

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสีย

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสีย (ตารางที่ 3) พบว่ามีปริมาณความชื้นร้อยละ 24.17 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.21 ปริมาณเถ้าร้อยละ 3.74 และมีค่ากลิ่นหืน 0.35 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ / กิโลกรัมตัวอย่าง

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสีย (ตารางที่ 3) พบว่ามีค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $A_w$ ) ร้อยละ 0.84 ทางด้านค่าสีมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 40.57 ค่าสีแดง (a) มีค่าเท่ากับ 5.69 และค่าสีเหลือง (b) มีค่าเท่ากับ 14.42 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำตาลโดนดเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล (วรรณดี ทวีวงศ์, 2546)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสียพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา ไม่พบเจริญในผลิตภัณฑ์เพราะปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (เสาวภา คุปตภากร, 2542)

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมี ทางกายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมดู

องค์ประกอบ	ผลิตภัณฑ์ขนมดู
ทางเคมี	
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	24.17
ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)	0.21
ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	3.74
กลิ่นหืน (มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ / กิโลกรัมตัวอย่าง)	0.35
ทางกายภาพ	
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $A_w$ ) (ร้อยละ)	0.84
ค่าสี L	40.57
a	5.69
b	14.42
ทางจุลินทรีย์	
จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี / กรัมตัวอย่าง)	ไม่พบ
ยีสต์และรา (โคโลนี / กรัมตัวอย่าง)	ไม่พบ

## 2. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสีย

### 2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

#### ก. ความชื้น

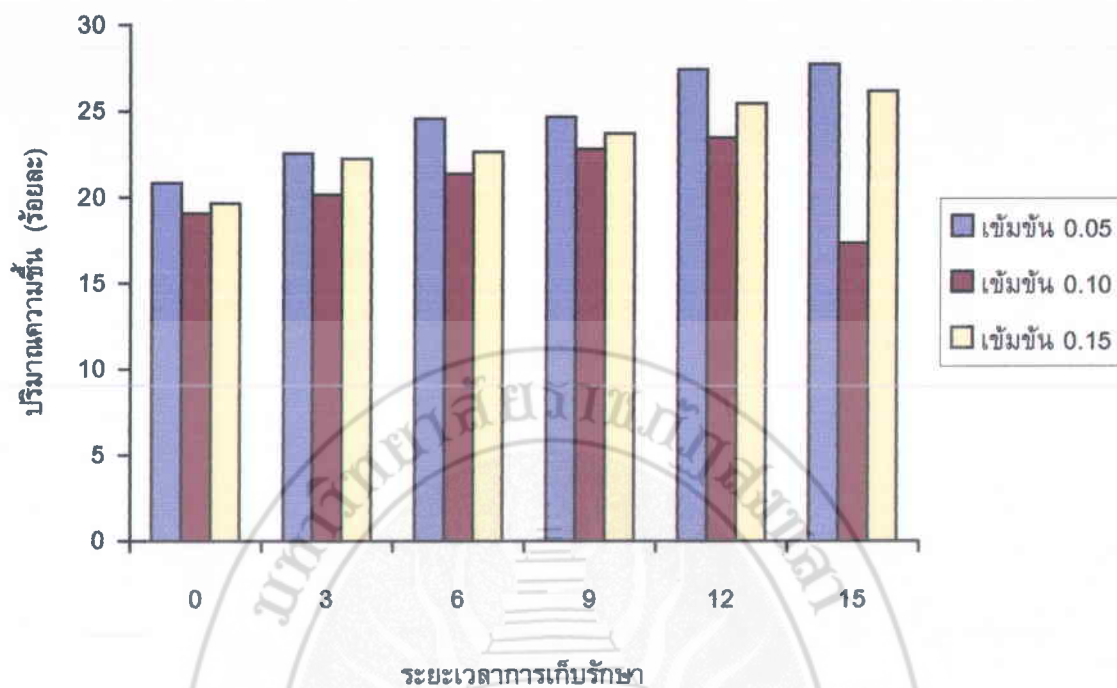
ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความชื้น**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	20.82 <sup>c</sup>	22.53 <sup>b</sup>	24.57 <sup>b</sup>	24.66 <sup>c</sup>	27.41 <sup>c</sup>	27.71 <sup>ab</sup>
	0.10	19.05 <sup>d</sup>	20.14 <sup>c</sup>	21.37 <sup>d</sup>	22.79 <sup>d</sup>	23.43 <sup>e</sup>	17.29 <sup>d</sup>
	0.15	19.66 <sup>d</sup>	22.23 <sup>b</sup>	22.62 <sup>c</sup>	23.67 <sup>cd</sup>	25.42 <sup>d</sup>	26.12 <sup>bc</sup>
กรดโพทิโอนิก	0.15	25.36 <sup>a</sup>	25.98 <sup>a</sup>	26.83 <sup>a</sup>	29.01 <sup>a</sup>	29.64 <sup>a</sup>	30.16 <sup>cd</sup>
	0.20	24.54 <sup>ab</sup>	25.70 <sup>a</sup>	26.59 <sup>a</sup>	27.63 <sup>b</sup>	29.70 <sup>a</sup>	30.66 <sup>e</sup>
	0.25	19.12 <sup>d</sup>	19.70 <sup>c</sup>	21.31 <sup>b</sup>	21.51 <sup>e</sup>	22.73 <sup>e</sup>	23.53 <sup>c</sup>

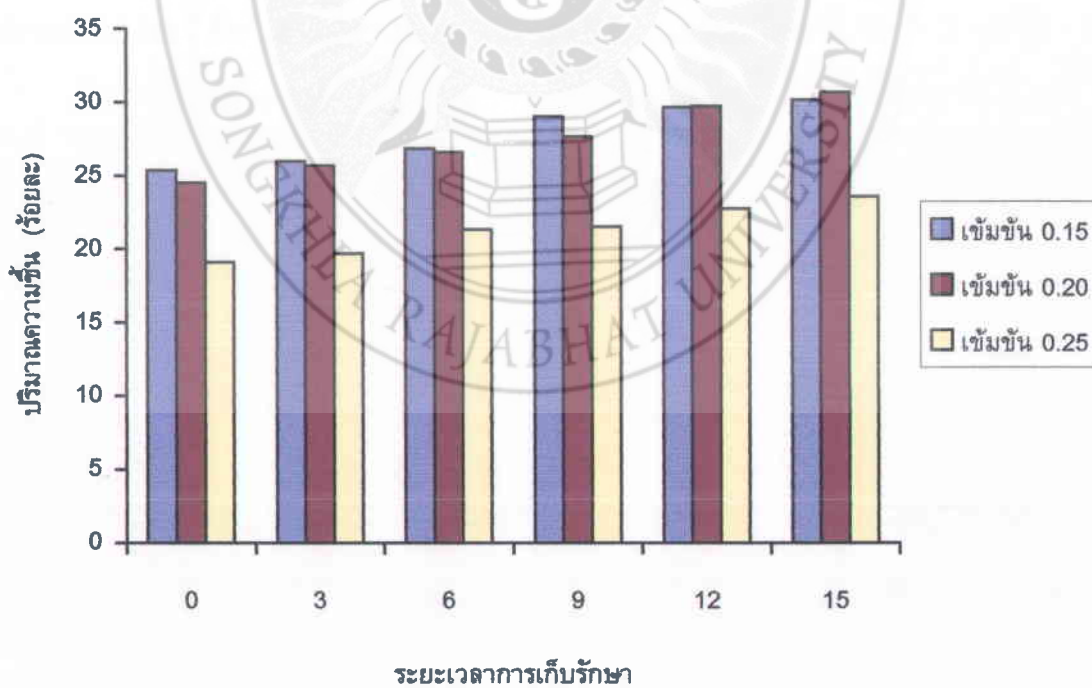
\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

ในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณความชื้น (ตารางที่ 4) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางผนวก จ.1 – จ.6) คือปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 และร้อยละ 0.15 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 มีความชื้นลดลงในช่วงวันที่ 15 (ดังภาพที่ 2) เนื่องจากจุลินทรีย์นำปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโต (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2538) ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพทิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 3) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ดังภาพที่ 2,3



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกรดโพธิ์โอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ข. ปริมาณไขมัน

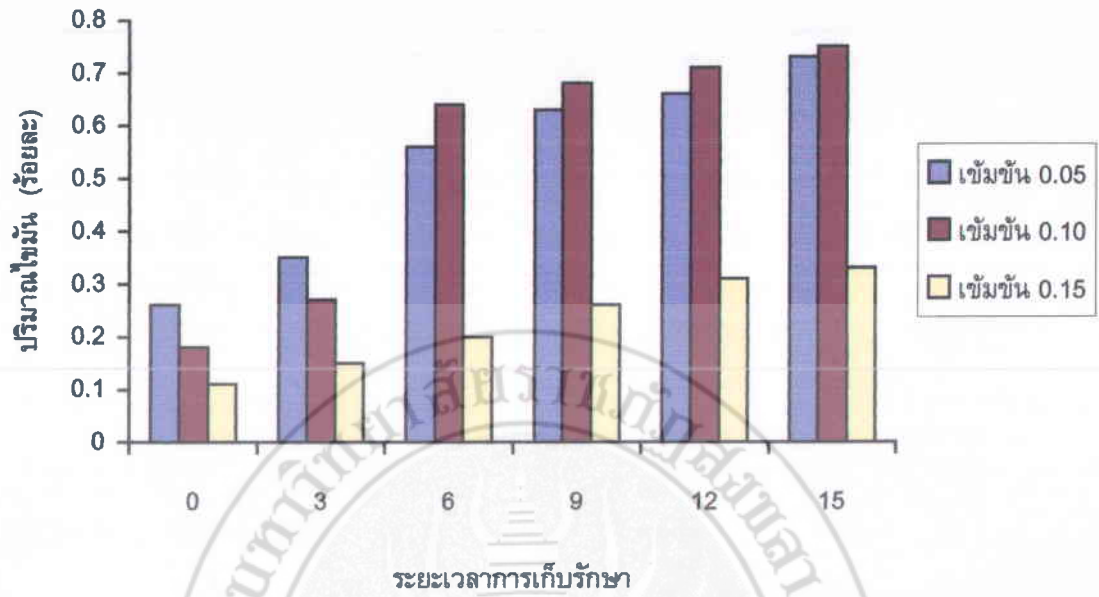
ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ไขมัน**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	0.26 <sup>a</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.66 <sup>b</sup>	0.73 <sup>a</sup>
	0.10	0.18 <sup>b</sup>	0.27 <sup>bc</sup>	0.64 <sup>a</sup>	0.68 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>
	0.15	0.11 <sup>c</sup>	0.15 <sup>d</sup>	0.20 <sup>e</sup>	0.26 <sup>f</sup>	0.31 <sup>e</sup>	0.33 <sup>d</sup>
กรดโพรพิโอนิก	0.15	0.14 <sup>c</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.32 <sup>d</sup>	0.34 <sup>e</sup>	0.36 <sup>d</sup>	0.40 <sup>c</sup>
	0.20	0.26 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.42 <sup>c</sup>	0.48 <sup>c</sup>	0.49 <sup>c</sup>	0.53 <sup>b</sup>
	0.25	0.28 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.41 <sup>c</sup>	0.42 <sup>d</sup>	0.48 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>

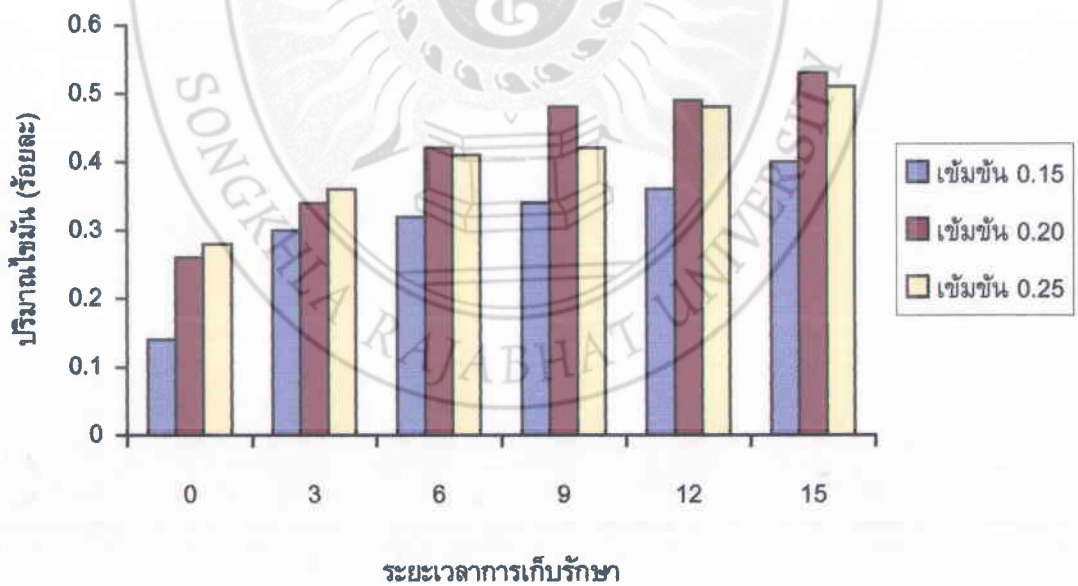
\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสีย เป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณไขมัน (ตารางที่ 5) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก จ.1 – จ.6) คือปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 4) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 5) เนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี โดยไขมันเกิดการย่อยสลาย ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืน (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2522)



ภาพที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันของกรดโพรฟิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

## ค. ปริมาณเถา

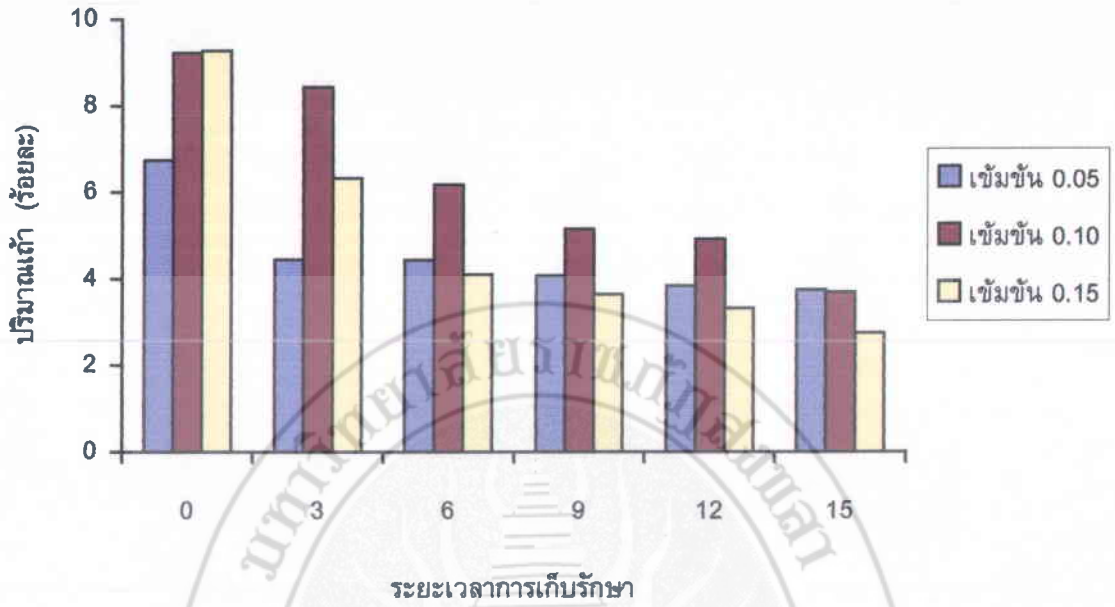
ตารางที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถาของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	เถา**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	6.73 <sup>b</sup>	4.44 <sup>e</sup>	4.42 <sup>b</sup>	4.07 <sup>b</sup>	3.83 <sup>c</sup>	3.73 <sup>a</sup>
	0.10	9.22 <sup>a</sup>	8.42 <sup>a</sup>	6.16 <sup>a</sup>	5.14 <sup>a</sup>	4.91 <sup>a</sup>	3.68 <sup>a</sup>
	0.15	9.27 <sup>a</sup>	6.32 <sup>b</sup>	4.10 <sup>c</sup>	3.64 <sup>d</sup>	3.31 <sup>e</sup>	2.73 <sup>d</sup>
กรดโพธิโอนิก	0.15	6.37 <sup>b</sup>	4.91 <sup>d</sup>	2.55 <sup>d</sup>	2.36 <sup>e</sup>	1.94 <sup>g</sup>	1.53 <sup>f</sup>
	0.20	6.05 <sup>bc</sup>	4.17 <sup>f</sup>	4.14 <sup>c</sup>	4.04 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>	3.53 <sup>b</sup>
	0.25	5.34 <sup>c</sup>	5.28 <sup>c</sup>	4.37 <sup>b</sup>	3.92 <sup>c</sup>	3.42 <sup>d</sup>	2.93 <sup>c</sup>

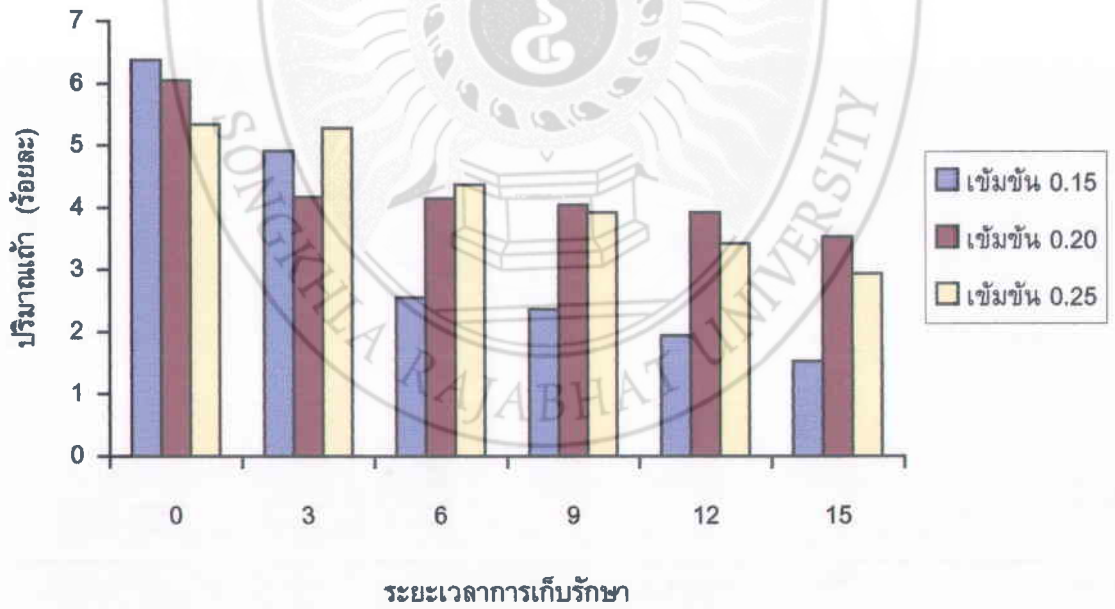
\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

ในการวิเคราะห์ปริมาณเถาในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณเถา (ตารางที่ 6) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก ฉ.1 – ฉ.6) คือปริมาณเถาของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 6) มีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพธิโอนิกระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 7) เนื่องจากจุลินทรีย์นำแร่ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์นั้นไปใช้ในการเจริญเติบโต (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) จึงส่งผลให้ปริมาณเถาลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของกรดซอร์บิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำของกรดโพรฟิโอนิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

## ง. กลิ่นหืน

ตารางที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

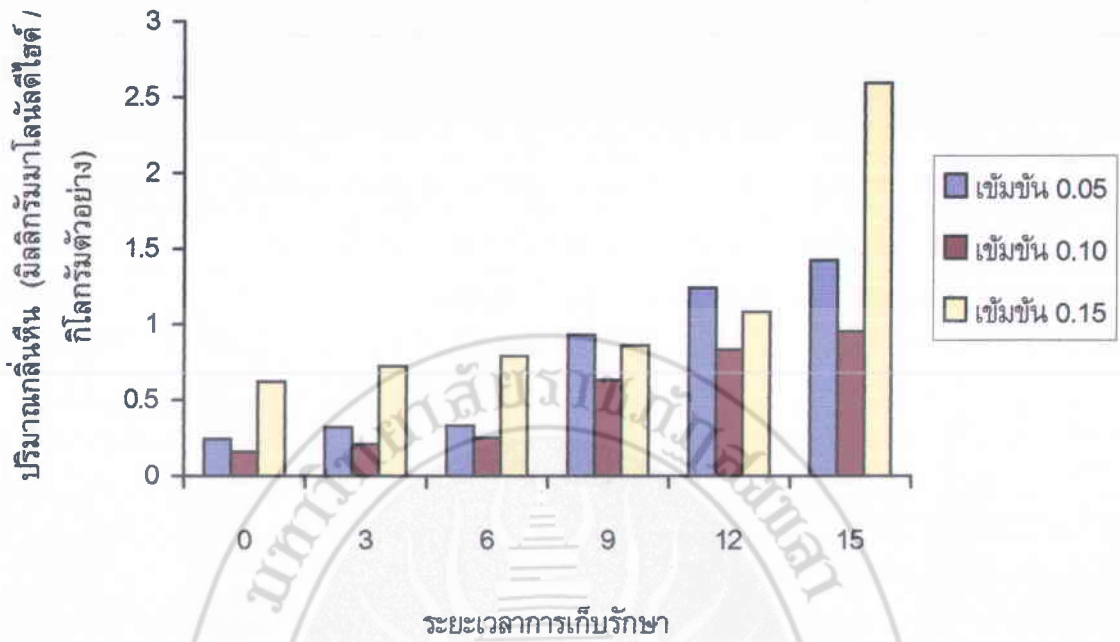
ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	กลิ่นหืน**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	0.24 <sup>b</sup>	0.32 <sup>bcd</sup>	0.33 <sup>bc</sup>	0.93 <sup>ab</sup>	1.24 <sup>a</sup>	1.42 <sup>c</sup>
	0.10	0.16 <sup>b</sup>	0.21 <sup>cd</sup>	0.25 <sup>bc</sup>	0.63 <sup>cd</sup>	0.83 <sup>b</sup>	0.95 <sup>d</sup>
	0.15	0.62 <sup>a</sup>	0.72 <sup>a</sup>	0.79 <sup>a</sup>	0.86 <sup>abc</sup>	1.08 <sup>a</sup>	2.59 <sup>a</sup>
กรดโพรพิโอนิก	0.15	0.07 <sup>b</sup>	0.12 <sup>cd</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.69 <sup>bcd</sup>	0.80 <sup>b</sup>	1.05 <sup>d</sup>
	0.20	0.55 <sup>a</sup>	0.62 <sup>ab</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	1.08 <sup>a</sup>	1.91 <sup>b</sup>
	0.25	0.06 <sup>b</sup>	0.10 <sup>d</sup>	0.11 <sup>c</sup>	0.60 <sup>d</sup>	0.77 <sup>b</sup>	0.96 <sup>d</sup>

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

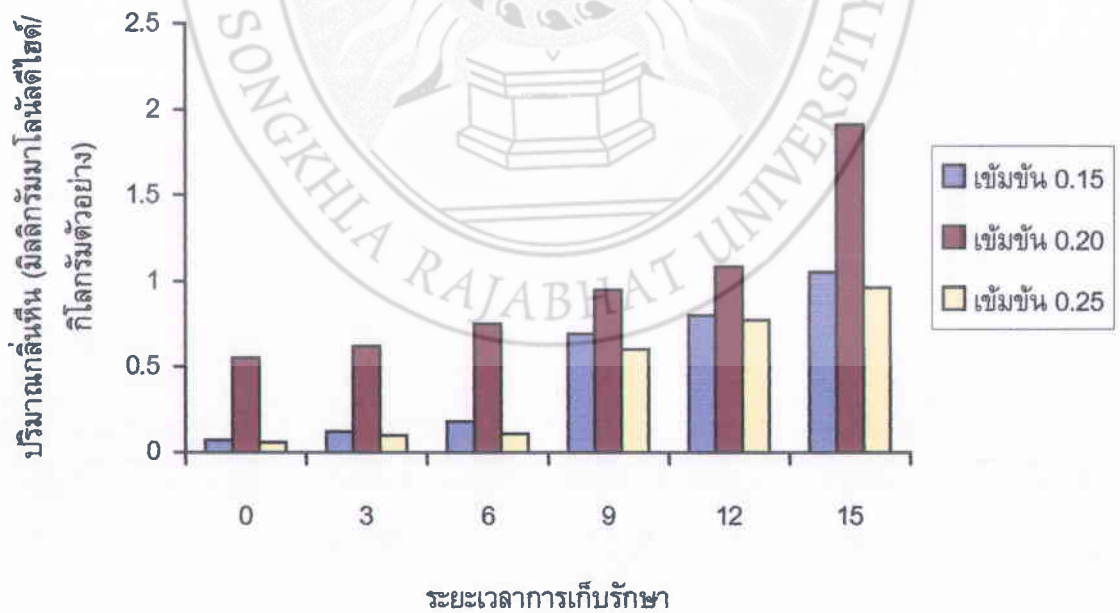
a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

ในการวิเคราะห์กลิ่นหืนในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่ากลิ่นหืน (ตารางที่ 7) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก ฉ.1 – ฉ.6) คือกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 8) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 9) เนื่องจากปริมาณไขมันเกิดการย่อยสลาย ส่งผลให้เมื่อไขมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่มีอยู่ในอาหาร จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเหม็นหืน (คณะกรรมการกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารและโภชนาการ, 2539)





ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลีโคลินของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลีโคลินของกรดโพธิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

## 2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสีย

### ก. ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw)

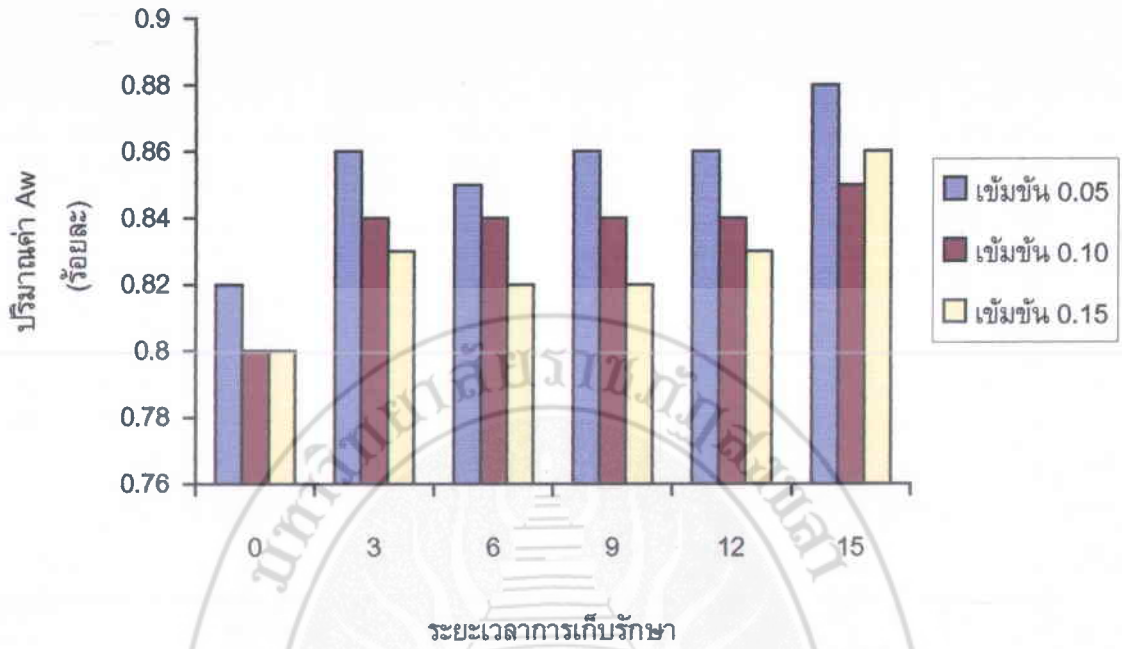
ตารางที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Aw)**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	0.82 <sup>c</sup>	0.86 <sup>b</sup>	0.85 <sup>b</sup>	0.86 <sup>b</sup>	0.86 <sup>c</sup>	0.88 <sup>a</sup>
	0.10	0.80 <sup>e</sup>	0.84 <sup>d</sup>	0.84 <sup>c</sup>	0.84 <sup>d</sup>	0.84 <sup>e</sup>	0.85 <sup>e</sup>
	0.15	0.80 <sup>e</sup>	0.83 <sup>e</sup>	0.82 <sup>e</sup>	0.82 <sup>f</sup>	0.83 <sup>f</sup>	0.86 <sup>d</sup>
กรดโพรพิโอนิก	0.15	0.83 <sup>b</sup>	0.85 <sup>c</sup>	0.84 <sup>c</sup>	0.85 <sup>c</sup>	0.85 <sup>d</sup>	0.87 <sup>b</sup>
	0.20	0.81 <sup>d</sup>	0.82 <sup>f</sup>	0.83 <sup>d</sup>	0.83 <sup>e</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.86 <sup>c</sup>
	0.25	0.78 <sup>f</sup>	0.79 <sup>g</sup>	0.78 <sup>f</sup>	0.81 <sup>g</sup>	0.82 <sup>g</sup>	0.84 <sup>f</sup>

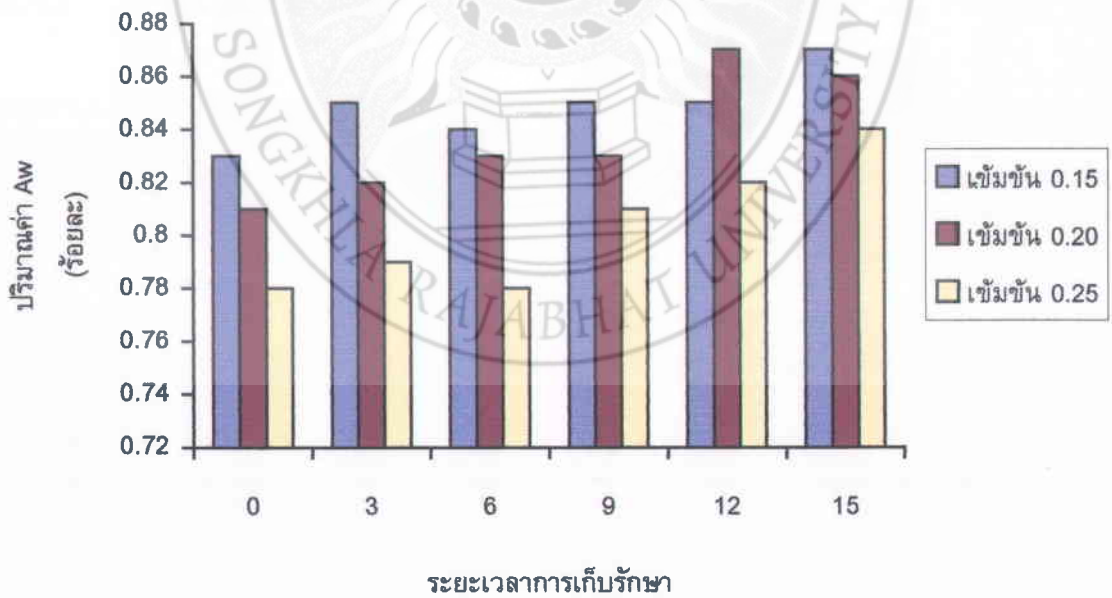
\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P < 0.01)

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.01)

ในการวิเคราะห์คุณภาพค่า Aw ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าค่า Aw (ตารางที่ 8) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก ฉ.7 – ฉ.12) คือค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 10) มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และจะมีปริมาณลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนกรดโพรพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และจะมีปริมาณลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นมีความชื้นเพิ่มขึ้น ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.20 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.25 มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 3 ของการเก็บรักษาและจะมีปริมาณลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) ซึ่งเชื้อราส่วนใหญ่จะถูกยับยั้งการเจริญ เมื่อค่า Aw ต่ำกว่า 0.7 ส่วนยีสต์จะถูกยับยั้งการเจริญ เมื่อค่า Aw ต่ำกว่า 0.8 (วิลโลว์ รังสาทอง, 2545)



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอเวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw) ของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอเวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw) ของกรดโพรพิโอนิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

๑  
641.๑6  
ก37ก

## ข. ค่าสี

ตารางที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

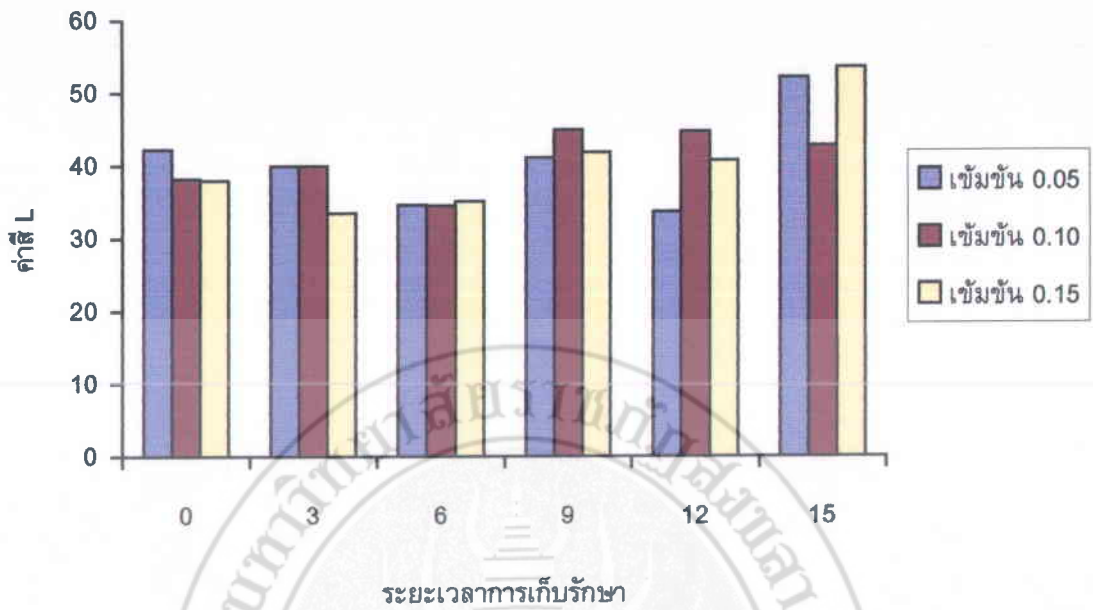
ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าความสว่าง (L)**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	42.25 <sup>a</sup>	39.89 <sup>b</sup>	34.56 <sup>d</sup>	41.05 <sup>d</sup>	33.66 <sup>g</sup>	52.05 <sup>e</sup>
	0.10	38.18 <sup>cd</sup>	39.90 <sup>b</sup>	34.54 <sup>c</sup>	44.87 <sup>b</sup>	44.63 <sup>a</sup>	42.68 <sup>d</sup>
	0.15	37.91 <sup>de</sup>	33.46 <sup>f</sup>	35.11 <sup>c</sup>	41.75 <sup>cd</sup>	40.64 <sup>d</sup>	53.43 <sup>a</sup>
กรดโพรพิโอนิก	0.15	36.46 <sup>f</sup>	34.89 <sup>e</sup>	40.10 <sup>a</sup>	47.10 <sup>a</sup>	37.91 <sup>f</sup>	47.23 <sup>c</sup>
	0.20	38.75 <sup>c</sup>	36.46 <sup>d</sup>	25.74 <sup>e</sup>	41.83 <sup>c</sup>	38.43 <sup>e</sup>	42.35 <sup>de</sup>
	0.25	37.46 <sup>e</sup>	39.42 <sup>c</sup>	35.40 <sup>bc</sup>	41.42 <sup>cd</sup>	42.44 <sup>b</sup>	38.48 <sup>f</sup>

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

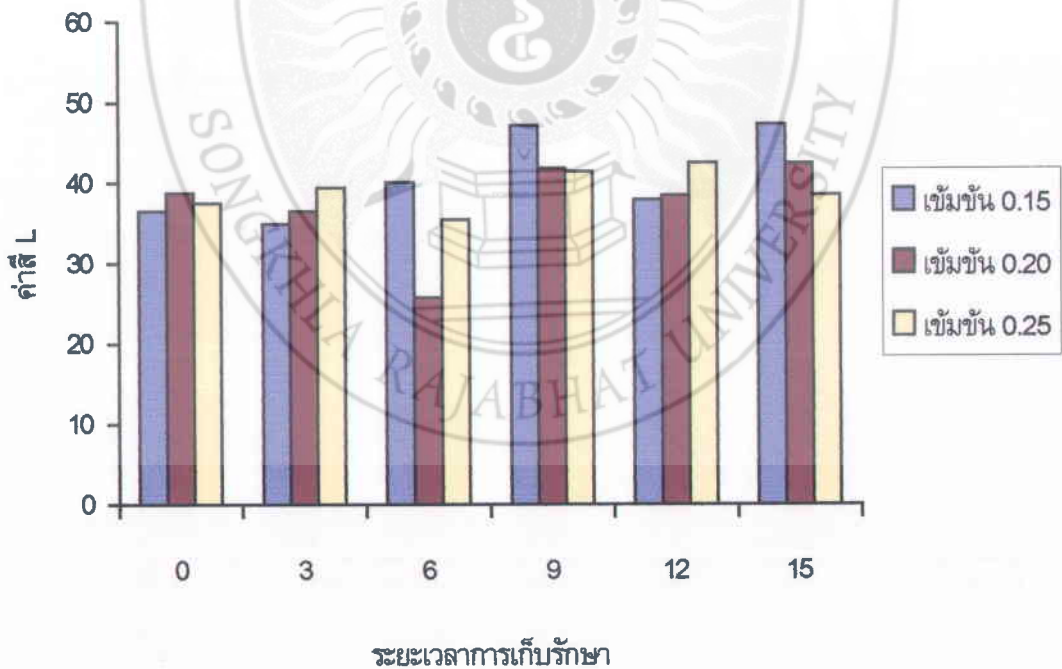
a-f อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

L คือ ค่าความสว่างของสี ซึ่งมีค่าจาก 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)

ในการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าค่าความสว่าง (L) (ตารางที่ 9) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก ฉ.7- ฉ.12) คือค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 12) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมดิไซมันที่มีอยู่ในส่วนผสมเกิดการสะท้อนแสงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมดูมีสีขาวและสว่างมากขึ้น (รุ่งนภา ประกอบกิจ, 2538) และผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 13) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L) ของกรดซอร์บิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L) ของกรดไพรูวิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ตารางที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าสีแดง (a)**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	5.11 <sup>e</sup>	5.29 <sup>d</sup>	7.00 <sup>d</sup>	7.09 <sup>b</sup>	5.11 <sup>e</sup>	6.57 <sup>d</sup>
	0.10	4.78 <sup>d</sup>	4.51 <sup>e</sup>	6.54 <sup>b</sup>	6.05 <sup>bc</sup>	6.53 <sup>b</sup>	7.00 <sup>a</sup>
	0.15	5.48 <sup>a</sup>	6.14 <sup>b</sup>	6.31 <sup>a</sup>	4.58 <sup>a</sup>	4.00 <sup>c</sup>	5.44 <sup>c</sup>
กรดโพธิ์โอนิค	0.15	4.80 <sup>a</sup>	4.69 <sup>c</sup>	5.65 <sup>e</sup>	4.38 <sup>d</sup>	4.32 <sup>a</sup>	4.79 <sup>b</sup>
	0.20	2.80 <sup>de</sup>	5.10 <sup>b</sup>	4.94 <sup>f</sup>	6.31 <sup>d</sup>	4.90 <sup>c</sup>	4.28 <sup>b</sup>
	0.25	0.93 <sup>b</sup>	6.75 <sup>a</sup>	2.49 <sup>d</sup>	4.44 <sup>b</sup>	4.71 <sup>d</sup>	4.32 <sup>b</sup>

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

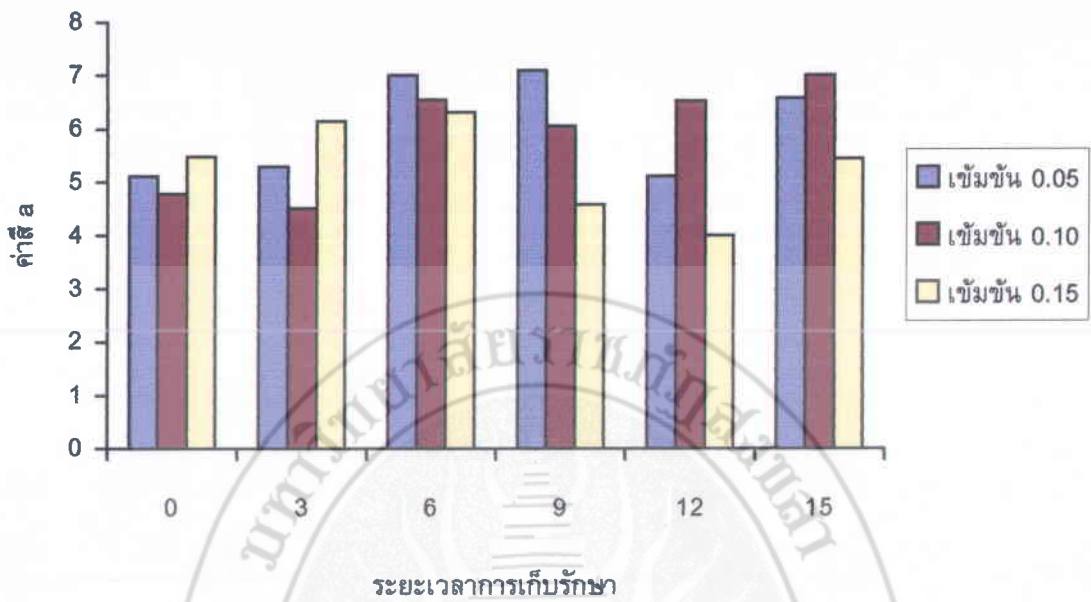
a-f อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง

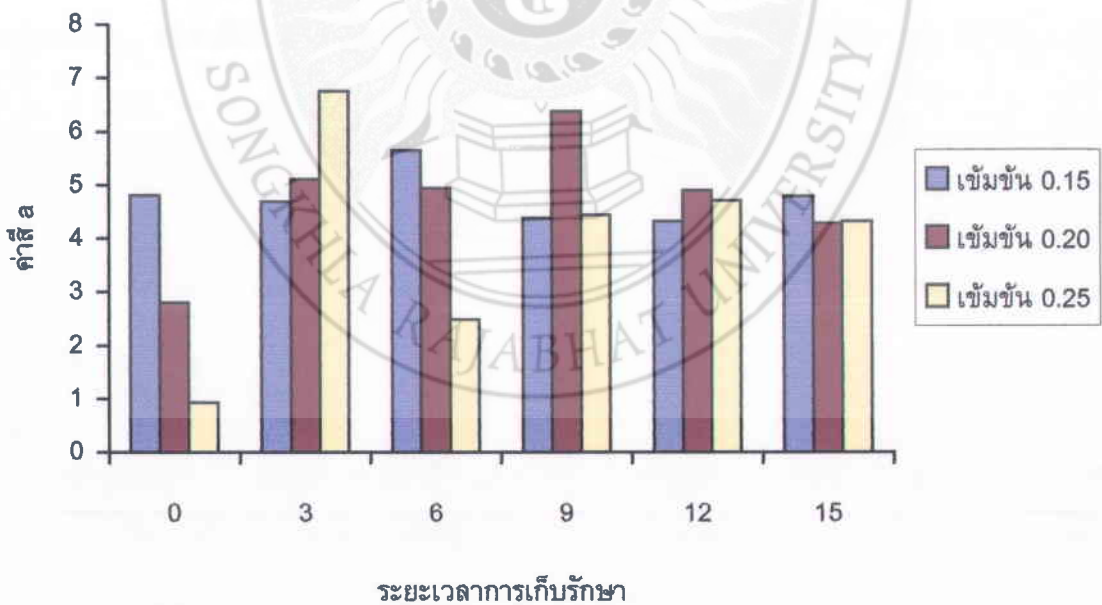
a + แสดงถึงความเป็นสีแดง

a - แสดงถึงความเป็นสีเขียว

ในการวิเคราะห์ค่าสีแดง (a) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่า ค่าสีแดง (a) (ตารางที่ 10) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก ฉ.7 – ฉ.12) คือค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 14) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพธิ์โอนิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 15) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในโทนน้ำตาลแดง



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a) ของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a) ของกรดโพธิ์โอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ตารางที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าสีเหลือง (b)**					
		ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิก	0.05	13.25 <sup>d</sup>	12.33 <sup>c</sup>	15.70 <sup>c</sup>	16.24 <sup>a</sup>	12.53 <sup>cd</sup>	14.57 <sup>b</sup>
	0.10	13.24 <sup>e</sup>	11.02 <sup>e</sup>	14.21 <sup>a</sup>	14.19 <sup>c</sup>	13.39 <sup>a</sup>	16.43 <sup>a</sup>
	0.15	15.85 <sup>b</sup>	16.61 <sup>b</sup>	16.29 <sup>b</sup>	13.97 <sup>b</sup>	10.58 <sup>c</sup>	13.79 <sup>c</sup>
กรดโพรพิโอนิก	0.15	17.15 <sup>a</sup>	14.04 <sup>b</sup>	15.38 <sup>d</sup>	14.06 <sup>c</sup>	13.46 <sup>ab</sup>	12.34 <sup>b</sup>
	0.20	12.49 <sup>e</sup>	15.66 <sup>c</sup>	12.63 <sup>e</sup>	14.84 <sup>d</sup>	11.33 <sup>d</sup>	12.38 <sup>c</sup>
	0.25	13.99 <sup>c</sup>	20.42 <sup>a</sup>	13.59 <sup>d</sup>	13.91 <sup>e</sup>	13.50 <sup>cd</sup>	11.52 <sup>e</sup>

\*\* มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ( $P < 0.01$ )

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

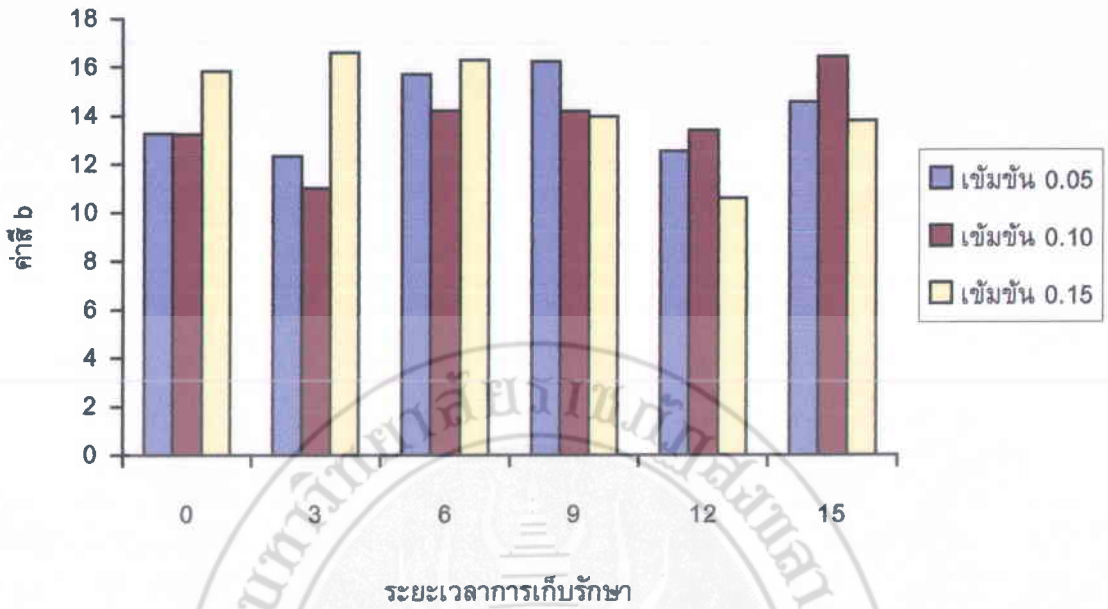
b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงิน และสีเหลือง

b + แสดงถึงความเป็นสีเหลือง

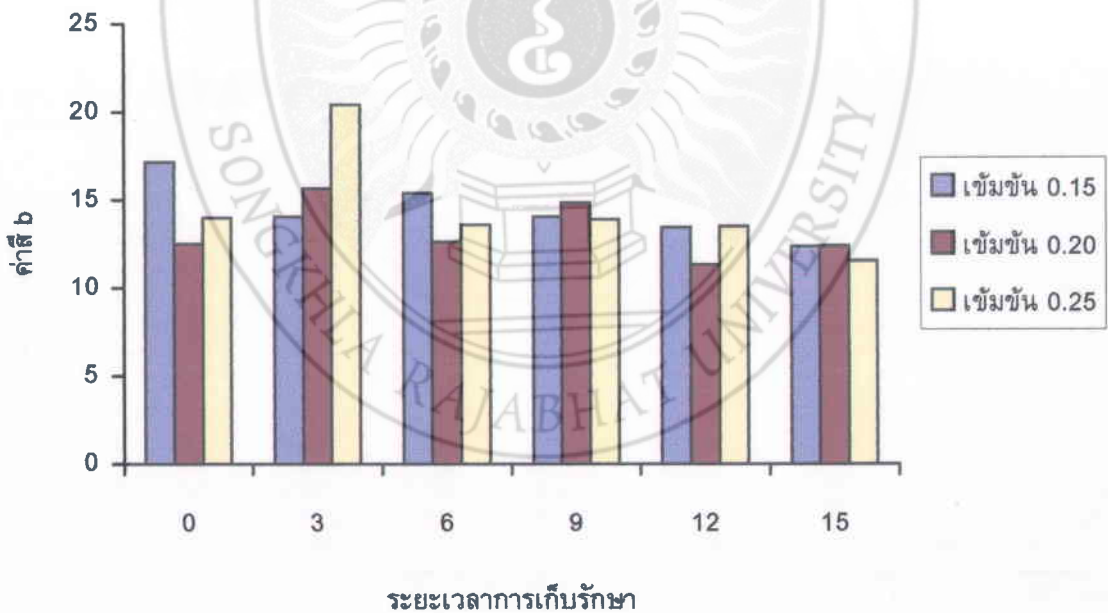
b - แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

ในการวิเคราะห์ค่าสีเหลือง (b) ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าค่าสีเหลือง (b) (ตารางที่ 11) มีความแตกต่างในทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) (ตารางภาคผนวก จ.7 – จ.12) คือค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 16) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 17) มีแนวโน้มลดลง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น (รุ่งนภา ประกอบกิจ, 2538)





ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี่เหลี่ยม (b) ของกรดซอร์บิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี่เหลี่ยม (b) ของกรดโพรพิโอนิกกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ตารางที่ 12 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บใน อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน (ต่อ)

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณ เชื้อจาง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) (วันที่)					
			0	3	6	9	12	15
กรดโพธิโอนิค	0.15	$10^3$	< 30	< 30	35	53	> 300	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
	0.20	$10^3$	< 30	< 30	< 30	44	> 300	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	45	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
	0.25	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนยีสต์และรา (โคโลนี/กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บใน อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณ เชื้อจาง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) (วันที่)					
			0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิค	0.05	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
	0.10	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	100
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
	0.15	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	100	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	120

ตารางที่ 13 แสดงจำนวนยีสต์และรา (โคโลนี/กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บใน อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน (ต่อ)

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณ เชื้อจาง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) (วันที่)					
			0	3	6	9	12	15
กรดโพรพิโอนิก	0.15	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	100
	0.20	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
	0.25	$10^3$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	> 300
		$10^4$	< 30	< 30	< 30	< 30	35	> 300
		$10^5$	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	32

#### 4. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมสารกันเสีย 2 ชนิด คือ กรดซอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05, 0.10 และ 0.15 และกรดโพรพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15, 0.20 และ 0.25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้แบบทดสอบความชอบรวม (Hedonic scaling) (ไพโรจน์ วิริยจारी, 2535) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ SPSS (Statistical Package for Social Science) ได้คะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ สี และความชอบรวม (ดังตารางที่ 14) โดยให้คะแนน 7 คะแนน คือ คะแนนที่ 1 คือ ไม่ชอบน้อยที่สุดถึง 7 คือชอบมากที่สุด

ตารางที่ 14 คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Scaling ของผลิตภัณฑ์ขนมดู

ชนิดของ สารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	คะแนนการยอมรับ				ลักษณะ ความชอบ รวม <sup>ns</sup>
		ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	กลิ่นรส <sup>ns</sup>	รสชาติ <sup>ns</sup>	สี <sup>ns</sup>	
กรดซอร์บิก	0.05	2.8 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	3.3 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>
	0.10	2.9 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>a</sup>
	0.15	2.4 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>a</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>a</sup>
กรดโพรพิโอนิก	0.15	2.4 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.5 <sup>b</sup>	2.5 <sup>b</sup>	2.8 <sup>a</sup>
	0.20	2.7 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>
	0.25	3.1 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>a</sup>

ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ )

a-b ตัวอักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ )

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมผลิตภัณฑ์ขนมดูที่มีการเติมสารกันเสียทั้ง 6 ตัวอย่าง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ สี และลักษณะความชอบรวม ( $P > 0.05$ ) (ตารางที่ 14) เนื่องจากลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ สี และลักษณะความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ขนมดูมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก จึงทำให้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่สามารถแยกความแตกต่างคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ เป็นผลให้ชนิดและระดับของสารกันเสียที่ใช้ไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดู