ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. การพัฒนาสูตร

1. 1 การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของพริกไทยดำ กระเทียม และหอมแดง

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ความเผ็ดร้อน และความชอบรวม ด้วย 9 - point hedonic scale พบว่าคะแนนความชอบเฉลี่ยของทุกคุณลักษณะอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนน 6-7) และเมื่อสร้างแบบจำลอง (ตารางที่ 5) และสร้างแผนภาพคอนทัวร์ (รูปที่ 1) เห็นได้ว่ามีค่าสหสัมพันธ์สูง (R^2=0.8-0.9) ระหว่างปริมาณพริกไทยดำ กระเทียม และหอมแดง ในช่วงปริมาณที่ศึกษากับคะแนนความชอบของปัจจัยคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบรวมและมีค่าที่แสดงถึงความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลอง (lack of fit)ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)ขณะที่แบบจำลองของคุณลักษณะด้านกลิ่นเครื่องเทศและความเผ็ดมีค่าสหสัมพันธ์ต่ำ

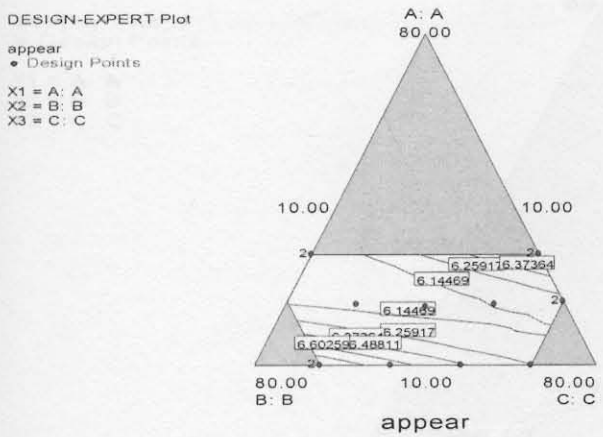
(R^2=0.1-0.2) รวมทั้งมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่มีนัยสำคัญ($p<0.05$) นั่นคือแบบจำลองจากคะแนนของคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบรวมเท่านั้นที่ใช้ทำนายชุดการทดลองที่เหมาะสมได้ จึงนำแผนภาพคอนทัวร์ของคุณลักษณะทั้งสามดังกล่าวมาซ้อนทับเพื่อหาพื้นที่ทดลองที่เหมาะสม ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 2 คัดเลือกชุดการทดลองที่มีค่าคะแนนความชอบสูงกว่าชุดการทดลองอื่นในทุกด้านเป็นชุดการทดลองที่เหมาะสมซึ่งเป็นชุดการทดลองที่มีสัดส่วนผสมของพริกไทยดำ กระเทียม และหอมแดง เป็น 23.33 66.67 และ 10.00 % ตามลำดับ นำไปใช้ในการศึกษาต่อไป

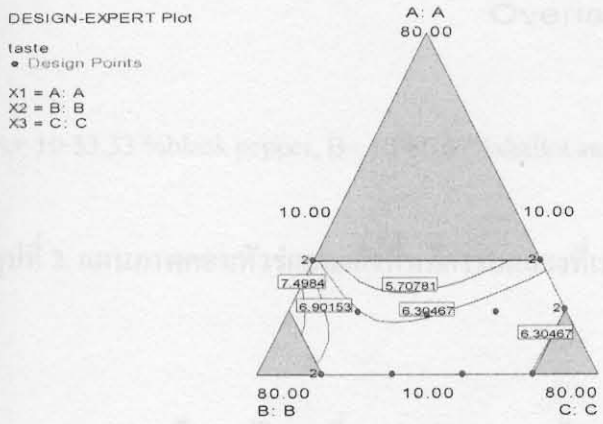
ตารางที่ 3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณจากคะแนนความชอบของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกสมุนไพรที่มีพริกไทยดำ (A) หอมแดง (B) และกระเทียม(C) ปริมาณต่างๆ

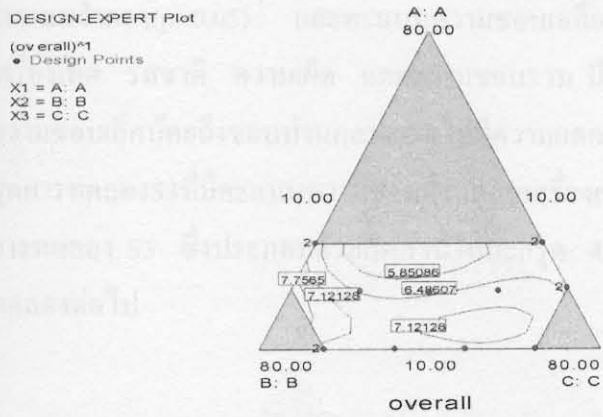
factor	regression model	adj.R^2	p	lack of fit
appearance	$Y = +16.39A + 8.32B - 6.32C - 22.60AB - 13.34AC - 0.73BC$	0.8243	0.0011	0.3330
aroma	$Y = +139.60A + 3.12B + 4.51C - 242.31AB - 234.55AC + 3.42BC + 268.43ABC - 157.90A^2B - 157.90AB^2 - 127.54A^2C - 127.54AC^2$	0.2278	0.6900	0.0131
taste	$Y = -42.71A + 8.12B - 6.43C + 82.60AB + 111.97AC + 23.54BC - 156.78ABC - 34.02B^2C - 34.02BC^2$	0.9140	0.0008	0.4303
spicy	$Y = +5.58A + 6.55B + 6.34C$	0.1637	0.1493	0.0685
overall liking	$Y = -25.78A + 10.49B - 3.80C + 48.83AB + 78.31AC + 14.00BC - 105.91ABC - 33.71B^2C - 33.71BC^2$	0.9079	0.0010	0.9756

Y; sensory scores, A; 10-33.33 %black pepper, B; 10-66.67%shallot and C; 10-66.67%garlic.

adj.R^2; The adjusted R^2 and p; probability level



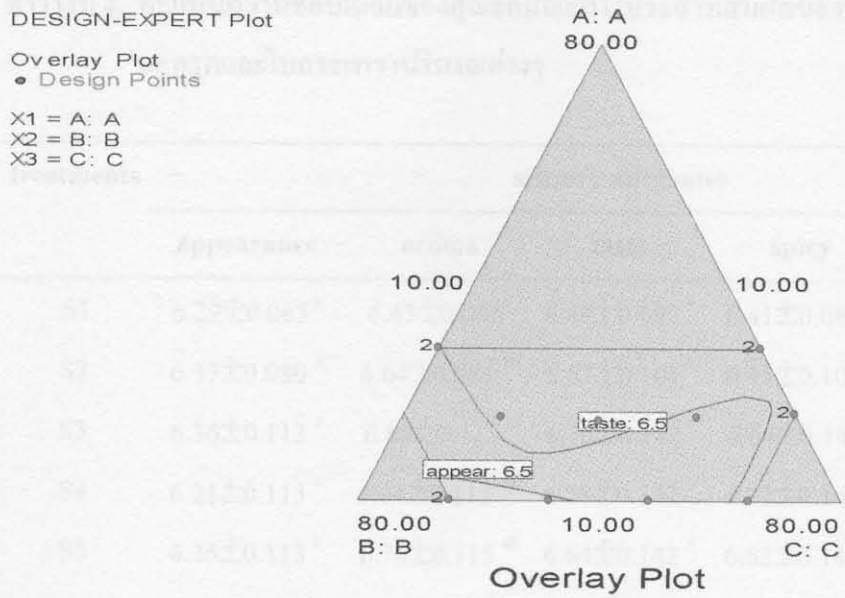




A= 10-33.33 %black pepper, B= 10-66.67%shallot and C= 10-66.67%garlic

รูปที่ 1. แผนภาพคอนทัวร์ของคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบรวมของน้ำพริกที่มีส่วนผสมของพริกไทยดำ หอมแดง และกระเทียมในสัดส่วนต่างๆ

ฝ่ายหอสมุด
คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร



A= 10-33.33 %black pepper, B= 10-66.67%shallot and C= 10-66.67%garlic

รูปที่ 2. แผนภาพคอนทัวร์แสดงถึงพื้นที่การทดลองที่เหมาะสม(บริเวณพื้นที่ที่ระบายสีเหลือง)

1.2 การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของสมุนไพรเสริมจากใบมะกรูด และใบกะเพรา

จากตารางที่ 4. พบว่าสัดส่วนของใบมะกรูดและใบกระเพราไม่มีอิทธิพลต่อความชอบในแบบจำลอง($p>0.05$) และคะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ความเผ็ด และความชอบรวม มีค่ามากกว่า 6 ในทุกคุณลักษณะ ซึ่งเป็นช่วงความชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางและไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง($p<0.05$) ยกเว้นชุดการทดลองS3ที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นเครื่องเทศสูงกว่าชุดการทดลองอื่น จึงคัดเลือกชุดการทดลอง S3 ซึ่งประกอบด้วยสัดส่วนใบมะกรูด 4.2 % และใบกระเพรา 15.8 % ใช้ในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 4. คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกสมุนไพรที่มีใบมะกรูดและใบกระเพราปริมาณต่างๆ

treatments	sensory attributes				
	appearance	aroma	taste	spicy	overall liking
S1	6.29±0.065 [a]	6.43±0.066 [c]	6.49±0.082 [a]	6.41±0.083 [a]	6.63±0.064 [a]
S2	6.37±0.080 [a]	6.64±0.081 [bc]	6.57±0.101 [a]	6.41±0.102 [a]	6.71±0.079 [a]
S3	6.36±0.113 [a]	6.88±0.115 [a]	6.76±0.142 [a]	6.64±0.144 [a]	6.80±0.112 [a]
S4	6.21±0.113 [a]	6.64±0.115 [abc]	6.58±0.142 [a]	6.32±0.144 [a]	6.77±0.112 [a]
S5	6.25±0.113 [a]	6.76±0.115 [ab]	6.64±0.142 [a]	6.63±0.144 [a]	6.78±0.112 [a]
S6	6.24±0.113 [a]	6.50±0.115 [bc]	6.58±0.142 [a]	6.48±0.144 [a]	6.62±0.112 [a]

a,b,c ; The same letters under the same column indicate non significant differences ($p>0.05$).

1.3 การปรับระดับความเผ็ด (ปริมาณพริกขี้หนูแห้ง)

จากการทดลองปรับปริมาณพริกขี้หนูแห้ง เป็น 7 5 และ 3% พบว่าน้ำพริกทั้งสามสูตรมีคะแนนความชอบจาก 9-point hedonic scale ของทุกคุณลักษณะ ไม่แตกต่างกัน ($p<0.05$) ดังผลในตารางที่ 7 และจากการทดสอบความพอดีด้านความเผ็ด ได้ผลดังแสดงใน ตารางที่ 5 ซึ่งเห็นได้ว่าปริมาณพริก 7% และ 5% มีจำนวนผู้ทดสอบที่มีความผู้ทดชอบชิมให้ความเห็นว่ารสชาติพอดีมากที่สุด เห็นว่ารสเผ็ดพอดี เผ็ดมากไป และเผ็ดน้อยไปมีความแตกต่างกัน($p<0.05$) แต่ที่ปริมาณพริก 3%ไม่พบความแตกต่างดังกล่าว($p>0.05$) เนื่องจากความเผ็ดเป็นคุณลักษณะที่แปรตามความชอบของแต่ละบุคคลและแตกต่างกันตามนิสัยการบริโภคของประชากรในแต่ละท้องถิ่น ดังนั้นอาจผลิตน้ำพริกสมุนไพรที่ใช้ปริมาณพริกได้ทั้ง 7 5 และ 3% โดยกำหนดเป็นระดับความเผ็ดมาก ปานกลาง และเผ็ดน้อยตามลำดับให้เป็นทางเลือกของผู้บริโภค อย่างไรก็ดีจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ทดสอบให้ความเห็นว่ามีความเผ็ดพอดีสำหรับชุดการทดลองที่ใช้พริก 7 5และ 3% ด้วยจำนวน 22 32 และ 42% ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ส่วนผู้ที่ให้ความเห็นว่าความเผ็ดมากเกินไป มีจำนวน72 56 และ34% ตามลำดับ จึงเลือกใช้สูตรที่มีปริมาณพริก3%ใช้ในการศึกษาต่อไป

ตารางที่ 5. คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆของน้ำพริกสมุนไพรที่มีปริมาณพริกขี้หนูเป็นส่วนประกอบ 7 5 และ 3%

%dried chili	appearance	aroma	taste	spicy	Overall liking
7	7.40 ± 0.118^{a}	7.23 ± 0.141^{ab}	7.00 ± 0.166^{a}	7.03 ± 0.152^{a}	7.13 ± 0.158^{a}
5	6.37 ± 0.118^{b}	7.43 ± 0.141^{a}	7.20 ± 0.166^{a}	7.00 ± 0.152^{a}	7.10 ± 0.158^{a}
3	6.47 ± 0.118^{b}	7.07 ± 0.141^{ab}	7.03 ± 0.166^{a}	7.10 ± 0.152^{a}	7.17 ± 0.158^{a}

a, b ,c ; The same letters under the same column indicate non significant differences ($p>0.05$).

ตารางที่ 6. ผลการทดสอบความพอดี (Just-about-right scale (JAR))ด้านความเผ็ดของน้ำพริกสมุนไพรที่มีพริกขี้หนูเป็นส่วนประกอบในปริมาณ 7 5 และ 3%

% dried chili	3-point JAR	Panelists (%)	$\overline{scores}$ (scale -10 to+10)	χ^2
7	not hot enough	3(6%)	1.20	20.96*
	just about right	11(22%)	0	
	much too hot	36(72%)	3.30	
5	not hot enough	6(12%)	1.00	8.20*
	just about right	16(32%)	0	
	much too hot	28(56%)	3.79	
3	not hot enough	12(24%)	1.31	1.23^{ns}
	just about right	21(42%)	0	
	much too hot	17(34%)	3.15	

1.4 การทดสอบความพอดีด้านรสชาติ (หวาน เปรี้ยว เค็ม และเผ็ด)

จากการทดสอบความพอดีด้านรสชาติของน้ำพริกที่ผลิตตามส่วนประกอบที่คัดเลือกจากผลการทดลองข้อ 1 2 และ 3 พบว่าความหวาน ความเปรี้ยว และความเผ็ดมีจำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนในสเกลที่พอดีมีมากกว่าจำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนในสเกลที่มากเกินไปและน้อยเกินไปอย่างมีนัยสำคัญ แต่ด้านความเค็มนั้นจำนวนผู้ทดสอบที่ให้คะแนนในช่วงสเกลต่างๆไม่แตกต่าง($p>0.05$) โดยที่มีผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าทุกรสชาติพอดี ด้วย จำนวน 27 23 21 และ 28 คนคิดเป็น 54 46 42 และ 56% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7. ซึ่งเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่เลือกเป็นสูตรพัฒนานี้มีรสชาติที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับ

ตารางที่7. ผลการทดสอบความพอดี (Just-about-right scale (JAR))ด้านรสชาติของน้ำพริกสมุนไพรสูตรพัฒนา

tastes	3-point JAR	panelists (%)	scores (scale -10 to+10)	χ^2
sweet	not sweet enough	7(14%)	1.26	12.04*
	just about right	27(54%)	0	
	much too sweet	16(32%)	2.11	
sour	not sour enough	18(36%)	2.36	6.04*
	just about right	23(46%)	0	
	much too sour	9(18%)	1.07	
salty	not salty enough	12(24%)	1.98	2.44^{ns}
	just about right	21(42%)	0	
	much too salty	17(34%)	1.77	
spicy	not spicy enough	4(8%)	2.50	17.44*
	just about right	28(56%)	0	
	much too spicy	18(36%)	2.23	

1.5 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

1.5.1 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ความเผ็ด และความชอบรวมด้วย 9-point hedonic scale เป็น 6.42 7.44 7.47 7.46 และ 7.29 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะยกเว้นลักษณะปรากฏมีค่าอยู่ในช่วงความชอบปานกลางถึงชอบมากและคะแนนความชอบของน้ำพริกสูตรพัฒนามีค่าสูงกว่าสูตรก่อนปรับความเผ็ด ซึ่งมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากสีของสมุนไพรที่เป็นพืชสีเขียวมีผลลดความเข้มสีแดงของพริก

1.5.2 คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่าสีพบว่ามีค่า L* a* b* เป็น 34.49±0.221 12.20±0.149 และ 22.13±0.555 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงของสีแดงน้อย ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมีสีแดงค่อนข้างคล้ำ ส่วนผลการหาค่า a_w พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.61 ซึ่งอยู่ในช่วงของเกณฑ์มาตรฐานน้ำพริกที่กำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 0.85 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำพริก,2536)

1.5.3 คุณค่าทางโภชนาการ

จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสุดท้ายมีปริมาณความชื้น 20.06 % ไขมัน 0.71% โปรตีน 4.49 % ใยอาหาร 16.1g/100g แคลเซียม 168 mg/ 100g โซเดียม 7247 mg/ 100g ฟอสฟอรัส 97 mg/ 100g โปแตสเซียม 634 mg/ 100g เหล็ก 6.0 mg/ 100g วิตามินบี1 0.56 mg /100g และ วิตามินบี2 0.11 mg/100g เห็นได้ว่าปริมาณไขมันค่อนข้างต่ำเนื่องจากกรรมวิธีการผลิตน้ำพริกในการศึกษานี้ไม่มีการใช้ไขมันและน้ำมัน ซึ่งจัดว่าเป็นผลดีต่อสุขภาพทำนองเดียวกับน้ำพริกคลุกข้าวอื่นอีกหลายชนิด เช่น น้ำพริกปลามีไขมัน 1.73 % เป็นต้น แต่มีความแตกต่างจากน้ำพริกเผาที่มักมีไขมันสูง เนื่องจากมีการใช้น้ำมันทอดส่วนประกอบวัตถุดิบและน้ำพริกเผาดอกโสนซึ่งใช้น้ำมันผัดส่วนผสมทำให้มีปริมาณไขมันถึง 11.2 % (สายฝน นิ่มเผือก และอรนุช อ่อนสี, 2546) อย่างไรก็ดี สาทิส อินทรกำแหง (2548) มีข้อแนะนำว่า ผู้ป่วยที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงและโรคไตควรหลีกเลี่ยงหรือจำกัดการบริโภคน้ำพริก เนื่องจากน้ำพริกมีปริมาณโซเดียมค่อนข้างสูง

1.5.4 การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์หาความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรน้ำพริกสมุนไพรที่พัฒนาจากการศึกษาครั้งนี้ ด้วย DPPH assayพบว่าใบกระเพรามี EC_{50} (µg/ml) ต่ำกว่า ใบมะกรูด และตะไคร้ โดยมีค่า 17.01 29.21 และ34.48 ตามลำดับ ส่วนพริกขี้หนู หอมแดง และกระเทียม มีค่า EC_{50} (µg/ml)สูงกว่าจึงมีฤทธิ์ต้านอนุมูล

อิสระได้ต่ำกว่าทั้งใบกระเพรา ใบมะกรูด และตะไคร้ อย่างไรก็ดี แม้ว่าน้ำพริกสำเร็จรูปที่ผลิตได้นี้มีส่วนประกอบของเครื่องปรุงรสและผ่านการใช้ความร้อนแล้ว แต่ค่า EC_{50} (µg/ml)ของน้ำพริกสมุนไพรสำเร็จรูป ก็ยังมีค่าต่ำกว่า 100 (ตารางที่ 8.)

เมื่อพิจารณาร่วมกับผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการแล้ว เห็นได้ว่าน้ำพริกสูตรที่พัฒนาจากการศึกษานี้มีคุณค่าและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสสำหรับผู้บริโภคในการเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์น้ำพริกสำเร็จรูป

ตารางที่ 8. EC_{50} (µg/ml) ของสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบ และของน้ำพริกสมุนไพร

ชนิดวัตถุดิบ	EC_{50}(µg/ml)	
	วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย
หอม	>100	-
ตะไคร้	34.48	-
พริกขี้หนู	78.13	-
ใบมะกรูด	29.21	-
ใบกระเพรา	17.01	-
กระเทียม	>100	-
น้ำพริกสมุนไพร	-	58.74

2. การคัดเลือกและออกแบบบรรจุภัณฑ์

2.1 การคัดเลือกบรรจุภัณฑ์

2.1.1 สมบัติของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

จากการศึกษาสมบัติของฟิล์มพลาสติกชนิดเดี่ยวๆ (single layer) เช่น Low density polyethylene (LDPE) และ Polypropylene (PP) ซึ่งเป็นพลาสติกที่เป็นที่นิยมและวางขายกันทั่วไปตามท้องตลาด พบว่ามีคุณสมบัติที่ด้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดเคลือบหลายชั้น (Laminated film) ทั้งในเรื่องของความแข็งแรง (Tensile strength) และความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor barrier) ส่งผลทำให้ความสามารถในการบรรจุและการป้องกันผลิตภัณฑ์จากสิ่งแวดล้อมด้อยกว่าบรรจุภัณฑ์จากฟิล์มเคลือบหลายชั้น (ตารางที่ 9) อย่างไรก็ตามฟิล์มดังกล่าวมีข้อดีคืออุณหภูมิในการปิดผนึกค่อนข้างต่ำทำให้ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องปิดผนึก เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ชนิดเคลือบหลายชั้นระหว่างบรรจุภัณฑ์ชนิดไม่มีฟอยด์เป็นส่วนประกอบ (Nylon/LLDPE และ PET/CPP) และบรรจุภัณฑ์ชนิดมีฟอยด์เป็นส่วนประกอบ

พบว่า บรรจุภัณฑ์ชนิดเคลือบหลายชั้นที่มีฟอยด์เป็นส่วนประกอบ (PET/AL/LLDPE และ OPP/MET/LLDPE) จะมีความแข็งแรงและค่าการต้านทานการซึมผ่านไอน้ำสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดเคลือบหลายชั้นระหว่างไม่มีฟอยด์เป็นส่วนประกอบ พบว่าเมื่อความหนาของแผ่นฟิล์มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและจำนวนชั้นของฟิล์มเคลือบหลายชั้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของฟิล์มและค่าการต้านทานการซึมผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของฟิล์มเคลือบสองชั้นระหว่าง Nylon/LLDPE และ PET/CPP พบว่า ฟิล์มเคลือบสองชั้นระหว่าง Nylon/LLDPE มีความแข็งแรงกว่า PET/CPP ขณะที่ค่าการต้านทานไอน้ำต่ำกว่า ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ความแข็งแรง และราคา จึงคัดเลือก ฟิล์มพลาสติกชนิด Polypropylene (PP) ฟิล์มพลาสติกเคลือบหลายชั้น (Laminated) ชนิดไม่มีฟอยด์ ได้แก่ Nylon/LLDPE และ PET/CPP และชนิดมีฟอยด์ได้แก่ OPP/MET/LLDPE สำหรับบรรจุภัณฑ์ประเภทแข็งได้คัดเลือก ขวดแก้ว ขวดพลาสติกชนิด polyethylene terepthalate (PET) ขวดพลาสติกชนิดpolystyrene (PS) และ ขวดพลาสติกชนิด polyvinyl chloride (PVC) เพื่อใช้บรรจุผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

ตารางที่ 9. สมบัติเชิงกล กายภาพ และ สมบัติการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดบรรจุภัณฑ์	ความหนา (mm)	ค่า Tensile strength (kN/m)	ค่า Elongation At break (mm)	ค่าการซึมผ่านไอน้ำ (g.mm-m^2/day.kPa)	อุณหภูมิในการปิดผนึก (°C)	ราคา* (ขนาด 0.3 เมตร X 500 เมตร)
PP	0.040 ± 0.004	0.742 ± 0.105	30.40 ± 14.42	0.066 ± 0.004	160	-
Nylon/LLDPE	0.089 ± 0.001	2.842 ± 0.196	45.45 ± 9.41	0.062 ± 0.011	160	2,250
PET/CPP	0.045 ± 0.002	1.958 ± 0.157	63.77 ± 23.70	0.060 ± 0.001	150	1,200
OPP/MET/ LLDPE	0.106 ± 0.004	4.576 ± 0.247	83.91 ± 9.10	0.029 + 0.003	180	2,350

หมายเหตุ สภาวะในการวัดค่าการซึมผ่านไอน้ำ ทำการวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส และ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90

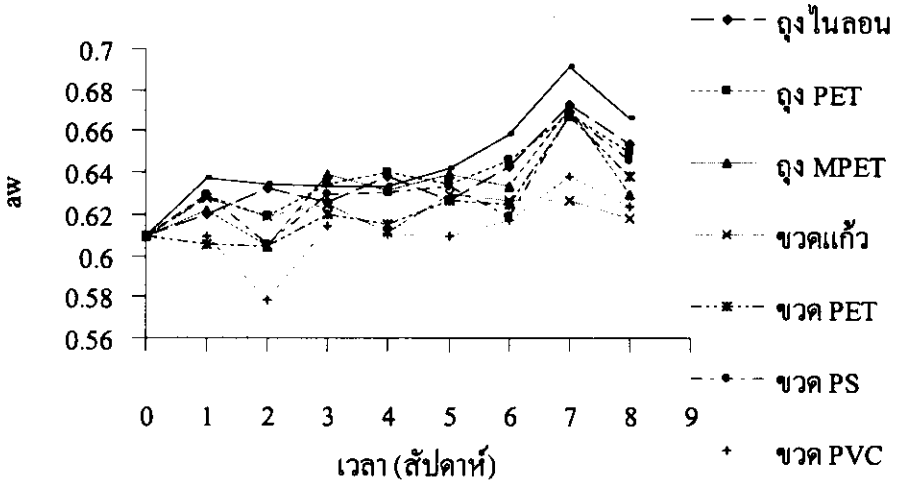
* ราคาจำหน่ายของบริษัทพุ่มสุวรรณพริ้นติ้ง จำกัด (2549)

2.1.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

2.1.2.1 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

ค่า Water activity (a_w) หมายถึงอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไอน้ำบริสุทธิ์ที่จุดอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน อาหารที่มีความชื้นสูงหรือปริมาณน้ำมากกว่าส่วนที่เป็นของแข็งจะมีค่า a_w เท่ากับ 1 และเมื่ออาหารมีความชื้นต่ำหรือมีปริมาณน้ำน้อยกว่าส่วนของแข็งค่า a_w จะลดลงต่ำกว่า 1 ค่า a_w มีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาทางเคมีอาหารหลายชนิดที่เกิดขึ้นในอาหารและอัตราการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

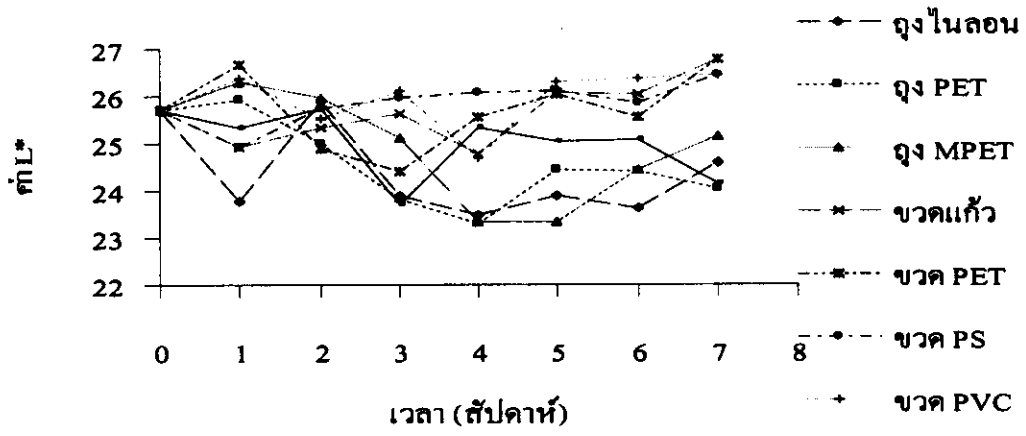
จากการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดแข็งซึ่งประกอบด้วยขวดแก้ว ขวดพลาสติกชนิด PET ขวดพลาสติกชนิด PSและ ขวดพลาสติกชนิด PVC และบรรจุภัณฑ์ยืดหยุ่น ซึ่งประกอบด้วยถุงพลาสติกชนิดPP ถุงไนลอน(15μNylon/70μLLDP)ถุง MPET (20μOPP/12μMPET/70μLLDPE) และถุงPET (12μPET/30μCPP) ต่อค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา 60 วัน พบว่าค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้ว มีค่าต่ำที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า a_w (เริ่มต้น0.61) ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ขวดพลาสติกชนิด PVC ถุง MPET ขวดพลาสติกชนิด PET ขวดพลาสติกชนิด PS ถุง PET และถุงไนลอน ตามลำดับ ขณะที่ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุงPP มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า a_w สูงที่สุดตลอดระยะการเก็บรักษา (รูปที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากพลาสติกชนิด PP มีคุณสมบัติที่ด้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น โดยเฉพาะความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านไอน้ำ (Water vapor barrier) ต่ำ (ตารางที่ 9) ทำให้ความชื้นของสิ่งแวดล้อมเคลื่อนที่ (Migrate) ผ่านบรรจุภัณฑ์ได้มากกว่า ส่งผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และมีผลให้ค่า a_w เพิ่มขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ทำการศึกษา อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าa_wของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้ว มีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ที่บรรจุภัณฑ์ชนิดขวดพลาสติกชนิด PVC ถุงMPET ขวดพลาสติกชนิด PET ขวดพลาสติกชนิด PS ถุงPET ถุงไนลอน และถุงPP ตามลำดับ (รูปที่ 3)

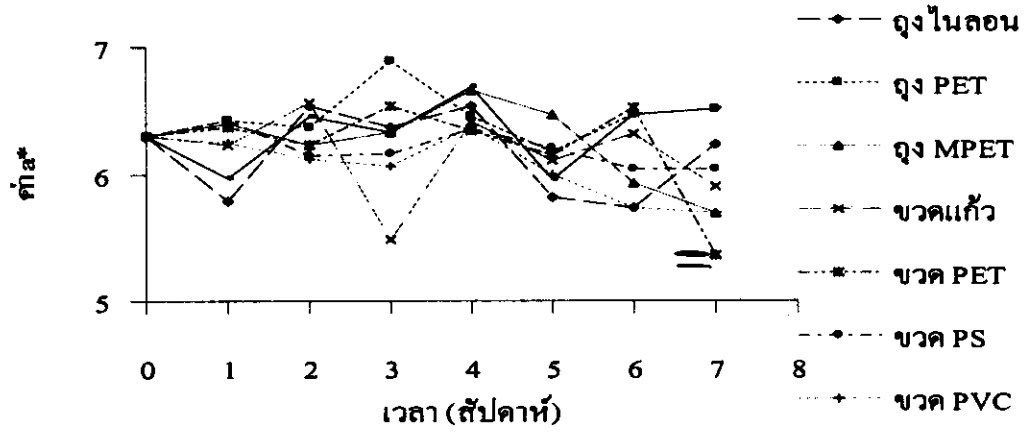


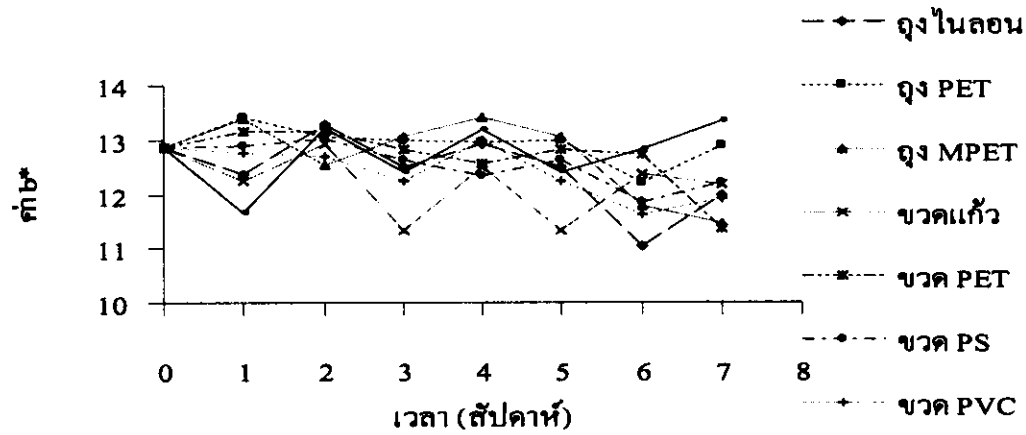
รูปที่ 3. ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์

2.1.2.2 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L* a* and b*) ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร

ลักษณะปรากฏด้านสีเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจากการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ระหว่างการเก็บรักษา 8 สัปดาห์ โดยทำการวัดสีในระบบ Hunter L* (ความสว่าง-มืด) a* (แดง- เขียว) และ b* (น้ำเงิน- เหลือง) พบว่าค่า L* ค่า a* และค่า b* ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 4) อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองสามารถสังเกตได้ว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีความใสต่ำๆ หรือมีฟอยด์เป็นองค์ประกอบ เช่น ถุงไนลอน(15μNylon/70μLLDP) และถุงMPET(20μOPP/12μMPET/70μLLDPE) มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีความใสสูงๆ





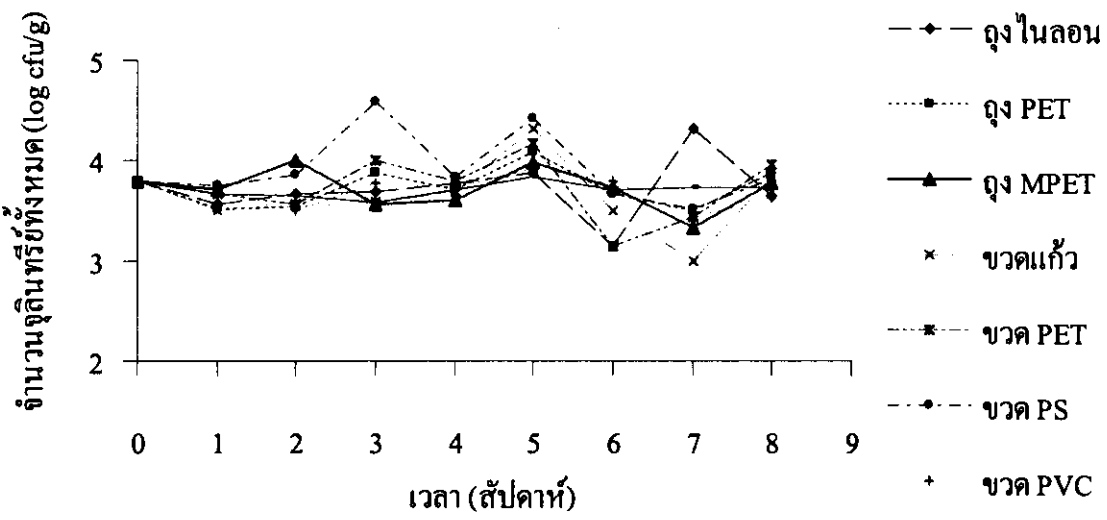


รูปที่ 4. ค่า L* a* and b*ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์

2.1.2.3 ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

จากการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และยีสต์และรา ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (รูปที่ 5) และที่สัปดาห์ที่ 8 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง 3.63 ถึง 3.95 log cfu/g นอกจากนี้พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในขวดPVC ถุงMPET ขวดPET ขวดแก้ว ถุงPET และถุงPP มีปริมาณการเพิ่มจุลินทรีย์ทั้งหมดค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในขวดPS(รูปที่ 5) และไม่พบการเจริญเติบโตของยีสต์และรา (น้อยกว่า$1x10^1$Cfu/g) ในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 8 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ที่การศึกษานั้นมีค่า a_w ค่อนข้างต่ำคือประมาณ 0.62-0.63 ซึ่งค่า a_w ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารเพราะความชื้นในอาหารและค่าa_wจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆ และมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อให้ค่าa_wต่ำลงจึงเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี จากการรายงานพบว่าจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออาหารมีค่า a_w 0.6 หรือต่ำกว่า จุลินทรีย์ประเภทราจะหยุดการเจริญเมื่อ $a_w < 0.8$ และยีสต์หยุดการเจริญได้เมื่ออาหารมี $a_w < 0.88$ ส่วนแบคทีเรียจะหยุดเจริญเมื่อ $a_w < 0.91$ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่ศึกษาได้ผ่านความร้อนในขั้นตอนการผลิตและใช้หลักGMPในระหว่างกระบวนการผลิต จากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรซึ่งมีค่า a_w ค่อนข้างต่ำ ประกอบกับการเตรียมผลิตภัณฑ์มีการให้ความร้อนและมีการจัดการที่ดี จึงไม่พบการเจริญเติบโตของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 8 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่าการแปรรูปแบบผสมผสาน (hurdle technology) เป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้วิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นร่วมกัน เช่น ปริมาณน้ำอิสระ การควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารมากนัก ทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพของอาหารทางด้านประสาทสัมผัส ดังนั้นอาหารจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับอาหารสดหรืออาหารที่ปรุงสุกใหม่ การควบคุมปัจจัยเหล่านี้เหมือนเป็นการสร้างอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางร่วมกันจนทำให้สภาพแวดล้อมในการเจริญและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ไม่เหมาะสม ทำให้จุลินทรีย์ชะงักการเจริญหรือไม่เพิ่มจำนวน จึงมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในระดับที่ไม่ทำให้อาหารเสื่อมเสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค(โครงการวิจัยเรื่องอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม)

http://www.swu.ac.th/royal/book5/b5c4t8.html)



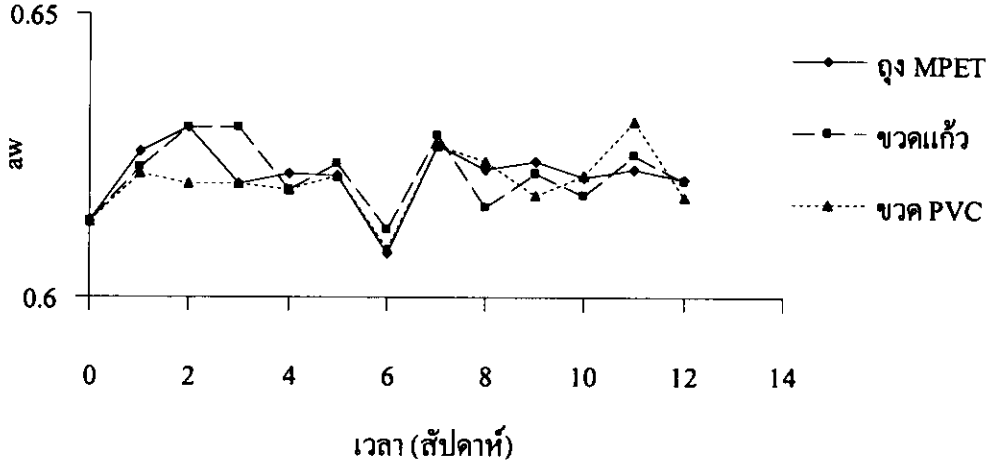
รูปที่ 5. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 สัปดาห์

จากการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษาด้วยบรรจุภัณฑ์ทั้ง 8 ชนิดนั้น พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพร ซึ่งพิจารณาจากความสามารถในการป้องกันหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาได้ดี ได้แก่บรรจุภัณฑ์ชนิด ขวดแก้ว ขวดPVC และถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET (20μOPP/12μMPET/70μLLDPE) ซึ่งเมื่อคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ได้แล้วขั้นตอนถัดไปเป็นการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพและคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ

2.1.3.1 ค่า a_w

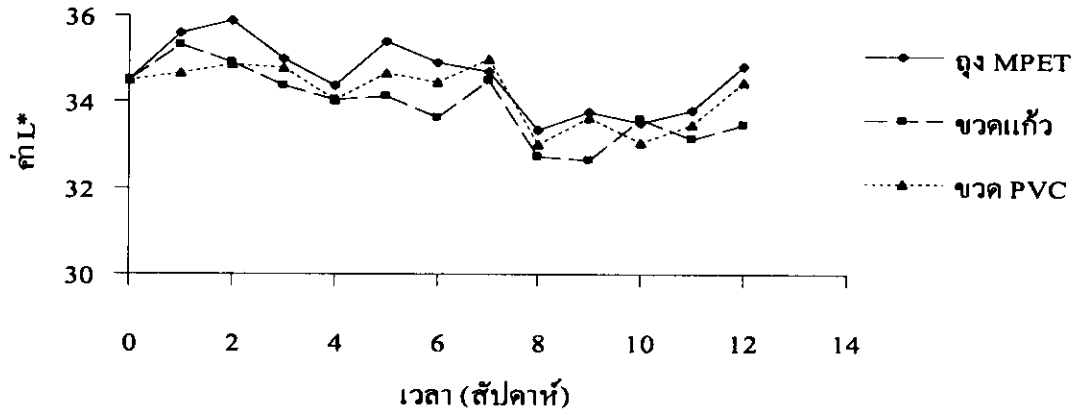
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าa_wของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุด้วยบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้ว ขวดพลาสติกชนิดPVC และถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าช่วงแรกของการเก็บรักษานั้น ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดPVCมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้วและถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET (รูปที่ 6) อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (หลังจากสัปดาห์ที่ 6) พบว่าค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวด PVC มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าน้ำพริกสมุนไพรที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้วและถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิดMPET(รูปที่6)

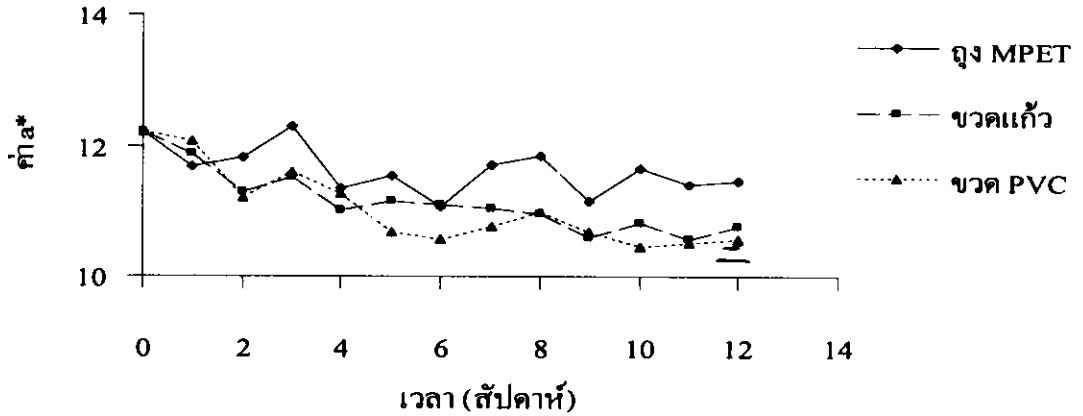


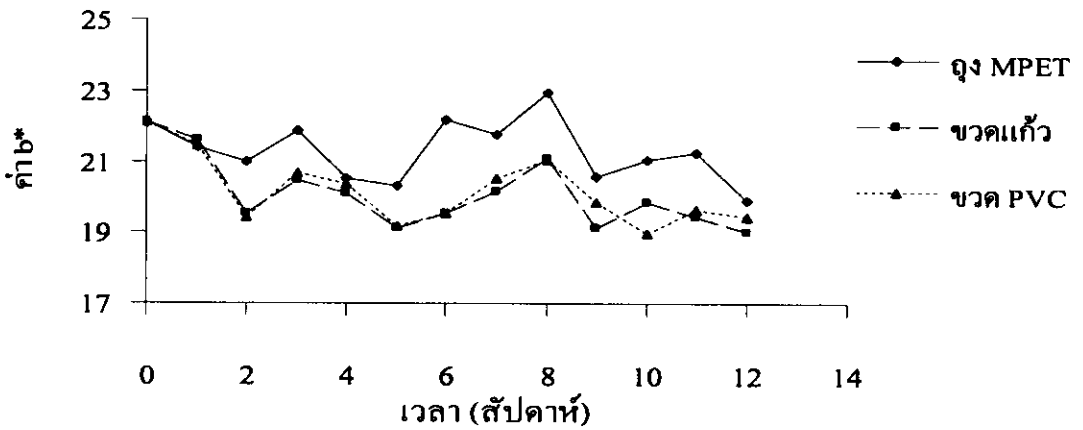
รูปที่ 6. การเปลี่ยนแปลงค่า a_w ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

2.1.3.2 ค่าสี (L* a* and b*)

ค่า L* ค่า a* และค่า b* ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิดMPETใกล้เคียงกับเริ่มต้นมากที่สุดและมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดPVC และขวดแก้ว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุด้วยถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET เกิดน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET มีค่าการซึมผ่านไอน้ำและออกซิเจนต่ำอีกทั้งถุงดังกล่าวมีฟอยด์เป็นองค์ประกอบ ทำให้แสงไม่สามารถผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรต่ำกว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในขวดแก้ว และขวดพลาสติกชนิด PVC (รูปที่ 7) ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรเกิดการเปลี่ยนแปลงสีคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิ่งกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของกรดอะมิโนหรือโปรตีน เป็น carbonyl- amine reaction โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสีน้ำตาลคือ อุณหภูมิ พีเอช ความชื้น ออกซิเจน โลหะ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)



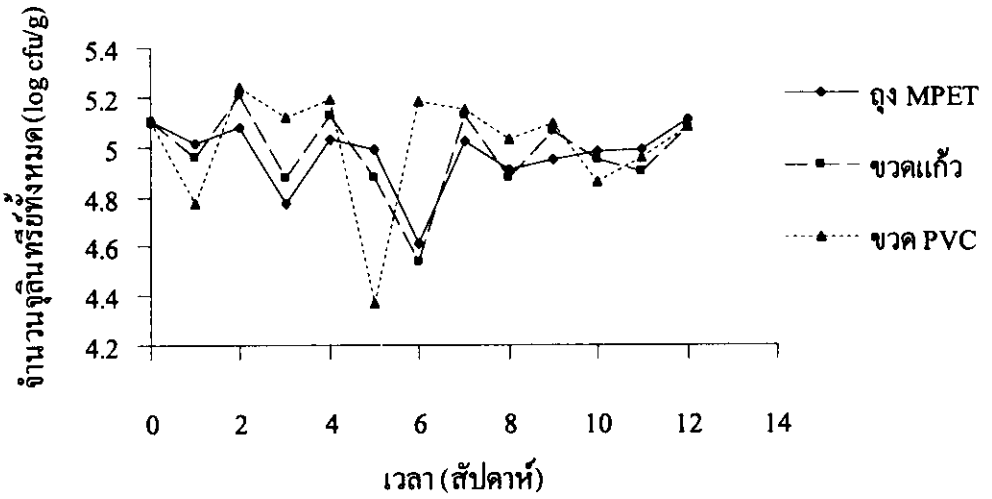




รูปที่7.การเปลี่ยนแปลงค่า L*a* b*ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา12 สัปดาห์

2.1.3.3 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และรา

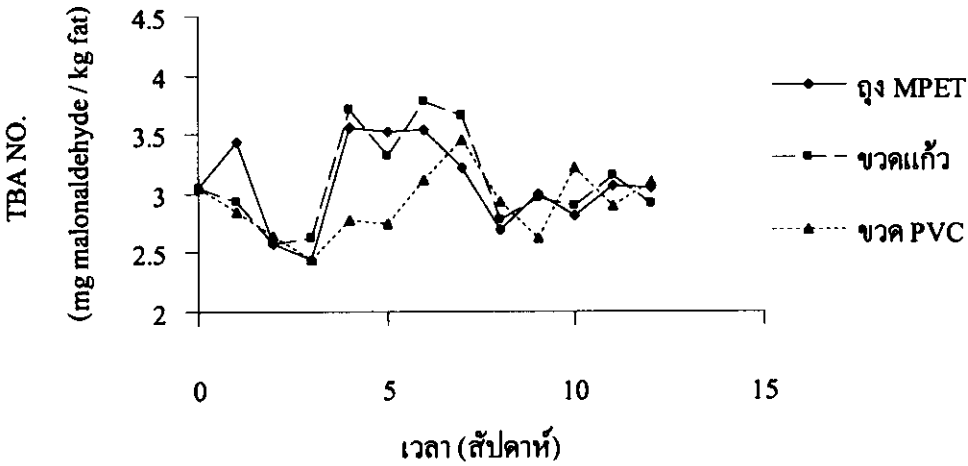
จากการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ชนิดขวดแก้ว ขวดพลาสติกชนิดPVC และถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และยีสต์และรา ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 4.7-5.2 log cfu/g (รูปที่ 8) และผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในขวดแก้วและถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในขวด PVC นอกจากนี้ไม่พบการเจริญเติบโตของยีสต์และรา (น้อยกว่า 10 cfu/g) ในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการเลือกทั้ง 3 ชนิด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่การศึกษานั้นมีค่า a_w ค่อนข้างต่ำคือประมาณ 0.61-0.62 ซึ่งค่า a_w ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพและการเน่าเสียของอาหารเพราะความชื้นในอาหารและค่า a_w จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์อย่างช้าๆ และมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ดังนั้นการลดปริมาณน้ำในอาหารให้น้อยลงเพื่อให้ค่า a_w ต่ำลงจึงเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งมีรายงานว่าจุลินทรีย์ทุกชนิดจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออาหารมีค่า a_w 0.6 หรือต่ำกว่า (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่ศึกษาได้ผ่านความร้อนในขั้นตอนการผลิตและใช้หลัก GMP ในระหว่างกระบวนการผลิต จึงไม่พบการเจริญเติบโตของยีสต์และราในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ได้ทำการเลือกไว้ทั้ง 3 ชนิดระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่าการแปรรูปแบบผสมผสาน (hurdle technology) เป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้วิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นร่วมกัน เช่น ปริมาณน้ำอิสระ การควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้นของออกซิเจน ให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารมากนัก ทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ และคุณภาพของอาหารทางด้านประสาทสัมผัส ดังนั้นอาหารจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับอาหารสดหรืออาหารที่ปรุงสุกใหม่ การควบคุมปัจจัยเหล่านี้เหมือนเป็นการสร้างอุปสรรคหรือสิ่งกีดขวางร่วมกันจนทำให้สภาพแวดล้อมในการเจริญและเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ไม่เหมาะสม ทำให้จุลินทรีย์ชะงักการเจริญหรือไม่เพิ่มจำนวน จึงมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในระดับที่ไม่ทำให้อาหารเสื่อมเสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค (โครงการวิจัยเรื่องอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารขนาดกลางและขนาดย่อม) http://www.swu.ac.th/royal/book5/b5c4t8.html)



รูปที่ 8. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ในผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

2.1.3.4 ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา

ค่า TBA เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดกลิ่นหืนของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของอาหาร จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขวดPVC มีค่า TBA สูงที่สุด ถัดมาเป็นบรรจุภัณฑ์ถุงMPET ขณะที่ผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วมีค่า TBA ต่ำที่สุด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 9) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญและพบบ่อยที่สุดในอาหารประเภทน้ำมันและไขมันและอาหารที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ปัจจัยที่มีส่วนในการทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเร็วขึ้นหรือช้าลง ได้แก่ ชนิดของกรดไขมัน แสง อุณหภูมิ ออกซิเจน โลหะ และรังสี เป็นต้น (ศิวาพร ศิวเวช, 2546) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมันมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารมากเนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นหืนขึ้น และเป็นปฏิกิริยาที่เกิดได้เอง หรือออโตออกซิเดชัน (Hamilton, 1994) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบลูกโซ่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนและอนุมูลอิสระ เกิดเป็นสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้จะสลายตัวเป็นสารที่มีเลกุลเล็กที่ทำให้มีกลิ่นหืน และเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่เริ่มต้นของปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไปได้อีก (Stauffer, 1996) เมื่อพิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า TBA พบว่าเมื่อ ระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าTBAของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้(รูปที่ 9)



รูปที่ 9. การเปลี่ยนแปลงค่า TBAของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา12 สัปดาห์

2.1.3.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในขวดแก้ว ขวดพลาสติกชนิดPVC และถุงพลาสติกเคลือบหลายชั้นชนิด MPETระหว่างการเก็บรักษา 10 สัปดาห์ พบว่าบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดให้ผลต่อคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ความเผ็ด และลักษณะโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยคะแนนความชอบอยู่ในช่วงคะแนน 6.65$\pm$0.59 ถึง 6.95$\pm$0.69 6.75+0.64 ถึง 7.30$\pm$0.66 6.55+0.51 ถึง 7.20$\pm$0.70 6.50$\pm$0.51 ถึง 7.35$\pm$0.75 และ 6.75$\pm$0.64 ถึง 7.20$\pm$0.62 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุในแต่ละบรรจุภัณฑ์ พบว่าคะแนนความชอบในด้านต่างๆ ที่ทำการทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาน้ำพริกสมุนไพรเป็นเวลา 10 สัปดาห์

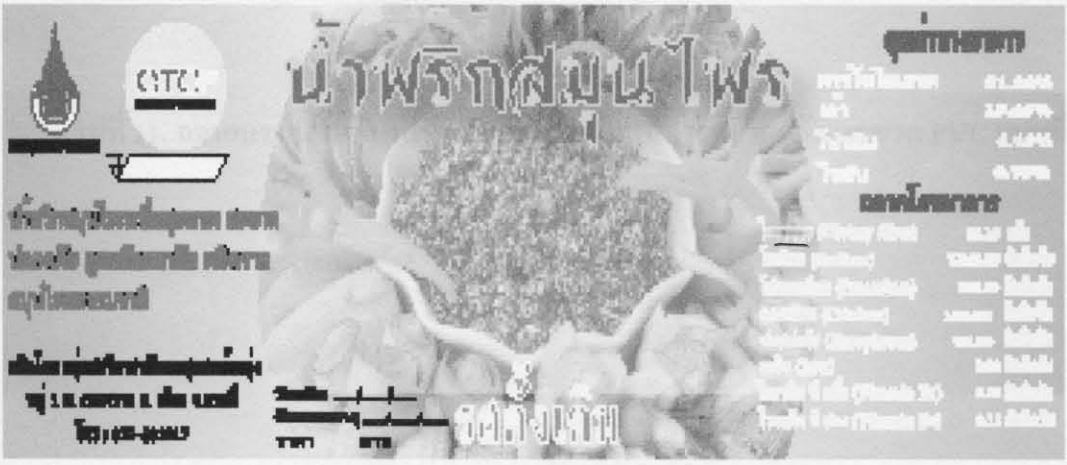
ตารางที่ 10. ผลของบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกสมุนไพรระหว่างการเก็บรักษา

ชนิดบรรจุภัณฑ์	เวลา (สัปดาห์)	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นเครื่องเทศ	รสชาติ	ความเผ็ด	ลักษณะโดยรวม
ถุง MPET	0	6.70±0.57^{a}	7.15±0.81^{ab}	7.20±0.70^{b}	7.35±0.75^{c}	7.20±0.62^{a}
	2	6.70±0.72^{a}	7.00±0.73^{ab}	7.15±0.81^{b}	7.00±0.79^{abc}	7.15±0.81^{a}
	4	6.85±0.67^{a}	6.95±0.76^{ab}	6.95±0.83^{ab}	6.95±0.69^{abc}	7.00±0.73^{a}
	6	6.65±0.67^{a}	7.10±0.64^{ab}	7.10±0.79^{b}	7.05±0.83^{bc}	7.00±0.73^{a}
	8	6.95±0.69^{a}	6.80±0.70^{ab}	6.90±0.79^{ab}	6.85±0.75^{abc}	6.85±0.81^{a}
	10	6.90±0.79^{a}	6.90±0.55^{ab}	6.90±0.55^{ab}	7.10±0.55^{bc}	7.15±0.67^{a}
ขวดแก้ว	0	6.70±0.57^{a}	7.15±0.81^{ab}	7.20±0.70^{b}	7.35±0.75^{c}	7.20±0.62^{a}
	2	7.00±0.79^{a}	7.30±0.66^{b}	7.10±0.72^{b}	7.00±0.73^{abc}	7.20±0.77^{a}
	4	6.80±0.70^{a}	7.05±0.76^{ab}	7.10±0.64^{b}	7.30±0.73^{c}	7.15±0.81^{a}
	6	6.65±0.59^{a}	7.05±0.76^{ab}	6.95±0.76^{ab}	7.05±0.76^{bc}	6.85±0.67^{a}
	8	6.90±0.72^{a}	7.00±0.56^{ab}	7.00±0.86^{ab}	6.75±0.64^{ab}	6.80±0.77^{a}
	10	6.85±0.59^{a}	6.70±0.66^{a}	7.10±0.85^{b}	6.70±0.66^{ab}	6.83±0.82^{a}
ขวด PVC	0	6.70±0.57^{a}	7.15±0.81^{ab}	7.20±0.70^{b}	7.35±0.75^{c}	7.20±0.62^{a}
	2	6.90±0.79^{a}	7.00±0.79^{ab}	6.90±0.72^{ab}	7.05±0.69^{bc}	7.10±0.79^{a}
	4	6.90±0.64^{a}	6.90±0.64^{ab}	6.80±0.62^{ab}	6.90±0.72^{abc}	6.75±0.55^{a}
	6	6.80±0.62^{a}	7.05±0.83^{ab}	6.85±0.59^{ab}	7.30±0.86^{c}	6.90±0.55^{a}
	8	6.90±0.64^{a}	6.95±0.76^{ab}	7.00±0.79^{ab}	6.90±0.72^{abc}	7.05±0.76^{a}
	10	6.85±0.67^{a}	6.75±0.64^{ab}	6.55±0.51^{a}	6.50±0.51^{a}	6.75±0.64^{a}

a,b,c ; The same letters under the same column indicate non significant differences ($p>0.05$).

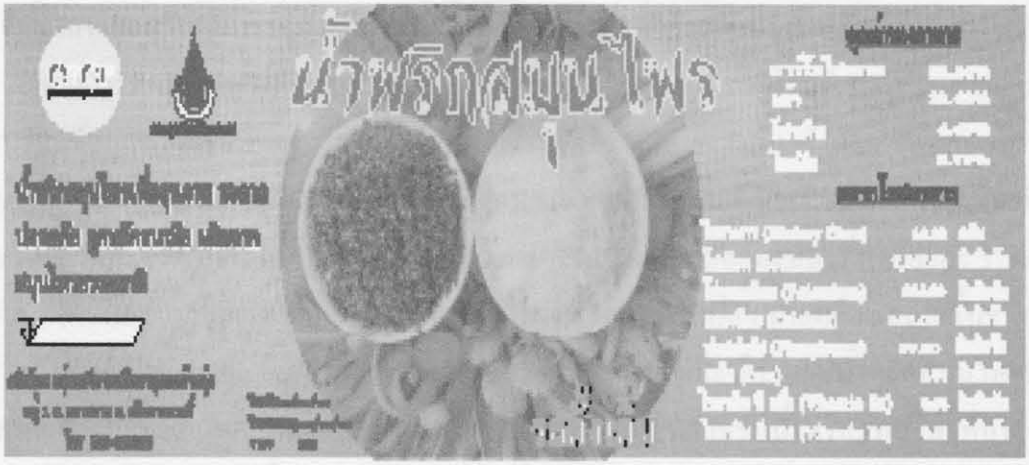
2.2. การออกแบบบรรจุภัณฑ์

การออกแบบบรรจุภัณฑ์ในเชิงสวยงาม โดยบรรจุภัณฑ์ที่เป็นขวดแก้วและขวดพลาสติกชนิดPVC ได้ทำการออกแบบฉลากสำหรับติดข้างขวดจำนวน 3 แบบ (รูปที่ 10-12) ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่เป็นถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET ได้ทำการออกแบบฉลาก 2 รูปแบบ และออกแบบรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ 2 รูปแบบ คือถุง Three side seal pouches และถุงตั้ง (Standing bag) (รูปที่ 13- 14)



รูปที่ 10. ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้วและขวด PVC แบบที่ 1

รูปที่ 11. ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้วและขวด PVC แบบที่ 2



รูปที่ 12. ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้วและขวด PVC แบบที่ 3

3. การศึกษาการยอมรับต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่ได้ออกแบบและพัฒนา

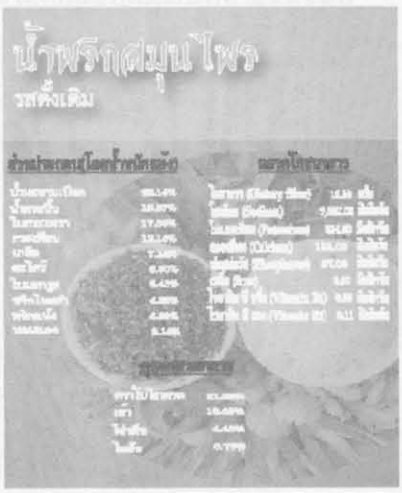
จากการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 200 คน โดยทำการสอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลความชอบของบรรจุภัณฑ์แบบเผชิญหน้า (Face to face) ซึ่งผลการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ พบว่าฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้วและขวด PVC แบบที่ 1มีคะแนนความชอบและหรือการยอมรับสูงที่สุดร้อยละ 37.46 ถัดมาเป็นฉลากและบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรบรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบถุงตั้ง (Standing bag) ร้อยละ 34.20 ขณะที่ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้วและขวด PVC แบบที่ 2 และ 3 ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบ three side seal pouches แบบที่ 1 และ 2 มีคะแนนความชอบและหรือการยอมรับเท่ากับร้อยละ 12.30, 8.29, 4.37 และ 3.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11. จำนวนผู้บริโภค(%)ที่ให้การยอมรับต่อบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพร

รูปแบบบรรจุภัณฑ์	**ร้อยละของผู้บริโภคที่ยอมรับและ/หรือมีความชอบ**
ฉลากสำหรับขวดแก้วและขวดพลาสติกชนิดPVC	(%)
แบบที่ 1	37.46
แบบที่ 2	12.30
แบบที่ 3	8.29
ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบ three side seal pouches แบบที่ 1	4.37
ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบ three side seal pouches แบบที่ 2	3.38
ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรบรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบถุงตั้ง (Standing bag)	34.20
รวม	100

(ด้านหน้า) (ด้านหลัง)

ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบ three side seal pouches แบบที่ 1



(ด้านหน้า) (ด้านหลัง)

ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบ three side seal pouches แบบที่ 2

รูปที่ 13 ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรบรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบ three side seal pouches แบบต่างๆ

(ด้านหน้า)

(ด้านหลัง)

รูปที่ 14 ฉลากบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำพริกสมุนไพรบรรจุถุงพลาสติกแบบเคลือบหลายชั้นชนิด MPET แบบถุงตั้ง (Standing bag)

สรุป

น้ำพริกสมุนไพรไทยที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีส่วนประกอบสมุนไพรดังนี้คือ พริกขี้หนูแห้ง พริกไทยดำ กระเทียม หอมแดง ตะไคร้ ใบมะกรูด และใบกระเพรา ปรุงรสด้วยน้ำตาลปี๊บ น้ำมะขามเปียก และเกลือ ซึ่งผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีคะแนนเฉลี่ยความชอบจากการทดสอบทางประสามสัมผัสด้วยเฮโดนิกสเกล (9-point hedonic scale) ของปัจจัยคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นเครื่องเทศ รสชาติ ความเผ็ด และความชอบรวมเป็น 6.42 7.44 7.47 7.46 และ 7.29 ตามลำดับ มีค่า a_w เท่ากับ 0.61 ค่า(สี)L* a* และ b* เท่ากับ34.49$\pm$0.221 12.20$\pm$0.149 และ 22.13$\pm$0.555 และมีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ ปริมาณไขมัน 0.71% โปรตีน 4.49 % ปริมาณใยอาหาร 16.1 กรัมต่อ 100กรัม มีแร่ธาตุแคลเซียม 168 โซเดียม 7247 ฟอสฟอรัส 97 โปแตสเซียม 634 และเหล็ก 6.0 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และมีวิตามินบี1 ปริมาณ 10.56 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมและวิตามินบี2 ปริมาณ 0.11 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม

จากการศึกษาการใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ คือ ขวดแก้ว ขวดพลาสติกชนิด polyethylene terepthalate (PET) ขวดพลาสติกชนิดpolystyrene (PS) และ ขวดพลาสติกชนิด polyvinyl chloride(PVC) ถุงพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (PP) โพลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท/โพลิโพรพิลีน (12μPET/30μCPP) ไนลอน/โพลิเอทิลีน (15μNylon/70μLLDPE)และโพลิโพรพิลีน/เมทอลไลซ์โพลิเอทิลีนเทอเรพทาเลท/โพลิเอทิลีน (20μOPP/12μMPET/70μLLDPE)ในการบรรจุน้ำพริกสมุนไพรสูตรพัฒนาดังกล่าว พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในขวดแก้วและกระปุกพลาสติกชนิด PVC มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยกว่ากระปุกPS และกระปุกPET ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด 20μOPP/12μMPET/70μLLDPE มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิด15μNylon/70μLLDPE, 12μPET/30μCPP และ PP ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาน้ำพริกสมุนไพรในขวดแก้ว ขวดPVC และถุง 20μOPP/12μMPET/70μLLDPE เป็นระยะเวลา 3 เดือนที่อุณหภูมิห้องพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุถุง 20μOPP/12μMPET/70μLLDPE มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกสมุนไพรที่บรรจุขวดแก้วและขวดPVC ตามลำดับ