บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ผลของการแปรรูปด้วยความร้อนและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต่อคุณภาพหมูยอกระป๋อง

1.1 ค่าสี

จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านสีโดยใช้เครื่องวัดสีระบบ CIE Lab ของหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยให้ความร้อน 3 ระดับ คือ ที่ F_0 เท่ากับ 4, 5 และ 6 นาที ที่ผ่านและไม่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ก่อนการฆ่าเชื้อ เปรียบเทียบกับหมูยอชุดควบคุมซึ่งเตรียมโดยการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง โดยไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าหมูยอชุดควบคุมจะมีสีครีมเช่นเดียวกับหมูยอที่จำหน่ายในท้องตลาดทั้งนี้เนื่องจากได้รับความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์ (Richardson, 2002) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนในระดับต่ำกว่าหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4, 5 และ 6 นาที ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับหมูยอชุดควบคุม จากภาพที่ 4 พบว่าหมูยอกระป๋องที่ให้ความร้อนโดยการฆ่าเชื้อทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง เมื่อเพิ่มค่า F_0 ในขณะที่ค่าสีแดง-สีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง-สีน้ำเงิน (b*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเป็นการให้ความร้อนในระดับสเตอริไรซ์ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงสามารถสลายพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสซึ่งเป็นส่วนผสมของหมูยอออกเป็นกลูโคส (glucose) และฟรุกโทส (fructose) ซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (Labuza *et al.*, 1994) สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนในปฏิกิริยาเมลลาร์ดเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลขึ้น (Davies *et al.*, 1994) อีกทั้งในในการแปรรูปใช้อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชันซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับน้ำตาล เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลเช่นกัน (Hurrell, 1984) จึงส่งผลให้ตัวอย่างหมูยอกระป๋องมีสีเข้มกว่าหมูยอในชุดควบคุม และเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเพิ่มมากขึ้น

ตัวอย่างก็จะมีสีเข้มมากขึ้นด้วย ส่วนวิธีการเตรียมหมูยอมีผลต่อค่าสีของหมูยอเล็กน้อย โดยตัวอย่างที่ผ่านการต้มมาก่อนจะมีค่าสีแดงและสีเหลืองสูงกว่า เนื่องจากได้รับความร้อนมากกว่าในการต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

1.2 การทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส(Texture profile analysis, TPA) โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ทำการวัดค่าความแข็ง (hardness) ความยืดหยุ่น (springiness) ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) และค่าแรงต้านในการเคี้ยว (chewiness) แสดงดังตารางที่ 4

1.2.1 ค่าความแข็ง (hardness)

ระดับการให้ความร้อนในระดับที่สูงขึ้นจาก 4 เป็น 6 นาที ทำให้ลักษณะค่าความแข็งลดลง ขณะเดียวกันการเตรียมหมูยอโดยการต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋องมีความแข็งสูงกว่าหมูยอที่ไม่ได้ผ่านการต้มมาก่อน โดยตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 6 ชุดการทดลองจะมีค่าความแข็งต่ำกว่าหมูยอชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

1.2.2 ค่าความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (springiness)

หมูยอชุดควบคุมที่ผ่านการต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะมีความยืดหยุ่นสูงกว่าหมูยอที่ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4-6 นาทีทั้ง 6 ชุดการทดลอง ($P<0.05$) นอกจากนี้พบว่าค่าความยืดหยุ่นจะลดลงในตัวอย่างที่มีค่า F_0 มากขึ้น ในขณะที่วิธีการเตรียมหมูยอทั้ง 2 แบบ ไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นของหมูยอกระป๋อง ($P>0.05$)

1.2.3 ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness)

หมูยอชุดควบคุมจะมีค่าการยึดเกาะสูงที่สุดและมีความแตกต่างกับหมูยอที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 6 ชุดการทดลอง โดยระดับ F_0 ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อค่าการยึดเกาะของหมูยอที่ลดลง ในขณะที่วิธีการเตรียมหมูยอไม่มีอิทธิพลต่อค่าการยึดเกาะของเนื้อหมูยอ ($P>0.05$)

1.2.4 ค่าแรงต้านในการเคี้ยว (chewiness)

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 จะเห็นว่า เมื่อ F_0 ในการฆ่าเชื้อสูงขึ้น ทำให้ค่าแรงต้านในการเคี้ยวหมูยอลดลง ในขณะที่วิธีการเตรียมหมูยอโดยการต้มก่อนนั้นทำให้มีค่าแรงต้านในการเคี้ยวสูงกว่าหมูยอที่ไม่ผ่านการต้มมาก่อน อย่างไรก็ตามหมูยอชุดควบคุมจะมีค่าแรงต้านในการเคี้ยวสูงกว่าหมูยอที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 6 ชุดการทดลอง ($P<0.05$)

อย่างไรก็ตามทุกคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋องจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ ตัวอย่างที่ได้รับความร้อนต่ำที่สุดคือ F_0 เท่ากับ 4 นาที จะมีคะแนนความแข็ง ค่าการยึดเกาะ ความยืดหยุ่น และแรงต้านในการเคี้ยวสูงกว่าตัวอย่างที่มีค่า F_0 เท่ากับ 5 และ 6 นาที ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบวิธีการเตรียมหมูยอระหว่างตัวอย่างที่ผ่านและไม่ผ่านการต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงก่อนการฆ่าเชื้อ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ก่อนการฆ่าเชื้อจะมีลักษณะทางเนื้อสัมผัสดีกว่า เนื่องจากการให้ความร้อนที่ระดับนี้ทำให้เจลของโปรตีนจะเกิดจากการเกิดการจัดเรียงตัวของแอคโตไมโอซินเกิดเป็นโครงข่ายร่างแหของเจลที่มีความแข็งแรง ความร้อนทำให้เกิดการสร้างพันธะไฮโดรโฟบิกทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงมากขึ้น อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของพันธะไฮโดรเจนจะลดลงเมื่อความร้อนเพิ่มสูงขึ้น แต่จะกลับคืนสภาพได้บางส่วนภายหลังการให้ความเย็น (cooling) (Nowsad *et al.*, 2000) แต่เมื่อนำหมูยอมาให้ความร้อนที่ระดับสูงโดยการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4-6 นาที ทำให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลายทำให้ความสามารถในการจับน้ำไว้ในโครงข่ายของเจลได้น้อยส่งผลต่อความแน่นเนื้อและความเหนียวของเนื้อผลิตภัณฑ์ลดลง (Bertak and Karahadian, 1995 ; Ledward, 1979; Finley, 1985 ; Beder, 1978) นอกจากนี้อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงทำให้โอกาสในการเกิดโครงข่ายของแอคโตไมโอซินที่มีผลต่อความแข็งแรงของเจลเกิดได้น้อยกว่าการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ (Park *et al.*, 1996a) ทำให้ตัวอย่างที่ไม่ได้ฟอร์มเจลก่อนที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง และนำไปผ่านการฆ่าเชื้อจึงมีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ ความยืดหยุ่น และค่าแรงต้านในการเคี้ยวต่ำกว่าตัวอย่างที่ผ่านการต้มมาก่อน (Messens *et al.*, 1977 ; Lee, 1984)

1.3 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

1.3.1 การทดสอบแบบพรรณนาในเชิงปริมาณ

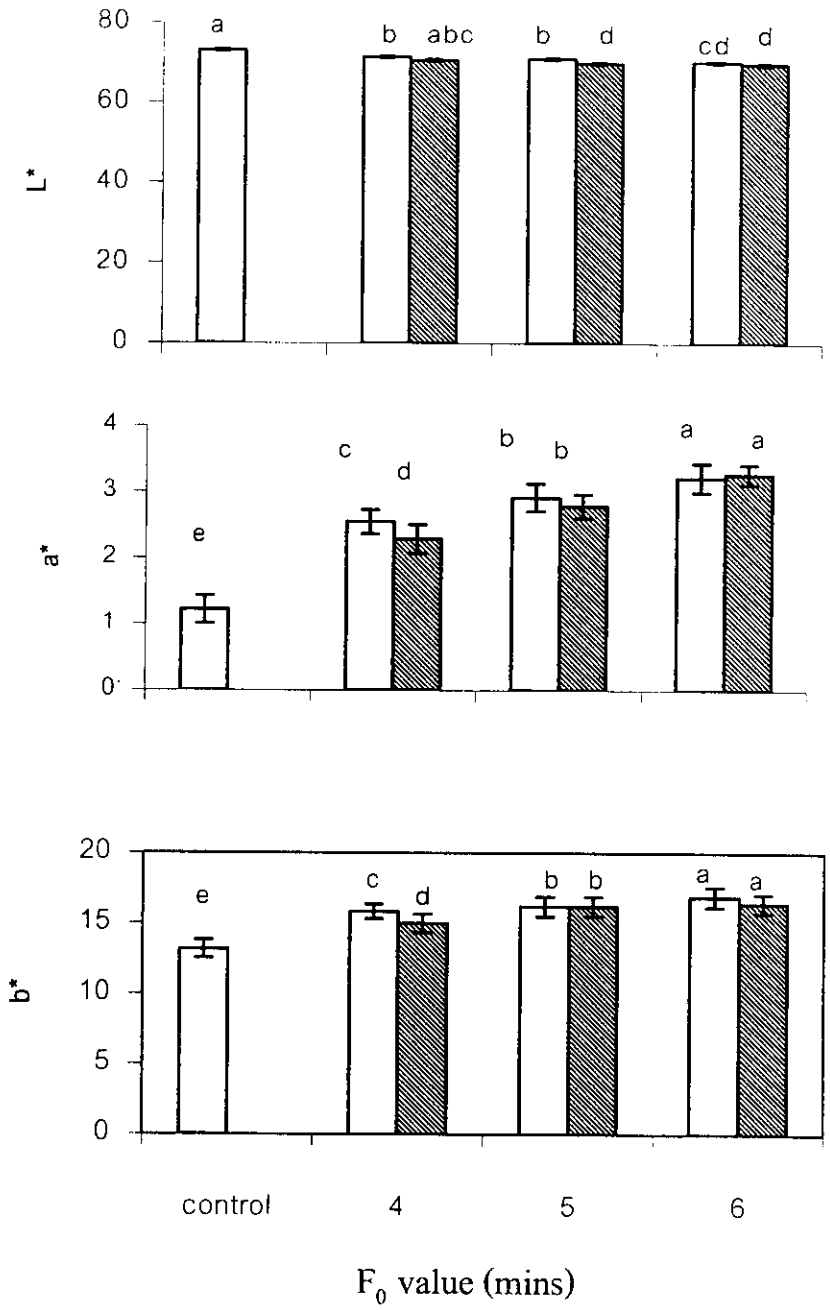
จากการทดสอบแบบพรรณนาในเชิงปริมาณ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 14 คน ใช้สเกลขนาด 15 เซนติเมตร ทำการประเมิน 4 คุณลักษณะ คือ สี ลักษณะปรากฏ ความเหนียว และความแน่นเนื้อของหมูยอกระป๋อง 6 ตัวอย่าง และหมูยอชุดควบคุม ผลแสดงดังในตารางที่ 5

1.3.1.1 สี

ตัวอย่างหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4-6 นาที ทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีสีเข้มขึ้น โดยผู้ทดสอบให้คะแนนค่าสีอยู่ในช่วง 9.91–11.36 คะแนน คือผลิตภัณฑ์จะมีสีครีมอ่อนถึงสีเหลืองอ่อน ในขณะที่ตัวอย่างหมูยอชุดควบคุมจะมีสีครีมอ่อน โดยมีคะแนนค่าสีเท่ากับ 8.16 คะแนน ซึ่งมีความแตกต่างกับตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ที่ค่าความสว่าง (L^*) จะลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) จะสูงขึ้นตามลำดับ

1.3.1.2 ลักษณะปรากฏ

โดยให้ผู้ทดสอบจะพิจารณาลักษณะปรากฏของหมูยอกระป๋อง จากผิวนอกของเนื้อตัวอย่าง ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความร้อนในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 4-6 นาที จะส่งผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ โดยตัวอย่างจะได้รับคะแนนอยู่ในช่วง 7.96–9.21 คะแนน คือความเนียนอยู่ในระดับเนียนเล็กน้อยถึงค่อนข้างเนียน ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมจะมีความเนียนของเนื้อมากกว่าซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.35 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)



ภาพที่ 4 ผลของวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต่อค่าสี (L*, a*, b*) ของหมูยอกระป๋อง

The effect of preparation and sterirization time on color (L*, a*, b*) of canned Moo Yor

The same letters under the same color value indicated non significant differences. ($P \geq 0.05$). ☐ pre-cooked ▨ uncooked

Bars represent the standard deviation of triplicate determinations.

ตารางที่ 4 ผลของวิธีการเตรียมหมูยอกระป๋องและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋อง

The effect of preparation and sterirization time on texture characteristics of canned Moo Yor

Sample treatment	Textural characteristics			
	Hardness (g)	springiness	cohesiveness	chewiness
Pre-cooked				
F_0 = 4	$2474^{b} \pm 142$	$0.8968^{b} \pm 0.0045$	$0.7382^{b} \pm 0.0032$	$1657^{bc} \pm 51$
F_0 = 5	$2349^{b} \pm 79$	$0.8824^{bc} \pm 0.0124$	$0.7308^{bc} \pm 0.0112$	$1581^{bc} \pm 32$
F_0 = 6	$2134^{cd} \pm 183$	$0.8600^{d} \pm 0.0153$	$0.7306^{bc} \pm 0.0052$	$1352^{de} \pm 140$
uncooked				
F_0 = 4	$2270^{bc} \pm 58$	$0.8634^{cd} \pm 0.0319$	$0.7318^{bc} \pm 0.0043$	$1484^{cd} \pm 42$
F_0 = 5	$2109^{cd} \pm 194$	$0.8694^{cd} \pm 0.0097$	$0.7254^{bc} \pm 0.0060$	$1411^{d} \pm 93$
F_0 = 6	$1934^{d} \pm 169$	$0.8592^{d} \pm 0.0101$	$0.7184^{c} \pm 0.0205$	$1242^{e} \pm 108$
control	$3997^{a} \pm 174$	$0.9274^{a} \pm 0.0091$	$0.7992^{a} \pm 0.0053$	$3018^{a} \pm 187$

Value with the same superscripts in the same column indicate the non significant differences of means ($P \geq 0.05$).

1.3.1.3 ความยืดหยุ่น

จากการทดสอบโดยให้ผู้ทดสอบชิมตัวอย่างหมูยอกระป๋อง 6 ตัวอย่างและหมูยอชุดควบคุม พบว่าความร้อนในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นจาก F_0 เท่ากับ 4 เป็น 6 นาที มีผลทำให้ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์ลดลง ในผลิตภัณฑ์ที่มีการเตรียมโดยการต้มก่อนคะแนนความยืดหยุ่นจะลดลงจาก 6.33 เป็น 4.45 คะแนน และในตัวอย่างหมูยอที่ไม่ได้ผ่านการต้มมาก่อนจะลดลงจาก 5.67 เป็น 4.19 คะแนน ซึ่งแสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อจะมีความยืดหยุ่นอยู่ในระดับยืดหยุ่นเล็กน้อย ในขณะที่หมูยอชุดควบคุมซึ่งมีคะแนนความยืดหยุ่นเท่ากับ 10.58 คะแนน คือมีความยืดหยุ่นอยู่ในระดับค่อนข้าง

ยืดหยุ่นส่งผลให้หมูยอชุดควบคุมมีความยืดหยุ่นแตกต่างจากหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

1.3.1.4 ความแน่นเนื้อ

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าหมูยอชุดควบคุมมีค่าความแน่นเนื้อสูงมาก เท่ากับ 14.40 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบกับหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 6 ตัวอย่าง ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.31–8.66 คะแนน คือมีความแน่นเนื้ออยู่ในระดับแน่นเล็กน้อยถึงค่อนข้างแน่น ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่าความร้อนในการฆ่าเชื้อในระดับ F_0 เท่ากับ 4-6 นาที จะส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณในคุณลักษณะความเหนียวและความแน่นเนื้อมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส คือตัวอย่างหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 6 ตัวอย่างจะมีคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสลดต่ำลงโดยขึ้นกับความร้อนในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามหมูยอกระป๋องทั้ง 6 ชุดการทดลอง จะมีคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสต่างจากหมูยอชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากความร้อนในระดับที่สูงจะส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ในโครงข่ายของโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของหมูยอทำให้หมูยอมีความยืดหยุ่นและความแน่นเนื้อลดลง (Finley, 1989) ในขณะเดียวกันสีที่เพิ่มขึ้นก็เป็นผลจากระดับความร้อนซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสได้เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ทำปฏิกริยากับโปรตีน และปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชันของน้ำตาลทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น (Hurrel, 1984)

ตารางที่ 5 ผลของวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต่อการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณของหมูยอกระป๋อง

The effect of preparation and sterilization time on quantitative descriptive analysis of canned Moo Yor

Sample treatment	Scores			
	color	appearance	springiness	firmness
Pre-cooked				
F_0 = 4	9.97^{a}	9.21^{ab}	6.33^{b}	8.66^{b}
F_0 = 5	10.00^{a}	8.72^{ab}	5.65^{b}	7.14^{bc}
F_0 = 6	11.36^{a}	8.08^{b}	4.45^{b}	6.31^{bc}
uncooked				
F_0 = 4	9.91^{a}	8.35^{ab}	5.67^{b}	7.11^{bc}
F_0 = 5	10.86^{a}	8.53^{ab}	4.42^{b}	6.12^{bc}
F_0 = 6	11.36^{a}	7.96^{b}	4.19^{b}	5.31^{c}
control	8.16^{b}	10.35^{a}	10.58^{a}	14.40^{a}

Value with the same superscripts in the same column indicate the non significant differences of means ($P \geq 0.05$).

1.3.2 การทดสอบด้านความชอบ

จากการทดสอบความชอบโดยใช้วิธี hedonic scale (9 คะแนน) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 14 คน ทดสอบคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ต่อผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง ผลดังแสดงในตารางที่ 6

1.3.2.1 ลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบชอบลักษณะปรากฏของชุดควบคุมมากกว่าหมูยอกระป๋องที่ผ่านความร้อนแบบสเตอริไรซ์ ($P<0.05$) โดยหมูยอกระป๋องจะได้รับคะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏเท่ากับ 5.46–6.32 คะแนน ในขณะที่หมูยอชุดควบคุมได้คะแนนเท่ากับ 7.50 คะแนน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของหมูยอกระป๋อง 6 ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณที่แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะทางด้านสีและลักษณะปรากฏของหมูยอกระป๋องไม่มีความแตกต่างกันระหว่าง 6 ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แต่จะมีความแตกต่างกับหมูยอชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เนื่องจากความร้อนในระดับสเตอริไรซ์ที่ระดับ F_0 เท่ากับ 4 – 6 นาที มีผลต่อการเข้มขึ้นของสีและเนื้อของ ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเปลี่ยนไป

1.3.2.2 กลิ่นรส

ความชอบทางด้านกลิ่นรสของหมูยอกระป๋องทั้ง 6 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกับหมูยอชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เป็นผลมาจากการได้รับความร้อนในระดับสูง (F_0 4-6 นาที) ซึ่งมีผลในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส (Pyrolysis) ปฏิกริยาดิอะมิเนชัน (deamination) และปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) ของกรดอะมิโน การสลายตัวของตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด หรือปฏิกิริยาคาราเมลไรเซชัน (caramelisation) (Fellow, 2000 ; Mottram, 1994 ; Uchman and Jennings, 1977) จากการศึกษาของ Himes and Fischer (1997) พบว่าในผลิตภัณฑ์หมูบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 40-60 นาที ทำให้เกิดกลิ่นรสไหม้ (burnt flavor) ขึ้นเนื่องจากเกิดสารประกอบที่ระเหยได้ เช่น แอลกอฮอล์ที่มีโมเลกุลต่ำ ๆ (low molecular weight alcohol) สารพวกเมอร์แคปแทน (mercaptans) และสารประกอบพวกที่มีโครงสร้างเป็นวง (cyclic compound) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ Mottram (1998) รายงานว่าในผลิตเนื้อที่ผ่านความร้อนสูงจะเกิดสารประกอบที่ระเหยได้ที่ส่งผลต่อกลิ่นรส เช่น 3-mercapto-2- butanone ให้กลิ่นเนื้อสุก (cooked meat) , 2-methyl-3-furanthiol ให้กลิ่นเนื้อต้ม (boiled meat) , 3-[2- furanylmethyl) dithio]-2- butanone ให้

กลิ่นยางไหม้ (burnt rubber) กลิ่นไม้ไหม้ (burnt wood) เป็นต้น ส่งผลให้หมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 6 ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสลดลงอยู่ในช่วง 5.03-6.00 คะแนน

1.3.2.3 เนื้อสัมผัส

ผู้ทดสอบชอบเนื้อสัมผัสของหมูยอชุดควบคุมอยู่ในระดับชอบมาก โดยได้รับคะแนนเท่ากับ 8.21 คะแนน ซึ่งแตกต่างจากหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 6 ตัวอย่างได้รับความชอบในระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนเท่ากับ 4.67–6.35 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋อง 6 ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไรซ์ พบว่าตัวอย่างที่ได้รับความร้อนต่ำสุด (F_0 เท่ากับ 4 นาที) จะได้รับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 6.03–6.35 คะแนน ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างที่ได้รับความร้อนที่ F_0 เท่ากับ 5-6 นาที มีค่าอยู่ระหว่าง 4.67–5.21 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (TPA) ที่ค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ค่าการเกาะติด และแรงต้านในการเคี้ยวที่มีค่าลดลง และผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณ (QDA) ที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความยืดหยุ่นและความแน่นเนื้อลดลงเมื่อค่า F_0 สูงขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Danyluk และคณะ (1997) พบว่าในการผลิตเนื้อสัตว์บรรจุกระป๋องโดยความร้อนเพิ่มจะทำให้คุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสมีค่าลดลง หรือผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มลงเช่นกัน

1.3.2.4 ความชอบรวม

หมูยอชุดควบคุมได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดและแตกต่างกับตัวอย่างหมูยอกระป๋องที่ผ่านการสเตอริไรซ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยได้รับคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 8.11 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างหมูยอกระป๋อง 6 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างที่ได้รับความร้อนที่ F_0 เท่ากับ 4.0 นาที และผ่านการเตรียมโดยการต้มมาก่อนจะได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดและมีความแตกต่างจากตัวอย่างที่มีค่า F_0 เท่ากับ 5 และ 6 นาที ที่ได้รับคะแนนความชอบรวมเท่ากับ 5.75 และ 5.25 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เป็นผลมาจากความร้อนมีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่นรสและเนื้อสัมผัสดังที่กล่าวมาแล้ว อย่างไรก็ตามคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสจะมีอิทธิพลต่อ

ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์มากกว่าลักษณะปรากฏและกลิ่นรส เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hsu และ Chung (1998) พบว่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าสีของผลิตภัณฑ์ โดยผู้บริโภคชอบรับประทานลูกชิ้นที่มีความแน่นเนื้อสูงกว่าตัวอย่างที่มีเนื้อนิ่ม

ตารางที่ 6 ผลของวิธีการเตรียมและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต่อคะแนนความชอบของหมูยอกระป๋อง

The effect of preparation and sterilization time on acceptance score (9-point hedonic scale) of canned Moo Yor

Sample treatment	Scores			
	appearance	flavor	texture	overall liking
Pre-cooked				
$F_0 = 4$	6.32^{b}	6.00^{b}	6.35^{b}	6.50^{b}
$F_0 = 5$	5.50^{b}	5.28^{b}	5.21^{bc}	5.75^{bc}
$F_0 = 6$	5.79^{b}	5.25^{b}	4.96^{bc}	5.25^{c}
uncooked				
$F_0 = 4$	6.29^{b}	5.89^{b}	6.03^{bc}	6.21^{b}
$F_0 = 5$	5.89^{b}	5.42^{b}	5.03^{bc}	5.07^{c}
$F_0 = 6$	5.46^{b}	5.03^{b}	4.67^{c}	5.10^{c}
control	7.50^{a}	8.21^{a}	8.21^{a}	8.11^{a}

Value with the same superscripts in the same column indicate the non significant differences of means ($P \geq 0.05$).

จากการศึกษาผลของความร้อนต่อคุณลักษณะของหมูยอกระป๋อง พบว่าความร้อนมีผลต่อคุณสมบัติทางด้านสี เนื้อสัมผัส และทางด้านประสาทสัมผัส โดยสีของผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้น ในขณะที่คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสจะด้อยลง ซึ่งเป็นผลมาจาก

ความร้อนในการสเตอริไรซ์ที่ใช้สูงมาก ซึ่งส่งผลต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมาก และเมื่อเปรียบเทียบหมูกระป๋องที่มีการเตรียม 2 แบบ คือ หมูยอที่ไม่ผ่านการต้มก่อนกับหมูยอที่ผ่านการต้มที่ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง พบว่าหมูยอที่ต้มก่อนจะมีคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์สูงกว่าที่ไม่ได้ผ่านการต้มก่อน เนื่องจากมีโอกาสให้เกิดเจลที่ 80 องศาเซลเซียส ก่อนทำให้เจลเกิดได้ดีกว่าการนำหมูยอที่ไม่ได้ผ่านการต้มก่อนฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อเพียงขั้นตอนเดียว (Zayas, 1997) ดังนั้นจึงเลือกวิธีการเตรียมหมูยอที่ต้ม 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

2. ผลของโซเดียมไนไตรท์ร่วมกับการให้ความร้อนแบบสเตอริไรซ์ในการแปรรูปหมูยอกระป๋อง

2.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ (Sterity Test)

หลังจากบ่มตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ระดับความร้อนและไนไตรท์ที่แตกต่างกันทั้ง 9 ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน และ 35 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน พบว่าทุกตัวอย่างผ่านการทดสอบการทดสอบประสิทธิภาพการให้ความร้อน โดยไม่มีลักษณะผิดปกติทั้งภายในและภายนอกกระป๋อง นอกจากนี้ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศในการเจริญและใช้อากาศในการเจริญและปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่า ต่ำกว่า 30 CFU/g ผลดังแสดงในตารางที่ 7

Lechowich และคณะ (1978) กล่าวว่า ในการผลิตอาหารประเภทกรดต่ำจะต้องได้รับการฆ่าเชื้อเพียงพอที่จะทำลายสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* ได้หมด ซึ่งอาหารภายในภาชนะบรรจุทุกส่วนได้รับความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 2.78 นาที อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เนื้อบรรจุกระป๋องจะมีคุณลักษณะเปลี่ยนไปไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อให้ความร้อนที่ระดับ F_0 เท่ากับ 2.78 นาที ดังนั้นจึงมีการศึกษาสภาวะต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยหลักการการยับยั้งเชื้อ *Clostridium botulinum* ของโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไนไตรท์ และที่สำคัญคือการควบคุมความสะอาดของวัตถุดิบเพื่อให้มีเชื้อ *Clostridium botulinum* ต่ำที่สุด (Riemann, 1963) ดังนั้นปริมาณเชื้อเริ่มต้นมีน้อยก่อนการฆ่าเชื้อประกอบการยับยั้งการเจริญของ

โซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไนไตรท์จะสามารถควบคุมให้ผลิตภัณฑ์ให้อยู่อย่างปลอดภัยได้

Jozsef และคณะ (1973) รายงานว่าการใช้ความร้อนที่ F_0 เท่ากับ 0.55 นาที ร่วมกับโซเดียมไนไตรท์ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างได้ดีกว่าการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่ระดับ F_0 เท่ากับ 1.9 นาทีเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Grever (1974) ซึ่งกล่าวว่าการใช้ความร้อนที่ F_0 เท่ากับ 0.5 นาที ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 3.5 และโซเดียมไนไตรท์ 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม Jantawat และคณะ (1993) รายงานว่า ผลิตภัณฑ์แฮมกระป๋องที่ได้รับความร้อนที่ F_0 เท่ากับ 1.49 นาที ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.5 และโซเดียมไนไตรท์ปริมาณ 125-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Clostridium botulinum* ได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้หมูยอกระป๋องที่ผลิตมีปริมาณเกลือร้อยละ 1.3 ร่วมกับ F_0 เท่ากับ 1.5-2.5 นาทีและปริมาณไนไตรท์ 50-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณเกลือในสูตรการผลิตต่ำกว่าจึงต้องเพิ่มปริมาณความร้อนให้สูงขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าทุกระดับโซเดียมไนไตรท์สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

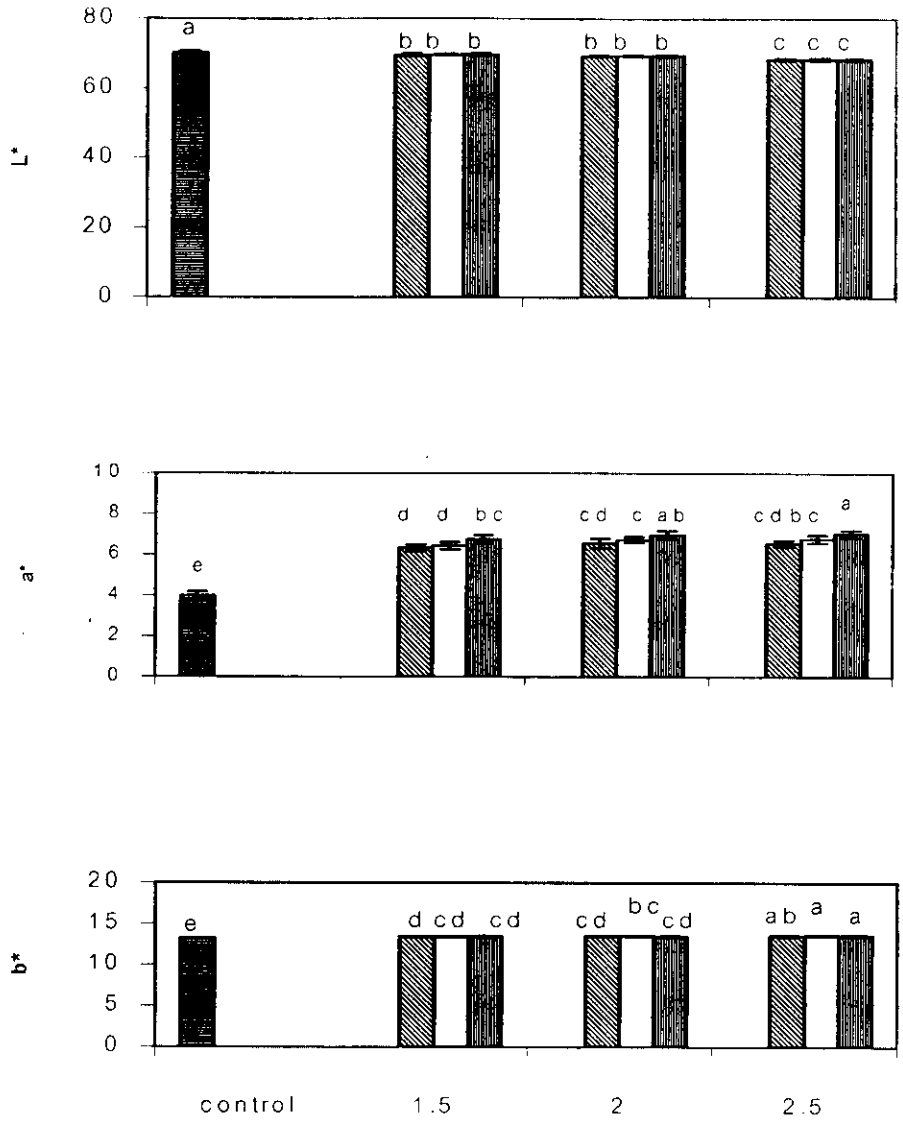
ตารางที่ 7 ผลของความร้อนและโซเดียมไนไตรท์ ต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของหมูยอกระป๋อง

Effect of heat treatment and sodium nitrite on the sterility test of canned Moo Yor

Sample treatment	Appearances	Flat sour		TVC	Anaerobic bacteria	
		mesophile	thermophile	CFU/g	thermophile	putrefactive
F_0=1.5						
Sodium nitrite 50 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
Sodium nitrite 100 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
Sodium nitrite 150 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
F_0=2.0						
Sodium nitrite 50 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
Sodium nitrite 100 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
Sodium nitrite 150 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
F_0=2.5						
Sodium nitrite 50 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
Sodium nitrite 100 ppm	normal	-	-	< 30	-	-
Sodium nitrite 150 ppm	normal	-	-	< 30	-	-

2.2 ค่าสี

การทดสอบคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋องที่ได้ความร้อนและเติมโซเดียมไนไตรท์ระดับต่าง ๆ 9 ตัวอย่างและหมูยอชุดควบคุม ผลดังแสดงในภาพที่ 5 พบว่าปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ที่ลดลง เช่นเดียวกับผลการทดสอบค่าสีในข้อ 1.1 โดยตัวอย่างทั้ง 9 ตัวอย่างจะมีสี (L*, a* and b*) แตกต่างกับหมูยอชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ได้รับความร้อนที่ระดับ F_0 1.5 นาที จะมีค่าสีใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุด ส่วนปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงไปจะมีผลต่อค่าสีแดง (a*) เมื่อปริมาณโซเดียมไนไตรท์เพิ่มสูงขึ้นค่าสีแดงจะสูงขึ้นตามลำดับ โดยทุกตัวอย่างจะมีความแตกต่างกับหมูยอชุดควบคุม ($P<0.05$) เนื่องจากโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงไปจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไมโอโกลบินเป็นไนโตรโซไมโอโกลบินซึ่งเป็นสารไม่คงตัวและเมื่อได้รับความร้อนโปรตีนโกลบินจะเปลี่ยนจากลักษณะธรรมชาติเป็นโกลบินไนโตรโซฮีโมโครมที่เสียสภาพ (denatured globin nitrosohemochrome) (Warris, 2000; Paquette *et al.*, 1980) นอกจากนี้ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงไปไม่มีผลต่อค่าความสว่าง ในขณะที่มีผลต่อค่าสีเหลือง (b*) เล็กน้อยเนื่องจากบางส่วนของโซเดียมไนไตรท์เมื่อถูกให้ความร้อนในการแปรรูปจะเปลี่ยนจากออกซิไมโอโกลบินซึ่งมีสีชมพูเป็นเมทไมโอโกลบินซึ่งมีสีน้ำตาลทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น (Cassens *et al.*, 1979; Arneth, 1998) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋องที่มีการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 1.5 นาที และเติมโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีค่าสีใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุด



ภาพที่ 5 ผลของความร้อนและโซเดียมไนไตรท์ต่อค่าสี (L*, a* and b*)ของหมูยอกระป๋อง

Effect of heat treatment and sodium nitrite on color value of canned Moo Yor

Control $NaNO_2$ 50 ppm

$NaNO_2$ 100 ppm $NaNO_2$ 150 ppm

The same letters under the same color value indicated non significant differences ($P \geq 0.05$).

Bars represent the standard deviation of triplicate determinations.

2.3 การทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

ทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (texture profile analysis : TPA) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) ของหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อและเติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับต่าง ๆ ผลดังแสดงในตารางที่ 8

จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส พบว่าหมูยอชุดควบคุม (ต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง) จะเป็นหมูยอที่มีคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสดีที่สุดในทุกคุณลักษณะ เนื่องจากอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเกิดเจลในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์อิมัลชัน (Kramlich, 1980) โดยค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ค่าการเกาะติด และแรงต้านในการเคี้ยวมีค่าแนวโน้มลงเมื่อเวลาการฆ่าเชื้อเพิ่มสูงขึ้น จาก 1.5 เป็น 2.5 นาที ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มใกล้คล้ายคลึงกับการศึกษาผลของความร้อนในข้อ 1.2 เนื่องจากความร้อนในการฆ่าเชื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อพันธะไฮโดรเจนในโครงข่ายของเจล ทำให้เจลสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนิ่มลง (Park *et al.*, 1996b) อย่างไรก็ตามหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 1.5 นาที มีค่าความยืดหยุ่นและค่าแรงต้านในการเคี้ยวไม่แตกต่างกับชุดควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่ปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงไปในปริมาณ 50-150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่มีผลต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

2.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

2.4.1 การทดสอบแบบพรรณนาในเชิงปริมาณ

ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณของหมูยอกระป๋อง โดยผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 15 คน ประเมินผลโดยใช้สเกลขนาด 15 คะแนน โดยพิจารณา 3 คุณลักษณะ ดังนี้ สี ความเหนียว ความแน่นเนื้อ ผลแสดงดังในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลของความร้อนและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋อง

Effect of heat treatment and sodium nitrite on texture profile analysis of canned Moo Yor

Sample treatment	Textural characteristics			
	Hardness(g)	springiness	cohesiveness	chewiness
F_0=1.5				
Sodium nitrite 50 ppm	3324^{b}±65	0.9184^{abc}±0.0089	0.7558^{bc}±0.0064	2998^{a}±56
Sodium nitrite 100 ppm	3303^{b}±104	0.9188^{abc}±0.0112	0.7554^{bc}±0.0031	2967^{a}±102
Sodium nitrite 150 ppm	3309^{b}±95	0.9180^{abc}±0.0056	0.7578^{b}±0.0047	3008^{a}±99
F_0=2.0				
Sodium nitrite 50 ppm	3166^{c}±39	0.9052^{cde}±0.0058	0.7502^{bcd}±0.0039	2791^{ab}±18
Sodium nitrite 100 ppm	3175^{c}±37	0.9048^{de}±0.0087	0.7494^{cd}±0.0073	2851^{ab}±49
Sodium nitrite 150 ppm	3164^{c}±41	0.9062^{cde}±0.0146	0.7492^{cd}±0.0067	2871^{ab}±54
F_0=2.5				
Sodium nitrite 50 ppm	2996^{d}±45	0.8940^{e}±0.0101	0.7390^{e}±0.0061	2672^{b}±165
Sodium nitrite 100 ppm	3023^{d}±80	0.8982^{e}±0.0050	0.7394^{e}±0.0029	2797^{ab}±27
Sodium nitrite 150 ppm	2973^{d}±81	0.8972^{e}±0.0063	0.7456^{de}±0.0059	2798^{ab}±28
control	3639^{a}±105	0.9274^{a}±0.0091	0.8002^{a}±0.0057	3018^{a}±187

Value with the same superscripts in the same column indicate the non significant differences of means ($P \geq 0.05$).

2.4.1.1 สี

จากการทดสอบพบว่าปริมาณโซเดียมไนไตรท์ที่เติมลงในหมูยอกระป๋อง จะมีผลต่อค่าสีของหมูยอ โดยหมูยอที่มีการเติมโซเดียมไนไตรท์จะมีสีชมพูมากขึ้นเมื่อระดับโซเดียมไนไตรท์สูงขึ้น จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าหมูยอที่เติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีสีชมพูต่ำที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 2.98–3.44 คะแนน ในขณะที่หมูยอที่เติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีค่าสีชมพูสูงที่สุด คือมีค่าเท่ากับ 4.57–4.62 คะแนน ซึ่งผลจากการเติมโซเดียมไนไตรท์ทั้ง 3 ระดับ จะมีผลต่อค่าสีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามหมูยอชุดควบคุมซึ่งไม่ได้เติมโซเดียมไนไตรท์จะมีสีครีม โดยมีค่าสีเท่ากับ 1.22 คะแนน ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสีที่รายงานว่าค่าสีแดง (a*) จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโซเดียมไนไตรท์เพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากสารประกอบไนไตรท์จะฟอร์มตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไมโอโกลบินในเนื้อหมูทำให้เกิดสารประกอบที่มีสีแดง (Forrest and birdsall, 1980) ดังนั้นเมื่อเติมโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณที่สูงขึ้นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูมากขึ้น

2.4.1.2 ความยืดหยุ่นและความแน่นเนื้อ

ผู้ทดสอบให้คะแนนความยืดหยุ่นและความแน่นเนื้อไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อความร้อนในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นจะมีค่าลดลง โดยตัวอย่างที่ฆ่าเชื้อที่ระดับ F_0 เท่ากับ 1.5 นาที จะมีค่าใกล้เคียงกับหมูยอชุดควบคุมมากที่สุดและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีผลต่อความยืดหยุ่นและความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณในด้านเนื้อสัมผัส คือ ความเหนียวและความแน่นเนื้อของหมูยอกระป๋อง จะให้ผลสอดคล้องกับการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสคือ เมื่อความร้อนในการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้น ค่าความยืดหยุ่น ค่าความแข็งและค่าการยึดเกาะ แรงต้านในการเคี้ยวของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง เนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของโปรตีนทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลง ส่งผลให้ความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และแรงต้านในการเคี้ยวของเนื้อหมูยอกระป๋องลดลง

(Ramesh, 1992) อย่างไรก็ตามปริมาณโซเดียมไนไตรท์จะไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋อง (P>0.05)

2.4.2 การทดสอบด้านความชอบ

การทดสอบด้านความชอบของผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง โดยใช้วิธี hedonic scale (9 คะแนน) ที่ได้รับความร้อนในการฆ่าเชื้อต่างกัน 3 ระดับ คือ F_0 เท่ากับ 1.5, 2.0 และ 2.5 นาที ตามลำดับ และเติมปริมาณโซเดียมไนไตรท์ 3 ระดับ คือ 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพิจารณาคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลแสดงดังในตารางที่ 10

2.4.2.1 ลักษณะปรากฏ

ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 1.5, 2.0 และ 2.5 นาที จะไม่มีผลต่อความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในช่วง 7.22–7.37 คะแนน ซึ่งมีความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ทั้ง 9 ตัวอย่าง ได้รับคะแนนความชอบต่อลักษณะปรากฏไม่แตกต่างจากหมูยอชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

2.4.2.2 กลิ่นรส

หมูยอชุดควบคุมจะได้รับคะแนนความชอบทางด้านกลิ่นรสสูงที่สุดเท่ากับ 7.76 คะแนน แต่อย่างไรก็ตามความชอบต่อกลิ่นรสของหมูยอชุดควบคุมจะมีค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 9 ตัวอย่าง ซึ่งมีได้รับคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 6.97–7.47 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

2.4.2.3 เนื้อสัมผัส

ความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋องที่มีค่า F_0 เท่ากับ 1.5 นาที จะมีค่าสูงที่สุดอยู่ในช่วง 7.56 – 7.59 คะแนน ซึ่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (P<0.05) ซึ่งได้รับคะแนนความชอบทางด้านเนื้อสัมผัสเท่ากับ 8.07 คะแนน แต่จะมีค่าสูงกว่าหมูยอกระป๋องที่มีค่า F_0 เท่ากับ 2.0 และ 2.5 นาที และเมื่อพิจารณาร่วมกับการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสและการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณ พบว่าหมูยอที่มีค่า F_0 1.5 นาที มีคุณสมบัติทางด้านเนื้อสัมผัสดีกว่าหมูยอกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 2.0 และ 2.5 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ผลของความร้อนและโซเดียมไนไตรท์ต่อการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสแบบพรรณนาในเชิงปริมาณของหมูยอกระป๋อง

Effect of heat treatment and sodium nitrite on quantitative descriptive analysis of canned Moo Yor

Sample treatment	Scores		
	color	springiness	firmness
F_0=1.5			
Sodium nitrite 50 ppm	2.98^{d}	7.82^{ab}	8.22^{abc}
Sodium nitrite 100 ppm	3.86^{bc}	7.71^{ab}	8.18^{abc}
Sodium nitrite 150 ppm	4.58^{ab}	7.82^{ab}	8.19^{abc}
F_0=2.0			
Sodium nitrite 50 ppm	3.12^{d}	7.08^{abc}	7.6^{bc}
Sodium nitrite 100 ppm	3.97^{abc}	7.15^{abc}	7.69^{bc}
Sodium nitrite 150 ppm	4.57^{ab}	7.23^{abc}	7.64^{bc}
F_0=2.5			
Sodium nitrite 50 ppm	3.44^{cd}	6.83^{bc}	7.4^{bc}
Sodium nitrite 100 ppm	4.05^{abc}	6.61^{bc}	7.33^{c}
Sodium nitrite 150 ppm	4.62^{a}	6.47^{c}	7.36^{c}
control	1.22^{e}	8.20^{a}	8.63^{a}

Value with the same superscripts in the same column indicate the non significant differences of means ($P \geq 0.05$).

2.4.2.4 ความชอบรวม

. หมูยอชุดควบคุมจะได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุด คือ 7.88 คะแนน อย่างไรก็ตามหมูยอที่มีค่า F_0 เท่ากับ 1.5 นาที ได้รับคะแนนความชอบรวมอยู่ในช่วง 7.68–7.75 คะแนน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณไนไตรท์ที่เพิ่มขึ้นจาก 50 เป็น 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมจะไม่มีผลต่อความชอบรวมของหมูยอกระป๋องอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาหมูยอกระป๋องที่เติมโซเดียมไนไตรท์ที่ระดับ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีค่าสีใกล้เคียงกับตัวอย่างหมูยอชุดควบคุมมากที่สุด ในขณะที่หมูยอกระป๋องที่มีค่า F_0 เท่ากับ 1.5 นาทีจะมีคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสทั้งที่วัดโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสและการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสดีที่สุด เนื่องจากระดับความร้อนในการฆ่าเชื้อต่ำที่สุดและเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองในข้อ 1 ซึ่งลดเวลาในการฆ่าเชื้อที่ 110 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ประกอบกับตัวอย่างทั้ง 9 ตัวอย่างที่ศึกษาผ่านการทดสอบประสิทธิภาพการให้ความร้อน จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ F_0 เท่ากับ 1.5 นาที และเติมโซเดียมไนไตรท์ในปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 10 ผลของความร้อน และโซเดียมไนไตรท์ ต่อคะแนนความชอบของหมูยอกระป๋อง

Effect of heat treatment and sodium nitrite on acceptance score of canned Moo yor

Sample treatment	Scores			
	appearance	flavor	texture	overall liking
F_0=1.5				
Sodium nitrite 50 ppm	7.26^{ns}	7.42^{ns}	7.57^{ab}	7.75^{ab}
Sodium nitrite 100 ppm	7.33^{ns}	7.47^{ns}	7.59^{ab}	7.79^{ab}
Sodium nitrite 150 ppm	7.35^{ns}	7.46^{ns}	7.56^{ab}	7.68^{ab}
F_0=2.0				
Sodium nitrite 50 ppm	7.28^{ns}	7.26^{ns}	6.82^{cd}	7.37^{bc}
Sodium nitrite 100 ppm	7.31^{ns}	7.10^{ns}	6.71^{cd}	7.32^{bc}
Sodium nitrite 150 ppm	7.22^{ns}	6.97^{ns}	6.82^{cd}	7.30^{bc}
F_0=2.5				
Sodium nitrite 50 ppm	7.37^{ns}	7.14^{ns}	6.65^{cd}	6.64^{bc}
Sodium nitrite 100 ppm	7.13^{ns}	6.92^{ns}	6.42^{d}	6.42^{bc}
Sodium nitrite 150 ppm	7.30^{ns}	7.00^{ns}	6.33^{d}	6.19^{c}
control	7.46^{ns}	7.76^{ns}	8.07^{a}	7.88^{a}

Value with the same superscripts in the same column indicate the non significant differences of means ($P \geq 0.05$).

3. ผลการศึกษาการส่งผ่านความร้อน

การฆ่าเชื้อหมูยอกระป๋องโดยกำหนดอุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อเท่ากับ 110 องศาเซลเซียส นาน 77 นาที เวลาที่ใช้ในการไล่อากาศในหม้อฆ่าเชื้อและทำให้อุณหภูมิของหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิของการฆ่าเชื้อ (come up time) เท่ากับ 8 นาที ภาพประกอบภาคผนวกที่ 3 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาในการแปรรูปเพิ่มมากขึ้นอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และเมื่อพิจารณากราฟการให้ความร้อนมีลักษณะเป็นเส้นตรง เนื่องจากผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋องบรรจุอย่างอัดแน่นเต็มกระป๋องชิ้นผลิตภัณฑ์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยตัวอย่างจะได้รับความร้อนจากผิวกระป๋องเข้าสู่ภายในกระป๋องอย่างช้าๆ ผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งและจุดกึ่งกลางเป็นจุดที่ร้อนช้าที่สุด หมูยอกระป๋องจึงมีการส่งผ่านความร้อนแบบนำความร้อน (Potter and Hotchkiss, 1995) และเมื่อคำนวณค่า F_0 โดยวิธีการใช้สูตร (Formula method) และแสดงวิธีคิดในภาคผนวก ช ได้ค่า F_0 เท่ากับ 1.508 นาที

4. การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง

4.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

กลุ่มผู้บริโภคที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์เป็นบุคคลภายในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถามในภาคผนวก ฉ4 ได้ผลสรุปดังนี้ ผู้บริโภคเป็นเพศชายร้อยละ 46 เพศหญิงร้อยละ 54 อาชีพของผู้บริโภคเป็นลูกจ้าง รับราชการ ค้าขาย นักเรียน นักศึกษา ตามลำดับ และส่วนใหญ่มีรายได้มากกว่า 2,000 บาทขึ้นไป ผลแสดงดังในตารางที่ 11

4.2 พฤติกรรมการซื้อและการบริโภค

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการซื้อและการบริโภคอาหารกระป๋องของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคร้อยละ 56 ชอบรับประทานอาหารกระป๋อง และร้อยละ 33 รู้สึกเฉย ๆ ความถี่ในการรับประทานอาหารกระป๋อง มากกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 44 โดยผู้บริโภคมีเหตุผลในการซื้อ ดังนี้ ความสะดวกในการซื้อ 72 คน เก็บรักษาได้นาน 69 คน รสชาติดี 56 คน ซึ่งแสดงในตารางที่ 12 แสดงว่าผู้บริโภคคิดว่า

ความสะดวกในการซื้อและการเก็บรักษาได้นานเป็นเหตุผลสำคัญในการเลือกรับประทานอาหารกระป๋อง

4.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง

ผลการทดสอบชิมผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋องแสดงในตารางที่ 13 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบเฉลี่ยต่อลักษณะปรากฏ เท่ากับ 3.78 คะแนน เนื้อสัมผัส เท่ากับ 3.86 คะแนน รสชาติ เท่ากับ 3.93 คะแนน และความชอบรวมเท่ากับ 4.11 คะแนน โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 97 ดังแสดงในภาพที่ 6 และยินดีจะซื้อผลิตภัณฑ์หากมีการวางจำหน่ายในท้องตลาดในราคา 25 บาทต่อกระป๋อง (225 กรัม) ร้อยละ 93 โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า รสชาติดีและเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง

เมื่อพิจารณาความสัมพนธ์ระหว่างเพศและความชอบรวมต่อผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง พบว่าเพศจะมีความสัมพันธ์ต่อความชอบรวม โดยเพศหญิงจะให้คะแนนอยู่ในระดับชอบถึงชอบมาก จำนวน 53 คน ในขณะที่เพศชาย เท่ากับ 34 คน และผู้บริโภคที่มีรายได้อยู่ระหว่าง 2,001-10,000 บาท มีแนวโน้มจะชอบรับประทานอาหารกระป๋องมากกว่าในกลุ่มผู้บริโภคที่มีรายได้น้อยกว่า 2,000 บาท และมากกว่า 10,000 บาท ดังแสดงในตารางที่ 14 และจากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่าเพศมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง พบว่าเพศหญิงยอมรับราคาผลิตภัณฑ์ที่ 25 บาทต่อกระป๋องมากกว่าเพศชาย โดยเพศหญิงยินดีที่จะซื้อ 53 คน จากผู้บริโภค 54 คน ในขณะที่เพศชายจำนวน 40 คน จาก 46 คน

ตารางที่ 11 ลักษณะของผู้บริโภคจำแนกตามเพศ

Consumer' s demographic classified by gender

Factors	Consumer (%)		
	Gender		Total
	Men (N=46)	Women (N=54)	(N=100)
Age (year)			
< 15	2	3	5
15-20	12	12	24
21-25	10	10	20
26-30	4	11	15
31-35	9	3	12
> 35	9	15	24
Occupation			
pupil	2	4	6
student	11	10	21
government official	10	13	23
employee	11	16	27
others	12	11	23
Income			
< 2,000	1	5	6
2,001-5,000	16	16	32
5,001-10,000	16	20	36
> 10,000	13	13	26

ตารางที่ 12 พฤติกรรมการบริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง

Consumption behavior on canned food

Details	Frequency
1. Liking level on canned food	
like...	56
neither like nor unlike	33
like very much	11
2. Factor of canned food purchase decision	
liking	56
cooking time	53
place for cooking	25
good taste	56
hygiene	22
price	42
shelf-life	69
convenience for buying	72
quality	22
others	4
3. Frequency of consumption	
> 3 times/month	44
2 times/month	27
1 time/month	22
< 1 time/month	7

ตารางที่ 12 พฤติกรรมการบริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง (ต่อ)

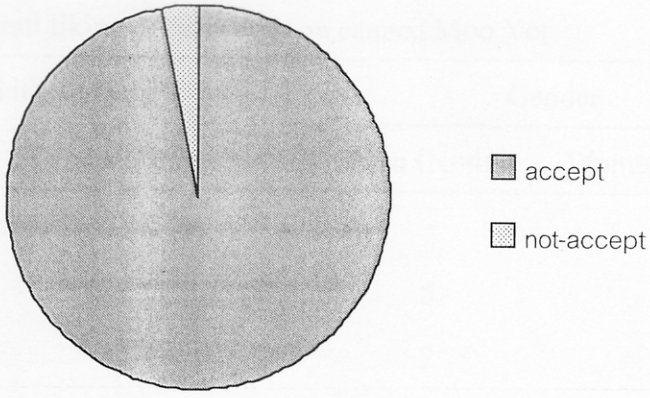
Consumption behavior on canned food (continuted)

Details	Frequency
4. Popular canned food	
vegetable	27
fruit	58
meat	19
fish	91
others	14
5. Popular place for buying canned food	
convenient store	14
mom and pop shop	38
supermarket	44
others	4

ตารางที่ 13 ความชอบของผู้บริโภคทั่วไปต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของหมูยอกระป๋อง

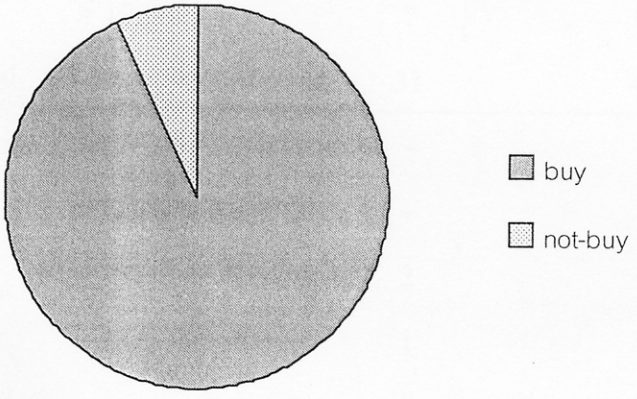
Consumer liking score of canned Moo Yor characteristics

Characteristics	Liking level (%)			Mean score
	Neither like nor unlike	Like	Like very much	
appearance	32	58	10	3.78
texture	19	76	5	3.86
taste	12	83	5	3.93
overall liking	10	69	21	4.11



ภาพที่ 6 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง

Consumer acceptance on canned Moo yor



ภาพที่ 7 การตัดสินใจซื้อหมูยอกระป๋องที่ราคา 25 บาทต่อกระป๋อง

Buying decision on canned Moo Yor at the price of 25 baht/can

ตารางที่ 14 ความชอบรวมของผู้บริโภคทั่วไปต่อหมูยอกระป๋อง

Overall liking of consumer on canned Moo Yor

Liking level			Gender		Total
			Men (N=46)	Women (N=54)	
neither like nor dislike	Income	< 2,000	-	1	1
		2,001-5,000	5	-	5
		5,001-10,000	2	-	2
		> 10,000	5	-	5
	Total		12	1	13
like	Income	< 2,000	1	4	5
		2,001-5,000	11	16	27
		5,001-10,000	12	19	31
		> 10,000	7	10	17
	Total		31	49	80
like very much	Income	< 2,000	-	-	-
		2,001-5,000	-	-	-
		5,001-10,000	2	1	3
		> 10,000	1	3	4
	Total		3	4	7

ตารางที่ 15 การตัดสินใจซื้อหมูยอกระป๋องของผู้บริโภคทั่วไป

Consumer's buying decision of canned Moo Yor

Buying decision			Gender		Total
			Men (N=46)	Women (N=54)	
buy	Income	< 2,000	1	4	5
		2,001-5,000	13	16	29
		5,001-10,000	16	20	36
		> 10,000	10	13	23
	Total		40	53	93
not-buy	Income	< 2,000	-	1	1
		2,001-5,000	3	-	3
		5,001-10,000	-	-	-
		> 10,000	3	-	3
	Total		6	1	7

5. การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน

นำหมูยอกระป๋องตัวอย่างที่มีการเติมโซเดียมไนไตรท์ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อที่ระดับ F_0 เท่ากับ 1.508 นาที มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 45 ^{0} ซ เป็นเวลา 3 เดือน ได้ผลดังนี้

5.1 ค่าสี ผลแสดงดังในภาพที่ 8

5.1.1 ค่าความสว่าง (L *)

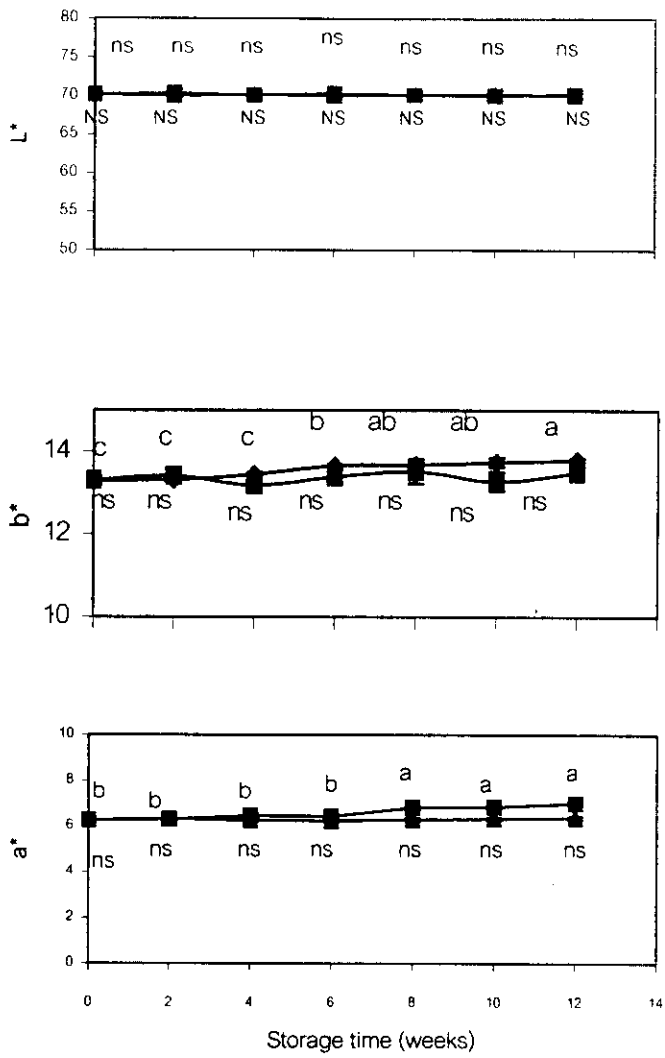
ตลอดการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ หมูยอกระป๋องที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 45 องศาเซลเซียส จะไม่มีความแตกต่างจากตัวอย่างหมูยอกระป๋องที่เก็บรักษา 0 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05)

5.1.2 ค่าสีแดง (a*)

จะเห็นว่าค่าสีแดงของหมูยอกระป๋องจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้น โดยตัวอย่างที่เก็บที่ 45 องศาเซลเซียส จะมีค่าสีแดงเพิ่มมากยิ่งขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับระดับของปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ (residual nitrite) แสดงดังในภาพที่ 11 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บรักษาหมูยอกระป๋องนาน 4 สัปดาห์ ปริมาณไนไตรท์จะลดลงเนื่องจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวกระตุ้นในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในรูปอิสระกับเมทไมโอโกลบินที่เสียสภาพซึ่งมีสีน้ำตาลให้เปลี่ยนเป็นโกลบินไนโตรโซฮีโมโครมที่เสียสภาพซึ่งมีสีชมพูส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (Elbe and Schwartz, 1996)

5.1.3 ค่าสีเหลือง (b*)

เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าค่าสีเหลืองไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ 45 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าสีเหลืองจะสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 8 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋องจะมีค่าสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษา 0 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งมีขั้นตอนในการเกิด 3 ขั้นตอน โดย 2 ขั้นแรกเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อที่ความร้อนในระดับสูง และขั้นตอนสุดท้ายของปฏิกิริยาคือการฟอร์มสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เช่น เมลานอยด์ดินซึ่งมีสีน้ำตาล ซึ่งบางส่วนอาจเกิดระหว่างการเก็บรักษาได้ (Wedzicha and Kupoto, 1992) ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาหมูยอกระป๋องเป็นเวลานานขึ้นที่อุณหภูมิสูงทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น



ภาพที่ 8 ค่าสี (L*, a* and b*) ของหมูยอกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

Color values (L*, a* and b*) of canned Moo Yor during storage

- ■ - room temperature - ▲ - 45 ^{0} C

Different letters in the same line indicate the significant differences (P<0.05).

5.2 คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส

คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสของหมูยอกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ ผลแสดงดังในภาพที่ 9 และ 10

5.2.1 ค่าความยืดหยุ่น (springiness)

จากภาพที่ 9 แสดงให้เห็นว่าระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ หมูยอกระป๋องที่เก็บที่อุณหภูมิห้องและ 45 องศาเซลเซียส ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

5.2.2 ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) และค่าแรงต้านในการเคี้ยว (chewiness)

ค่าความเหนียวและค่าความยืดหยุ่นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บรักษาที่ 45 องศาเซลเซียส ค่าความเหนียวจะลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเก็บตัวอย่างไว้นาน 4 สัปดาห์จะมีค่าความเหนียวแตกต่างกับตัวอย่างที่เก็บไว้ 0 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงผลดังภาพที่ 9

5.2.3 ค่าความแข็ง (hardness)

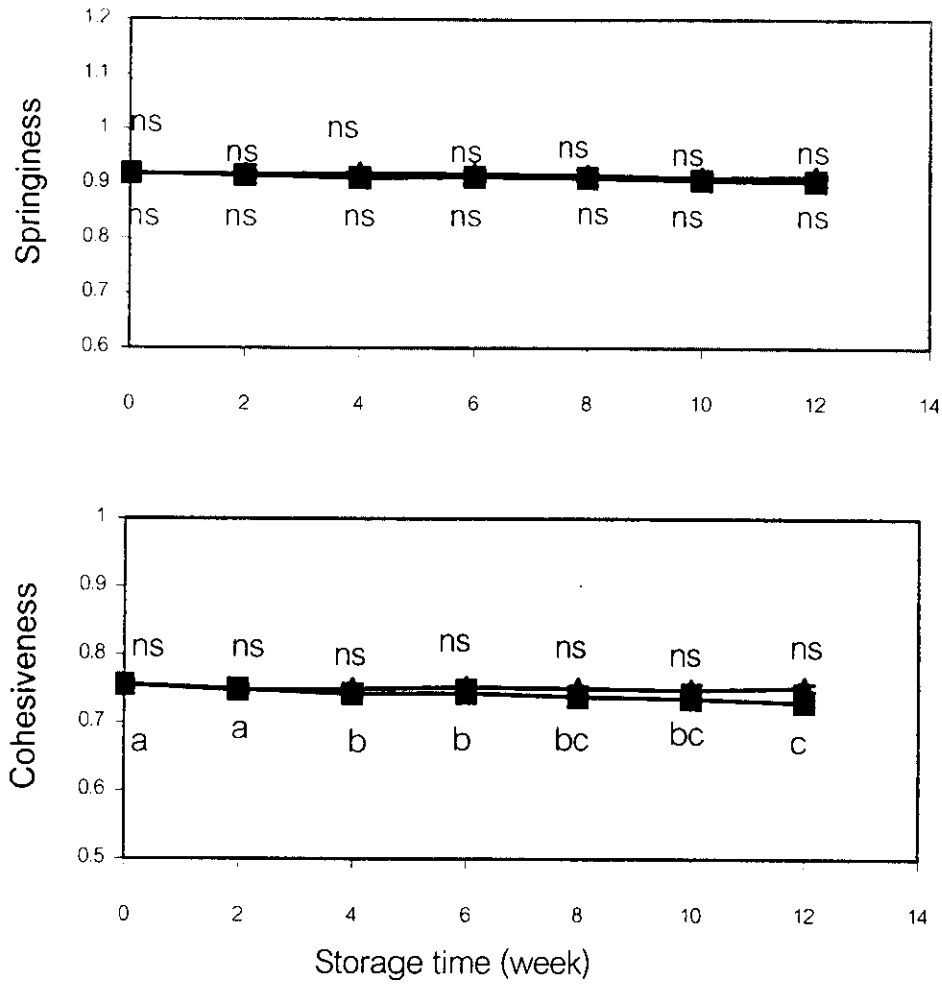
จากภาพที่ 10 หมูยอกระป๋องจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตลอดการศึกษา 12 สัปดาห์ ในขณะที่เมื่อเก็บรักษาที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 6 สัปดาห์ ตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งลดลง

จากการทดสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส ในค่าการเกาะติด แรงต้านในการเคี้ยวและค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่อรักษานานขึ้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เนื่องจากในขั้นตอนการฆ่าเชื้อใช้อุณหภูมิสูง (110 องศาเซลเซียส นาน 77 นาที) ส่งผลต่อพันธะไฮโดรเจนของน้ำภายในโครงข่ายของเจลทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วนอยู่ในรูปอิสระและเมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จะไปกระตุ้นให้น้ำเคลื่อนออกมาภายนอกซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตพบว่าตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจะมีน้ำออกมาเกาะที่บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์มากกว่าตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ลดลงดังที่กล่าวข้างต้น (Danyluk *et al.*, 1997)

อย่างไรก็ตามหมูยอกระป๋องเป็นอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิท ป้องกันอากาศและแสงที่มีส่วนในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ในการเก็บรักษาได้ ดังนั้นผลิตภัณฑ์เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจึงมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางด้านสี และเนื้อสัมผัสน้อยมาก ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่ 45 องศาเซลเซียสจะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า เนื่องจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่สูงขึ้นจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด และปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไนไตรท์กับโปรตีน ดังนั้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของโปรตีน ทำให้ความแข็งแรงของเจลลดลงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป (Damodoran, 1990 ; Yang, 1997)

5.3 คุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์

จากการเก็บรักษาหมูยอกระป๋องที่อุณหภูมิห้องและ 45 องศาเซลเซียสนาน 12 สัปดาห์ ผลดังในตารางที่ 16 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์ คือตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศในการเจริญและมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตลอดเวลาการเก็บรักษา

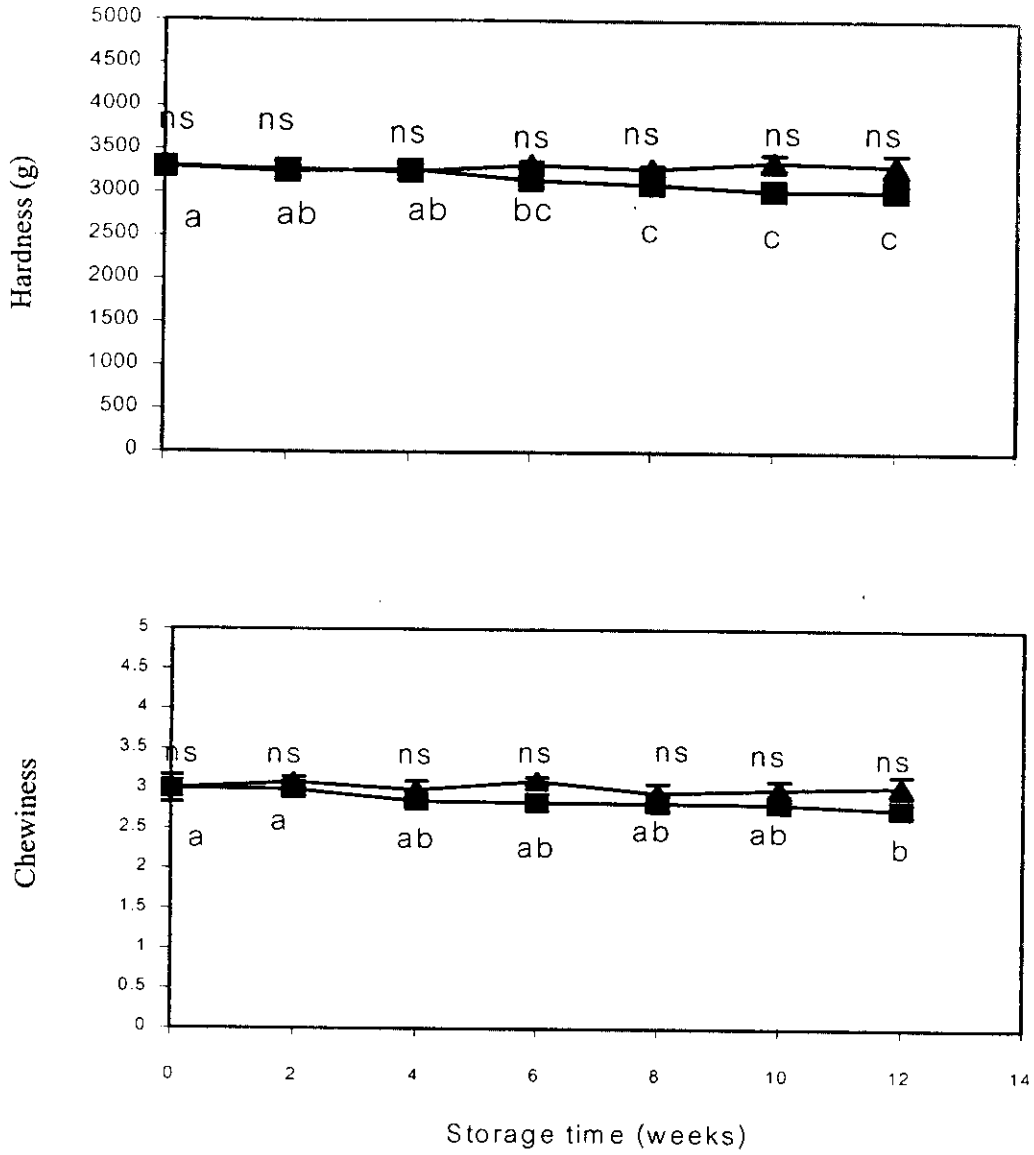


ภาพที่ 9 ค่าความยืดหยุ่นและค่าการยึดเกาะของหมูยอกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

Springiness and cohesiveness of canned Moo Yor during storage

- ▲ - room temperature - ■ - 45 ^{0}C

Different letters in the same line indicate the significant differences ($P<0.05$).



ภาพที่ 10 ค่าความแข็งและค่าแรงต้านในการเคี้ยวของหมูยอกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

Hardness and chewiness of canned Moo Yor during storage

- ▲ - room temperature - ■ - 45 ^{0}C

Different letters in the same line indicate the significant differences ($P<0.05$).

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศในการเจริญของหมูยอกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

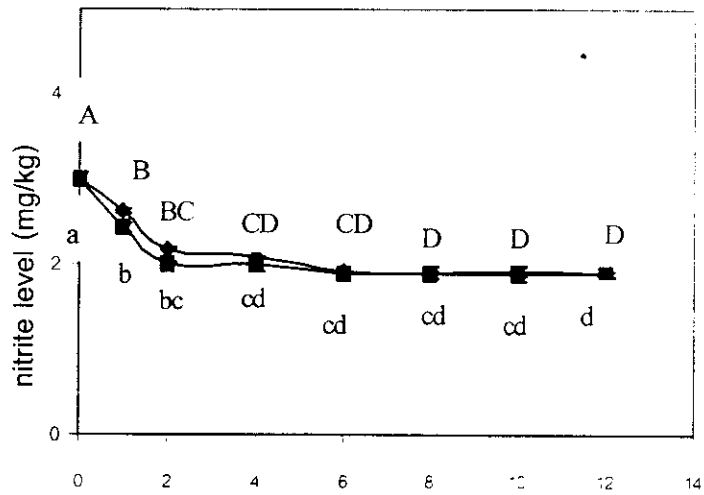
Total viable count and Anaerobic bacteria during storage

Storage time (weeks)	TVC (CFU/g)		Putrefactive anaerobe	
	Room temp	45 ^{0}C	Room temp	45 ^{0}C
0	< 30	< 30	-	-
2	< 30	< 30	-	-
4	< 30	< 30	-	-
6	< 30	< 30	-	-
8	< 30	< 30	-	-
10	< 30	< 30	-	-
12	< 30	< 30	-	-

Jantawat (1993) ศึกษาการเก็บรักษาแฮมกระป๋อง ที่เติมโซเดียมไนไตรท์ 0-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 2.5 และให้ฆ่าเชื้อโดยใช้ระดับความร้อน F_0 เท่ากับ 1.49 นาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 เดือน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมไนไตรท์ในทุกระดับมีคุณสมบัติทางด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยตรวจไม่พบจุลินทรีย์ทั้งหมดและมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศและทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่ามีค่าน้อยกว่า 30 CFU/g Tomkin และคณะ (1978) รายงานว่าไนไตรท์จะมีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์โดยไนตริกออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับเหล็กในเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์หยุดกระบวนการเมตาบอลิซึมที่สำคัญต่อการเจริญและสร้างสารพิษของจุลินทรีย์

5.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ในหมูยอกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา

จากภาพที่ 11 ปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงหลังจากได้รับความร้อนในการฆ่าเชื้อและระดับของไนไตรท์ที่เหลืออยู่จะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในระดับ 1.5–3.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนดไว้เท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มอก.1346, 2539) Tinbergen (1974) กล่าวว่าการลดลงของปริมาณไนไตรท์เป็นผลจากการแปรรูปซึ่งเป็นต้นเหตุให้ไนไตรท์เปลี่ยนรูปเป็นไนตริกออกไซด์และไนตรัสออกไซด์ในขั้นตอนการสับผสมและการให้ความร้อนทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดสีชมพูของไนโตรโซฮีโมโครมและบางส่วนเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีนและเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ เป็นต้น และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณไนไตรท์มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากไนไตรท์ที่เลืออยู่บางส่วนไปทำปฏิกิริยากับเมทไมโอโกลบินที่เสียสภาพซึ่งมีสีน้ำตาลให้เปลี่ยนเป็นโกลบินไนโตรโซฮีโมโครมที่เสียสภาพซึ่งมีสีชมพูส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (พวงพร โชติไกร, 2532)



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์หมูยอกระป๋อง ระหว่างการเก็บรักษา

Change in residual nitrite level of canned Moo Yor during storage

- ◆ - room temperature - ■ - 45 ^{0}C

Different letters in the same line indicate the significant differences ($P<0.05$).