ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสีย

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

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสีย (ตารางที่ 3) พบว่ามีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) ร้อยละ 0.84 ทางด้านค่าสีมีค่าความสว่าง (L) เท่ากับ 40.57 ค่าสีแดง (a) มีค่าเท่ากับ 5.69 และค่าสีเหลือง (b) มีค่าเท่ากับ 14.42 ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล เนื่องจากองค์ประกอบของน้ำตาลโตนดเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชั่น ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล (วรรณดี ทวีวงศ์, 2546)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ขนมดูก่อนเติมสารกันเสียพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา ไม่พบเจริญในผลิตภัณฑ์เพราะปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคติวิตี้อยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ (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	
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) (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

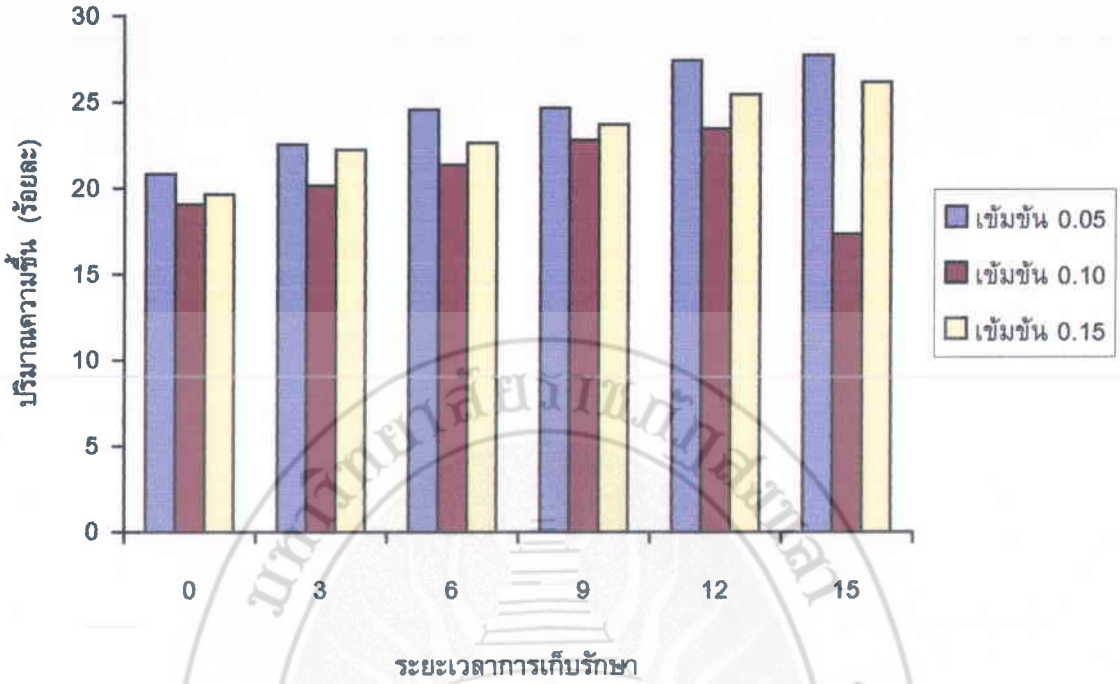
ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

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

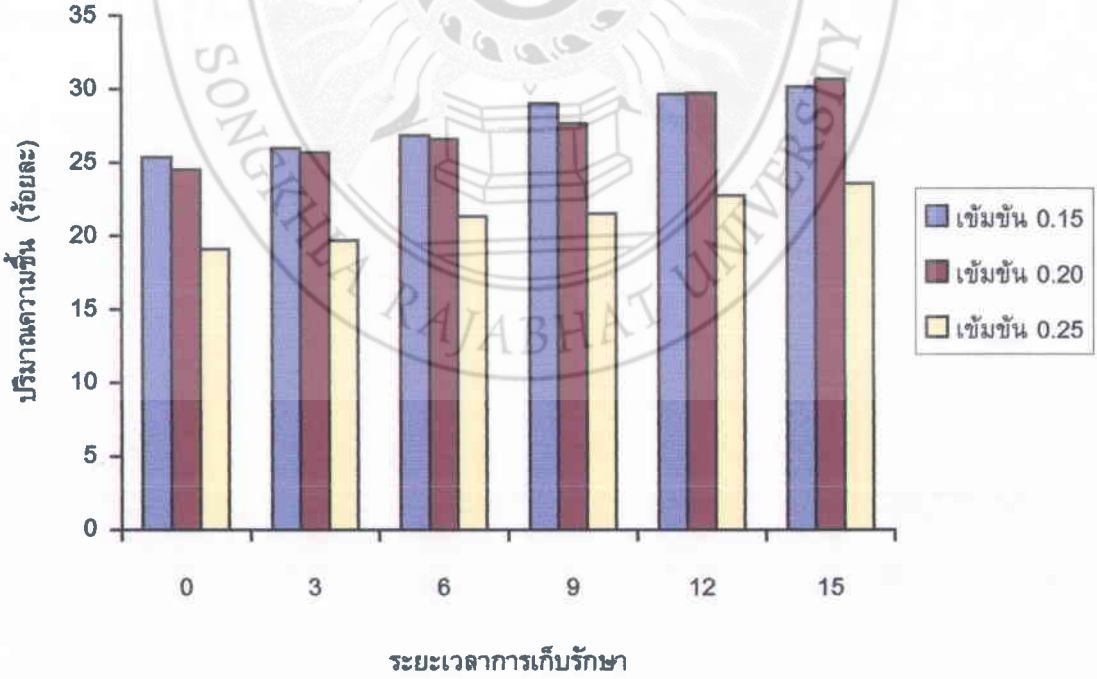
** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

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



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ข. ปริมาณไขมัน

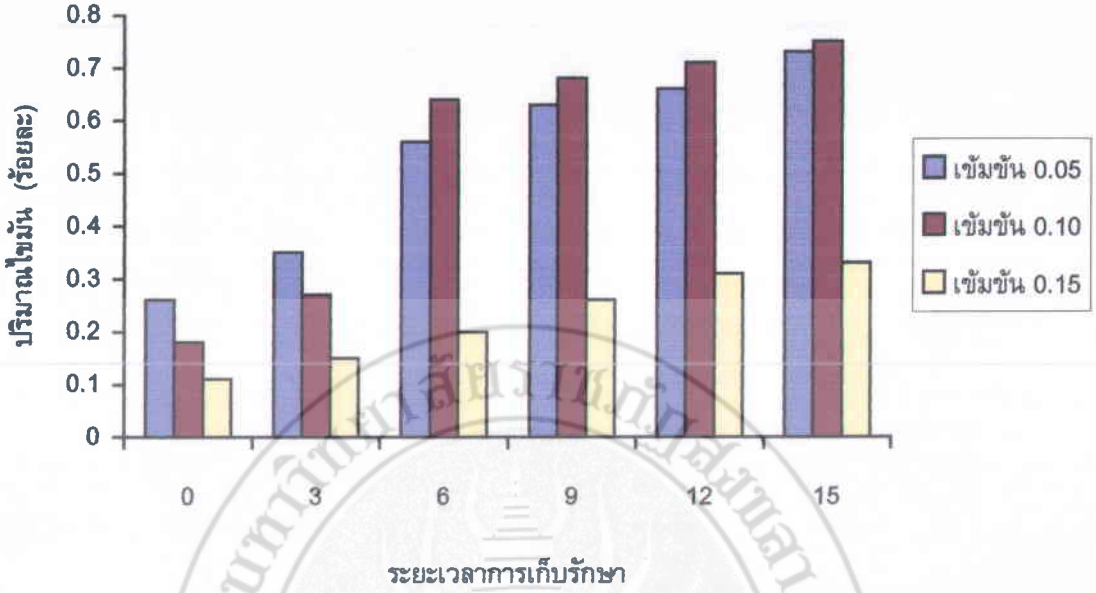
ตารางที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

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

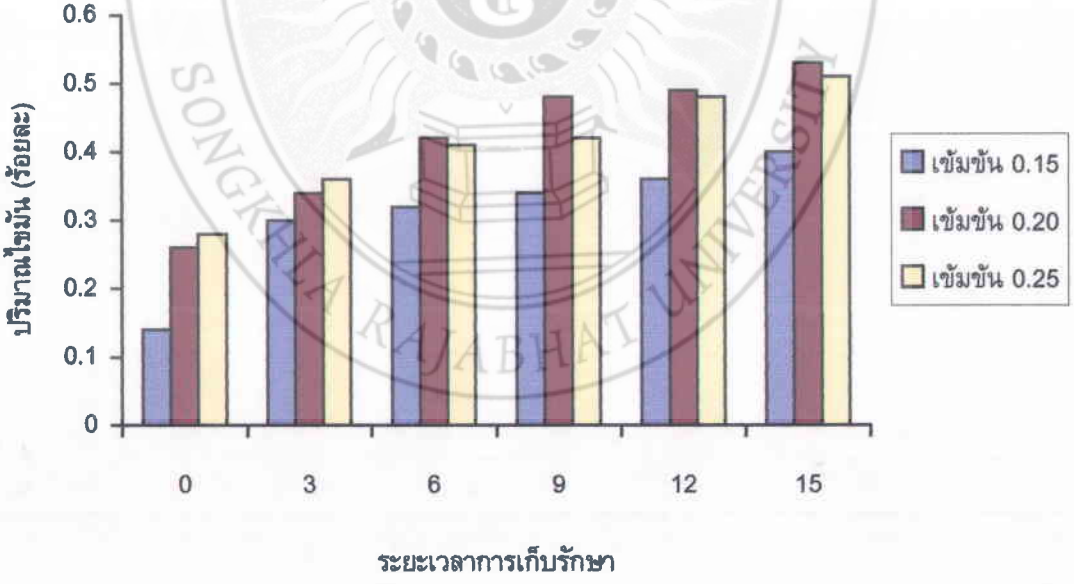
** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสีย เป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณไขมัน (ตารางที่ 5) มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางภาคผนวก ฉ.1 – ฉ.6) คือปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 4) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 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 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไขมันของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ค. ปริมาณเถ้า

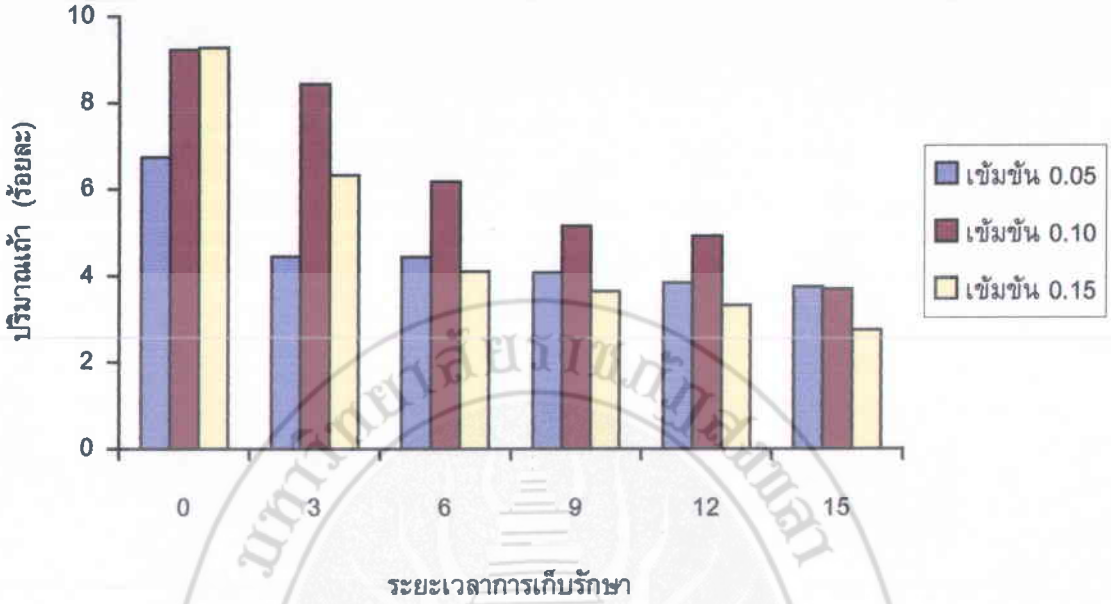
ตารางที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

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

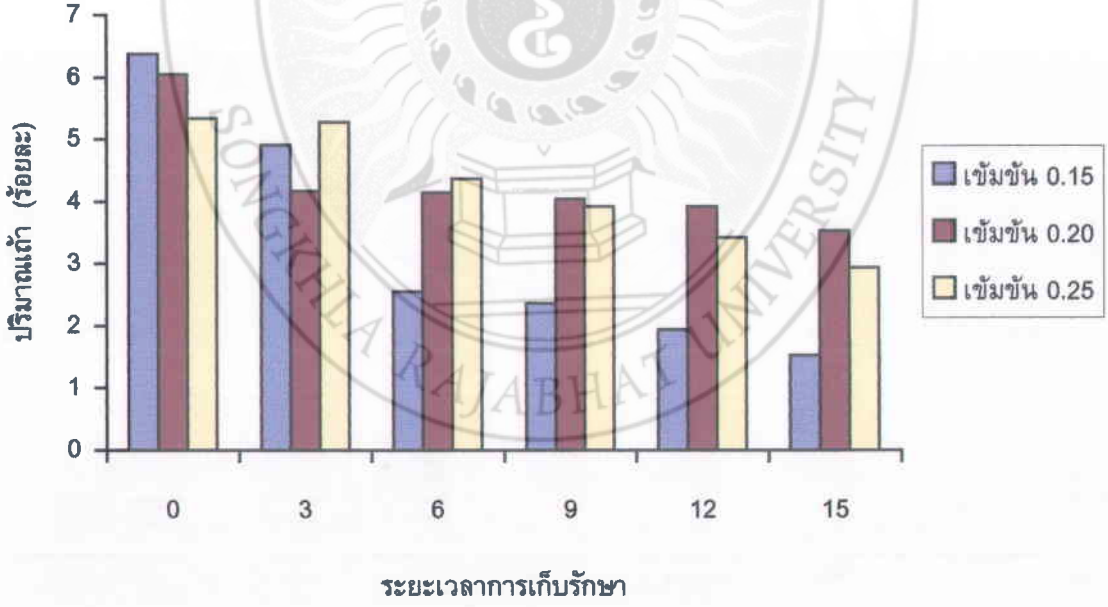
** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

ในการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าปริมาณเถ้า (ตารางที่ 6) มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางภาคผนวก ฉ.1 – ฉ.6) คือปริมาณเถ้าของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 6) มีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิคระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 7) เนื่องจากจุลินทรีย์นำแร่ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์นั้นไปใช้ในการเจริญเติบโต (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) จึงส่งผลให้ปริมาณเถ้าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้าของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเถ้าของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ง. กลิ่นหืน

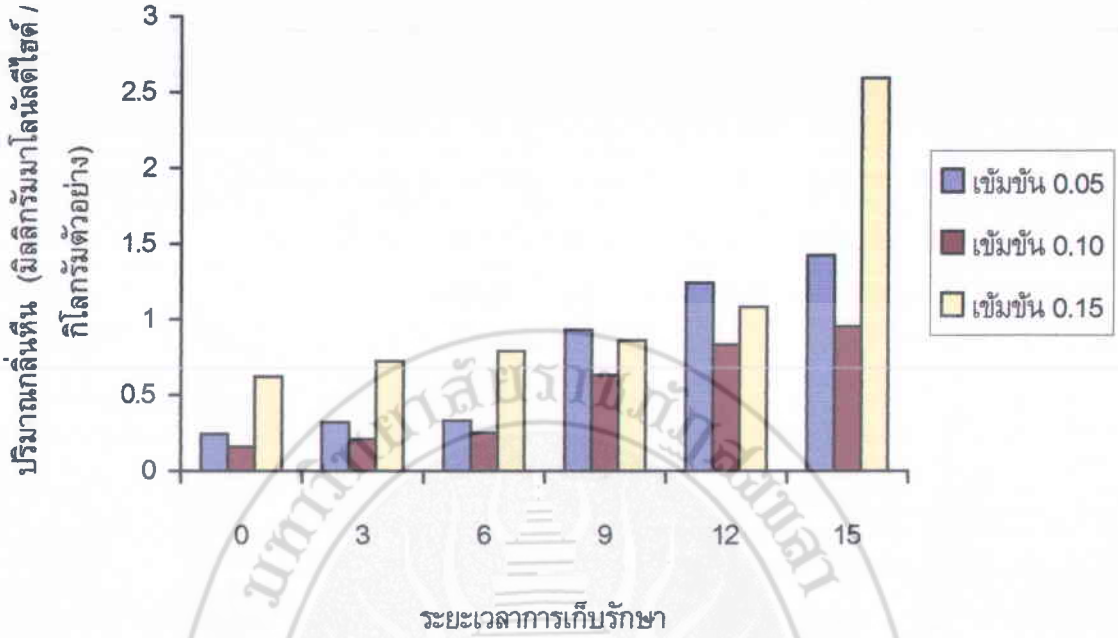
ตารางที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

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

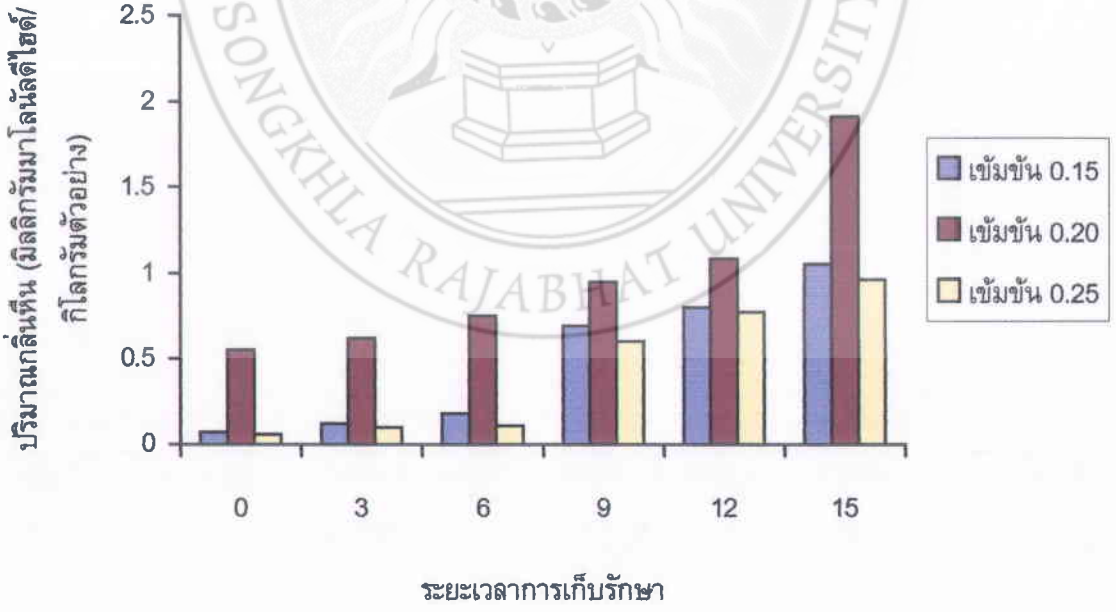
** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

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



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นหืนของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นหืนของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสีย

ก. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw)

ตารางที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

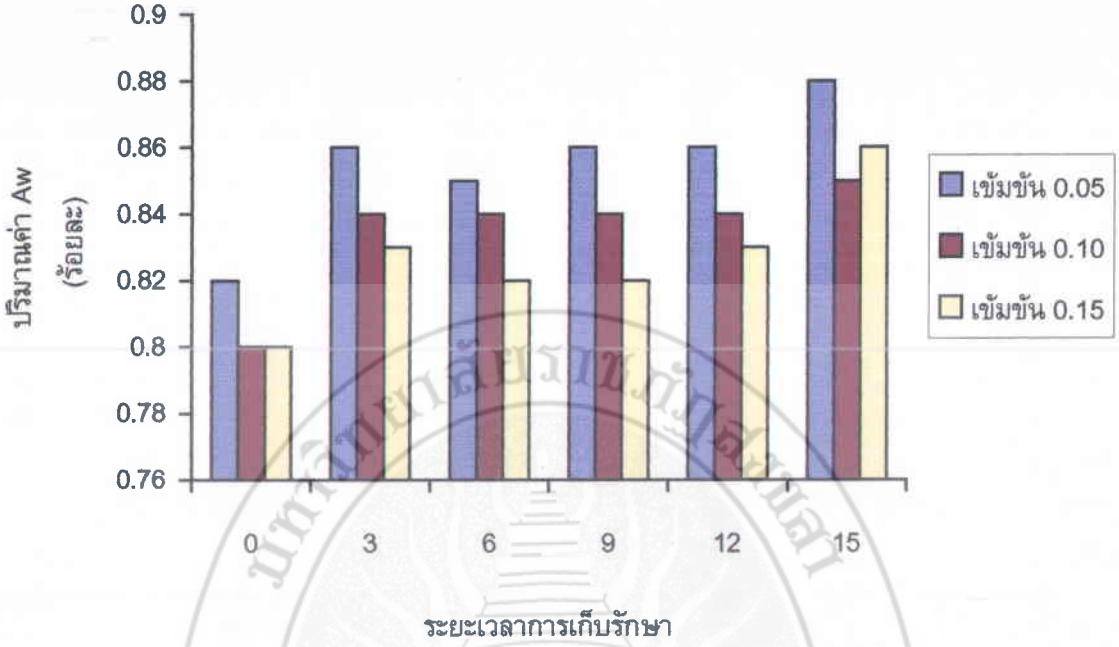
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw)**							
ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิค	0.05	0.82^{c}	0.86^{b}	0.85^{b}	0.86^{b}	0.86^{c}	0.88^{a}
	0.10	0.80^{e}	0.84^{d}	0.84^{c}	0.84^{d}	0.84^{e}	0.85^{e}
	0.15	0.80^{e}	0.83^{e}	0.82^{e}	0.82^{f}	0.83^{f}	0.86^{d}
กรดโพรพิโอนิค	0.15	0.83^{b}	0.85^{c}	0.84^{c}	0.85^{c}	0.85^{d}	0.87^{b}
	0.20	0.81^{d}	0.82^{f}	0.83^{d}	0.83^{e}	0.87^{b}	0.86^{c}
	0.25	0.78^{f}	0.79^{g}	0.78^{f}	0.81^{g}	0.82^{g}	0.84^{f}

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

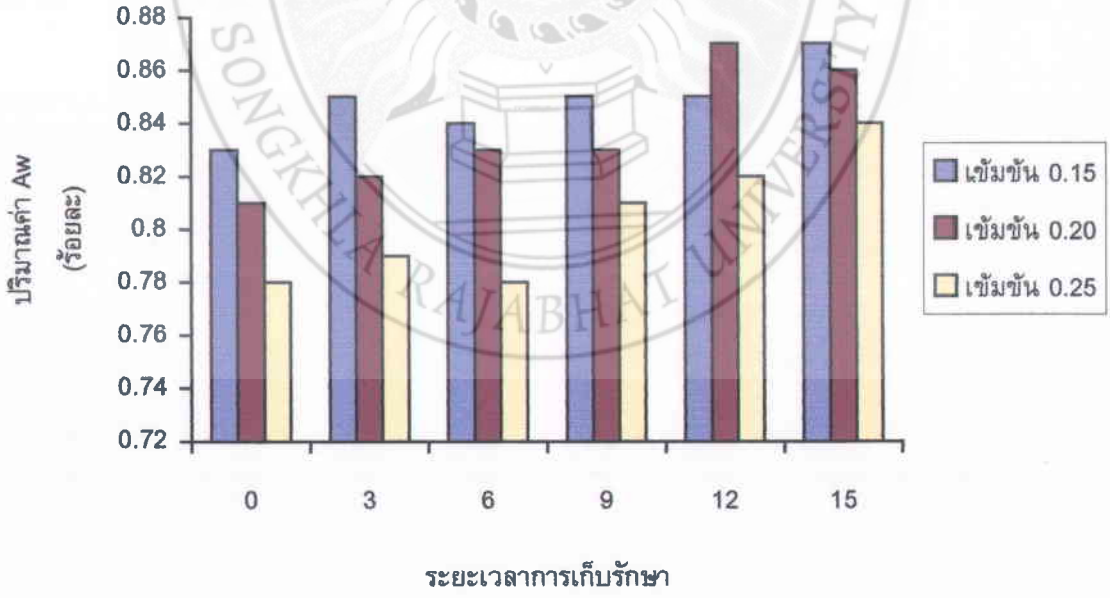
a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

ในการวิเคราะห์คุณภาพค่า Aw ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสียเป็นเวลา 15 วัน พบว่าค่า Aw (ตารางที่ 8) มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p < 0.01$) (ตารางภาคผนวก ฉ.7 – ฉ.12) คือค่า Aw ของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 10) มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และจะมีปริมาณลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนกรดโพรพิโอนิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และจะมีปริมาณลดลงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และหลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 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 (วิไล รังสาดทอง, 2545)

สำนักวิทยบริการ สถาบันราชภัฏสงขลา
HIS. Academic Resources Center



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) ของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) ของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

C
641.86
ก374ก
128014

ข. ค่าสี

ตารางที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าความสว่าง (L) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

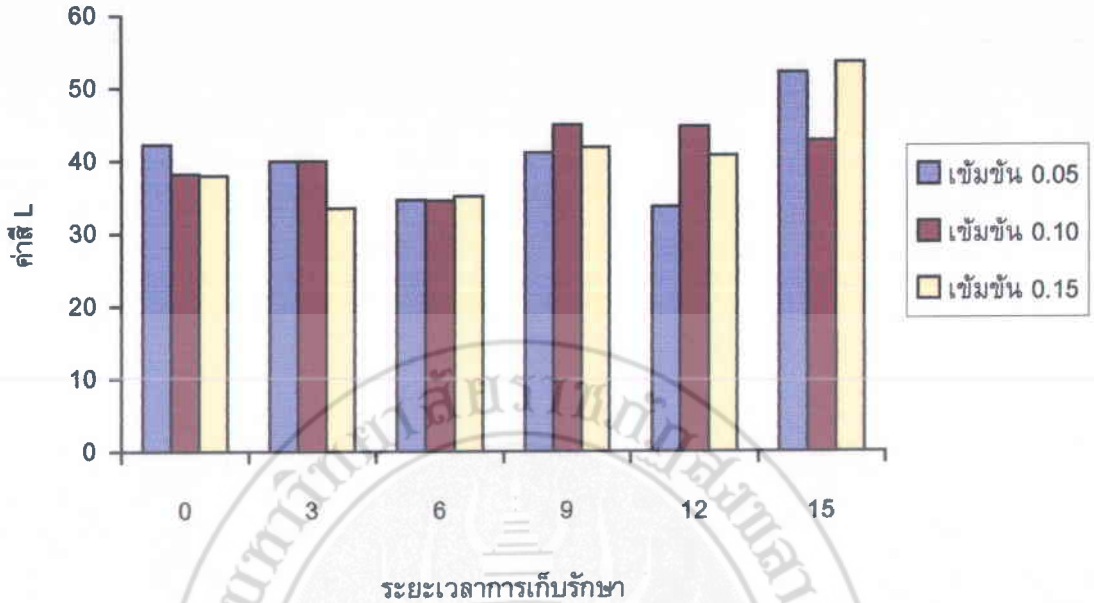
ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ค่าความสว่าง (L)** ระยะเวลาการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 – 15 (วัน)					
		0	3	6	9	12	15
กรดซอร์บิค	0.05	42.25^{a}	39.89^{b}	34.56^{d}	41.05^{d}	33.66^{g}	52.05^{e}
	0.10	38.18^{cd}	39.90^{b}	34.54^{d}	44.87^{b}	44.63^{a}	42.68^{d}
	0.15	37.91^{de}	33.46^{f}	35.11^{c}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

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

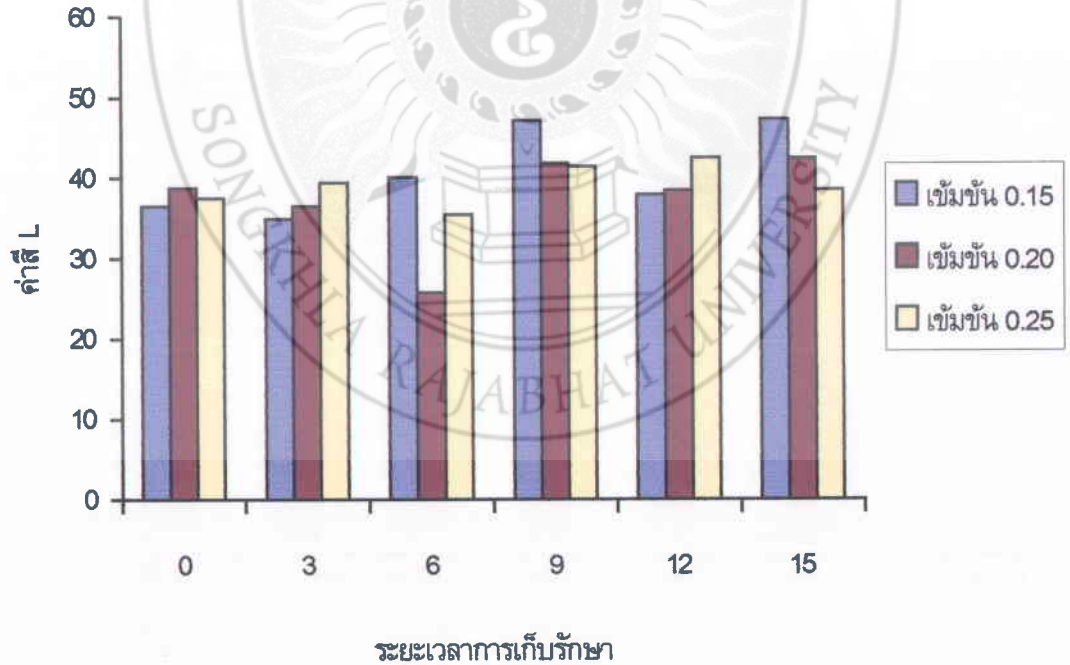
a-f อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

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) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ร้อยละ 0.10 และร้อยละ 0.15 (ดังภาพที่ 12) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเม็ดไขมันที่มีอยู่ในส่วนผสมเกิดการสะท้อนแสงจึงทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมดูมีสีขาวและสว่างมากขึ้น (รุ่งนภา ประกอบกิจ, 2538) และผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ร้อยละ 0.20 และร้อยละ 0.25 (ดังภาพที่ 13) ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L) ของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่าง (L) ของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ตารางที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณค่าสีแดง (a) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

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

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

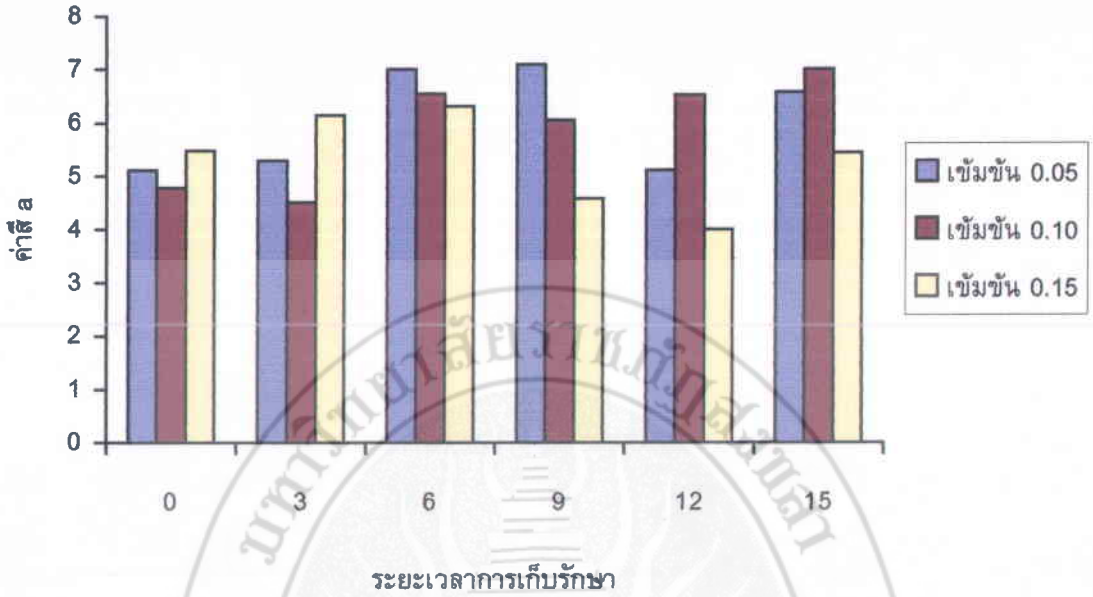
a-f อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง

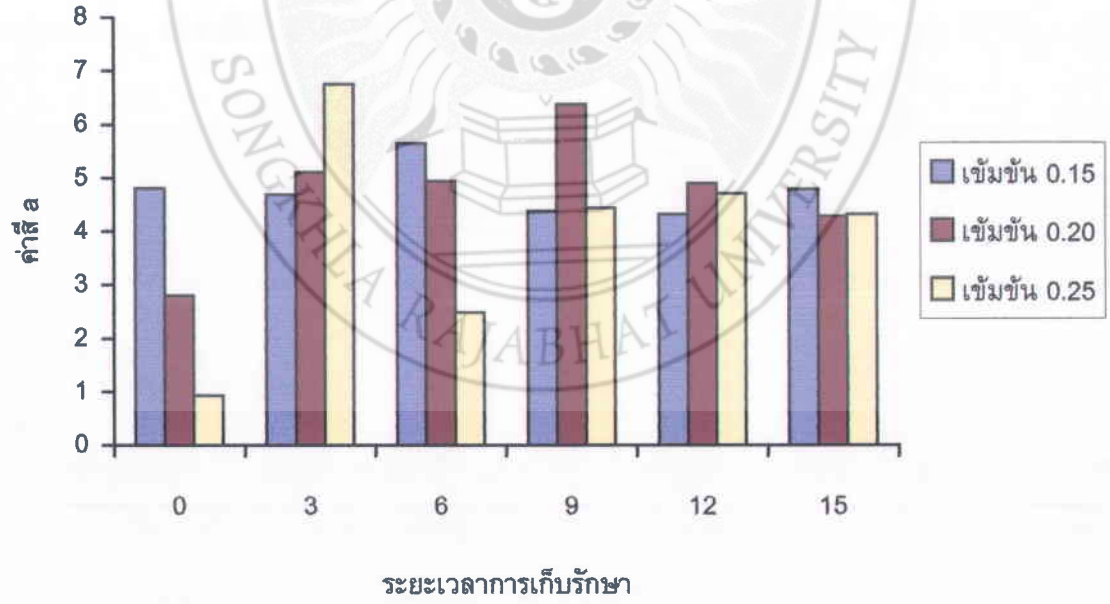
a + แสดงถึงความเป็นสีแดง

a - แสดงถึงความเป็นสีเขียว

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



ภาพที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a) ของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง (a) ของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

ตารางที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าสีเหลือง (b) ของผลิตภัณฑ์ขนมดูอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

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

** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$)

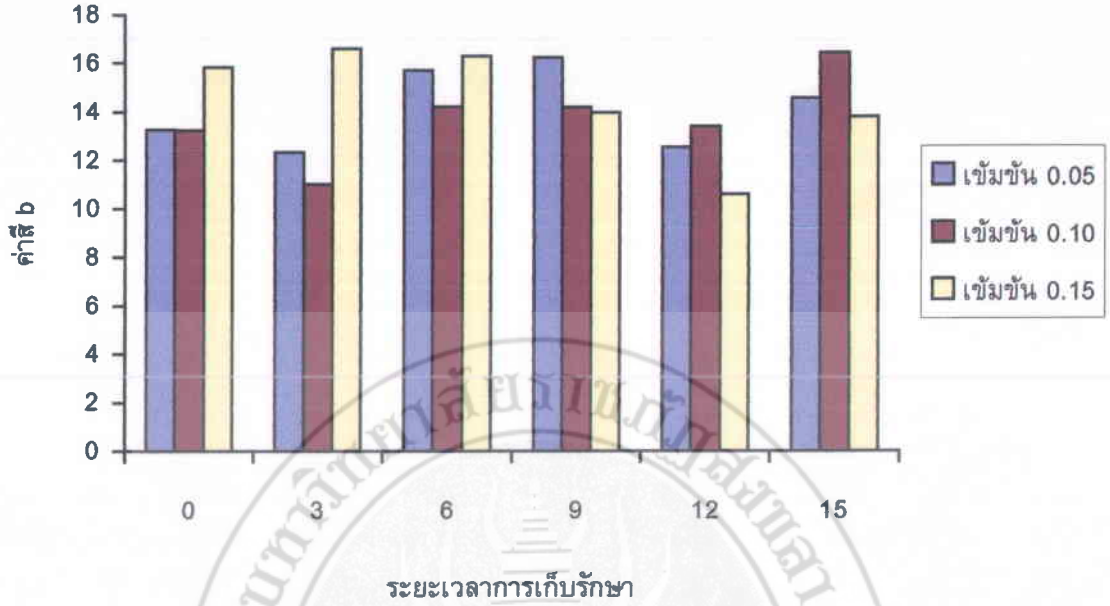
a-e อักษรที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$)

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีน้ำเงิน และสีเหลือง

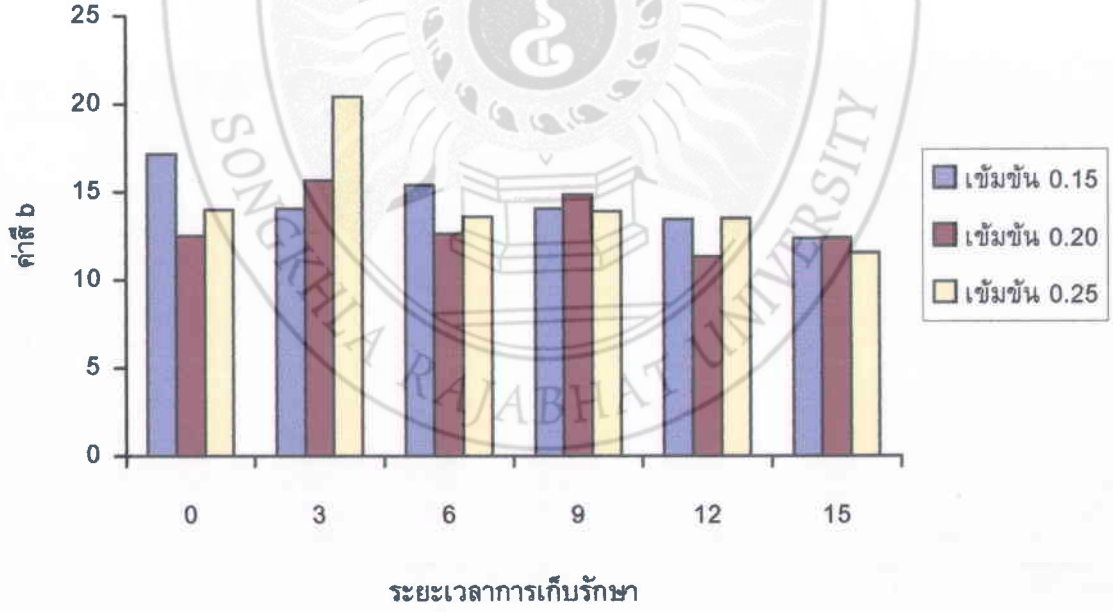
b + แสดงถึงความเป็นสีเหลือง

b - แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน

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



ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b) ของกรดซอร์บิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน



ภาพที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสีเหลือง (b) ของกรดโพรพิโอนิคกับระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 15 วัน

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมดูหลังเติมสารกันเสีย โดยวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา จำนวน 15 วัน พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา มีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของยีสต์และรา (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2534) โดยผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิค มีความสามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และราได้ดี ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิคสามารถยับยั้งเชื้อราได้เพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีผลต่อยีสต์ (คณะกรรมการกลุ่มผลิตชุดวิชาอาหารและโภชนาการ, 2530) ผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดซอร์บิคสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่ระดับร้อยละ 0.1 ซึ่งตรงกับระดับมาตรฐานกำหนดไว้ว่าใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 0.1 ส่วนผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เติมกรดโพรพิโอนิคสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ที่ระดับร้อยละ 0.2 ซึ่งตรงกับมาตรฐานกำหนดไว้ว่าใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 เนื่องจากในระหว่างขั้นตอนการผลิตมีการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งมีผลทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนยีสต์และราเจริญได้ช้า เนื่องจากความร้อนเข้าไปทำลายจุลินทรีย์ที่ไวต่อความร้อน จึงทำให้จุลินทรีย์ชะงักการเจริญเติบโตได้ส่วนหนึ่ง (นิธิยา รัตนปานนท์, 2544)

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณเจือจาง	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	< 30
		10^5	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
	0.15	10^3	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 300
		10^4	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
		10^5	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30

ตารางที่ 12 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัมตัวอย่าง) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน (ต่อ)

ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณเจือจาง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) (วันที่)					
			0	3	6	9	12	15
กรดโพรพิโอนิค	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) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน

ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณเจือจาง	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) ในผลิตภัณฑ์ขนมดูที่เก็บในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 วัน (ต่อ)

ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณเจือจาง	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) (วันที่)					
			0	3	6	9	12	15
กรดโพรพิโอนิค	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 กรดซอร์บิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05, 0.10 และ 0.15 และกรดโพรพิโอนิคที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15, 0.20 และ 0.25 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้แบบทดสอบความชอบรวม (Hedonic scaling) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 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

ชนิดของสารกันเสีย	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	คะแนนการยอมรับ				
		ลักษณะปรากฏ^{ns}	กลิ่นรส^{ns}	รสชาติ^{ns}	สี^{ns}	ลักษณะความชอบรวม^{ns}
กรดซอร์บิค	0.05	2.8^{a}	2.9^{a}	2.6^{b}	3.3^{a}	2.5^{a}
	0.10	2.9^{a}	3.0^{a}	3.3^{ab}	3.2^{ab}	3.1^{a}
	0.15	2.4^{a}	3.0^{a}	2.8^{a}	2.8^{ab}	3.2^{a}
กรดโพรพิโอนิค	0.15	2.4^{a}	2.9^{a}	2.5^{b}	2.5^{b}	2.8^{a}
	0.20	2.7^{a}	3.1^{a}	2.9^{ab}	2.9^{ab}	2.5^{a}
	0.25	3.1^{a}	3.3^{a}	2.9^{ab}	2.9^{ab}	3.4^{a}

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