $\pm$ 2.23 | 12.87 <sup>c</sup> $\pm$ 1.28 |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 7.72 <sup>c</sup> $\pm$ 0.91     | 6.93 <sup>b</sup> $\pm$ 0.95  | 6.77 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.57 | 6.39 <sup>a</sup> $\pm$ 1.04  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.00 <sup>b</sup> $\pm$ 0.77     | 6.89 <sup>a</sup> $\pm$ 1.13  | 6.79 <sup>a</sup> $\pm$ 1.42  | 6.47 <sup>a</sup> $\pm$ 0.92  |
| รสชาติ <sup>ns</sup> (10)    | 8.62 $\pm$ 0.98                  | 8.68 $\pm$ 0.90               | 8.64 $\pm$ 1.17               | 8.60 $\pm$ 1.06               |
| คะแนนรวม (100)               | 82.37 <sup>c</sup> $\pm$ 3.07    | 73.43 <sup>b</sup> $\pm$ 7.09 | 72.47 <sup>b</sup> $\pm$ 4.92 | 69.43 <sup>a</sup> $\pm$ 6.06 |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณสาร Monoglyceride มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อปริมาณสาร Monoglyceride เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวมลดลง ปริมาณสาร Monoglyceride ไม่มีผลต่อคะแนนสีเปลือกเค้ก สีเนื้อเค้ก กลิ่น และรสชาติ ( $p > 0.05$ ) จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง จะทำให้มีคะแนนรวมไม่แตกต่างจากเมื่อใช้สาร Monoglyceride ที่ระดับ 2% แต่เมื่อใช้สาร Monoglyceride ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักจะมีปริมาตรสูงกว่า ส่วนเด็กที่ใช้สาร Monoglyceride ที่ระดับ 3% มีคะแนนการยอมรับรวมต่ำที่สุด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกปริมาณสาร Monoglyceride ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาคะแนนการยอมรับรวมในระดับสูง ปริมาตรเค้กและปริมาตรจำเพาะ พบว่าปริมาณสาร Monoglyceride ที่ดีที่สุดสำหรับเด็กเนยคือ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง

#### 4.1.3 ศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ Polysorbate 60 เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

แปรปริมาณ Polysorbate 60 เป็น 3 ระดับ คือ 1,2,3% โดยน้ำหนักแป้ง  
ประเมินผลการทดลอง เพื่อเลือกเค้กเนยที่ใช้ Polysorbate 60 เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์  
โดยพิจารณาจาก คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.6) และสมบัติทางกาย  
ภาพด้านปริมาตร และ symmetry index (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 สมบัติทางกายภาพของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Polysorbate 60 ปริมาณ 1, 2, 3% โดยน้ำหนัก  
แป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| สมบัติของเค้กเนย                    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                  |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                     | สูตรควบคุม                       | Polysorbate 60 1%                | Polysorbate 60 2%                | Polysorbate 60 3%                |
| <b>Batter</b>                       |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ความถ่วงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.0728 <sup>d</sup> $\pm$ 0.0029 | 1.0401 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0126 | 1.0060 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0031 | 0.9851 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0092 |
| ความหนืด (cP)                       | 36400 <sup>a</sup> $\pm$ 461.88  | 38000 <sup>b</sup> $\pm$ 461.88  | 38800 <sup>c</sup> $\pm$ 461.88  | 39600 <sup>d</sup> $\pm$ 461.88  |
| <b>Cake</b>                         |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )      | 1042.25 <sup>a</sup> $\pm$ 31.54 | 1085.50 <sup>b</sup> $\pm$ 9.15  | 1102.00 <sup>b</sup> $\pm$ 7.53  | 1142.50 <sup>c</sup> $\pm$ 12.04 |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)  | 2.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07     | 2.52 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02     | 2.58 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03     | 2.65 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03     |
| น้ำหนักที่สูญเสีย <sup>ns</sup> (%) | 4.20 $\pm$ 0.16                  | 4.25 $\pm$ 0.15                  | 4.32 $\pm$ 0.23                  | 4.28 $\pm$ 0.29                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)          | 4.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02     | 4.72 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03     | 4.96 <sup>c</sup> $\pm$ 0.06     | 5.09 <sup>d</sup> $\pm$ 0.03     |
| Symmetry index <sup>ns</sup> (mm)   | 8.00 $\pm$ 2.00                  | 8.50 $\pm$ 1.00                  | 8.75 $\pm$ 0.50                  | 8.50 $\pm$ 1.29                  |
| Uniformity index <sup>ns</sup> (mm) | 1.00 $\pm$ 0.00                  | 2.00 $\pm$ 1.15                  | 1.25 $\pm$ 0.50                  | 1.50 $\pm$ 0.58                  |
| Volume index (mm)                   | 143.50 <sup>a</sup> $\pm$ 1.73   | 148.25 <sup>b</sup> $\pm$ 1.50   | 153.25 <sup>c</sup> $\pm$ 2.50   | 157.25 <sup>d</sup> $\pm$ 2.99   |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ปริมาณสาร Polysorbate 60 มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า เมื่อปริมาณสาร Polysorbate 60 เพิ่มขึ้น จะทำให้ความถ่วงจำเพาะลดลง ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ volume index เพิ่มขึ้น ปริมาณสาร Polysorbate 60 ไม่มีผลต่อ ค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ symmetry index และ uniformity index ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4.6 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเด็กเนย เมื่อใช้สาร Polysorbate 60 ปริมาณ 1, 2, 3% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Polysorbate 60 1%             | Polysorbate 60 2%             | Polysorbate 60 3%             |
| สี <sup>ns</sup> (10)        | 8.00 $\pm$ 1.16                  | 7.52 $\pm$ 1.45               | 7.60 $\pm$ 1.36               | 7.68 $\pm$ 1.24               |
| -สีเปลือก <sup>ns</sup> (5)  | 4.16 $\pm$ 0.88                  | 3.81 $\pm$ 0.93               | 3.81 $\pm$ 0.93               | 3.87 $\pm$ 0.95               |
| -สีเนื้อ <sup>ns</sup> (5)   | 3.83 $\pm$ 1.03                  | 3.70 $\pm$ 0.89               | 3.79 $\pm$ 0.92               | 3.81 $\pm$ 0.84               |
| กลิ่น <sup>ns</sup> (10)     | 8.52 $\pm$ 0.96                  | 8.54 $\pm$ 1.20               | 8.54 $\pm$ 1.07               | 8.50 $\pm$ 0.96               |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 7.66 <sup>b</sup> $\pm$ 0.80     | 6.54 <sup>a</sup> $\pm$ 1.20  | 6.35 <sup>a</sup> $\pm$ 1.53  | 6.12 <sup>a</sup> $\pm$ 1.14  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 13.43 <sup>b</sup> $\pm$ 2.47    | 27.81 <sup>a</sup> $\pm$ 5.46 | 27.20 <sup>a</sup> $\pm$ 5.54 | 27.04 <sup>a</sup> $\pm$ 4.62 |
| -ความชุ่ม (20)               | 17.06 <sup>b</sup> $\pm$ 1.29    | 14.20 <sup>a</sup> $\pm$ 3.48 | 13.66 <sup>a</sup> $\pm$ 3.79 | 13.60 <sup>a</sup> $\pm$ 2.58 |
| -ความนุ่ม (20)               | 16.37 <sup>b</sup> $\pm$ 1.78    | 13.60 <sup>a</sup> $\pm$ 3.65 | 13.54 <sup>a</sup> $\pm$ 3.16 | 13.43 <sup>a</sup> $\pm$ 3.41 |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 15.33 <sup>b</sup> $\pm$ 1.52    | 13.50 <sup>a</sup> $\pm$ 1.65 | 13.35 <sup>a</sup> $\pm$ 1.78 | 13.14 <sup>a</sup> $\pm$ 1.14 |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 7.79 <sup>b</sup> $\pm$ 1.05     | 6.77 <sup>a</sup> $\pm$ 1.03  | 6.64 <sup>a</sup> $\pm$ 1.39  | 6.45 <sup>a</sup> $\pm$ 0.74  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 7.54 <sup>b</sup> $\pm$ 1.09     | 6.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.23  | 6.70 <sup>a</sup> $\pm$ 1.07  | 6.68 <sup>a</sup> $\pm$ 1.01  |
| รสชาติ <sup>ns</sup> (10)    | 8.06 $\pm$ 0.75                  | 8.12 $\pm$ 1.04               | 8.00 $\pm$ 1.52               | 8.10 $\pm$ 1.13               |
| คะแนนรวม (100)               | 81.02 <sup>b</sup> $\pm$ 3.79    | 71.64 <sup>a</sup> $\pm$ 6.95 | 71.06 <sup>a</sup> $\pm$ 6.49 | 71.60 <sup>a</sup> $\pm$ 5.60 |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณสาร Polysorbate 60 มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า เมื่อปริมาณสาร Polysorbate 60 เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวมลดลง ปริมาณสาร Polysorbate 60 ไม่มีผลต่อคะแนนสี สีเปลือกเค้ก สีเนื้อเค้ก กลิ่น และรสชาติ ( $p > 0.05$ )

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด เมื่อใช้สาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% 2% และ 3% โดยน้ำหนักแบ่ง มีคะแนนรวมไม่แตกต่างกัน จากนั้นพิจารณาโดยใช้ปริมาตรเป็นเกณฑ์พบว่า เมื่อใช้สาร Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% และ 2% โดยน้ำหนักแบ่งมีปริมาตรไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเลือกสาร Polysorbate 60 1% โดยน้ำหนักแบ่ง ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป เนื่องจากใช้ในปริมาณน้อยกว่า

4.2 ศึกษาสารอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนย

ผลิตเค้กเนยที่สรุปได้จากข้อ 4.1.1 4.1.2 และ 4.1.3 เลือกสารอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ

ประเมินผลการทดลอง เพื่อเลือกเค้กเนยที่ใช้ สารอิมัลซิฟายเออร์โดยพิจารณาจาก คะแนนการยอมรับรวมทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.8) และสมบัติทางกายภาพด้านปริมาตร และ symmetry index (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางกายภาพของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Sucrose ester, Monoglyceride , และ Polysorbate 60 ปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| สมบัติของเค้กเนย                    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                  |                                 |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                                     | สูตรควบคุม                       | Sucrose ester 1%                 | Monoglyceride 1%                 | Polysorbate 60 1%               |
| <u>Batter</u>                       |                                  |                                  |                                  |                                 |
| ความถ่วงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.07 <sup>d</sup> $\pm$ 0.01     | 0.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01     | 1.00 <sup>b</sup> $\pm$ 0.01     | 1.04 <sup>c</sup> $\pm$ 0.01    |
| ความหนืด (cP)                       | 36400 <sup>a</sup> $\pm$ 400     | 41000 <sup>d</sup> $\pm$ 346.41  | 40200 <sup>c</sup> $\pm$ 346.41  | 37800 <sup>b</sup> $\pm$ 346.41 |
| <u>Cake</u>                         |                                  |                                  |                                  |                                 |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )      | 1000.75 <sup>a</sup> $\pm$ 6.87  | 1101.00 <sup>b</sup> $\pm$ 23.00 | 1100.25 <sup>b</sup> $\pm$ 12.03 | 1081.75 <sup>b</sup> $\pm$ 9.65 |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)  | 2.32 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01     | 2.56 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05     | 2.55 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03     | 2.51 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02    |
| น้ำหนักที่สูญเสีย <sup>ns</sup> (%) | 4.18 $\pm$ 0.05                  | 4.21 $\pm$ 0.14                  | 4.21 $\pm$ 0.12                  | 4.25 $\pm$ 0.05                 |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)          | 4.47 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05     | 5.20 <sup>d</sup> $\pm$ 0.03     | 4.97 <sup>c</sup> $\pm$ 0.10     | 4.78 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02    |
| Symmetry index <sup>ns</sup> (mm)   | 5.75 $\pm$ 0.83                  | 6.25 $\pm$ 0.83                  | 6.25 $\pm$ 0.83                  | 6.25 $\pm$ 0.43                 |
| Uniformity index <sup>ns</sup> (mm) | 1.25 $\pm$ 0.43                  | 1.25 $\pm$ 1.08                  | 1.25 $\pm$ 0.43                  | 1.50 $\pm$ 0.50                 |
| Volume index (mm)                   | 147.25 <sup>a</sup> $\pm$ 1.92   | 159.50 <sup>c</sup> $\pm$ 2.06   | 154.25 <sup>b</sup> $\pm$ 4.14   | 150.50 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.29 |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า สาร Sucrose ester, Monoglyceride, และ Polysorbate 60 1% โดยน้ำหนักแบ่ง มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ Volume index ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อปริมาณสาร Sucrose ester 1% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ จะทำให้ความถ่วงจำเพาะต่ำที่สุด ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง และ volume index สูงที่สุด ส่วนปริมาณสาร sucrose ester, Monoglyceride, และ Polysorbate 60 ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ symmetry index และ uniformity index ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4.8 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Sucrose ester , Monoglyceride , และ Polysorbate 60 ปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                                |                                |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Sucrose ester 1%              | Monoglyceride 1%               | Polysorbate 60 1%              |
| สี <sup>ns</sup> (10)        | 8.16 $\pm$ 0.78                  | 8.04 $\pm$ 0.77               | 7.81 $\pm$ 0.78                | 7.85 $\pm$ 1.33                |
| -สีเปลือก <sup>ns</sup> (5)  | 4.10 $\pm$ 0.55                  | 4.08 $\pm$ 0.57               | 4.02 $\pm$ 0.38                | 3.93 $\pm$ 0.86                |
| -สีเนื้อ <sup>ns</sup> (5)   | 4.06 $\pm$ 0.47                  | 3.95 $\pm$ 0.45               | 3.79 $\pm$ 0.68                | 3.91 $\pm$ 0.98                |
| กลิ่น <sup>ns</sup> (10)     | 7.83 $\pm$ 1.04                  | 7.87 $\pm$ 0.84               | 7.81 $\pm$ 1.20                | 7.87 $\pm$ 1.28                |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 8.41 <sup>b</sup> $\pm$ 0.79     | 8.35 <sup>b</sup> $\pm$ 0.88  | 7.10 <sup>a</sup> $\pm$ 0.72   | 7.35 <sup>a</sup> $\pm$ 1.02   |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 33.68 <sup>c</sup> $\pm$ 3.02    | 31.82 <sup>b</sup> $\pm$ 2.87 | 29.33 <sup>a</sup> $\pm$ 2.87  | 28.66 <sup>a</sup> $\pm$ 4.73  |
| -ความชุ่ม (20)               | 16.68 <sup>b</sup> $\pm$ 2.54    | 16.20 <sup>b</sup> $\pm$ 2.01 | 14.47 <sup>a</sup> $\pm$ 1.89  | 14.31 <sup>a</sup> $\pm$ 3.62  |
| -ความนุ่ม (20)               | 17.00 <sup>c</sup> $\pm$ 1.70    | 15.60 <sup>b</sup> $\pm$ 2.14 | 14.85 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.97 | 14.35 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.88 |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 16.14 <sup>b</sup> $\pm$ 1.20    | 15.97 <sup>b</sup> $\pm$ 1.27 | 14.18 <sup>a</sup> $\pm$ 1.26  | 13.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.73  |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 8.04 <sup>b</sup> $\pm$ 0.87     | 7.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.96  | 7.12 <sup>a</sup> $\pm$ 1.02   | 6.87 <sup>a</sup> $\pm$ 1.06   |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.10 <sup>b</sup> $\pm$ 0.85     | 8.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.84  | 7.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.93   | 6.85 <sup>a</sup> $\pm$ 1.12   |
| รสชาติ <sup>ns</sup> (10)    | 8.56 $\pm$ 0.84                  | 8.58 $\pm$ 0.98               | 8.52 $\pm$ 1.11                | 8.50 $\pm$ 1.16                |
| คะแนนรวม (100)               | 82.81 <sup>c</sup> $\pm$ 3.66    | 80.64 <sup>b</sup> $\pm$ 3.74 | 74.77 <sup>a</sup> $\pm$ 4.13  | 73.97 <sup>a</sup> $\pm$ 5.74  |

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

ns ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า สาร Sucrose ester, Monoglyceride, และ Polysorbate 60 ปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า ปริมาณสาร Sucrose ester 1% จะมีผลทำให้คะแนนความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล และการยอมรับรวมอยู่ในระดับสูง ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ปริมาณสาร Sucrose ester, Monoglyceride, และ Polysorbate 60 ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่งไม่มีผลต่อคะแนนสี สีเปลือกเค้ก สีเนื้อเค้ก กลิ่น และรสชาติ ( $p > 0.05$ ) จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้สาร Sucrose ester ในปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง มีคะแนนรวมสูงกว่าเมื่อใช้ Monoglyceride และ Polysorbate 60 ปริมาณ 1% โดยน้ำหนักแบ่ง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกสาร Sucrose ester 1% โดยน้ำหนักแบ่ง เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยเพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป



### 4.3 ศึกษาสารทดแทนไขมันในเค้กเนย

#### 4.3.1 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วย Polydextrose

แปรปริมาณสาร Polydextrose เป็น 20, 40, 60, 80, และ 100% โดยน้ำหนักไขมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Polydextrose แทนที่ไขมันในปริมาณ 20, 40, 60, 80, 100 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| สมบัติของเค้กเนย                             | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                  |   |                                  |                                  |
|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|
|  | สูตรควบคุม                       | Polydextrose 20%                 | Polydextrose 40%                 | Polydextrose 60 %                           | Polydextrose 80%                 | Polydextrose 100%                |
| <b>Batter</b>                                |                                  |                                  |                                  |   |                                  |                                  |
| ความถ่วงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> )          | 0.9740 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0087 | 1.0334 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0403 | 1.0947 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0097 | 1.1716 <sup>d</sup> $\pm$ 0.0183            | 1.2534 <sup>e</sup> $\pm$ 0.0305 | 1.3238 <sup>f</sup> $\pm$ 0.0127 |
| ความหนืด (cP)                                | 40800 <sup>f</sup> $\pm$ 800.00  | 40000 <sup>e</sup> $\pm$ 800.00  | 33867 <sup>b</sup> $\pm$ 2013.29 | 28800 <sup>c</sup> $\pm$ 800.00             | 18133 <sup>b</sup> $\pm$ 461.88  | 8267 <sup>a</sup> $\pm$ 461.88   |
| <b>Cake</b>                                  |                                  |                                  |                                  |   |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )               | 1139.33 <sup>f</sup> $\pm$ 3.06  | 1094.00 <sup>e</sup> $\pm$ 9.17  | 955.67 <sup>d</sup> $\pm$ 21.01  | 871.00 <sup>c</sup> $\pm$ 20.42             | 749.33 <sup>d</sup> $\pm$ 40.87  | 614.33 <sup>a</sup> $\pm$ 12.01  |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)           | 2.65 <sup>f</sup> $\pm$ 0.01     | 2.54 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02     | 2.22 <sup>d</sup> $\pm$ 0.06     | 2.03 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05                | 1.75 <sup>b</sup> $\pm$ 0.10     | 1.43 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03     |
| น้ำหนักที่สูญเสียหลังอบ <sup>ns</sup><br>(%) | 4.45 $\pm$ 0.06                  | 4.47 $\pm$ 0.09                  | 4.52 $\pm$ 0.10                  | 4.49 $\pm$ 0.10                             | 4.48 $\pm$ 0.04                  | 4.52 $\pm$ 0.01                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)                   | 5.32 <sup>f</sup> $\pm$ 0.04     | 4.63 <sup>e</sup> $\pm$ 0.10     | 4.37 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04     | 4.19 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03                | 2.80 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06     | 1.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.05     |
| Symmetry index (mm)                          | 8.33 <sup>d</sup> $\pm$ 0.58     | 5.67 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.58    | 4.33 <sup>c</sup> $\pm$ 2.31     | 4.33 <sup>c</sup> $\pm$ 2.31                | 0.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | -5.33 <sup>a</sup> $\pm$ 1.53    |
| Uniformity index (mm)                        | 1.00 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.00    | 1.67 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | 1.00 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.00    | 1.00 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.00               | 0.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.58     | 1.33 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.58    |
| Volume index (mm)                            | 164.67 <sup>e</sup> $\pm$ 1.53   | 153.33 <sup>d</sup> $\pm$ 3.06   | 146.67 <sup>cd</sup> $\pm$ 2.52  | 140.67 <sup>c</sup> $\pm$ 2.52              | 125.67 <sup>b</sup> $\pm$ 9.50   | 93.33 <sup>a</sup> $\pm$ 7.64    |
| <b>สีเปลือก</b>                              |                                  |                                  |                                  |   |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                             | 67.98 <sup>b</sup> $\pm$ 1.42    | 65.61 <sup>a</sup> $\pm$ 0.65    | 68.42 <sup>b</sup> $\pm$ 1.02    | 71.06 <sup>c</sup> $\pm$ 0.57               | 70.42 <sup>c</sup> $\pm$ 0.64    | 72.00 <sup>c</sup> $\pm$ 0.51    |
| b (ค่าสีเหลือง)                              | 45.02 <sup>c</sup> $\pm$ 0.15    | 44.12 <sup>c</sup> $\pm$ 0.55    | 44.16 <sup>c</sup> $\pm$ 0.09    | 41.18 <sup>b</sup> $\pm$ 1.15               | 39.30 <sup>a</sup> $\pm$ 0.79    | 39.09 <sup>a</sup> $\pm$ 1.00    |
| <b>สีเนื้อ</b>                               |                                  |                                  |                                  |   |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                             | 75.38 <sup>a</sup> $\pm$ 1.05    | 77.98 <sup>a</sup> $\pm$ 0.59    | 78.96 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.55   | 78.95 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.38 <sup>A</sup> | 79.06 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.15   | 79.98 <sup>b</sup> $\pm$ 0.35    |
| b (ค่าสีเหลือง)                              | 26.10 <sup>c</sup> $\pm$ 0.56    | 25.14 <sup>c</sup> $\pm$ 0.49    | 23.09 <sup>b</sup> $\pm$ 0.47    | 23.22 <sup>b</sup> $\pm$ 0.49               | 22.81 <sup>b</sup> $\pm$ 0.64    | 21.65 <sup>a</sup> $\pm$ 0.59    |
| Hardness (kg)                                | 0.95 <sup>d</sup> $\pm$ 0.09     | 0.83 <sup>c</sup> $\pm$ 0.06     | 0.70 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07     | 0.66 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02                | 0.63 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.04    | 0.52 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04     |

ตารางที่ 4.10 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Polydextrose แทนที่ไขมันในปริมาณ 20, 40, 60, 80,100 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                               |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Polydextrose 20%              | Polydextrose 40%              | Polydextrose 60 %             | Polydextrose 80%              | Polydextrose 100%             |
| สี (10)                      | 8.52 <sup>d</sup> $\pm$ 0.74     | 8.03 <sup>d</sup> $\pm$ 1.81  | 4.50 <sup>c</sup> $\pm$ 1.96  | 3.25 <sup>b</sup> $\pm$ 1.78  | 2.61 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.46 | 2.42 <sup>a</sup> $\pm$ 1.05  |
| -สีเปลือก (5)                | 4.25 <sup>d</sup> $\pm$ 0.50     | 4.03 <sup>d</sup> $\pm$ 1.18  | 2.50 <sup>c</sup> $\pm$ 1.52  | 1.86 <sup>b</sup> $\pm$ 1.42  | 1.28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.94  | 1.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.96  |
| -สีเนื้อ (5)                 | 4.27 <sup>c</sup> $\pm$ 0.57     | 4.00 <sup>c</sup> $\pm$ 1.17  | 2.00 <sup>b</sup> $\pm$ 1.43  | 1.39 <sup>a</sup> $\pm$ 0.99  | 1.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.95  | 1.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.50  |
| กลิ่น (10)                   | 8.11 <sup>c</sup> $\pm$ 1.12     | 7.17 <sup>b</sup> $\pm$ 0.91  | 7.06 <sup>b</sup> $\pm$ 0.89  | 6.75 <sup>b</sup> $\pm$ 1.02  | 6.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.94  | 6.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.87  |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 8.58 <sup>e</sup> $\pm$ 1.05     | 7.86 <sup>d</sup> $\pm$ 0.96  | 7.22 <sup>c</sup> $\pm$ 1.02  | 5.69 <sup>b</sup> $\pm$ 1.17  | 5.00 <sup>a</sup> $\pm$ 1.35  | 4.53 <sup>a</sup> $\pm$ 1.38  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 32.75 <sup>e</sup> $\pm$ 1.70    | 28.47 <sup>d</sup> $\pm$ 3.48 | 27.03 <sup>c</sup> $\pm$ 2.74 | 20.11 <sup>b</sup> $\pm$ 3.20 | 17.19 <sup>a</sup> $\pm$ 1.41 | 16.78 <sup>a</sup> $\pm$ 1.12 |
| -ความชุ่ม (20)               | 16.31 <sup>e</sup> $\pm$ 1.14    | 14.22 <sup>d</sup> $\pm$ 2.29 | 13.36 <sup>c</sup> $\pm$ 1.87 | 9.97 <sup>b</sup> $\pm$ 1.80  | 8.86 <sup>a</sup> $\pm$ 1.22  | 8.50 <sup>a</sup> $\pm$ 0.97  |
| -ความนุ่ม (20)               | 16.44 <sup>d</sup> $\pm$ 1.16    | 14.25 <sup>c</sup> $\pm$ 2.96 | 13.63 <sup>c</sup> $\pm$ 1.88 | 10.14 <sup>b</sup> $\pm$ 2.09 | 8.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.72  | 8.28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.77  |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 16.72 <sup>f</sup> $\pm$ 1.30    | 13.22 <sup>e</sup> $\pm$ 1.39 | 12.58 <sup>d</sup> $\pm$ 1.48 | 10.63 <sup>c</sup> $\pm$ 1.70 | 3.94 <sup>b</sup> $\pm$ 1.51  | 2.55 <sup>a</sup> $\pm$ 0.65  |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 8.28 <sup>f</sup> $\pm$ 0.97     | 6.83 <sup>e</sup> $\pm$ 0.91  | 6.22 <sup>d</sup> $\pm$ 0.98  | 5.36 <sup>c</sup> $\pm$ 1.26  | 2.11 <sup>b</sup> $\pm$ 1.25  | 1.22 <sup>a</sup> $\pm$ 0.42  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.44 <sup>e</sup> $\pm$ 0.81     | 6.38 <sup>d</sup> $\pm$ 0.80  | 6.36 <sup>d</sup> $\pm$ 0.96  | 5.27 <sup>c</sup> $\pm$ 1.42  | 1.83 <sup>b</sup> $\pm$ 0.77  | 1.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.47  |
| รสชาติ (10)                  | 8.16 <sup>d</sup> $\pm$ 0.77     | 7.22 <sup>c</sup> $\pm$ 0.42  | 5.66 <sup>b</sup> $\pm$ 2.12  | 5.33 <sup>b</sup> $\pm$ 2.11  | 4.47 <sup>a</sup> $\pm$ 2.28  | 3.77 <sup>a</sup> $\pm$ 1.60  |
| คะแนนรวม (100)               | 82.86 <sup>f</sup> $\pm$ 3.04    | 71.97 <sup>e</sup> $\pm$ 4.88 | 64.06 <sup>d</sup> $\pm$ 4.04 | 51.78 <sup>c</sup> $\pm$ 4.16 | 39.47 <sup>b</sup> $\pm$ 3.97 | 36.14 <sup>a</sup> $\pm$ 2.94 |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณสาร Polydextrose มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index Uniformity index Volume index สีเปลือก (ค่า  $L$ ,  $b$ ) สีเนื้อ (ค่า  $L$ ,  $b$ ) และ ลักษณะเนื้อสัมผัสค่า hardness ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ ( $p > 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose เพิ่มขึ้น จะทำให้ความถ่วงจำเพาะ สีเปลือก (ค่า  $L$ ) สีเนื้อ (ค่า  $L$ ) เพิ่มขึ้น ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index Volume index สีเปลือก (ค่า  $b$ ) สีเนื้อ (ค่า  $b$ ) และ ลักษณะเนื้อสัมผัสค่า hardness ลดลง

สำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่าปริมาณสาร Polydextrose มีผลต่อ คะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อปริมาณสาร Polydextrose เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้คะแนนด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมดพบว่า เค้กเนยสูตรควบคุมสามารถลดไขมันลงถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร Polydextrose ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมัน มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งหากแทนที่ไขมันเกิน 60% ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose เป็นสารทดแทนไขมันโดยจะพิจารณาจากคะแนนการยอมรับรวม ปริมาตรเค้ก จากเกณฑ์ที่กล่าวมาพบว่า สามารถแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose ได้สูงถึง 60% โดยน้ำหนักไขมัน

4.3.2 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วย Maltodextrin

แปรปริมาณสาร Maltodextrin เป็น 20, 40, 60, 80, และ 100% โดยน้ำหนักไขมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.11 และ 4.12

ตารางที่ 4.11 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเด็กเนย เมื่อใช้สาร Maltodextrin แทนที่ไขมันในปริมาณ 20, 40, 60, 80, 100 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| สมบัติของเด็กเนย                             | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                     |                                  |                                   |                                  |                                  |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|  | สูตรควบคุม                       | Maltodextrin 20%                    | Maltodextrin 40%                 | Maltodextrin 60%                  | Maltodextrin 80%                 | Maltodextrin 100%                |
| <b>Batter</b>                                |                                  |                                     |                                  |                                   |                                  |                                  |
| ความถ่วงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> )          | 0.9782 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0076 | 1.0486 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0038    | 1.0788 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0038 | 1.2277 <sup>d</sup> $\pm$ 0.0176  | 1.2867 <sup>e</sup> $\pm$ 0.0089 | 1.3022 <sup>e</sup> $\pm$ 0.0056 |
| ความหนืด (cP)                                | 4.533 <sup>e</sup> $\pm$ 461.88  | 46133.00 <sup>d</sup> $\pm$ 1222.02 | 43467 <sup>c</sup> $\pm$ 461.88  | 400000 <sup>c</sup> $\pm$ 1385.64 | 31200 <sup>b</sup> $\pm$ 800.00  | 25067 <sup>a</sup> $\pm$ 1222.02 |
| <b>Cake</b>                                  |                                  |                                     |                                  |                                   |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )               | 1123.00 <sup>f</sup> $\pm$ 5.00  | 1087.00 <sup>e</sup> $\pm$ 6.56     | 1006.67 <sup>d</sup> $\pm$ 10.07 | 958.33 <sup>c</sup> $\pm$ 14.57   | 841.00 <sup>b</sup> $\pm$ 17.69  | 752.67 <sup>a</sup> $\pm$ 13.05  |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)           | 2.61 <sup>f</sup> $\pm$ 0.01     | 2.53 <sup>e</sup> $\pm$ 0.02        | 2.34 <sup>d</sup> $\pm$ 0.03     | 2.23 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04      | 1.96 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04     | 1.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03     |
| น้ำหนักที่สูญเสียหลังอบ <sup>ns</sup><br>(%) | 4.44 $\pm$ 0.03                  | 4.47 $\pm$ 0.10                     | 4.44 $\pm$ 0.23                  | 4.43 $\pm$ 0.16                   | 4.51 $\pm$ 0.09                  | 4.41 $\pm$ 0.04                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)                   | 5.30 <sup>f</sup> $\pm$ 0.03     | 5.15 <sup>e</sup> $\pm$ 0.05        | 4.90 <sup>d</sup> $\pm$ 0.06     | 4.84 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05      | 4.06 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06     | 3.96 <sup>a</sup> $\pm$ 0.07     |
| Symmetry index (mm)                          | 8.67 <sup>d</sup> $\pm$ 0.58     | 7.33 <sup>c</sup> $\pm$ 0.58        | 6.67 <sup>c</sup> $\pm$ 0.58     | 5.00 <sup>b</sup> $\pm$ 0.00      | 3.67 <sup>a</sup> $\pm$ 0.58     | 3.00 <sup>a</sup> $\pm$ 1.00     |
| Uniformity index <sup>ns</sup> (mm)          | 0.67 $\pm$ 0.58                  | 1.33 $\pm$ 0.58                     | 1.33 $\pm$ 0.58                  | 1.00 $\pm$ 0.00                   | 1.00 $\pm$ 1.00                  | 0.33 $\pm$ 0.58                  |
| Volume index (mm)                            | 166.33 <sup>d</sup> $\pm$ 1.53   | 158.67 <sup>cd</sup> $\pm$ 4.04     | 152.33 <sup>c</sup> $\pm$ 4.62   | 142.00 <sup>b</sup> $\pm$ 3.00    | 126.33 <sup>a</sup> $\pm$ 6.43   | 121.00 <sup>a</sup> $\pm$ 7.00   |
| <b>สีเปลือก</b>                              |                                  |                                     |                                  |                                   |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                             | 65.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08    | 65.41 <sup>a</sup> $\pm$ 0.32       | 66.32 <sup>b</sup> $\pm$ 0.81    | 70.67 <sup>c</sup> $\pm$ 0.26     | 71.13 <sup>c</sup> $\pm$ 0.41    | 71.41 <sup>c</sup> $\pm$ 0.23    |
| b (ค่าสีเหลือง)                              | 43.20 <sup>c</sup> $\pm$ 0.73    | 42.44 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.55      | 42.20 <sup>b</sup> $\pm$ 0.21    | 38.43 <sup>a</sup> $\pm$ 0.31     | 38.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.19    | 37.91 <sup>a</sup> $\pm$ 0.29    |
| <b>สีเนื้อ</b>                               |                                  |                                     |                                  |                                   |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                             | 76.91 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09    | 77.37 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.86      | 78.15 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.52   | 78.08 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09     | 79.05 <sup>c</sup> $\pm$ 0.50    | 79.09 <sup>c</sup> $\pm$ 0.50    |
| b (ค่าสีเหลือง)                              | 25.31 <sup>d</sup> $\pm$ 0.73    | 24.80 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.29      | 23.78 <sup>b</sup> $\pm$ 0.33    | 23.95 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.57    | 23.17 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.29   | 22.59 <sup>a</sup> $\pm$ 0.47    |
| Hardness (kg)                                | 1.03 <sup>e</sup> $\pm$ 0.06     | 0.82 <sup>d</sup> $\pm$ 0.03        | 0.72 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03     | 0.65 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02      | 0.59 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.01    | 0.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.01     |

ตารางที่ 4.12 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Maltodextrin แทนที่ไขมันในปริมาณ 20, 40, 60, 80, 100 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                               |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Maltodextrin 20%              | Maltodextrin 40%              | Maltodextrin 60%              | Maltodextrin 80%              | Maltodextrin 100%             |
| สี (10)                      | 8.22 <sup>d</sup> $\pm$ 0.48     | 7.41 <sup>c</sup> $\pm$ 1.48  | 4.00 <sup>b</sup> $\pm$ 2.81  | 2.44 <sup>a</sup> $\pm$ 1.40  | 2.42 <sup>a</sup> $\pm$ 1.05  | 2.39 <sup>a</sup> $\pm$ 1.13  |
| -สีเปลือก (5)                | 4.11 <sup>d</sup> $\pm$ 0.32     | 3.61 <sup>c</sup> $\pm$ 1.08  | 1.94 <sup>b</sup> $\pm$ 1.45  | 1.19 <sup>a</sup> $\pm$ 0.82  | 1.17 <sup>a</sup> $\pm$ 0.69  | 1.31 <sup>a</sup> $\pm$ 1.04  |
| -สีเนื้อ (5)                 | 4.11 <sup>c</sup> $\pm$ 0.32     | 3.83 <sup>c</sup> $\pm$ 1.08  | 2.05 <sup>b</sup> $\pm$ 1.64  | 1.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.84  | 1.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.84  | 1.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.50  |
| กลิ่น (10)                   | 8.17 <sup>d</sup> $\pm$ 0.91     | 7.11 <sup>c</sup> $\pm$ 1.14  | 7.00 <sup>c</sup> $\pm$ 1.02  | 6.63 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.07 | 6.19 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.04 | 6.03 <sup>a</sup> $\pm$ 0.91  |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 8.53 <sup>d</sup> $\pm$ 0.91     | 7.72 <sup>c</sup> $\pm$ 0.78  | 6.06 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58  | 5.66 <sup>b</sup> $\pm$ 0.86  | 4.94 <sup>a</sup> $\pm$ 1.26  | 4.81 <sup>a</sup> $\pm$ 1.28  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 32.19 <sup>e</sup> $\pm$ 1.16    | 27.58 <sup>d</sup> $\pm$ 3.09 | 26.08 <sup>c</sup> $\pm$ 2.35 | 21.42 <sup>b</sup> $\pm$ 2.15 | 17.92 <sup>a</sup> $\pm$ 1.27 | 17.38 <sup>a</sup> $\pm$ 1.07 |
| -ความชุ่ม (20)               | 16.25 <sup>e</sup> $\pm$ 1.16    | 13.97 <sup>d</sup> $\pm$ 1.83 | 13.19 <sup>c</sup> $\pm$ 1.80 | 10.77 <sup>b</sup> $\pm$ 1.76 | 8.97 <sup>a</sup> $\pm$ 0.81  | 8.66 <sup>a</sup> $\pm$ 0.79  |
| -ความนุ่ม (20)               | 15.94 <sup>e</sup> $\pm$ 1.04    | 13.61 <sup>d</sup> $\pm$ 2.07 | 12.88 <sup>c</sup> $\pm$ 1.94 | 10.64 <sup>b</sup> $\pm$ 1.62 | 8.94 <sup>a</sup> $\pm$ 0.92  | 8.72 <sup>a</sup> $\pm$ 0.74  |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 17.05 <sup>e</sup> $\pm$ 0.95    | 13.06 <sup>d</sup> $\pm$ 0.86 | 11.19 <sup>c</sup> $\pm$ 2.09 | 11.02 <sup>c</sup> $\pm$ 1.48 | 3.75 <sup>b</sup> $\pm$ 1.44  | 2.41 <sup>a</sup> $\pm$ 0.55  |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 8.41 <sup>e</sup> $\pm$ 0.73     | 6.63 <sup>d</sup> $\pm$ 0.68  | 5.52 <sup>c</sup> $\pm$ 1.36  | 5.41 <sup>c</sup> $\pm$ 1.07  | 1.91 <sup>b</sup> $\pm$ 1.15  | 1.13 <sup>a</sup> $\pm$ 0.35  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.63 <sup>e</sup> $\pm$ 0.79     | 6.41 <sup>d</sup> $\pm$ 0.64  | 5.66 <sup>c</sup> $\pm$ 1.28  | 5.61 <sup>c</sup> $\pm$ 0.83  | 1.83 <sup>b</sup> $\pm$ 0.84  | 1.27 <sup>a</sup> $\pm$ 0.45  |
| รสชาติ (10)                  | 8.27 <sup>d</sup> $\pm$ 0.81     | 7.16 <sup>c</sup> $\pm$ 0.37  | 5.52 <sup>b</sup> $\pm$ 2.23  | 5.36 <sup>b</sup> $\pm$ 2.20  | 5.02 <sup>b</sup> $\pm$ 2.06  | 3.69 <sup>a</sup> $\pm$ 1.58  |
| คะแนนรวม (100)               | 82.44 <sup>f</sup> $\pm$ 2.64    | 70.08 <sup>e</sup> $\pm$ 4.07 | 59.61 <sup>d</sup> $\pm$ 4.81 | 52.66 <sup>c</sup> $\pm$ 3.58 | 40.25 <sup>b</sup> $\pm$ 3.01 | 36.72 <sup>a</sup> $\pm$ 2.66 |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณสาร Maltodextrin มีผลต่อความด่างจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง symmetry index Volume index สีเปลือก (ค่า  $L$ ,  $b$ ) สีเนื้อ (ค่า  $L$ ,  $b$ ) และ ลักษณะเนื้อสัมผัสค่า hardness ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ uniformity index ( $p > 0.05$ ) โดยพบว่า เมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin เพิ่มขึ้น จะทำให้ความด่างจำเพาะ สีเปลือก (ค่า  $L$ ) สีเนื้อ (ค่า  $L$ ) เพิ่มขึ้น ส่วนความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index Volume index สีเปลือก (ค่า  $b$ ) สีเนื้อ (ค่า  $b$ ) และ ลักษณะเนื้อสัมผัสค่า hardness ลดลง

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่าปริมาณสาร Maltodextrin มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อปริมาณสาร Maltodextrin เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้คะแนนด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมด พบว่า เค้กเนยสูตรควบคุมสามารถลดไขมันลงถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร Maltodextrin ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมัน มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งหากแทนที่ไขมันเกิน 60% ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin เป็นสารทดแทนไขมันโดยจะพิจารณาจากคะแนนการยอมรับรวม ปริมาตรเค้ก จากเกณฑ์ที่กล่าวมาพบว่า สามารถแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin ได้สูงถึง 60% โดยน้ำหนักไขมัน

#### 4.3.3 ศึกษาการแทนที่ไขมันด้วย N-lite B<sup>®</sup>

แปรปริมาณสาร N-lite B<sup>®</sup> เป็น 20, 40, 60, 80, และ 100% โดยน้ำหนักไขมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.13 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเค้กเนย เมื่อใช้สาร N-lite B<sup>®</sup> แทนที่ไขมันในปริมาณ 20, 40, 60, 80, 100 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| สมบัติของเค้กเนย                          | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                   |                                  |                                  |                                  |
|---|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|   | สูตรควบคุม                       | N-lite B <sup>®</sup> 20%        | N-lite B <sup>®</sup> 40%         | N-lite B <sup>®</sup> 60%        | N-lite B <sup>®</sup> 80%        | N-lite B <sup>®</sup> 100%       |
| <b>Batter</b>                             |                                  |                                  |                                   |                                  |                                  |                                  |
| ความตึงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> )        | 0.9808 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0062 | 1.0679 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0275 | 1.1020 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.0123 | 1.1418 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0151 | 1.2565 <sup>d</sup> $\pm$ 0.0341 | 1.2922 <sup>d</sup> $\pm$ 0.0285 |
| ความหนืด (cP)                             | 41067 <sup>a</sup> $\pm$ 461.88  | 42667 <sup>ab</sup> $\pm$ 461.88 | 44533 <sup>cd</sup> $\pm$ 461.88  | 47467 <sup>c</sup> $\pm$ 461.88  | 53333 <sup>d</sup> $\pm$ 3780.65 | 56800 <sup>e</sup> $\pm$ 2116.60 |
| <b>Cake</b>                               |                                  |                                  |                                   |                                  |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )            | 1140.67 <sup>f</sup> $\pm$ 5.86  | 1080.67 <sup>e</sup> $\pm$ 16.86 | 1032.33 <sup>d</sup> $\pm$ 19.09  | 997.67 <sup>c</sup> $\pm$ 5.13   | 922.33 <sup>b</sup> $\pm$ 11.24  | 824.67 <sup>a</sup> $\pm$ 26.84  |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)        | 2.65 <sup>f</sup> $\pm$ 0.01     | 2.51 <sup>e</sup> $\pm$ 0.04     | 2.40 <sup>d</sup> $\pm$ 0.05      | 2.32 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02     | 2.14 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03     | 1.92 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06     |
| น้ำหนักที่สูญเสียหลังอบ <sup>ns</sup> (%) | 4.45 $\pm$ 0.24                  | 4.44 $\pm$ 0.20                  | 4.32 $\pm$ 0.12                   | 4.34 $\pm$ 0.20                  | 4.42 $\pm$ 0.14                  | 4.34 $\pm$ 0.28                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)                | 5.37 <sup>e</sup> $\pm$ 0.04     | 4.86 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04     | 4.72 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.06     | 4.58 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04     | 3.80 <sup>b</sup> $\pm$ 0.22     | 3.49 <sup>a</sup> $\pm$ 0.10     |
| Symmetry index (mm)                       | 8.00 <sup>c</sup> $\pm$ 1.73     | 6.67 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.53    | 5.67 <sup>b</sup> $\pm$ 1.15      | 5.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | 3.00 <sup>a</sup> $\pm$ 0.00     | 2.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.58     |
| Uniformity index (mm)                     | 1.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | 1.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | 1.00 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.00     | 1.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | 1.00 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.00    | 0.33 <sup>a</sup> $\pm$ 0.58     |
| Volume index <sup>ns</sup> (mm)           | 163.00 $\pm$ 4.58                | 156.33 $\pm$ 1.15                | 147.33 $\pm$ 2.08                 | 139.67 $\pm$ 1.15                | 120.00 $\pm$ 3.00                | 112.67 $\pm$ 3.21                |
| <b>สีเปลือก</b>                           |                                  |                                  |                                   |                                  |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                          | 67.43 <sup>a</sup> $\pm$ 0.84    | 68.79 <sup>b</sup> $\pm$ 0.49    | 69.35 <sup>b</sup> $\pm$ 0.79     | 69.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.53    | 71.38 <sup>c</sup> $\pm$ 0.67    | 72.49 <sup>c</sup> $\pm$ 0.65    |
| b (ค่าสีเหลือง)                           | 44.75 <sup>d</sup> $\pm$ 0.45    | 43.49 <sup>c</sup> $\pm$ 0.51    | 43.56 <sup>c</sup> $\pm$ 0.37     | 42.48 <sup>b</sup> $\pm$ 0.15    | 40.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17    | 39.55 <sup>a</sup> $\pm$ 0.31    |
| <b>สีเนื้อ</b>                            |                                  |                                  |                                   |                                  |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                          | 76.81 <sup>a</sup> $\pm$ 0.49    | 77.09 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.53   | 77.78 <sup>b</sup> $\pm$ 0.61     | 79.23 <sup>c</sup> $\pm$ 0.48    | 78.72 <sup>c</sup> $\pm$ 0.48    | 79.59 <sup>c</sup> $\pm$ 0.24    |
| b (ค่าสีเหลือง)                           | 25.25 <sup>d</sup> $\pm$ 0.36    | 24.53 <sup>c</sup> $\pm$ 0.49    | 24.72 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.40    | 23.69 <sup>b</sup> $\pm$ 0.13    | 22.56 <sup>a</sup> $\pm$ 0.48    | 22.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.06    |
| Hardness (kg)                             | 1.01 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09     | 2.13 <sup>b</sup> $\pm$ 0.04     | 2.74 <sup>c</sup> $\pm$ 0.19      | 3.09 <sup>d</sup> $\pm$ 0.01     | 3.88 <sup>e</sup> $\pm$ 0.05     | 4.18 <sup>f</sup> $\pm$ 0.15     |

ตารางที่ 4.14 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเด็กเนย เมื่อใช้สาร N-lite B<sup>®</sup> แทนที่ไขมันในปริมาณ 20, 40, 60, 80,100 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                                |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | N-lite B <sup>®</sup> 20%     | N-lite B <sup>®</sup> 40%      | N-lite B <sup>®</sup> 60%     | N-lite B <sup>®</sup> 80%     | N-lite B <sup>®</sup> 100%    |
| สี (10)                      | 8.31 <sup>b</sup> $\pm$ 0.47     | 6.39 <sup>c</sup> $\pm$ 1.95  | 3.97 <sup>b</sup> $\pm$ 1.90   | 3.33 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.85 | 2.83 <sup>a</sup> $\pm$ 1.72  | 2.69 <sup>a</sup> $\pm$ 1.47  |
| -สีเปลือก (5)                | 4.19 <sup>d</sup> $\pm$ 0.40     | 3.33 <sup>c</sup> $\pm$ 1.55  | 2.36 <sup>b</sup> $\pm$ 1.58   | 1.81 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.41 | 1.47 <sup>a</sup> $\pm$ 1.23  | 1.42 <sup>a</sup> $\pm$ 0.93  |
| -สีเนื้อ (5)                 | 4.44 <sup>c</sup> $\pm$ 0.32     | 3.06 <sup>b</sup> $\pm$ 1.58  | 1.61 <sup>a</sup> $\pm$ 1.27   | 1.53 <sup>a</sup> $\pm$ 1.21  | 1.36 <sup>a</sup> $\pm$ 1.04  | 1.28 <sup>a</sup> $\pm$ 0.85  |
| กลิ่น (10)                   | 8.25 <sup>e</sup> $\pm$ 0.91     | 7.14 <sup>d</sup> $\pm$ 1.15  | 7.17 <sup>d</sup> $\pm$ 1.00   | 6.36 <sup>c</sup> $\pm$ 0.93  | 5.31 <sup>b</sup> $\pm$ 1.64  | 4.11 <sup>a</sup> $\pm$ 1.92  |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 8.42 <sup>d</sup> $\pm$ 0.87     | 7.42 <sup>c</sup> $\pm$ 0.81  | 5.69 <sup>b</sup> $\pm$ 0.92   | 5.28 <sup>b</sup> $\pm$ 1.16  | 4.66 <sup>a</sup> $\pm$ 1.74  | 4.69 <sup>a</sup> $\pm$ 1.12  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 32.19 <sup>e</sup> $\pm$ 1.77    | 24.08 <sup>d</sup> $\pm$ 6.70 | 24.36 <sup>cd</sup> $\pm$ 7.43 | 21.69 <sup>c</sup> $\pm$ 7.36 | 9.86 <sup>b</sup> $\pm$ 1.58  | 4.29 <sup>a</sup> $\pm$ 2.31  |
| -ความชุ่ม (20)               | 16.05 <sup>e</sup> $\pm$ 1.22    | 13.25 <sup>d</sup> $\pm$ 4.17 | 13.11 <sup>d</sup> $\pm$ 4.35  | 11.42 <sup>c</sup> $\pm$ 4.69 | 5.42 <sup>b</sup> $\pm$ 1.22  | 3.19 <sup>a</sup> $\pm$ 2.11  |
| -ความนุ่ม (20)               | 16.14 <sup>d</sup> $\pm$ 1.12    | 11.83 <sup>c</sup> $\pm$ 4.91 | 11.25 <sup>c</sup> $\pm$ 4.70  | 10.28 <sup>c</sup> $\pm$ 4.98 | 4.44 <sup>b</sup> $\pm$ 1.05  | 1.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.03  |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 16.66 <sup>e</sup> $\pm$ 1.24    | 11.58 <sup>d</sup> $\pm$ 1.11 | 11.11 <sup>d</sup> $\pm$ 1.16  | 10.01 <sup>c</sup> $\pm$ 1.40 | 6.83 <sup>b</sup> $\pm$ 1.82  | 5.00 <sup>a</sup> $\pm$ 1.56  |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 8.28 <sup>d</sup> $\pm$ 0.78     | 5.81 <sup>c</sup> $\pm$ 0.82  | 5.44 <sup>c</sup> $\pm$ 0.84   | 5.38 <sup>c</sup> $\pm$ 0.99  | 3.88 <sup>b</sup> $\pm$ 1.42  | 2.61 <sup>a</sup> $\pm$ 1.27  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.38 <sup>e</sup> $\pm$ 0.90     | 5.77 <sup>d</sup> $\pm$ 0.83  | 5.66 <sup>d</sup> $\pm$ 0.93   | 4.63 <sup>c</sup> $\pm$ 0.79  | 2.94 <sup>b</sup> $\pm$ 1.24  | 2.38 <sup>a</sup> $\pm$ 0.99  |
| รสชาติ (10)                  | 8.19 <sup>d</sup> $\pm$ 0.78     | 7.11 <sup>c</sup> $\pm$ 0.32  | 5.08 <sup>b</sup> $\pm$ 2.12   | 4.25 <sup>a</sup> $\pm$ 2.28  | 4.19 <sup>a</sup> $\pm$ 1.96  | 3.47 <sup>a</sup> $\pm$ 1.36  |
| คะแนนรวม (100)               | 82.03 <sup>f</sup> $\pm$ 2.54    | 64.72 <sup>e</sup> $\pm$ 6.68 | 57.39 <sup>d</sup> $\pm$ 8.44  | 50.94 <sup>c</sup> $\pm$ 8.39 | 33.69 <sup>b</sup> $\pm$ 5.14 | 24.89 <sup>a</sup> $\pm$ 4.78 |



จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณสาร N-lite B<sup>®</sup> มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index Uniformity index สีเปลือก (ค่า  $L$ ,  $b$ ) สีเนื้อ (ค่า  $L$ ,  $b$ ) และ ลักษณะเนื้อสัมผัสค่า hardness ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Volume index ( $p > 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B<sup>®</sup> เพิ่มขึ้น จะทำให้ความถ่วงจำเพาะ ความหนืด สีเปลือก(ค่า  $L$ ) สีเนื้อ(ค่า  $L$ ) ลักษณะเนื้อสัมผัสค่า hardness เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Symmetry index Uniformity index สีเปลือก(ค่า  $b$ ) สีเนื้อ ค่า  $b$ ) ลดลง

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่าปริมาณสาร N-lite B<sup>®</sup> มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่า เมื่อปริมาณสาร N-lite B<sup>®</sup> เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้คะแนนด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งหมดพบว่า เค้กเนยสูตรควบคุมสามารถลดไขมันลงถึง 60% โดยแทนที่ด้วยสาร N-lite B<sup>®</sup> ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมัน มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งหากแทนที่ไขมันเกิน 60% ผู้ทดสอบชิมไม่ยอมรับ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด สามารถเลือกระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B<sup>®</sup> เป็นสารทดแทนไขมันโดยจะพิจารณาจากคะแนนการยอมรับรวม ปริมาตรเค้ก จากเกณฑ์ที่กล่าวมาพบว่าสามารถแทนที่ไขมันด้วยสาร N-lite B<sup>®</sup> ได้สูงถึง 60%โดยน้ำหนักไขมัน

#### 4.4 ศึกษาสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ

ผลิตเค้กเนยสูตรควบคุม โดยแปรรูป Polydextrose, Maltodextrin, N-lite B<sup>®</sup> เป็น 60% โดยน้ำหนักไขมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.15 และ 4.16

ตารางที่ 4.15 สมบัติทางกายภาพและเคมีของเค้กเนย เมื่อใช้สาร Polydextrose, Maltodextrin, N-lite B<sup>®</sup> แทนที่ไขมันในปริมาณ 60 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| สมบัติของเค้กเนย                          | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                  |                                  |                                  |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|   | สูตรควบคุม                       | Polydextrose 60%                 | Maltodextrin 60%                 | N-lite B <sup>®</sup> 60%        |
| <u>Batter</u>                             |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ความถ่วงจำเพาะ (g/cm <sup>3</sup> )       | 0.9801 <sup>a</sup> $\pm$ 0.0140 | 1.1929 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0074 | 1.1959 <sup>c</sup> $\pm$ 0.0072 | 1.1545 <sup>b</sup> $\pm$ 0.0055 |
| ความหนืด (cP)                             | 40600 <sup>b</sup> $\pm$ 765.94  | 28800 <sup>a</sup> $\pm$ 653.20  | 40000 <sup>b</sup> $\pm$ 1131.37 | 47600 <sup>c</sup> $\pm$ 461.88  |
| <u>Cake</u>                               |                                  |                                  |                                  |                                  |
| ปริมาตรเค้ก (cm <sup>3</sup> )            | 1109.50 <sup>c</sup> $\pm$ 18.36 | 843.50 <sup>a</sup> $\pm$ 74.79  | 962.25 <sup>b</sup> $\pm$ 30.87  | 992.25 <sup>b</sup> $\pm$ 30.94  |
| ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)        | 2.58 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04     | 1.96 <sup>a</sup> $\pm$ 0.18     | 2.24 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07     | 2.31 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07     |
| น้ำหนักที่สูญเสียหลังอบ <sup>ns</sup> (%) | 4.51 $\pm$ 0.12                  | 4.44 $\pm$ 0.31                  | 4.45 $\pm$ 0.05                  | 4.49 $\pm$ 0.12                  |
| ความสูงที่จุดกึ่งกลาง (cm)                | 5.37 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03     | 4.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03     | 4.44 <sup>b</sup> $\pm$ 0.09     | 4.38 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02     |
| Symmetry index <sup>ns</sup> (mm)         | 7.25 $\pm$ 2.05                  | 4.75 $\pm$ 1.71                  | 5.00 $\pm$ 1.63                  | 5.25 $\pm$ 1.71                  |
| Uniformity index <sup>ns</sup> (mm)       | 0.75 $\pm$ 0.50                  | 0.75 $\pm$ 0.50                  | 1.00 $\pm$ 0.00                  | 0.75 $\pm$ 0.50                  |
| Volume index (mm)                         | 164.50 <sup>c</sup> $\pm$ 2.65   | 139.25 <sup>a</sup> $\pm$ 2.22   | 145.00 <sup>b</sup> $\pm$ 2.16   | 141.75 <sup>ab</sup> $\pm$ 3.86  |
| <u>สีเปลือก</u>                           |                                  |                                  |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                          | 65.69 <sup>a</sup> $\pm$ 0.33    | 71.99 <sup>b</sup> $\pm$ 0.60    | 72.12 <sup>b</sup> $\pm$ 0.41    | 71.70 <sup>b</sup> $\pm$ 0.60    |
| b (ค่าสีเหลือง)                           | 41.47 <sup>d</sup> $\pm$ 0.41    | 37.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.53    | 38.67 <sup>c</sup> $\pm$ 0.29    | 37.69 <sup>b</sup> $\pm$ 0.50    |
| <u>สีเนื้อ</u>                            |                                  |                                  |                                  |                                  |
| L (ค่าความสว่าง)                          | 76.70 <sup>a</sup> $\pm$ 0.81    | 78.59 <sup>b</sup> $\pm$ 0.38    | 79.22 <sup>b</sup> $\pm$ 0.47    | 79.32 <sup>b</sup> $\pm$ 0.46    |
| b (ค่าสีเหลือง)                           | 26.53 <sup>c</sup> $\pm$ 0.38    | 23.23 <sup>a</sup> $\pm$ 0.42    | 23.32 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.29   | 23.86 <sup>b</sup> $\pm$ 0.30    |
| Hardness (kg)                             | 1.01 <sup>b</sup> $\pm$ 0.06     | 0.63 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03     | 0.65 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03     | 2.90 <sup>c</sup> $\pm$ 0.12     |

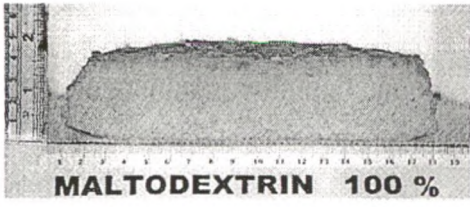
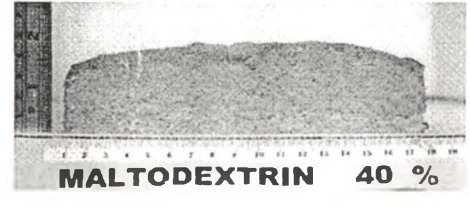
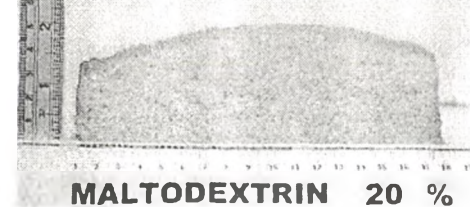
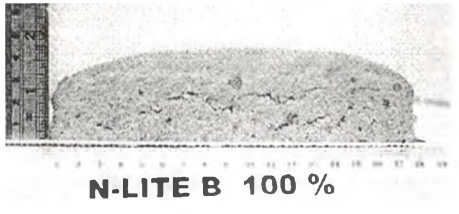
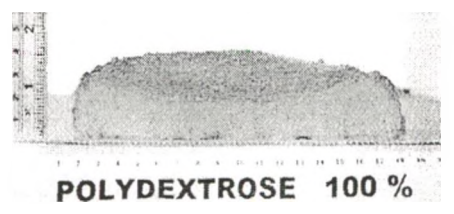
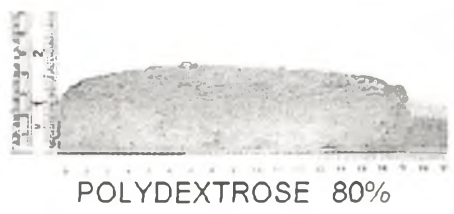
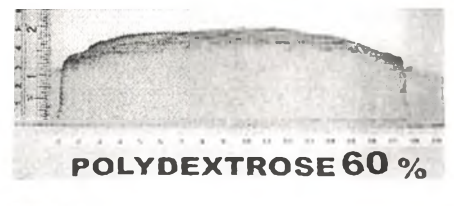
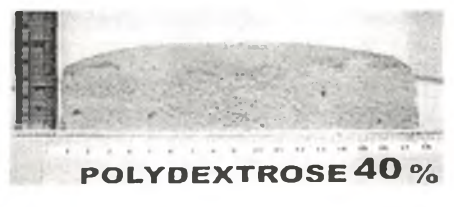
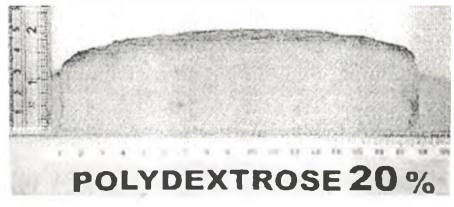
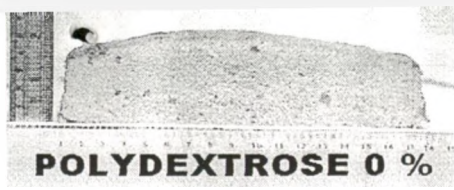
ตารางที่ 4. 16 สมบัติทางประสาทสัมผัสของเด็กเนย เมื่อใช้สาร Polydextrose, Maltodextrin, N-lite B<sup>®</sup> แทนที่ไขมันในปริมาณ 60 % เป็นสารทดแทนไขมัน

| ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส    | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                               |                               |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                              | สูตรควบคุม                       | Polydextrose 60%              | Maltodextrin 60%              | N-lite B <sup>®</sup> 60%     |
| สี (10)                      | 8.61 <sup>b</sup> $\pm$ 0.76     | 3.00 <sup>a</sup> $\pm$ 1.56  | 3.08 <sup>a</sup> $\pm$ 2.10  | 3.11 <sup>a</sup> $\pm$ 1.69  |
| -สีเปลือก (5)                | 4.27 <sup>b</sup> $\pm$ 0.51     | 1.69 <sup>a</sup> $\pm$ 1.26  | 1.50 <sup>a</sup> $\pm$ 1.27  | 1.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.36  |
| -สีเนื้อ (5)                 | 4.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.58     | 1.31 <sup>a</sup> $\pm$ 0.95  | 1.58 <sup>a</sup> $\pm$ 1.33  | 1.38 <sup>a</sup> $\pm$ 0.96  |
| กลิ่น (10)                   | 8.19 <sup>b</sup> $\pm$ 1.14     | 6.44 <sup>a</sup> $\pm$ 1.02  | 6.63 <sup>a</sup> $\pm$ 1.07  | 6.25 <sup>a</sup> $\pm$ 0.93  |
| ความละเอียดของเนื้อเค้ก (10) | 8.33 <sup>b</sup> $\pm$ 1.02     | 5.36 <sup>a</sup> $\pm$ 1.62  | 5.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.90  | 5.47 <sup>a</sup> $\pm$ 0.99  |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส (40)       | 34.10 <sup>c</sup> $\pm$ 2.12    | 22.00 <sup>b</sup> $\pm$ 3.14 | 21.70 <sup>b</sup> $\pm$ 2.98 | 17.90 <sup>a</sup> $\pm$ 7.32 |
| -ความชุ่ม (20)               | 17.00 <sup>c</sup> $\pm$ 1.61    | 11.20 <sup>b</sup> $\pm$ 1.91 | 10.90 <sup>b</sup> $\pm$ 2.04 | 9.36 <sup>a</sup> $\pm$ 4.40  |
| -ความนุ่ม (20)               | 17.10 <sup>c</sup> $\pm$ 1.57    | 10.80 <sup>b</sup> $\pm$ 2.01 | 10.80 <sup>b</sup> $\pm$ 1.91 | 8.53 <sup>a</sup> $\pm$ 4.27  |
| เซลหรือรูอากาศ (20)          | 17.10 <sup>d</sup> $\pm$ 1.31    | 9.72 <sup>b</sup> $\pm$ 2.21  | 10.90 <sup>c</sup> $\pm$ 1.37 | 8.25 <sup>a</sup> $\pm$ 1.70  |
| -ความสม่ำเสมอ (10)           | 8.56 <sup>c</sup> $\pm$ 1.00     | 4.81 <sup>a</sup> $\pm$ 1.43  | 5.33 <sup>b</sup> $\pm$ 1.04  | 4.53 <sup>a</sup> $\pm$ 0.81  |
| -ขนาดของเซล (10)             | 8.58 <sup>d</sup> $\pm$ 0.84     | 4.92 <sup>b</sup> $\pm$ 1.54  | 5.56 <sup>c</sup> $\pm$ 0.77  | 3.72 <sup>a</sup> $\pm$ 1.30  |
| รสชาติ (10)                  | 8.33 <sup>c</sup> $\pm$ 0.82     | 4.72 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.19 | 5.27 <sup>b</sup> $\pm$ 2.23  | 4.13 <sup>a</sup> $\pm$ 2.24  |
| คะแนนรวม (100)               | 85.16 <sup>c</sup> $\pm$ 3.47    | 51.27 <sup>b</sup> $\pm$ 4.36 | 53.19 <sup>b</sup> $\pm$ 3.77 | 45.11 <sup>a</sup> $\pm$ 8.25 |

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าสาร Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B<sup>®</sup> มีผลต่อความถ่วงจำเพาะ ความหนืด ปริมาตรเค้ก ปริมาตรจำเพาะ ความสูงที่จุดกึ่งกลาง Volume index สีเปลือก(ค่า  $L, b$ ) สีเนื้อ(ค่า  $L, b$ ) และ ลักษณะเนื้อสัมผัสค่าhardness ( $p \leq 0.05$ ) แต่ไม่มีผลต่อค่าน้ำหนักที่สูญเสียหลังการอบ Symmetry index และ Uniformity index ( $p > 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อแทนที่ไขมันด้วยสาร Maltodextrin และ N-lite B<sup>®</sup> ปริมาณ 60% โดยน้ำหนักไขมัน เค้กเนยมีปริมาตรเค้กไม่แตกต่างกัน และมีปริมาตรเค้กมากกว่าใช้สาร Polydextrose ที่ระดับเดียวกัน

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส จากการทดลองพบว่า สาร Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B<sup>®</sup> มีผลต่อคะแนนทางประสาทสัมผัสด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ( $p \leq 0.05$ ) โดยพบว่าเมื่อปริมาณสาร Polydextrose Maltodextrin และ N-lite B<sup>®</sup> เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้คะแนนด้าน สี สีเปลือก สีเนื้อ กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส ความชุ่ม ความนุ่ม เซลอากาศ ความสม่ำเสมอของเซล ขนาดของเซล รสชาติ และการยอมรับรวม ลดลง จากการทดลองพบว่าระดับการแทนที่ไขมันด้วยสาร Polydextrose และ Maltodextrin ในสูตรได้สูงถึง 60% โดยน้ำหนักไขมัน ผู้ทดสอบชิมยังคงยอมรับให้คะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันและมีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าการใช้สาร N-lite B<sup>®</sup> ที่ระดับเดียวกัน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมด เลือกสารทดแทนไขมันโดยพิจารณาจากคะแนนรวมการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า เค้กเนยที่ใช้สาร Polydextrose และ Maltodextrin 60% โดยน้ำหนักไขมัน มีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกัน จึงพิจารณาจากปริมาณเป็นเกณฑ์ในลำดับต่อมา พบว่าสามารถเลือกสาร Maltodextrin 60 % โดยน้ำหนักไขมัน เป็นสารทดแทนไขมันสำหรับผลิตภัณฑ์เค้กเนยแคลอรีต่ำ เนื่องจากมีปริมาตรมากกว่าเค้กเนยที่ใช้สาร Polydextrose ที่ระดับเดียวกัน



ภาพที่ 4.1 ภาพตัดขวางเค้กเนย ซึ่งไขมันถูกแทนที่ด้วยสารทดแทนไขมันในระดับต่าง ๆ

#### 4.5 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ

ผลิตเค้กเนยโดยใช้สูตรมาตรฐาน แล้วแปรปริมาณสารอิมัลซิฟายเออร์และสารทดแทนไขมัน และประเมินลักษณะผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.18 และตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.17 ผลการประเมินลักษณะผลิตภัณฑ์ (ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 2 ซ้ำ)

| การทดลองที่ | ตัวแปรอิสระ        |               | ตัวแปรตามลักษณะผลิตภัณฑ์         |                   |                     |                       |
|-------------|--------------------|---------------|----------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
|             | สารอิมัลซิฟายเออร์ | สารทดแทนไขมัน | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                   |                     |                       |
|             |                    |               | ปริมาตร (cm <sup>3</sup> )       | Volume index (mm) | Symmetry index (mm) | Uniformity index (mm) |
| 1           | 0.5                | 45.86         | 977.50 $\pm$ 10.61               | 144.50 $\pm$ 6.36 | 7.00 $\pm$ 2.83     | 2.00 $\pm$ 1.41       |
| 2           | 0.5                | 70            | 936.00 $\pm$ 8.73                | 133.50 $\pm$ 4.95 | 3.50 $\pm$ 2.12     | 2.50 $\pm$ 0.71       |
| 3           | 1.5                | 50            | 968.00 $\pm$ 5.66                | 140.50 $\pm$ 2.12 | 6.00 $\pm$ 1.41     | 3.50 $\pm$ 0.71       |
| 4           | 1.5                | 70            | 938.50 $\pm$ 9.19                | 133.00 $\pm$ 4.24 | 3.50 $\pm$ 0.71     | 1.50 $\pm$ 0.71       |
| 5           | 0.293              | 60            | 953.50 $\pm$ 8.44                | 139.00 $\pm$ 5.66 | 5.50 $\pm$ 2.12     | 2.00 $\pm$ 1.41       |
| 6           | 1.1707             | 60            | 969.00 $\pm$ 8.49                | 145.50 $\pm$ 4.95 | 6.50 $\pm$ 2.12     | 3.00 $\pm$ 1.41       |
| 7           | 1                  | 45.86         | 978.50 $\pm$ 4.95                | 151.50 $\pm$ 6.61 | 6.50 $\pm$ 0.71     | 2.50 $\pm$ 2.12       |
| 8           | 1                  | 74.14         | 933.50 $\pm$ 4.95                | 130.50 $\pm$ 3.54 | 3.00 $\pm$ 1.41     | 1.50 $\pm$ 0.71       |
| 9           | 1                  | 60            | 965.50 $\pm$ 4.95                | 148.00 $\pm$ 1.41 | 6.00 $\pm$ 1.41     | 2.00 $\pm$ 1.41       |
| 10          | 1                  | 60            | 966.50 $\pm$ 6.36                | 147.00 $\pm$ 4.24 | 6.50 $\pm$ 0.71     | 2.50 $\pm$ 2.12       |
| 11          | 1                  | 60            | 965.00 $\pm$ 7.73                | 146.50 $\pm$ 3.54 | 8.00 $\pm$ 1.41     | 2.00 $\pm$ 1.41       |
| 12          | 1                  | 60            | 963.00 $\pm$ 7.07                | 146.00 $\pm$ 2.83 | 6.50 $\pm$ 0.71     | 3.00 $\pm$ 2.83       |
| 13          | 1                  | 60            | 962.00 $\pm$ 4.24                | 147.50 $\pm$ 2.12 | 7.00 $\pm$ 2.82     | 3.00 $\pm$ 1.41       |

ตารางที่ 4.18 ผลการประเมินทางด้านลักษณะประสาทสัมผัส (ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 2 ซ้ำ)

| การทดลองที่ | ตัวแปรอิสระ             |                   | ตัวแปรตาม                           |                 |  |                           |                 |                  |
|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------|--|---------------------------|-----------------|------------------|
|             | สารอิมัลชัน<br>ฟายเออร์ | สารทดแทน<br>ไขมัน | การประเมินทางด้านลักษณะประสาทสัมผัส |                 |  |                           |                 |                  |
|             |                         |                   | สี (10)                             | กลิ่น (10)      | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>ความละเอียดของ<br>เนื้อเค้ก (10) | ลักษณะเนื้อสัมผัส<br>(10) | รสชาติ (10)     | คะแนนรวม (50)    |
| 1           | 0.5                     | 45.86             | 7.50 $\pm$ 0.71                     | 7.50 $\pm$ 0.71 | 7.00 $\pm$ 1.41  | 7.50 $\pm$ 0.71           | 7.00 $\pm$ 0.12 | 36.50 $\pm$ 0.71 |
| 2           | 0.5                     | 70                | 5.00 $\pm$ 1.41                     | 7.00 $\pm$ 0.12 | 4.00 $\pm$ 1.41  | 7.50 $\pm$ 0.71           | 7.50 $\pm$ 2.12 | 31.00 $\pm$ 2.83 |
| 3           | 1.5                     | 50                | 7.50 $\pm$ 0.71                     | 8.50 $\pm$ 0.71 | 7.00 $\pm$ 2.83  | 8.00 $\pm$ 1.41           | 8.00 $\pm$ 1.41 | 39.00 $\pm$ 5.65 |
| 4           | 1.5                     | 70                | 2.50 $\pm$ 0.71                     | 5.50 $\pm$ 0.71 | 5.00 $\pm$ 2.83  | 7.50 $\pm$ 0.71           | 7.50 $\pm$ 0.71 | 28.00 $\pm$ 2.83 |
| 5           | 0.293                   | 60                | 8.50 $\pm$ 0.75                     | 7.50 $\pm$ 0.73 | 6.50 $\pm$ 2.12  | 7.50 $\pm$ 0.71           | 8.50 $\pm$ 0.71 | 38.50 $\pm$ 3.54 |
| 6           | 1.1707                  | 60                | 7.50 $\pm$ 0.71                     | 8.00 $\pm$ 0.12 | 5.50 $\pm$ 0.71  | 6.50 $\pm$ 0.71           | 7.50 $\pm$ 0.71 | 35.00 $\pm$ 1.41 |
| 7           | 1                       | 45.86             | 8.50 $\pm$ 0.71                     | 8.00 $\pm$ 1.41 | 7.50 $\pm$ 0.71  | 7.50 $\pm$ 0.71           | 7.00 $\pm$ 0.12 | 38.50 $\pm$ 0.71 |
| 8           | 1                       | 74.14             | 2.00 $\pm$ 1.41                     | 4.50 $\pm$ 0.71 | 4.50 $\pm$ 0.71  | 6.50 $\pm$ 2.12           | 5.50 $\pm$ 0.71 | 23.00 $\pm$ 1.41 |
| 9           | 1                       | 60                | 8.50 $\pm$ 0.71                     | 8.00 $\pm$ 1.41 | 6.50 $\pm$ 0.71  | 5.50 $\pm$ 0.71           | 6.50 $\pm$ 0.71 | 35.00 $\pm$ 1.41 |
| 10          | 1                       | 60                | 7.00 $\pm$ 0.12                     | 7.50 $\pm$ 0.71 | 8.50 $\pm$ 0.73  | 6.50 $\pm$ 0.71           | 6.50 $\pm$ 0.71 | 36.00 $\pm$ 1.41 |
| 11          | 1                       | 60                | 7.50 $\pm$ 0.71                     | 8.00 $\pm$ 0.12 | 8.00 $\pm$ 1.41  | 7.50 $\pm$ 0.71           | 7.50 $\pm$ 0.71 | 38.50 $\pm$ 0.71 |
| 12          | 1                       | 60                | 8.00 $\pm$ 1.41                     | 8.00 $\pm$ 1.41 | 7.50 $\pm$ 0.71  | 6.50 $\pm$ 0.71           | 6.50 $\pm$ 0.71 | 36.50 $\pm$ 2.12 |
| 13          | 1                       | 60                | 7.50 $\pm$ 0.71                     | 7.50 $\pm$ 0.70 | 8.50 $\pm$ 0.70  | 6.50 $\pm$ 0.71           | 7.50 $\pm$ 0.71 | 37.50 $\pm$ 2.12 |

ตารางที่ 4.19 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและค่าตอบสนอง

| ตัวแปรตาม <sup>๑</sup> | สมการ <sup>๒</sup>   | R <sup>2</sup> |
|------------------------|--|----------------|
| Cake Volume            | $Y_1=894.98-3.88X_1+3.95X_2-10.52X_1^2-0.05X_2^2+0.48X_1X_2$ | 0.91           |
| Volume index           | $Y_2=37.83+14.57X_1+3.99X_2-13.06X_1^2-0.04X_2^2+0.20X_1X_2$ | 0.78           |
| Symmetry index         | $Y_3=-20.28-0.55X_1+1.05X_2-1.87X_1^2-0.01X_2^2+0.07X_1X_2$  | 0.77           |
| Uniformity index       | $Y_4=-8.04+6.55X_1+0.27X_2+0.19X_1^2-0.10X_1X_2$             | 0.53           |

\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ )

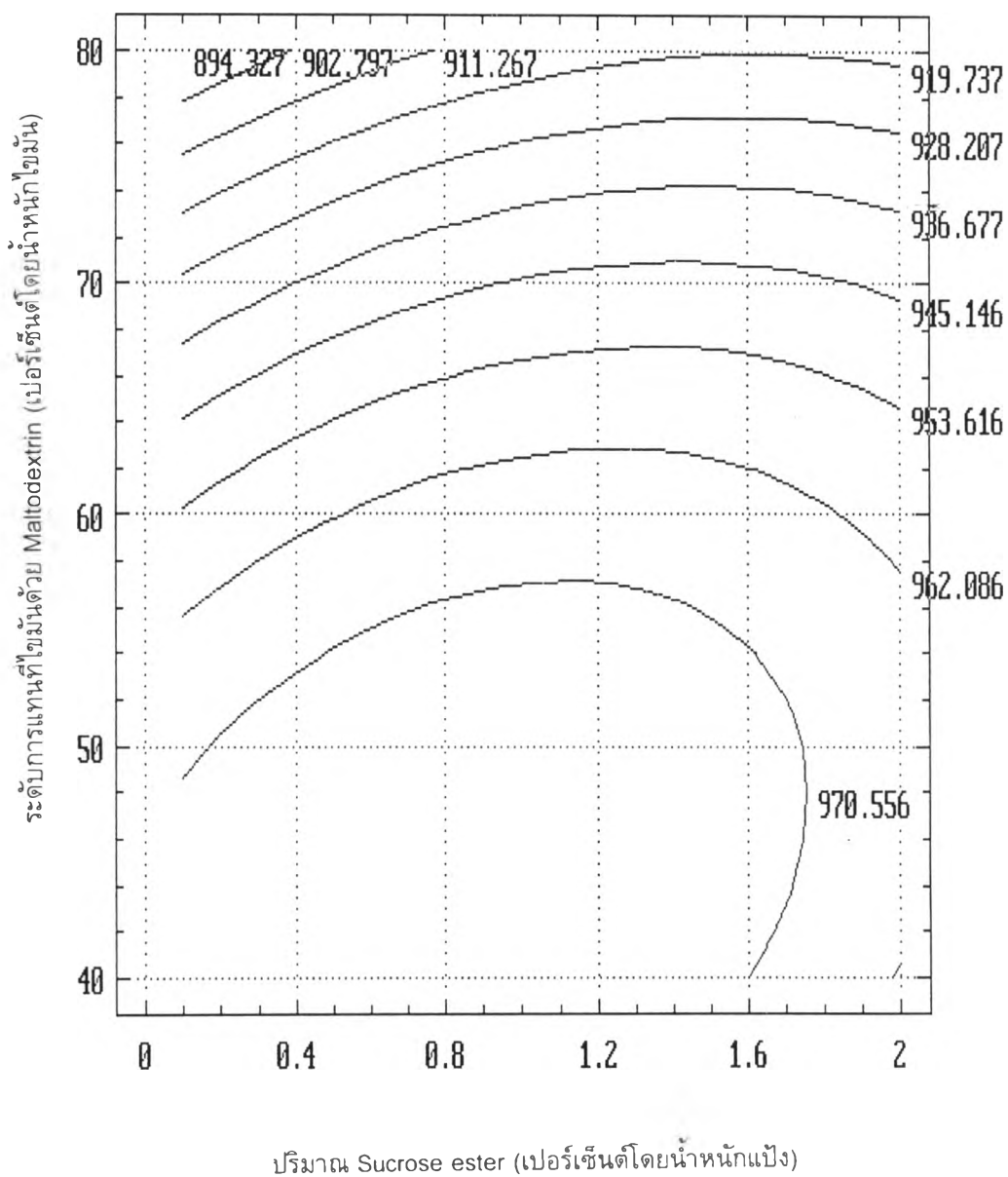
<sup>๒</sup>  $X_1$ = สารอิมัลซิไฟเออร์  $X_2$ = สารทดแทนไขมัน

สำหรับ Uniformity index ซึ่งให้ค่า R<sup>2</sup> ต่ำที่สุด จะไม่นำสมการมาสร้างกราฟ Contour plot ดังนั้นสมการที่จะนำไปสร้างกราฟ Contour plot จะมีสมการของตัวแปรตามดังนี้คือ Cake volume Volume index และ Symmetry index

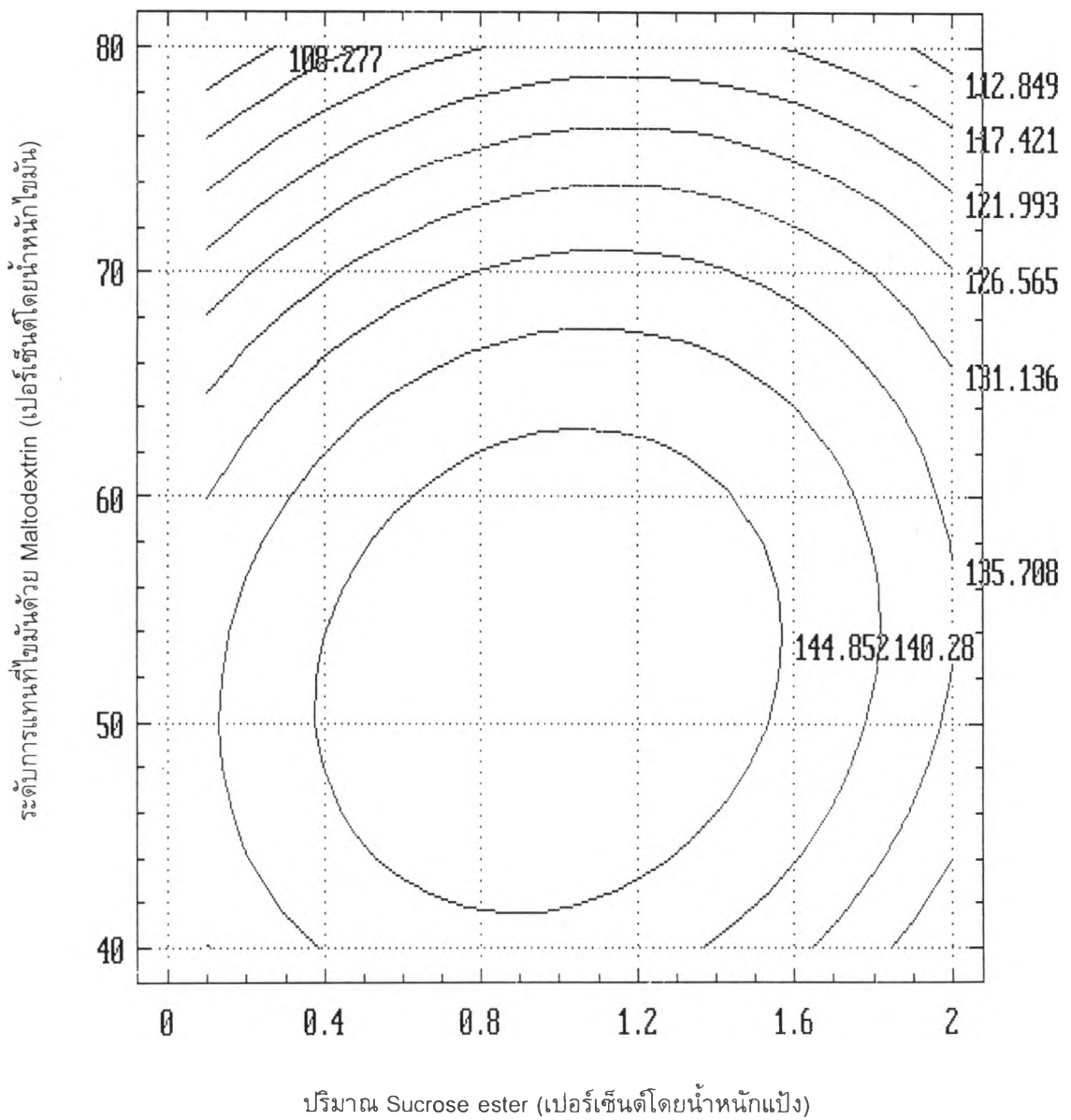
จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและค่าตอบสนองจะนำไปสร้างกราฟ Contour plot ดังภาพที่ 4.2-4.4



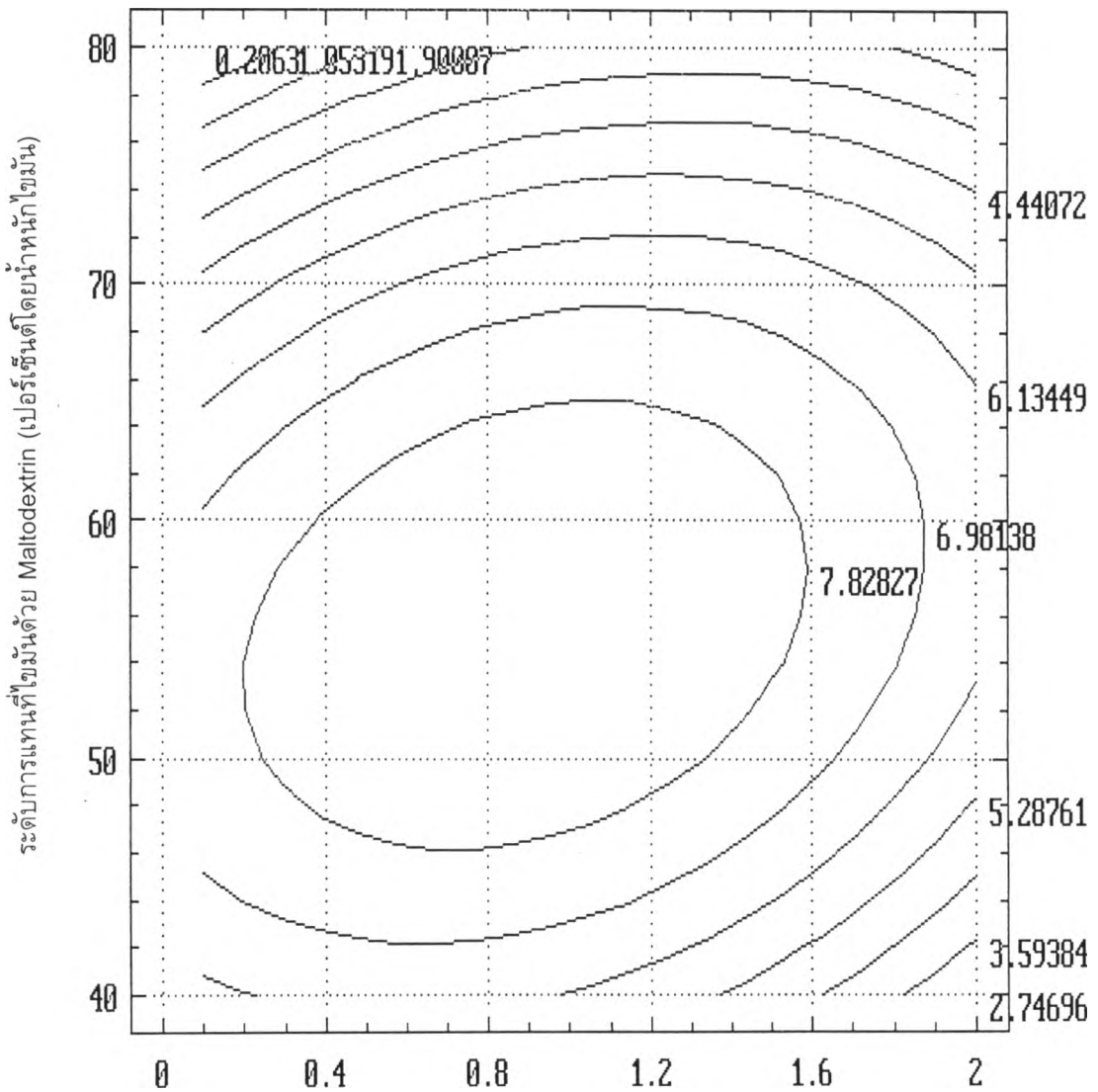
ภาพที่ 4.2 กราฟ contour plot ของปริมาณเค้กเมื่อใช้ Sucrose ester เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ และใช้ Maltodextrin เป็นสารทดแทนไขมัน โดยส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่



ภาพที่ 4.3 กราฟ contour plot ของ Volume index เค้กเมื่อใช้ Sucrose ester เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ และใช้ Maltodextrin เป็นสารทดแทนไขมัน โดยส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่

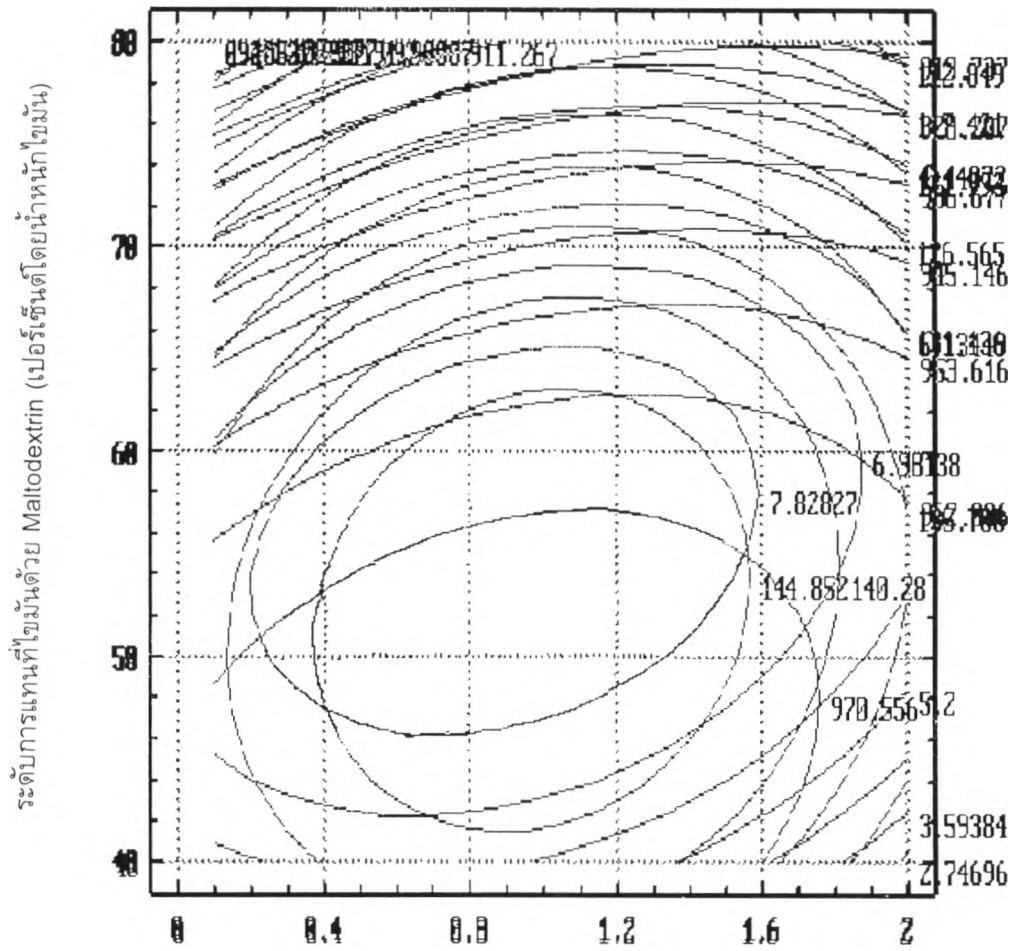


ภาพที่ 4.4 กราฟ contour plot ของ Symmetry index เด็กเมื่อใช้ Sucrose ester เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ และใช้ Maltodextrin เป็นสารทดแทนไขมัน โดยส่วนประกอบอื่น ๆ คงที่



ปริมาณ Sucrose ester (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง)

ภาพที่ 4.5 การซ้อนกราฟของค่าปริมาตรเด็ก Volume index และ Symmetry index เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ



ปริมาณ Sucrose ester (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง)

เนื่องจากเค้กแกลอรีดำมีสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติซึ่งเป็นลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ กับลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าปริมาตรเค้ก Volume index และ Symmetry index มีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่า  $R^2$  สูง ส่วน Uniformity index ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่า  $R^2$  ต่ำ ดังนั้นในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจึงพิจารณาเฉพาะลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีผลให้คะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก (คะแนน 35-40) ซึ่งได้แก่ ปริมาตร (960-980  $\text{cm}^3$ ) Volume index (140-160 mm.) Symmetry index (7-9 mm.) โดยการช้อนกราฟ Contour plot ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสารอิมัลซิฟายเออร์และสารทดแทนไขมัน เพื่อพิจารณาขอบเขตของสภาวะการผลิตที่ให้ค่า ปริมาตร Volume index และ Symmetry index ในช่วงกำหนดข้างต้น สภาวะการผลิตที่ได้จะเป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสมเนื่องจากให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีมีคะแนนความชอบสูง

โดยทั่วไปการหาสภาวะการผลิตที่ดีที่สุดของค่าตอบสนองแต่ละค่า จะพิจารณาจากจุดกึ่งกลางของกราฟ Contour ของแต่ละค่าตอบสนอง จากการทดลองจะพิจารณาเฉพาะค่าตอบสนองที่ให้ค่า  $R^2$  สูง ซึ่งจะประกอบด้วย ปริมาตร Volume index และ Symmetry index ซึ่งอ่านค่าจากกราฟได้ดังนี้

1. สภาวะการผลิตที่พิจารณาจากจุดกึ่งกลางของกราฟ Contour ของปริมาตร ได้แก่ สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 1.1% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 48%
2. สภาวะการผลิตที่พิจารณาจากจุดกึ่งกลางของกราฟ Contour ของ Volume index ได้แก่ สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 1.0% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 53%
3. สภาวะการผลิตที่พิจารณาจากจุดกึ่งกลางของกราฟ Contour ของ Symmetry index ได้แก่ สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 1.0% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 56%

เมื่อพิจารณาโดยรวมของค่าตอบสนองทั้งหมด จะหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมด้วยการช้อนกราฟ Contour plot (ภาพที่ 4.5) สามารถเลือกสภาวะการผลิตได้จากจุดต่าง ๆ ที่อยู่ภายในพื้นที่ที่แรงเงาได้ แต่ในการทดลองได้เลือกสภาวะการผลิตโดยเลือกจุดที่เกิดจากการตัดกันของเส้นกราฟ Contour plot ซึ่งเป็นขอบด้านนอกของพื้นที่แรงเงาที่ซ้อนกัน เพื่อใช้เป็นสภาวะการผลิตเค้กเนยแกลอรีดำ ดังนั้นสภาวะการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแกลอรีดำ ซึ่งอยู่ในขอบเขตของสภาวะการผลิตที่ได้จากการช้อนกราฟ Contour plot (ภาพที่ 4.5) ของปริมาตรเค้ก Volume index และ Symmetry index ได้แก่

1. สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 0.4% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 48%
2. สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 0.4% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 53%
3. สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 1.5% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 52%
4. สภาวะการผลิตที่ใช้ Sucrose ester 1.5% โดยน้ำหนักแป้ง และใช้ Maltodextrin แทนที่ไขมันที่ระดับ 57%

ตารางที่ 4.20 ผลการประเมินลักษณะผลิตภัณฑ์และคะแนนรวมของการทดสอบประสาทสัมผัส ณ สภาวะการผลิตที่เหมาะสม

| สภาวะการผลิตที่เหมาะสม |               |             | ประเมินผลลักษณะผลิตภัณฑ์         |                   |                 |                               |
|------------------------|---------------|-------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|
| สารอิมัลซิฟายเออร์     | สารทดแทนไขมัน | ปริมาตรเค้ก | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                   |                 | คะแนนการยอมรับรวม (50)        |
|                        |               |             | Volume index                     | Symmetry index    |                 |                               |
| 1                      | 0.4           | 48          | 970.50 $\pm$ 8.34                | 155.00 $\pm$ 2.58 | 8.00 $\pm$ 0.81 | 38.50 <sup>b</sup> $\pm$ 8.32 |
| 2                      | 0.4           | 53          | 960.00 $\pm$ 5.88                | 144.75 $\pm$ 3.40 | 7.25 $\pm$ 0.50 | 37.15 <sup>b</sup> $\pm$ 6.15 |
| 3                      | 1.5           | 52          | 962.00 $\pm$ 6.78                | 147.25 $\pm$ 2.21 | 7.25 $\pm$ 1.70 | 39.45 <sup>c</sup> $\pm$ 5.11 |
| 4                      | 1.5           | 57          | 958.00 $\pm$ 5.16                | 142.50 $\pm$ 2.08 | 7.00 $\pm$ 0.81 | 34.09 <sup>a</sup> $\pm$ 7.61 |

จากผลการทดลองตารางที่ 4.20 เป็นการนำสภาวะการผลิตเค้กเนยที่เหมาะสมทั้ง 4 สภาวะซึ่งได้จากการซ้อนกราฟดังภาพที่ 4.5 มาทำทดลองผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำเพื่อทำการทดลองซ้ำว่า ที่สภาวะการผลิตทั้ง 4 สภาวะดังกล่าวนี้เป็นสภาวะการผลิตที่เหมาะสมหรือไม่ โดยประเมินผลเค้กเนยที่ผลิตในด้านปริมาตร Volume index และ Symmetry index ว่าอยู่ในช่วงที่กำหนดซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่ดี จากการทดลองในเบื้องต้นนั้นทำให้ทราบสภาวะการผลิตที่เหมาะสม ที่ทำให้เค้กเนยแคลอรีต่ำมีลักษณะที่ดีดังนี้ คือ มีปริมาตร (960-980 cm<sup>3</sup>) Volume index (140-160 mm.) และ Symmetry index (7-9 mm.) นอกจากนี้เค้กเนยแคลอรีต่ำทั้ง 4 สภาวะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในด้าน สี กลิ่น ความละเอียดของเนื้อเค้ก ลักษณะเนื้อสัมผัส และรสชาติ โดยมีคะแนนความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมากด้วย จากผลการทดลองตารางที่ 4.20 พบว่าเค้กเนยที่ผลิตตามสภาวะทั้ง 4 สภาวะนี้เป็นสภาวะการผลิตเค้กเนยที่เหมาะสมเนื่องจากมีปริมาตร Volume index และ Symmetry index อยู่ในช่วงดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ดังนั้นในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมเพียง 1 สภาวะเพื่อจะใช้ในการทดลอง ข้อ 4.6 ต่อไป จะพิจารณาจากคะแนนการยอมรับรวม ซึ่งจากการผลิตเค้กเนยทั้ง 4 สภาวะพบว่า เค้กเนยที่ผลิตโดยใช้สภาวะการผลิตที่ 1, 2, 3 และ 4 มีคะแนนการยอมรับรวมแตกต่างกัน ( $p \leq 0.05$ ) โดยสภาวะการผลิตที่ 3 มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าสภาวะการผลิตอื่น ๆ ดังนั้นจะเลือกสภาวะการผลิตที่ 3 เป็นสภาวะการผลิตที่จะใช้ในการทดลองในข้อ 4.6 สำหรับสภาวะการผลิตที่ 3 เป็นสภาวะการผลิตซึ่งประกอบด้วย Sucrose ester 1.5 % โดยน้ำหนักแห้งและ Maltodextrin แทนที่ไขมันในระดับ 52%

#### 4.6 ศึกษาการใช้ High concentrate ในเค้กเนยแคลอรีต่ำ

ผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำที่ได้จากการทดลองข้อ 4.5

แปรปริมาณสาร High concentrate เป็น 3 ระดับคือ 0.25, 0.375, 0.50% โดยน้ำหนักสูตรทั้งหมด (total batch weight)

ประเมินผลการทดลองโดยการทดสอบประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 คะแนนการทดสอบประสาทสัมผัสด้านกลิ่น ของเค้กเนยแคลอรีต่ำ ซึ่งใช้ High Concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนย

| ปริมาณ High Concentrate<br>(% น้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด) | คะแนนเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน<br>กลิ่น (1-7) |
|--|--|
| 0  | 4.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.78                         |
| 0.25   | 4.05 <sup>a</sup> $\pm$ 0.72                         |
| 0.375  | 5.36 <sup>b</sup> $\pm$ 1.10                         |
| 0.50   | 6.27 <sup>c</sup> $\pm$ 0.89                         |

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

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ปริมาณ High concentrate มีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเค้กเนยแคลอรีต่ำ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อใช้ High concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนยในปริมาณมากขึ้นทำให้เค้กเนยแคลอรีต่ำมีคะแนนกลิ่นสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงกลิ่นเนยที่รุนแรง จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าเค้กเนยที่ใช้ High concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนยของเค้กเนยแคลอรีต่ำปริมาณ 0.25% โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดเป็นปริมาณที่ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับ โดยมีคะแนนการทดสอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจากเค้กเนยสูตรควบคุม ดังนั้นเค้กเนยแคลอรีต่ำจะใช้ High concentrate เป็นสารแต่งกลิ่นเนยหรือไม่ใช้ก็ได้ แต่ในการทดลองจะเลือก High concentrate ปริมาณ 0.25% โดยน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด เนื่องจากการใช้ High concentrate จะช่วยเพิ่มสีเหลืองให้กับเนื้อเค้กด้วย

#### 4.7 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสูตรควบคุมและเค้กเนยแคลอรีต่ำ

ผลิตเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันที่สรุปได้จากข้อ 4.6 วิเคราะห์ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า พลังงานผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.22 และโครงสร้างภายในเนื้อเค้ก (ภาพที่ 4.6)

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบทางเคมีของเค้กเนยสูตรควบคุม และสูตรลดไขมัน

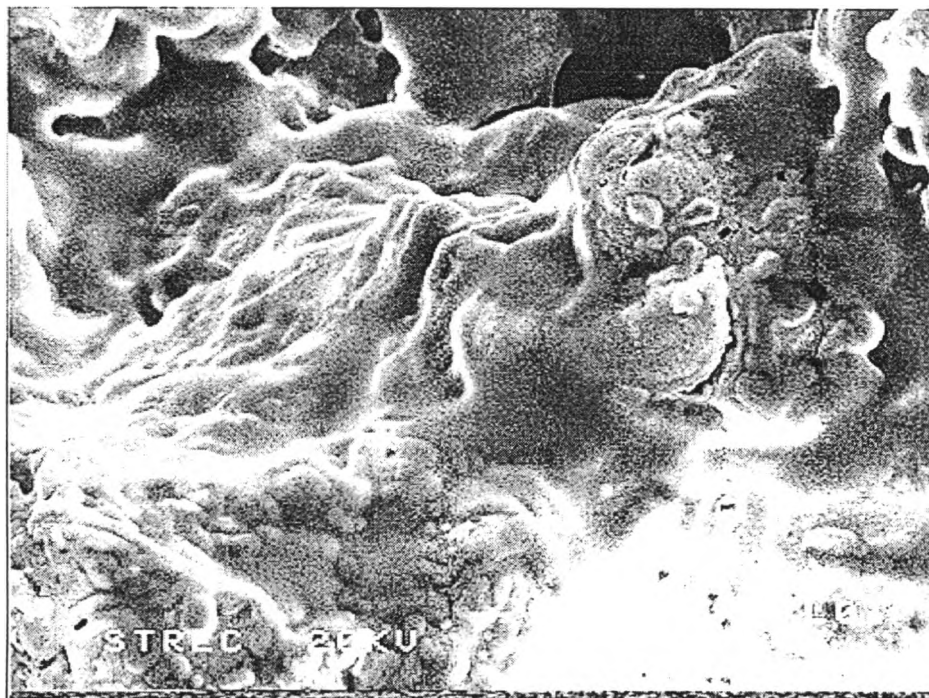
| องค์ประกอบทางเคมี | ค่าเฉลี่ย <sup>a</sup> $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน |             |
|-------------------|--|-------------|
|                   | สูตรควบคุม                                       | สูตรลดไขมัน |
| ความชื้น (%)      | 17.13  | 18.12       |
| โปรตีน (%)        | 5.72   | 5.63        |
| ไขมัน (%)         | 16.14  | 8.33        |
| คาร์โบไฮเดรต (%)  | 60.77  | 62.27       |
| เถ้า (%)          | 0.24   | 0.15        |
| พลังงาน (cal/g.)  | 4107.35  | 3462.05     |

<sup>a</sup> ค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 2 ซ้ำ

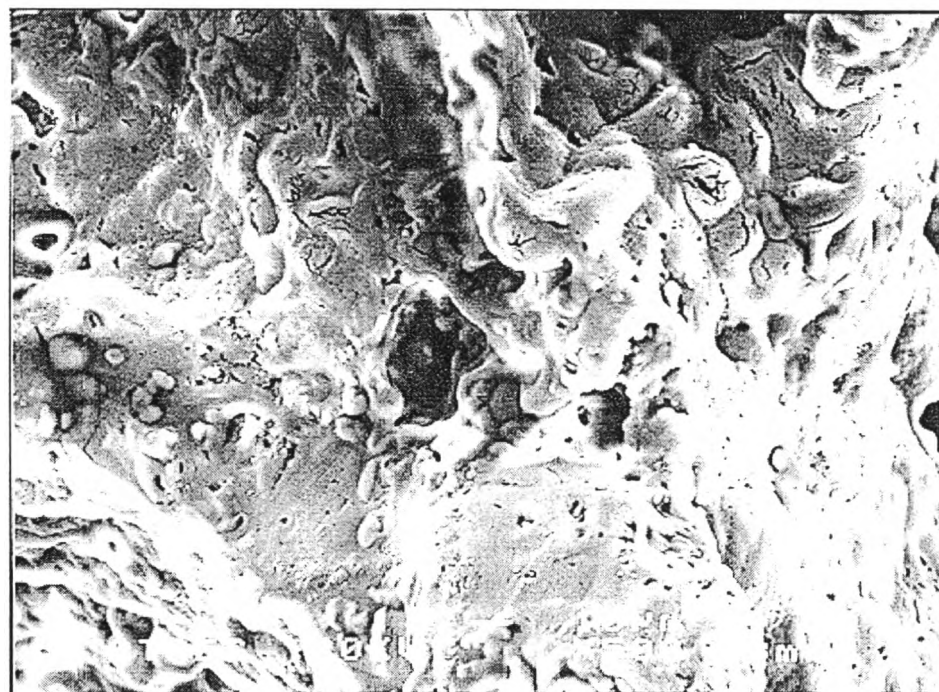
จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน พบว่า เค้กเนยสูตรลดไขมันมีปริมาณความชื้นสูงกว่าสูตรควบคุม ส่วนโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและเถ้าใกล้เคียงกัน พลังงานและไขมันลดลงเทียบกับสูตรควบคุม

โครงสร้างภายในของเนื้อเค้ก ถ่ายด้วย Scanning Electron Microscope

เนื้อ (Crumb)



สูตรควบคุม



สูตรลดไขมัน

ภาพที่ 4.7 ภาพโครงสร้างเนื้อเค้ก ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (500x)



#### 4.8 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเค้กเนยแคลอรีต่ำในระหว่างการเก็บ

ผลิตเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันที่สรุปได้จากข้อ 4.6 บรรจุผลิตภัณฑ์ทั้งสองในถุงพลาสติกชนิด polypropylene ปริมาณ 100 กรัม เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (25-28°C) และตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 7 วัน

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บ โดยสุ่มตัวอย่างทุก ๆ วัน มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่า Hardness ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.23-4.24 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.23 ปริมาณความชื้น ค่า Hardness ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บ

| ชนิดผลิตภัณฑ์          | ระยะเวลา (วัน)                | ค่าเฉลี่ย $\pm$ เบี่ยงเบนมาตรฐาน |                                |                               |                               |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                        |                               | ปริมาณความชื้น (%)               |                                | ค่า Hardness (kg.)            |                               |
|                        |                               | อุณหภูมิห้อง<br>(25-28°C)        | อุณหภูมิ 4°C                   | อุณหภูมิห้อง<br>(25-28°C)     | อุณหภูมิ 4°C                  |
| เค้กเนยสูตรควบคุม      | 0                             | 20.56 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04    | 20.56 <sup>d</sup> $\pm$ 0.04  | 1.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02  | 1.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02  |
|                        | 1                             | 19.75 <sup>d</sup> $\pm$ 0.71    | 19.81 <sup>d</sup> $\pm$ 0.19  | 1.17 <sup>b</sup> $\pm$ 0.86  | 1.27 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.02 |
|                        | 2                             | 18.50 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.19   | 18.61 <sup>c</sup> $\pm$ 0.03  | 1.33 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07  | 1.56 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.09 |
|                        | 3                             | 17.44 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.11   | 18.34 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.45 | 1.60 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.52 | 2.26 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.48 |
|                        | 4                             | 16.25 <sup>b</sup> $\pm$ 0.18    | 17.53 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.06 | 1.47 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07  | 2.43 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.28 |
|                        | 5                             | 16.79 <sup>b</sup> $\pm$ 0.29    | 16.40 <sup>a</sup> $\pm$ 0.24  | 2.36 <sup>c</sup> $\pm$ 0.07  | 2.45 <sup>c</sup> $\pm$ 0.31  |
|                        | 6                             | 15.66 <sup>a</sup> $\pm$ 0.39    | 16.53 <sup>a</sup> $\pm$ 0.08  | 2.45 <sup>c</sup> $\pm$ 0.10  | 2.50 <sup>c</sup> $\pm$ 0.20  |
| เค้กเนย<br>สูตรลดไขมัน | 0                             | 20.56 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.04   | 20.56 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04  | 1.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02  | 1.07 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02  |
|                        | 1                             | 21.60 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05    | 22.12 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05  | 1.29 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.33 | 1.50 <sup>b</sup> $\pm$ 0.30  |
|                        | 2                             | 21.11 <sup>c</sup> $\pm$ 0.04    | 21.19 <sup>c</sup> $\pm$ 0.06  | 1.57 <sup>b</sup> $\pm$ 0.57  | 1.86 <sup>c</sup> $\pm$ 0.32  |
|                        | 3                             | 20.18 <sup>bc</sup> $\pm$ 0.09   | 20.48 <sup>c</sup> $\pm$ 0.07  | 1.70 <sup>b</sup> $\pm$ 0.38  | 1.98 <sup>cd</sup> $\pm$ 1.08 |
|                        | 4                             | 18.56 <sup>ab</sup> $\pm$ 0.06   | 19.20 <sup>b</sup> $\pm$ 0.07  | 2.06 <sup>c</sup> $\pm$ 0.53  | 2.17 <sup>de</sup> $\pm$ 0.55 |
|                        | 5                             | 17.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.03    | 19.08 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03  | 2.38 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.28 | 2.13 <sup>ef</sup> $\pm$ 0.06 |
|                        | 6                             | 17.24 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04    | 18.72 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09  | 2.31 <sup>cd</sup> $\pm$ 0.31 | 2.42 <sup>ef</sup> $\pm$ 0.09 |
| 7                      | 15.72 <sup>a</sup> $\pm$ 0.12 | 18.12 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04    | 2.46 <sup>d</sup> $\pm$ 0.53   | 2.59 <sup>f</sup> $\pm$ 0.14  |                               |

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

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระยะเวลาเก็บผลิตภัณฑ์และอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ปริมาณความชื้นและค่า Hardness ของเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันเมื่อเก็บนานขึ้น โดยมีปริมาณความชื้นลดลง ส่วนค่า Hardness เพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ 4.24 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บ

| ชนิดผลิตภัณฑ์          | ระยะเวลา (วัน) | ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด<br>( $\times 10^2$ โคโลนี / กรัม) |              | ปริมาณยีสต์และรา<br>( $\times 10^2$ โคโลนี / กรัม) |              |
|------------------------|----------------|---|--------------|--|--------------|
|                        |                | อุณหภูมิห้อง<br>(25-28°C)                                 | อุณหภูมิ 4°C | อุณหภูมิห้อง<br>(25-28°C)                          | อุณหภูมิ 4°C |
|                        |                |   |              |  |              |
| เค้กเนยสูตรควบคุม      | 0              | -   | -            | -  | -            |
|                        | 1              | -   | -            | -  | -            |
|                        | 2              | -   | -            | -  | -            |
|                        | 3              | 39  | -            | 35   | -            |
|                        | 4              | 43  | -            | 39   | -            |
|                        | 5              | 49  | -            | 46   | -            |
|                        | 6              | 54  | 37           | 59   | 41           |
| เค้กเนย<br>สูตรลดไขมัน | 0              | -   | -            | -  | -            |
|                        | 1              | -   | -            | -  | -            |
|                        | 2              | -   | -            | -  | -            |
|                        | 3              | 37  | -            | 34   | -            |
|                        | 4              | 45  | -            | 39   | -            |
|                        | 5              | 50  | -            | 44   | -            |
|                        | 6              | 56  | 34           | 56   | 48           |
| 7                      | 62             | 43  | 63           | 59   |              |

- หมายถึง <30 โคโลนีต่อกรัมที่ dilution  $10^{-2}$

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันที่อุณหภูมิห้อง (25-28°C) สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ทั้งสองได้เป็นระยะเวลาเพียง 2 วันหลังวันผลิตโดยไม่เกิดการเสื่อมเสีย จากจุลินทรีย์ทั้งหมดรวมทั้งยีสต์และรา แต่เมื่อเก็บเค้กเนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันในตู้เย็นที่ อุณหภูมิ 4°C สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ทั้งสองได้เป็นระยะเวลา 5 วันหลังวันผลิต โดยไม่เกิดการเสื่อมเสีย จากจุลินทรีย์รวมทั้งยีสต์และรา