

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

#### 4.1 องค์ประกอบทางเคมี

การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบ ทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของวัตถุดิบเพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตต่อไป ในขั้นตอนนี้ทำการศึกษาสมบัติของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในด้านองค์ประกอบทางเคมี

##### 4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งและเส้นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

การศึกษาสมบัติของวัตถุดิบทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของวัตถุดิบเพื่อใช้ในการกระบวนการผลิตต่อไป โดยสมบัติของข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงในด้านองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน เส้นใย เถ้า ความชื้น และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 6.12, 4.50, 2.66, 1.58, 12.66 และ 72.48 (โดยน้ำหนักเปียก) และเส้นบะหมี่ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเท่ากับร้อยละ 12.29, 1.11, 2.26, 1.59, 6.86 และ 75.89 (โดยน้ำหนักเปียก) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงและเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

| องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) | ตัวอย่าง <sup>1,2</sup>     |                                      |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
|                            | แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง | เส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง |
| ปริมาณโปรตีน               | 6.12 ± 0.12 <sup>a</sup>    | 12.29 ± 0.06 <sup>b</sup>            |
| ปริมาณไขมัน                | 2.88 ± 0.10 <sup>a</sup>    | 1.11 ± 0.38 <sup>b</sup>             |
| ปริมาณเส้นใย               | 4.66 ± 0.34 <sup>a</sup>    | 2.26 ± 0.09 <sup>b</sup>             |
| ปริมาณเถ้า                 | 0.98 ± 0.02 <sup>b</sup>    | 1.59 ± 0.02 <sup>a</sup>             |
| ปริมาณความชื้น             | 12.66 ± 0.34 <sup>a</sup>   | 6.86 ± 0.07 <sup>b</sup>             |
| ปริมาณความชื้น             | 72.77 ± 0.18 <sup>a</sup>   | 75.89 ± 0.12 <sup>b</sup>            |

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 3 ซ้ำ

<sup>2</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Duncan,  $P < 0.05$ ).

#### 4.2 การวางแผนการทดลอง Central composite design (CCD)

หาสภาวะเหมาะสมในการผลิตเส้นบะหมี่ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงด้วยวิธีการประเมินพื้นผิวการตอบสนอง (Response surface methodology; RSM) โดยวางแผนการทดลองแบบ Central composite design (CCD) เพื่อหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมที่ลดการสูญเสียของสารไฟโตเคมีคอล และความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้สูงสุด โดยปัจจัยที่อิทธิพล (x) คือ ปริมาณน้ำ (ร้อยละ 40-50) ( $x_1$ ) อัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพด (ร้อยละ 30:70 – 50:50) ( $x_2$ ) และ ปริมาณกัวร์กัม

(ร้อยละ 0.2 – 0.5) ( $x_3$ ) (ตารางที่ 4.2) ต่อค่าตอบสนอง ( $Y$ ) ที่นำมาพิจารณา คือ ร้อยละการลดการสูญเสียแอนโทไซยานิน ( $Y_1$ ) สารฟีนอลิก ( $Y_2$ ) และฟลาโวนอยด์ ( $Y_3$ ) และความสามารถในการต้านออกซิเดชันได้แก่ ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS ( $Y_4$ ) ค่า FRAB ( $Y_5$ ) และความสามารถในการจับกับเพอร์สไฮไดรเจน ( $Y_6$ ) และร้อยละการสูญเสียหลังการทำให้สุก (cooking loss) ( $Y_7$ ) โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Design Expert V.5 โดยการทดลองแบบ CCD ในการศึกษาครั้งนี้ทั้งหมด 20 การทดลอง (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.2 ค่าตัวแปรอิสระและระดับของตัวแปรของ CCD

| ตัวแปรอิสระ |                                                                 | ระดับ     |       |       |       |           |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| รหัส        | ค่าจริง                                                         | $-\alpha$ | -1    | 0     | +1    | $+\alpha$ |
| $x_1$       | ปริมาณน้ำ (WC, %)                                               | 36.59     | 40    | 45    | 50    | 53.41     |
| $x_2$       | อัตราส่วนของแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) | 23.2:76.8 | 30:70 | 40:60 | 50:50 | 53.5:44.5 |
|             |                                                                 |           |       |       |       |           |
| $x_3$       | ปริมาณกัวร์กัม (GC%)                                            | 0.1       | 0.2   | 0.35  | 0.5   | 0.6       |

Yetilmezsoy et al. (2009) พบว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนนับว่ามีความจำเป็นในการหาค่าที่สำคัญของแบบจำลอง แบบจำลองที่สร้างขึ้นควรแสดงความเหมาะสมของความสัมพันธ์ที่แท้จริงของปัจจัยที่ถูกคัดเลือก  $P$ -value ควรมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงถึงความมีนัยสำคัญของการแบบจำลอง ในขณะที่สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination;  $R^2$ ) ได้นำมาใช้เพื่อพิจารณาระดับความเหมาะสมของแบบจำลอง สำหรับแบบจำลองที่เหมาะสมควรมีค่า  $R^2$  ไม่น้อยกว่า 0.80 (Sharma et al., 2009) นอกจากนี้ การทดสอบความเหมาะสมของสมการถดถอย (lack-of-fit) ได้นำมาพิจารณาเพื่อวัดความไม่เหมาะสมของแบบจำลองซึ่งแสดงให้เห็นปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กันในการวิเคราะห์การถดถอย การไม่มีนัยสำคัญของ lack of fit ( $P > 0.05$ ) บ่งบอกถึงแบบจำลอง Quadratic model มีค่าที่สำคัญทางสถิติต่อค่าตอบสนอง ขึ้นต่อมาได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาสร้างภาพ 3 มิติแสดงพื้นที่ตอบสนอง (Response surface) และ Contour plot ซึ่งเป็นการวัดค่าตอบสนองที่มีพื้นฐานจาก Second-order model ที่เกิดจาก 3 ปัจจัย โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ มีค่าคงที่

ตารางที่ 4.3 ค่าตอบสนองของ  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$ ,  $Y_4$ ,  $Y_5$  and  $Y_6$  ที่เกิดจากค่าที่แตกต่างกันของ  $x_1$   $x_2$  และ  $x_3$  ในการทดลองแบบ CCD

| การทดลอง | ตัวแปร |       |       | ค่าตอบสนอง <sup>2,3</sup> |       |       |        |        |       |       |
|----------|--------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
|          | $x_1$  | $x_2$ | $x_3$ | $Y_1$                     | $Y_2$ | $Y_3$ | $Y_4$  | $Y_5$  | $Y_6$ | $Y_7$ |
| 1        | 45.00  | 40.00 | 0.35  | 75.5                      | 691.0 | 566.0 | 1375.8 | 879.1  | 388.9 | 11.8  |
| 2        | 45.00  | 50.00 | 0.35  | 59.1                      | 345.1 | 271.7 | 986.9  | 581.4  | 277.7 | 11.4  |
| 3        | 53.41  | 30.00 | 0.35  | 109.5                     | 666.6 | 594.3 | 1450.8 | 1169.6 | 414.2 | 9.3   |
| 4        | 45.00  | 50.00 | 0.35  | 52.2                      | 324.1 | 267.6 | 1049.0 | 657.7  | 214.2 | 11.2  |
| 5        | 45.00  | 30.00 | 0.35  | 134.1                     | 615.5 | 599.6 | 1433.7 | 969.2  | 434.6 | 12.2  |
| 6        | 45.00  | 30.00 | 0.10  | 111.9                     | 717.3 | 522.7 | 1432.0 | 909.8  | 343.2 | 10.9  |
| 7        | 40.00  | 40.00 | 0.50  | 68.9                      | 571.2 | 563.1 | 1296.2 | 788.7  | 323.5 | 9.7   |
| 8        | 50.00  | 56.82 | 0.50  | 51.9                      | 280.5 | 294.4 | 868.0  | 474.7  | 209.4 | 7.9   |
| 9        | 40.00  | 23.18 | 0.20  | 158.4                     | 825.3 | 675.5 | 1621.9 | 1200.7 | 564.9 | 11.2  |
| 10       | 36.59  | 40.00 | 0.35  | 44.9                      | 571.7 | 400.6 | 1311.4 | 900.2  | 364.1 | 10.8  |
| 11       | 50.00  | 30.00 | 0.50  | 101.4                     | 874.6 | 428.8 | 1702.8 | 1159.1 | 429.5 | 10.3  |
| 12       | 45.00  | 40.00 | 0.35  | 80.0                      | 622.3 | 589.3 | 1551.0 | 852.1  | 359.0 | 11.2  |
| 13       | 40.00  | 40.00 | 0.20  | 46.1                      | 610.8 | 406.8 | 1447.7 | 774.1  | 373.3 | 12.4  |
| 14       | 45.00  | 40.00 | 0.60  | 78.7                      | 686.9 | 426.2 | 1342.8 | 834.1  | 342.7 | 10.8  |
| 15       | 45.00  | 40.00 | 0.35  | 80.3                      | 750.5 | 573.6 | 1370.0 | 902.2  | 355.6 | 11.3  |
| 16       | 45.00  | 40.00 | 0.35  | 92.2                      | 695.8 | 651.1 | 1474.8 | 1099.9 | 367.4 | 13.2  |
| 17       | 50.00  | 50.00 | 0.20  | 58.8                      | 497.0 | 431.9 | 1004.4 | 645.0  | 243.4 | 13.6  |
| 18       | 40.00  | 40.00 | 0.50  | 83.7                      | 689.8 | 564.9 | 1254.7 | 988.6  | 335.5 | 12.0  |
| 19       | 50.00  | 50.00 | 0.20  | 64.2                      | 414.8 | 453.0 | 1086.5 | 570.5  | 225.9 | 13.3  |
| 20       | 45.00  | 40.00 | 0.35  | 85.2                      | 705.2 | 545.1 | 1374.9 | 879.3  | 395.5 | 11.3  |

<sup>1</sup>  $x_1$ : ปริมาณน้ำ (WC, %),  $x_2$  : อัตราส่วนของแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %),  $x_3$  : ปริมาณกัวร์กัม (GC%)

<sup>2</sup>  $Y_1$ : ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC)  $Y_2$ : ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC)  $Y_3$ : ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC),  $Y_4$ : ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS (ABTS-RSA)  $Y_5$ : ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกของสารต้านออกซิเดชัน  $Y_6$ : ความสามารถในการจับกับเพอร์ส (FCA) และ  $Y_7$ : การสูญเสียภายหลังจากให้ความร้อน (%)

#### 4.2.1 ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด

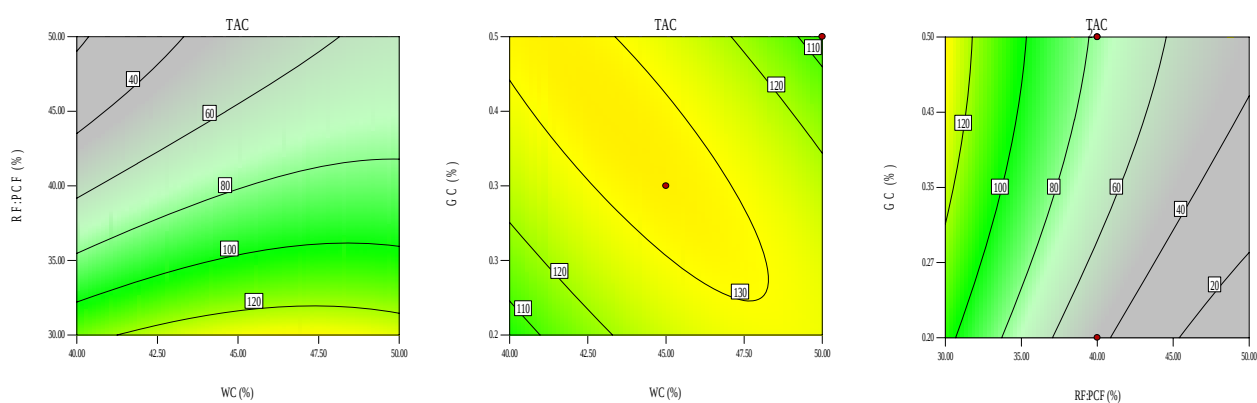
ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ( $Y_1$ ) ในการวางแผนการทดลองแบบ CCD มีค่าตั้งแต่ 44.94 ถึง 158.36 ( $\mu\text{g CE/g}$ ) ( $\mu\text{g CE/g}$ ) (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.9778$  ซึ่งแสดง

ให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้พบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 1

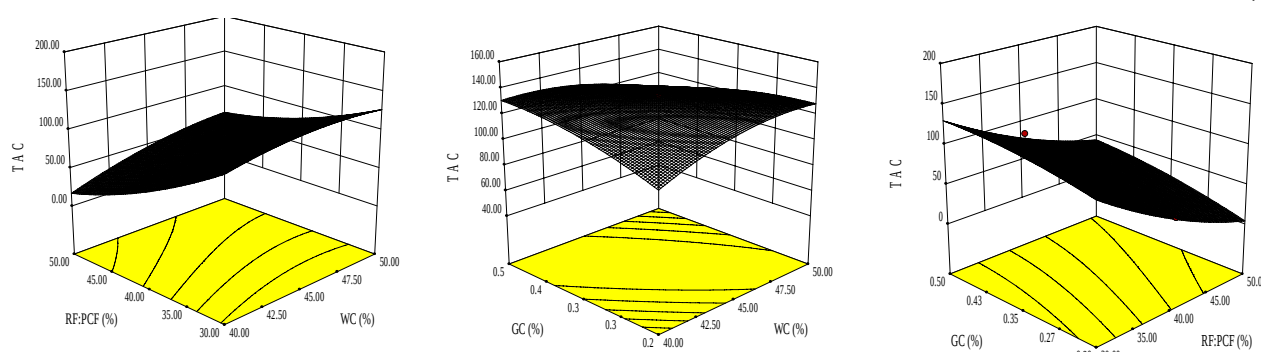
$$Y_1 = 83.2 + 8.1x_1 - 38.4x_2 + 4.4x_3 - 8.5x_1^2 + 10x_2^2 - 5.7x_3^2 + 8.4x_1x_2 - 12.3x_1x_3 + 3.6x_2x_3 \quad (1)$$

สมการที่ (3) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็นเส้นตรง และ quadratic และปฏิสัมพันธ์โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_1$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงในภาพที่ 4.1 พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสารแอนโทไซยานินจะสูงสุด (131.9  $\mu\text{g}/\text{mg}$  CE) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 43.4 อัตราส่วนแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 30:70 และปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.4 ตามลำดับ

(a)



(b)



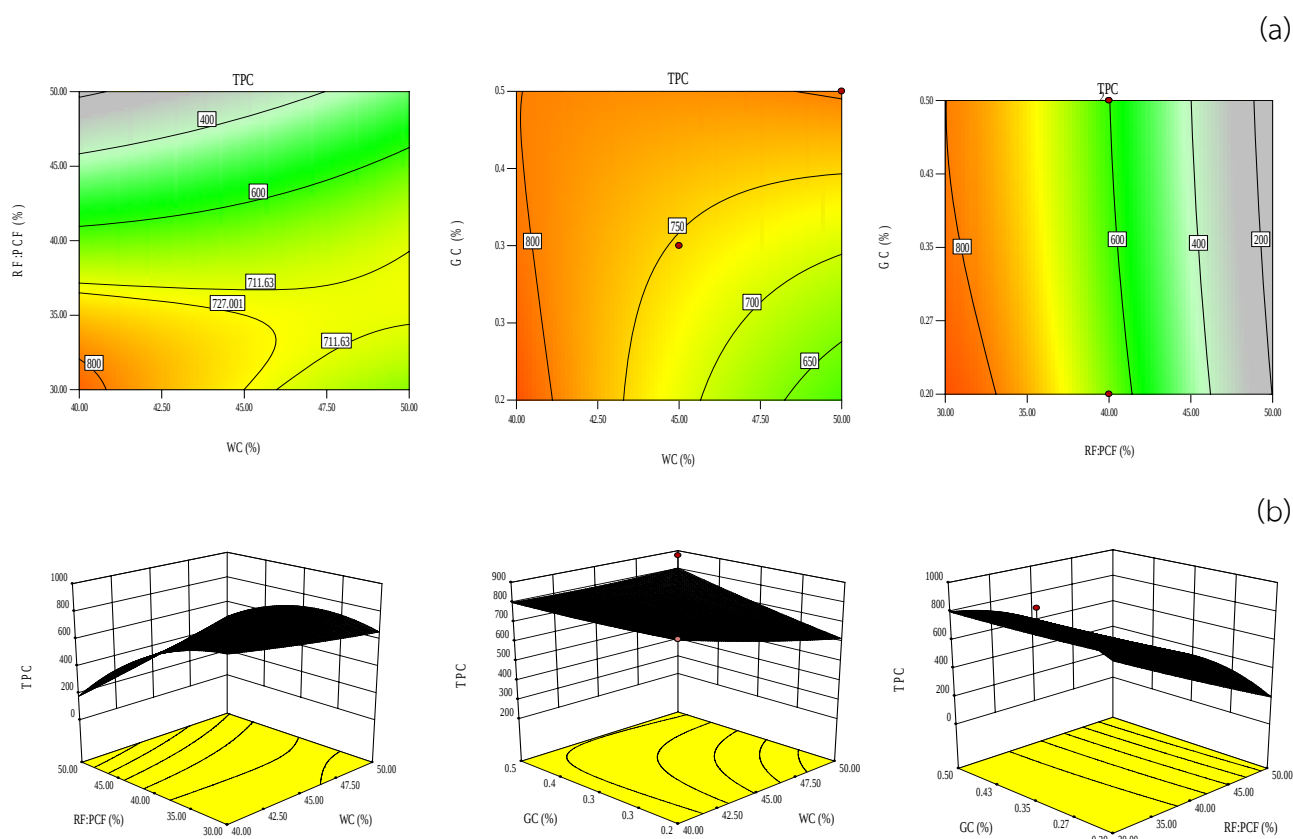
ภาพที่ 4.1 Contour plots (a) และพื้นผิวตอบสนอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณกัวร์กัม (GC, %) ต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

#### 4.2.2 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ( $Y_2$ ) ในการวางแผนการทดลองแบบ CCD มีค่าตั้งแต่ 280.53 ถึง 874.64 ( $\mu\text{g GE/g}$ ) (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่าสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.8976$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้จะพบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 2

$$Y_2 = 674.1 + 66.1x_1 - 207.3x_2 + 30.3x_3 + 9.3x_1^2 - 135.0x_2^2 + 7.1x_3^2 + 116.7x_1x_2 + 53.1x_1x_3 - 9.6x_2x_3 \quad (2)$$

สมการที่ (3) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็น Linear และ Quadratic โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_1$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงในภาพที่ 4.2 พบว่าปริมาณฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด ( $858.6 \mu\text{g GE/g}$ ) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 50 อัตราส่วนแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 36.3:73.7 และปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.5 ตามลำดับ



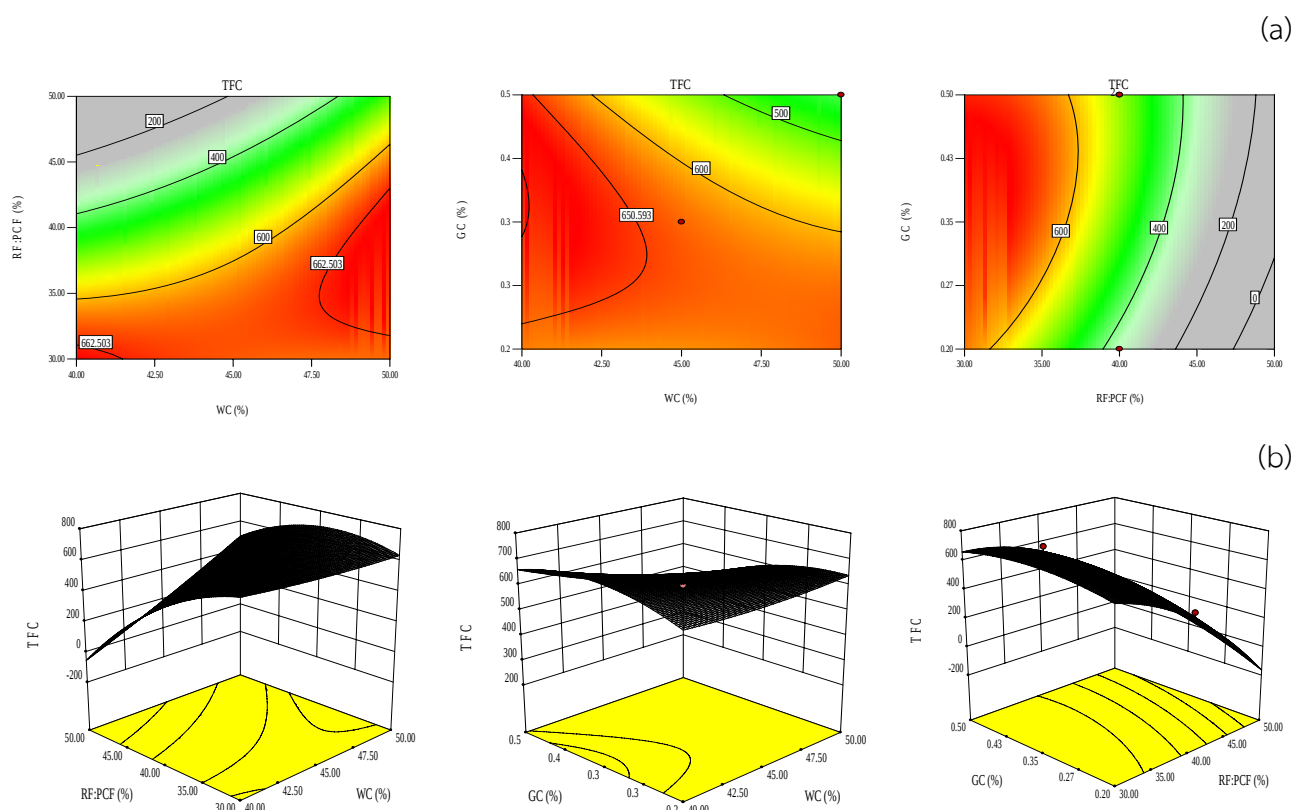
ภาพที่ 4.2 Contour plots (a) และพื้นผิวดตอบสอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณกัวร์กัม (GC, %) ต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

### 4.2.3 ปริมาณสารพลาโวนอยด์ทั้งหมด

ปริมาณสารพลาโวนอยด์ทั้งหมด ( $Y_3$ ) ในการวางแผนการทดลองแบบ CCD จะมีค่าตั้งแต่ 267.60 ถึง 675.47 ( $\mu\text{g QE/g}$ ) (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.9349$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้จะพบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 3

$$Y_3 = 583.5 + 93.7x_1 - 179.0x_2 + 22.6x_3 + 13.4x_1^2 - 128.4x_2^2 - 59.3x_3^2 + 148.6x_1x_2 - 61.8x_1x_3 + 67.5x_2x_3 \quad (3)$$

สมการที่ (4) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็น Linear และ Quadratic รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย  $x_2$  และ  $x_3$  โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_3$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงในภาพที่ 4.3 พบว่าปริมาณฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณสารพลาโวนอยด์จะสูงสุด ( $703.5 \mu\text{g QE/g}$ ) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 40 อัตราส่วนแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 30:70 และปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.37 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 Contour plots (a) และพื้นผิวตอบสนอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณกัวร์กัม (GC, %) ต่อปริมาณพลาโวนอยด์ทั้งหมด

#### 4.2.4 ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS

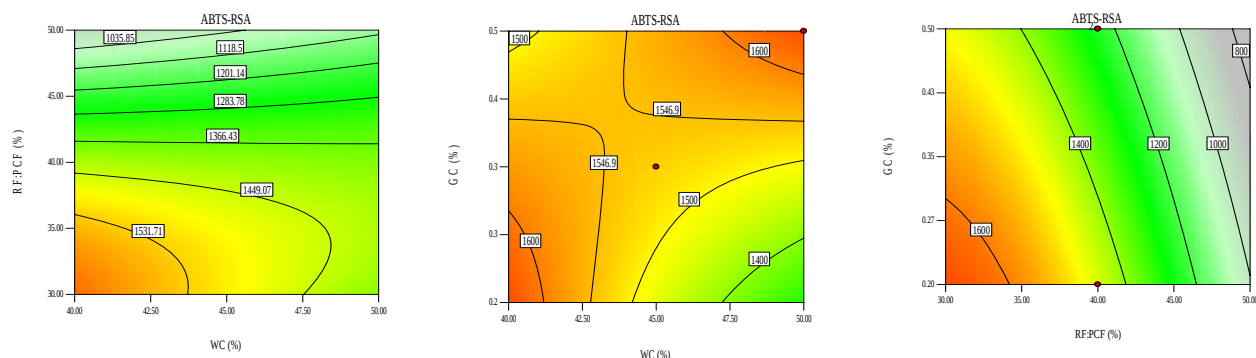
ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS ( $Y_4$ ) ในการวางแผนการทดลองแบบ CCD จะมีค่าตั้งแต่ 1004.39 ถึง 1702.80  $\mu\text{gTrolox/g}$  (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.9429$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้จะพบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 4

$$Y_4 = 1,415.2 + 50.3x_1 - 255.5x_2 + 13.2x_3 + 2.2x_1^2 - 139.2x_2^2 - 13.6x_3^2 + 92.1x_1x_2 + 122.7x_1x_3 - 31.2x_2x_3 \quad (4)$$

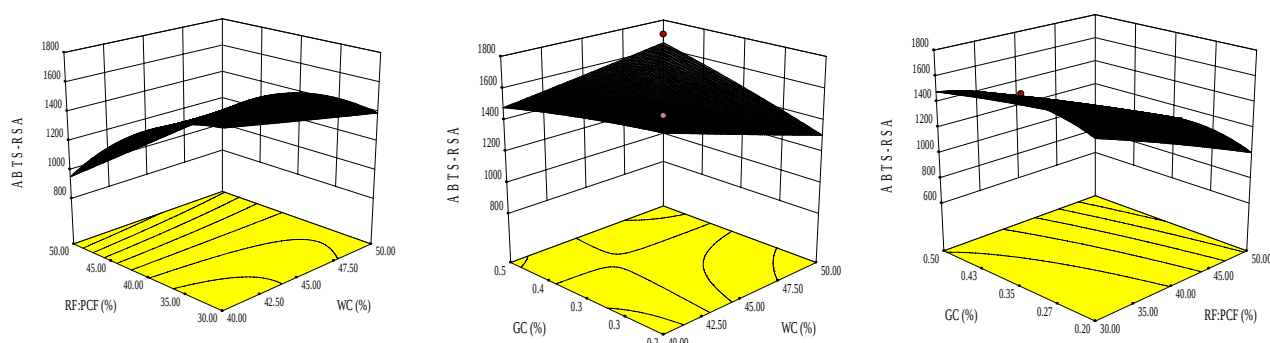
สมการที่ (5) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็น Linear และ Quadratic โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_4$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงในภาพที่ 4.4 พบว่าปริมาณ ABTS-RSA เพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS จะสูงสุด (1,658.41  $\mu\text{g TE/g}$ ) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 50 อัตราส่วนแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 33.:63 และปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.50 ตามลำดับ

Meyer et al. (1998) พบว่าความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่ต่างกันระหว่างข้าวโพดสีม่วงเป็นอิทธิพลจากปริมาณสารแอนโทไซยานินในรวงควัตถุ ขณะที่ความแตกต่างของความสามารถในการต้านออกซิเดชันระหว่างพันธุ์ข้าวโพดสีม่วงมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นและองค์ประกอบที่จำเพาะของอนุพันธ์แอนโทไซยานิน (Stintzing et al., 2002) ซึ่งเป็นอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม ฤดูกาล และสภาวะภูมิศาสตร์ในการเจริญเติบโตของข้าวโพด (Adom et al., 2002)

(a)



(b)



ภาพที่ 4.4 Contour plots (a) และพื้นผิวตอบสนอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณ กัวร์กัม (GC, %) ต่อความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS

#### 4.2.5 ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกของสารต้านออกซิเดชัน (FRAB)

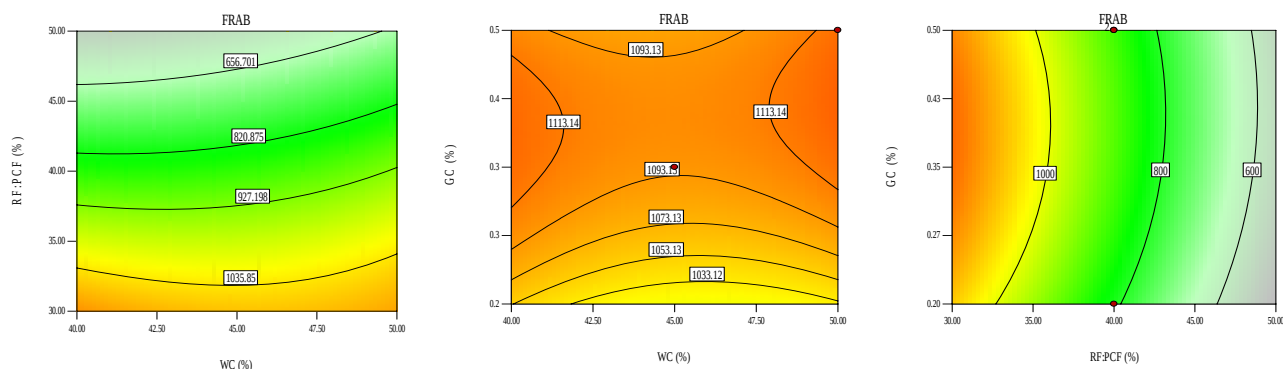
ปริมาณ FRAB ( $Y_5$ ) จากการผลิตเส้นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเสริมไหมข้าวโพดมีค่า ตั้งแต่ 474.73 ถึง 1200.72  $\mu\text{gTE/g}$  (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของ ปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.8876$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้จะพบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 5

$$Y_5 = 905.8 + 42.3x_1 - 245.6x_2 + 43.1x_3 + 27.5x_1^2 - 56.1x_2^2 - 45.8x_3^2 + 43.0x_1x_2 + 10.56x_1x_3 + 9.2x_2x_3 \quad (5)$$

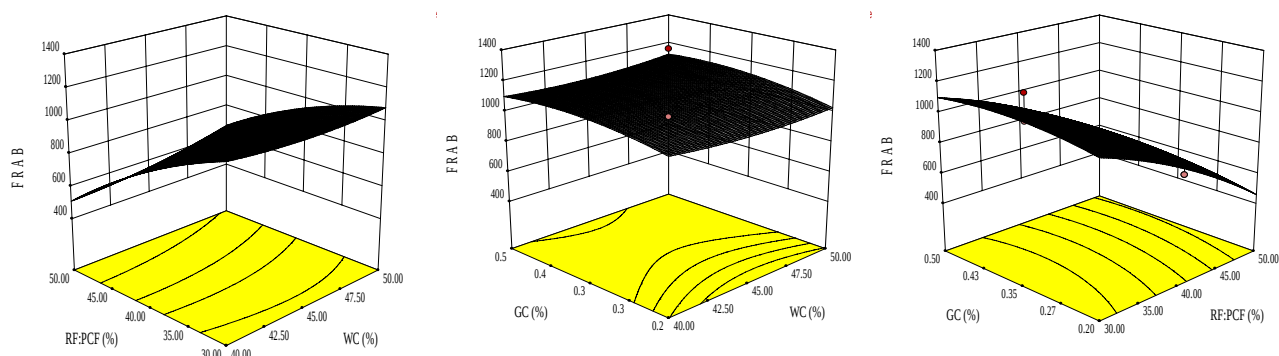
สมการที่ (6) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็น Linear และ Quadratic โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_5$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงใน ภาพที่ 4.5 พบว่าปริมาณ ABTS-RSA เพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณ FRAB จะ สูงสุด (1132.9  $\mu\text{g TE/g}$ ) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 50 อัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้ง

ข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 30:70 และปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.42 ตามลำดับ หลังจากนั้นปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดจะลดลงเมื่อปริมาณน้ำ อัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดสีม่วง และปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้นต่อไป

(a)



(b)



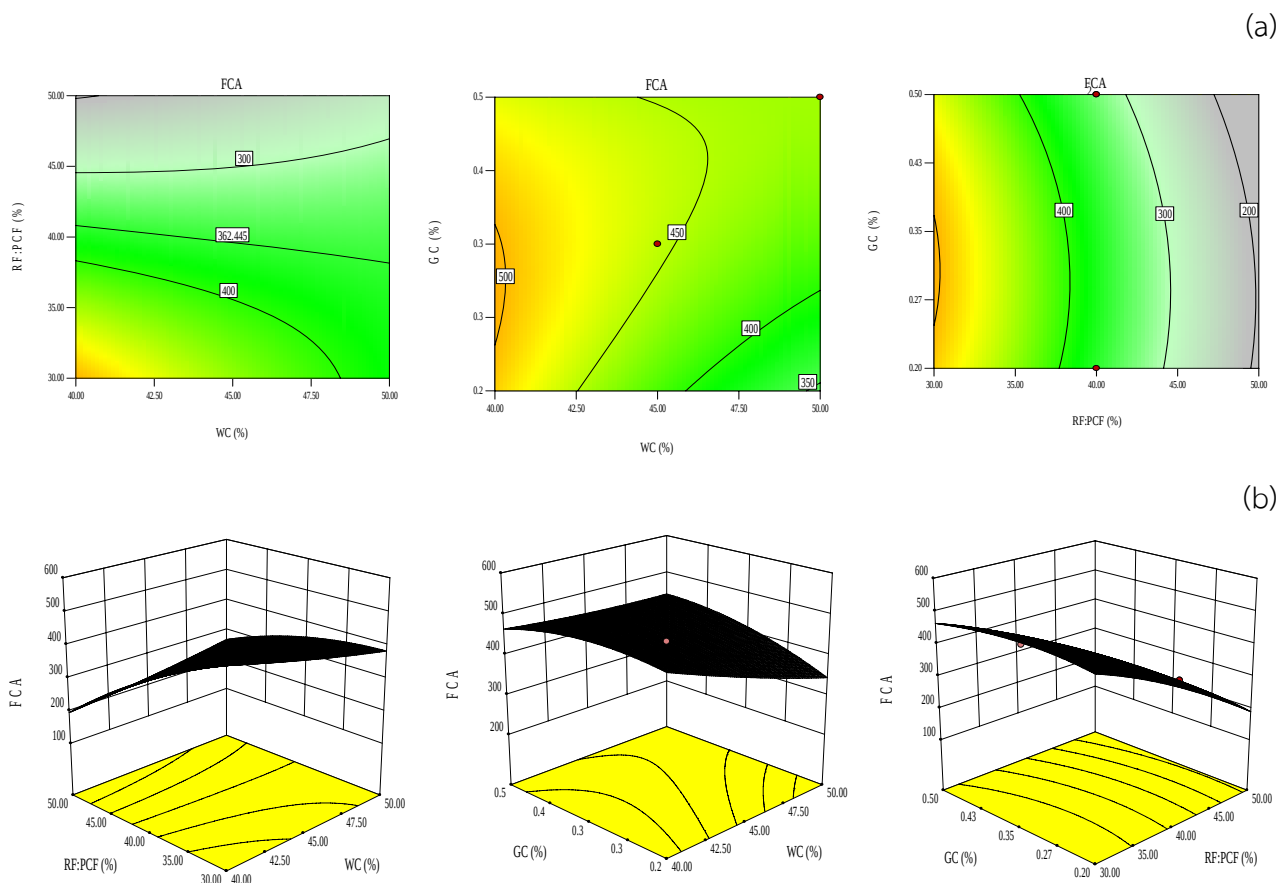
ภาพที่ 4.5 Contour plots (a) และพื้นผิวตอบสนอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณกัวร์กัม (GC, %) ต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชัน

#### 4.2.6 ความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออน

ความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออน ( $Y_5$ ) จากการผลิตเส้นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีค่าตั้งแต่ 209.37 ถึง 429.536  $\mu\text{gEDTA/g}$  (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.9602$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้จะพบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 6

$$Y_6 = 372.3 + 5.8x_1 - 108.1x_2 + 12.7x_3 + 5.5x_1^2 - 25.9x_2^2 - 23.7x_3^2 + 47.6x_1x_2 + 31.2x_1x_3 - 4.9x_2x_3 \quad (6)$$

สมการที่ (6) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็น Linear และ Quadratic โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_5$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงในภาพที่ 4.6 พบว่าปริมาณ ความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออน เพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการจับกับเฟอร์รัส จะสูงสุด (445.7  $\mu\text{g}$  EDTE/g) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 44.9 อัตราส่วน แบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 30.6:69.4 และปริมาณกัวร์ กัมร้อยละ 0.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.6 Contour plots (a) และพื้นผิวตอบสนอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณกัวร์ กัม (GC, %) ต่อความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออน

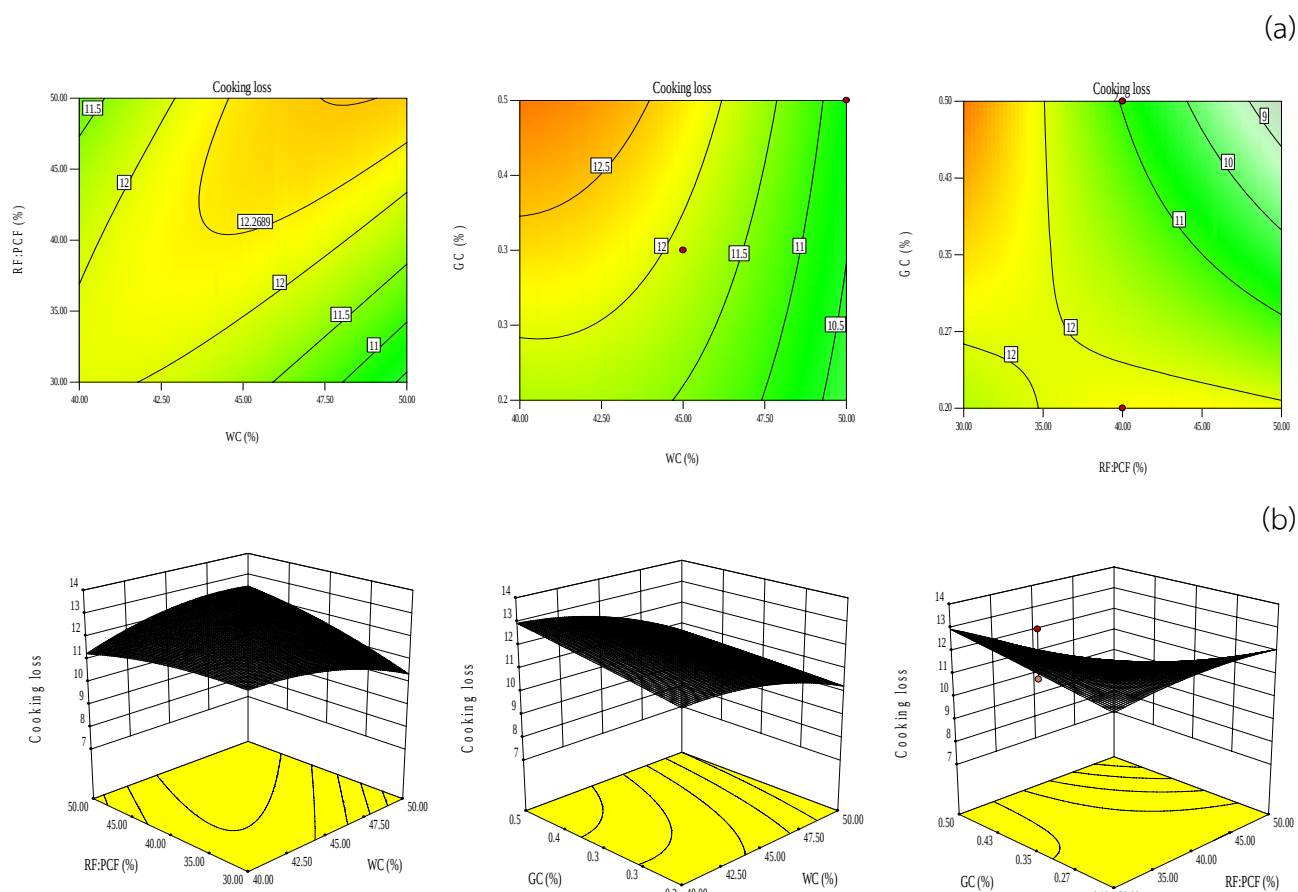
#### 4.2.7 การสูญเสียภายหลังการให้ความร้อน (Cooking loss)

การสูญเสียภายหลังการให้ความร้อน ( $Y_7$ ) จากการผลิตเส้นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 7.9 ถึง 13.6 (ตารางที่ 4.3) การวิเคราะห์การถดถอยของแบบจำลองของปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  พบว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) และมีค่า  $R^2 = 0.8225$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

แบบจำลองที่สร้างขึ้นและข้อมูลจากการทดลองมีความเหมาะสม นอกจากนี้จะพบว่า lack of fit ไม่มีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แบบจำลองที่ได้แสดงในสมการที่ 7

$$Y_6 = 372.3 + 5.8x_1 - 108.1x_2 + 12.7x_3 + 5.5x_1^2 - 25.9x_2^2 - 23.7x_3^2 + 47.6x_1x_2 + 31.2x_1x_3 - 4.9x_2x_3 \quad (7)$$

สมการที่ (6) ชี้ให้เห็นว่าปัจจัย  $x_1$ ,  $x_2$  และ  $x_3$  แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลที่เป็น Linear และ Quadratic โดย Contour plot และค่าทำนายของ  $Y_5$  ในการประเมินด้วย RSM จะแสดงในภาพที่ 4.7 พบว่าปริมาณ การสูญเสียภายหลังการให้ความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อปัจจัยทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการจับกับเฟอรัส จะสูงสุด (ร้อยละ 8.4) สภาวะการผลิตที่ปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 40 อัตราส่วนแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) 50:50 และปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.7 Contour plots (a) และพื้นผิวตอบสนอง (b) แสดงถึงผลของปริมาณน้ำ (WC, %) อัตราส่วนของแป้งข้าวต่อแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %) และปริมาณ กัวร์กัม (GC, %) ต่อปริมาณการสูญเสียภายหลังการให้ความร้อน

### 4.3 การทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สภาวะเหมาะสมในการผลิตเส้นข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงคือ สภาวะการผลิตที่มีปริมาณน้ำ (WC) ร้อยละ 40 อัตราส่วนแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดสีม่วง (RF:PCF) ร้อยละ 30.0:70.0 และปริมาณ กัวร์กัมร้อยละ 0.27 ที่สภาวะการผลิตดังกล่าวมีปริมาณแอนโทไซยานิน 114.7  $\mu\text{g}/\text{mg}$  CE ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS ปริมาณ FRAB และความสามารถในการ จับกับเฟอร์รัสเท่ากับ 815.7  $\mu\text{g}$  GE/g, 675.5  $\mu\text{g}$  QE/g, 1614.4  $\mu\text{g}$  TE/g, 1097.3  $\mu\text{g}$  TE/g, 502.2  $\mu\text{g}$  EDTA/g และการสูญเสียภายหลังการให้ความร้อนร้อยละ 12.0 ตามลำดับ

เมื่อทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลอง (การทำนาย) กับค่าที่ได้จากการทดลองผลิต โดยทำการทดสอบที่ 4 สภาวะการผลิตต่อ ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด ( $\mu\text{g}$  CE/g) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ( $\mu\text{g}$  GE/g) ปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ( $\mu\text{g}$  QE/g) ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS ( $\mu\text{g}$  TE/g) และความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออน ( $\mu\text{g}$  EDTA/g) (ตารางที่ 4.4) พบว่าค่าสังเกตที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมีความใกล้เคียงอย่างยิ่งกับค่าที่ได้จากการทำนายโดยใช้ RSM ซึ่งมีค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.6 ถึง 5.0 ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้เพื่อหาสภาวะการผลิตเค้กข้าวโพดที่เสริมไหมข้าวโพดเพื่อให้มีปริมาณสารไฟโตเคมีคอลสูงสุด

ตารางที่ 4.4 การทวนสอบผลการทดลอง

| การทดลอง | สภาวะ <sup>1</sup> |                |                | ค่าตอบสนอง <sup>2</sup> |                        |                         |                         |                         |                        |                        |
|----------|--------------------|----------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
|          | x <sub>1</sub>     | x <sub>2</sub> | x <sub>3</sub> | Y <sub>1</sub>          | Y <sub>2</sub>         | Y <sub>3</sub>          | Y <sub>4</sub>          | Y <sub>5</sub>          | Y <sub>6</sub>         | Y <sub>7</sub>         |
| 1*       | 43.4               | 30             | 0.4            | 131.9 <sup>a</sup>      | 774.2 <sup>a</sup>     | 634.1 <sup>b</sup>      | 1545.1 <sup>a</sup>     | 1103.4 <sup>a</sup>     | 468.0 <sup>a</sup>     | 12.3 <sup>a</sup>      |
| 1**      | 43.4               | 30             | 0.4            | 138.7±0.2 <sup>a</sup>  | 821.4±0.3 <sup>a</sup> | 687.6±0.7 <sup>b</sup>  | 1601.4±0.5 <sup>a</sup> | 1180.3±0.6 <sup>a</sup> | 422.3±0.6 <sup>a</sup> | 422.3±0.6 <sup>a</sup> |
| 2*       | 50                 | 50             | 0.5            | 52.7 <sup>b</sup>       | 604.8 <sup>b</sup>     | 500.6 <sup>c</sup>      | 1256.6 <sup>b</sup>     | 733.9 <sup>b</sup>      | 312.5 <sup>b</sup>     | 9.0 <sup>b</sup>       |
| 2**      | 50                 | 50             | 0.5            | 95.7±0.5 <sup>b</sup>   | 616.6±0.4 <sup>b</sup> | 543.5±0.8 <sup>c</sup>  | 1400.4±0.8 <sup>b</sup> | 743.6±0.6 <sup>b</sup>  | 343.6±0.6 <sup>b</sup> | 343.6±0.6 <sup>b</sup> |
| 3*       | 40                 | 30             | 0.2            | 104.3                   | 827.7 <sup>c</sup>     | 626.0 <sup>a</sup>      | 1640.6 <sup>c</sup>     | 1054.3 <sup>c</sup>     | 491.7 <sup>c</sup>     | 11.8 <sup>c</sup>      |
| 3**      | 40                 | 30             | 0.2            | 72.9±0.8 <sup>c</sup>   | 552.4±0.4 <sup>c</sup> | 1080.5±0.2 <sup>a</sup> | 514.5±0.5 <sup>c</sup>  | 653.5±0.6 <sup>c</sup>  | 53.5±0.6 <sup>c</sup>  | 53.5±0.6 <sup>c</sup>  |

<sup>1</sup> x<sub>1</sub>: ปริมาณน้ำ (WC, %), x<sub>2</sub>: อัตราส่วนของแบ่งข้าวต่อแบ่งข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (RF:WPCF; %), x<sub>3</sub>: ปริมาณกัวร์กัม (GC%)

<sup>2</sup> Y<sub>1</sub>: ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC) Y<sub>2</sub>: ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) Y<sub>3</sub>: ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC), Y<sub>4</sub>: ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS (ABTS-RSA) Y<sub>5</sub>: ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชัน Y<sub>6</sub>: ความสามารถในการจับกับเฟอร์รัส (FCA) และ Y<sub>7</sub>: การสูญเสียภายหลังการให้ความร้อน (%)

\* ค่าจากการทำนาย \*\* ค่าจากการทดลอง

#### 4.4 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อปริมาณสารไฟโตเคมีคอล และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

##### 4.4.1 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อปริมาณสารฟีนอลิก ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์

การเติมกรดอินทรีย์ร้อยละ 0.2 ลงไปในสูตร PWN เพื่อลดค่า pH ของผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการทำลายของสารไฟโตเคมีคอลในระหว่างกระบวนการเอกซ์ทรักชัน พบว่า PWN ที่เติมกรดแอสคอร์บิก และกรดฟิวมาริก มีปริมาณ TAC, TFN และ TPN สูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรด นอกจากนี้ อย่างไรก็ตาม PWN ที่เติมกรดฟิวมาริกมีปริมาณ TAC, TFN และ TPN สูงสุด (269.2  $\mu\text{g CE/g}$ , 398.9 mg QE/g และ 688.6 mg GE/g) รองลงมาคือการเติมกรดแอสคอร์บิก (265.8  $\mu\text{g CE/g}$ , 387.6 mg QE/g และ 449.8 mg GE/g) GDL (262.0  $\mu\text{g CE/g}$ , 379.1 mg QE/g และ 265.6 mg GE/g) ซึ่ง PWN ที่ไม่เติมกรดอินทรีย์จะมีปริมาณ TAC, TFN และ TPN ต่ำสุด (269.2  $\mu\text{g CE/g}$ , 398.9 mg QE/g และ 688.6 mg GE/g) (ตารางที่ 4.5)

##### 4.4.2 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS FRAB และ FCA จะมีการเติมกรดอินทรีย์ลงในสูตร PWN ที่เติมกรดแอสคอร์บิก และกรดฟิวมาริก มีปริมาณ ABTS-RSA, FRAB และ FCA สูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรด อย่างไรก็ตาม PWN ที่เติมกรดฟิวมาริกมีปริมาณ ABTS-RSA, FRAB และ FCA สูงสุด (3.3 mg TE/g, 3.3 mg TE/g และ 432.6  $\mu\text{g EDTA/g}$ ) รองลงมาคือการเติมกรดแอสคอร์บิก (3.3 mg TE/g, 3.3 mg TE/g และ 432.6  $\mu\text{g EDTA/g}$ ) ซึ่ง PWN ที่ไม่เติมกรดอินทรีย์จะมีปริมาณ ABTS-RSA, FRAB และ FCA ต่ำสุด (3.3 mg TE/g, 3.3 mg TE/g และ 432.6  $\mu\text{g EDTA/g}$ ) (ตารางที่ 4.5)

**ตารางที่ 4.5** ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TAC)  $Y_2$ : ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC)  $Y_3$ : ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC),  $Y_4$ : ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS (ABTS-RSA)  $Y_5$ : ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริกของสารต้านออกซิเดชัน  $Y_6$ : ความสามารถในการจับกับเฟอร์รัส (FCA) ของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (PWN)

| ตัวอย่าง               | สารไฟโตเคมิคอล <sup>1</sup>                |                                          |                                          | ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน <sup>1</sup>    |                                           |                                              |
|------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                        | TAC <sup>2</sup><br>( $\mu\text{g CE/g}$ ) | TFN <sup>2</sup><br>( $\text{mg QE/g}$ ) | TPN <sup>2</sup><br>( $\text{mg GE/g}$ ) | ABTS-RSA <sup>2</sup><br>( $\text{mg CE/g}$ ) | FRAB <sup>2</sup><br>( $\text{mg CE/g}$ ) | FCA <sup>2</sup><br>( $\mu\text{g EDTA/g}$ ) |
| PWN+No acid            | 128.1 $\pm$ 2.1 <sup>b</sup>               | 878.8 $\pm$ 83.2 <sup>b</sup>            | 1236.0 $\pm$ 55.2 <sup>b</sup>           | 1548.7 $\pm$ 68.6 <sup>c</sup>                | 975.79 $\pm$ 58.6 <sup>c</sup>            | 311.7 $\pm$ 8.8 <sup>b</sup>                 |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 138.8 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>               | 1310.2 $\pm$ 47.8 <sup>a</sup>           | 1590.8 $\pm$ 40.9 <sup>a</sup>           | 1781.6 $\pm$ 72.8 <sup>a</sup>                | 1622.2 $\pm$ 72.8 <sup>a</sup>            | 330.5 $\pm$ 5.8 <sup>a</sup>                 |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 133.7 $\pm$ 2.8 <sup>a</sup>               | 1281.0 $\pm$ 79.7 <sup>a</sup>           | 1506.6 $\pm$ 38.4 <sup>a</sup>           | 1691.5 $\pm$ 96.1 <sup>b</sup>                | 1495.0 $\pm$ 46.1 <sup>b</sup>            | 325.4 $\pm$ 11.0 <sup>a</sup>                |

<sup>1</sup>ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ 2 การทดลอง

<sup>2</sup>ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4.5 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพสีของเส้นบะหมี่ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง

##### 4.5.1 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของ TAC ใน PWN พบว่าการเติมกรดทั้ง 4 ชนิดในผลิตภัณฑ์จะมีค่าความแตกต่างโดยรวมของสี ( $\Delta E$ ) สูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.5$ ) นอกจากนี้ค่า  $\Delta L^*$  ของ PWN ในทุกตัวอย่าง จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) โดยค่า  $\Delta L^*$  ที่สูงขึ้นแสดงถึงความสว่างของสี PWN ที่มากขึ้น

ค่า  $h$  ของ PWN ที่มีการเติมกรดทั้ง 4 ชนิดจะต่ำกว่า PWN ที่ไม่เติมกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของกรดใน PWN เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง

ค่า  $C^*$  ของ PWN มีค่าสูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรด (ตารางที่ 4.6) ซึ่ง  $C^*$  เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความเข้มของสีของ PWN ซึ่งพบว่าจะเกิดสีน้ำตาลเข้มที่ผิวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไมใช่เอนไซม์ซึ่งเกิดในอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเมื่อได้รับความร้อนสูง ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพสีโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของ TAC ใน PWN พบว่าการเติมกรดอินทรีย์ในผลิตภัณฑ์จะมีค่าความแตกต่างโดยรวมของสี ( $\Delta E$ ) สูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.5$ ) นอกจากนี้ค่า  $\Delta L^*$  ของ PWN ใน

ตัวอย่างที่เติมกรดฟิวมาริกมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิก และผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกรดอินทรีย์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยค่า  $\Delta L^*$  ที่สูงขึ้นแสดงถึงความสว่างของสี PWCC ที่มากขึ้น

ค่า  $h$  ของ PWN ที่มีการเติมกรดอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดจะต่ำกว่า PWN ที่ไม่เติมกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6) เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของกรดใน PWN เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง ค่า  $h$  ของ PWN ที่มีการเติมกรดทั้ง 4 ชนิดจะต่ำกว่า PWN ที่ไม่เติมกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า  $h$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความเป็นกรดในผลิตภัณฑ์มากขึ้น (ตารางที่ 4.6)

ค่า  $C^*$  ของ PWCC มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์มีความเป็นกรดมากขึ้น (ตารางที่ 4.6) ค่า  $C^*$  ของ PWN มีค่าสูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรด (ตารางที่ 4.6) ซึ่ง  $C^*$  เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความเข้มของสีของ PWN ซึ่งพบว่าจะเกิดสีน้ำตาลเข้มที่ผิวเมื่อได้รับอนุมูลอิสระสูง เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไมใช้เอนไซม์ซึ่งเกิดในอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเมื่อได้รับความร้อนสูง จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของแอนโทไซยานินใน PWN พบว่าการเติมกรดอินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดในผลิตภัณฑ์จะมีค่าความแตกต่างโดยรวมของสี ( $\Delta E$ ) สูงกว่า PWN ที่ไม่เติมกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.5$ ) (ตารางที่ 3) โดยค่า  $\Delta L^*$  ที่สูงขึ้นแสดงถึงความสว่างของสี PWN ที่มากขึ้น

**ตารางที่ 4.6** ค่าสีของของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (PWN)

| ตัวอย่าง               | ค่าสี <sup>1</sup>                 |                                   |                                      |                             |                                |                          |
|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------|
|                        | Lighness<br>( $L^*$ ) <sup>1</sup> | Redness<br>( $a^*$ ) <sup>1</sup> | Yellowness<br>( $b^*$ ) <sup>1</sup> | Hue<br>value <sup>1,2</sup> | Chroma<br>value <sup>1,3</sup> | $E$ value <sup>1,4</sup> |
| PWN+No acid            | 19.1+2.3                           | 4.2+1.2                           | 0.8+0.5                              | 0.14+0.1 <sup>b</sup>       | 3.39+1.3 <sup>b</sup>          | 17.8+2.6 <sup>b</sup>    |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 19.6+0.3                           | 4.4+0.3                           | 0.8+0.1                              | 0.18+0.0 <sup>a</sup>       | 4.51+0.3 <sup>a</sup>          | 20.2+0.4 <sup>a</sup>    |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 20.3+0.3                           | 4.3+0.1                           | 0.9+0.0                              | 0.21+0.0 <sup>a</sup>       | 4.44+0.1 <sup>a</sup>          | 20.8+0.3 <sup>a</sup>    |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

<sup>2</sup> Hue =  $TAC^{-1} (b^*/a^*)$

<sup>3</sup> Chroma =  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

<sup>4</sup>  $E$  value =  $(L^{*2} + a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

#### 4.5.2 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อสัมผัสของ TAC ใน PWN พบว่าการเติมกรดทั้ง 2 มีผลต่อค่า Hardness และ Tensile strength ของ PWN โดย PWN+0.2% Ascorbic acid แสดงค่า Hardness และแรงดึงสูงกว่า PWN+0.2% Fumaric acid และ PWN+No acid ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

**ตารางที่ 4.7** คุณลักษณะของเนื้อสัมผัสของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (PWN)

| ตัวอย่าง               | คุณลักษณะของเนื้อสัมผัส <sup>1</sup> |                                 |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
|                        | ความแข็ง (Hardness; g)               | ค่าแรงดึง (Tensile strength; g) |
| PWN+No acid            | 1,104.78+45.6 <sup>c</sup>           | 15.7+2.5 <sup>c</sup>           |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 1,303.52+54.3 <sup>a</sup>           | 27.7+4.9 <sup>a</sup>           |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 1,203.34+33.9 <sup>c</sup>           | 23.6+3.0 <sup>b</sup>           |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4.5.2 ผลของการเติมกรดอินทรีย์ต่อการสูญเสียภายหลังการให้ความร้อน (Cooking loss)

จากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสูญเสียภายหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) ใน PWN พบว่าการเติมกรดทั้ง 2 มีผลต่อค่า Cooking loss ของ PWN โดย PWN+0.2% Ascorbic acid แสดงค่า Cooking loss hardness และ Tensile strength สูงกว่า PWN+0.2% Fumaric acid และ PWN+No acid ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

**ตารางที่ 4.8** การสูญเสียภายหลังการให้ความร้อนของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (PWN)

| ตัวอย่าง               | Cooking loss (%) <sup>1</sup> |
|------------------------|-------------------------------|
| PWN+No acid            | 11.2+1.6 <sup>c</sup>         |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 13.5+2.7 <sup>a</sup>         |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 12.3+3.1 <sup>b</sup>         |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

#### 4.6 การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความเหนียว และความชอบโดยรวม พบว่า PWN+0.2% Fumaric acid มีความชอบด้านสีสูงสุด รองลงมาคือ PWN+No acid และ PWN+0.2% Ascorbic acid ตามลำดับ ลักษณะปรากฏ PWN+0.2% Fumaric acid สูงสุด รองลงมาคือ PWN+0.2% Ascorbic acid และ PWN+No acid ตามลำดับ กลิ่น-รส PWN+0.2% Ascorbic acid สูงสุด รองลงมาคือ PWN+0.2% Fumaric acid และ PWN+No acid ตามลำดับ ความเหนียว PWN+0.2% Fumaric acid สูงสุด รองลงมาคือ PWN+No acid และ PWN+0.2% Ascorbic acid ตามลำดับ และความชอบโดยรวม PWN+0.2% Fumaric acid สูงสุด รองลงมาคือ PWN+No acid และ PWN+0.2% Ascorbic acid ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9)

**ตารางที่ 4.9** คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง (PWN)

| ตัวอย่าง      | คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส <sup>1</sup> |                        |                        |                        |                        |
|---------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|               | สี                                    | ลักษณะปรากฏ            | กลิ่นรส                | ความเหนียว             | ความชอบโดยรวม          |
| PWN+No acid   | 6.65±1.48 <sup>b</sup>                | 6.05±1.30 <sup>b</sup> | 5.48±1.75 <sup>a</sup> | 6.20±1.36 <sup>a</sup> | 6.63±0.87 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2%      | 6.53±1.66 <sup>b</sup>                | 6.15±1.26 <sup>a</sup> | 5.65±1.59 <sup>a</sup> | 6.00±1.45 <sup>a</sup> | 6.25±1.24 <sup>b</sup> |
| Ascorbic acid |                                       |                        |                        |                        |                        |
| PWN+0.2%      | 7.33±1.38 <sup>a</sup>                | 6.35±1.22 <sup>a</sup> | 5.33±1.6 <sup>4a</sup> | 6.25±1.24 <sup>a</sup> | 6.80±0.79 <sup>a</sup> |
| Fumaric acid  |                                       |                        |                        |                        |                        |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7 การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

##### 4.7.1 ผลของการจัดเก็บต่อปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณ TAC ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) เติมกรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณสารแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณสารแอนโทไซยานินใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

**ตารางที่ 4.10** ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                           |                        |                        |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
|                        | 1                                     | 2                         | 3                      | 4                      |
| PWN+No acid            | 126.68±0.59 <sup>c</sup>              | 124.39±0.58 <sup>c</sup>  | 122.4±7.6 <sup>c</sup> | 120.4±5.6 <sup>c</sup> |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 134.79±2.17 <sup>a</sup>              | 131.69±3.31 <sup>a</sup>  | 135.1±3.8 <sup>a</sup> | 130.1±4.8 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 131.71±4.63 <sup>b</sup>              | 128.26±11.70 <sup>b</sup> | 130.0±7.6 <sup>b</sup> | 126.0±2.6 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

##### 4.7.2 ผลของการจัดเก็บต่อปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณ TPC ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) กรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณสารฟีนอลิกอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

**ตารางที่ 4.11** ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                           |                           |                           |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                        | 1                                     | 2                         | 3                         | 4                         |
| PWN+No acid            | 1,226.0±25.2 <sup>c</sup>             | 1,186.7±62.6 <sup>c</sup> | 1,196.0±5.2 <sup>c</sup>  | 1,178.7±23.6 <sup>c</sup> |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 1,580.8±20.9 <sup>a</sup>             | 1,560.4±17.6 <sup>a</sup> | 1,562.8±20.9 <sup>a</sup> | 1,546.4±27.6 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 1,496.6±78.4 <sup>b</sup>             | 1,475.5±54.9 <sup>b</sup> | 1,482.6±78.4 <sup>b</sup> | 1,465.5±34.7 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7.3 ผลของการจัดเก็บต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณ TFC ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) เติมกรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณสารแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12)

**ตารางที่ 4.12** ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                           |                           |                           |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                        | 1                                     | 2                         | 3                         | 4                         |
| PWN+No acid            | 865.8±23.2 <sup>b</sup>               | 828.6±9.2 <sup>b</sup>    | 815.8±33.1 <sup>b</sup>   | 805.8±43.2 <sup>b</sup>   |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 1,302.2±7.8 <sup>a</sup>              | 1,296.1±7.8 <sup>a</sup>  | 1,250.7±37.8 <sup>a</sup> | 1,245.7±27.8 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 1,275.0±49.7 <sup>a</sup>             | 1,252.0±19.1 <sup>a</sup> | 1,241.1±16.4 <sup>a</sup> | 1,231.1±26.5 <sup>a</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7.4 ผลของการจัดเก็บต่อความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณ ABTS-RSA ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) เติมกรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณ ABTS-RSA อย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณ ABTS-RSA ใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

**ตารางที่ 4.13** ความสามารถในการต้านอนุมูล ABTS ของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                           |                           |                            |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                        | 1                                     | 2                         | 3                         | 4                          |
| PWN+No acid            | 1,536.7±18.6 <sup>c</sup>             | 1,516.7±11.6 <sup>c</sup> | 1,562.8±25.1 <sup>b</sup> | 1,5120.8±15.1 <sup>b</sup> |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 1,673.6±28.8 <sup>b</sup>             | 1,653.6±8.9 <sup>b</sup>  | 1,705.5±10.6 <sup>a</sup> | 1,680.5±12.6 <sup>a</sup>  |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 1,767.5±26.1 <sup>a</sup>             | 1,747.5±13.1 <sup>a</sup> | 1,690.3±12.7 <sup>a</sup> | 1,670.3±14.3 <sup>a</sup>  |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7.8 ผลของการจัดเก็บต่อความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชัน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณ FRAB ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) เติมกรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณ FRAB อย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณ FRAB ใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

**ตารางที่ 4.14** ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านออกซิเดชันของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                           |                            |                           |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
|                        | 1                                     | 2                         | 3                          | 4                         |
| PWN+No acid            | 965.8±83.2 <sup>c</sup>               | 932.8±1.9 <sup>c</sup>    | 981.7±139.3 <sup>c</sup>   | 955.8±43.2 <sup>c</sup>   |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 1,602.2±7.8 <sup>a</sup>              | 1,540.6±36.6 <sup>a</sup> | 1,601.8±433.9 <sup>a</sup> | 1,545.7±27.8 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 1,475.0±149.7 <sup>b</sup>            | 1,349.6±9.0 <sup>b</sup>  | 1,442.2±15.8 <sup>b</sup>  | 1,431.1±26.4 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7.9 ผลของการจัดเก็บต่อความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออน

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณ FCA ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) กรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณ FCA อย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณ FCA ใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

**ตารางที่ 4.15** ความสามารถในการจับกับเฟอร์รัสไอออนของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง เมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                        |                        |                        |
|------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                        | 1                                     | 2                      | 3                      | 4                      |
| PWN+No acid            | 301.7±0.8 <sup>c</sup>                | 297.7±0.4 <sup>c</sup> | 276.3±2.3 <sup>c</sup> | 286.3±1.5 <sup>c</sup> |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 320.5±5.8 <sup>a</sup>                | 315.5±1.8 <sup>a</sup> | 313.0±1.9 <sup>a</sup> | 305.0±2.0 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 305.4±1.0 <sup>b</sup>                | 301.4±0.9 <sup>b</sup> | 300.7±1.9 <sup>b</sup> | 297.7±0.9 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7.10 ผลของการจัดเก็บต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) เติมกรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

**ตารางที่ 4.16** ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                     |                     |                     |
|------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                        | 1                                     | 2                   | 3                   | 4                   |
| PWN+No acid            | 109±6 <sup>a</sup>                    | 213±5 <sup>a</sup>  | 293±19 <sup>a</sup> | 855±14 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 43±4 <sup>c</sup>                     | 88±11 <sup>c</sup>  | 215±7 <sup>b</sup>  | 610±21 <sup>c</sup> |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 85±21 <sup>b</sup>                    | 165±42 <sup>b</sup> | 210±0 <sup>b</sup>  | 670±28 <sup>b</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

#### 4.7.11 ผลของการจัดเก็บต่อปริมาณเชื้อราทั้งหมด

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการจัดเก็บที่อุณหภูมิห้องต่อปริมาณเชื้อราทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่ที่ไม่เติมกรด (NPWN) เติมกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 2 (APWN) กรดฟิวมาริกร้อยละ 2 (FPWN) นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่มีการลดลงของปริมาณเชื้อราทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) ในตัวอย่างทั้ง 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ปริมาณเชื้อราทั้งหมดใน APWN มีค่าสูงกว่า APWN และ NPWN ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17)

**ตารางที่ 4.17** ปริมาณเชื้อราทั้งหมดของเส้นบะหมี่จากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงเมื่อจัดเก็บที่อุณหภูมิห้อง นาน 4 สัปดาห์

| ตัวอย่าง               | ระยะการจัดเก็บ (สัปดาห์) <sup>1</sup> |                   |                    |                    |
|------------------------|---------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
|                        | 1                                     | 2                 | 3                  | 4                  |
| PWN+No acid            | 18±4 <sup>a</sup>                     | 37±9 <sup>a</sup> | 56±15 <sup>a</sup> | 70±28 <sup>a</sup> |
| PWN+0.2% Ascorbic acid | 14±1 <sup>b</sup>                     | 28±2 <sup>b</sup> | 48±18 <sup>b</sup> | 50±7 <sup>b</sup>  |
| PWN+0.2% Fumaric acid  | 12±2 <sup>c</sup>                     | 28±2 <sup>b</sup> | 34±13 <sup>c</sup> | 48±11 <sup>c</sup> |

<sup>1</sup> ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )