หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 การศึกษาสูตร และกระบวนการผลิต

4.1.1 การหาสูตรที่เหมาะสม

ก. การคัดเลือกตัวแปรที่สำคัญจากส่วนผสมต่างๆของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน โดยใช้ Plackett & Burman design ซึ่งแปรปริมาณส่วนผสมแต่ละชนิดเป็น 2 ระดับ คือ ปริมาณต่ำสุด และสูงสุดเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู ซึ่งรวบรวมมาจากหลายๆแหล่ง แล้วให้ค่าสูงสุดที่รวบรวมได้เป็นปริมาณสูงสุด และค่าต่ำสุดที่รวบรวมได้เป็นปริมาณต่ำสุด ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณต่ำสุด และสูงสุดของส่วนผสมต่างๆ ที่ใช้ในการคัดเลือกตัวแปรที่สำคัญ โดยใช้ Plackett & Burman design

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู)	
	ต่ำสุด	สูงสุด
มันหมู	50	80
ข้าว	40	60
กระเทียม	10	20
เกลือ	2	5
น้ำตาลทราย	1	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เตรียมไส้กรอกเปรี้ยวอีสานตาม row matrix ของ Plackett & Burman design สำหรับ 7 ตัวแปร คือ ส่วนผสม 5 ชนิดที่แสดงในตารางที่ 4.1 และใช้ dummy variable 2 ตัว ที่ไม่มีอยู่จริงในการทดลอง แต่ตั้งขึ้นเพื่อประมาณค่า experimental error ซึ่งมีการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง และการทดลองที่ 8 ส่วนผสมทุกชนิดจะใช้ปริมาณต่ำสุด ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 row matrix ของ Plackett & Burman design สำหรับ 7 ตัวแปร

การทดลองที่	มันหมู	ข้าว	กระเทียม	เกลือ	น้ำตาลทราย	dummy1	dummy2
1	+	+	+	-	+	-	-
2	+	+	-	+	-	-	+
3	+	-	+	-	-	+	+
4	-	+	-	-	+	+	+
5	+	-	-	+	+	+	-
6	-	-	+	+	+	-	+
7	-	+	+	+	-	+	-
8	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ +,- คือ ปริมาณสูงสุด และต่ำสุดของแต่ละส่วนผสมตามลำดับ

ติดตามผลโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับรวม โดยใช้ 9-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.1) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 คะแนนการยอมรับรวมเฉลี่ยของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน ที่ผลิตตาม row matrix ของ Plackett & Burman design

การทดลองที่	คะแนนการยอมรับรวม
1	6.50±1.08
2	6.00±1.15
3	6.80±1.14
4	6.40±1.58
5	5.50±1.58
6	3.80±0.92
7	2.90±1.10
8	7.00±1.05

เมื่อนำคะแนนการยอมรับรวมเฉลี่ยมาคำนวณ main effect และ t-test ของแต่ละส่วนผสม เพื่อหาตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตามวิธีการในภาคผนวก ก.3 ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 ผลของส่วนผสมต่างๆ ต่อคะแนนการยอมรับรวมของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน จากการทดลอง Plackett & Burman design

ส่วนผสม	effect	t-test
มันหมู	1.175	3.282*
ข้าว	-0.325	-0.908ns
กระเทียม	-2.125	-5.936*
เกลือ	-1.225	-3.422*
น้ำตาลทราย	-0.125	-0.349ns
dummy 1	-0.425	-1.187ns
dummy 2	0.275	0.768ns

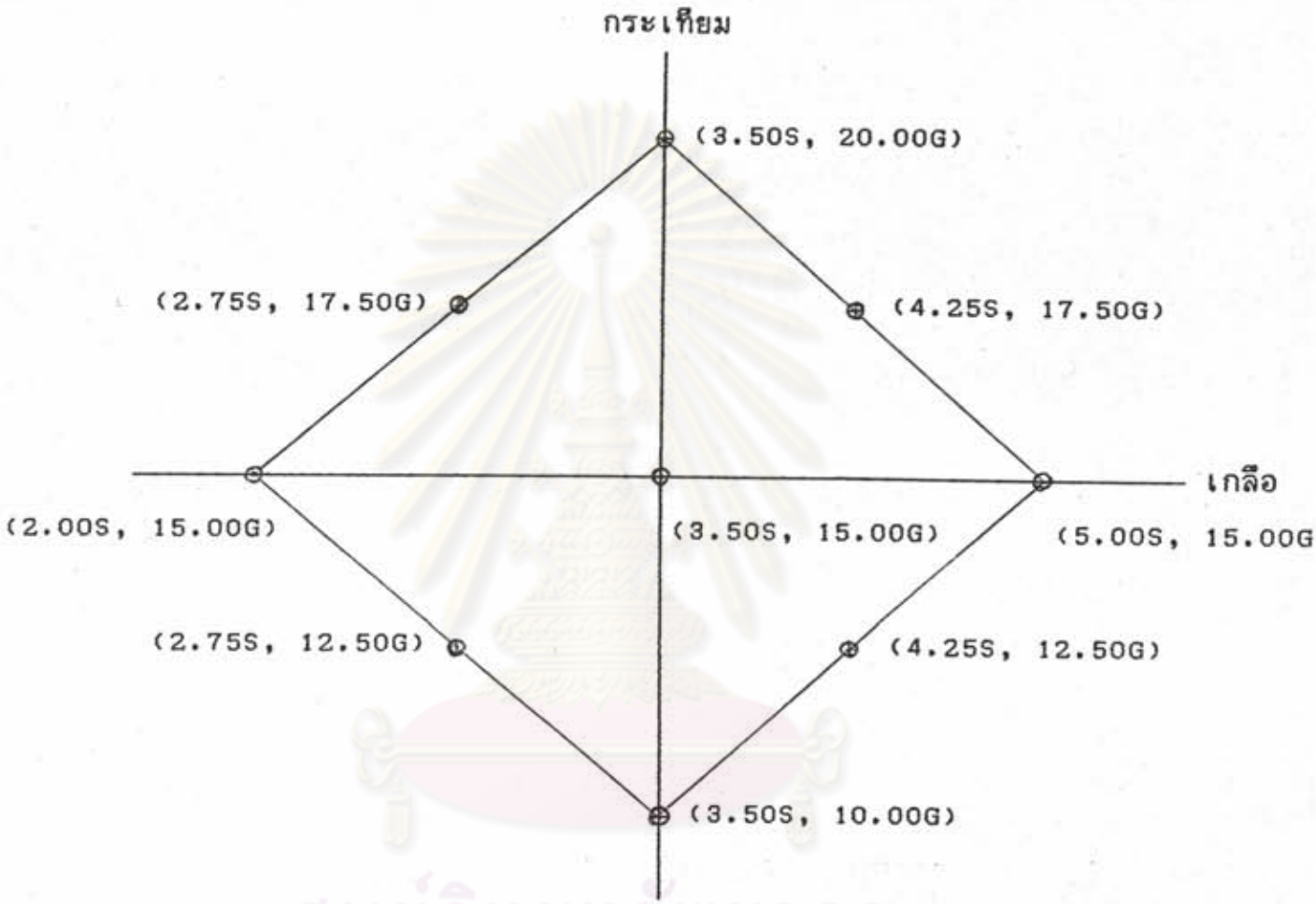
* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับรวมของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) มี 3 ชนิด คือ มันหมู กระเทียม และเกลือ

ข. การหาปริมาณส่วนผสมที่พอเหมาะ จากส่วนผสมทั้ง 3 ชนิด ที่คัดเลือกได้จากข้อ ก. เพื่อหาสูตรมาตรฐานสำหรับการทดลองในขั้นต่อไป สำหรับส่วนผสมอื่นๆ ที่ไม่มีผลต่อการยอมรับรวมของไส้กรอกเปรี้ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ให้คงไว้ที่ปริมาณต่ำสุด ดังตารางที่ 4.1

ข.1 การหาปริมาณเกลือ และกระเทียมที่พอเหมาะ โดยกำหนดปริมาณมันหมูไว้ที่ร้อยละ 65 ของน้ำหนักเนื้อหมู วางแผนการทดลองแบบ orthogonal central composite design ผลิตไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่แปรปริมาณเกลือ และกระเทียม ดังรูปที่ 4.1 ติดตามผลโดยวิเคราะห์ปริมาณกรด และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส โดยใช้ 9-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.2) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5



S,G คือ ปริมาณเกลือ และกระเทียมเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู ตามลำดับ

รูปที่ 4.1 การแปรปริมาณกระเทียม และเกลือ ตามแผนการทดลอง orthogonal central composite design

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ผลของกระเทียม และเกลือ ต่อปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน ที่หมักที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู)		ปริมาณกรด (%)	คะแนนกลิ่นรส
กระเทียม	เกลือ		
15.00	2.00	0.74±0.02^{b}	6.40±1.50^{c}
15.00	3.50	0.39±0.03^{a}	5.80±1.21^{b}
15.00	5.00	0.37±0.02^{a}	5.33±1.45^{a}
17.50	2.75	0.54±0.02^{b}	7.33±1.23^{b}
17.50	4.25	0.31±0.02^{a}	5.87±1.41^{a}
12.50	2.75	0.50±0.02^{b}	6.53±1.06^{a}
12.50	4.25	0.36±0.02^{a}	6.13±1.41^{a}
10.00	3.50	0.40±0.02^{a,b}	6.20±1.42^{a,b}
15.00	3.50	0.39±0.03^{a}	5.80±1.21^{a}
20.00	3.50	0.46±0.06^{b}	6.73±1.39^{b}
12.50	2.75	0.50±0.02^{a}	6.53±1.06^{a}
17.50	2.75	0.54±0.02^{a}	7.33±1.23^{a}
12.50	4.25	0.36±0.02^{a}	6.13±1.41^{a}
17.50	4.25	0.31±0.02^{a}	5.87±1.41^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้งของแต่ละชุด แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.5 พบว่า การเพิ่มเกลือจากร้อยละ 2 ไปเป็นร้อยละ 3.5 และ 5 เมื่อกระเทียมคงที่ร้อยละ 15 ทำให้ปริมาณกรดลดลง ประมาณ 2 เท่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และการใช้เกลือจากร้อยละ 3.5 และ 5 ได้ปริมาณกรดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนการยอมรับด้านกลิ่นรสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในทุกระดับของเกลือที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มเกลือจากร้อยละ 2.75 เป็น 4.25 เมื่อกระเทียมคงที่ร้อยละ 17.5 ปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสลดลงเช่นเดียวกัน แต่เมื่อลดกระเทียมลงเป็นร้อยละ 12.5 การเพิ่มเกลือจากร้อยละ 2.75 เป็น 4.25 ปริมาณกรดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การยอมรับด้านกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การเพิ่มกระเทียมจากร้อยละ 10 เป็น 15 และ 20 เมื่อเกลือคงที่ร้อยละ 3.5 พบว่า การใช้กระเทียมร้อยละ 10 และ 15 ได้ปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเพิ่มกระเทียมเป็นร้อยละ 20 ปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้กระเทียมร้อยละ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากการใช้เกลือร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การเพิ่มกระเทียมจากร้อยละ 12.5 เป็น 17.5 เมื่อใช้เกลือร้อยละ 2.75 ไม่มีผลต่อปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเพิ่มเกลือเป็นร้อยละ 4.25 การเพิ่มกระเทียมจากร้อยละ 12.5 เป็น 17.5 ได้ปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกัน

จากการทดลอง พบว่า การใช้เกลือในปริมาณต่ำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสสูงกว่าการใช้เกลือในปริมาณสูง เพราะการเพิ่มเกลือทำให้ lactic acid bacteria ที่ไม่ทนเกลือในปริมาณสูง เจริญได้น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Zaika และคณะ (1978) ซึ่งรายงานว่า การเพิ่มเกลือจากร้อยละ 0-4 ของน้ำหนักส่วนผสม ทำให้ lactic acid bacteria เจริญได้น้อยลงตามปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้น และถ้าเพิ่มเกลือเป็นร้อยละ 7 การหมักเกิดขึ้นได้น้อยมาก จึงสร้างกรดแลคติกได้น้อย นอกจากนี้ยังรายงานว่าการเพิ่มเกลือทำให้ % pigment conversion ลดลง เพราะอัตราเร็วในการเกิดสีของผลิตภัณฑ์เนื้อจะขึ้นกับ pH โดยเฉพาะในช่วง pH ต่ำ การใช้เกลือในปริมาณสูงไปทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้น้อย pH ของผลิตภัณฑ์จึงยังคงสูงอยู่ จึงทำให้การเกิดสีของผลิตภัณฑ์น้อยลง

การใช้เกลือในปริมาณสูงนอกจากจะทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้น้อยลงแล้ว ยังทำให้ S. aureus ซึ่งทนเกลือ และสภาพที่มี water activity ต่ำ เจริญได้มากกว่า lactic acid bacteria นอกจากนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญ และการสร้าง toxin ของ S. aureus ยังใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของ lactic acid bacteria โดยเฉพาะในช่วง lag phase ของ lactic acid bacteria ซึ่งเป็นช่วงที่แบคทีเรียปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ และยังสร้างกรดแลคติกได้น้อย แต่เมื่อ lactic acid bacteria อยู่ในช่วง growth phase ซึ่งสร้างกรด และลด pH ได้มาก ก็จะไปยับยั้งการเจริญของ S. aureus ให้มีจำนวนลดลงได้ (Marcy และคณะ, 1985) จากรายงานของ Notermans และ Heuvelman (1983) และ Marcy และคณะ (1985) พบว่า การหมักที่อุณหภูมิสูง (38 °C) ทำให้ lactic acid bacteria เจริญได้มากกว่าการหมักที่อุณหภูมิต่ำ (24 °C) ดังนั้นถ้าจะให้ผลิตภัณฑ์ปลอดจาก S. aureus จึงควรหมักโดยใช้ starter culture คู่กับใช้เกลือในปริมาณต่ำ และหมักที่อุณหภูมิสูง ซึ่งจะช่วยให้ lactic acid bacteria เจริญ และลด pH ของผลิตภัณฑ์ได้มากจนถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้ นอกจากนี้การใช้เกลือในปริมาณสูงยังทำให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดลง เพราะเกลือจะมีผลต่อ ความสามารถในการเป็นสารเชื่อมของโปรตีน การเพิ่มเกลือจะไปละลายเอาโปรตีนออกมาเป็นสารเชื่อมได้มากกว่าการใช้เกลือในปริมาณต่ำ ส่วนผสมจึงจับตัวกันได้มากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แน่นมากขึ้น การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสจึงลดลง (Matlock และคณะ, 1984) ส่วนผลของกระเทียม พบว่า การเพิ่มกระเทียมเมื่อใช้เกลือในปริมาณสูงไม่มีผลต่อปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรส เพราะ lactic acid bacteria เจริญได้น้อย แต่ถ้าลดปริมาณเกลือลงทำให้ lactic acid bacteria เจริญได้ดีขึ้น การเพิ่มกระเทียมจึงทำให้ปริมาณกรด และการยอมรับด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้น นอกจากนี้กระเทียมยังมี manganese ในปริมาณสูง (Christensen และคณะ, 1968) ซึ่งสามารถกระตุ้นการเจริญของ lactic acid bacteria ให้สร้างกรดได้มากขึ้น (Zaika และ Kissinger, 1984) และสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น Salmonella typhimurium (El-Khateib และ El-Rahman, 1987) E. coli และ S. aureus แต่ผลการยับยั้ง E. coli โดยกระเทียมจะมากกว่า S. aureus (Al-Delaimy และ Ali, 1970) ซึ่งเป็นผลมาจากสาร allicin (diallyldisulfide และ diallyl trisulfide) ที่มีในกระเทียมในปริมาณสูงกว่าพืชชนิดอื่นในตระกูลเดียวกัน และในน้ำมันกระเทียมที่ความเข้มข้นต่ำสามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Conner และ Beuchat, 1984) เมื่อนำผลของกระเทียม และเกลือในระดับต่างๆ ต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ความสัมพันธ์ ดังสมการที่ (4.1) ซึ่งมีค่า r^2= 0.8470

$$y = 34.47742 - 7.01625\ S - 0.11362\ S^2 - 4.3368\ G + 0.16292\ G^2 + 1.136266\ SG - 0.04261\ SG^2 \quad (4.1)$$

เมื่อ y คือ คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส

S,G คือ ปริมาณเกลือ และกระเทียม เป็นร้อยละโดยน้ำหนักของเนื้อหมู ตามลำดับ

เมื่อคำนวณปริมาณกระเทียม และเกลือที่มีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสสูงสุด โดยการ differentiate สมการที่ (4.1) ตามวิธีที่แสดงในภาคผนวก ก.5 ได้ปริมาณกระเทียม และเกลือที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 13.33 และ 3.82 โดยน้ำหนักของเนื้อหมูตามลำดับ

ข.2 การหาปริมาณมันหมูที่เหมาะสม ผลิตไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่มีเกลือและกระเทียมตามปริมาณที่คำนวณได้จากสมการที่ (4.1) แปรปริมาณมันหมูเป็นร้อยละ 45 55 65 75 และ 85 ของน้ำหนักของเนื้อหมู ติดตามผลโดยวิเคราะห์ปริมาณกรด แรงเฉือน และ % cooking loss (ตามภาคผนวก ก.2.2) วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 และติดตามผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏ โดยใช้ 9-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.3) วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (จรัญ จันทลักขณา, 2527) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 ปริมาณกรด แรงเฉือน และ % cooking loss ของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานสุกที่แปรปริมาณมันหมูระดับต่างๆ ที่หมักที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

มันหมู (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู)	ปริมาณกรด (%)^{ns}	แรงเฉือน (N)^{ns}	% cooking loss*
45	0.56±0.03	68.20±8.36	27.25±1.00^{a}
55	0.60±0.04	65.76±11.90	27.57±0.05^{a}
65	0.58±0.02	59.39±7.77	27.98±0.33^{a}
75	0.58±0.02	55.83±11.33	29.01±0.80^{b}
85	0.59±0.04	55.17±8.18	30.88±0.71^{c}

* ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4.6 และตาราง ค.1 พบว่า มันหมูในระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณกรด และแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีผลต่อ % cooking loss ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มมันหมูจากร้อยละ 45-65 ไม่มีผลต่อ % cooking loss แต่ถ้าเพิ่มมันหมูเป็นร้อยละ 75 และ 85 ทำให้ % cooking loss เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เพราะการเพิ่มมันหมูจะไปเพิ่มความชื้นเข้าไปใน moisture/protein ratio ทำให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารเชื่อมของโปรตีนลดลง จึงทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียความชื้นไปในระหว่างการทำให้สุกมากขึ้น (Miller และคณะ, 1968) สำหรับค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่วัดจากตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลาถึง 25 นาที พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แม้ว่าจะมีมันหมูในปริมาณที่ต่างกัน เนื่องจากผ่านการอบเป็นเวลานาน ไขมันจึงละลายออกมาจากผลิตภัณฑ์มากขึ้น โดยเฉพาะตัวอย่างที่มีมันหมูในปริมาณสูง ซึ่งส่วนผสมต่างๆ มีการเกาะตัวกันน้อย เมื่อนำมาวัดแรงเฉือน ค่าที่ได้จึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.7 ผลของมันหมูต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัสของไส้กรอกสุก และลักษณะปรากฏของไส้กรอกดิบ ที่หมักที่ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ปริมาณมันหมู (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู)	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส		
	กลิ่นรส[ns]	เนื้อสัมผัส[ns]	ลักษณะปรากฏ*
45	6.70±1.26	6.20±1.21	8.05±0.90[d]
55	6.37±1.00	5.87±1.36	6.50±1.40[c]
65	6.63±1.10	6.27±1.39	6.04±1.33[c]
75	7.00±1.05	6.33±0.80	5.28±1.47[b]
85	6.67±1.21	6.07±0.36	4.28±1.71[a]

* ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากการพิจารณาไส้กรอกดิบที่มีมันหมูในระดับต่างๆ (ตารางที่ 4.7 และตาราง ค.2) พบว่า มันหมูมีผลต่อการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของไส้กรอกหลังหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การเพิ่มปริมาณมันหมูทำให้คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏของไส้กรอกหลังหมักลดลง แต่ไม่มีผลต่อการยอมรับด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของไส้กรอกสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) การใช้มันหมูในปริมาณสูง ทำให้ลักษณะปรากฏขาวซีด มีสีแดงของ cured meat pigment น้อย เพราะมีเนื้อหมูซึ่งเป็นแหล่งของ myoglobin น้อยลง จึงเลือกใช้มันหมูร้อยละ 45 ของน้ำหนักเนื้อหมู และสูตรมาตรฐานที่ได้จากการทดลองในข้อ ก และ ข ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สูตรมาตรฐานของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อหมู)
มันหมู	45.00
ข้าว	40.00
กระเทียม	13.33
เกลือ	3.82
น้ำตาลทราย	1.00

ค. การศึกษาผลของ sodium nitrite และ sodium erythorbate ต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน จากการติดตามผลโดยวัด pH และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้กรอกหลังหมัก และกลิ่นของไส้กรอกหลังอบ โดยใช้ 9-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.4) ได้ผลดังตารางที่ 4.9 และวิเคราะห์ปริมาณ nitric oxide heme pigment, total heme pigment, % pigment conversion และปริมาณไนไตรท์ที่เหลือ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 pH คะแนนการยอมรับด้านสีของไส้กรอกดิบ และกลิ่นของไส้กรอกหลังอบ เมื่อแปรปริมาณ sodium nitrite และ sodium erythorbate ที่หมักที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

sodium nitrite (ppm)	sodium erythorbate (ppm)	pH	คะแนนสี	คะแนนกลิ่น
0	0	4.71±0.01^{b}	4.35±1.41^{a}	5.58±1.24^{a}
0	250	4.64±0.01^{a}	4.04±1.11^{a}	5.69±1.32^{a}
0	500	4.62±0.01^{a}	4.54±0.99^{a}	5.54±1.24^{a}
60	0	5.03±0.04^{e}	5.96±1.59^{b}	5.88±1.07^{a}
60	250	4.85±0.03^{c}	6.65±1.16^{b}	6.04±1.37^{a}
60	500	4.99±0.02^{d}	6.45±1.16^{b}	6.08±1.38^{a}
125	0	5.11±0.01^{f}	7.46±1.45^{c}	7.81±0.85^{b}
125	250	4.99±0.02^{d}	7.92±0.99^{c}	7.90±0.93^{b}
125	500	5.09±0.05^{f}	8.04±0.77^{c}	8.04±0.77^{b}

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 ปริมาณ nitric oxide heme pigment, total heme pigment, % pigment conversion และไนไตรท์ที่เหลือของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่แปรปริมาณ sodium nitrite และ sodium erythorbate และหมักที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

sodium nitrite (ppm)	sodium erythorbate (ppm)	NO heme* (ppm)	total heme (ppm)	% pigment conversion	ไนไตรท์ที่เหลือ (ppm)
0	0	5.99±0.68^{a}	20.09±1.93^{a}	30.03±4.16^{a}	2.00±0.14^{a}
0	250	6.90±0.69^{ab}	21.76±1.14^{a}	31.88±3.87^{a}	2.34±0.09^{ab}
0	500	7.83±0.52^{b}	23.91±1.09^{a}	32.85±3.16^{a}	2.46±0.30^{b}
60	0	9.81±0.67^{c}	29.47±1.47^{b}	33.35±2.50^{a}	3.21±0.12^{c}
60	250	10.10±0.91^{c}	29.24±1.14^{b}	34.55±2.85^{a}	3.64±0.29^{d}
60	500	9.72±0.65^{c}	28.11±1.70^{b}	34.58±1.42^{a}	4.84±0.20^{e}
125	0	10.49±0.67^{c}	29.81±1.69^{b}	35.29±3.01^{a}	4.51±0.34^{e}
125	250	10.06±0.69^{c}	27.43±1.70^{b}	40.55±4.33^{b}	3.57±0.21^{cd}
125	500	11.50±0.57^{d}	26.85±1.46^{b}	42.99±3.92^{b}	3.28±0.25^{cd}

* คือ nitric oxide heme pigment

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไนไตรท์มีผลต่อ pH การยอมรับด้านสีของไส้กรอกดิบ กลิ่นของไส้กรอกหลังสุก (ตาราง ค.3) ปริมาณ nitric oxide heme pigment ปริมาณ total heme pigment % pigment conversion และปริมาณไนไตรท์ที่เหลือ (ตาราง ค.4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และ erythorbate มีผลต่อ pH (ตาราง ค.3) ปริมาณ nitric oxide heme pigment % pigment conversion และปริมาณไนไตรท์ที่เหลือ (ตาราง ค.4) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อ pH (ตาราง ค.3) ปริมาณ total heme pigment และปริมาณไนไตรท์ที่เหลือ (ตาราง ค.4) อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การเพิ่มไนไตรท์ทำให้สมบัติทางประสาทสัมผัสเพิ่มขึ้น โดยคะแนนการยอมรับด้านสีของไส้กรอกดิบเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไนไตรท์ ส่วนคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของไส้กรอกสุกเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ไนไตรท์ 125 ppm Hadden และคณะ (1975) พบว่า การใช้ไนไตรท์ทำให้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสสูงกว่าการไม่ใช้ไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การเพิ่มไนไตรท์เมื่อไม่ใช้ erythorbate ทำให้ pH สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อใช้ erythorbate 250 หรือ 500 ppm การเพิ่มไนไตรท์ทำให้ pH เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Houle และคณะ (1989) คือ ไนไตรท์มีผลในการยับยั้งการเจริญของ lactic acid bacteria ได้เมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้น สำหรับการเกิดสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า การเพิ่มไนไตรท์จาก 60 เป็น 125 ppm เมื่อไม่ใช้ erythorbate ทำให้ปริมาณ nitric oxide heme pigment สูงกว่าการไม่ใช้ไนไตรท์ แต่การใช้ไนไตรท์ 60 และ 125 ppm ได้ปริมาณ nitric oxide heme pigment ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และการเพิ่มไนไตรท์เมื่อใช้ erythorbate 250 ppm ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน แต่เมื่อใช้ erythorbate 500 ppm พบว่าการเพิ่มไนไตรท์จาก 0 เป็น 60 และ 125 ppm ทำให้ปริมาณ nitric oxide heme pigment เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การเพิ่มไนไตรท์เมื่อไม่ใช้ erythorbate เลยหรือใช้ในปริมาณ 250 ppm พบว่า การเพิ่มไนไตรท์จาก 0 ppm เป็น 60 หรือ 125 ppm ทำให้ปริมาณ total heme pigment สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การใช้ไนไตรท์ทำให้ปริมาณ total heme pigment สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้ไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ไม่ว่าจะใช้ erythorbate ในปริมาณเท่าใด

จากตารางที่ 4.10 พบว่า การเพิ่มไนไตรท์จาก 0 เป็น 60 และ 125 ppm โดยไม่ใช้ erythorbate ทำให้ % pigment conversion ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ส่วนการเพิ่มไนไตรท์จาก 0 เป็น 60 ppm เมื่อใช้ erythorbate 250 ppm ไม่มีผลต่อ % pigment conversion อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ถ้าเพิ่มไนไตรท์เป็น 125 ppm ทำให้ % pigment conversion สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) สำหรับการเพิ่มไนไตรท์เมื่อใช้ erythorbate 500 ppm การเพิ่มไนไตรท์เป็น 125 ppm ก็ทำให้ % pigment conversion สูงขึ้นเช่นเดียวกับการใช้ erythorbate 250 ppm เนื่องจากการเพิ่มไนไตรท์ ทำให้ปริมาณ nitric oxide (NO) ที่ได้จากการสลายตัวของไนไตรท์ และไปทำปฏิกิริยาการเกิดสีกับ myoglobin ได้มากจึงทำให้ปริมาณ nitric oxide heme pigment สูงขึ้น (Zaika และคณะ, 1976; Lee และ Shimaoka, 1984) การเพิ่มไนไตรท์ทำให้ปริมาณการเพิ่ม total heme pigment สูงขึ้นน้อยกว่าการเพิ่ม nitric oxide heme pigment จึงทำให้

I20503490

% pigment conversion สูงขึ้น

สำหรับผลของ erythorbate ต่อปริมาณไนไตรท์ที่เหลือ พบว่า เมื่อไม่เติมหรือเติมไนไตรท์ในปริมาณต่ำ (60 ppm) การใช้ erythorbate ทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลือสูงกว่าการไม่ใช้ erythorbate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเพิ่มไนไตรท์เป็น 125 ppm การเพิ่ม erythorbate จาก 0 เป็น 250 และ 500 ppm ทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลือลดลง แต่การใช้ erythorbate 250 และ 500 ppm ได้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งอาจเป็นเพราะ standard curve ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ที่เหลือ ในงานวิจัยนี้ใช้ช่วงความเข้มข้นของไนไตรท์จาก 10 ถึง 50 ppm ในการทดลองนี้ใช้ไนไตรท์ค่อนข้างต่ำช่วง 0-60 ppm ซึ่งมีปริมาณไนไตรท์ที่เหลือน้อยมากเมื่อเทียบกับ standard curve จึงอาจคลาดเคลื่อนได้สูง แต่เมื่อเพิ่มไนไตรท์เป็น 125 ppm มีผลทำให้ปริมาณไนไตรท์ที่เหลือสูงกว่าการใช้ไนไตรท์ 0-60 ppm เมื่อเทียบกับ standard curve จึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า การใช้ erythorbate เพิ่มขึ้นจึงทำให้ไนไตรท์ที่เหลือน้อยลง เพราะ erythorbate สามารถ reduce ไนไตรท์ได้ (Lin และคณะ, 1980)

สำหรับผลของ erythorbate ต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า erythorbate ไม่มีผลต่อการยอมรับด้านสี และกลิ่นของไส้กรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง ค.3) แต่มีผลต่อ pH โดยการเพิ่ม erythorbate จาก 0 เป็น 250 หรือ 500 ppm เมื่อไม่ใช้ไนไตรท์ ทำให้ pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การเพิ่ม erythorbate จาก 250 เป็น 500 ppm ไม่มีผลต่อ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อใช้ไนไตรท์ 60 ppm พบว่า การเพิ่ม erythorbate เป็น 250 และ 500 ppm ทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการไม่ใช้ไนไตรท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การใช้ erythorbate 250 ppm ได้ pH ต่ำกว่าการใช้ 500 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และการเพิ่ม erythorbate เมื่อใช้ไนไตรท์ 125 ppm ก็ได้ผลเช่นเดียวกันกับการเพิ่ม erythorbate เมื่อใช้ไนไตรท์ 60 ppm เนื่องจาก erythorbate มีสมบัติเป็น reducing agent ซึ่งไปรีดิวซ์ไนไตรท์ให้เป็น NO ทำให้มีไนไตรท์ลดลง ดังนั้นการใช้ erythorbate จึงทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์ลดลง

ผลของ erythorbate ต่อการเกิดสีของผลิตภัณฑ์ พบว่า การเพิ่ม erythorbate จาก 0 เป็น 500 ppm เมื่อไม่ใช้ไนไตรท์ทำให้ปริมาณ nitric oxide heme pigment สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่การใช้ erythorbate 0 และ 250 ppm ไม่มีผลต่อปริมาณ nitric oxide heme pigment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) การเพิ่ม erythorbate เมื่อใช้ไนไตรท์ 60 ppm ไม่มีผลต่อปริมาณ nitric oxide heme pigment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อใช้ไนไตรท์ 125 ppm การเพิ่ม erythorbate จาก 0 เป็น

250 ppm ไม่มีผลต่อปริมาณ nitric oxide heme pigment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อใช้ erythorbate 500 ppm

การเพิ่ม erythorbate จาก 0 เป็น 250 หรือ 500 ppm เมื่อใช้ไนไตรท์ 0 60 หรือ 125 ppm ไม่มีผลต่อปริมาณ total heme pigment อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตาราง ค.4) การเพิ่ม erythorbate เมื่อใช้ไนไตรท์ 0 และ 60 ppm ไม่มีผลต่อปริมาณ % pigment conversion อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเพิ่มไนไตรท์เป็น 125 ppm การใช้ erythorbate ทำให้ % pigment conversion สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่การใช้ erythorbate 250 และ 500 ppm ไม่มีผลต่อ % pigment conversion อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจาก erythorbate ไปรีดิวซ์ไนไตรท์ให้เป็น NO ซึ่งทำปฏิกิริยากับ myoglobin ได้มากยิ่งขึ้น และยังไปรีดิวซ์ metmyoglobin ซึ่งมีสีน้ำตาลให้กลับมาเป็น myoglobin ไปทำปฏิกิริยาเกิดสีกับ NO ได้มากยิ่งขึ้น ทำให้ ปริมาณ nitric oxide heme pigment และ % pigment conversion สูงขึ้น (Zaika และคณะ, 1976; Lee และ Shimaoka, 1984)

เมื่อนำ % pigment conversion ที่มี sodium nitrite และ sodium erythorbate ในระดับต่างๆมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้น ได้ความสัมพันธ์ ดังสมการที่ 4.2 ซึ่งมีค่า $r^2= 0.9997$

$$y = 29.92 + 0.0709\ N - 0.0002\ N^2 + 0.0108\ E - 0.0002\ NE \qquad (4.2)$$

เมื่อ y คือ % pigment conversion

N,E คือ ปริมาณ sodium nitrite และ sodium erythorbate (ppm)

คำนวณปริมาณไนไตรท์ และ erythorbate ที่ทำให้มี % pigment conversion สูงสุดจากสมการที่ 4.2 โดยการ differentiate จะได้ไนไตรท์ 54 ppm และ erythorbate 246.5 ppm จากตาราง ค.4 แม้ว่าอิทธิพลร่วมของไนไตรท์ และ erythorbate

(NE) ไม่มีผลต่อ % pigment conversion อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อตัดเทอม NE ออกจะไม่สามารถ optimize หาความเข้มข้นของไนไตรท์ และ erythorbate ได้ เมื่อแทนค่าไนไตรท์ 54 ppm และ erythorbate 246.5 ppm ลงในสมการที่ 4.2 ได้ % pigment conversion เท่ากับ 33.17 และเมื่อเทียบกับตารางที่ 4.10 พบว่า % pigment conversion อยู่ในช่วงที่การใช้ไนไตรท์ 0-60 ppm

ปริมาณไนไตรท์ที่ optimize ได้ ค่อนข้างต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาการใช้ไนไตรท์ใน Lebanon bologna พบว่าไนไตรท์ในปริมาณ 50 ppm ก็สามารถยับยั้งการเจริญของ C. botulinum ได้ ถ้า pH ของผลิตภัณฑ์ลดได้อย่างรวดเร็ว เช่น การใช้ starter culture ในการหมัก (Zaika และคณะ, 1978) นอกจากนี้ใน bacon ที่ใช้ไนไตรท์ 40 ppm ร่วมกับการใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 0.7 ของน้ำหนักส่วนผสม และการใช้ starter culture ก็สามารถยับยั้งการเจริญของ C. botulinum ได้เช่นกัน (Bacus, 1984)

4.1.2 การศึกษาการใช้ starter culture

Starter culture ที่นำมาศึกษา คือ L. plantarum TISTR 543 และ P. acidilactici TISTR 425 เพราะเป็นแบคทีเรียสำคัญที่พบในผลิตภัณฑ์เนื้อ และในแหนม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน (Bacus และ Brown, 1981; TISTR Culture Collection, 1985) ผลิตไส้กรอกเปรี้ยวอีสานตามสูตรมาตรฐาน และใช้ nitrite 54 ppm, erythorbate 246.5 ppm แล้วหมักโดยใช้แบคทีเรียจากธรรมชาติ L. plantarum P. acidilactici และแบคทีเรียผสมของ starter culture ทั้งสองชนิดในอัตราส่วน 1:1 โดยกำหนดความเข้มข้น 10^7 เซลล์ ต่อกรัมของส่วนผสม หมักเป็นเวลา 24 และ 40 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 °C และอุณหภูมิห้อง ติดตามผลโดยวัด pH ปริมาณกรด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.11 และติดตามผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส โดยใช้ 9-point hedonic ดังตารางที่ 4.12 และการยอมรับด้านความเปรี้ยว โดยใช้ scoring test (ภาคผนวก ข.5) โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ คือ คะแนน 0-3 เปรี้ยวน้อยเกินไป 4-6 เปรี้ยวพอดี และ 7-9 เปรี้ยวเกินไป ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.11 pH และปริมาณกรดเฉลี่ยของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่หมักโดย starter culture และแบคทีเรียธรรมชาติที่อุณหภูมิ 37 °C และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 และ 40 ชั่วโมง

เวลาหมัก (ชม.)	ชนิดของแบคทีเรีย*	pH		ปริมาณกรด (%)	
		อุณหภูมิ 37°C	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 37°C	อุณหภูมิห้อง
24	C	4.74±0.01^{i}	4.90±0.03^{j}	1.19±0.03^{a}	0.96±0.03^{a}
	P	4.62±0.02^{h}	4.58±0.01^{g}	1.25±0.04^{cde}	1.04±0.05^{a}
	LP	4.54±0.01^{efg}	4.56±0.02^{fgh}	1.41±0.04^{f}	1.22±0.03^{cd}
	L	4.49±0.01^{de}	4.53±0.01^{efg}	1.45±0.02^{fg}	1.32±0.04^{a}
40	C	4.28±0.01^{c}	4.56±0.02^{f}	1.93±0.04^{ij}	1.29±0.04^{de}
	P	4.25±0.01^{bc}	4.51±0.02^{def}	1.99±0.03^{jk}	1.49±0.09^{g}
	LP	4.21±0.01^{ab}	4.45±0.01^{d}	2.04±0.04^{kl}	1.64±0.06^{h}
	L	4.17±0.02^{a}	4.23±0.01^{abc}	2.07±0.03^{l}	1.87±0.02^{i}

* C คือ แบคทีเรียธรรมชาติ

P คือ *P. acidilactici* TISTR 425

LP คือ แบคทีเรียผสมของ *L. plantarum* และ *P. acidilactici*

L คือ *L. plantarum* TISTR 543

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 การยอมรับด้านกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่หมักโดยแบคทีเรียธรรมชาติ และ starter culture ที่อุณหภูมิ 37 °C และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 และ 40 ชั่วโมง

เวลาหมัก (ชม.)	ชนิดของ* แบคทีเรีย	คะแนนกลิ่น		คะแนนเนื้อสัมผัส**	
		อุณหภูมิ 37°C	อุณหภูมิห้อง	อุณหภูมิ 37°C	อุณหภูมิห้อง
24	C	6.07±1.75^{a}	7.10±1.09^{fg}	6.37±1.45	6.47±1.43
	P	7.00±1.17^{defg}	7.30±1.42^{g}	5.87±1.33	6.07±1.51
	LP	6.53±1.47^{bcd}	6.83±1.42^{defg}	5.90±1.63	6.07±1.66
	L	6.77±1.48^{cdefg}	6.40±1.61^{b}	5.63±1.69	5.97±1.85
40	C	6.27±1.89^{ab}	6.80±1.27^{defg}	6.13±1.52	6.00±1.36
	P	6.53±1.22^{bcd}	7.03±1.00^{efg}	5.67±1.60	6.13±1.85
	LP	6.73±1.57^{cd}	6.50±1.43^{bc}	5.80±1.16	5.97±1.87
	L	6.27±1.55^{ab}	6.50±1.66^{bc}	6.10±1.54	5.90±1.90

* C คือ แบคทีเรียธรรมชาติ

P คือ *P. acidilactici* TISTR 425

LP คือ แบคทีเรียผสมของ *L. plantarum* และ *P. acidilactici*

L คือ *L. plantarum* TISTR 543

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.13 คะแนนความเปรี้ยวเฉลี่ยของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่หมักโดยแบคทีเรียชนิดต่างๆ ที่อุณหภูมิ 37 °C และอุณหภูมิห้อง

เวลาหมัก (ชม.)	ชนิดของ* แบคทีเรีย	คะแนนความเปรี้ยว	
		อุณหภูมิ 37°C	อุณหภูมิห้อง
24	C	3.93 ± 2.03^{ab}	3.67 ± 1.56^{a}
	P	5.27 ± 0.81^{defg}	4.77 ± 1.61^{bcdef}
	LP	4.87 ± 1.53^{bcdef}	4.23 ± 1.57^{abc}
	L	5.03 ± 1.85^{cdefg}	4.30 ± 1.68^{abcd}
40	C	5.37 ± 1.22^{efg}	4.67 ± 1.42^{bcde}
	P	6.37 ± 1.75^{h}	5.67 ± 1.67^{fgh}
	LP	6.40 ± 1.57^{h}	5.90 ± 1.52^{gh}
	L	6.37 ± 1.61^{h}	6.00 ± 1.70^{gh}

* C คือ แบคทีเรียธรรมชาติ

P คือ *P. acidilactici* TISTR 425

LP คือ แบคทีเรียผสมของ *L. plantarum* และ *P. acidilactici*

L คือ *L. plantarum* TISTR 543

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.11 และตาราง ค.5 พบว่าชนิดของแบคทีเรีย เวลาการหมัก และอุณหภูมิมีผลต่อ pH ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากการหมักที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยแบคทีเรียธรรมชาติ ทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์สูงกว่าการหมักโดยแบคทีเรียชนิดอื่นๆ และการหมักโดย P. acidilactici เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำกว่าการหมักโดยแบคทีเรียธรรมชาติ แต่สูงกว่าการหมักโดยแบคทีเรียผสม และ L. plantarum แต่การใช้แบคทีเรียธรรมชาติและ L. plantarum ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อเวลาการหมักที่อุณหภูมิ 37 °C เพิ่มขึ้นเป็น 40 ชั่วโมง พบว่า การใช้แบคทีเรียธรรมชาติ และ P. acidilactici ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH สูงกว่าเมื่อใช้แบคทีเรียผสม และ L. plantarum อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อใช้ L. plantarum ผลิตภัณฑ์มี pH ต่ำสุด แต่การหมักโดยใช้แบคทีเรียธรรมชาติให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH สูงสุด สำหรับการหมักที่อุณหภูมิห้อง พบว่า การใช้แบคทีเรียธรรมชาติให้ pH สูงกว่าการหมักโดยแบคทีเรียชนิดอื่นเมื่อหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง การหมักโดยใช้ P. acidilactici แบคทีเรียผสม และ L. plantarum ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเพิ่มเวลาการหมักเป็น 40 ชั่วโมง พบว่า การใช้แบคทีเรียธรรมชาติ และ P. acidilactici ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การใช้แบคทีเรียผสม ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำกว่าการใช้แบคทีเรียธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ P. acidilactici ส่วนการใช้ L. plantarum ชนิดเดียวทำให้ผลิตภัณฑ์มี pH ต่ำสุด โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียชนิดอื่นๆ สำหรับอิทธิพลร่วม พบว่า ทั้งสามปัจจัย คือ ชนิดของแบคทีเรีย เวลาการหมักและอุณหภูมิการหมัก มีผลต่อ pH ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัษทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การหมักโดยใช้แบคทีเรียธรรมชาติเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH สูงสุด เพราะการใช้เวลาในการหมักนานขึ้น และใช้อุณหภูมิต่ำ ทำให้ lactic acid bacteria ที่มีในธรรมชาติเจริญได้น้อย แต่การหมักโดย L. plantarum เป็นเวลา 40 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37°C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำสุด เพราะอุณหภูมิ 37 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของ L. plantarum (TISTR, Culture Collection, 1985) ทำให้เซลล์มีการเจริญสูงสุด จึงลด pH ของผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น อย่างไรก็ตามการหมักด้วย L. plantarum เป็นเวลา 40 ชั่วโมง ทั้งที่อุณหภูมิห้องและ 37°C ให้ pH ของผลิตภัณฑ์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

สำหรับปริมาณกรด พบว่า ชนิดของแบคทีเรีย เวลาและอุณหภูมิการหมัก มีผลต่อปริมาณกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 37°C การหมักโดยใช้แบคทีเรียธรรมชาติ และ P. acidilactici หรือแบคทีเรียผสมและ L. plantarum ให้ปริมาณกรดที่ไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 40 ชั่วโมง ก็ให้ผลเช่นเดียวกับการหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แต่การหมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และใช้แบคทีเรียธรรมชาติให้ปริมาณกรดต่ำสุด ส่วน L. plantarum ให้ปริมาณกรดสูงสุด และเมื่อเพิ่มเวลาเป็น 40 ชั่วโมง การใช้แบคทีเรียธรรมชาติให้ปริมาณกรดน้อยกว่าการใช้แบคทีเรียชนิดอื่น สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างสามปัจจัยมีผลต่อปริมาณกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) พบว่า การใช้แบคทีเรียธรรมชาติเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดต่ำที่สุด แต่การใช้ L. plantarum เป็นเวลา 40 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 °C ให้ปริมาณกรดสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ pH ของผลิตภัณฑ์

สำหรับการยอมรับทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.12 และ ตาราง ค.6) พบว่า อุณหภูมิการหมักและอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของแบคทีเรียและอุณหภูมิมีผลต่อการยอมรับด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การหมักโดยใช้แบคทีเรียธรรมชาติเป็นเวลา 24 และ 40 ชั่วโมง และ L. plantarum เป็นเวลา 40 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 °C ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการยอมรับด้านกลิ่นต่ำที่สุด การใช้ P. acidilactici หรือ L. plantarum ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แบคทีเรียผสมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และการใช้แบคทีเรียธรรมชาติหรือ P. acidilactici ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการยอมรับด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีคะแนนสูงกว่าเมื่อหมักในภาวะอื่น

แต่การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่า แต่ละปัจจัยและอิทธิพลร่วมของทั้งสามปัจจัยไม่มีผลทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

สำหรับการยอมรับด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.13 และตาราง ค.6) พบว่า แต่ละปัจจัยและอิทธิพลร่วมของทั้งสามปัจจัยมีผลต่อการยอมรับด้านความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) การใช้ L. plantarum หรือ P. acidilactici ที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเปรี้ยวสูงไม่แตกต่างจากการใช้แบคทีเรียธรรมชาติที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 40 ชั่วโมง หรือ P. acidilactici ผสมกับ L. plantarum ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 40 ชั่วโมงเท่ากัน

ดังนั้นจึงเลือกใช้ L. plantarum หมักที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง เพราะนอกจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง และเมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้แบคทีเรียต่อ pH ของผลิตภัณฑ์ พบว่าการใช้ L. plantarum จะทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าเมื่อใช้ P. acidilactici อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อหมักเป็นเวลาเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน และใช้เวลาในการหมักสั้นเพียง 24 ชั่วโมงก็ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเปรี้ยวอยู่ในระดับสูงตามต้องการ

4.1.3 ผลของชนิดไส้บรรจุต่อคุณภาพของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน

ผลิตไส้กรอกเปรี้ยวอีสานตามสูตรมาตรฐาน และใช้ L. plantarum เป็น starter culture แล้วบรรจุในไส้หมู และไส้ collagen ชนิดรับประทานได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร โดยบรรจุด้วยสัดส่วนของน้ำหนักส่วนผสม ต่อความยาวของไส้บรรจุเป็น 0.133 กรัม ต่อเซนติเมตร แล้วหมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37°C ติดตามการเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณกรด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏก่อนอบ และหลังอบ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส โดยใช้ 9-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.6) ได้ผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 pH และปริมาณกรดของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่บรรจุในไส้หมู และไส้ collagen และหมักที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ชนิดของไส้บรรจุ	pH[ns]	ปริมาณกรด (%)[ns]
ไส้ collagen	4.47±0.01	1.46±0.02
ไส้หมู	4.47±0.01	1.47±0.01

[ns] คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.15 คะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏก่อนอบ และหลังอบ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส ของไส้กรอกเปรี้ยวอีสานที่บรรจุในไส้หมู และไส้ collagen และหมักที่ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ชนิดของไส้บรรจุ	คะแนนการยอมรับด้าน			
	ลักษณะปรากฏก่อนอบ	ลักษณะปรากฏหลังอบ	เนื้อสัมผัส^{ns}	กลิ่นรส^{ns}
ไส้ collagen	5.07±2.21^{a}	6.43±1.76^{a}	6.87±1.14	7.05±1.21
ไส้หมู	7.37±1.13^{b}	7.37±1.06^{b}	6.87±1.25	6.80±1.44

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

^{ns} คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 และตาราง ค.7 พบว่า ชนิดของไส้บรรจุไม่มีผลต่อ pH และปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากตารางที่ 4.15 และตาราง ค.8 พบว่า คะแนนการยอมรับลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่บรรจุในไส้หมูมากกว่าไส้ collagen อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากไส้หมูจะรัด และแนบกับส่วนผสมข้างใน จึงไม่มีการเหี่ยวย่นดังที่เกิดในไส้ collagen สำหรับลักษณะปรากฏของไส้กรอกหลังอบ พบว่า ผู้ทดสอบยอมรับลักษณะปรากฏของการบรรจุในไส้หมูมากกว่าการบรรจุในไส้ collagen อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกัน โดยที่ลักษณะปรากฏของไส้กรอกที่บรรจุในไส้ collagen เรียบ และตึงรัดแน่นกับส่วนผสม และมีผิวนอกมันกว่าไส้หมู แต่การบรรจุในไส้ collagen มีปัญหาการแตกของไส้เมื่อทำให้สุก ซึ่งถ้าไม่มีปัญหานี้ลักษณะปรากฏของไส้ collagen หลังอบก็ควรจะมีคะแนนการยอมรับมากกว่าไส้หมู ทั้งนี้อาจแก้ไขโดยการลดสัดส่วนของการบรรจุลง แต่ก็อาจเพิ่มปัญหาการเหี่ยวย่นมากขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในไส้ทั้ง 2 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ในด้านการยอมรับทางเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส

แม้ว่าการยอมรับด้านลักษณะปรากฏก่อน และหลังอบของไส้หมูจะมากกว่าไว้ collagen แต่ถ้าสามารถนำเอาไส้ collagen มาใช้แทนไส้หมูได้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตไส้กรอกเปรี้ยวอีสานในระดับอุตสาหกรรมเป็นอย่างยิ่ง เพราะไส้ collagen มีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ไส้หมูหลาย

ประการ เช่น มีความแข็งแรง มีหลายขนาดให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม รับประทานได้ มีสีเหลืองปนน้ำตาลอ่อน และใช้สะดวก เพราะไส้ collagen เป็นไส้สำเร็จรูปที่นำมาใช้งานได้ทันที และถ้าพิจารณาราคาต่อหน่วย พบว่า ไส้ collagen ชนิดรับประทานได้ และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ราคา 80 บาทต่อความยาว 11 เมตร (ราคาเมื่อปี พ.ศ. 2534) ถ้าบรรจุส่วนผสมด้วยสัดส่วน 0.133 กรัมต่อเซนติเมตร สามารถผลิตไส้กรอกได้ถึง 14 กิโลกรัม แต่ถ้าใช้ไส้หมูสด ซึ่งมีราคา 60 บาทต่อกิโลกรัม และเมื่อเตรียมเป็นไส้บรรจุดังขั้นตอนที่แสดงในรูปที่ 3.2 พบว่าหลังการบรรจุไส้ ไส้หมูมีรอยแผลเป็นเป็นแนวยาวอยู่ด้านข้างจากพังผืด (mesentery) ที่ยึดลำไส้ให้แขวนลอยอยู่ในช่องท้อง เมื่อผ่านการเตรียมเป็นไส้บรรจุจะมีรอยแผลเป็นนี้อยู่ ซึ่งมีความยืดหยุ่นน้อยมาก เมื่อบรรจุส่วนผสมจึงทำให้ไส้ขดเป็นเส้นโค้ง ไม่เป็นเส้นตรงเหมือนไส้ collagen นอกจากนี้เมื่อผ่านการเตรียมไส้หมูให้เป็นไส้บรรจุแล้ว จะต้องนำมาคัดขนาดให้ใกล้เคียงกันก่อน ซึ่งอาจจะนำมาใช้ได้จริงๆเพียงไม่กี่กรัม หรืออาจจะใช้ไม่ได้เลยก็ได้ ฉะนั้นเพื่อเป็นการควบคุมขนาดของไส้และความสะดวกจึงเลือกใช้ไส้ collagen โดยเปลี่ยนสัดส่วนของการบรรจุเป็น 0.0709 กรัมต่อเซนติเมตรเพื่อลดปัญหาเรื่องการแตกของไส้ระหว่างอบและหมักที่อุณหภูมิที่ 37 °C ในตู้อบลมร้อนแบบเป่าผ่าน โดยมีลมเป่าเต็มที่ 6 ชั่วโมง เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ผิว แล้วลดปริมาณลมลงร้อยละ 90 เพื่อลดการสูญเสียความชื้นจากผลิตภัณฑ์ แล้วหมักต่อจนครบ 24 ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 <u>การศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อน และภาชนะบรรจุ ต่ออายุการเก็บของไส้กรอกเปรี้ยวอีสาน</u>

นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักแล้วมานึ่งเป็นเวลา 0 1 และ 2 นาที บรรจุแบบสุญญากาศลงในถุง high density polyethylene (HDPE) และ Eval film เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C ติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของ pH ปริมาณกรด และค่า thiobarbituric acid (TBA) ดังแสดงในตารางที่ 4.16 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณ lactic acid bacteria ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.17 และการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้กรอกดิบ รสชาติ โดยใช้ 9-point hedonic scale และกลิ่นหืน โดยใช้ 5-point hedonic scale (ภาคผนวก ข.7) ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.16 ผลของเวลาในการนึ่ง ภาชนะบรรจุ และเวลาในการเก็บต่อ pH ปริมาณกรด และค่า TBA

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	pH	ปริมาณกรด (%)	ค่า TBA*
0	0	-	4.46±0.01^{tu}	1.36±0.03^{a}	0.49±0.02^{a}
	1		4.46±0.02^{tu}	1.38±0.02^{a}	0.49±0.03^{a}
	2		4.45±0.01^{t}	1.37±0.03^{a}	0.50±0.01^{a}
3	0	HDPE	4.31±0.01^{n}	1.57±0.02^{fg}	1.82±0.02^{i}
	1		4.34±0.02^{op}	1.53±0.02^{de}	1.99±0.02^{j}
	2		4.48±0.01^{u}	1.39±0.03^{ab}	2.01±0.01^{j}
	0	Eval	4.35±0.02^{pq}	1.55±0.02^{ef}	0.84±0.02^{b}
	1		4.38±0.02^{r}	1.51±0.01^{d}	0.90±0.01^{c}
	2		4.41±0.02^{s}	1.42±0.02^{bc}	0.83±0.02^{b}

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	pH	ปริมาณกรด (%)	ค่า TBA*
	0		4.28 ± 0.01^{lm}	1.61 ± 0.02^{hi}	2.60 ± 0.02^{no}
	1	HDPE	4.30 ± 0.02^{mn}	1.57 ± 0.03^{fg}	2.59 ± 0.03^{n}
	2		4.37 ± 0.01^{qr}	1.43 ± 0.02^{c}	2.66 ± 0.02^{o}
6					
	0		4.23 ± 0.03^{ij}	1.63 ± 0.02^{i}	1.27 ± 0.01^{f}
	1	Eval	4.32 ± 0.02^{no}	1.59 ± 0.02^{gh}	1.21 ± 0.02^{e}
	2		4.35 ± 0.01^{pq}	1.55 ± 0.02^{ef}	1.03 ± 0.03^{d}
	0		4.22 ± 0.01^{hi}	1.82 ± 0.02^{n}	5.83 ± 0.01^{q}
	1	HDPE	4.26 ± 0.01^{kl}	1.63 ± 0.02^{i}	4.32 ± 0.02^{p}
	2		4.27 ± 0.01^{kl}	1.59 ± 0.03^{gh}	7.92 ± 0.02^{t}
9					
	0		4.13 ± 0.02^{ef}	1.77 ± 0.02^{m}	1.47 ± 0.02^{g}
	1	Eval	4.22 ± 0.01^{hi}	1.68 ± 0.03^{j}	1.42 ± 0.02^{g}
	2		4.25 ± 0.02^{jk}	1.70 ± 0.02^{jk}	1.30 ± 0.02^{f}
	0		4.15 ± 0.02^{fg}	1.95 ± 0.03^{p}	8.52 ± 0.03^{rs}
	1	HDPE	4.17 ± 0.02^{g}	1.85 ± 0.02^{n}	8.09 ± 0.01^{s}
	2		4.20 ± 0.01^{h}	1.76 ± 0.02^{lm}	9.23 ± 0.04^{t}
12					
	0		4.10 ± 0.02^{d}	1.83 ± 0.02^{n}	1.77 ± 0.02^{hi}
	1	Eval	4.13 ± 0.02^{ef}	1.72 ± 0.02^{k}	1.72 ± 0.02^{h}
	2		4.15 ± 0.02^{fg}	1.73 ± 0.02^{kl}	1.73 ± 0.02^{h}

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	pH	ปริมาณกรด (%)	ค่า TBA*
	0		3.97±0.03^{a}	2.01±0.03^{q}	9.90±0.04^{uv}
	1	HDPE	4.01±0.02^{b}	2.02±0.03^{q}	9.59±0.01^{tu}
	2		4.04±0.02^{c}	1.90±0.03^{o}	10.29±0.02^{v}
15					
	0		4.03±0.01^{bc}	1.91±0.02^{o}	2.02±0.03^{l}
	1	Eval	4.11±0.01^{de}	1.85±0.03^{n}	2.10±0.02^{m}
	2		4.10±0.01^{d}	1.82±0.02^{n}	1.92±0.03^{j}

* หน่วยเป็น มิลลิกรัมของ malonaldehyde/กิโลกรัมของไส้กรอก

- คือ ไม่ได้วิเคราะห์ และตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 ผลของเวลาในการนึ่ง ภาชนะบรรจุ และเวลาในการเก็บต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส สีของไส้กรอกดิบ และกลิ่นหืน

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	คะแนนการยอมรับด้าน			
			รสชาติ[ns]	เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่นหืน
0	0	-	6.90±1.14	6.70±0.64[b]	6.10±0.70[c]	1.20±0.40
	1		6.40±1.62	7.10±1.22[b]	6.70±0.90[c]	1.10±0.30
	2		6.20±1.47	7.00±1.00[b]	7.40±0.66[d]	1.20±0.60
3	0	HDPE	7.50±0.81	6.90±0.54[b]	5.90±0.70[bc]	1.40±0.66
	1		7.10±1.30	6.40±1.62[b]	6.00±0.77[bc]	1.10±0.63
	2		6.90±1.58	6.40±1.56[b]	6.20±0.37[c]	1.10±0.30
	0	Eval	7.10±1.30	6.80±1.54[b]	7.30±0.64[d]	1.20±0.40
	1		7.00±1.18	6.60±0.92[b]	7.20±0.87[d]	1.30±0.64
	2		7.70±0.78	6.60±1.28[b]	7.50±0.50[d]	1.30±0.46
6	0	HDPE	6.30±1.35	6.50±1.20[b]	5.60±1.11[bc]	1.70±0.78
	1		7.20±0.98	7.00±1.42[b]	5.90±1.04[bc]	1.20±0.40
	2		6.90±1.22	7.00±1.10[b]	6.00±1.10[bc]	1.00±0.20
	0	Eval	6.40±1.62	7.00±0.63[b]	7.60±0.80[d]	1.20±0.40
	1		7.00+0.60	7.00±1.78[b]	7.60±0.92[d]	1.30±0.64
	2		6.70±1.00	6.90±1.14[b]	7.30±0.64[d]	1.20±0.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	คะแนนการยอมรับด้าน			
			รสชาติ	เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่นหืน
9	0	HDPE	6.10±1.64	6.20±1.72[a]	4.10±1.37[a]	1.80±1.17
	1		6.70±1.42	6.10±1.30[a]	4.00±1.48[a]	1.50±1.02
	2		7.00±0.90	5.70±1.42[a]	4.20±1.66[a]	2.00±1.26
	0	Eval	6.70±1.55	6.40±1.50[a]	8.00±0.77[d]	1.20±0.40
	1		6.10+1.76	6.80±1.08[a]	7.60±1.11[d]	1.40±0.52
	2		6.80±1.25	6.30±0.90[a]	5.00±1.95[a,b]	1.20±0.60
12	0	HDPE	-	-	-	-
	1		-	-	-	-
	2		-	-	-	-
	0	Eval	5.80±0.75	5.60±1.02	7.10±0.99	1.20±0.40
	1		5.70+0.78	6.10±0.70	6.80±1.03	1.30±0.64
	2		6.00±0.77	5.40±0.92	6.70±0.95	1.20±0.40

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	คะแนนการยอมรับด้าน			
			รสชาติ	เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่นหืน
	0		-	-	-	-
	1	HDPE	-	-	-	-
	2		-	-	-	-
15						
	0		4.70±1.16	5.50±0.81	6.60±0.84	2.03±0.01
	1	Eval	4.60+0.97	5.70±0.90	6.50±0.85	2.11±0.02
	2		4.90±0.99	5.90±0.70	5.30±1.16	1.92±0.02

- คือ ไม่ได้วิเคราะห์ และตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 ผลของเวลาในการนึ่ง ภาชนะบรรจุ และเวลาในการเก็บต่อการยอมรับด้านกลิ่นหืน

เวลาการเก็บ (วัน)	ชนิดของภาชนะบรรจุ	คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นหืน
0	-	1.16±0.35[a]
3	HDPE	1.20±0.53[a]
	Eval	1.27±0.06[a]
6	HDPE	1.30±0.36[a]
	Eval	1.23±0.06[a]
9	HDPE	1.77±0.25[b]
	Eval	1.27±0.12[a]
12	HDPE	-
	Eval	1.23±0.06[a]
15	HDPE	-
	Eval	2.03±0.02[b]

- คือ ไม่ได้วิเคราะห์

ตัวอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.19 ผลของเวลาในการนึ่ง ภาชนะบรรจุ และเวลาในการเก็บต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ lactic acid bacteria

เวลาการเก็บ (วัน)	เวลาการนึ่ง (นาที)	ชนิดถุง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด	ปริมาณ lactic acid bacteria
0	0		9.53×10^{11}	5.28×10^{11}
	1		6.90×10^{9}	6.30×10^{9}
	2		7.89×10^{8}	4.97×10^{8}
6	0	HDPE	1.24×10^{12}	8.57×10^{11}
	1		1.31×10^{10}	1.28×10^{10}
	2		8.46×10^{9}	6.84×10^{9}
	0	Eval	5.13×10^{12}	1.06×10^{12}
	1		9.82×10^{10}	8.32×10^{10}
	2		1.45×10^{9}	1.40×10^{9}
12	0	HDPE	7.53×10^{14}	7.21×10^{14}
	1		4.25×10^{11}	2.73×10^{11}
	2		5.72×10^{10}	1.98×10^{10}
	0	Eval	5.63×10^{14}	1.46×10^{14}
	1		1.20×10^{11}	2.61×10^{11}
	2		3.79×10^{10}	6.39×10^{10}

หน่วยเป็น เซลล์/ไส้กรอก 1 กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.16 และตาราง ค.9 พบว่า เวลาการนึ่ง เวลาการเก็บ และชนิดภาชนะบรรจุ และอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH ปริมาณกรด และค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในช่วงเริ่มต้นของการเก็บ (0 วัน) การนึ่งไม่มีผลต่อ pH ปริมาณกรด และค่า TBA อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และเมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่นึ่ง 2 นาที มี pH สูงกว่าการนึ่ง 0 และ 1 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เพราะการนึ่ง 2 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของ lactic acid bacteria ได้บางส่วน โดยเฉพาะชั้นนอกของไส้กรอกที่ได้รับความร้อนมากกว่าชั้นใน แต่ความร้อนไม่ได้ทำลาย lactic acid bactteria ทั้งหมด เพราะเมื่อวัดอุณหภูมิภายในของไส้กรอกที่นึ่ง 2 นาทีได้ 46°C และ 42°C เมื่อนึ่ง 1 นาที ซึ่งอุณหภูมินี้ lactic acid bacteria ยังสามารถมีชีวิตรอดได้ (Brock, 1979) ดังนั้นเมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น pH ของผลิตภัณฑ์จึงลดลงเรื่อยๆ ส่วนผลของภาชนะบรรจุ พบว่า การบรรจุใน Eval film ผลิตภัณฑ์ที่นึ่ง 0 และ 1 นาที มี pH สูงกว่าการบรรจุในถุง HDPE เมื่อเก็บไว้ 3 วัน และเมื่อเก็บไว้ 6 วันขึ้นไป pH ของตัวอย่างที่บรรจุใน Eval film มี pH ต่ำกว่าที่บรรจุในถุง HDPE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Nielsen (1983) พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศในถุงที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนน้อยและเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าการบรรจุในถุงที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนสูง โดยพบ g(+) cocci ในปริมาณสูงเจริญแข่งขันกับ lactic acid bacteria และถุงที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนสูง ปริมาณออกซิเจนที่อยู่ภายในถุงถูกใช้ไปในการเจริญของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดภาวะ micro aerophilic condition ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญของ lactic acid bacteria จึงทำให้ pH ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุงที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนสูงมี pH ต่ำกว่าการบรรจุในถุงที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ การเก็บเป็นเวลานานขึ้น ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และปริมาณกรดของไส้กรอกที่ไม่ได้นึ่งจะมากกว่าที่นึ่ง 1 และ 2 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ส่วนผลของภาชนะบรรจุเมื่ออายุการเก็บ 0 3 และ 6 วัน พบว่า ชนิดของภาชนะบรรจุไม่มีผลต่อปริมาณกรดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่เมื่อเก็บ 9 วันขึ้นไปปริมาณกรดจากตัวอย่างที่บรรจุใน Eval film มีค่าต่ำกว่าที่บรรจุในถุง HDPE สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA เมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้น พบว่าค่า TBA สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และตัวอย่างที่นึ่ง 2 นาที ที่บรรจุใน HDPE มีค่า TBA สูงกว่าการนึ่ง 0 และ1 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) อาจเป็นไปได้ที่ปริมาณความร้อนไปเร่งให้เกิดการสลายตัวของไขมัน และในภาวะที่ออกซิเจนซึมผ่านได้มากจึงส่งเสริมให้เกิดการหืน แต่การบรรจุใน Eval film ค่า TBA มีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการนึ่งเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบ

เทียบค่า TBA ระหว่างการบรรจุใน HDPE และ Eval film พบว่า การบรรจุใน HDPE มีค่า TBA สูงกว่าการบรรจุใน Eval film ประมาณ 2 เท่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แม้ว่าจะเก็บเป็นเวลา 3 วัน และเมื่อเก็บนานขึ้นตัวอย่างที่บรรจุใน HDPE มีค่า TBA สูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุใน Eval film ประมาณ 4-5 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากถุง HDPE ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้น้อยกว่า Eval film เมื่อเก็บเป็นเวลานานขึ้นออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปสู่ผลิตภัณฑ์ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน จึงทำให้ค่า TBA สูงขึ้นกว่าการบรรจุใน Eval film ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Lin และคณะ (1980) ซึ่งบรรจุ bologna ในถุงที่ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนต่างกัน พบว่า ถุงที่มีการซึมผ่านของออกซิเจนได้มาก มีค่า TBA ซึ่งเป็นสาร intermidiate ที่จะใช้ติดตามปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นหืนมากกว่าการใช้ถุงที่มีการซึมผ่านของออกซิเจนน้อย

จากตารางที่ 4.17 และตาราง ค.10 พบว่า ทุกปัจจัยไม่มีผลต่อการยอมรับด้านรสชาติของไส้กรอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 9 วัน แต่เมื่อเก็บถึง 15 วัน ผู้ทดสอบไม่ยอมรับรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน Eval film เพราะมีรสเปรี้ยวมากเกินไป เนื่องจาก pH ของผลิตภัณฑ์ลดลงเรื่อย ๆ ระหว่างการเก็บ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ เวลาในการเก็บ (ตาราง ค.10) พบว่า การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บไว้ 9 วัน ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับด้านสีของไส้กรอกดิบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ เวลาเก็บ และอิทธิพลร่วมของทุกปัจจัย เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น ทำให้การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง HDPE ลดลง เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์ซีดลง แต่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน Eval film มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก เมื่อพิจารณาผลของเวลาการเก็บ พบว่า ผู้ทดสอบไม่ยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ ที่บรรจุในถุง HDPE ที่เก็บนาน 9 วัน ส่วนสีของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน Eval film ผู้ทดสอบยังคงยอมรับสีของผลิตภัณฑ์ แม้ว่าจะเก็บเป็นเวลา 15 วัน เพราะว่า ถุง HDPE ป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนได้น้อยกว่า Eval film จึงอาจทำให้เกิดออกซิเดชันของรงควัตถุในเนื้อทำให้สีซีดลง (Lin และคณะ ,1980)

จากตารางที่ 4.18 และตาราง ค.10 พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับด้านกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คือ เวลาในการเก็บ และอิทธิพลร่วมของเวลาเก็บและภาชนะบรรจุ เนื่องจากเวลาการนึ่งไม่มีผลต่อการยอมรับด้านกลิ่นหืน จึงรวมค่าสังเกตจากการนึ่งในเวลาต่างๆ เป็นค่าเฉลี่ยค่าเดียว ดังแสดงในตารางที่ 4.19 พบว่า ตัวอย่างที่บรรจุใน HDPE เมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้น กลิ่นหืนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บ 9 วัน การบรรจุใน Eval film ตัวอย่างมีกลิ่นหืนไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บนาน 12 วัน แต่เมื่อเก็บนาน 15 วัน พบว่าตัวอย่างมีกลิ่นหืนเพิ่มขึ้น

สำหรับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ lactic acid bacteria (ตารางที่ 4.19) ในช่วงต้นของการเก็บ (0 วัน) พบว่า ตัวอย่างที่นึ่ง 2 นาที ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ lactic acid bacteria ต่ำกว่าการนึ่งที่ 0 และ 1 นาที ในการเก็บเป็นเวลา 6 วัน พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ lactic acid bacteria เพิ่มขึ้นจากการเก็บ 0 วัน โดยการนึ่ง 2 นาที ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าการนึ่ง 0 และ 1 นาทีเช่นกัน สำหรับผลของภาชนะบรรจุ พบว่า การบรรจุใน Eval film มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ lactic acid bacteria สูงกว่าการบรรจุในถุง HDPE ที่การนึ่ง 0 และ 1 นาที แต่การนึ่ง 2 นาทีผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในถุง HDPE มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ lactic acid bacteria สูงกว่าการบรรจุใน Eval film และเมื่อเพิ่มเวลาการเก็บเป็น 12 วัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่ง 0, 1 และ 2 นาที การบรรจุในถุง HDPE มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าการบรรจุใน Eval film ผลิตภัณฑ์ที่นึ่ง 0 นาทีและบรรจุในถุง HDPE จะมีปริมาณ lactic acid bacteria สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุใน Eval film แต่ที่การนึ่ง 1 และ 2 นาที การเก็บผลิตภัณฑ์ในถุง HDPE มีปริมาณ lactic acid bacteria ต่ำกว่าการบรรจุใน Eval film ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของ pH (ตารางที่ 4.16)

จากค่า pH ปริมาณกรด TBA และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า การนึ่งไส้กรอกหลังหมักเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางส่วนไม่ช่วยยืดอายุการเก็บของไส้กรอกในด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ถึงแม้ว่าปริมาณ lactic acid bacteria มีปริมาณลดลงเมื่อเวลาในการนึ่งเพิ่มขึ้นก็ตาม และชนิดของบรรจุภัณฑ์มีผลต่ออายุการเก็บของไส้กรอก โดยตัวอย่างที่บรรจุในถุง HDPE ซึ่งกันออกซิเจนได้น้อย มีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA และสมบัติทางประสาทสัมผัสมากกว่าตัวอย่างที่เก็บใน Eval film

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย