บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

4.1 พัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น

ไส้กรอกอิมัลชั่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างประกอบด้วยเม็ดไขมันซึ่งเคลือบด้วยโปรตีนที่ละลายในเกลือแกง เพื่อต้องการให้อิมัลชั่นมีความเสถียร จึงจำเป็นต้องมีปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงเพียงพอที่จะหุ้มเม็ดไขมันได้หมด ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ควรจะมีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้สูง ทั้งนี้นอกจากลักษณะภายนอกจะดูน่ารับประทานแล้ว เมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์จะมีความชุ่มน้ำ และเนื้อไม่แห้งกระด้าง และในกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นในปัจจุบัน ส่วนมากจะไม่นิยมหมักเนื้อทิ้งเอาไว้เป็นเวลานาน เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องจึงจำเป็นต้องมีสารช่วยในการพัฒนาสีเคียวของผลิตภัณฑ์ด้วย การใช้ฟอสเฟตจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เนื่องจากฟอสเฟตช่วยสกัดโปรตีน ช่วยเก็บกักน้ำในตัวผลิตภัณฑ์ และฟอสเฟตบางชนิดยังช่วยเร่งปฏิกิริยาการพัฒนาสีเคียวอีกด้วย

ในขั้นตอนการพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นนี้ ในขั้นแรกศึกษาการใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชั่นโดยเลือกศึกษาผลของฟอสเฟต 3 ชนิดคือ STPP SAPP และ TSPP เนื่องจากมีรายงานว่าเมื่อใช้ STPP ในผลิตภัณฑ์อิมัลชั่นจากเนื้อสัตว์ ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำ และช่วยเพิ่มการละลายโปรตีน (Knipe และคณะ, 1985a) SAPP ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีของเนื้อเคียวในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เธอร์ (Hargett และคณะ, 1980) สำหรับ TSPP เป็นฟอสเฟตที่ช่วยสกัดโปรตีนได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับฟอสเฟตชนิดอื่น ซึ่งมีผลต่อสมบัติการจับกับน้ำ การเชื่อมติด และความเสถียรของอิมัลชั่น (Molins, 1991)

4.1.1 การใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชั่น

4.1.1.1 ผลของการใช้ STPP ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นตามสูตรและวิธีมาตรฐานของกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แปรความเข้มข้นของ STPP เป็นร้อยละ 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500 โดยน้ำหนัก นำมาประเมินคุณภาพด้าน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกง (SSP) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) ในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน (water loss) ความ

เสถียรของอิมัลชั่น (ES) การเกิดไนโตรเซชั่นของเม็ดสี (degree of nitrosation of pigment; %conversion) สีแดง (a) และเนื้อสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.4

ตารางที่ 4.1 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ความเข้มข้น STPP ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH อิมัลชั่น	pH ไส้กรอก^{ns}
0	6.38^{a}±0.07	6.50±0.02
0.125	6.43^{a}±0.07	6.55±0.08
0.250	6.47^{ab}±0.08	6.56±0.11
0.375	6.51^{ab}±0.06	6.61±0.10
0.500	6.57^{b}±0.06	6.65±0.13

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.2 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	SSP ^{ns} (ร้อยละ)	WHC (water loss)* (ร้อยละ)	ES (ml / อิมัลชั่น100 g)
0	13.07±0.73	12.54^{c}±0.01	1.69^{d}±0.11
0.125	13.27±1.18	2.53^{a}±0.23	1.31^{c}±0.04
0.250	13.40±1.14	2.89^{a}±0.32	0.76^{b}±0.18
0.375	13.88±1.10	5.08^{b}±0.90	0.52^{a}±0.09
0.500	14.32±0.86	4.90^{b}±0.10	0.43^{a}±0.05

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน (water loss)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion^{ns}	ค่าสีแดง (a)
0	39.57±6.94	+4.97^{b}±0.55
0.125	35.07±10.86	+4.43^{ab}±0.67
0.250	44.61±16.56	+4.12^{ab}±0.48
0.375	41.54±8.16	+3.81^{a}±0.50
0.500	43.04±9.81	+3.54^{a}±0.61

ns ไม่มีนัยสำคัญ (p>0.05)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ 4.4 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	hardness (g)	cohesiveness	springiness^{ns}	chewiness
0	7264.38^{a}±951.55	0.347^{a}±0.02	0.865±0.04	2213.64^{a}±489.44
0.125	8583.41^{b}±1251.45	0.383^{a}±0.04	0.905±0.03	3006.68^{bc}±692.58
0.250	8730.85^{b}±457.92	0.390^{b}±0.01	0.892±0.04	3046.62^{c}±99.48
0.375	7960.86^{b}±403.73	0.386^{b}±0.01	0.902±0.03	2649.63^{ab}±393.30
0.500	7190.08^{a}±65.25	0.387^{b}±0.02	0.887±0.02	2475.29^{a}±31.68

ns ไม่มีนัยสำคัญ (p>0.05)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของปริมาณ STPP ต่อ pH ของอิมัลชั่น WHC ES ค่าสีแดง และเนื้อสัมผัสด้าน hardness cohesiveness และ chewiness (p≤0.05) ขณะที่ pH ของไส้กรอก SSP %conversion และเนื้อสัมผัสด้าน springiness ไม่ต่างกัน (p>0.05)

เมื่อพิจารณา WHC (ตารางที่ 4.2) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ STPP เพิ่มขึ้น WHC เพิ่มขึ้นด้วย (water loss ลดลง) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของ pH (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของอิมัลชั่นกับ

WHC เป็น 0.871) โดย STPP มีความเป็นด่าง เมื่อเพิ่มปริมาณ STPP ทำให้ pH ของอิมัลชั่นสูงขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.1) ซึ่งจากการที่ pH ของระบบสูงขึ้นทำให้ pH ของโปรตีนกล้ามเนื้อ (muscle protein) ออกห่างจาก pI มากขึ้นโดย Hamm (1971) รายงานว่า WHC ของอิมัลชั่นจากเนื้อสัตว์ต่ำที่สุดเมื่อ pH เท่ากับ pI ของโปรตีน pH ของผลิตภัณฑ์ออกห่างจาก pI มากขึ้นทำให้ประจุสุทธิ (net charge) ของสายโพลีเพปไทด์ภายในโมเลกุลโปรตีนไม่สมดุล เกิดเป็นประจุลบมากกว่าประจุบวกจึงเกิดแรงผลักกันของประจุที่เหมือนกันภายในโมเลกุลโปรตีน ซึ่งแรงผลักนี้ทำให้โครงสร้างของโปรตีนหลวมขึ้น และสามารถตรึงน้ำอิสระ (free water) ให้อยู่ในรูปน้ำที่ถูกตรึง (immobilized water) มากขึ้น WHC จึงเพิ่มขึ้น (Hamm, 1971; Fennema, 1977) นอกจากนี้เมื่อเพิ่มปริมาณ STPP ทำให้ผลิตภัณฑ์มี ionic strength สูงขึ้น (Molins, 1991) ทำให้เกิดการจับกันระหว่างประจุลบในโมเลกุลของฟอสเฟต และประจุบวกบนโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น ประจุสุทธิของสายโพลีเพปไทด์เปลี่ยนไป ทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลโปรตีนลดลง โครงสร้างโปรตีนจึงหลวมขึ้น และตรึงน้ำอิสระได้มากขึ้น เช่นเดียวกับผลของ pH แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ STPP เป็นร้อยละ 0.375-0.500 โดยน้ำหนัก พบว่าค่า water loss กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (WHC ลดลง) ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น STPP จะแตกตัวเป็นประจุลบจำนวนมาก ประจุลบเหล่านี้จะจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากกว่าโมเลกุลโปรตีน ทำให้โมเลกุลโปรตีนเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลโปรตีนด้วยกันเอง (protein-protein interaction) (Molins, 1991) ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเกาะตัวกันแน่นขึ้น ช่องว่างภายในโมเลกุลลดลง ทำให้ปริมาณน้ำอิสระที่ถูกตรึงภายในโมเลกุลโปรตีนลดลง WHC จึงลดลง

เมื่อพิจารณา ES (ตารางที่ 4.2) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ STPP เพิ่มขึ้น ES เพิ่มขึ้นด้วย (ปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อนลดลง) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณ SSP ที่สกัดออกมาได้ซึ่งปริมาณ SSP มีผลมาจาก pH และ ionic strength โดยเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น pH และ ionic strength ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น สายโพลีเพปไทด์ในโมเลกุลโปรตีนแยกจากกัน โปรตีนจึงละลายออกมาได้มาก ขณะเดียวกันปริมาณ STPP ที่เพิ่มขึ้น เมื่อแตกตัวทำให้เกิดอิออนลบภายในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น อิออนลบเหล่านี้สามารถจับกับอิออนบวกที่อยู่ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น Ca^{2+} ไม่ให้เกิดการเชื่อมขวางด้วยพันธะอิออนิก (ionic cross-link) ระหว่างโมเลกุลโปรตีน การละลายของโปรตีนจึงเพิ่มขึ้นด้วย (Hamm, 1971) ซึ่งการที่สกัดโปรตีนได้มากขึ้นนี้ทำให้มีปริมาณโปรตีนมากพอที่จะหุ้มเม็ดไขมันภายในอิมัลชั่นได้หมด อิมัลชั่นที่ได้จึงมีความเสถียรเพิ่มขึ้น (Trout และ Schmidt, 1984; Schwartz, Bender และ Everson 1985) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Knipe และคณะ (1985a) ซึ่งศึกษาผลของการใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดในอิมัลชั่นจากเนื้อสัตว์ พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ STPP จากร้อยละ 0.15 เป็น 0.30 โดยน้ำหนัก การละลายของโปรตีนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ ES ดีขึ้นด้วย

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (ตารางที่ 4.3) พบว่าเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น ค่าสีแดงลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากอิออนลบที่เกิดจาก STPP เพิ่มขึ้นเหนี่ยวนำให้ myoglobin เกิดการเสียสภาพเนื่องจากความร้อน (heat denaturation) เร็วขึ้นจึงทำให้การเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลดลง (Trout, 1989) ซึ่งผลการทดลองที่ได้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Young, Northcutt และ Lyon (1996) ซึ่งรายงานว่าเนื้ออกไก่ที่ผ่านการแช่ในสารละลาย STPP และเกลือแกงความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 7 โดยน้ำหนัก เมื่อทำให้สุกโดยแช่น้ำร้อน 95°C จนอุณหภูมิภายในเป็น 72°C ค่าสีแดง (a*) ของเนื้ออกไก่สุกลดลงเนื่องจากเหตุผลที่อธิบายข้างต้น

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการทดสอบเนื้อสัมผัสด้าน hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่มี STPP ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0-0.375 ค่า hardness cohesiveness และ chewiness เพิ่มขึ้น แต่เมื่อสูงถึง 0.500 ค่า hardness และ chewiness ลดลง ($p \leq 0.05$) ขณะที่ค่า springiness ไม่ต่างกัน ผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่ออิมัลชั่นมีความเสถียรมากขึ้น คุณภาพของเนื้อสัมผัสจะดีขึ้นด้วย

4.1.1.2 ผลของการใช้ SAPP ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นตามสูตรและวิธีมาตรฐานของกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แปรปริมาณ SAPP เป็นร้อยละ 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500 โดยน้ำหนัก ประเมินคุณภาพด้าน pH SSP WHC ในรูป water loss ES %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5-4.8

ตารางที่ 4.5 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SAPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH อิมัลชั่น	pH ไส้กรอก
0	$6.05^{e} \pm 0.05$	$6.17^{c} \pm 0.05$
0.125	$5.90^{d} \pm 0.05$	$6.07^{c} \pm 0.06$
0.250	$5.79^{c} \pm 0.04$	$5.95^{b} \pm 0.05$
0.375	$5.69^{b} \pm 0.04$	$5.81^{a} \pm 0.07$
0.500	$5.60^{a} \pm 0.04$	$5.76^{a} \pm 0.06$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.6 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SAPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	SSP [ns] (ร้อยละ)	WHC (water loss)* (ร้อยละ)	ES (ml / อิมัลชั่น100 g)
0	13.87±1.04	12.53[e]±0.03	1.85[b]±0.27
0.125	12.99±0.50	11.82[d]±0.02	1.41[ab]±0.46
0.250	13.53±0.91	4.65[a]±0.57	1.11[a]±0.39
0.375	13.03±0.07	8.55[b]±0.23	1.08[a]±0.42
0.500	14.15±0.48	9.33[c]±0.52	1.04[a]±0.32

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน (water loss)

ตารางที่ 4.7 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SAPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion [ns]	ค่าสีแดง (a) [ns]
0	37.08±7.85	+4.89±1.14
0.125	38.07±12.01	+4.30±0.90
0.250	34.51±3.59	+4.54±0.94
0.375	38.40±11.09	+4.59±0.63
0.500	39.84±10.68	+4.72±0.90

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ SAPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

ปริมาณ SAPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	hardness (g)	cohesiveness	springiness	chewiness
0	$7197.40^{a}\pm464.21$	$0.347^{a}\pm0.03$	$0.789^{a}\pm0.01$	$1969.63^{a}\pm253.81$
0.125	$7611.53^{ab}\pm575.54$	$0.367^{ab}\pm0.04$	$0.867^{b}\pm0.02$	$2427.82^{b}\pm400.04$
0.250	$8228.14^{bc}\pm250.80$	$0.382^{ab}\pm0.09$	$0.874^{b}\pm0.03$	$2838.99^{bc}\pm187.64$
0.375	$9009.57^{c}\pm455.32$	$0.391^{ab}\pm0.02$	$0.882^{b}\pm0.05$	$3097.10^{c}\pm20.96$
0.500	$8499.46^{c}\pm396.13$	$0.411^{b}\pm0.02$	$0.886^{b}\pm0.02$	$3220.21^{c}\pm84.08$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของปริมาณ SAPP ต่อ pH ของอิมัลชั่น และของไส้กรอกอิมัลชั่น WHC ES และค่าเนื้อสัมผัสทุกด้าน ($p\leq0.05$) ขณะที่ SSP %conversion และค่าสีแดง (a) ไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณา WHC (ตารางที่ 4.6) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ SAPP เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็น 0.125 โดยน้ำหนัก WHC เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณ SAPP ionic strength เพิ่มขึ้น เกิดการจับกันระหว่างประจุลบในโมเลกุลของฟอสเฟต และประจุบวกบนโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น ทำให้ประจุสิทธิของสายโพลีเพปไทด์เปลี่ยนไป แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลโปรตีนลดลง ทำให้โครงสร้างโปรตีนหลวมขึ้น และตรึงน้ำอิสระได้มากขึ้น แต่เมื่อพิจารณา pH ของ SAPP ซึ่งมีความเป็นกรด เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์ทำให้ ผลิตภัณฑ์มี pH ลดลง และเข้าใกล้ pI มากขึ้น ประจุภายในโมเลกุลโปรตีนเข้าใกล้สมดุลมากขึ้นเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลโปรตีน ช่องว่างภายในโมเลกุลโปรตีนจึงเล็กลง ทำให้ตรึงน้ำอิสระได้น้อยลง ค่า WHC จึงน่าจะลดลง แต่ Hargett และคณะ (1980) อธิบายว่าอิทธิพล ionic strength ของการเติม SAPP ลงไปในอิมัลชั่น อาจมากกว่าอิทธิพลของ pH จึงทำให้ค่า WHC เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณ SAPP เป็นร้อยละ 0.375-0.500 โดยน้ำหนัก พบว่า water loss กลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (WHC ลดลง) ที่เป็นเช่นนี้ อาจเกิดจาก pH ของผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ pI มากขึ้น เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลโปรตีนมากขึ้นโครงสร้างโปรตีนจึงแน่นขึ้น และตรึงน้ำอิสระได้น้อยลง WHC จึงลดลงด้วย

เมื่อพิจารณา ES (ตารางที่ 4.6) พบว่าเมื่อปริมาณ SAPP ที่ร้อยละ 0.250-0.500 ให้ผลิตภัณฑ์ที่เสถียรกว่าเมื่อไม่ใช้ SAPP ทั้งนี้เนื่องจากผลของ ionic strength โดยเมื่อเพิ่มปริมาณ SAPP ลดลง ทำให้ ionic strength ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แรงยึดระหว่างสายโพลีเพปไทด์ในโมเลกุลโปรตีนลดลง โปรตีนจึงถูกสกัดออกมาได้มาก เป็นเหตุผลให้เสถียรภาพของอิมัลชั่นดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้ SAPP ขณะเดียวกัน

เมื่อ SAPP เพิ่มขึ้นประจุลบภายในโมเลกุลของของ SAPP เพิ่มขึ้นด้วย จึงจับกับประจุบวกจากไดแวเลนท์แคทอิออน (divalent cation) เช่น Ca^{2+} ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น การละลายของโปรตีนจึงเพิ่มขึ้นด้วย (Hamm, 1971) และการที่ ES เพิ่มขึ้นนี้อาจเกิดจาก pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงทำให้อิมัลชั่นที่ได้มีความหนืดลดลง ช่วยชะลอการเกิดพลังงานความร้อนขณะสับผสมทำให้อิมัลชั่นมีความเสถียรดี เพราะโปรตีนที่ใช้ในการหุ้มเม็ดไขมันยังไม่เสียสภาพจากความร้อนระหว่างการสับผสม (Hargett และคณะ, 1980)

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (ตารางที่ 4.7) พบว่าเมื่อปริมาณ SAPP เพิ่มขึ้น ค่าสีแดงไม่ต่างกัน และไม่ต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้เติม SAPP ทั้งนี้อาจเนื่องจาก pH ของผลิตภัณฑ์ที่เติม SAPP ลดลง ทำให้ myoglobin เสียสภาพจากพลังงานความร้อนได้ง่ายขึ้น (Trout, 1989) สีแดงจึงน่าจะมีค่าลดลง แต่ SAPP สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีของเนื้อเคียวได้โดยเมื่อ pH ลดลงจะช่วยเร่งการเปลี่ยนไนไตรท์ไปเป็นไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) ได้เร็วขึ้นจึงทำให้เกิดสีชมพูเร็วขึ้นด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับที่ไม่ได้เติม SAPP และจากปริมาณ SAPP ที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.125-0.500 โดยน้ำหนักมีค่าสีแดงไม่ต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ SAPP ปริมาณน้อย (ร้อยละ 0.125 โดยน้ำหนัก) อาจเพียงพอที่จะเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีของเนื้อเคียวจนสมบูรณ์ก็เป็นได้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการทดสอบเนื้อสัมผัสด้าน hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่มี SAPP ร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก พบว่า SAPP ที่ระดับตั้งแต่ร้อยละ 0.125 มีผลให้ค่า springiness และ chewiness เพิ่มขึ้น ขณะที่ cohesiveness และ springiness สูงขึ้นชัดเจนเมื่อปริมาณสูงใกล้ร้อยละ 0.500 ผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Hargett และคณะ (1980) ซึ่งศึกษาผลของ SAPP ต่อสมบัติทางประสาทสัมผัส เคมี และกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เธอร์ ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ SAPP จากร้อยละ 0-0.625 โดยน้ำหนัก ค่า hardness และ chewiness ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เธอร์เพิ่มขึ้น

4.1.1.3 ผลของการใช้ TSPP ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นตามสูตรและวิธีมาตรฐานของกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แปรความเข้มข้นของ TSPP เป็นร้อยละ 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500 โดยน้ำหนัก นำมาประเมินคุณภาพด้าน pH SSP WHC ในรูป water loss ES %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.12

ตารางที่ 4.9 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH อิมัลชั่น	pH ไส้กรอก
0	$6.32^{a}\pm0.15$	$6.37^{a}\pm0.13$
0.125	$6.41^{a}\pm0.20$	$6.45^{ab}\pm0.16$
0.250	$6.50^{ab}\pm0.16$	$6.52^{ab}\pm0.13$
0.375	$6.61^{ab}\pm0.14$	$6.57^{ab}\pm0.12$
0.500	$6.73^{b}\pm0.16$	$6.69^{b}\pm0.16$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.10 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	SSP (ร้อยละ)	WHC (water loss)* (ร้อยละ)	ES ^{ns} (ml / อิมัลชั่น100 g)
0	$13.08^{a}\pm0.15$	$12.54^{d}\pm0.03$	1.84 ± 0.23
0.125	$13.19^{a}\pm0.41$	$3.92^{c}\pm0.18$	1.33 ± 0.51
0.250	$13.87^{ab}\pm0.54$	$2.64^{b}\pm0.12$	1.11 ± 0.56
0.375	$14.06^{b}\pm0.25$	$2.01^{a}\pm0.23$	1.05 ± 0.87
0.500	$13.99^{b}\pm0.38$	$2.07^{a}\pm0.24$	0.98 ± 0.23

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน (water loss)

ตารางที่ 4.11 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

ปริมาณ TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion	ค่าสีแดง (a)
0	$37.85^{b}\pm3.33$	$+4.56^{c}\pm0.47$
0.125	$38.73^{b}\pm1.99$	$+3.97^{bc}\pm0.50$
0.250	$33.67^{a}\pm4.99$	$+3.23^{ab}\pm0.40$
0.375	$36.60^{a}\pm2.69$	$+3.13^{ab}\pm0.61$
0.500	$33.80^{a}\pm4.00$	$+2.52^{a}\pm0.40$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.12 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

ปริมาณ TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	hardness (g)	cohesiveness	springiness	chewiness
0	$7404.36^{a}\pm276.04$	$0.324^{a}\pm0.02$	$0.764^{a}\pm0.05$	$1902.70^{a}\pm94.44$
0.125	$9710.02^{c}\pm868.27$	$0.381^{b}\pm0.02$	$0.848^{b}\pm0.01$	$3288.86^{c}\pm279.23$
0.250	$9132.30^{bc}\pm346.62$	$0.416^{b}\pm0.03$	$0.848^{b}\pm0.02$	$3246.61^{c}\pm224.64$
0.375	$8708.28^{b}\pm396.86$	$0.383^{b}\pm0.03$	$0.861^{b}\pm0.01$	$2770.61^{b}\pm210.56$
0.500	$6857.53^{a}\pm259.18$	$0.375^{b}\pm0.01$	$0.856^{b}\pm0.01$	$2200.90^{a}\pm179.05$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบอิทธิพลของปริมาณ TSPP ต่อ pH ของอิมัลชั่น และ pH ของไส้กรอกอิมัลชั่น SSP WHC %conversion ค่าสีแดง และเนื้อสัมผัสทุกด้าน ($p\leq0.05$) ขณะที่ ES ไม่ต่างกัน ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณา WHC (ตารางที่ 4.10) พบว่าเมื่อความเข้มข้น TSPP เพิ่มขึ้น WHC เพิ่มขึ้นด้วย (water loss ลดลง) ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของ pH (ตารางที่ 4.9) และ ionic strength ที่เพิ่มขึ้น โดย TSPP มีความเป็นด่าง เมื่อเพิ่มปริมาณ TSPP ทำให้ pH ของอิมัลชั่นสูงขึ้น ซึ่งจากการที่ pH สูงขึ้นทำให้ pH ของโปรตีนกล้ามเนื้อ (muscle protein) ออกห่างจาก pI มากขึ้นโดย WHC ของอิมัลชั่นจากเนื้อสัตว์ต่ำที่สุด

เมื่อ pH เท่ากับ pI ของโปรตีน (Hamm, 1971) การที่ pH ของผลิตภัณฑ์ออกห่างจาก pI มากขึ้นทำให้ประจุสุทธิ (net charge) ของสายโพลีเพปไทด์ภายในโมเลกุลโปรตีนไม่สมดุล เกิดเป็นประจุลบมากกว่าประจุบวกจึงเกิดแรงผลักกันของประจุที่เหมือนกันภายในโมเลกุลโปรตีน ซึ่งแรงผลักนี้ทำให้โครงสร้างของโปรตีนหลวมขึ้น และสามารถตรึงน้ำอิสระ ให้อยู่ในรูปน้ำที่ถูกตรึงมากขึ้น WHC จึงเพิ่มขึ้น (Hamm, 1971; Fennema, 1977) และเมื่อเพิ่มปริมาณ TSPP ทำให้ผลิตภัณฑ์มี ionic strength สูงขึ้น (Molins, 1991) ทำให้เกิดการจับกันระหว่างประจุลบในโมเลกุลของฟอสเฟต และประจุบวกบนโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น ประจุสุทธิของสายโพลีเพปไทด์เปลี่ยนไป ทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลโปรตีนลดลง โครงสร้างโปรตีนจึงหลวมขึ้น และตรึงน้ำอิสระได้มากขึ้น เช่นเดียวกับผลของ pH ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น

เมื่อพิจารณาความเสถียรของอิมัลชั่น (ES) (ตารางที่ 4.10) พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น ES ไม่ต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก TSPP เป็นฟอสเฟตที่ช่วยสกัดโปรตีนได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสเฟตชนิดอื่น (Molins, 1991) และเมื่อเพิ่มปริมาณ TSPP พบว่าสามารถสกัด SSP ได้เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.10) การที่สกัดโปรตีนได้มาก อิมัลชั่นที่ได้จะมีเนื้อละเอียดและมีความหนืดสูง (Molins, 1991) ทำให้เกิดความร้อนระหว่างสับผสม โปรตีนที่ถูกสกัดออกมาจึงอาจเสียสภาพไปบางส่วนทำให้มีปริมาณโปรตีนไม่เพียงพอที่จะหุ้มเม็ดไขมันได้หมด อิมัลชั่นที่ได้จึงมีความเสถียรดีขึ้นไม่มาก (Schwartz และคณะ, 1985)

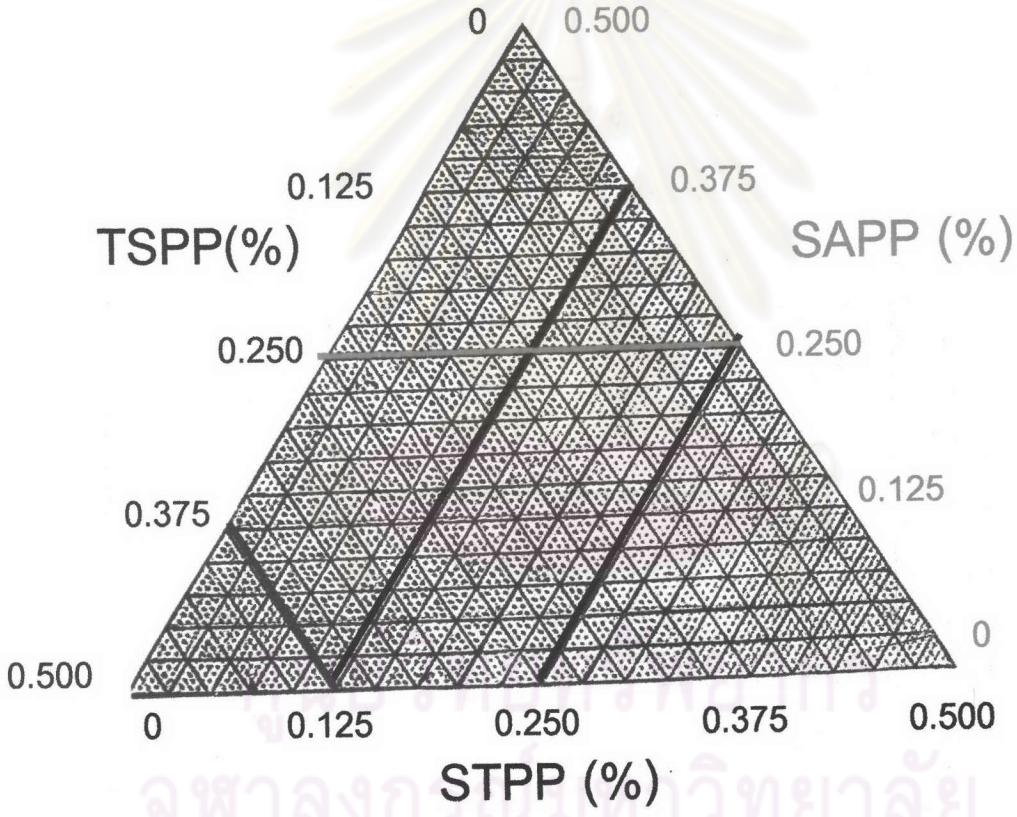
เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (ตารางที่ 4.11) พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น ค่าสีแดงลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของอิออนจาก TSPP เพิ่มขึ้น เหนี่ยวนำให้ myoglobin เสียสภาพเนื่องจากความร้อนเร็วขึ้น ทำให้การเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลดลง ค่าสีแดงจึงลดลงด้วย (Trout, 1989) เช่นเดียวกับการใช้ STPP ในข้อ 4.1.1.1 นอกจากนี้อาจมีอิทธิพลของ pH โดยที่ pH สูง การเปลี่ยนไนไตรท์ไปเป็นไนตริกออกไซด์ช้า ทำให้เกิดการเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูช้าลงก็เป็นได้ ผลการทดลองมีแนวโน้มไปทางเดียวกับ %conversion ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TSPP %conversion ลดลงแสดงว่าเกิดการพัฒนาสีของเนื้อเคียวลดลง สีชมพูจึงลดลงด้วย

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าการทดสอบเนื้อสัมผัสด้าน hardness cohesiveness springiness และ chewiness พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 0.250 ค่า hardness และ chewiness เพิ่มขึ้น แต่เมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้นจาก 0.250 เป็น 0.500 พบว่า hardness และ chewiness ค่อยๆ ลดลง ขณะที่ cohesiveness และ springiness ไม่ต่างกัน ผลดังกล่าวนี้แสดงว่าระดับความเข้มข้นของ TSPP มีค่าสูงสุดสำหรับคุณภาพของเนื้อสัมผัส โดยที่ระดับสูงเกินไป ภาวะพลังงานความร้อนขณะสับอาจมีอิทธิพลกับคุณภาพของโปรตีนดังได้อธิบายไปแล้ว

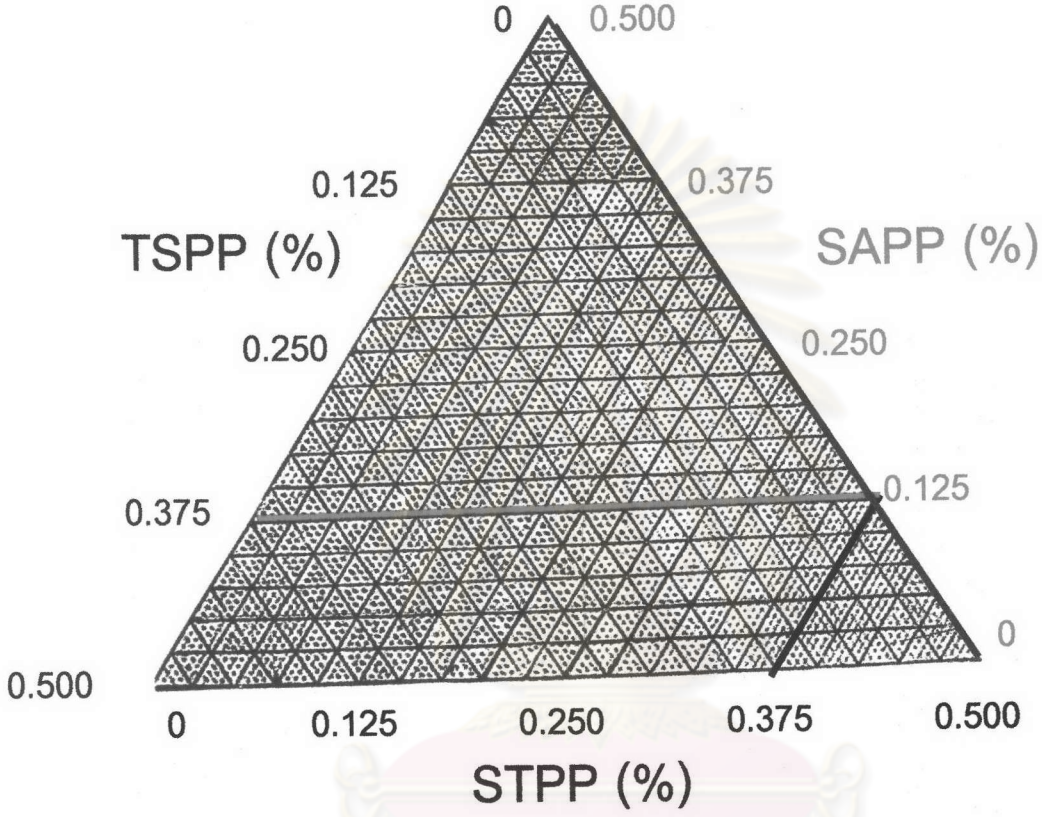
4.1.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น

ในการพัฒนาสารผสมฟอสเฟตให้เหมาะสมสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นนั้น สมบัติสำคัญที่ควรพิจารณาคือ WHC และ ES เนื่องจากสมบัติดังกล่าวเป็นสมบัติสำคัญของผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่น

จากผลการวิเคราะห์ WHC และ ES จากข้อ 4.1.1 พบว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ให้ค่า WHC ดีที่สุด คือ STPP, SAPP และ TSPP ร้อยละ 0.125-0.250, 0.250 และ 0.375-0.500 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟตที่ให้ค่า ES ดีที่สุด คือ STPP, SAPP และ TSPP ร้อยละ 0.375-0.500, 0.125-0.500 และ 0-0.500 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ นำมาพัฒนาเป็นสารผสมฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงต่อ pH SSP WHC ในรูป water loss ES %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัส โดยวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย mixture design ซึ่งเป็นการวางแผนการทดลองโดยแปรปริมาณส่วนผสมที่สนใจ 2 หรือ 3 ชนิดให้มีปริมาณรวมกันเป็นร้อยละ 100 (Mason และคณะ, 1989) ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.2



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณของ STPP SAPP และ TSPP ในการหาอัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า WHC ดีที่สุด



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณของ STPP SAPP และ TSPP ในการหาอัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า ES ดีที่สุด

จากรูปที่ 4.1 พบว่าไม่มีจุดตัดที่ประกอบด้วยฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิด จึงเลือกจุดที่มีการตัดกันของ STPP และ TSPP เนื่องจาก WHC เกี่ยวข้องกับการคลายตัวของสายโพลีเพปไทด์ในโมเลกุลโปรตีน แล้วตรึงน้ำอิสระ (Hamm, 1971) จึงควรเลือกฟอสเฟตที่สามารถเพิ่ม pH และ ionic strength ได้มาก สูตรของสารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า WHC ดีที่สุด จึงประกอบด้วย STPP:TSPP; 25:75

จากรูปที่ 4.2 พบว่าจุดตัดที่ประกอบด้วยฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิดซึ่งประกอบด้วย STPP:SAPP:TSPP; 75:25:0 เป็นสูตรของสารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า ES ดีที่สุด

แปรอัตราส่วนของฟอสเฟตที่ระดับต่างๆ เพื่อให้ได้สารผสมฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงต่อ pH SSP WHC ในรูป water loss ES %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัส อีก 5 สูตร รวมเป็น 7 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 อัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่น

สูตรที่	ชนิดของฟอสเฟต		
	STPP (ร้อยละ)	TSPP (ร้อยละ)	SAPP (ร้อยละ)
1 (WHC)	25	75	0
2	20	75	5
3	15	75	10
4	45	45	10
5	75	10	15
6	75	5	20
7 (ES)	75	0	25

ผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นโดยใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นทั้ง 7 สูตร ประเมินคุณภาพด้าน pH SSP WHC ในรูป water loss ES %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัส ได้ผลดังตารางที่ 4.14-4.17 และรูปที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.14 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH อิมัลชั่น	pH ไส้กรอก
สูตรที่ 1	$6.59^{c}\pm0.04$	$6.58^{e}\pm0.05$
สูตรที่ 2	$6.24^{b}\pm0.04$	$6.38^{d}\pm0.03$
สูตรที่ 3	$6.21^{b}\pm0.03$	$6.28^{c}\pm0.03$
สูตรที่ 4	$6.19^{b}\pm0.01$	$6.22^{bc}\pm0.03$
สูตรที่ 5	$6.12^{a}\pm0.07$	$6.19^{ab}\pm0.04$
สูตรที่ 6	$6.08^{a}\pm0.03$	$6.15^{a}\pm0.04$
สูตรที่ 7	$6.05^{a}\pm0.03$	$6.12^{a}\pm0.04$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.15 ค่า SSP WHC และ ES ของอิมัลชั่นสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	SSP (ร้อยละ)	WHC (water loss)* (ร้อยละ)	ES (ml / อิมัลชั่น100 g)
สูตรที่ 1	$14.02^{d}\pm0.13$	$2.78^{a}\pm0.08$	$0.92^{c}\pm0.07$
สูตรที่ 2	$13.97^{d}\pm0.15$	$2.95^{b}\pm0.04$	$0.95^{c}\pm0.06$
สูตรที่ 3	$13.93^{cd}\pm0.03$	$3.12^{c}\pm0.06$	$0.97^{c}\pm0.02$
สูตรที่ 4	$13.88^{bcd}\pm0.08$	$4.05^{d}\pm0.04$	$0.81^{b}\pm0.02$
สูตรที่ 5	$13.77^{abc}\pm0.02$	$5.29^{e}\pm0.16$	$0.65^{a}\pm0.05$
สูตรที่ 6	$13.72^{ab}\pm0.07$	$5.62^{f}\pm0.10$	$0.66^{a}\pm0.06$
สูตรที่ 7	$13.67^{a}\pm0.14$	$5.95^{g}\pm0.07$	$0.66^{a}\pm0.04$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน (water loss)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.16 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น

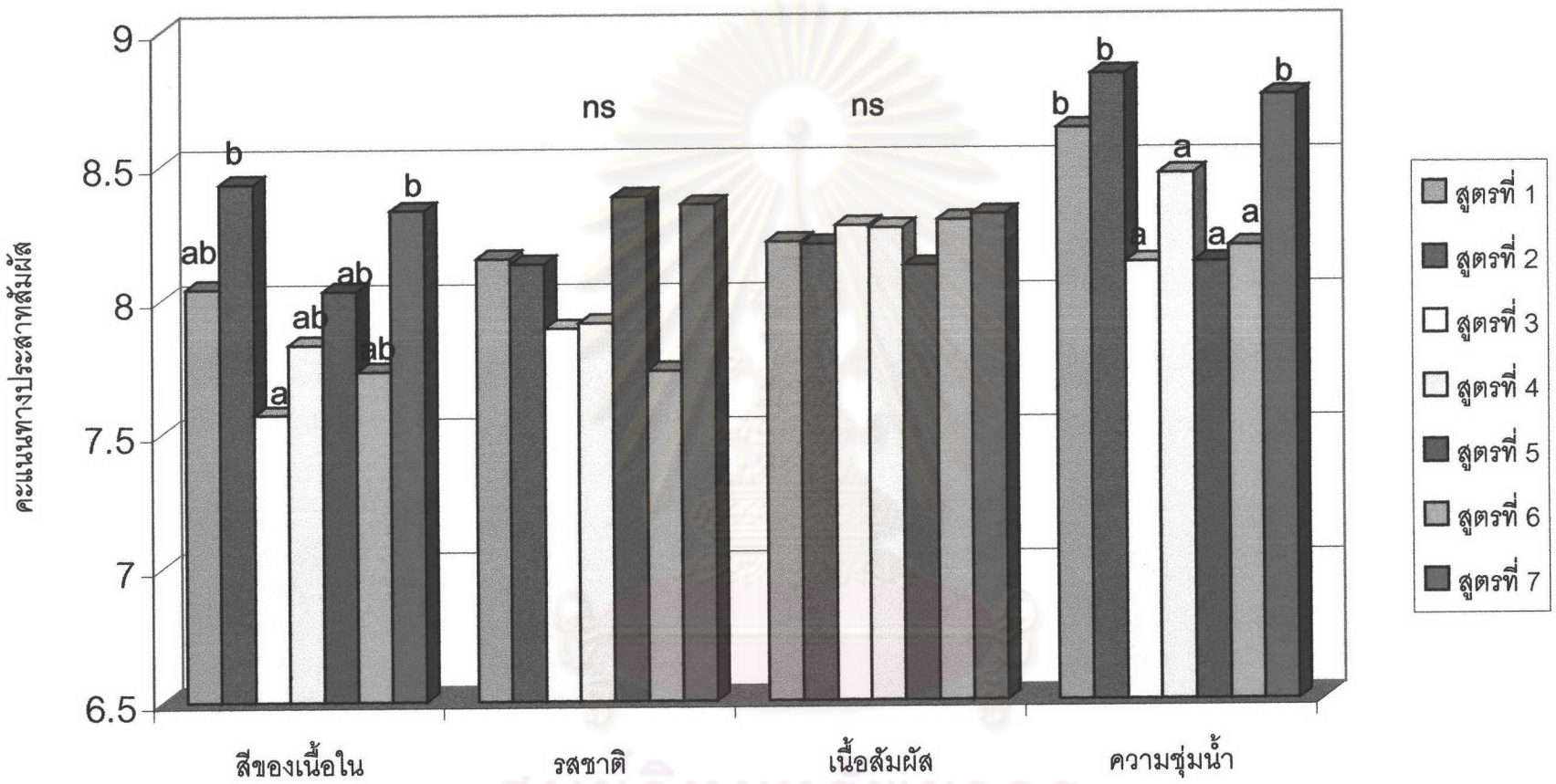
ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion	ค่าสีแดง (a)
สูตรที่ 1	$32.88^{a}\pm2.62$	$+3.23^{a}\pm0.04$
สูตรที่ 2	$38.24^{b}\pm2.68$	$+3.86^{cd}\pm0.39$
สูตรที่ 3	$34.19^{a}\pm4.94$	$+3.53^{a}\pm0.16$
สูตรที่ 4	$37.29^{ab}\pm1.87$	$+3.55^{ab}\pm0.09$
สูตรที่ 5	$41.17^{bc}\pm1.35$	$+3.67^{bc}\pm0.17$
สูตรที่ 6	$43.72^{cd}\pm2.03$	$+3.86^{cd}\pm0.07$
สูตรที่ 7	$48.12^{d}\pm1.78$	$+4.17^{cd}\pm0.11$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.17 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	hardness (g)	cohesiveness	springiness	chewiness
สูตรที่ 1	$9203.51^{b}\pm396.21$	$0.343^{a}\pm0.06$	$0.875^{ab}\pm0.08$	$2941.04^{ab}\pm175.41$
สูตรที่ 2	$10876.10^{c}\pm995.40$	$0.417^{b}\pm0.03$	$0.864^{ab}\pm0.03$	$3835.61^{c}\pm592.38$
สูตรที่ 3	$8999.14^{ab}\pm634.59$	$0.397^{ab}\pm0.04$	$0.851^{ab}\pm0.04$	$3083.21^{ab}\pm515.71$
สูตรที่ 4	$9266.36^{b}\pm430.08$	$0.413^{b}\pm0.05$	$0.882^{b}\pm0.02$	$3397.59^{bc}\pm505.44$
สูตรที่ 5	$8520.17^{ab}\pm119.18$	$0.382^{ab}\pm0.02$	$0.871^{ab}\pm0.02$	$2848.74^{ab}\pm167.32$
สูตรที่ 6	$8203.86^{a}\pm158.90$	$0.394^{ab}\pm0.03$	$0.870^{ab}\pm0.06$	$2821.12^{ab}\pm201.76$
สูตรที่ 7	$8549.86^{ab}\pm336.57$	$0.336^{a}\pm0.01$	$0.847^{a}\pm0.02$	$2441.60^{a}\pm65.93$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)



รูปที่ 4.3 คะแนนสีของเนื้อใน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของอัตราส่วนของฟอสเฟตชนิดต่างๆในสารผสมฟอสเฟตต่อ pH ของอิมัลชั่น pH ของไส้กรอกอิมัลชั่น SSP WHC ES %conversion ค่าสีแดง เนื้อสัมผัสทุกด้าน และคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อใน และความชุ่มน้ำ ($p \leq 0.05$) ขณะที่คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่ต่างกัน ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณา pH ของอิมัลชั่น และไส้กรอกอิมัลชั่น (ตารางที่ 4.14) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนของ TSPP มาก pH ของผลิตภัณฑ์มากขึ้นตามไปด้วย โดย pH ของผลิตภัณฑ์เรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ สูตรที่ 1 > สูตรที่ 2 > สูตรที่ 3, 4 > สูตรที่ 5, 6 > สูตรที่ 7

จากตารางที่ 4.15 เมื่อพิจารณาปริมาณ SSP พบว่าสารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 1-4 ให้ปริมาณ SSP สูงที่สุดทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลร่วมของ pH และ ionic strength ที่เพิ่มขึ้นดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของอิมัลชั่นกับ SSP เป็น 0.834) และเมื่อพิจารณาว่า TSPP เป็นฟอสเฟตที่ช่วยเพิ่มการสกัดโปรตีนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฟอสเฟตชนิดอื่น สูตรที่ 1-3 มีปริมาณ TSPP อยู่ถึงร้อยละ 75 โดยน้ำหนักทำให้มีปริมาณ SSP สูงที่สุดด้วย ขณะที่สูตรที่ 4 ซึ่งมีปริมาณ TSPP ร้อยละ 45 โดยน้ำหนัก ซึ่งถือว่ามีปริมาณค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับสูตรที่ 5-7 จึงสกัดโปรตีนได้มากเช่นกัน สูตรที่ 5-7 มีปริมาณ SAPP เพิ่มขึ้นขณะที่ปริมาณ TSPP ลดลง ทำให้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ลดลงด้วย เมื่อพิจารณาความสามารถในการอุ้มน้ำ (WHC) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 1 มีค่า WHC สูงที่สุด (water loss ต่ำที่สุด) และจากสูตรที่ 2-7 ปริมาณ water loss เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลร่วมของ pH และ ionic strength ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของอิมัลชั่นกับ WHC เป็น 0.773)เมื่อพิจารณาความเสถียรของอิมัลชั่น (ES) พบว่าอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 5-7 มีค่าความเสถียรของอิมัลชั่นดีที่สุด เนื่องจากสูตรที่ 5-7 มีส่วนประกอบของ SAPP มากขึ้น ทำให้ตัวอย่างมี pH ลดลง อิมัลชั่นที่ได้มีความหนืดลดลง ชะลอการเกิดความร้อนขณะสับผสม ทำให้อิมัลชั่นที่ได้ยังมีความเสถียรดีอยู่ ขณะที่สูตรที่ 1-4 อิมัลชั่นที่ได้มีความหนืดสูงกว่าสูตรที่ 5-7 แต่เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน พบว่าในอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 7 สูตรมีปริมาณน้ำที่แยกออกมาน้อยมาก คือ ไม่เกิน 1 มิลลิลิตรต่ออิมัลชั่น 100 กรัม จึงถือว่าทั้ง 7 สูตรยังมีค่าความเสถียรของอิมัลชั่นอยู่ในเกณฑ์ดี

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (ตารางที่ 4.16) พบว่าไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 2, 6 และ 7 มีค่าสีแดงสูงที่สุด ซึ่งผลการทดลองมีแนวโน้มเดียวกับ %conversion (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงกับ %conversion เป็น 0.814) คือ สูตรที่ 6 และ 7 ให้ %conversion สูงที่สุด เนื่องจากมีส่วนประกอบของ SAPP มาก ซึ่ง SAPP มี pH ต่ำ สามารถเร่งการเกิดสีของเนื้อเคียวในผลิตภัณฑ์ได้ ดังที่อธิบายแล้วข้างต้น (Hargett และคณะ, 1980)

จากตารางที่ 4.17 พบว่าไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 2 มีค่าทดสอบเนื้อสัมผัสด้าน hardness cohesiveness springiness และ chewiness สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกอิมัลชั่น

ที่ใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรอื่น และเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสซึ่งพบว่าไม่ต่างกัน อาจเกิดจากไส้กรอกที่ผลิตได้มีความแตกต่างด้านเนื้อสัมผัสกันไม่มากนัก ทำให้ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ในขณะที่เครื่องมือแยกความแตกต่างได้เนื่องจากมีความไวมากกว่า

จากรูป 4.3 พบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อใน และความชุ่มน้ำของไส้กรอกที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นทั้ง 7 สูตรต่างกัน ($p \leq 0.05$) ขณะที่คะแนนด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่ต่างกัน ($p > 0.05$) โดยไส้กรอกที่ใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 1, 2, 4, 5, 6 และ 7 ให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อในดีที่สุด ส่วนสูตรที่ 1, 2 และ 7 ให้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มน้ำดีที่สุด

4.1.3 เปรียบเทียบการใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นกับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้าในไส้กรอกอิมัลชั่น

จากผลการวิเคราะห์ pH SSP WHC ในรูป water loss ES %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัสจากข้อ 4.1.2 พบว่าสารผสมฟอสเฟตที่ให้ผลการวิเคราะห์ด้าน pH SSP ES สีแดง เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อใน และความชุ่มน้ำดีที่สุด และให้ผลการวิเคราะห์ด้าน WHC และ ES อยู่ในเกณฑ์ดี ได้แก่ สูตรที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย STPP:SAPP:TSPP; 20:5:75 นำสารผสมฟอสเฟตสูตรดังกล่าวไปเปรียบเทียบการใช้กับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้า 2 ชนิด คือ MP016® และ CARNAL346® ประเมินคุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 3.3 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.18-4.21 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.18 pH ของอิมัลชั่นและของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH อิมัลชั่น	pH ไส้กรอก
CARNAL346®	$6.37^{b} \pm 0.04$	$6.45^{b} \pm 0.04$
MP016®	$6.27^{a} \pm 0.05$	$6.38^{a} \pm 0.03$
สูตรที่ 2	$6.32^{ab} \pm 0.06$	$6.42^{ab} \pm 0.03$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.19 ค่า SSP WHC และ ES ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	SSP (ร้อยละ)	WHC (water loss)* (ร้อยละ)	ES ^{ns} (ml / อิมัลชั่น100 g)
CARNAL346®	13.99^{b}±0.03	3.02^{b}±0.02	0.93±0.02
MP016®	13.89^{a}±0.04	3.21^{c}±0.08	0.96±0.02
สูตรที่ 2	14.01^{b}±0.03	2.90^{a}±0.10	0.96±0.01

ns ไม่มีนัยสำคัญ (p>0.05)

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาขณะให้ความร้อน (water loss)

ตารางที่ 4.20 %conversion และค่าสีแดงของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion ^{ns}	ค่าสีแดง (a) ^{ns}
CARNAL346®	40.24±1.96	+4.97±0.09
MP016®	37.25±2.81	+4.77±0.28
สูตรที่ 2	39.68±5.52	+4.86±0.10

ns ไม่มีนัยสำคัญ (p>0.05)

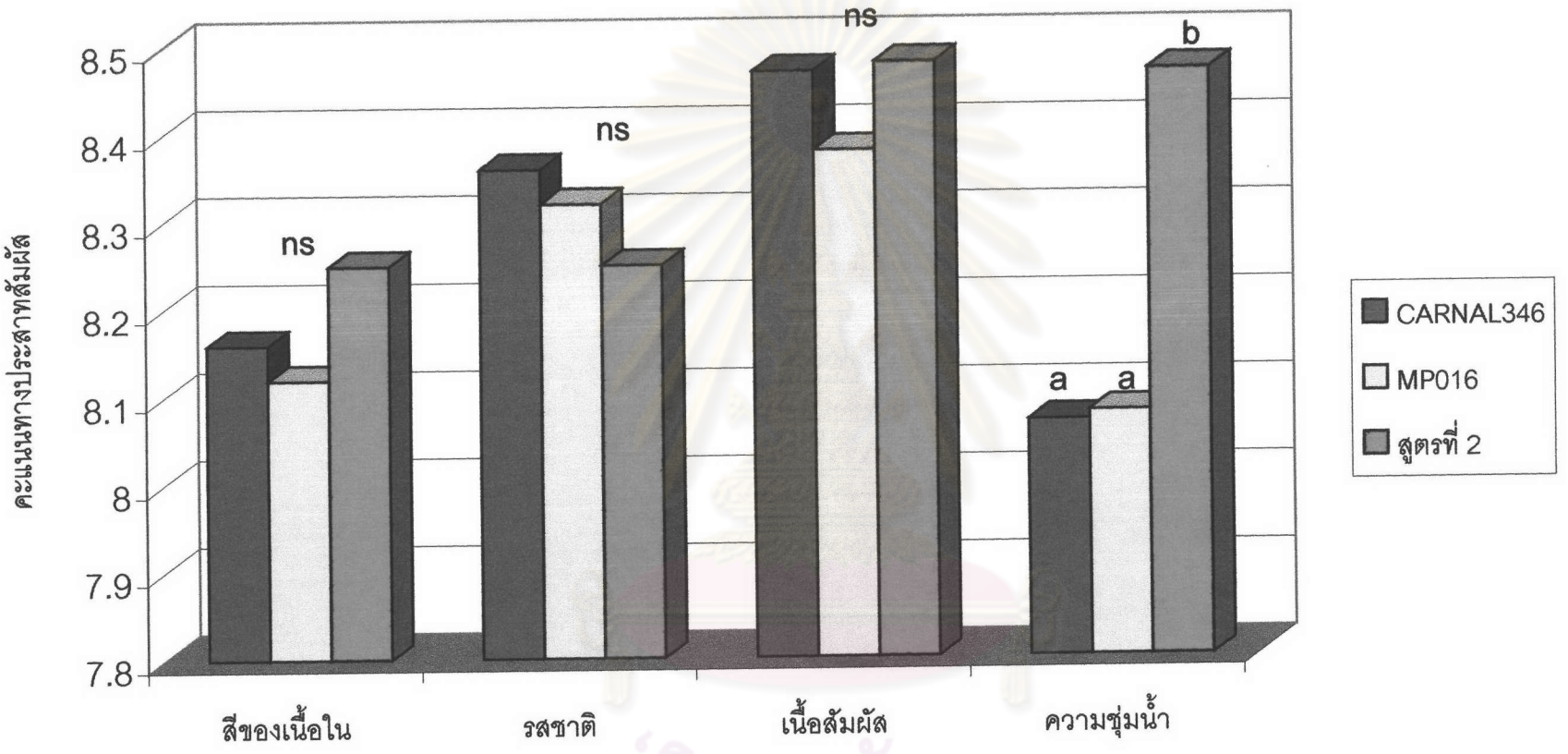
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 ค่า hardness cohesiveness springiness และ chewiness ของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	hardness (g) ns	cohesiveness ns	springiness ns	chewiness ns
CARNAL346®	10403.95±814.13	0.348±0.02	0.895±0.02	3252.23±256.18
MP016®	10219.10±735.06	0.344±0.02	0.873±0.02	3078.04±402.66
สูตรที่ 2	11058.73±822.43	0.372±0.02	0.880±0.02	3592.42±408.50

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 คะแนนสีของเนื้อใน รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชุ่มน้ำของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นและสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบอิทธิพลของชนิดของสารผสมฟอสเฟตต่อ pH ของอิมัลชั่น และของไส้กรอกอิมัลชั่น SSP WHC และคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชุ่มน้ำ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ ES %conversion ค่าสีแดง เนื้อสัมผัสทุกด้าน และคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของเนื้อใน รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่ต่างกัน ($p > 0.05$)

เมื่อพิจารณา pH ของอิมัลชั่น และของไส้กรอกอิมัลชั่น (ตารางที่ 4.18) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น (สูตรที่ 2) และCARNAL346® มี pH ไม่ต่างกัน และสูงกว่าที่ใช้ MP016® และเมื่อพิจารณาร่วมกับ SSP (ตารางที่ 4.19) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น (สูตรที่ 2) และCARNAL346® มี SSP สูงกว่าที่ใช้ MP016® ซึ่งสามารถอธิบายได้จากผลของ pH ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.18 ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณา WHC พบว่าสูตรที่ 2 มี WHC ดีที่สุด (water loss ต่ำที่สุด) ถัดมาคือ CARNAL346® และ MP016® ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้จากผลของ pH เช่นเดียวกับผลของปริมาณ SSP เมื่อพิจารณา ES พบว่าสารผสมฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิดให้ค่า ES ไม่ต่างกัน

จากตารางที่ 4.20 เมื่อพิจารณาค่าสีแดง พบว่าสารผสมฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิดให้ค่าสีแดงไม่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มไปทางเดียวกับ %conversion ซึ่งพบว่าสารผสมฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิดให้ %conversion ไม่ต่างกันด้วย

จากตารางที่ 4.21 เมื่อพิจารณาค่าการทดสอบเนื้อสัมผัส พบว่าไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิดมีค่าการทดสอบเนื้อสัมผัสทุกด้านไม่ต่างกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 3 ชนิด (รูปที่ 4.4) พบว่าคะแนนด้านเนื้อสัมผัสไม่ต่างกันเช่นเดียวกัน ด้านความชุ่มน้ำของไส้กรอกที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น (สูตรที่ 2) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด ส่วนคะแนนด้านสีของเนื้อใน รสชาติ และเนื้อสัมผัสไม่ต่างกัน

4.2 พัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮม

แฮมที่ผลิตสำหรับงานวิจัยนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการขึ้นรูปเนื้อหมูที่ผ่านการเคียวแล้ว ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อได้ดีคือปริมาณ SSP ซึ่งถ้าสกัด SSP ออกมาได้มากระหว่างกระบวนการผลิต แฮมที่ได้จะมีความแข็งแรงของการเชื่อมติดมาก ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ควรจะมีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้สูง ทั้งนี้นอกจากลักษณะภายนอกจะชวนบริโภคแล้ว เมื่อรับประทานผลิตภัณฑ์จะมีความชุ่มน้ำ และเนื้อไม่แห้งกระด้าง เช่นเดียวกับไส้กรอกอิมัลชั่น สำหรับการพัฒนาสีในผลิตภัณฑ์นี้ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญ เนื่องจากในกระบวนการผลิตแฮมจะทำการหมักและบ่มเอาไว้นานพอที่จะเกิดการพัฒนาสีได้อย่างสมบูรณ์

ในขั้นตอนการพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมนี้ เลือกศึกษาผลของฟอสเฟต 3 ชนิดคือ STPP SHMP TSPP เนื่องจาก STPP ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำ และช่วยเพิ่มการละลายโปรตีน

(Knipe และ คณะ, 1985a) SHMP เป็น chelating agent ที่ดีจึงจับกับอิออนของโลหะ เช่นแคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการคลายตัวของสายโพลีเพปไทด์ และความสามารถในการอุ้มน้ำ (Barbut และคณะ, 1988) TSPP เป็นฟอสเฟตที่ช่วยสกัดโปรตีนได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับฟอสเฟตชนิดอื่น ซึ่งมีผลต่อสมบัติการจับกับน้ำ และสมบัติการเชื่อมติด (Molins, 1991) ในขั้นนี้ไม่เลือกศึกษา SAPP เนื่องจากในกระบวนการผลิตไม่ต้องการเร่งการเกิดสีของเนื้อเคียวเนื่องจากมีการหมักเนื้อก่อนการผลิต 48 ชั่วโมงจึงเกิดการพัฒนาสีอย่างสมบูรณ์แล้ว

4.2.1 การใช้ฟอสเฟตแต่ละชนิดต่อคุณภาพของแฮม

4.2.1.1 ผลของการใช้ STPP ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ผลิตแฮมตามสูตรและวิธีมาตรฐานของกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แปรความเข้มข้น STPP เป็นร้อยละ 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500 โดยน้ำหนัก ประเมินคุณภาพด้าน pH ปริมาณน้ำที่เสียไปในกระบวนการผลิต (water loss) SSP WHC ในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกมาโดยใช้แรงกด (expressible water) %conversion สีแดง และเนื้อสัมผัส (tensile strength) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22-4.25

ตารางที่ 4.22 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH เนื้อเคียว	pH แฮม
0	6.32^{a}±0.03	6.51^{a}±0.03
0.125	6.42^{b}±0.03	6.55^{a}±0.03
0.250	6.45^{bc}±0.02	6.55^{a}±0.04
0.375	6.49^{c}±0.02	6.60^{b}±0.02
0.500	6.54^{d}±0.04	6.66^{c}±0.01

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.23 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	water loss (ร้อยละ)	SSP (ร้อยละ)	WHC* (expressible water) (ร้อยละ)
0	$12.82^{c}\pm2.68$	$12.93^{a}\pm0.15$	$13.47^{c}\pm1.39$
0.125	$8.37^{b}\pm0.79$	$13.17^{b}\pm0.11$	$7.36^{b}\pm0.42$
0.250	$6.87^{b}\pm1.45$	$13.27^{bc}\pm0.04$	$5.54^{a}\pm0.35$
0.375	$6.31^{a}\pm0.43$	$13.44^{c}\pm0.06$	$5.06^{a}\pm0.08$
0.500	$6.36^{a}\pm1.03$	$13.36^{c}\pm0.05$	$5.03^{a}\pm0.15$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกโดยใช้แรงกด (expressible water)

ตารางที่ 4.24 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion	ค่าสีแดง (a)
0	$43.06^{c}\pm1.54$	$+8.20^{b}\pm0.65$
0.125	$39.22^{b}\pm2.13$	$+7.77^{b}\pm0.05$
0.250	$38.15^{ab}\pm1.90$	$+7.28^{ab}\pm0.49$
0.375	$37.80^{ab}\pm1.33$	$+7.56^{b}\pm0.27$
0.500	$35.58^{a}\pm1.07$	$+6.48^{a}\pm0.66$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.25 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้ STPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

ปริมาณ STPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน tensile strength (g/cm^2)
0	$174.73^{a} \pm 2.71$
0.125	$238.04^{b} \pm 10.67$
0.250	$272.94^{c} \pm 17.31$
0.375	$304.42^{d} \pm 9.08$
0.500	$330.37^{e} \pm 12.79$

a,b,c... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของปริมาณ STPP ต่อ pH ของเนื้อเคียว และของแฮม water loss SSP WHC %conversion ค่าสีแดง และเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.23 พบว่าเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น water loss ลดลง และ SSP เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของ pH (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ water loss และ SSP เป็น -0.936 และ 0.904 ตามลำดับ) โดย STPP มีความเป็นด่าง เมื่อเพิ่มปริมาณ STPP ทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น (ตารางที่ 4.22) pH ของโปรตีนกล้ามเนื้อออกห่างจาก pI มากขึ้น ประจุสุทธิของสายโพลีเพปไทด์ ภายในโมเลกุลโปรตีนไม่สมดุล เกิดเป็นประจุลบมากกว่าประจุบวก เกิดแรงผลักกันทำให้โครงสร้างของโปรตีนหลวมขึ้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากผลของ ionic strength ที่เพิ่มขึ้นดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (Hamm, 1971) การเพิ่มปริมาณ STPP จึงทำให้สกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงออกมาได้มากขึ้น และการสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงได้มากขึ้นนี้ทำให้ปริมาณ water loss ลดลง เนื่องจาก SSP ที่สกัดออกมาได้มีสมบัติการจับกับน้ำ และเมื่อผ่านการให้ความร้อน โปรตีนแข็งตัวและจับกับน้ำเอาไว้ได้ (Barbut และคณะ, 1988) เมื่อพิจารณา WHC พบว่า เมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น WHC เพิ่มขึ้นด้วย (expressible water ลดลง) ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และ ionic strength ที่เพิ่มขึ้นดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ WHC เป็น 0.927) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Trout และ Schmodt (1984) ซึ่งศึกษาชนิดและความเข้มข้นของฟอสเฟต ปริมาณเกลือ และวิธีการเตรียมต่อการเชื่อมติดของ beef rolls ขึ้นรูป พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ STPP เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.125-0.500 โดยน้ำหนัก และความเข้มข้นของเกลือแกงร้อยละ 0.95 โดยน้ำหนักมีปริมาณผลผลิตหลังทำสุกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 82.5 เป็นร้อยละ 93.0 โดยน้ำหนัก

จากตารางที่ 4.24 เมื่อพิจารณาค่าสีแดง พบว่าเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น ค่าสีแดงลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของอิออนลบที่เกิดจาก STPP เพิ่มขึ้นเหนี่ยวนำให้ myoglobin เสียสภาพเนื่องจากความร้อนเร็วขึ้นจึงทำให้การเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลดลง (Trout, 1989) และผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มเดียวกับ %conversion คือเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น %conversion ลดลง ซึ่งหมายความว่าการพัฒนาเป็นสีชมพูของไนโตรซิลฮีโมโครม (nitrosyl hemochrome) ลดลงด้วย ค่าสีแดงจึงลดลง (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดงกับ %conversion เป็น 0.917)

เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.25) ซึ่งวัดในรูปของค่า tensile strength พบว่าเมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อดีขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของปริมาณ SSP ที่เพิ่มขึ้นด้วย (ตารางที่ 4.23) (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง SSP กับ tensile strength เป็น 0.954) Vedehra และ Baker (1970) ศึกษากลไกการเชื่อมติดกันของเนื้อสัตว์ปีก รายงานว่าการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณ SSP

4.2.1.2 ผลของการใช้ SHMP ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ผลิตแฮมตามสูตรและวิธีมาตรฐานของกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แปรความเข้มข้นของ SHMP เป็นร้อยละ 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500 โดยน้ำหนัก ประเมินคุณภาพด้าน pH water loss SSP WHC (ในรูป expressible water) %conversion ค่าสีแดง และเนื้อสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.26-4.29

ตารางที่ 4.26 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SHMP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH เนื้อเคียว ^{ns}	pH แฮม
0	6.35±1.68	6.48^{a}±0.08
0.125	6.39±0.02	6.52^{ab}±0.03
0.250	6.42±0.03	6.54^{ab}±0.03
0.375	6.45±0.04	6.55^{ab}±0.04
0.500	6.49±0.02	6.59^{b}±0.02

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 4.27 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SHMP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	water loss (ร้อยละ)	SSP (ร้อยละ)	WHC* (expressible water) (ร้อยละ)
0	$14.87^{b}\pm1.68$	$12.99^{a}\pm0.16$	$13.50^{c}\pm0.74$
0.125	$12.32^{ab}\pm2.24$	$13.18^{b}\pm0.09$	$7.04^{b}\pm0.10$
0.250	$12.39^{ab}\pm2.76$	$13.27^{bc}\pm0.03$	$5.75^{a}\pm0.06$
0.375	$11.31^{ab}\pm1.42$	$13.33^{bc}\pm0.02$	$5.64^{a}\pm0.03$
0.500	$10.45^{a}\pm0.28$	$13.38^{c}\pm0.03$	$5.57^{a}\pm0.04$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกโดยใช้แรงกด (expressible water)

ตารางที่ 4.28 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SHMP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion	ค่าสีแดง (a) ^{ns}
0	$42.06^{b}\pm0.85$	$+7.51\pm0.76$
0.125	$38.36^{a}\pm1.33$	$+7.22\pm1.06$
0.250	$37.43^{a}\pm0.81$	$+6.63\pm0.47$
0.375	$37.59^{a}\pm1.02$	$+6.50\pm0.41$
0.500	$38.61^{a}\pm0.94$	$+7.21\pm1.20$

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.29 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้ SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

SHMP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน tensile strength (g/cm^2)
0	$179.45^{a} \pm 10.38$
0.125	$248.01^{b} \pm 7.15$
0.250	$262.42^{b} \pm 25.66$
0.375	$269.92^{b} \pm 21.85$
0.500	$258.90^{b} \pm 6.56$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของปริมาณ SHMP ต่อ pH ของแฮม water loss SSP WHC %conversion และเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$) ขณะที่ pH ของเนื้อเคียวและค่าสีแดงไม่แตกต่าง ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.27 พบว่าเมื่อปริมาณ SHMP เพิ่มขึ้น water loss ลดลง และ SSP เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของ pH (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ water loss ของ SSP เป็น -0.951 และ 0.962) SHMP มี pH สูงกว่า pH ของเนื้อทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ SHMP (ตารางที่ 4.26) pH ของเนื้อออกห่างจาก pI มากขึ้น ประจุของสายโพลีเพปไทด์ภายในโมเลกุลโปรตีนไม่สมดุล เกิดเป็นประจุลบมากกว่าประจุบวก เกิดแรงผลักกันทำให้โครงสร้างของโปรตีนหลวมขึ้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากผลของ ionic strength ที่เพิ่มขึ้นดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (Hamm, 1971) การเพิ่มปริมาณ SHMP จึงทำให้สกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงออกมาได้มากขึ้น และการสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงได้มากขึ้นนี้ทำให้ปริมาณ water loss ลดลง เนื่องจาก SSP ที่สกัดออกมาได้มีสมบัติในการจับกับน้ำ และเมื่อผ่านการให้ความร้อน โปรตีนแข็งตัวและจับกับน้ำเอาไว้ได้ (Barbut และคณะ, 1988) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Trout และ Schmidt (1984) ซึ่งศึกษาชนิดและความเข้มข้นของฟอสเฟต ปริมาณเกลือ และวิธีการเตรียมต่อการเชื่อมติดของ beef rolls ขึ้นรูปใหม่ พบว่าเมื่อเติม SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักลงในผลิตภัณฑ์ ปริมาณผลผลิตหลังทำสุกเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณา WHC พบว่าเมื่อปริมาณ SHMP เพิ่มขึ้น WHC เพิ่มขึ้น (expressible water ลดลง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และ ionic strength ที่เพิ่มขึ้น (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ WHC เป็น 0.813) ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น

จากตารางที่ 4.28 เมื่อพิจารณาค่าสีแดง พบว่าเมื่อปริมาณ SHMP เพิ่มขึ้น ค่าสีแดงไม่เปลี่ยนแปลง ส่วน %conversion ลดลง แต่เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าสีแดง และ %conversion ซึ่งเป็น 0.814 พบว่าค่าสีแดงและ %conversion มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.29) พบว่าเมื่อปริมาณ SHMP เพิ่มขึ้น ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณ SSP ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.27) ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง SSP กับ tensile strength เป็น 0.901)

4.2.1.3 ผลของการใช้ TSPP ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ผลิตแฮมตามสูตรและวิธีมาตรฐานของกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แปรความเข้มข้นของ TSPP เป็นร้อยละ 0, 0.125, 0.250, 0.375 และ 0.500 โดยน้ำหนัก ประเมินคุณภาพด้าน pH water loss SSP WHC (ในรูป expressible water) %conversion ค่าสีแดง และเนื้อสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.30-4.33

ตารางที่ 4.30 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH เนื้อเคียว	pH แฮม
0	$6.36^{a}\pm0.05$	$6.51^{a}\pm0.09$
0.125	$6.48^{b}\pm0.04$	$6.59^{ab}\pm0.06$
0.250	$6.54^{bc}\pm0.05$	$6.59^{ab}\pm0.05$
0.375	$6.58^{c}\pm0.03$	$6.64^{b}\pm0.06$
0.500	$6.61^{c}\pm0.04$	$6.67^{b}\pm0.02$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.31 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	water loss (ร้อยละ)	SSP (ร้อยละ)	WHC* (expressible water) (ร้อยละ)
0	$14.64^{c}\pm1.00$	$13.04^{a}\pm0.08$	$13.30^{c}\pm1.18$
0.125	$6.84^{b}\pm1.24$	$13.35^{b}\pm0.07$	$5.85^{b}\pm0.11$
0.250	$5.46^{ab}\pm1.15$	$13.46^{b}\pm0.06$	$5.45^{ab}\pm0.07$
0.375	$4.18^{a}\pm0.84$	$13.50^{b}\pm0.05$	$4.74^{a}\pm0.20$
0.500	$3.83^{a}\pm0.36$	$13.83^{c}\pm0.27$	$4.52^{a}\pm0.07$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

* WHC แสดงผลในรูปปริมาณน้ำที่แยกออกโดยใช้แรงกด (expressible water)

ตารางที่ 4.32 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion	ค่าสีแดง (a)
0	$45.70^{b}\pm2.50$	$+8.25^{b}\pm0.51$
0.125	$41.91^{a}\pm0.99$	$+7.65^{ab}\pm0.44$
0.250	$41.43^{a}\pm0.74$	$+7.84^{ab}\pm0.20$
0.375	$39.59^{a}\pm0.72$	$+7.15^{a}\pm0.30$
0.500	$40.38^{a}\pm0.78$	$+7.30^{a}\pm0.42$

a,b ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.33 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้ TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0-0.500 โดยน้ำหนัก

TSPP (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน tensile strength (g/cm^2)
0	$158.94^{a} \pm 15.77$
0.125	$296.84^{b} \pm 21.59$
0.250	$330.37^{bc} \pm 12.79$
0.375	$327.26^{bc} \pm 23.95$
0.500	$341.85^{c} \pm 20.55$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของปริมาณ TSPP ต่อ pH ของเนื้อเคียว และของแฮม water loss SSP WHC %conversion ค่าสีแดง และเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.31 พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น water loss ลดลง และ SSP เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของ pH (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ water loss ของ SSP เป็น -0.969 และ 0.947) TSPP มี pH สูงกว่า pH ของเนื้อทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ TSPP (ตารางที่ 4.30) pH ของเนื้อออกห่างจาก pI มากขึ้น ประจุของสายโพลีเพปไทด์ภายในโมเลกุลโปรตีนไม่สมดุล เกิดเป็นประจุลบมากกว่าประจุบวก เกิดแรงผลักกันทำให้โครงสร้างของโปรตีนหลวมขึ้น นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากผลของ ionic strength ที่เพิ่มขึ้นดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น (Hamm, 1971) การเพิ่มปริมาณ TSPP จึงทำให้สกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงออกมาได้มากขึ้น และการสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือแกงได้มากขึ้นนี้ทำให้ปริมาณ water loss ลดลง เนื่องจาก SSP ที่สกัดออกมาได้มีสมบัติในการจับกับน้ำ และเมื่อผ่านการให้ความร้อน โปรตีนแข็งตัวและจับกับน้ำเอาไว้ได้ (Barbut และคณะ, 1988) ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Trout และ Schmodt (1984) ซึ่งศึกษาชนิดและความเข้มข้นของฟอสเฟต ปริมาณเกลือ และวิธีการเตรียมต่อการเชื่อมติดของ beef rolls ขึ้นรูป พบว่าเมื่อเติม TSPP ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักลงในผลิตภัณฑ์ ปริมาณผลผลิตหลังทำสุกเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณา WHC พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น WHC เพิ่มขึ้น (expressible water ลดลง) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลร่วมระหว่าง pH และ ionic strength ที่เพิ่มขึ้น (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ WHC เป็น 0.931) ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น

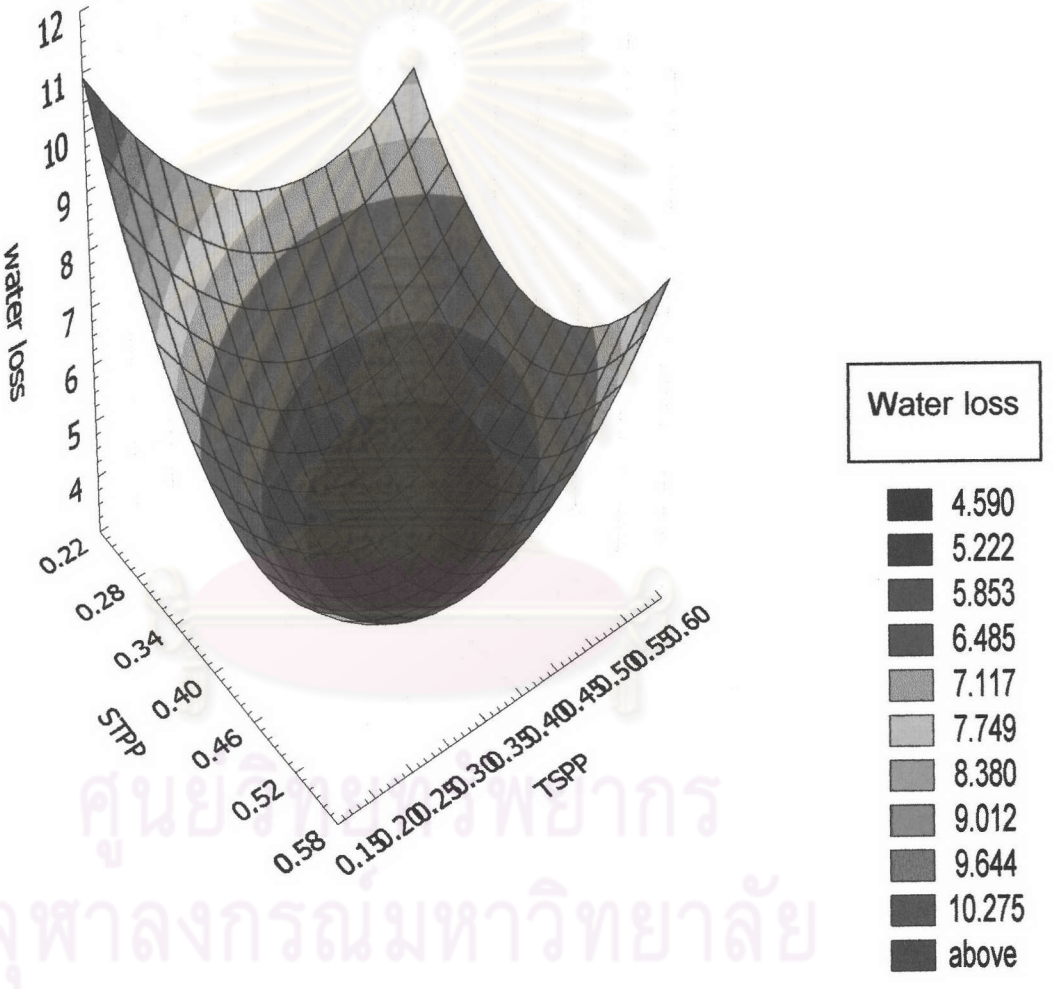
จากตารางที่ 4.32 เมื่อพิจารณาค่าสีแดง พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น ค่าสีแดงมีค่าลดลง ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของอิออนที่เกิดจาก TSPP เพิ่มขึ้นเหนี่ยวนำให้ myoglobin เสียสภาพเนื่องจาก

ความร้อนเร็วขึ้นจึงทำให้การเกิดสีชมพูในผลิตภัณฑ์ลดลง (Trout, 1989) และผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มเดียวกับ %conversion คือเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น %conversion ลดลง ซึ่งหมายความว่าการเปลี่ยนพัฒนาเป็นสีชมพูของไนโตรซิลฮีโมโครมลดลงด้วย ค่าสีแดงจึงลดลง

เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.33) ซึ่งวัดในรูปของค่า tensile strength พบว่าเมื่อปริมาณ TSPP เพิ่มขึ้น ค่า tensile strength เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งหมายความว่าการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อดีขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากอิทธิพลของปริมาณ SSP ที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.31) (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง pH ของเนื้อเคียวกับ WHC เป็น 0.871) Vedehra และ Baker (1970) ศึกษากลไกการเชื่อมติดกันของเนื้อสัตว์ปีกรายงานว่าการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณ SSP

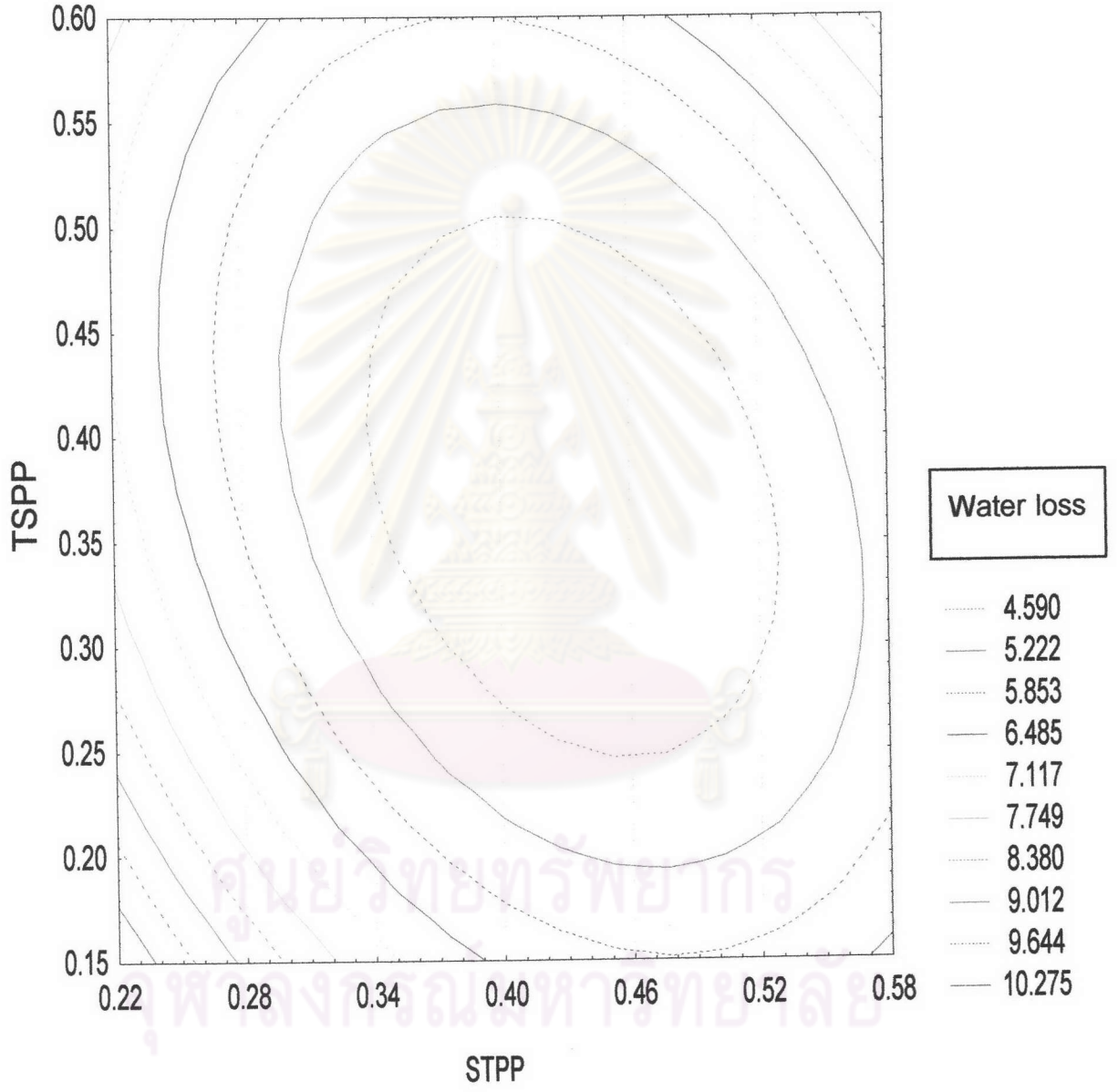
4.2.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮม

ผลิตภัณฑ์แฮมควรมีคุณลักษณะที่สำคัญ คือควรมี water loss ต่ำและ มี WHC สูง เนื่องจากในการผลิตเพื่อการค้า หากมีการสูญเสียน้ำในกระบวนการผลิตมาก น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต่ำ ปริมาณผลผลิตก็น้อยตามไปด้วย และหากผลิตภัณฑ์มี WHC ต่ำ คือมี expressible water สูง ผลิตภัณฑ์นั้นไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ในระหว่างบรรจุ ระหว่างขาย และเมื่อนำมาบริโภค ผลิตภัณฑ์จะมีความกระด้างเนื่องจากมีความชุ่มน้ำต่ำ ดังนั้นการทดลองในขั้นนี้จึงได้ศึกษาปริมาณของฟอสเฟตที่เหมาะสมในสารผสมฟอสเฟต เพื่อให้ได้สารผสมฟอสเฟตที่ให้ค่า water loss ต่ำและ WHC สูงที่สุด จากผลการวิเคราะห์ปริมาณ water loss จากข้อ 4..2.1.2 พบว่า SHMP มีประสิทธิภาพต่ำในการลด water loss ซึ่งเมื่อเติม SHMP ความเข้มข้นร้อยละ 0.500 โดยน้ำหนักแล้วยังมี water loss สูง (ร้อยละ 10.45 โดยน้ำหนัก) เมื่อเปรียบเทียบกับ STPP (ร้อยละ 6.36 โดยน้ำหนัก) และ TSPP (ร้อยละ 3.83 โดยน้ำหนัก) นอกจากนั้น SHMP ยังให้ผลิตภัณฑ์ที่มีแรงยึดระหว่างชิ้นเนื้อต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ TSPP และ STPP (ตารางที่ 4.25 และ 4.33) จึงไม่นำมาพัฒนาเป็นองค์ประกอบในสารผสม นำปริมาณ STPP และ TSPP ที่ให้ค่า water loss และ WHC ดีที่สุดมาใช้ในแฮมโดยแปรปริมาณ STPP และ TSPP เป็นร้อยละ 0.300-0.500 และ 0.250-0.500 โดยน้ำหนักตามลำดับ วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลด้วย RSM แบบ central composite design (Gacula และ Singh, 1984) แฮมที่ได้ นำมาวิเคราะห์ water loss และ WHC (ในรูป expressible water) ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูป4.5-4.9



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ water loss ของแฮม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 contour plot ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ water loss ของแฮม

ปริมาณ STPP และ TSPP มีอิทธิพลต่อ water loss ของแฮม โดยเมื่อ STPP และ TSPP ในช่วงแรกเพิ่มขึ้น water loss จะลดลง แต่เมื่อ STPP และ TSPP เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ water loss จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ STPP และ TSPP กับ water loss ของแฮมแสดงดังสมการที่ 4.1

$$z = 74.4886x^2 + 40.7945y^2 - 76.0805x - 43.9403y + 30.600xy + 28.7029 \quad (R^2 = 0.94).....4.1$$

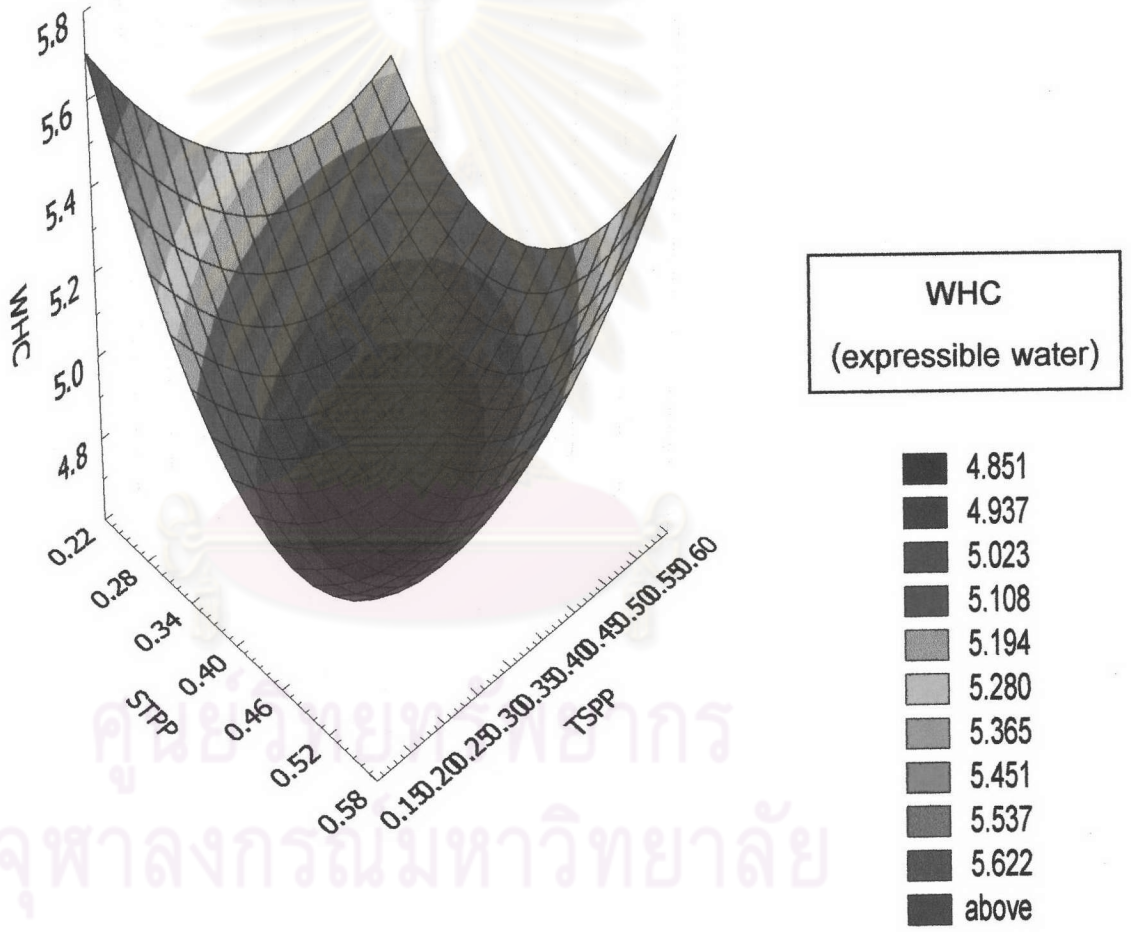
โดย z คือ water loss ของแฮม

x คือ ปริมาณ STPP

y คือ ปริมาณ TSPP

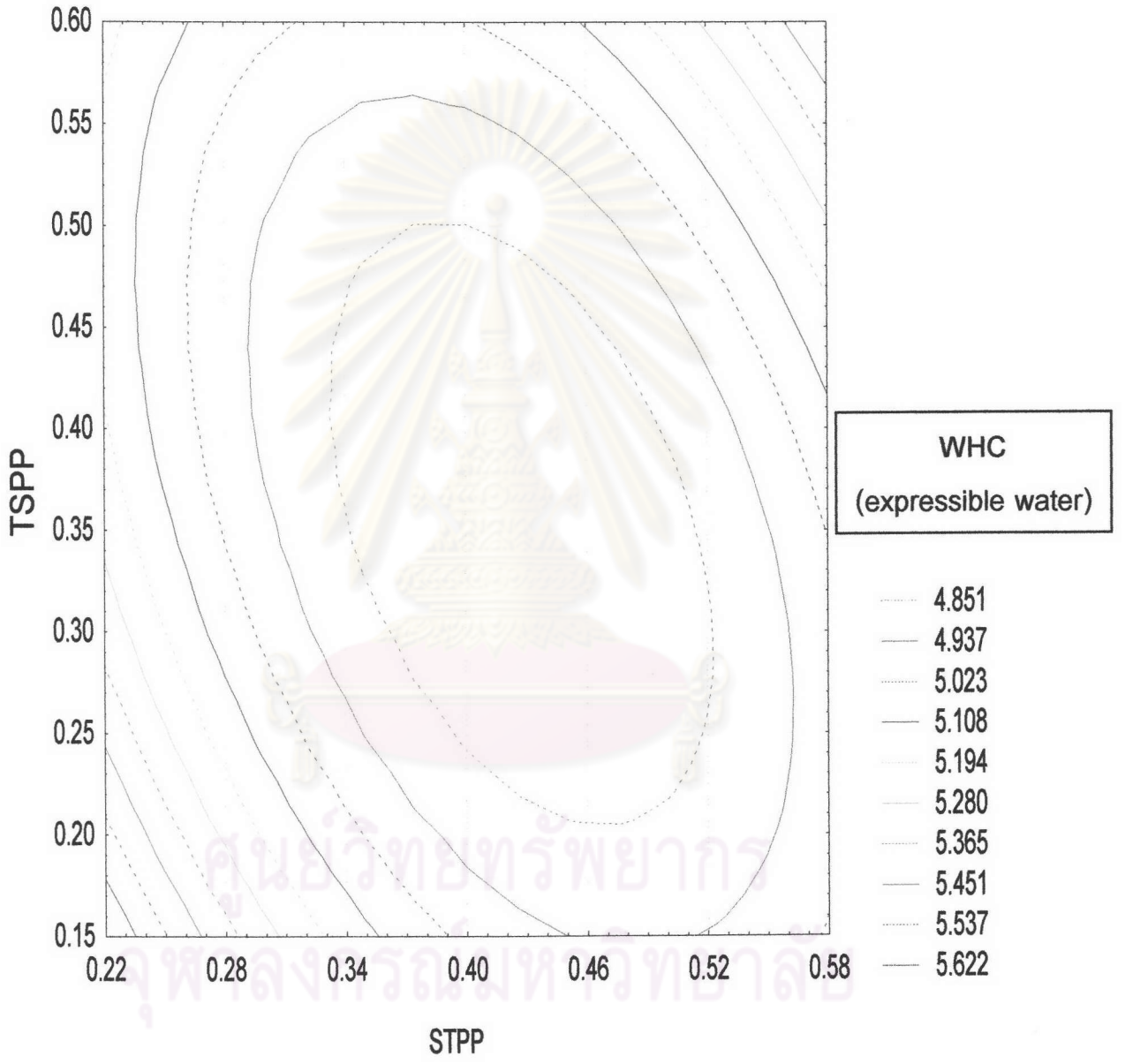
ผลการวิเคราะห์ปริมาณ water loss ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และกราฟอนุกรมของเส้นตรงหรือเส้นโค้งที่แสดงปริมาณ water loss แสดงในรูปที่ 4.6 พบว่าเมื่อปริมาณ STPP และ TSPP เพิ่มขึ้นในช่วงแรก ปริมาณ water loss ลดลง เนื่องจากอิทธิพลร่วมของ pH และ ionic strength ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น และเมื่อเพิ่มปริมาณ STPP และ TSPP มากขึ้นไปอีก ค่า water loss เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากเมื่อเพิ่มปริมาณฟอสเฟตทำให้ฟอสเฟตแตกตัวเป็นประจุลบจำนวนมาก ประจุลบที่เกิดขึ้นมานี้ จะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าโมเลกุลโปรตีน ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลด้วยกันเอง (Molins, 1991) ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเกาะตัวกันแน่นขึ้น ช่องว่างภายในโมเลกุลลดลง ทำให้ปริมาณน้ำอิสระที่ถูกตรึงในโมเลกุลโปรตีนลดลง water loss จึงเพิ่มขึ้น จากรูปที่ 4.6 คำนวณความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ที่มีต่อปริมาณ water loss ได้ดังแสดงในสมการ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ WHC ของแฮม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 contour plot ความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ต่อ WHC ของแฮม

ปริมาณ STPP และ TSPP มีอิทธิพลต่อ WHC ของแฮม โดยเมื่อ STPP และ TSPP เพิ่มขึ้นในช่วงแรก WHC จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อ STPP และ TSPP เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ WHC จะค่อยๆ ลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ STPP และ TSPP กับ WHC ของแฮมแสดงดังสมการที่ 4.2

$$z = 11.3400x^2 + 4.6972y^2 - 11.8838x - 5.9683y + 6.2000xy + 8.3587 \quad (R^2 = 0.9063).....4.2$$

โดย z คือ WHC ของแฮม

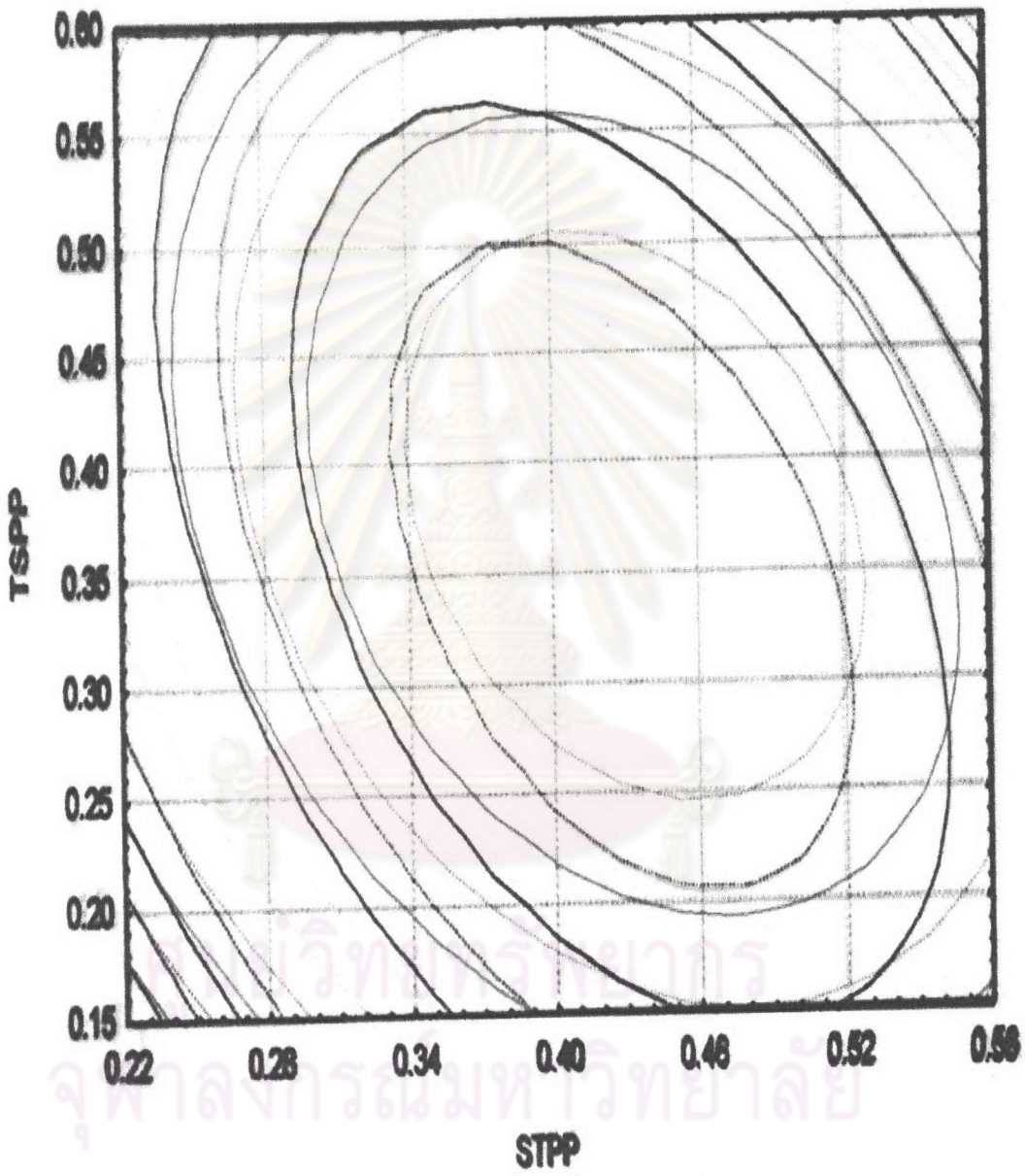
x คือ ปริมาณ STPP

y คือ ปริมาณ TSPP

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ water loss ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และกราฟอนุกรมของเส้นตรงหรือเส้นโค้งที่แสดงปริมาณ WHC (expressible water) แสดงในรูปที่ 4.8 พบว่าเมื่อปริมาณ STPP และ TSPP เพิ่มขึ้นในช่วงแรก ปริมาณ WHC เพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลร่วมของ pH และ ionic strength ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น และเมื่อเพิ่มปริมาณ STPP และ TSPP มากขึ้นไปอีก WHC ลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเกิดจากเมื่อเพิ่มปริมาณฟอสเฟตทำให้ฟอสเฟตแตกตัวเป็นประจุลบจำนวนมาก ประจุลบที่เกิดขึ้นมานี้ จะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดีกว่าโมเลกุลโปรตีน ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลด้วยกันเอง (Molins, 1991) ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเกาะตัวกันแน่นขึ้น ช่องว่างภายในโมเลกุลลดลง ทำให้ปริมาณน้ำอิสระที่ถูกตรึงในโมเลกุลโปรตีนลดลง WHC จึงลดลง จากรูปที่ 4.8 คำนวณความสัมพันธ์ของปริมาณ STPP และ TSPP ที่มีต่อ WHC ได้ดังแสดงในสมการ 4.5.2

การหาปริมาณของ STPP และ TSPP ที่เหมาะสมทำได้โดยซ้อนกราฟ contour plot ของผลตอบสนองที่ได้ การซ้อนกราฟ contour plot ของ water loss กับ contour plot ของ WHC ของแฮม ดังแสดงในรูปที่ 4.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 การซ้อน contour plot ของ water loss กับ contour plot ของ WHC ของแฮม

ผลการซ้อนกราฟ ได้บริเวณที่มีค่า WHC สูงสุด และ water loss ต่ำสุดซึ่งนำมาพัฒนาเป็นสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมโดยเลือกจุดที่มีปริมาณ STPP และ TSPP อยู่ในช่วงที่ให้ค่า water loss และ WHC ดีที่สุดมา 3 จุด เลือกจุดที่ค่อนไปทางด้านล่าง-ขวาเนื่องจากมีปริมาณ TSPP น้อยกว่าจุดที่ค่อนไปทางด้านบน-ซ้าย ซึ่งถ้าในสารผสมฟอสเฟตมีปริมาณ TSPP มากจะมีผลต่อการละลาย คือจะละลายได้น้อยกว่าสารผสมที่มี TSPP น้อยเนื่องจาก TSPP มีอัตราการละลายในน้ำเย็นต่ำกว่า (3.16 กรัมในน้ำเย็น 100 มิลลิลิตร) เมื่อเทียบกับอัตราการละลายในน้ำเย็นของ STPP (14.5 กรัมในน้ำเย็น 100 มิลลิลิตร) อัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นแสดงในตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.34 อัตราส่วนของสารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นสำหรับแฮม

สูตรที่	ชนิดของฟอสเฟต	
	STPP (ร้อยละ)	TSPP (ร้อยละ)
1	53	47
2	61	39
3	64	36

4.2.3 เปรียบเทียบการใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นกับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้าในแฮม

สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นจากข้อ 4.2.2 นำมาเปรียบเทียบการใช้กับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้า 2 ชนิดคือ MP016® และ CARNAL346® ประเมินคุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.35-4.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.35 pH ของเนื้อเคียวและของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	pH เนื้อเคียว ^{ns}	pH แฮม ^{ns}
สูตรที่ 1	6.37±0.05	6.62±0.04
สูตรที่ 2	6.33±0.05	6.58±0.07
สูตรที่ 3	6.37±0.04	6.59±0.10
MP016®	6.39±0.04	6.63±0.04
CARNAL346®	6.35±0.04	6.55±0.01

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.36 ค่า water loss SSP และ WHC ของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า

ชนิดของสารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	water loss (ร้อยละ)	SSP (ร้อยละ)	WHC (expressible water) (ร้อยละ)
สูตรที่ 1	2.95^{b}±0.52	12.99^{a}±0.05	5.48^{c}±0.05
สูตรที่ 2	2.37^{ab}±0.32	13.23^{ab}±0.10	5.39^{c}±0.07
สูตรที่ 3	1.93^{a}±0.39	13.55^{c}±0.24	5.08^{a}±0.05
MP016®	3.05^{b}±0.47	13.33^{bc}±0.11	5.33^{c}±0.05
CARNAL346®	3.13^{b}±0.44	13.39^{bc}±0.09	5.26^{b}±0.05

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.37 %conversion และค่าสีแดงของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า

สารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	% conversion ^{ns}	ค่าสีแดง (a) ^{ns}
สูตรที่ 1	39.42±4.07	+8.47±2.30
สูตรที่ 2	39.24±3.25	+8.28±1.54
สูตรที่ 3	37.57±3.77	+7.20±1.91
MP016®	37.01±2.16	+7.56±1.47
CARNAL346®	38.16±2.13	+8.00±1.44

ns ไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.38 ค่าแรงต้านการดึง (tensile strength) ของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า

สารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน
	tensile strength (g/cm^2)
สูตรที่ 1	243.23^{bc}±13.84
สูตรที่ 2	226.57^{ab}±11.12
สูตรที่ 3	254.57^{c}±5.59
MP016®	219.09^{a}±15.20
CARNAL346®	244.97^{bc}±11.66

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวตั้งเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.39 คะแนนด้านสี รสชาติ การเชื่อมติด และความชุ่มน้ำของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้น และสารผสมที่ใช้ทางการค้า

สารผสมฟอสเฟต	ค่าเฉลี่ย ± เบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	สี^{ns}	รสชาติ^{ns}	การเชื่อมติด^{ns}	ความชุ่มน้ำ^{ns}
สูตรที่ 1	7.54±1.49	8.47±0.87	8.12±1.05	7.91±1.09
สูตรที่ 2	7.33±2.07	8.31±0.98	7.72±1.42	8.46±0.73
สูตรที่ 3	8.03±1.56	8.94±0.84	8.27±1.54	8.48±1.35
MP016	7.70±1.12	8.43±1.00	8.19±1.11	8.43±1.21
Carnal346	8.18±1.37	8.72±0.95	8.29±1.56	8.57±0.79

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบอิทธิพลของชนิดของสารผสมฟอสเฟตต่อ water loss ปริมาณ SSP WHC และเนื้อสัมผัส ($p\leq0.05$) ขณะที่ pH ของเนื้อเคียวและของแฮม %conversion ค่าสีแดง และคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกด้านไม่ต่างกัน ($p>0.05$)

เมื่อพิจารณา water loss (ตารางที่ 4.36) พบว่าสารผสมสูตรที่ 2 และ 3 ให้ค่า water loss ต่ำที่สุด ส่วนสูตรที่ 1 MP016® และ CARNAL346® ไม่ต่างกันทั้งนี้อาจอธิบายได้ด้วยผลของ ionic strength ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาปริมาณ SSP พบว่าสารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 3 MP016® และ CARNAL346® ช่วยสกัด SSP ได้มากกว่าสารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับ pH ของเนื้อเคียว และของแฮม พบว่า pH ของทั้งเนื้อเคียว และของแฮมไม่ต่างกัน จึงอธิบายผลของปริมาณ SSP ที่เพิ่มขึ้นอาจเกิดจากอิทธิพลของ ionic strength มากกว่าอิทธิพลของ pH ส่วนเมื่อพิจารณา WHC พบว่าเมื่อใช้สารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 3 ผลิตภัณฑ์มี WHC สูงที่สุด (มี expressible water ต่ำที่สุด) ถัดมาคือ CARNAL346® ส่วนสารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 1 2 และ MP016® ไม่ต่างกัน ทั้งนี้อาจอธิบายได้ด้วยผลของ ionic strength เช่นกัน

เมื่อพิจารณาค่าสีแดง (ตารางที่ 4.37) พบว่าเมื่อใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 5 ชนิด ค่าสีแดงไม่ต่างกัน ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ %conversion คือเมื่อใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 5 ชนิด %conversion ไม่ต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะในกระบวนการผลิตแฮมจะหมักเนื้อหมูด้วยเกลือไนไตรท์ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนผลิตดังนั้นสีของเนื้อเคียวจึงพัฒนาอย่างเต็มที่แล้วเมื่อผลิตเป็นแฮมจึงมีสีไม่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาเนื้อสัมผัส (ตารางที่ 4.38) พบว่าแฮมที่ข้าสารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 1 3 และ CARNAL346® มีค่า tensile strength สูงที่สุดซึ่งหมายความว่าเนื้อมีการเชื่อมติดกันดีที่สุด ถัดมาคือสูตร

ที่ 2 และ MP016® ตามลำดับ ทั้งนี้สามารถอธิบายจากปริมาณ SSP (ตารางที่ 4.36) ซึ่งการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อขึ้นกับปริมาณ SSP (Vadehra และ Baker, 1970)

คะแนนทางประสาทสัมผัสของแฮมที่ใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 5 ชนิด (ตารางที่ 4.39) พบว่าคะแนนทุกด้าน (สี รสชาติ การเชื่อมติด และความชุ่มน้ำ) ไม่ต่างกัน คะแนนทางด้านสีสอดคล้องกับการทดลองด้านสีแดง และ %conversion ซึ่งพบว่าไม่ต่างกันเมื่อใช้สารผสมฟอสเฟตทั้ง 5 ชนิด คะแนนการเชื่อมติดให้ผลต่างจากค่า tensile strength ทั้งนี้อาจเนื่องจากแฮมที่ผลิตได้มีการเชื่อมติดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อทดสอบโดยผู้ทดสอบจึงไม่พบความแตกต่าง ขณะที่เมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสพบว่าแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องมือมีความไวกว่าผู้ทดสอบนั่นเอง ส่วนคะแนนด้านความชุ่มน้ำให้ผลการทดลองต่างจาก WHC ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณ expressible water มีค่าใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วงร้อยละ 5.08-5.48 โดยน้ำหนัก จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่เห็นความแตกต่าง

จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบสารผสมฟอสเฟตที่พัฒนาขึ้นกับสารผสมฟอสเฟตที่ใช้ทางการค้าทั้ง 2 ชนิด พบว่าสารผสมฟอสเฟตสูตรที่ 3 ให้ผลการทดลองดีที่สุด เมื่อเทียบกับสารผสมฟอสเฟตอีก 4 ชนิด ทั้งนี้พิจารณาจากค่าที่มีความแตกต่างกันคือ ปริมาณ SSP WHC และ tensile strength

ผลจากการทดลองการพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมและไส้กรอกอิมัลชั่น ซึ่งพบว่าสารผสมฟอสเฟตสำหรับแฮมประกอบด้วย STPP:TSPP; 64:36 ขณะที่ตัวอย่างสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นประกอบด้วย STPP:SAPP:TSPP; 20:5:75 เห็นได้ว่าสารผสมสำหรับผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 นี้มีชนิดและสัดส่วนของฟอสเฟตต่างกัน โดยในสารผสมสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นมี SAPP เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยขณะที่แฮมไม่มี เนื่องจากกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นส่วนใหญ่เป็นแบบต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องมีสารช่วยพัฒนาสีของเนื้อเคียว และ SAPP มีสมบัติในการเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีของเนื้อเคียวได้ (Hargett และคณะ, 1980) SAPP ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.64 ซึ่งช่วยเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนไนไตรท์เป็นไนตริกออกไซด์ ทำให้เกิดสีชมพูของไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน (nitric oxide myoglobin) เร็วขึ้น สารผสมฟอสเฟตที่มี SAPP ซึ่งมีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีของเนื้อเคียวได้และเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตไส้กรอกโดยช่วยลดระยะเวลาในการผลิตให้สั้นลง ขณะที่การพัฒนาสีในแฮมไม่ใช่ปัจจัยสำคัญ เนื่องจากในกระบวนการผลิตมีขั้นตอนการนวด (massaging) ซึ่งใช้เวลานาน การพัฒนาสีของเนื้อเคียวจึงเกิดอย่างสมบูรณ์ในขั้นตอนนี้ นอกจากนี้การนวดยังช่วยปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมออีกด้วย (Varnam และ Sutherland, 1995) จึงไม่นำ SAPP มาเป็นส่วนประกอบในสารผสมสำหรับแฮม

เมื่อพิจารณาผลจากค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์ พบว่าที่ความเป็นกรด-ด่างยิ่งสูง ความสามารถในการอุ้มน้ำยิ่งดีขึ้น ดังที่ได้อธิบายแล้วเบื้องต้น และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของสารผสมทั้ง 2 พบว่า สารผสมสำหรับแฮมมีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 9.76 ซึ่งสูงกว่าสารผสมสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นซึ่งมีค่าประมาณ 8.78 ทั้งนี้เนื่องจากแฮมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยเนื้อทั้งชิ้น ไขมันต่ำ จึงต้องการความสามารถในการอุ้มน้ำสูงเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำ เมื่อบริโภคไม่รู้สึกแห้งกระด้าง

ขณะที่ไส้กรอกอิมัลชั่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่มาก ถึงแม้มีความสามารถในการอุ้มน้ำไม่สูงนัก แต่เนื่องจากมีไขมันเป็นส่วนประกอบทำให้ไม่รู้สึกแห้งกระด้างเมื่อบริโภค

และเมื่อพิจารณาสัดส่วนของ STPP และ TSPP ในสารผสมทั้ง 2 พบว่าสารผสมสำหรับแฮมมีสัดส่วนของ TSPP ต่ำกว่าในสารผสมสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นมาก ทั้งนี้เนื่องจากในการพัฒนาสารผสมสำหรับแฮมนั้นต้องคำนึงถึงอัตราการละลายของสารผสมที่ผลิตได้ โดยต้องการให้ละลายได้มากและเร็วในน้ำเย็นเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เพราะในกระบวนการผลิตแฮมในปัจจุบัน ส่วนมากใช้การฉีดสารละลายน้ำเกลือ (brine solution) ซึ่งมีส่วนผสมของฟอสเฟตละลายอยู่ด้วย ถ้าฟอสเฟตละลายในน้ำเย็นได้ไม่ดี จะทำให้ไม่สามารถละลายได้หมดในเวลาสั้น เมื่อนำสารละลายดังกล่าวไปฉีดเข้าเนื้อสัตว์ที่ใช้ในการผลิตอาจเกิดการอุดตันที่หัวเข็มฉีดเนื่องจากฟอสเฟตที่ยังละลายได้ไม่หมด สำหรับการพัฒนาสารผสมฟอสเฟตสำหรับไส้กรอกอิมัลชั่นนั้นไม่ได้คำนึงถึงอัตราการละลายของสารผสม จึงเห็นได้ว่ามีสัดส่วนของ TSPP อยู่มากถึงร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เนื่องจากในกระบวนการผลิต ไส้กรอกอิมัลชั่นสามารถใช้สารผสมฟอสเฟตในลักษณะที่เป็นผงได้ทันทีโดยไม่จำเป็นต้องละลายให้เป็นสารละลายก่อนเติมลงในกระบวนการผลิต เพราะในส่วนประกอบของไส้กรอกอิมัลชั่นมีน้ำแข็งเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย น้ำแข็งนี้ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายเกลือ ฟอสเฟต และส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ในขั้นตอนการสับผสมใช้ความเร็วสูง และเวลานานพอที่ทำให้สารผสมที่เติมลงไปในลักษณะเป็นผงกระจายตัวได้ทั่วและละลายได้หมด ทำให้ช่วยสกัดโปรตีนออกมาได้มากพอที่จะหุ้มเม็ดไขมันได้หมด อิมัลชั่นที่ผลิตได้จึงมีความเสถียรสูงและผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ผลิตได้มีลักษณะตามต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย