

บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

1. การศึกษาโครงสร้างทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง

น้ำพริกตาแดงจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตร CHGH, SH, SM และสูตร GgLSH ที่ผ่านการคัดเลือกขึ้นต้นจากค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภคและประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด 2 ยี่ห้อ คือ MK1 และ MK2 รวมทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ให้ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมี

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำพริกตาแดงทั้ง 6 ตัวอย่าง (ตารางที่ 4 และตารางที่ 5) คือน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด 2 ยี่ห้อ และน้ำพริกตาแดงจากการทดลอง 4 สูตรที่ผ่านการคัดเลือกโดยการพิจารณาจากความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ สูตร CHGH, SH, SM และ GgLSH เมื่อพิจารณาจากค่าสีวัดในรูป L^* a^* b^* พบว่าน้ำพริกตาแดงสูตร SM มีค่า L^* เท่ากับ 35.12 สูงกว่าน้ำพริกตาแดงสูตรอื่นๆ น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณกระเทียมในผลิตภัณฑ์ในขณะที่น้ำพริกตาแดง MK2 มีค่า L^* ต่ำสุดเท่ากับ 26.34 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของน้ำพริกตาแดง MK 2 ที่มีสีคล้ำในทางทฤษฎีกำหนดไว้ว่าค่า L^* ที่มีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุดิบมีความสว่าง ค่า a^* มีค่าเป็นบวก แสดงว่าวัตถุดิบมีสีแดง และเมื่อค่า b^* เป็นบวก แสดงว่าวัตถุดิบมีสีเหลือง เมื่อพิจารณาค่า a^* พบว่าน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH มีค่า a^* (11.29) สูงกว่าสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า L^* และค่า a^* ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงพบว่า น้ำพริกตาแดงที่มีค่า L^* สูง และค่า a^* สูงจะมีสีแดงสด ในขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงที่มีค่า L^* น้อย จะมีสีแดงคล้ำ

ตารางที่ 4 ค่าสีและค่าความเป็นกรดค่าของตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง 6 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ค่าสี			ค่าความเป็นกรดค่า (pH)
	L^*	a^*	b^*	
SH	32.28±0.02 ^d	9.62±0.03 ^{cd}	8.74±0.02 ^b	3.63±0.03 ^{ab}
SM	35.12±0.21 ^e	10.04±0.51 ^d	9.16±0.15 ^b	3.68±0.17 ^c
GgLSH	31.82±0.01 ^c	11.29±0.02 ^c	10.12±0.02 ^b	3.66±0.02 ^{bc}
CHGH	27.02±0.59 ^b	9.21±0.84 ^c	9.58±1.87 ^b	3.75±0.02 ^d
MK1	30.77±0.02 ^c	3.18±0.07 ^a	2.17±0.03 ^a	3.61±0.02 ^a
MK2	26.34±0.02 ^a	5.54±0.04 ^b	3.38±0.05 ^a	4.22±0.006 ^c

*ตัวอักษรยกในแนวดังที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง 6 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์ แอกติวิตี (Aw)	ปริมาณแคลเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	ความเผ็ด (SHU)	ลักษณะเนื้อสัมผัส	
					ค่าความแข็ง (กิโลกรัม. วินาที)	ค่าความสามารถ ในการเกาะติด (-กิโลกรัม.วินาที)
SH	39.06±0.10 ^c	0.57±0.01 ^c	3.24 ±0.16 ^c	485.30±2.04 ^c	0.05±0.01 ^{ab}	0.010±0.002 ^{bc}
SM	40.83±0.06 ^d	0.59±0.01 ^d	3.25±0.13 ^c	487.67±16.39 ^c	0.09±0.01 ^b	0.013±0.002 ^c
GgLSH	41.23±0.29 ^e	0.61±0.01 ^c	2.16±0.11 ^b	323.52±14.07 ^b	0.15±0.03 ^c	0.021±0.010 ^d
CHGH	50.45±0.42 ^f	0.76±0.01 ^f	6.60±0.05 ^d	989.86±0.55 ^d	0.18±0.05 ^d	0.032±0.012 ^e
MK1	37.29±0.06 ^b	0.55±0.01 ^b	9.30±0.27 ^c	1395.59±40.81 ^c	0.03±0.02 ^a	0.004±0.003 ^a
MK2	30.12±0.09 ^a	0.52±0.01 ^a	0.83±0.03 ^a	124.33±13.40 ^a	0.04±0.01 ^{ab}	0.007±0.001 ^{ab}

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงด้วยเครื่อง Texture analyzer. ในรูปของค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความสามารถในการเกาะติด (Adhesiveness) พบว่าน้ำพริกตาแดง SM, SH, MK2 และ MK1 มีค่าความแข็ง ความสามารถในการเกาะติดตัวกันน้อยกว่าน้ำพริกตาแดง CHGH และ GgLSH ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้เนื่องจากส่วนประกอบของข้าว ซึ่งมีเส้นใยเท่ากับร้อยละ 1 (สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล 2546) ทำให้เกิดเส้นใยจึงทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ GgLSH มีลักษณะแข็ง รวมตัวกับส่วนประกอบ เช่น น้ำตาลปี๊บและมะขามเปียกจึงทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดการเกาะตัวกันแข็งแรงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีข้าวเป็นส่วนประกอบในขณะที่ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีในน้ำพริกตาแดง CHGH มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH, SM, SH, MK1 และ MK2 ตามลำดับ น้ำยังเป็นองค์ประกอบในพืชสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบในน้ำพริกตาแดงแต่ละสูตร เช่น ในพริกมีน้ำร้อยละ 81.9 (สถาบันแพทยแผนไทย 2542) ในกระเทียมมีน้ำร้อยละ 63.4-70 (สมศรีประพุดิธรรม 2528) ในหอมแดงมีน้ำร้อยละ 88 (ยารัตน์ นาคค้อย 2547) และในข่ามีน้ำร้อยละ 75-85 (รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ 2540; สถาบันวิจัยโภชนาการมหาวิทยาลัยมหิดล 2550)

1.2 การประเมินทางประสาทสัมผัส โดยวิธีวิเคราะห์โครงร่างกลิ่นรส (Flavour Profile: FP) จากผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน

ผู้ทดสอบจำนวน 13 คน ที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นในการมีศักยภาพจำแนกกลิ่นรส ได้เข้ารับการฝึกฝนโดยวิธี FP เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ฝึกฝนเพื่อให้ผู้ประเมินสามารถใช้สเกลได้อย่างถูกต้องและเข้าใจตรงกัน สามารถอธิบายลักษณะกลิ่นรสต่างๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทน้ำพริกได้เป็นอย่างดี ใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการคัดเลือกระดับความไวต่อกลิ่นรสเบื้องต้นจำนวน 13 คน คิดค้นคำศัพท์ตามขั้นตอนในการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยวิธีวิเคราะห์โครงร่างกลิ่นรส 5 ขั้นตอน เพื่ออธิบายโครงร่างทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง ทำให้ได้ให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสจำนวน 26 Lexicons ซึ่งผู้ประเมินได้สร้างและให้นิยามของแต่ละลักษณะไว้ดังแสดงในตารางที่ 6 จากนั้น ได้คัดเลือกผู้ประเมินที่มีความแม่นยำในการวัดระดับความเข้มของลักษณะกลิ่นรสที่สำคัญได้ 10 คน เป็นผู้ประเมินความเข้มของกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีวิเคราะห์โครงร่างกลิ่นรส

ตารางที่ 6 คำอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากวิธี FP

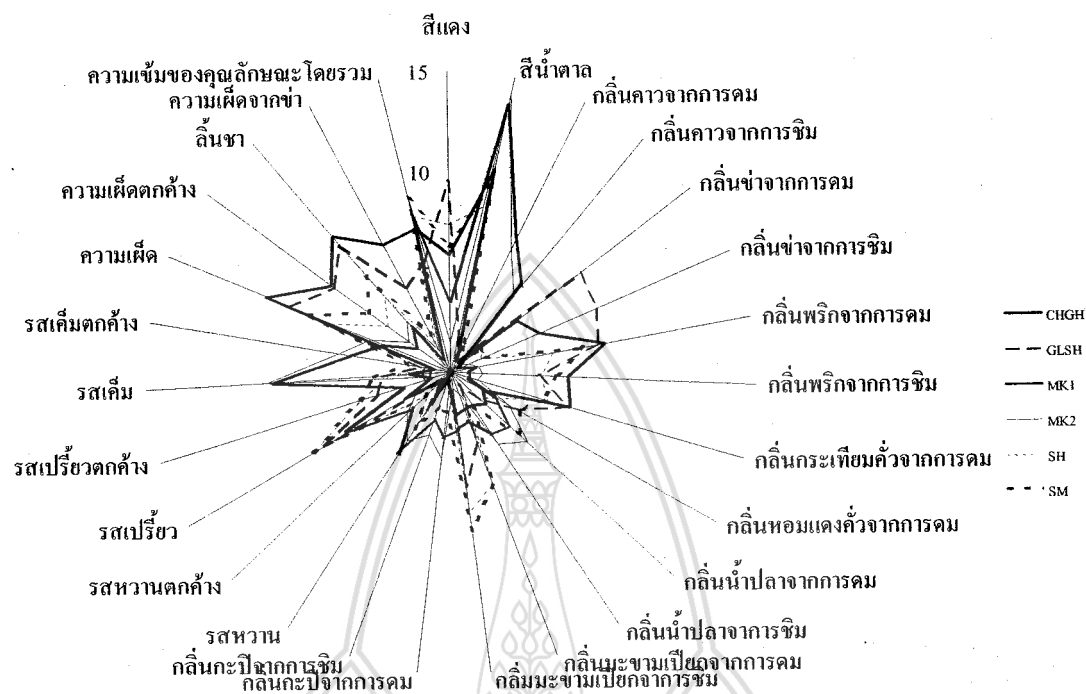
ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ
1. สีแดง	สีแดงที่มองเห็นด้วยสายตา
2. สีน้ำตาล	สีน้ำตาลที่มองเห็นด้วยสายตา
3. กลิ่นคาวจากการคด	กลิ่นคาวอาหารทะเล กุ้งแห้ง ปลาหมึกแห้ง
4. กลิ่นคาวจากการซึม	กลิ่นคาวอาหารทะเล กุ้งแห้ง ปลาหมึกแห้งที่รับรู้ได้ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
5. กลิ่นข่าจากการคด	กลิ่นข่า กลิ่นข่าของข่า
6. กลิ่นข่าจากการซึม	กลิ่นข่า กลิ่นข่าของข่าที่รับรู้ได้ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
7. กลิ่นพริกจากการคด	กลิ่นพริก รุนขึ้นจมูก
8. กลิ่นพริกจากการซึม	กลิ่นพริก กลิ่นรุนของพริกที่รับรู้ได้ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
9. กลิ่นกระเทียมคั่ว	กลิ่นกระเทียมที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยไม่ใช้น้ำมัน
10. กลิ่นหอมแดงคั่ว	กลิ่นหอมแดงที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน โดยไม่ใช้น้ำมัน
11. กลิ่นน้ำปลาจากการคด	กลิ่นเค็มของน้ำปลา
12. กลิ่นน้ำปลาจากการซึม	กลิ่นเค็มของน้ำปลาที่รับรู้ได้ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
13. กลิ่นมะขามเปียกจากการคด	กลิ่นเปรี้ยวอมหวานเหมือนมะขามเปียก
14. กลิ่นมะขามเปียกจากการซึม	กลิ่นเปรี้ยวอมหวานเหมือนมะขามเปียก ที่รับรู้ได้ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
15. กลิ่นกะปิจากการคด	กลิ่นหมักเค็มอาหารทะเล กลิ่นเหม็นกะปิ
16. กลิ่นกะปิจากการซึม	กลิ่นหมักเค็มอาหารทะเล กลิ่นเหม็นกะปิที่รับรู้ได้ขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
17. รสหวาน	รสหวานที่รับรู้ได้เมื่อตัวอย่างอยู่ในปาก
18. รสหวานตกค้าง	รสหวานที่ยังคงเหลือในปากหลังกลืนตัวอย่าง
19. รสเปรี้ยว	รสเปรี้ยวที่รับรู้ได้เมื่อตัวอย่างอยู่ในปาก
20. รสเปรี้ยวตกค้าง	รสเปรี้ยวที่ยังคงเหลือในปากหลังกลืนตัวอย่าง

ตารางที่ 6 คำอธิบายลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากวิธี FP (ต่อ)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คำจำกัดความ
21. รสเค็ม	รสเค็มที่รับรู้ได้เมื่อตัวอย่างอยู่ในปาก
22. รสเค็มตกค้าง	รสเค็มที่ยังคงเหลือในปากหลังกลืนตัวอย่าง
23. ความเผ็ด	ความเผ็ด แสบร้อนจากพริกขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
24. ความเผ็ดตกค้าง	ความเผ็ด แสบร้อนจากพริกที่ยังคงเหลือในปากหลังกลืนตัวอย่าง
25. ลิ้นชา	ความรู้สึกชาที่ลิ้นหลังกลืนตัวอย่าง
26. ความเผ็ดจากชา	ความรู้สึกเผ็ดชาที่ได้จากชาขณะที่ตัวอย่างอยู่ในปาก
27. ความคงอยู่ของรสตกค้าง (Persistence)	ระยะเวลาที่รสตกค้างคงอยู่
28. ความเข้มของลักษณะ โดยรวม (Overall impression)	ความรู้สึกที่ประเมินเป็นระดับความเข้ม โดยภาพรวมของผลิตภัณฑ์โดยไม่ เกี่ยวกับความรู้สึกชอบ

สำหรับค่าความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ในแต่ละตัวอย่างที่ได้จากผู้ประเมินทั้งหมด ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่โดยใช้ DMRT ดังแสดงในตารางที่ 7 พบว่าโครงสร้างทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงที่ได้จากผู้ประเมินวิธี FP มีความสอดคล้องกับค่าทางเคมีกายภาพที่วัดได้จากเครื่องมือ เช่น น้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH มีค่าความเข้มสีแดงที่ผู้ประเมินรับรู้ได้ (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 4) สอดคล้องกับผลจากตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าน้ำพริกตาแดงสูตรดังกล่าวมีค่า a^* และสีแดงที่ผู้ประเมินรับรู้ได้สูงกว่าสูตรอื่นๆ สูตร GgLSH และ CHGH มีลักษณะของความเผ็ด ความเผ็ดตกค้าง กลิ่นพริกจากการคั่วและชิม ลิ้นชา กลิ่นชาจากการคั่วและชิม และความเผ็ดจากชา ในขณะที่น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 ผู้ประเมินระบุความเข้มของความเผ็ด ได้น้อยกว่าสูตรทดลอง ถึงแม้ว่ามีดัชนีความเผ็ดสูงที่สุด (1395.59 SHU) ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดการหลังของโปรตีนในน้ำลายช่วยเคลือบลิ้น ป้องกันการระคายเคืองจากสารให้ความเผ็ด และยับยั้งการหลังของสารเคมีต่อประสาทที่ต่อมรับรู้ จึงทำให้รู้สึกเผ็ดน้อยลง (Sizer and Harris, 1985; Nasrawi and Pangborn 1989) นอกจากนี้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนสามารถรับรู้ได้ว่าผลิตภัณฑ์จากท้องตลาด MK1 มีลักษณะกลิ่นคาวและกลิ่นกระปิ ซึ่งเกิดจากส่วนผสมของปลาแห้งหรือกุ้งแห้งและกะปิในผลิตภัณฑ์จึงอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภครับรู้ความเผ็ดได้น้อยลง

สำหรับสูตรทดลอง SH และ SM มีลักษณะกลิ่นเปรี้ยวจากการคั่วและชิม รสเปรี้ยว และรสเปรี้ยวตกค้าง อาจเนื่องมาจากเป็นสูตรที่มีปริมาณส่วนผสมของมะขามเปียกอยู่ร้อยละ 15 และมีส่วนประกอบของพริกและชา น้อยกว่าสูตรอื่นๆ จึงทำให้กลิ่นและความเปรี้ยวจากมะขามเปียกปรากฏเด่นชัดและถูกรับรู้ได้จากผู้ประเมินมากกว่าสูตรอื่น



ภาพที่ 4 โครงร่างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง 6 ตัวอย่าง ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี FP

เมื่อผู้ประเมินผ่านการฝึกฝนและประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทำให้ได้ทราบและเข้าใจถึงลักษณะกลิ่นรสและรายละเอียดที่เป็นลักษณะเด่นของแต่ละผลิตภัณฑ์ที่ผู้ประเมินสามารถรับรู้ได้ด้วยคำจำกัดความและระดับความเข้มของแต่ละลักษณะในผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง จากการใช้เทคนิคทางสถิติแบบ PCA แสดงดังภาพที่ 5a และ 5b และตารางที่ 8 สามารถอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลได้เท่ากับร้อยละ 82.59 โดยค่าน้ำหนักตัวแปรในแกนที่ 1 (PC1) อธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลได้เท่ากับร้อยละ 64.84 พบว่าลักษณะสีแดง กลิ่นขำจากการดม กลิ่นขำจากการชิม กลิ่นพริกจากการดม กลิ่นพริกจากการชิม กลิ่นกระเทียมคั่วจากการดม กลิ่นหอมแดงคั่วจากการดม กลิ่นน้ำปลาจากการดม กลิ่นน้ำปลาจากการชิม กลิ่นมะขามเปียกจากการดม กลิ่นมะขามเปียกจากการชิม กลิ่นกะปิจากการดม กลิ่นกะปิจากการชิม รสหวาน รสหวานคก้าง รสเค็ม รสเค็มคก้าง ความเข้มของลักษณะโดยรวม ระยะเวลาที่รสหวานคก้างภายหลังการกลืน และระยะเวลาที่ความเผ็ดคก้างภายหลังการกลืน มีระดับความเข้มที่ความสัมพันธ์เชิงผกผันกับลักษณะสีแดง กลิ่นขำจากการดม กลิ่นขำจากการชิม กลิ่นพริกจากการดม กลิ่นพริกจากการชิม กลิ่นกระเทียมคั่วจากการดม ความเผ็ด ความเผ็ดคก้าง ลิ้นชา และความเผ็ดจากข่า ถูกจัดรวมกันอยู่ในกลุ่มตัวแปรใหม่ในแกนที่ 1 และลักษณะสีน้ำตาล กลิ่นคาวจากการดม กลิ่นคาวจากการชิม กลิ่นน้ำปลาจากการดม กลิ่นน้ำปลาจากการชิม กลิ่นกะปิจากการดม กลิ่นกะปิจากการชิม รสหวาน รสหวานคก้าง รสเค็ม รสเค็มคก้าง ความเข้มของลักษณะโดยรวม ระยะเวลาที่รสหวานคก้างภายหลังการกลืน และระยะเวลาที่ความเผ็ดคก้างภายหลังการกลืน มีระดับความเข้มที่ความสัมพันธ์เชิงผกผันกับลักษณะสีแดง กลิ่นขำจากการดม กลิ่นขำจากการชิม กลิ่นพริกจากการดม กลิ่นพริกจากการชิม กลิ่นกระเทียมคั่วจากการดม ความเผ็ด ความเผ็ดคก้าง ลิ้นชา และความเผ็ดจากข่า ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่ากลุ่มตัวแปรที่ถูกจัดกลุ่มในแกนที่ 1 เป็นแกนที่แสดงถึงลักษณะปรากฏ กลิ่นและรสที่ได้จากพริก ขำ กระเทียม น้ำปลา กะปิ และรสหวาน

ค่าน้ำหนักตัวแปรในแกนที่ 2 อธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลที่เหลือได้ร้อยละ 17.75 พบว่าลักษณะกลิ่นมะขามเปียกจากการดม กลิ่นมะขามเปียกจากการชิม รสเปรี้ยว รสเปรี้ยวคก้าง ระยะเวลาที่รสเปรี้ยวคก้างภายหลังการกลืน และระยะเวลาที่รสเค็มคก้างภายหลังการกลืน ถูกจัดรวมกันอยู่ในกลุ่มตัวแปร

ตารางที่ 8 ค่าน้ำหนักของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสบนแกน PC1-4 จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างกลิ่นรส โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	แกนที่			
	PC1	PC2	PC3	PC4
สีแดง	0.899*	0.170	-0.238	0.115
สีน้ำตาล	<u>-0.837**</u>	-0.086	0.509	-0.047
กลิ่นคาวจากการคด	<u>-0.961</u>	-0.204	-0.152	-0.037
กลิ่นคาวจากการซึม	<u>-0.932</u>	-0.263	-0.206	-0.064
กลิ่นข่าจากการคด	0.714	-0.429	-0.532	0.010
กลิ่นข่าจากการซึม	0.726	-0.502	-0.467	0.035
กลิ่นพริกจากการคด	0.934	-0.148	0.046	0.180
กลิ่นพริกจากการซึม	0.909	0.067	0.368	0.178
กลิ่นกระเทียมคั่วจากการคด	0.984	-0.066	0.073	0.044
กลิ่นหอมแดงคั่วจากการคด	0.057	0.368	-0.527	0.736
กลิ่นน้ำปลาจากการคด	<u>-0.742</u>	-0.091	0.031	0.600
กลิ่นน้ำปลาจากการซึม	<u>-0.935</u>	-0.280	0.144	0.144
กลิ่นมะขามเปียกจากการคด	0.475	0.865	0.019	0.092
กลิ่นมะขามเปียกจากการซึม	0.551	0.812	-0.063	0.139
กลิ่นกะปิจากการคด	<u>-0.957</u>	-0.083	-0.042	0.267
กลิ่นกะปิจากการซึม	<u>-0.934</u>	-0.063	0.015	0.345
รสหวาน	<u>-0.890</u>	0.300	-0.225	0.009
รสหวานคดค้าง	<u>-0.962</u>	0.175	-0.048	0.091
รสเปรี้ยว	0.398	0.842	-0.267	-0.062
รสเปรี้ยวคดค้าง	0.454	0.858	-0.212	0.063
รสเค็ม	<u>-0.959</u>	-0.050	-0.213	0.031
รสเค็มคดค้าง	<u>-0.945</u>	-0.058	-0.160	0.137
ความเผ็ด	0.929	-0.272	0.183	0.153
ความเผ็ดคดค้าง	0.909	-0.373	-0.051	0.148
ลิ้นชา	0.923	-0.319	-0.088	0.163
ความเผ็ดจากข่า	0.732	-0.527	-0.425	0.061

* ตัวเลขเข้ม หมายถึง ตัวแปรที่มีระดับความเข้มที่สัมพันธ์เชิงบวกในแกน PC นั้นๆ

** ตัวเลขเอียงและขีดเส้นใต้ หมายถึง ตัวแปรที่มีระดับความเข้มที่สัมพันธ์เชิงผกผันในแกน PC นั้นๆ

ตารางที่ 8 ค่าน้ำหนักของตัวแปรลักษณะทางประสาทสัมผัสบนแกน PC1-4 จากวิธีวิเคราะห์โครงสร้างกลั่นรส โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน (ต่อ)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	แกนที่			
	PC1	PC2	PC3	PC4
ความเข้มข้นของคุณลักษณะโดยรวม	-0.574	0.390	0.619	0.329
ระยะเวลาที่รสหวานตกค้างคงอยู่หลังการกลืน	<u>-0.674</u>	0.174	-0.489	-0.141
ระยะเวลาที่รสเค็มตกค้างอยู่หลังการกลืน	0.033	0.946	-0.136	-0.270
ระยะเวลาที่ความเผ็ดคงอยู่หลังการกลืน	<u>-0.866</u>	-0.057	-0.451	-0.035
ร้อยละของความแปรปรวนทั้งหมด	64.84	17.75	8.80	5.14
ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	64.84	82.59	91.39	96.53

* ตัวเลขเข้ม หมายถึง ตัวแปรมีระดับความเข้มที่สัมพันธ์เชิงบวกในแกน PC นั้นๆ

** ตัวเลขเอียงและขีดเส้นใต้ หมายถึง ตัวแปรมีระดับความเข้มที่สัมพันธ์เชิงผกผันในแกน PC นั้นๆ

1.3 โครงร่างของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำเอาข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางกายภาพ ทางเคมีและข้อมูลความเข้มที่ได้จากการประเมินลักษณะโครงสร้างกลั่นรส จากผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนวิธี FP มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ซึ่งสามารถใช้ 4 แกนหลักอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลได้เท่ากับร้อยละ 95.01 แสดงในตารางที่ 9 และภาพที่ 6

ตารางที่ 9 ค่าน้ำหนักของตัวแปรบนแกน PC 1-4 ของลักษณะทางประสาทสัมผัส ส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง

ส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ เคมี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง	PC1	PC2	PC3	PC4
ปริมาณพริก (ร้อยละ)	-0.30	<u>-0.726**</u>	0.54	0.26
ปริมาณกระเทียม (ร้อยละ)	-0.07	<u>-0.85</u>	0.44	-0.16
ปริมาณข้าว (ร้อยละ)	0.61	<u>-0.72</u>	-0.29	-0.15
ปริมาณหอมแดง (ร้อยละ)	0.871*	0.33	0.24	0.21
ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ)	-0.02	0.74	-0.49	-0.44
ปริมาณมะขามเปียก (ร้อยละ)	0.79	0.44	-0.24	-0.33
ความชอบโดยรวม	0.02	0.79	0.60	-0.09
ความชอบต่อกลั่นรสโดยรวม	0.36	0.64	0.25	-0.19
ความชอบต่อความเผ็ด	0.14	0.80	0.58	-0.01
ความชอบต่อลักษณะปรากฏ	0.36	0.81	0.30	0.20
ค่าความสว่าง (L*)	0.35	0.82	-0.14	0.11

ตารางที่ 9 ค่าน้ำหนักของตัวแปรบนแกน PC 1-4 ของลักษณะทางประสาทสัมผัส ส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง (ต่อ)

ส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ เคมี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง	PC1	PC2	PC3	PC4
ค่าความเข้มของสีแดง (a*)	0.94	0.11	0.20	0.25
ค่าความเข้มของสีเหลือง (b*)	0.98	0.06	0.16	0.05
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.75	-0.55	0.33	-0.16
วอเตอร์แอกติวิตี (AW)	0.65	-0.66	0.12	-0.35
ค่าความเป็นกรดค่า	<u>-0.90</u>	-0.39	0.03	0.19
IC ₅₀ DPPH assay	<u>-0.89</u>	0.07	-0.26	-0.38
IC ₅₀ Hydroxyl radical scavenging	<u>-0.78</u>	0.49	-0.10	-0.37
ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ร้อยละ)	0.80	-0.37	0.25	0.40
ปริมาณแคปไซซิน (ร้อยละ)	-0.42	<u>-0.72</u>	0.53	0.06
ดัชนีความเผ็ด	-0.20	<u>-0.69</u>	0.67	0.16
ค่าความแข็ง (Hardness)	0.75	-0.57	-0.27	-0.11
ค่าความสามารถในการเกาะติด (Adhesiveness)	0.74	-0.56	-0.18	-0.31
สีแดง	0.90	0.16	0.07	0.37
สีน้ำตาล	<u>-0.83</u>	-0.14	0.26	-0.44
กลิ่นคาวจากการต้ม	<u>-0.97</u>	-0.17	-0.19	0.04
กลิ่นคาวจากการชิม	<u>-0.94</u>	-0.21	-0.27	0.05
กลิ่นขำจากการต้ม	0.71	-0.36	-0.48	0.34
กลิ่นขำจากการชิม	0.72	-0.44	-0.44	0.30
กลิ่นพริกจากการต้ม	0.94	-0.18	-0.04	-0.02
กลิ่นพริกจากการชิม	0.92	-0.01	0.31	-0.17
กลิ่นกระเทียมคั่วจากการต้ม	0.99	-0.09	0.05	-0.03
กลิ่นหอมแดงคั่วจากการต้ม	0.07	0.31	0.03	0.83
กลิ่นน้ำปลาจากการต้ม	<u>-0.73</u>	-0.20	0.14	0.23
กลิ่นน้ำปลาจากการชิม	<u>-0.93</u>	-0.31	0.08	-0.05
กลิ่นมะขามเปียกจากการต้ม	0.48	0.82	0.17	0.04
กลิ่นมะขามเปียกจากการชิม	0.55	0.79	0.10	0.11
กลิ่นกะปิจากการต้ม	<u>-0.95</u>	-0.13	0.09	0.20
กลิ่นกะปิจากการชิม	<u>-0.93</u>	-0.12	0.12	0.16
รสหวาน	<u>-0.89</u>	0.31	-0.16	0.11
รสหวานตกค้าง	<u>-0.96</u>	0.14	0.10	0.14

ตารางที่ 9 ค่าน้ำหนักของตัวแปรบนแกน PC 1-4 ของลักษณะทางประสาทสัมผัส ส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง (ต่อ)

ส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ เคมี ลักษณะทางประสาทสัมผัส และความชอบของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง	PC1	PC2	PC3	PC4
รสเปรี้ยว	0.40	0.89	-0.18	0.09
รสเปรี้ยวตกค้าง	0.46	0.86	-0.02	0.17
รสเค็ม	<u>-0.96</u>	-0.02	-0.12	0.18
รสเค็มตกค้าง	<u>-0.94</u>	-0.04	-0.05	0.19
ความเผ็ด	0.93	-0.30	0.07	-0.10
ความเผ็ดตกค้าง	0.91	-0.37	-0.13	0.05
กลิ่นชา	0.92	-0.31	-0.14	0.08
ความเผ็ดจากชา	0.73	-0.47	-0.42	0.28
ความเข้มข้นของคุณลักษณะโดยรวม	-0.56	0.24	0.72	-0.16
ระยะเวลาที่รสหวานตกค้างคงอยู่	-0.68	0.19	-0.13	0.44
ระยะเวลาที่รสเปรี้ยวตกค้างคงอยู่	0.03	0.98	-0.04	-0.04
ระยะเวลาที่รสเค็มตกค้างคงอยู่	<u>-0.87</u>	0.02	-0.44	0.21
ระยะเวลาที่ความเผ็ดตกค้างคงอยู่	0.92	-0.15	0.26	-0.09
ร้อยละของความแปรปรวนทั้งหมด	54.34	25.62	8.97	6.08
ร้อยละของความแปรปรวนสะสม	54.34	79.96	88.93	95.01

* ตัวเลขเข้ม หมายถึง ตัวแปรมีระดับความเข้มที่สัมพันธ์เชิงบวกในแกน PC นั้นๆ

** ตัวเลขเอียงและขีดเส้นใต้ หมายถึง ตัวแปรมีระดับความเข้มที่สัมพันธ์เชิงผกผันในแกน PC นั้นๆ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Observations (axes F1 and F2: 79.96 %)

Sample	F1 (54.34 %)	F2 (25.62 %)
MK1	-8.5	-4.0
MK2	-9.0	2.0
SH	1.0	4.0
SM	1.0	2.5
GLSH	6.0	0.0
CHGH	4.5	-7.5

ภาพที่ 6 กราฟ Biplot จากวิธีการวิเคราะห์ PCA แสดง (a) ลักษณะที่ใช้อธิบายโครงสร้างทางประสาทสัมผัสส่วนประกอบ ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และความชอบของตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงและ (b) ตำแหน่งของตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตรต่างๆ

จากค่าน้ำหนักตัวแปร (ตารางที่ 9) พบว่าส่วนประกอบของหอมแดง มะขามเปียก ความชื้น ค่าวอเตอร์ แอคติวิตี ค่าความเข้มของสีแดง (a^*) ค่าความเข้มของสีเหลือง (b^*) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ค่าความแข็ง ค่าความสามารถในการเกาะติด ลักษณะสีแดง กลิ่นข่าจากการต้มและชิม กลิ่นพริกจากการต้มและชิม กลิ่นกระเทียม คั่วจากการต้ม ความเผ็ด ความเผ็ดตกค้าง ลิ้นชา ความเผ็ดจากข่า และระยะเวลาที่ความเผ็ดตกค้างคงอยู่ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกเกณฑ์ 1 และถูกจัดอยู่ในกลุ่มเกณฑ์ 1 (PC1) ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลได้ร้อยละ 54.34 เช่นเดียวกับกับค่าความเป็นกรดต่าง IC_{50} DPPH assay IC_{50} Hydroxyl radical scavenging สีน้ำตาล กลิ่นคาวจากการต้มและชิม กลิ่นน้ำปลาจากการต้มและชิม กลิ่นกะปิจากการต้มและชิม รสหวาน รสหวานตกค้าง รสเค็ม รสเค็มตกค้าง ระยะเวลาที่รสหวานตกค้างคงอยู่ และระยะเวลาที่รสเค็มตกค้างคงอยู่ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับกลุ่มแรก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเกณฑ์ 1 แสดงถึงกลุ่มตัวแปรของลักษณะคุณภาพทางเคมีและกายภาพ รสเค็ม หวาน ความเผ็ด และกลิ่นที่เกิดจากพริก ข่า กระเทียม มะขามเปียก หอมแดง กุ้ง กะปิ น้ำปลา และน้ำตาล

สำหรับส่วนประกอบน้ำตาล ความชอบโดยรวม ความชอบต่อกลิ่นรสโดยรวม ความชอบต่อลักษณะปรากฏ ความชอบต่อความเผ็ด ค่าความสว่าง (L^*) กลิ่นมะขามเปียกจากการต้มและชิม รสเปรี้ยว รสเปรี้ยวตกค้าง ระยะเวลาที่รสเปรี้ยวตกค้างคงอยู่ มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกและถูกจัดอยู่ในกลุ่มเกณฑ์ 2 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลได้ร้อยละ 25.62 และเช่นเดียวกับกับส่วนประกอบของพริก กระเทียม ข่า ปริมาณสารแคปไซซิน และดัชนีความเผ็ด มีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับตัวแปรของน้ำตาล, ความชอบโดยรวม, ความชอบต่อกลิ่นรสโดยรวม, ความชอบต่อลักษณะปรากฏ ความชอบต่อความเผ็ด L^* กลิ่นมะขามเปียกจากการต้มและชิม รสเปรี้ยว รสเปรี้ยวตกค้าง ระยะเวลาที่รสเปรี้ยวตกค้างคงอยู่ ดังนั้นเกณฑ์ 2 จึงเป็นกลุ่มของตัวแปรส่วนประกอบน้ำตาล พริก กระเทียม มะขามเปียก ข่า และรสเปรี้ยวที่มีผลต่อความชอบผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง

จากภาพที่ 6a และ 6b จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ อธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์ส่วนประกอบของหอมแดงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจึงส่งผลให้สูตรที่มีปริมาณหอมแดงสูงมีสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์สูงขึ้น และปริมาณมะขามเปียกที่เพิ่มขึ้นในสูตรทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์จึงมีรสเปรี้ยว สำหรับค่าความเข้มของสีแดง (a^*) ที่วัดได้จากเครื่องวัดสีมีความสอดคล้องกับลักษณะสีแดงที่รับรู้ได้จากผู้ประเมินและให้ลักษณะเด่นของน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH มีค่าความเข้มของสีแดงสูงสุด คือเท่ากับ 11.29 ค่าความสว่างเท่ากับ 31.82 และค่าความเป็นสีเหลืองเท่ากับ 10.12 จึงทำให้ผู้ประเมินรับรู้ได้ถึงลักษณะสีแดงสดของ GgLSH ได้มากกว่าตัวอย่างอื่น ในขณะที่การรับรู้ด้านความเผ็ด (กลิ่นพริกจากการต้มและชิม ความเผ็ด ความเผ็ดตกค้าง ลิ้นชา และระยะเวลาที่ความเผ็ดตกค้างคงอยู่) ของผู้ประเมินมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับการรับรู้ด้านความหวาน (รสหวาน รสหวานตกค้าง และระยะเวลาที่รสหวานตกค้างคงอยู่) และรับรู้ด้านความเค็ม (รสเค็ม รสเค็มตกค้าง ระยะเวลาที่รสเค็มตกค้างคงอยู่ กลิ่นคาวจากการต้มและชิม กลิ่นน้ำปลาจากการต้มและชิม กลิ่นกะปิจากการต้มและชิม) กล่าวคือผู้ประเมินรับรู้ระดับความเผ็ดลดลงเมื่อมีรสหวานและรสเค็มในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลที่เกิดขึ้นในวิจัยของ Nasrawi and Pangborn (1989) ที่พบว่ารสหวานช่วยทำให้ผู้บริโภครับรู้ความเผ็ดได้น้อยลง และพบว่ารสเค็มไม่ได้มีผลต่อการลดความเผ็ดร้อนในปาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sizer and Harris (1985) ขณะที่ Stevens and Lawless (1986) รายงานว่าสารละลายเกลือช่วยลดความเผ็ดได้แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารละลายซูโครส สารละลายกรดซิตริก และน้ำปลา

ตามลำดับ อย่างไรก็ตามก็ตีอิทธิพลร่วมของรสหลายๆ รส อาจมีผลเสริมหรือลดความเข้มข้น ซึ่งกันและกันขึ้นกับระดับความเข้มข้นของรสต่างๆ นั้น (วิไลศนา โพธิ์ศรี และคณะ 2551) จากผลการทดลองนี้พบว่ารสหวานและรสเค็ม รวมทั้งอิทธิพลร่วมระหว่าง 2 รส มีผลช่วยลดความเผ็ดร้อนในปากได้ จึงอธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 แม้ว่าจะมีปริมาณพริกแห้งสูงถึงร้อยละ 20 และมีค่าดัชนีความเผ็ดสูงกว่าน้ำพริกตาแดงตัวอย่างอื่นๆ แต่เนื่องจากมีลักษณะด้านความหวานที่ได้จากปริมาณน้ำตาลร้อยละ 20 และรสเค็มที่ได้จากปริมาณกะปิร้อยละ 5 น้ำปลาร้อยละ 10 รวมไปถึงส่วนประกอบของกุ้งแห้งร้อยละ 10 จึงถูกประเมินความเผ็ดในระดับที่ต่ำกว่าน้ำพริกตาแดงสูตรทดลอง ส่วนลักษณะทางด้านความเผ็ดของน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ GgLSH ซึ่งมีปริมาณพริกแห้งอยู่ร้อยละ 14.65 และ 10 ตามลำดับ ถูกประเมินว่าเผ็ดกว่าน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 ซึ่งมีปริมาณพริกมากกว่า (ร้อยละ 20) อาจเนื่องจากความเผ็ดที่ผู้บริโภครับรู้ได้ไม่ได้มาจากพริกอย่างเดียว แต่ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง ยังมีส่วนประกอบของข้าวขุ่ยร้อยละ 4.27 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งให้ความเผ็ดเช่นกัน (สาร 1'-อะซิโตซี อะซิเตท (1'-Acetoxy chavicol acetate)) (Kubota et al. 2001) อีกทั้งผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่ได้มีส่วนประกอบของกะปิ และ/หรือ กุ้งแห้ง ทั้งยังมีลักษณะเด่นที่เกิดจากข้าว ได้แก่ กลิ่นข้าวจากการคั่วและชิม และความเผ็ดจากข้าว

นอกจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำตาลกับความเผ็ดแล้วยังพบว่าลักษณะสีน้ำตาลมีความสัมพันธ์กับกลิ่นคาวจากการคั่วและชิม รสเค็ม รสเค็มคก้าง และกลิ่นกะปิจากการคั่วและชิม อันเป็นลักษณะเด่นของน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK2 อาจเนื่องมาจากปริมาณกะปิ กุ้งแห้ง และน้ำปลาสูงกว่าตัวอย่างอื่นๆ (ร้อยละ 15, 12 และ 20 ตามลำดับ)

สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง SH และ SM มีลักษณะโครงสร้างทางประสาทสัมผัสที่คล้ายกันสังเกตได้จากตำแหน่งของผลิตภัณฑ์บนกราฟ PCA ซึ่งอยู่ใกล้กัน โดยมีลักษณะเด่น คือ รสเปรี้ยว กลิ่นมะขามเปียก และกลิ่นหอมแดงคั่ว ทั้งนี้สอดคล้องกับค่าความเป็นกรดต่างในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM (3.63-3.68 ตามลำดับ) บ่งชี้ได้ว่าทั้งสองสูตรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสเปรี้ยว และแม้ว่ามีส่วนประกอบอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะพริกแห้ง มะขามเปียก และหอมแดงในน้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM ไม่ได้แตกต่างไปจากน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH เท่าใดนัก (ดังแสดงในตารางที่ 1) แต่เนื่องจาก SH และ SM ไม่มีข้าวเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าความเผ็ดที่ผู้ประเมินรับรู้ได้ไม่สูงมากพอที่จะแสดงเป็นลักษณะที่เด่นกว่าลักษณะรสเปรี้ยว กลิ่นมะขามเปียก และกลิ่นหอมแดงคั่วในผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ดีความชอบโดยรวม ความชอบต่อกลิ่นรสโดยรวม ความชอบต่อลักษณะปรากฏและความชอบต่อความเผ็ดของผู้บริโภค ที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณน้ำตาล กลิ่นมะขามเปียกจากการคั่วและชิม และรสเปรี้ยว ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับปริมาณพริกแห้ง กระเทียม ข้าว สารแคปไซซิน และค่าดัชนีความเผ็ด สรุปได้ว่าตัวแทนผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำตาลและมะขามเปียกค่อนข้างสูง (ร้อยละ 15-20 และ 12-15 ตามลำดับ) แต่ส่วนประกอบของปริมาณพริกแห้ง กระเทียม และข้าว ในระดับต่ำ (ไม่เกินร้อยละ 3)

1.4 การวิเคราะห์โครงสร้างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงด้วยเครื่องมือ

1.4.1 การวิเคราะห์ชนิดของสารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ โดยเครื่อง Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารให้กลิ่นรสที่มีในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH, GgLSH, SH, SM และน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 ด้วยเครื่อง GC-MS โดยเทคนิค SPME พบว่าในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงแต่ละตัวอย่างมีสารให้กลิ่นที่ระเหยได้อยู่ในกลุ่มแอลกอฮอล์ (Alcohol) อัลดีไฮด์ (Aldehyde) กรด (Acid) ฟิวแรน (Furan) คีโตน (Ketone) เอสเทอร์ (Ester) สารประกอบซัลเฟอร์ (Sulfur containing compounds) และสารอื่นๆ (Miscellaneous compounds) คิดเป็นร้อยละ 1.34-19.67, 0.78-13.39, 3.29-36.70, 0.14-1.82, 0.17-1.00, 0.11-2.90, 8.44-58.52 และ 2.14-37.18 ตามลำดับ ของสารให้กลิ่นทั้งหมดที่วัดได้จาก GC-MS โดยพบว่าในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดมีสารในกลุ่มกรดสูงที่สุด รองลงมา คือ แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ สารประกอบซัลเฟอร์ สารอื่นๆ ฟิวแรน คีโตน และเอสเทอร์ ในขณะที่สารในกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์และสารอื่นๆ กลับพบมากในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตรทดลอง โดยน้ำพริกตาแดงสูตร SM มีสารประกอบซัลเฟอร์สูงกว่า SH, CHGH และ GgLSH ตามลำดับ และน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH มีสารอื่นๆ สูงกว่าน้ำพริกตาแดงสูตร SH GgLSH และ SM ตามลำดับ อาจเนื่องจากส่วนประกอบในน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองมาจากพืชสมุนไพร ได้แก่ พริก กระเทียม หอมแดง และข่า ซึ่งโดยส่วนใหญ่มีปริมาณสูงกว่าน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด อีกทั้งพืชสมุนไพรเหล่านี้เป็นแหล่งของสารให้กลิ่นฉุนที่เกิดจากสารประกอบซัลเฟอร์ (Wu et al. 2006; Auger and Thibout 2004)

สารในกลุ่มกรดที่พบมากที่สุดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงทุกตัวอย่าง คือ กรดอะซิติก (Acetic acid) ซึ่งกรดนี้น่าจะเกิดจากส่วนผสมของมะขาม (Pino et al. 2004) และพริก (Jirovetz et al. 2002) ให้ลักษณะกลิ่นฉุน (Pungent), กลิ่นเปรี้ยว (Sour odor), กลิ่นคล้ายมะขาม (Tamarind-like odor) และพบในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดยี่ห้อ MK1 มากที่สุด รองลงมาคือ MK2, GgLSH, SH, SM และ CHGH ตามลำดับ พบในช่วงร้อยละ 1.71-29.63 ในขณะที่กรดออกทาโนอิก (Octanoic acid) และ กรดนาโนอิก (Nanoic acid) ให้ลักษณะกลิ่นหืน (Rancid odor) ซึ่งเป็นกรดที่พบในมะขามและพริกเช่นกัน แต่พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM และ GgLSH เท่านั้น ในช่วงร้อยละ 0.03-0.18 และร้อยละ 0.47-1.15 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมะขามเปียกในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตรทดลองมีปริมาณมากกว่าน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดอยู่ในช่วง 0.8-3 เท่า และอาจเนื่องมาจากกระบวนการผลิตน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองใช้ความร้อนในระดับที่ต่ำกว่าน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด จึงทำให้สารให้กลิ่นยังคงมีเหลืออยู่มากกว่าน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด

สารในกลุ่มแอลกอฮอล์ที่พบมากที่สุดในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงทุกตัวอย่าง ได้แก่ สารอัลลิลแอลกอฮอล์ (2-Propanol-1-ol) เป็นสารระเหยที่พบมากในกระเทียมที่ผ่านความร้อน (Sehi et al. 2006) ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายกระเทียม (Garlic-like) พบในช่วงร้อยละ 0.51-9.62 โดยพบสารให้กลิ่นนี้ในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK 2 มากที่สุด รองลงมาคือ MK1, GgLSH, SM, CHGH และ SH ตามลำดับ สำหรับสารเอทานอล (Ethanol) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในพริกแห้ง กระเทียม หอมแดง และมะขามเปียก พบมากเป็นอันดับ 2 และพบใน MK1 มากกว่า GgLSH, MK2, SM, CHGH และ SM ตามลำดับ พบในช่วงร้อยละ 0.12-1.37 ในขณะที่สาร 2-อะเซทิลไพโรล (2-Acetyl pyrrole) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริกแห้ง

(Choi and Hyang-Sook 2004) ให้ลักษณะกลิ่นยาสมุนไพร (Herbal medicine odor) พบมากเป็นอันดับ 3 ของสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ และพบในน้ำพริกตาแดง MK2 มากกว่า MK1, GgLSH, CHGH, SH และ SM ตามลำดับ (พบในช่วงร้อยละ 0.10-0.78) สำหรับสารยูคาลิปทอล (1,8-Cineole) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริกแห้ง กระเทียม หอมแดง และข่า ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายข่า (Galanga-like odor) และกลิ่นพริกตากแห้ง (Sun-dried chilli odor) พบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง MK1 มากกว่า MK2, CHGH, SM และ SH ตามลำดับ พบในช่วงร้อยละ 0.06-7.58 แต่ไม่พบใน GgLSH ในขณะที่สาร 2,5-ไดเมทิลไทอะโซล (2,5-Dimethyl thiazole) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในหอมแดง ให้ลักษณะกลิ่นถั่วอบ (Roasted nutty odor) พบในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดทั้ง 2 ยี่ห้อ และน้ำพริกตาแดง GgLSH พบในช่วงร้อยละ 3.56-6.35 ส่วนสารลINALOOL (Linalool) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในข่า (McLaughlin 2008) และ กระเทียม (Wikipedia 2551) ให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน พบในน้ำพริกตาแดง MK1, MK2, SH และ GgLSH พบในช่วงร้อยละ 0.10-0.31 ในขณะที่สารเมทิลยูจีนอล (Methyl eugenol) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในข่า (Ibrahim bin et al. 2004) ให้ลักษณะกลิ่นเผ็ดเครื่องเทศ (Spicy odor) พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองทุกสูตร พบในช่วงร้อยละ 0.03-0.49 สารเนโรลิโดล (Nerolidol) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริก และข่า (BASF 2005) ให้ลักษณะกลิ่นเหมือนไม้ (Woody odor) และสารฟีนอล (Phenol) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริก ให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน (Sweet odor) พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM และ GgLSH พบในช่วงร้อยละ 0.04-0.09 และร้อยละ 0.05-0.16 ตามลำดับ สารเพนทานอล (Pentanol) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริก ให้ลักษณะกลิ่นหืน (Rancid odor) พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH (พบในช่วงร้อยละ 0.11-0.28) สารชาวิคอล (Chavicol) เป็นสารให้กลิ่นที่พบในข่า ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายข่า (Galanga-like odor) พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ GgLSH มีปริมาณร้อยละ 0.05 และ 0.34 ตามลำดับ ขณะที่สารไอโซอามิลแอลกอฮอล์ (Isoamyl alcohol) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริก มะขามเปียก และหอมแดง ให้ลักษณะกลิ่นหมัก (Fermented odor) ที่พบในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 เท่านั้น

สารในกลุ่มคีโตนวิเคราะห์พบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงทุกตัวอย่าง คือ สาร 2-โพรพาโนน (2-Propanone) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในกระเทียม ข่า และหอมแดง ให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน (Sweet odor) พบมากในน้ำพริกตาแดง MK1 รองลงมาคือ MK2, SM, CHGH และ GgLSH ตามลำดับ พบในช่วงร้อยละ 0.07-0.56 สาร 2-บิวทาโนน (2-Butanone) เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในกุ้งหรือเคย (Girard and Nakai 2006) ให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน (Sweet odor) พบในน้ำพริกตาแดง MK1 และ MK2 ขณะที่สารเบต้า-ไอโอโนน (β -Ionone) และสาร 2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one เป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในพริก ให้ลักษณะกลิ่นรสน้ำตาลไหม้ (Caramel flavour) พบในน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH, SM และ SH ในช่วงร้อยละ 0.16-0.18 และใน CHGH, SM และ SH พบในช่วงร้อยละ 0.04-0.10

สารในกลุ่มอัลดีไฮด์ที่พบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงทุกตัวอย่าง คือ 2-เมทิลบิวทานัล (2-Methyl butanal), 3-เมทิลบิวทานัล (3-Methyl butanal) และเฟอฟูรัล (Furfural) ซึ่งพบว่ามีการพบ 2-เมทิลบิวทานัล (ในช่วงร้อยละ 0.15-7.87) และ 3-เมทิลบิวทานัล (ในช่วงร้อยละ 0.08-3.59) ซึ่งสารเหล่านี้พบได้ในน้ำปลา (Shimida et al. 1996) และให้ลักษณะกลิ่นช็อกโกแลต (Dark chocolate) (ฉวีวุฒิ สังแสง และคณะ 2550) กลิ่นรสของโปรตีน หรือเนื้อสัตว์ (Flores et al. 1997; พิเชษฐ น่วมทอง 2551) พบมากในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด

MK1 รองลงมาคือ MK2, GgLSH, SM, CHGH และ SH ตามลำดับ ขณะที่สารเฟอฟูรอลเป็นสารให้กลิ่นพบได้ในพริกและมะขามเปียก ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายอัลมอนด์ (Almond-like odor) วิเคราะห์ได้ถึงร้อยละ 2.24 ในน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH มากกว่าสูตรอื่นๆ และสารโพรพานัล (Propanal) เป็นสารระเหยในน้ำปลา (Shimida et al. 1996) วิเคราะห์พบในน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองทุกสูตร (พบในช่วงร้อยละ 0.07-0.27) แต่ไม่พบในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำปลาในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 (ร้อยละ 10 และ 20 ตามลำดับ) และผลิตภัณฑ์น้ำปลาที่ใช้ในการผลิตมียี่ห้อแตกต่างกันไปจากสูตรทดลอง ความร้อนระหว่างกระบวนการผลิตที่สูงกว่าน้ำพริกตาแดงสูตรทดลอง จึงทำให้ชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นที่พบได้ในน้ำปลาแตกต่างกัน

สารในกลุ่มเอสเทอร์ ได้แก่ 4-อัลลิลฟีนิล อะซิเตท (4-Allylphenyl acetate) และ ไอโซยูจีนอล อะซิเตท (Isoeugenol acetate) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในกระเทียม และข่า (Yang and Eilerman 1999) ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายข่า (Galangal-like odor) กลิ่นคล้ายกานพลู (Clove-like odor) พบในน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH, CHGH, SH และ SM พบในช่วงร้อยละ 0.03-0.56 แต่ไม่พบในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดทั้ง 2 ตัวอย่าง ขณะที่สารเมทิล อะซิเตท (Methyl acetate) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในมะขามเปียก ให้ลักษณะกลิ่นมะขามเปียก (Tamarind-like odor) และกลิ่นหอมหวาน (Sweet odor) พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK2 และ MK1 มีปริมาณร้อยละ 0.20 และ 0.11 ตามลำดับ

สารในกลุ่มฟิวแรนที่พบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงมีเพียง 2 ชนิด คือ 1). สาร 2-อะเซทิลฟิวแรน (2-Acetyl furan) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในมะขามเปียกและพริกแห้ง ให้ลักษณะกลิ่นเนื้อมีสุข (Cooked meat odor) ในน้ำพริกตาแดงทุกตัวอย่าง พบในช่วงร้อยละ 0.14-1.74 โดยมีปริมาณมากในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 รองลงมาคือ MK2, GgLSH, CHGH SM และ SH ตามลำดับ และ 2). สาร 2-เมทิลฟิวแรน (2-Methyl furan) เป็นสารที่ให้ลักษณะกลิ่นช็อกโกแลต (Chocolate odor) พบเฉพาะในน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK2 (ร้อยละ 0.08) เท่านั้น

สารประกอบซัลเฟอร์โดยส่วนใหญ่ที่พบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงเป็นสารให้กลิ่นที่พบในกระเทียม (ไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (Diallyl disulphide) อัลลิลไดซัลไฟด์ (Allyl disulfide) อัลลิลซัลไฟด์ (Allyl sulfide) อัลลิลไตรซัลไฟด์ (Allyl trisulfide) และโพรพิลีนซัลไฟด์ (Propylene sulfide)) ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายกระเทียม (Garlic like odor) และในหอมแดง (ไดเมทิลไดซัลไฟด์ (Dimethyl disulfide) เมทิลไอโซโพรพิลไดซัลไฟด์ (Methyl isopropyl disulfide) เมทิล-2-โพรพินิล ไตรซัลไฟด์ (Methyl-2-propenyl trisulfide) โพรพิลไดซัลไฟด์ (Propyl disulfide) และ เมทิล-ทราน-โพรพินิล ไดซัลไฟด์ (Methyl-trans-propenyl disulfide)) ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายหอม (Onion-like odor)

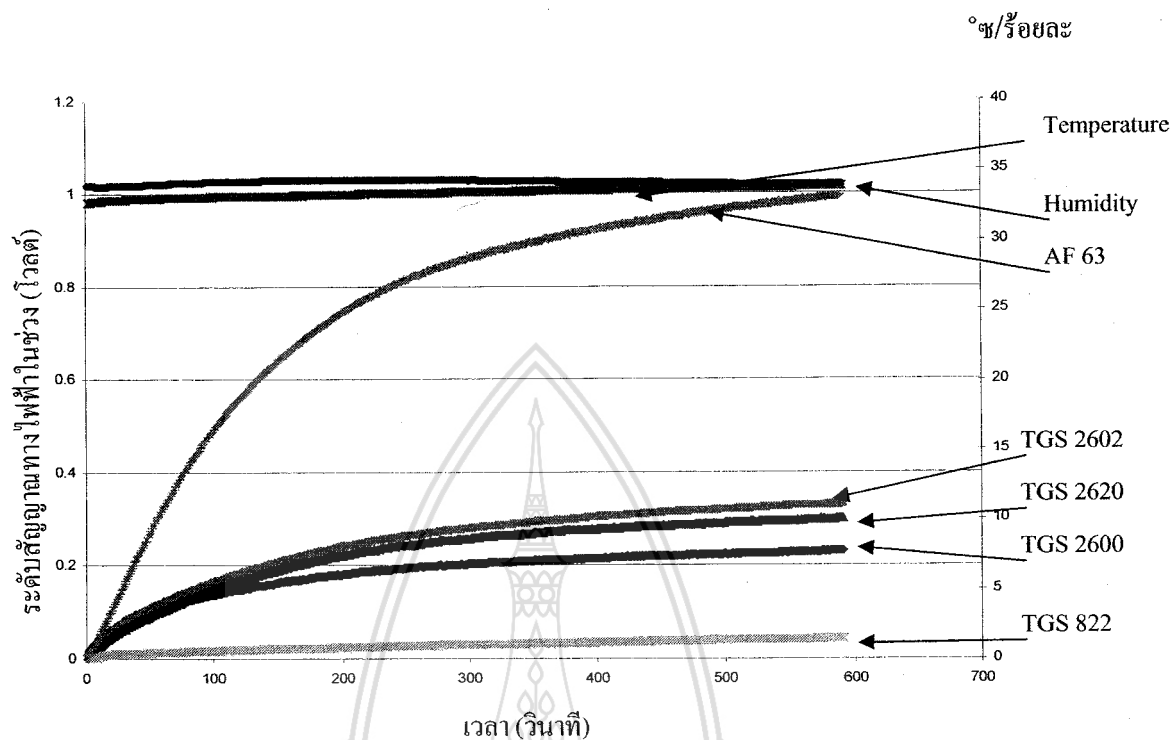
สารประกอบอื่นๆ ที่พบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง ได้แก่ สารทราน-แกรมมา-ไบซาโบลีน (trans- γ -Bisabolene) 2-เบต้า-ไพเนน (2- β -Pinene) อัลฟา-เบอร์กาโมทีน (α -Bergamotene), เบต้า-ไบซาโบลีน (β -Bisabolene) เบต้า-ไมครีน (β -Myrcene) แกรมมา-เทอร์ปีนีน (γ -Terpinene) ทราน-เบต้า-ฟาร์เนเซน (Trans- β -farnesene) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในข่าซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH และ CHGH (ร้อยละ 3 และ 4.27 ตามลำดับ) โดยพบว่าในมีปริมาณร้อยละ 0.80 และ 0.32, 1.12 และ 0.16, 2.32 และ 0.81, 2.17 และ 0.70, 0.29 และ 0.11, 0.43 และ 0.06, 1.89 และ 1.44 ตามลำดับ สาร 3,4-ไดไฮโดร-3-ไวนิล-1,2-ไดทอิน (3,4-

Dihydro-3-vinyl-1,2-dithiin), 2-เอททิล-4H-1,3-ไดทิอิน (2-Ethenyl-4H,1,3-dithiin) และ 2,4-ไดเมทิลไทโอฟิน (2,4-Dimethylthiophene) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในหอมแดง ส่วนใหญ่พบในน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM และ GgLSH ซึ่งเป็นสูตรที่มีส่วนประกอบของหอมแดงอยู่ในช่วงร้อยละ 25-30 โดยสารให้กลิ่นเหล่านี้มีปริมาณในช่วงร้อยละ 2.21-13.33, 4.36-20.10 และ 0.06-0.32 ตามลำดับ

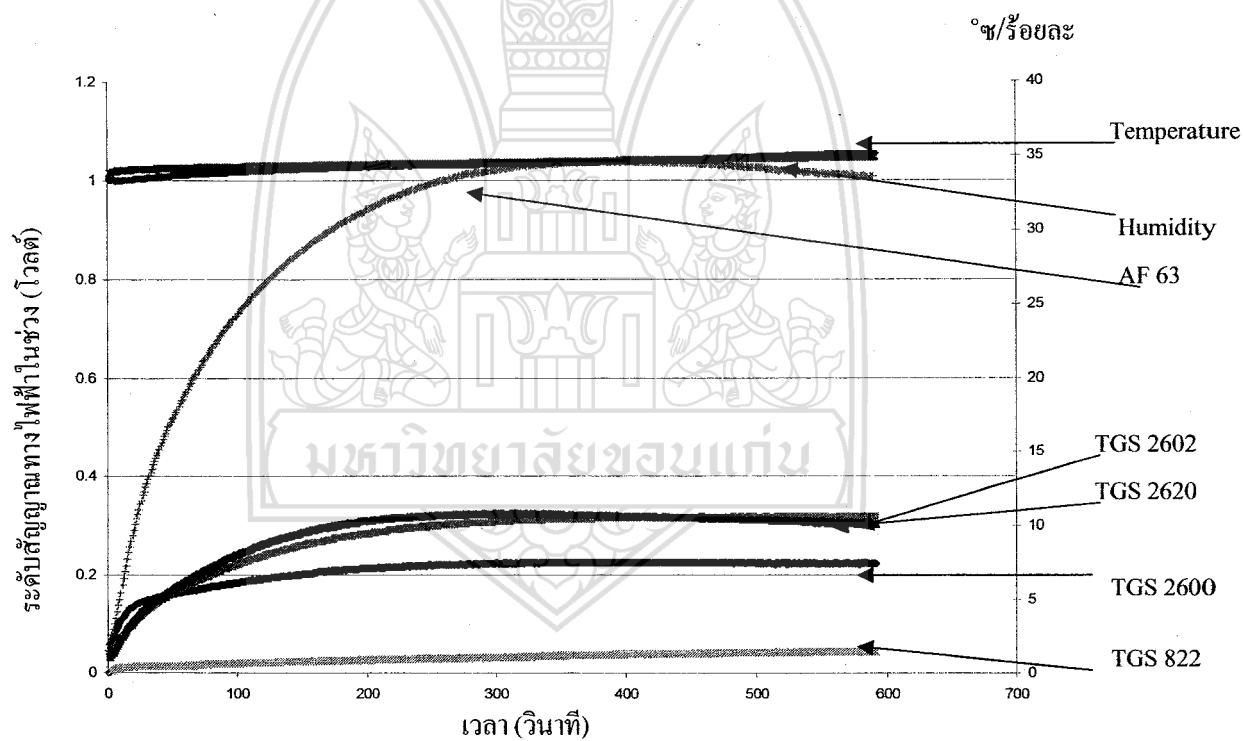
1.4.2 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างกลิ่นรสที่ระเหยได้ โดยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์

สารให้กลิ่นที่ระเหยได้จากผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM, GgLSH, CHGH, MK1 และ MK2 ที่ได้จากเซ็นเซอร์ 7 ชนิดของเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์ โดยแปลงจากปริมาณสารที่ตรวจวัดได้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ในการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของ 1 ตัวอย่าง กำหนดระดับสัญญาณทางไฟฟ้าในช่วง 0-5 โวลต์ (แสดงในแนวแกน Y) ใช้เวลา 10 นาที่ (แสดงในแนวแกน X) ที่ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่สามารถแสดงเป็นลักษณะโครงสร้างสารระเหยดังภาพที่ 7-12 พบว่าระดับสัญญาณไฟฟ้าคงที่แต่กราฟมีความชันแตกต่างกันตามชนิดของเซ็นเซอร์ ระดับสัญญาณทางไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ใดๆ ที่มีความชันมากแสดงถึงลักษณะกลิ่นฉุนหรือความเข้มของตัวอย่างที่ถูกวัดด้วยหัวเซ็นเซอร์นั้น โดยระดับสัญญาณทางไฟฟ้าจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวอย่างและปริมาณของสารให้กลิ่นในตัวอย่าง (รุ่งโรจน์ เมฆาณนท 2550) ผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงทุกตัวอย่างมีลักษณะ โครงสร้างกลิ่นที่คล้ายกัน เซ็นเซอร์ที่มีความไวต่อกลิ่นในตัวอย่งน้ำพริก แดงโดยส่วนใหญ่คือ เซ็นเซอร์ AF63 (Detection of alcohol) มีความชันของกราฟโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.088 และเซ็นเซอร์ TGS2602 (Detection of air contaminants) มีความชันของกราฟโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.159 เซ็นเซอร์ TGS 2620 (Detection of solvent vapors) มีความชันของกราฟโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.036 ตามลำดับ ทั้งนี้ความแตกต่างในการตอบสนองของเซ็นเซอร์จะขึ้นอยู่กับระดับความจำเพาะเจาะจงต่อเซ็นเซอร์แต่ละตัว (Innawong et al. 2004) สำหรับเซ็นเซอร์ AF63 เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับกลิ่นแอลกอฮอล์ มีความไวต่อสารในกลุ่มอะซิโตน (Acetone) และเอทานอล (Ethanol) เซ็นเซอร์ TGS2602 เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับกลิ่นสารปนเปื้อนในอากาศมีความไวต่อสารในกลุ่มโทลูอีน (Toluene) เอทานอล (Ethanol) แอมโมเนีย (Ammonia) ซัลเฟอร์ (Sulfur) และไนโตรเจน (Nitrogen) และเซ็นเซอร์ TGS 2620 เป็นเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับกลิ่นสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ระเหยได้ มีความไวต่อสารในกลุ่มเอทานอล (Ethanol) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

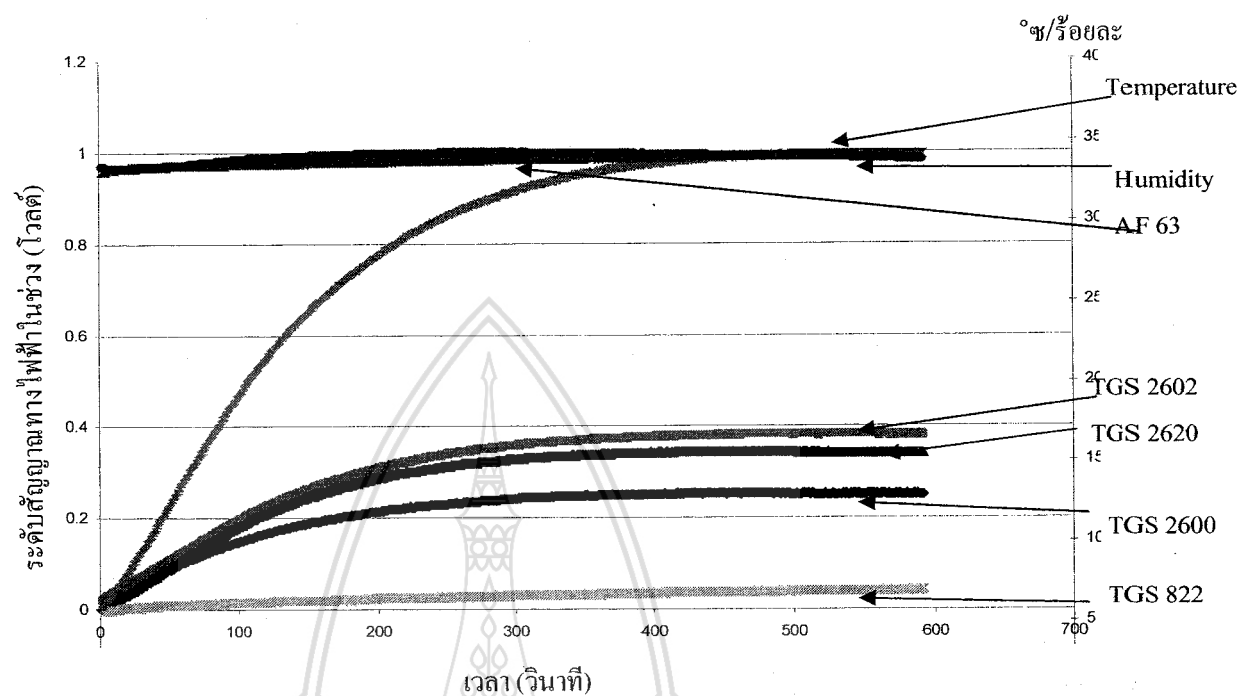
จากภาพที่ 7-12 พบว่าเซ็นเซอร์ AF63 มีระดับสัญญาณทางไฟฟ้าที่แสดงถึงความไวที่ต่อกลิ่นของน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM, GgLSH และ CHGH มากกว่าเซ็นเซอร์ชนิดอื่น อาจเนื่องมาจากชนิดของส่วนประกอบที่มีในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นพืชสมุนไพรที่เป็นแหล่งของแอลกอฮอล์ ได้แก่ พริก กระเทียม หอมแดง และข่า ขณะที่เซ็นเซอร์ TGS 2620, TGS 2602 และ TGS 2600 มีระดับสัญญาณทางไฟฟ้าที่แสดงถึงความไวต่อกลิ่นของน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK 2 มากกว่าตัวอย่างอื่นๆ อาจเนื่องมาจากชนิดของส่วนประกอบที่นอกจากพืชสมุนไพรดังกล่าวแล้วยังมีส่วนประกอบของแหล่งโปรตีน คือ กุ้งแห้ง และกะปิ ที่ต่างไปจากน้ำพริกตาแดงสูตรทดลอง



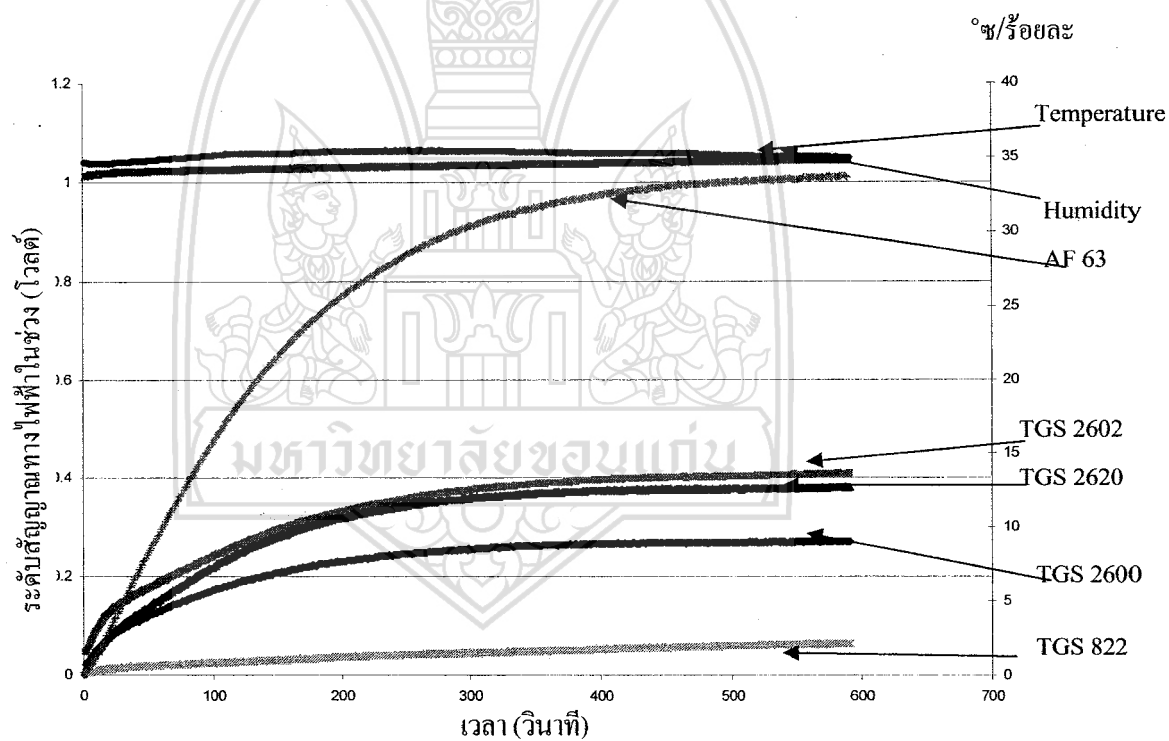
ภาพที่ 7 ลักษณะ โครงร่างกลืนรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH จากเซ็นเซอร์ 7 ตัว



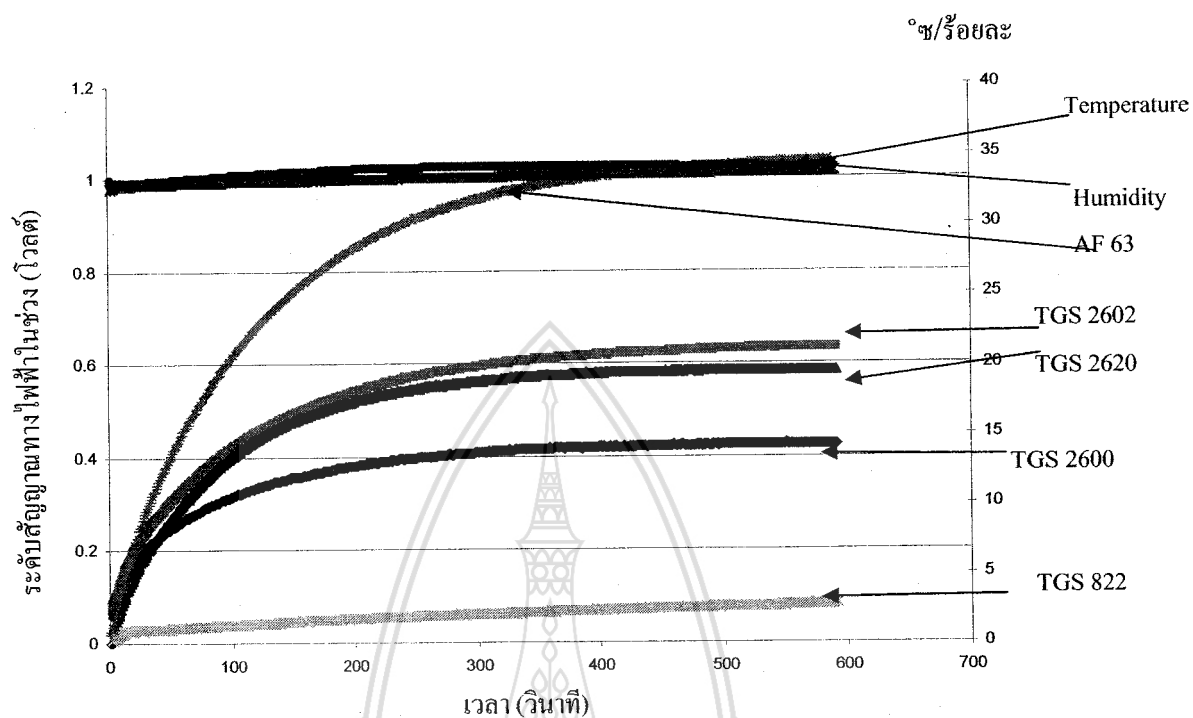
ภาพที่ 8 ลักษณะ โครงร่างกลืนรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร SH จากเซ็นเซอร์ 7 ตัว



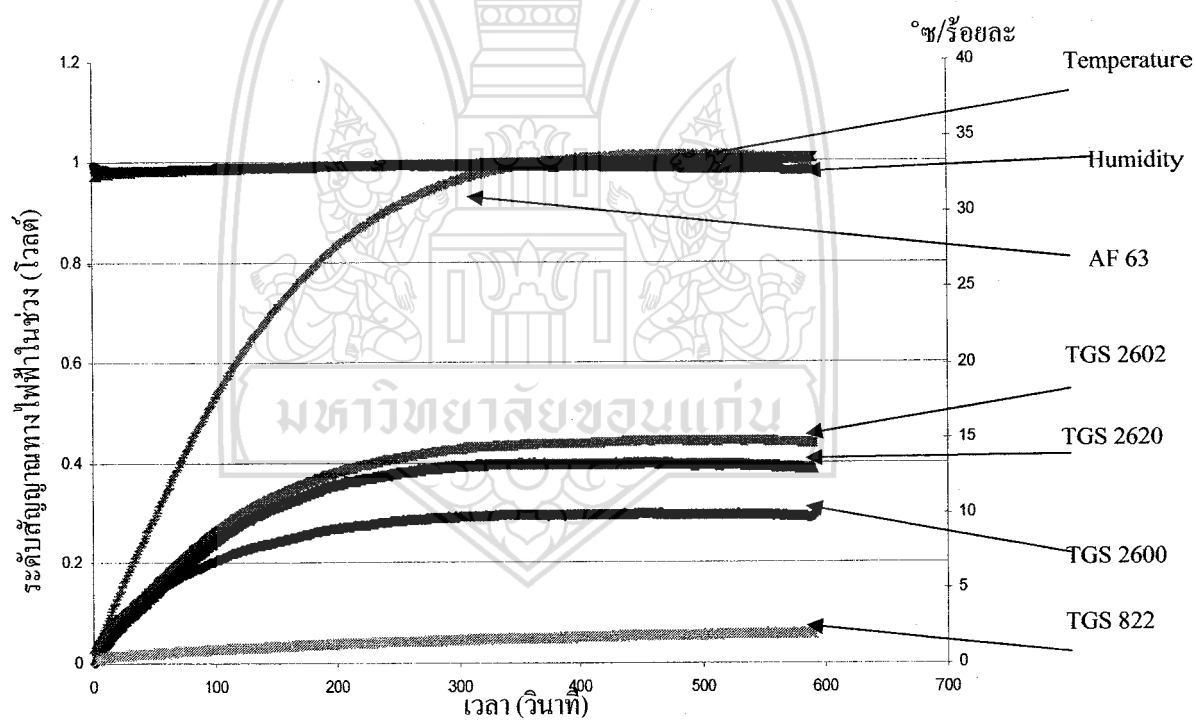
ภาพที่ 9 ลักษณะ โครงร่างกลืนรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร SM จากเซ็นเซอร์ 7 ตัว



ภาพที่ 10 ลักษณะ โครงร่างกลืนรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH จากเซ็นเซอร์ 7 ตัว



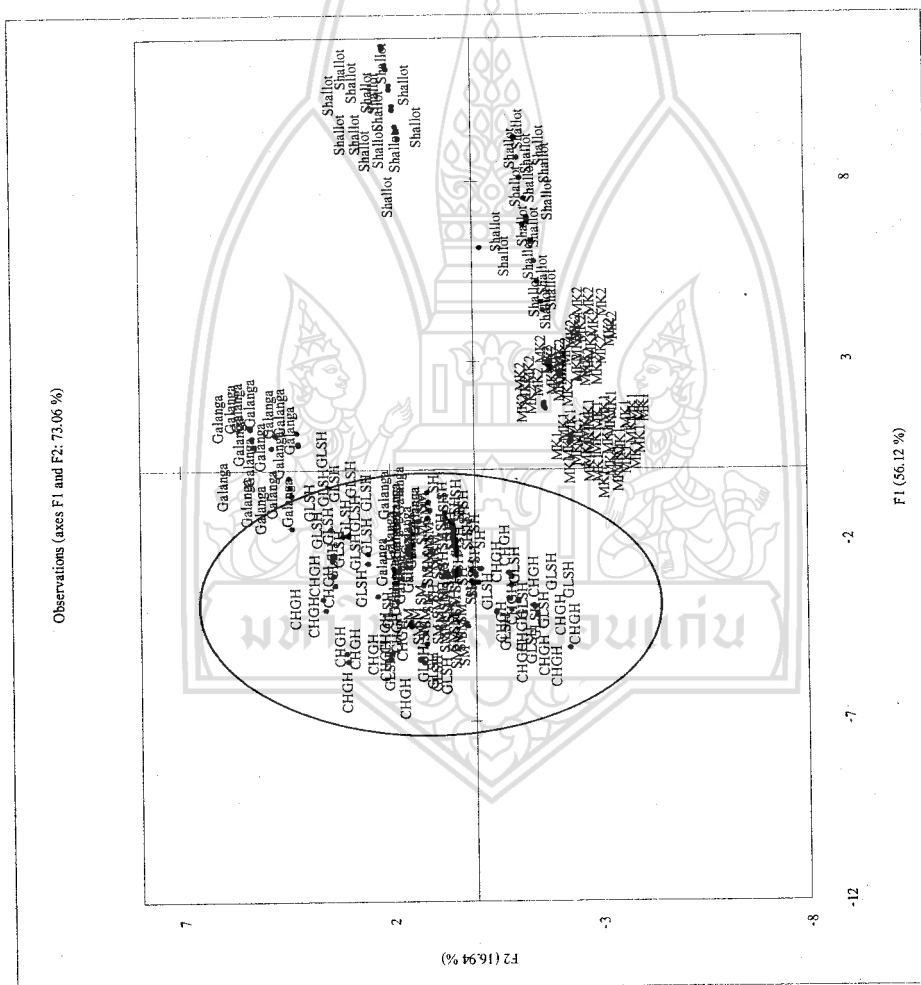
ภาพที่ 11 ลักษณะ โครงร่างกลืนรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงท้องตลาด MK1 จากเซ็นเซอร์ 7 ตัว



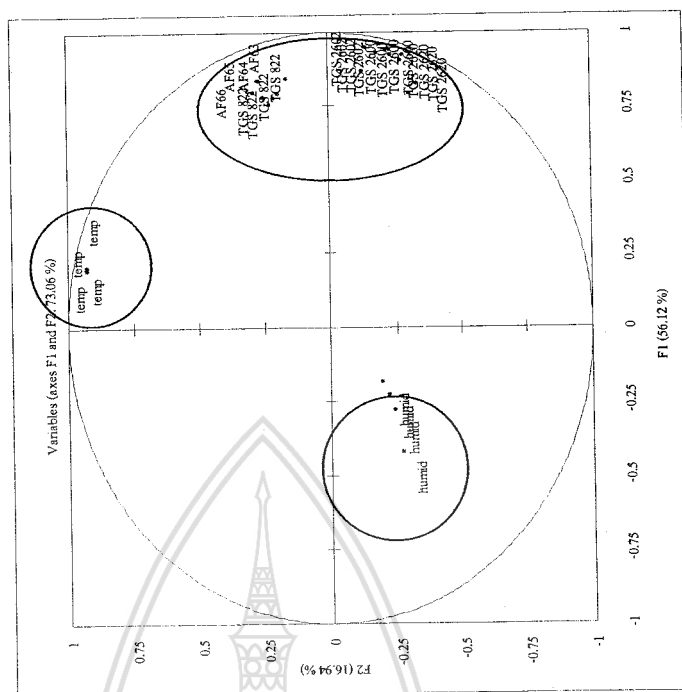
ภาพที่ 12 ลักษณะ โครงร่างกลืนรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงท้องตลาด MK2 จากเซ็นเซอร์ 7 ตัว

จากการใช้เทคนิคทางสถิติแบบ PCA สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมดจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง 6 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างถูกวิเคราะห์จำนวน 32 ช้ำ ใน 2 มิติ (PC1-PC2) ได้ร้อยละ 73.06 (ภาพที่ 13) พบว่าน้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกัน สำหรับน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH มีตำแหน่งใกล้กับ GgLSH และมีลักษณะกลิ่นที่วัดด้วยหัวเซ็นเซอร์ AF63, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602 และ TGS 2620 ตรงกันข้ามกับน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 ในแกนที่ 1 (PC1) ซึ่งอาจมีความหมายว่าผลิตภัณฑ์ที่มีตำแหน่งใกล้เคียงกันมีลักษณะของกลิ่นที่ได้จากหัวเซ็นเซอร์ที่คล้ายกัน ความคงตัวของสารให้กลิ่นที่วัดได้จาก 32 ช้ำของน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองได้แก่ SH มีตำแหน่งอยู่ใกล้กับ SM และ CHGH มีตำแหน่งอยู่ใกล้กับ GgLSH แต่ค่าปริมาณสารให้กลิ่นที่ได้ของน้ำพริกตาแดงแต่ละตัวอย่างซึ่งได้การวัดทั้ง 32 ครั้ง มีการกระจายตัวกันมากแตกต่างจากค่าปริมาณสารให้กลิ่นที่ได้จากน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 ที่มีการเกาะกลุ่มกัน ทั้งนี้เนื่องจากการให้ความร้อนสูงระหว่างกระบวนการผลิตทำให้น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดทำให้สารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์มีความคงตัวกว่า และสารให้กลิ่นบางชนิดอาจถูกตรึงด้วยความร้อนจึงทำให้เซ็นเซอร์ตรวจวัดกลิ่นในผลิตภัณฑ์ได้ค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ความสม่ำเสมอของชิ้นเข้าในผลิตภัณฑ์อาจส่งผลส่งผลให้เซ็นเซอร์ตรวจวัดกลิ่นซ้ำได้ไม่คงที่ กล่าวคือซ้ำที่มีขนาดชิ้นใหญ่อาจจะมีชนิดและปริมาณของสารให้กลิ่นเหลืออยู่มากกว่าซ้ำชิ้นเล็ก ทำให้ตำแหน่งของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ CLGH มีการกระจายตัวกันมากในผัง PCA

เมื่อพิจารณาลักษณะกลิ่นของผลิตภัณฑ์ร่วมกับวัตถุดิบข่า และหอมแดง ที่มีปริมาณส่วนผสมที่แตกต่างกันในผลิตภัณฑ์ อาจเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เซ็นเซอร์ตรวจวัดลักษณะของกลิ่นในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้แตกต่างกัน โดยพบว่าหอมแดงและน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM, GgLSH และ CHGH ถูกจัดกลุ่มให้อยู่ในแกนที่ 1 (PC1) (ด้วยค่าคะแนนตัวแปร (Factor scores) ประมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ -3.54, -3.22, -5.43, -6.63 ตามลำดับ) หอมแดงให้ลักษณะที่ตรงกันข้ามกับน้ำพริกตาแดงกลุ่มนี้ (ที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ AF63, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602 และ TGS 2620) อาจกล่าวได้ว่าพืชสมุนไพรที่ใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง โดยเฉพาะหอมแดง มีสารให้กลิ่นในกลุ่มแอลกอฮอล์อยู่ค่อนข้างสูงจึงทำให้เซ็นเซอร์ทุกตัวที่สามารถตรวจจับกลิ่นแอลกอฮอล์ได้ไว้ในพืชเหล่านี้ สำหรับน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 ถูกจัดกลุ่มให้อยู่ในแกนที่ 2 (PC2) (ด้วยค่าคะแนนตัวแปรประมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ -2.73 และ -3.93 ตามลำดับ) โดยมีลักษณะกลิ่นที่เกิดจากข่าน้อยมากหรือแทบไม่มีเลย



(a)



(g)

(ง) ภาพที่ 13 กราฟ PCA แสดง (a) การจัดกลุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกตามแหล่งสุตร 6 สุตร และ (b) ค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของเซ็นเซอร์เครื่องสุกอิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ 10 ระดับค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของหัวเซ็นเซอร์ที่เวลา 4 นาที ของตัวอย่างน้ำพริกตาแดง 6 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ประเภทของหัวเซ็นเซอร์						
	AF63	TGS 2600	TGS 2602	TGS 2620	TGS 822	TEMP	HUMID
SM	0.947±0.033 ^b	0.286±0.033 ^c	0.375±0.033 ^c	0.389±0.033 ^c	0.061±0.020 ^d	33.626±0.033 ^c	35.765±0.033 ^{ab}
SH	0.943±0.002 ^b	0.282±0.002 ^c	0.371±0.002 ^c	0.386±0.002 ^c	0.048±0.002 ^c	33.623±0.002 ^c	35.762±0.002 ^{ab}
GgLSH	0.661±0.239 ^a	0.172±0.053 ^a	0.251±0.082 ^a	0.246±0.078 ^a	0.022±0.009 ^a	33.642±0.871 ^c	36.535±2.338 ^{bc}
CHGH	0.632±0.238 ^a	0.219±0.123 ^b	0.310±0.167 ^b	0.302±0.186 ^b	0.033±0.021 ^b	33.546±0.746 ^c	37.021±3.910 ^c
MK1	1.241±0.002 ^d	0.389±0.029 ^d	0.514±0.002 ^d	0.636±0.002 ^d	0.063±0.002 ^d	33.028±0.002 ^a	36.034±0.002 ^b
MK2	1.131±0.028 ^c	0.477±0.089 ^d	0.784±0.015 ^c	0.771±0.009 ^c	0.072±0.003 ^c	33.283±0.084 ^b	35.016±0.531 ^a

*ตัวอักษรยก ในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าสัญญาณทางไฟฟ้าที่แสดงถึงลักษณะกลิ่นจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงที่วัดโดยเซ็นเซอร์แต่ละชนิด ($n=32$) รายงานผลที่เวลา 4 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่สัญญาณทางไฟฟ้าของแต่ละเซ็นเซอร์เริ่มคงที่ พบว่าเซ็นเซอร์ทุกชนิดมีความไวสูงต่อการเปลี่ยนแปลงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 สูงกว่าน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM, CHGH และ GgLSH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 10) เมื่อพิจารณาข้อมูลร่วมกับ PCA ในภาพที่ 14 สามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงได้ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มของน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 กลุ่มของน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ GgLSH และกลุ่มของน้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM

การที่ผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ GgLSH ถูกจัดให้เป็นกลุ่มเดียวกันจากค่าสัญญาณทางไฟฟ้าของสารให้กลิ่นที่ถูกวัดโดยเซ็นเซอร์แต่ละชนิด อาจเนื่องมาจากการที่ทั้ง 2 สูตร มีส่วนผสมประกอบเหมือนกัน ในขณะที่สารให้กลิ่นที่ได้จากผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM ถูกจัดกลุ่มอยู่ด้วยกัน อาจเนื่องมาจากส่วนผสมของวัตถุดิบโดยส่วนใหญ่มีอัตราส่วนใกล้เคียงกัน ได้แก่ พริกแห้ง มะขามเปียก น้ำปลา และน้ำตาลปีบ (กระเทียมร้อยละ 10 และ 15 หอมแดงร้อยละ 30 และ 35 ตามลำดับ) สำหรับน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์จากท้องตลาดทั้ง 2 ตัวอย่างนอกจากจะมีส่วนผสมของ พริก กระเทียม และหอมแดงแล้ว ยังมีส่วนผสมของกะปิและกุ้งแห้งในผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งสารให้กลิ่นที่พบได้ในกุ้งที่ผ่านความร้อน (ย่าง หรือ ต้ม) ได้แก่ สารในกลุ่มแอลกอฮอล์ คีโตน อัลคิลไพราซีน (Alkyl pyrazines) สารประกอบซัลเฟอร์ (Sulfur containing compound) และสารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen containing compound) เป็นต้น และโดยส่วนใหญ่แล้วสารที่กระตุ้นให้เกิดกลิ่นมากที่สุดในกุ้งที่ผ่านความร้อน คือ สารประกอบซัลเฟอร์ และสารประกอบไนโตรเจน (Kubota et al. 1986) ดังนั้นจึงน่าจะเป็นผลให้ลักษณะกลิ่นของ MK1 และ MK2 ที่วัดได้โดยเซ็นเซอร์ของเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีค่าสูงและแตกต่างจากน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองอีก 4 สูตร

จากการศึกษาลักษณะกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงโดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ GC-MS และจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสามารถอธิบายได้ว่าพืชสมุนไพรที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดง ได้แก่ พริก กระเทียม หอมแดง และข่า เป็นแหล่งของสารให้กลิ่นที่ระเหยได้ โดยเฉพาะสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ ดังนั้นเซ็นเซอร์ของเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่สามารถวัดกลิ่นแอลกอฮอล์ได้ดีจึงแสดงความไวในการตรวจวัดกลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้สูงกว่าเซ็นเซอร์ชนิดอื่น สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากข่า

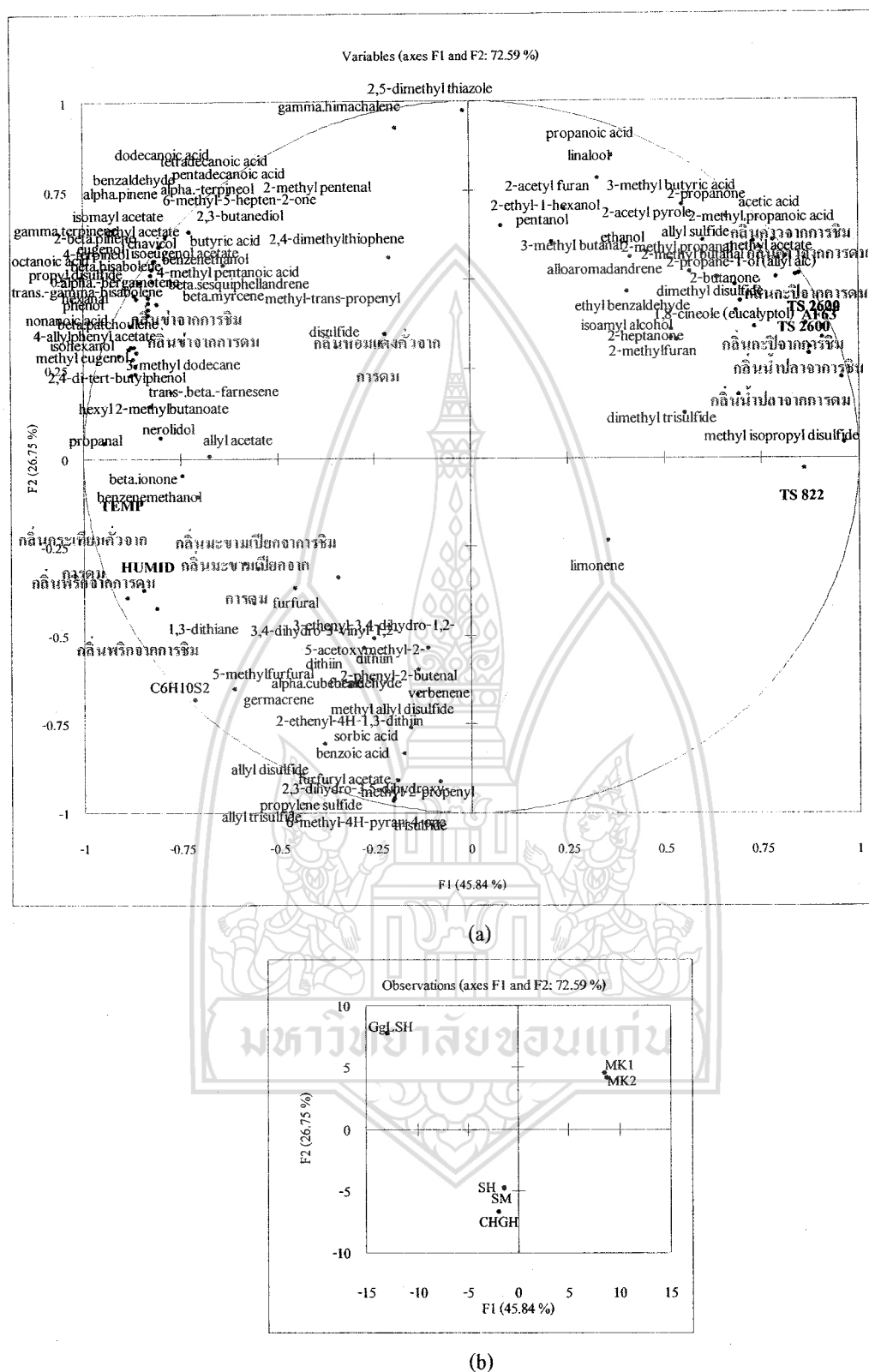
ประกอบด้วยสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ คือ ยูจีนอล (Eugenol) และจินเจอร์อล (Gingerol) (ศูนย์ข้อมูลสมุนไพร 2530) Pooter et al. (1985) รายงานว่าสารดังกล่าวจะพบมากในข่าแก่ สำหรับสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากหอมแดง คือ เอทานอล (Ethanol) เมทานอล (Methanol) และโพรพานอล (Propanol) (บัญญัติ สุขศรีงาม 2547; Boelens et al. 1971) และสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพริกที่มีคุณสมบัติเป็นแอลกอฮอล์ คือ เมทานอล และเฮกซานอล (Cremer and Eichner 2000; Luning et al. 1994; Van Ruth et al. 1995), ลินาลลอล (linalool) (Pino et al. 2007) โพรพานอล (Propanol) ฟีนอล (Phenol) (Van Ruth et al. 1995) เป็นต้น Van Ruth et al. (1994,1995) รายงานว่าสารในกลุ่มอัลดีไฮด์เป็นสารที่บ่งชี้ปฏิกิริยาเมตาบอลิซึมที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อนพริก โดยสารสำคัญที่ให้กลิ่นในพริกที่ผ่านกระบวนการทำแห้งจากกระบวนการให้ความร้อน ได้แก่ อะเซทาลดีไฮด์ (Acetaldehyde) 2-เมทิลโพรพานัล (2-Methylpropanal), 2-เมทิลบิวทานัล (2-Methylbutanal) และ 3-เมทิลบิวทานัล (3-Methylbutanal) นอกจากนี้ยังพบสารไดเมทิล ซัลไฟด์ (Dimethyl sulfide) และ 6-Methyl-5-hepten-2-one ในพริกแห้งอีกด้วย สำหรับสารให้กลิ่นในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกระเทียมโดยส่วนใหญ่เป็นสารเคมีกำมะถัน (Anki and Mirelmen 1999) ที่มีกลิ่นฉุน ได้แก่ อัลลิซิน (Allicin) อะโจอิน (Ajoene) ไวนิลไดไธอิน (Dinyldithiin) ไดอัลลิล ไดซัลไฟด์ (Diallyl disulphide) ไดอัลลิล ซัลไฟด์ (Diallyl sulphide) (Amagase et al. 2001; Yeh and Lin 2001) Kerst and Keusgen (1999) ระบุว่าเมื่อกระเทียมถูกทุบหรือบด อัลลิซินจะถูกไฮโดรไลสด้วยเอนไซม์อัลลิเนสแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเป็นอัลลิซินพร้อมทั้งได้แอมโมเนีย (NH_3) เป็นผลพลอยได้ กระเทียมยังมีสารไนโตรเจนในปริมาณสูงเนื่องจากมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนที่สำคัญ ได้แก่ อะลานีน อาร์จินีน กรดแอสปาร์ติก ซิสทีน กรดกลูตามิก ไกลซีน ฮิสทีดีน ลูซีน โลซีน เมทไธโอนีน เป็นต้น (Indrajit et al. 1995) ดังนั้นเซ็นเซอร์ TGS2602 ที่วัดกลิ่นปนเปื้อนในอากาศ เช่น โทลูอิน ซัลเฟอร์ แอมโมเนีย และไนโตรเจน จึงวัดค่ากลิ่นของกระเทียมคั่ว และพริกแห้งคั่ว ในผลิตภัณฑ์ได้ดี

1.4.3 โครงร่างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงจากข้อมูลที่ได้จากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน การวัดด้วยเครื่อง GC-MS และจมูกอิเล็กทรอนิกส์

ข้อมูลความเข้มของลักษณะกลิ่นที่ได้จากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน การวัดด้วยเครื่อง GC-MS และจมูกอิเล็กทรอนิกส์สามารถวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเทคนิคแบบ PCA เพื่อวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงทั้ง 6 ตัวอย่าง พบว่าแกนที่ 1-3 (PC1-3) (แสดงดังภาพที่ 14a, 14b, 15a และ 15b) อธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 45.84, 26.75 และ 13.67 ตามลำดับ พบว่าน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH, MK1 และ MK2 ถูกจัดกลุ่มรวมกัน จากอิทธิพลของความแปรปรวนในแกนที่ 1 (PC1) โดยน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH ถูกอธิบายด้วยด้วยลักษณะกลิ่นข่าจากการชิมและดม กลิ่นกระเทียมคั่วจากการดม กลิ่นพริกจากการชิมและดม และค่าสัญญาณทางไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ความชื้น และอุณหภูมิ ขณะที่น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 ถูกอธิบายด้วยลักษณะกลิ่นน้ำปลาจากการชิมและดม กลิ่นคาวจากการชิมและดม กลิ่นกะปิจากการชิมและดม และค่าสัญญาณทางไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ AF63, TGS 822, TGS 2600, TGS 2602 และ TGS 2620 ถูกอธิบายด้วยลักษณะเด่น สำหรับน้ำพริกตาแดงสูตร SH, SM และ CHGH ถูกจัดกลุ่มรวมกันจากลักษณะกลิ่นมะขามเปียกจากการชิมและดมในแกนที่ 2 ขณะที่แกนที่ 3 (PC3) แยกน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH ออกจากน้ำพริกตาแดง SH และ SM ด้วยลักษณะกลิ่นหอมแดงคั่วจากการดม และสารให้กลิ่นในข่าบางชนิด

ได้แก่ แอฟฟา-คูบีนิ (α-Cubebene) เยอรมาครีน (Germacrene) เวอร์บีนิ (Verbenene) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในจำพวกสารให้กลิ่นในหอมแดงในน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH ได้แก่ สารเมธิล-ทราน-โพรพิลไดซัลไฟด์ (Methyl-trans-propenyl disulfide) และ เมธิล-2-โพรพิล ไตรซัลไฟด์ (Methyl-2-propenyl trisulfide) พบว่ามีปริมาณน้อยกว่าในสูตร SH และ SM ขณะที่ไม่พบสารให้กลิ่นในจำพวกกล่าวในผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM

จากเกณฑ์ 1-3 (PC1-3) ของกราฟ PCA อธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH มีลักษณะเด่นที่คล้ายกันกับน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH ด้วยลักษณะของกลิ่นที่ห่างจากการชิมและดม สารให้กลิ่นในจำพวกที่พบได้ในน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH คือ สารชาวิคอล (chavicol) และ ไอโซยูจีนอล อะซิเตท (Isoeugenol acetate) (Yang and Eilerman 1999) ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายข่า (Galangal-like odor) และให้กลิ่นพริกจากการดมและชิม และกลิ่นคั่วจากการดมที่คล้ายกัน ทั้งนี้ น้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH (พริกแห้งร้อยละ 10 กระเทียมร้อยละ 10 และข่าร้อยละ 3.00) มีปริมาณส่วนประกอบของพริกแห้ง กระเทียม และข่า น้อยกว่าน้ำพริกตาแดงสูตร CHGH (พริกแห้งร้อยละ 14.65, กระเทียมร้อยละ 22.89 และข่าร้อยละ 4.27) อาจเนื่องมาจากปริมาณของสารให้กลิ่นที่วัดได้ไม่สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณส่วนประกอบของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ เพราะสารให้กลิ่นบางชนิดสามารถพบได้มากกว่า 1 แหล่ง และแสดงกลิ่นมากกว่า 1 กลิ่น เช่น สาร 4-อัลลิลฟีนิล อะซิเตท (4-Allylphenyl acetate) และ ไอโซยูจีนอล อะซิเตท (Isoeugenol acetate) เป็นสารให้กลิ่นพบได้ในกระเทียม และข่า (Yang and Eilerman 1999) ให้ลักษณะกลิ่นคล้ายข่า (Galangal-like odor) และกลิ่นคล้ายกลีบกระเทียม (Clove-like odor) ด้วย นอกจากนี้ลักษณะกลิ่นที่ห่างจากการดมและชิม กลิ่นพริกจากการดมและชิม และกลิ่นกระเทียมจากการดม มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับเซ็นเซอร์ความชื้นด้วย อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และ GgLSH นอกจากจะมีพริกแห้ง กระเทียมและหอมแดงเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์แล้วยังมีข่าที่มีองค์ประกอบของน้ำถึงร้อยละ 81.74 (บรรจุภัณฑ์ ลิ้นจี่ และคณะ 2550) จึงมีความชื้นสูงกว่าน้ำพริกตาแดงสูตรอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ได้ในการทดลองที่ 3.4.1.4 อีกทั้งการที่ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง อาจหมายถึงการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตที่ไม่สูงมาก ทำให้ปริมาณสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนประกอบยังคงเหลืออยู่สูงจึงแสดงลักษณะกลิ่นดังกล่าวได้ชัดเจน ขณะที่น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH, SH และ SM มีลักษณะรวมเป็นกลิ่นเปรี้ยวที่คล้ายกัน อาจเนื่องมาจากทั้ง 3 ตัวอย่าง มีปริมาณมะขามเปียกที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงร้อยละ 14.22-15 และสารให้กลิ่นในมะขามเปียกที่พบในผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ตัวอย่าง คือ กรดเบนโซอิก (Benzoic acid) สำหรับน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 และ MK2 มีลักษณะที่คล้ายกัน คือ ลักษณะกลิ่นน้ำปลาจากการชิมและดม กลิ่นคาวจากการชิมและดม และกลิ่นกะปิจากการชิมและดม เนื่องจากทั้ง 2 สูตรมีส่วนประกอบของกุ้งแห้งร้อยละ 10-12 กะปิร้อยละ 5-15) และน้ำปลาร้อยละ 10-20 พบสารให้กลิ่น คือ 2-เมธิลิวทานนอล ร้อยละ 0.15-7.87 และ 3-เมธิลิวทานนอลร้อยละ 0.08-3.59 ซึ่งให้กลิ่นที่พบได้ในน้ำปลา (Shimida et al. 1996) (ฉวีวุฒิ ต่องแสง และคณะ 2550) และกลิ่นรสของโปรตีน หรือเนื้อสัตว์ (Flores et al. 1997; พิเชษฐ์ น่วมทอง 2551) นอกจากนี้ยังพบ 2-บิวทานอน (2-Butanone) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นที่พบได้ในกุ้งหรือเคย (Girard and Nakai 2006) ให้ลักษณะกลิ่นหอมหวาน (Sweet odor) สำหรับค่าสัญญาณทางไฟฟ้าจากเซ็นเซอร์ AF63, TGS 822, TGS 2620, TGS 2600 และ TGS 2602 ซึ่งมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับลักษณะกลิ่นน้ำปลาจากการชิมและดม กลิ่นคาวจากการชิมและดม และกลิ่นกะปิจากการชิมและดม และถูกอธิบายกับ



ภาพที่ 14 กราฟ Biplot จากวิธีการวิเคราะห์ PCA แสดง (a) PC1-PC2 ลักษณะโครงสร้างกลิ่นรสที่ประเมินด้วยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS และจุ่มกือเล็กทรอนิกส์ และ (b) ตำแหน่งของตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงสูตรต่างๆ

จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 4 สูตร (CHGH จากการพัฒนาสูตรขั้นที่ 1 และ SH, SM, GgLSH จากการพัฒนาสูตรขั้นที่ 2) ร่วมกับสูตรจากท้องตลาด 2 สูตร (MK1, MK2) พบว่าน้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH มีสีแดงสดกว่าน้ำพริกตาแดงสูตรอื่นๆ โดยมีค่า L^* , a^* และ b^* เท่ากับ 11.29, 31.82 และ 10.12 ตามลำดับ น้ำพริกตาแดงสูตร CHGH และสูตร GgLSH ซึ่งมีส่วนประกอบของข่าเท่ากับร้อยละ 4.27 และ 3 ตามลำดับ มีค่าความแข็งและการเกาะตัวกันจากการวัดด้วยเครื่อง Texture analyzer มากกว่าน้ำพริกตาแดงสูตร SM, SH, MK2 และ MK1

การวิเคราะห์โครงสร้างกลิ่นรสของน้ำพริกตาแดงทั้ง 6 สูตร ด้วยวิธี Flavour Profile (FP) (International Odganization Standard 1985) โดยคัดเลือกผู้ประเมินที่มีความสามารถในการแยกแยะกลิ่นและรสมาตรฐาน และผ่านการฝึกฝนเป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ได้คำอธิบายโครงสร้างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (Lexicons) เป็นกลิ่น 14 ลักษณะ, รส 6 ลักษณะ และความเผ็ด 4 ลักษณะ เมื่อเชื่อมโยงข้อมูล FP ดังกล่าวกับ ค่าคะแนนความชอบ ส่วนประกอบวัตถุดิบ ค่าคุณภาพของกายภาพ และทางเคมี เข้าด้วยกัน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยแบบ Principal Component Analysis (PCA) ทำให้สามารถอธิบายถึงลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงแต่ละตัวอย่าง ได้ชัดเจนมากขึ้น โดยพบว่าน้ำพริกตาแดงสูตรทดลอง GgLSH และ CHGH มีลักษณะเด่น คือ มีความเผ็ดจากพริก และข่าสูง และมีกลิ่นพริกและข่าแรง เนื่องจากมีส่วนประกอบของพริก (ร้อยละ 14.65 และ 10) และข่า (ร้อยละ 4.27 และ 3) ในผลิตภัณฑ์ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจมีผลในการลดอิทธิพลจากกลิ่นและรสอื่นๆ ในขณะที่ผู้ประเมินรับรู้ระดับความเผ็ดของน้ำพริกตาแดงจากท้องตลาด MK1 ได้น้อยกว่าสูตรทดลอง ทั้งๆ ที่ ตัวอย่าง MK 1 มีดัชนีความเผ็ดสูงที่สุด (1395.59 SHU) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก MK 1 มีระดับความหวานสูงจึงช่วยลดความเผ็ดร้อนในปากได้ พบว่าผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนแล้วรับรู้ระดับความเผ็ดในตัวอย่างได้น้อยลงและให้ค่าระดับความเผ็ดต่ำลงเมื่อในผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำตาลอยู่ค่อนข้างสูง (ร้อยละ 15-20) นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลร่วมของรสหวานและรสเค็ม ในตัวอย่างที่มีผลต่อการรับรู้ความเผ็ด ส่วนน้ำพริกตาแดงสูตรทดลอง SH และ SM มีกลิ่นมะขามเปียกจากการดม และชิม กลิ่นหอมแดงคั่วจากการดม รสเปรี้ยว และรสเปรี้ยวที่ตกค้างภายหลังการกลืนเป็นลักษณะเด่น

สรุปได้ว่าจากการวิเคราะห์ลักษณะ โครงสร้างกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกตาแดงด้วยวิธี FP, GC-MS และ เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนให้ผลไปในทิศทางเดียวกันสอดคล้องกับสมมติฐานงานวิจัย

จากการวิเคราะห์ลักษณะกลิ่นด้วยเครื่อง GC-MS เห็นได้ชัดว่าสารให้กลิ่นในตัวอย่างน้ำพริกตาแดงขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้และอาจรวมไปถึงการให้ความร้อนในกระบวนการผลิต พบว่าสารให้กลิ่น ในน้ำพริกตาแดงสูตรทดลองส่วนใหญ่เป็นสารในกลุ่มสารประกอบซัลเฟอร์และสารประกอบอื่นๆ ขณะที่ น้ำพริกตาแดงจากท้องตลาดมีสารในกลุ่มกรดและแอลกอฮอล์สูงที่สุด สำหรับการวิเคราะห์ลักษณะกลิ่นด้วย เครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าเซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจวัดกลิ่นแอลกอฮอล์ได้ ได้แก่ AF 63, TSG 2620 และ TGS2602 มีการตอบสนองต่อลักษณะกลิ่นของตัวอย่างน้ำพริกตาแดงได้สูงกว่าเซ็นเซอร์ชนิดอื่น

จากการวิเคราะห์ลักษณะกลิ่นรสทั้ง 3 วิธี สามารถจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1). น้ำพริกตาแดงสูตร GgLSH และ CHGH ที่มีส่วนประกอบของข่าร้อยละ 3 และ ร้อยละ 4.27 มีลักษณะเด่นของกลิ่นข่าและสารให้กลิ่นในข่าเป็นหลัก เช่น สารเนโรลิดอล, สารเมทิลยูจีนอล, ซาวิคอล, แอลฟา-เทอร์พีนีออล, และ 4-เทอร์พีนีออล เป็นต้น

2) น้ำพริกตาแดงสูตร SH และ SM มีส่วนประกอบของหอมแดงเป็นส่วนใหญ่ ร้อยละ 30 และ 25 แต่มีกลิ่นมะขามเปียกจากการชิมและดมสูงจากการวัดโดยผู้ประเมิน พบสารให้กลิ่นในมะขามเปียกเป็นหลัก เช่น เมธิลอะซิเตท และ 2-เมธิลฟิวแรน เป็นต้น

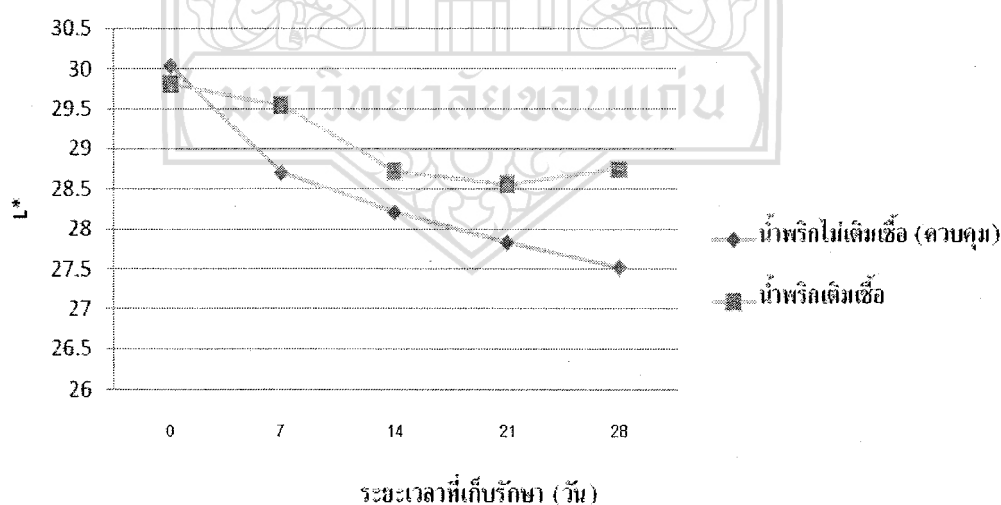
3) น้ำพริกตาแดงจากท้องถิ่นตลาด MK1 และ MK2 มีส่วนประกอบของกะปิร้อยละ 5 และ 15 กุ้งแห้งร้อยละ 10 และ 12 และน้ำปลาร้อยละ 10 และ 20 ตามลำดับ มีลักษณะกลิ่นคาวจากการดมและชิม กลิ่นกะปิจากการดมและชิม และกลิ่นน้ำปลาจากการชิมที่ชัดเจนจากการวัดโดยผู้ประเมิน สารที่ให้กลิ่นเหล่านี้ เช่น 3-เมธิลบิวทานัล, 2-เมธิลบิวทานัล, 2-โพรพาโนน, 2-บิวทานโนน และ กรดโพรพาโนอิก เป็นต้น

2. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกตาแดงทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกตาแดงสูตร SM (สูตรที่มีประสิทธิภาพในยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เสื่อมเสียและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคสูง) ทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) โดยใช้น้ำพริกตาแดงสูตรที่ผ่านการคัดเลือกมาจากการศึกษาก่อนหน้านี้ ซึ่งคัดเลือกว่าน้ำพริกตาแดงที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดสอบมากที่สุด นำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางด้านต่างๆ ทุกๆ 7 วัน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) โดยผลิตน้ำพริกตาแดงสองชนิดคือ ชนิดไม่เติมเชื้อ (ควบคุม) เป็นน้ำพริกตาแดงปกติ อีกชนิดคือ ชนิดเติมเชื้อ เป็นน้ำพริกที่เติมเชื้อจุลินทรีย์ปริมาณเริ่มต้นจำนวน 10^4 cfu/g ลงไป 6 ชนิด ได้แก่ เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* และ *Aspergillus niger* จากนั้นบรรจุน้ำพริกใส่กระปุกพลาสติก ซึ่งได้ผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ

(1) ค่าสี (L^*)



ภาพที่ 16 ค่า L^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

ตารางที่ 11 ค่า L* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่า L*
0	29.92 ± 1.91^c
7	29.12 ± 1.41^b
14	28.46 ± 1.44^a
21	28.19 ± 1.01^a
28	28.13 ± 1.31^a

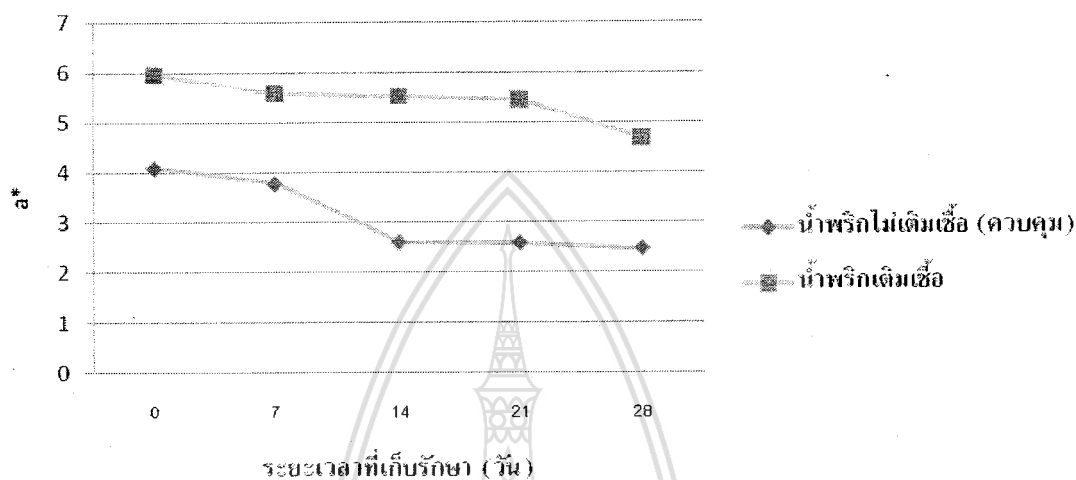
*ตัวอักษรยกในแนวดังที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 12 ค่า L* ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

น้ำพริกตาแดง	ค่า L*
ชนิดไม่เค็มเชื้อ (ควบคุม)	29.92 ± 1.91^b
ชนิดเค็มเชื้อ	29.12 ± 1.41^a

*ตัวอักษรยกในแนวดังที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาค่า L* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 11 และการศึกษาค่า L* ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 12 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า L* ของน้ำพริก ($P > 0.05$) แต่ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงต่างมีอิทธิพลต่อค่า L* ของน้ำพริก ($P \leq 0.05$) ซึ่งค่า L* แสดงถึงค่าความสว่างของน้ำพริก มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดยเมื่อพิจารณาค่า L* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า น้ำพริกตาแดงในวันที่ 0 จะมีค่า L* มากที่สุด คือ 29.92 รองลงมาคือ วันที่ 7 คือ 29.12 ส่วนวันที่ 14, 21 และ 28 จะลดลงมาเป็น 28.46, 28.19 และ 28.13 ตามลำดับ ซึ่งวันที่ 14, 21 และ 28 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่า L* ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า น้ำพริกตาแดงชนิดไม่เค็มเชื้อจะมีค่า L* มากที่สุดคือ 29.92 รองลงมาคือชนิดเค็มเชื้อ คือ 29.12 ซึ่งน้ำพริกตาแดงทั้งสองชนิดมีค่า L* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

(2) ค่าสี (a^*)

ภาพที่ 17 ค่า a^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^\circ\text{C}$)

ตารางที่ 13 ค่า a^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^\circ\text{C}$)

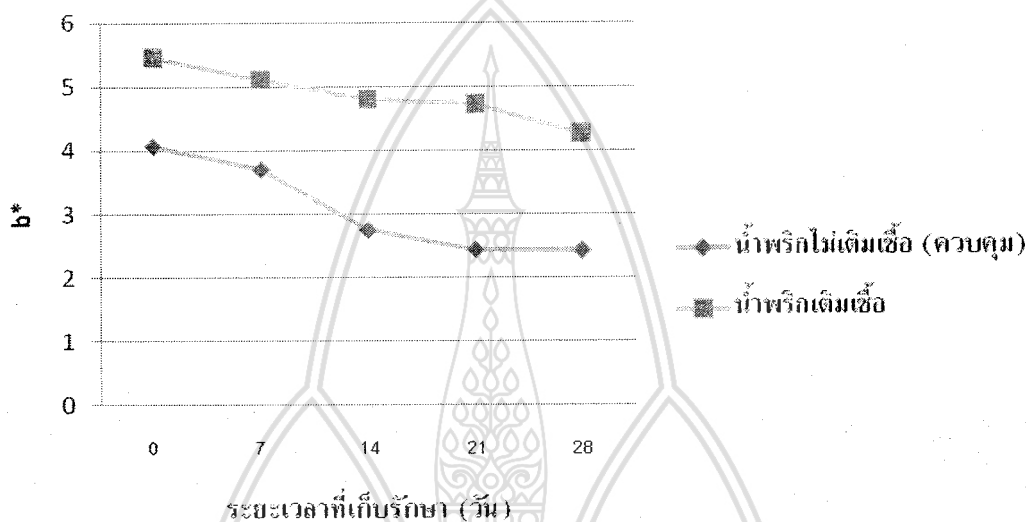
ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่า a^*	
	น้ำพริกตาแดง ชนิดไม่เติมเชื้อ (ควบคุม)	น้ำพริกตาแดง ชนิดเติมเชื้อ
0	4.08 ± 1.59^b	5.95 ± 1.06^d
7	3.77 ± 1.00^b	5.58 ± 0.92^d
14	2.60 ± 0.92^a	5.52 ± 0.65^d
21	2.58 ± 0.66^a	5.44 ± 0.98^d
28	2.47 ± 0.55^a	4.68 ± 0.81^c

*ตัวอักษรยกในแนวตั้งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาค่า a^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 13 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า a^* ของน้ำพริก ($P \leq 0.05$) โดยค่า $+a$ แสดงถึงความเป็น สีแดง และค่า $-a$ แสดงถึงความเป็นสีเขียว สำหรับน้ำพริกชนิดเติมนั้น วันที่ 0, 7, 14 และ 21 จะมีค่า a^* สูงที่สุดคือ 5.95, 5.58, 5.52 และ 5.44 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และลดลงมาเป็น 4.68 ในวันที่ 28 นอกจากนี้ค่า a^* ของน้ำพริกตาแดงชนิดไม่เติมนั้นมีค่าน้อยกว่าน้ำพริกตาแดงชนิดเติมน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

โดยค่า a^* ของน้ำพริกตาแดงชนิดไม่เติมเชื้อในวันที่ 0 และ 7 มีค่า 4.08 และ 3.77 ($P>0.05$) ส่วนวันที่ 14, 21 และ 28 ค่า a^* จะมีค่าน้อยที่สุด คือ 2.60, 2.58 และ 2.47 ตามลำดับ ($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาในแต่ละระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า ในวันที่ 0, 7, 14, 21 และ 28 ของน้ำพริกตาแดงชนิดเติมเชื้อ จะมีค่า a^* สูงกว่าน้ำพริกตาแดงชนิดไม่เติมเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq 0.05$)

(3) ค่า a^* (b*)



ภาพที่ 18 ค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28\pm 1^{\circ}\text{C}$)

ตารางที่ 14 ค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28\pm 1^{\circ}\text{C}$)

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่า b^* ของน้ำพริกตาแดง
0	4.77 ± 1.63^b
7	4.40 ± 1.19^b
14	3.78 ± 1.42^a
21	3.58 ± 1.30^a
28	3.34 ± 1.11^a

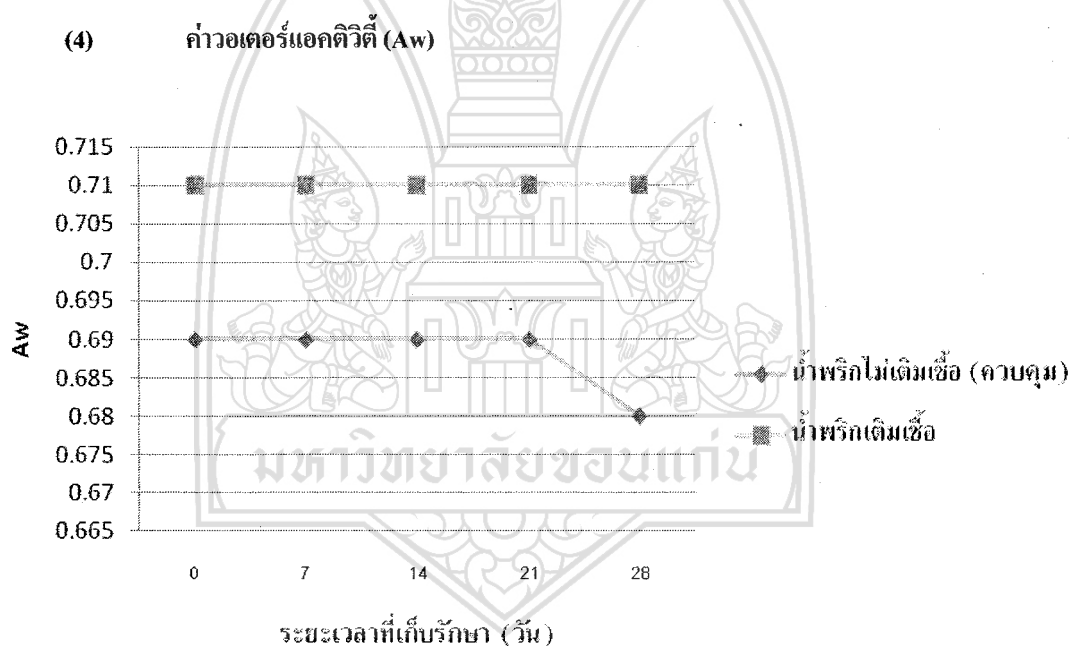
*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 15 ค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28\pm 1^{\circ}\text{C}$)

น้ำพริกตาแดง	ค่า b^* ของน้ำพริกตาแดง
ชนิดไม่เติมเชื้อ (ควบคุม)	3.07 ± 1.29^a
ชนิดเติมเชื้อ	4.88 ± 0.90^b

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การศึกษาค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 14 และการศึกษาค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^\circ\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 15 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า b^* ของน้ำพริก ($P > 0.05$) แต่ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงต่างมีอิทธิพลต่อค่า b^* ของน้ำพริก ($P \leq 0.05$) โดยค่า $+b$ แสดงถึงความเป็นสีเหลือง และค่า $-b$ แสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน เมื่อพิจารณาค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างที่เก็บรักษา พบว่า วันที่ 0 มีค่า b^* มากที่สุดคือ 4.77 แต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 7 คือ 4.40 ส่วนวันที่ 14, 21 และ 28 น้ำพริกจะมีค่า b^* ลดลงเป็น 3.78, 3.58 และ 3.34 ตามลำดับ ซึ่งในวันที่ 14, 21 และ 28 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่แตกต่างจากวันที่ 0 และ 7 ($P \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่า b^* ของน้ำพริกตาแดงชนิดไม่เค็มเชื้อ (ควบคุม) และเค็มเชื้อในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า น้ำพริกตาแดงชนิดเค็มเชื้อจะมีค่า b^* มากที่สุดคือ 4.88 รองลงมาคือชนิดไม่เค็มเชื้อ คือ 3.07 ซึ่งน้ำพริกตาแดงทั้งสองชนิดมีค่า b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้สีของน้ำพริกส่วนบนจะคล้ำลงเมื่อเก็บไว้นาน เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ผิวหน้าน้ำพริก ทำให้ได้สารคาร์บอนิล ซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนในน้ำพริก เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีขึ้น (สิริพร สธนเสาวภาคย์ และคณะ 2538)



ภาพที่ 19 ค่า A_w ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^\circ\text{C}$)

ตารางที่ 16 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

วันที่เก็บรักษา	ค่า Aw ของน้ำพริกตาแดง
0	0.703 ± 0.017^b
7	0.699 ± 0.012^{ab}
14	0.697 ± 0.011^a
21	0.696 ± 0.012^a
28	0.695 ± 0.013^a

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

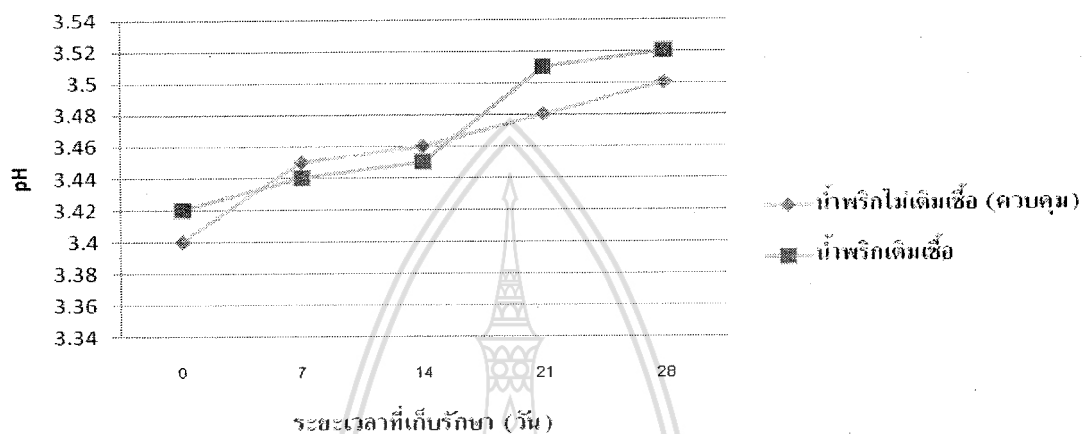
ตารางที่ 17 ค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

น้ำพริกตาแดง	ค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดง
ไม่เติมเชื้อ (ควบคุม)	0.687 ± 0.010^a
เติมเชื้อ	0.708 ± 0.005^b

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 16 และการศึกษาค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 17 ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตี คือ ปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริก ($P > 0.05$) แต่ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตาแดงต่างมีอิทธิพลต่อค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริก ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณา ค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษา จะพบว่า วันที่ 0 น้ำพริกจะมีค่า วอเตอร์แอกติวิตี มากที่สุด คือ 0.703 แต่ไม่มีความแตกต่างจากวันที่ 7 คือ 0.699 ส่วนวันที่ 14, 21 และ 28 ลดลงจากวันที่ 0 เป็น 0.697, 0.696 และ 0.695 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างจากวันที่ 7 และเมื่อพิจารณาค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริกตาแดงชนิด ไม่เติมเชื้อ (ควบคุม) และเติมเชื้อ ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า น้ำพริกตาแดงชนิดเติมเชื้อจะมีค่า วอเตอร์แอกติวิตี มากที่สุดคือ 0.708 รองลงมาคือชนิดไม่เติมเชื้อ คือ 0.687 ซึ่งน้ำพริกตาแดงทั้งสองชนิดมีค่า วอเตอร์แอกติวิตี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ สิริพร สรณเสาวภาคย์ และคณะ (2538) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า วอเตอร์แอกติวิตี ของน้ำพริก ตาแดงในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลา 1, 3 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่า วอเตอร์แอกติวิตี เท่ากับ 0.607, 0.689 และ 0.691 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลา 6 เดือน ค่า วอเตอร์แอกติวิตี เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก และจะค่อยๆ ลดช้าลง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บไว้ 6 เดือน ค่า วอเตอร์แอกติวิตี ยังคงมีค่าไม่เกิน 0.85 ตามมาตรฐานน้ำพริกสำเร็จรูป (มอก. 1176-2536) ซึ่งคล้ายกับการศึกษา ในครั้งนี้ที่มีค่า วอเตอร์แอกติวิตี ไม่เกิน 0.85 เช่นเดียวกัน

2.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ความเป็นกรดต่าง (pH)



ภาพที่ 20 ค่า ความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

ตารางที่ 18 ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

วันที่เก็บรักษา	ค่า pH ของน้ำพริกตาแดง
0	3.415 ± 0.071^a
7	3.444 ± 0.056^{ab}
14	3.451 ± 0.052^{ab}
21	3.494 ± 0.061^{bc}
28	3.511 ± 0.057^c

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 19 ค่า pH ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$)

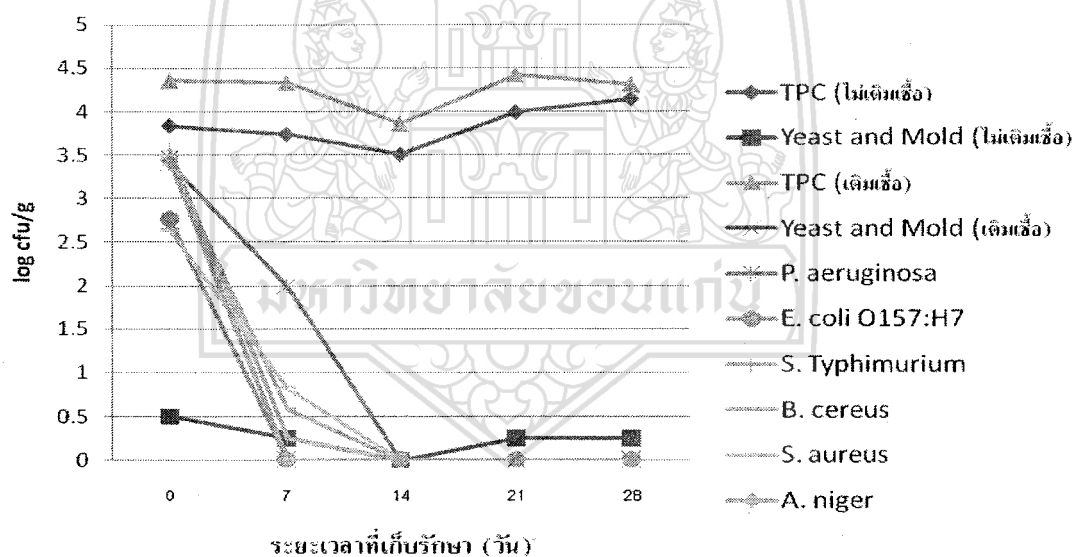
น้ำพริกตาแดง	ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำพริกตาแดง
ชนิดไม่เติมเชื้อ (ควบคุม)	3.458 ± 0.042^a
ชนิดเติมเชื้อ	3.468 ± 0.086^a

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 18 และการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริกตาแดงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 20 ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างแสดงถึงความแตกต่างของน้ำพริก จาก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของน้ำพริกตากแห้งไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริก ($P>0.05$) แต่ระยะเวลาที่เก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริก ($P\leq 0.05$) ส่วนชนิดของน้ำพริกตากแห้งไม่มีอิทธิพลต่อค่า ค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริก ($P>0.05$) โดยเมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดต่างของน้ำพริกตากแห้งในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า วันที่ 0 น้ำพริกจะมีค่าความเป็นกรดต่าง น้อยที่สุดคือ 3.415 ส่วนวันที่ 7 และ 14 มีค่าความเป็นกรดต่าง เพิ่มขึ้น คือ 3.444 และ 3.451 ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากวันที่ 0 ต่อมาในวันที่ 21 น้ำพริกจะมีค่าความเป็นกรดต่าง เพิ่มขึ้นเป็น 3.494 แต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 7 และ 14 สำหรับวันที่ 28 น้ำพริกจะมีค่าความเป็นกรดต่าง มากที่สุดคือ 3.511 แต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 21 เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริกตากแห้งชนิดไม่เติมเชื้อ (ควบคุม) และเติมเชื้อในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า น้ำพริกตากแห้งทั้งสองชนิดมีค่าความเป็นกรดต่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยน้ำพริกตากแห้งชนิดไม่เติมเชื้อและเติมเชื้อ จะมีค่าความเป็นกรดต่าง คือ 3.458 และ 3.468 ตามลำดับ นอกจากนี้มีงานวิจัยของสิริพร สรนเสาวภาคย์ และคณะ (2538) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ของน้ำพริกตากแห้งในภาชนะปิดสนิทเป็นเวลา 1, 3 และ 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 5.4, 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ค่าความเป็นกรดต่าง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ซึ่งคล้ายกับการศึกษาในครั้งนี้ แต่มีค่าความเป็นกรดต่าง อยู่ในช่วง 3.415-3.511 ซึ่งต่ำกว่างานวิจัยของ สิริพร และคณะ ทั้งนี้อาจเนื่องจากส่วนผสมของน้ำพริกตากแห้งที่มีปริมาณไม่เท่ากัน

2.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์



ภาพที่ 21 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำพริกตากแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28\pm 1^{\circ}\text{C}$)

ตารางที่ 20 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±1°C)

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (log cfu/g)									
	TPC (ไม่เติมเชื้อ)	ยีสต์และรา (ไม่เติมเชื้อ)	TPC (เติมเชื้อ)	ยีสต์และรา (เติมเชื้อ)	<i>P. aeruginosa</i> (เติมเชื้อ)	<i>E. coli</i> O157:H7 (เติมเชื้อ)	<i>S. Typhimurium</i> (เติมเชื้อ)	<i>B. cereus</i> (เติมเชื้อ)	<i>S. aureus</i> (เติมเชื้อ)	<i>A. niger</i> (เติมเชื้อ)
0	3.84±0.04 ^{ghi}	0.50±0.58 ^b	4.36±0.02 ⁱ	3.46±0.04 ^f	3.41±0.03 ^f	2.77±0.10 ^c	3.55±0.08 ^{hi}	3.43±0.03 ^f	2.65±0.07 ^e	3.44±0.04 ^j
7	3.74±0.04 ^{ghi}	0.25±0.50 ^{ab}	4.33±0.26 ⁱ	0.00±0.00 ^a	1.99±0.20 ^d	0.00±0.00 ^a	0.25±0.50 ^{ab}	0.58±0.68 ^{bc}	0.83±0.57 ^c	0.00±0.00 ^a
14	3.51±0.03 ^f	0.00±0.00 ^a	3.86±0.12 ^{ghi}	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
21	3.99±0.05 ^{hi}	0.25±0.50 ^{ab}	4.42±0.15 ⁱ	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
28	4.14±0.04 ^{ij}	0.25±0.50 ^{ab}	4.31±0.03 ⁱ	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a

*ตัวอักษรยกในแนวดิ่งและแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

การศึกษาจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำพริกตาแดงในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 1^{\circ}\text{C}$) แสดงดังตารางที่ 20 โดยผลิตน้ำพริกตาแดง 2 ชนิด ได้แก่ น้ำพริกที่ไม่เติมเชื้อ (ควบคุม) และน้ำพริกที่เติมเชื้อ ในกรณีน้ำพริกที่ไม่เติมเชื้อนั้นจะศึกษาจุลินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (ไม่เติมเชื้อ) และยีสต์และรา (Yeast and Mold) (ไม่เติมเชื้อ) ส่วนในกรณีน้ำพริกที่เติมเชื้อนั้นจะเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงไปผสมในน้ำพริก ซึ่งมีจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^4 cfu/ml โดยจะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ 8 ชนิด ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) (เติมเชื้อ), ยีสต์และรา (Yeast and Mold) (เติมเชื้อ), *Pseudomonas aeruginosa* (เติมเชื้อ), *Escherichia coli* O157:H7 (เติมเชื้อ), *Salmonella* Typhimurium (เติมเชื้อ), *Bacillus cereus* (เติมเชื้อ), *Staphylococcus aureus* (เติมเชื้อ) และ *Aspergillus niger* (เติมเชื้อ) ในช่วงระยะเวลาการเก็บ 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ โดยตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ทุกๆ 7 วัน จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ระยะเวลาที่เก็บรักษาและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์มีอิทธิพลร่วมกันต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ในน้ำพริก ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เก็บรักษา พบว่า ในวันที่ 0 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดจะอยู่ในช่วง 0.50-4.36 log cfu/g โดยพบเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เติมเชื้อ), ยีสต์และรา (ไม่เติมเชื้อ), เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (เติมเชื้อ), ยีสต์และรา (เติมเชื้อ), *P. aeruginosa* (เติมเชื้อ), *E. coli* O157:H7 (เติมเชื้อ), *S. Typhimurium* (เติมเชื้อ), *B. cereus* (เติมเชื้อ), *S. aureus* (เติมเชื้อ) และ *A. niger* (เติมเชื้อ) จำนวน 3.84, 0.50, 4.36, 3.46, 3.41, 2.77, 3.55, 3.43, 2.65 และ 3.44 log cfu/g ตามลำดับ ต่อมาในวันที่ 7 พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เติมเชื้อ), ยีสต์และรา (ไม่เติมเชื้อ) และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (เติมเชื้อ) จะมีแนวโน้มลดลงเหลือ 3.74, 0.25 และ 4.33 log cfu/g ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันจากวันที่ 0 ($P > 0.05$) ส่วนเชื้อ *P. aeruginosa* (เติมเชื้อ), *S. Typhimurium* (เติมเชื้อ), *B. cereus* (เติมเชื้อ) และ *S. aureus* (เติมเชื้อ) จะมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เหลือ 1.99, 0.25, 0.58 และ 0.83 log cfu/g ตามลำดับเมื่อเทียบกับจากวันที่ 0 นอกจากนี้จะไม่พบการเหลือรอดของยีสต์และรา (เติมเชื้อ), *E. coli* O157:H7 (เติมเชื้อ) และ *A. niger* (เติมเชื้อ) อยู่เลย ต่อมาในวันที่ 14 ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์เกือบทุกชนิดเหลือรอดอยู่เลย ยกเว้นเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เติมเชื้อ) ซึ่งมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ไม่ต่างจากวันที่ 7 คือ 3.51 log cfu/g และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (เติมเชื้อ) มีจำนวนเชื้อลดลงเหลือ 3.86 log cfu/g แต่ในวันที่ 21 ปรากฏว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เติมเชื้อ) และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (เติมเชื้อ) มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากวันที่ 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เป็น 3.99 และ 4.42 log cfu/g ตามลำดับ ส่วนยีสต์และรา (ไม่เติมเชื้อ) มีจำนวนเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 14 เป็น 0.25 log cfu/g นอกจากนี้ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นเหลือรอดอยู่เลยเช่นเดียวกับวันที่ 14 ในขณะที่วันที่ 28 นั้น เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (ไม่เติมเชื้อ), ยีสต์และรา (ไม่เติมเชื้อ) และเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (เติมเชื้อ) มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างจากวันที่ 21 เป็น 4.14, 0.25 และ 4.31 log cfu/g ตามลำดับ ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นพบว่าไม่มีเหลือรอดอยู่เลย ทั้งนี้ อติพล ดิลกพิมพ์ล (2546) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำพริกแกงแต่ละชนิดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (29°C) เก็บในถุงพลาสติก polypropylene รัดปากถุงด้วยหนังยาง และการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว พบว่า น้ำพริกแกงเผ็ด ผู้ทดสอบชิมได้กลิ่นผิดปกติและได้คะแนนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในวันที่ 5 โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 6.71 log cfu/g สำหรับน้ำพริกแกงเขียวหวานไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในวันที่ 3 โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 7.57 log cfu/g ส่วนน้ำพริกแกงส้มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในวันที่ 3 โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด

เท่ากับ $7.64 \log \text{cfu/g}$ ในขณะที่น้ำพริกแกงมัสมั่นไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในวันที่ 13 โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ $7.64 \log \text{cfu/g}$ $7.89 \log \text{cfu/g}$ ทั้งนี้ปริมาณยีสต์และรา, pH และ วอเตอร์แอคทีวิตี้ มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในน้ำพริกแกงทุกชนิดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งจะเห็นได้ว่าคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสมีค่าลดลงในขณะที่ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าการวิเคราะห์อื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมเสียของน้ำพริกแกงเกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับการศึกษาในครั้งนี้ที่ทำการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* , b^* ค่าความเป็นกรดต่าง และ ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ พบว่าตลอดอายุการเก็บไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักทั้งน้ำพริกตาแดงชนิดไม่เค็มเชื้อและชนิดเค็มเชื้อ แต่พบการเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์มากกว่า

