

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของสารหมักเนื้อและการใช้เทคนิค Sous vide เพื่อผลิตไก่ก้อและพร้อมบริโภค มีการศึกษา 2 ขั้นตอนหลักคือ 1) ผลของสารหมักเนื้อไก่ต่อสมบัติของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก และผลิตภัณ์ที่ไก่ก้อและ 2) ผลของการใช้เทคนิค Sous vide ต่อคุณภาพของผลิตภัณ์ที่ไก่ก้อและพร้อมบริโภค มีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลของสารหมักเนื้อต่อสมบัติของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก และผลิตภัณ์ที่ไก่ก้อและ

4.1.1 ผลของสารหมักเนื้อ ต่อสมบัติบางประการของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก

ปริมาณและชนิดของสารหมักเนื้อ ไก่ที่ใช้ ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลองดังนี้

| ชุดการทดลอง | ชนิดและปริมาณของสารหมักในสารละลาย (w/v) |
|-------------|--|
| Ctrl | ชุดควบคุม (ไม่มีสารหมักเนื้อ) |
| DW | น้ำกลั่น |
| S | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 |
| S/P | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 |
| S/P/C | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 |
| S/P/B | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 |

สารหมักเนื้อใช้ในรูปของสารละลาย ในอัตราส่วน เนื้อต่อสารละลาย (น้ำหมัก) เท่ากับ 1 ต่อ 2 ใช้ระยะเวลาในการหมัก 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื้อออกไก่สดที่นำมาใช้ในการศึกษามีค่าพีเอช 6.56 ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันร้อยละ 76.09, 21.56 และ 3.11 ตามลำดับ เนื้อออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อทั้ง 6 ชุดการทดลอง นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่าพีเอช ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) ค่าแรงเฉือน (Shear force) และลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเส้นใยกล้ามเนื้อ

4.1.1.1 ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมัก ด้วย pH meter ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าเนื้อไก่ดิบหมักด้วย S/P/B จะมีค่าพีเอชสูงที่สุด (7.86) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการใช้สารสองชนิดร่วมกัน คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และ โซเดียมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต จะช่วยเพิ่มความแรงของอออนลบ ส่งผลให้ค่าพีเอชของโปรตีนในเนื้อสูงขึ้น (Sen *et al.*, 2005) นอกจากนี้ชุดการทดลองที่มีการใช้ ฟอสเฟตเป็นสารร่วมในการหมักเนื้อ คือเนื้อไก่ที่หมัก S/P และ S/P/C พบว่ามีผลทำให้ค่าพีเอชของเนื้อสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sheard and Tali (2004) ที่ศึกษาการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 3 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 3 โดยใช้ สารเพียงชนิดเดียว สองชนิด หรือใช้ทั้งสามชนิดร่วมกัน ฉีดเข้าเนื้อสุกรส่วนเนื้อสัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น พบว่า ค่าพีเอชในเนื้อจะเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง ยกเว้นชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว จะมีค่าพีเอชเท่าเดิม และลดลงเล็กน้อย ตามลำดับ

4.1.1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมัก (ตารางที่ 3) พบว่าเนื้ออกไก่ที่ใช้ฟอสเฟตเป็นสารหมักร่วมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า เนื้ออกไก่ที่ใช้สารหมักเนื้อเพียงชนิดเดียวคือ โซเดียมคลอไรด์ หรือเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (ชุดควบคุม) หรือเนื้ออกไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น ($p \leq 0.05$) โดยเนื้ออกไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด (ร้อยละ 79.11) รองลงมาคือเนื้ออกไก่ที่หมักด้วย S/P/C (ร้อยละ 73.16) และเนื้ออกไก่ที่หมักด้วย S/P (ร้อยละ 73.16) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของ สารประกอบฟอสเฟตและไบคาร์บอเนต ช่วยเพิ่มจำนวนประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้เพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น (Wynveen *et al.*, 2001; Sen *et al.*, 2005) นอกจากนี้อาจเป็นผล มาจากคุณสมบัติของโซเดียมคลอไรด์ในการเพิ่มความแรงของอออน (Hamm, 1994; Offer and Knight, 1988; Mdynski *et al.*, 2000) โดยจะแตกตัวให้ Na^+ และ Cl^- (Claus *et al.*, 1994) โดยประจุของ Cl^- จะไปจับกับประจุบวกในโมเลกุลของโปรตีน ส่งผลให้ โปรตีนมีประจุลบมากขึ้น เกิดการคลี่ออกของไมโอไฟบริลลาโปรตีน จากแรงผลักระหว่างประจุ ที่เหมือนกัน เป็นผลให้โปรตีนเนื้อสามารถรับน้ำเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น (Rust *et al.*, 1987)

4.1.1.3 การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน

การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของเนื้ออกไก่ทั้ง 6 ชุดการทดลอง ด้วยการนึ่งโดยใช้ไอน้ำ จนอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และทำการคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้นก่อนหมัก กับน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการให้ความร้อน ซึ่งพบว่าจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากความสามารถในการอุ้มน้ำที่แตกต่างกัน ผลจากการให้ความร้อนกับเนื้อทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ เกิดการสูญเสียจากโครงสร้างของโปรตีน ความสามารถในการจับน้ำ (Water binding capacity) ของโปรตีนลดลง (Damadoran, 1996) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า เนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อ คือ S, S/P, S/P/C และ S/P/B จะมีการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนน้อยกว่า (ร้อยละ 25.02, 23.80, 21.29 และ 17.14 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctl) และแช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) (ร้อยละ 26.44 และ 30.64 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นผลมาจากการหมักเนื้อด้วยสารละลาย จะช่วยเพิ่มประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีนจาก คลอไรด์ (Cl^-) ฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) จะไปจับกับประจุบวกในโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนมีความเป็นประจุลบมากขึ้น เพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น นอกจากนี้ภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ จะเกิดแรงผลักดันระหว่างประจุที่เหมือนกัน ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างเส้นใยแอกตินและไมโอซิน ทำให้สามารถรับน้ำจากภายนอกเข้าไปภายในโครงสร้างของเนื้อได้มากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจึงเพิ่มขึ้น (Lawrie, 1991) ดังนั้นจึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารใดๆ (Ctl) หรือเนื้ออกไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sheard and Tali (2004) และ Bertram *et al.* (2008) พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมไบคาร์บอเนต ทั้งที่มีการใช้เพียงชนิดเดียว สองชนิด หรือสามชนิดร่วมกัน จะสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของเนื้อสุกรส่วนสันนอกได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการหมักเนื้อด้วยสารใดๆ

ตารางที่ 3 ค่าพีเอช ความสามารถในการอุ้มน้ำ การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของเนื้อไก่ดิบหลังผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

| Treatment | pH | Water holding capacity (%) | Cooking loss (%) |
|-----------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Ctrl | 6.35±0.03 ^d | 62.76±0.79 ^e | 26.44±0.73 ^b |
| DW | 6.48±0.06 ^c | 63.82±0.22 ^e | 30.46±0.69 ^a |
| S | 6.27±0.02 ^e | 67.50±0.59 ^d | 25.02±0.70 ^c |
| S/P | 6.59±0.03 ^b | 73.16±0.86 ^c | 23.80±0.44 ^d |
| S/P/C | 6.41±0.05 ^c | 75.50±0.92 ^b | 21.29±0.95 ^e |
| S/P/B | 7.86±0.03 ^a | 79.11±0.48 ^a | 17.14±0.79 ^f |

Ctrl ชูดควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) DW น้ำกลั่น S โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5
 S/P โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1
 S/P/C โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02
 S/P/B โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 3

a-f: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 6 ซ้ำ

4.1.1.4 ค่าแรงเฉือน

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของเนื้อไก่ดิบที่ผ่านการหมัก และเนื้อไก่สุกที่ผ่านการหมัก ทำให้สุกด้วยไอน้ำ วัดอุณหภูมิใจกลางของชิ้นเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ทั้ง 6 ชุดการทดลองโดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วย Warner-Bratzler ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่า เนื้ออกไก่ดิบที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) (8.38 นิวตัน) จะมีค่าแรงเฉือนสูงที่สุด รองลงมาคือเนื้ออกไก่ดิบที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) (8.10 นิวตัน) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนเนื้ออกไก่ดิบที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อ คือ S, S/P, S/P/C และ S/P/B จะมีค่าแรงเฉือนต่ำ และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เนื่องมาจากการใช้สารหมักเนื้อจะช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ทำให้เนื้อมีความสามารถในการดูดซับสารหมักเข้าไปภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ปริมาณน้ำในเนื้อเพิ่มขึ้น ส่งผลให้แรงที่ใช้ในการกระทำกับชิ้นเนื้อ มีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก หรือเนื้ออกไก่

ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น Shard and Tali (2004) ได้อธิบายเกี่ยวกับค่าแรงเฉือนที่ลดลงเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในชิ้นเนื้อ และโครงสร้างที่อ่อนตัวของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์

สำหรับเนื้ออกไก่สุกที่ผ่านการหมัก พบว่า เนื้ออกไก่สุกที่หมักด้วยสารละลายที่มีส่วนประกอบของโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ได้แก่ ชุดการทดลอง S/P, S/P/C และ S/P/B จะให้ค่าแรงเฉือนต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) เนื้ออกไก่สุกที่หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว รวมทั้งเนื้ออกไก่สุกที่แช่ในน้ำกลั่น (DW) และเนื้ออกไก่สุกที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารใดๆ (Ctrl) เนื่องจากโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตมีคุณสมบัติในการเพิ่มประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้โปรตีนมีประจุลบเพิ่มขึ้น เพิ่มความสามารถในการจับน้ำ ส่งผลให้แรงที่ใช้ในการตัดผ่านชิ้นเนื้อลดลง (U'nal *et al.*, 2006)

ตารางที่ 4 ค่าแรงเฉือนของเนื้อไก่ดิบและเนื้อไก่สุกหลังจากผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

| Treatment | Shear force (N) | |
|-----------|-------------------------|-------------------------|
| | Raw marinated meat | Cooked marinated meat |
| Ctrl | 8.38±0.59 ^a | 17.46±0.65 ^a |
| DW | 8.10±0.54 ^a | 14.48±0.72 ^c |
| S | 7.19±0.55 ^{bc} | 14.92±0.48 ^b |
| S/P | 7.51±0.60 ^b | 10.33±0.36 ^d |
| S/P/C | 7.02±0.78 ^c | 10.49±0.34 ^d |
| S/P/B | 7.22±0.81 ^{bc} | 10.64±0.54 ^d |

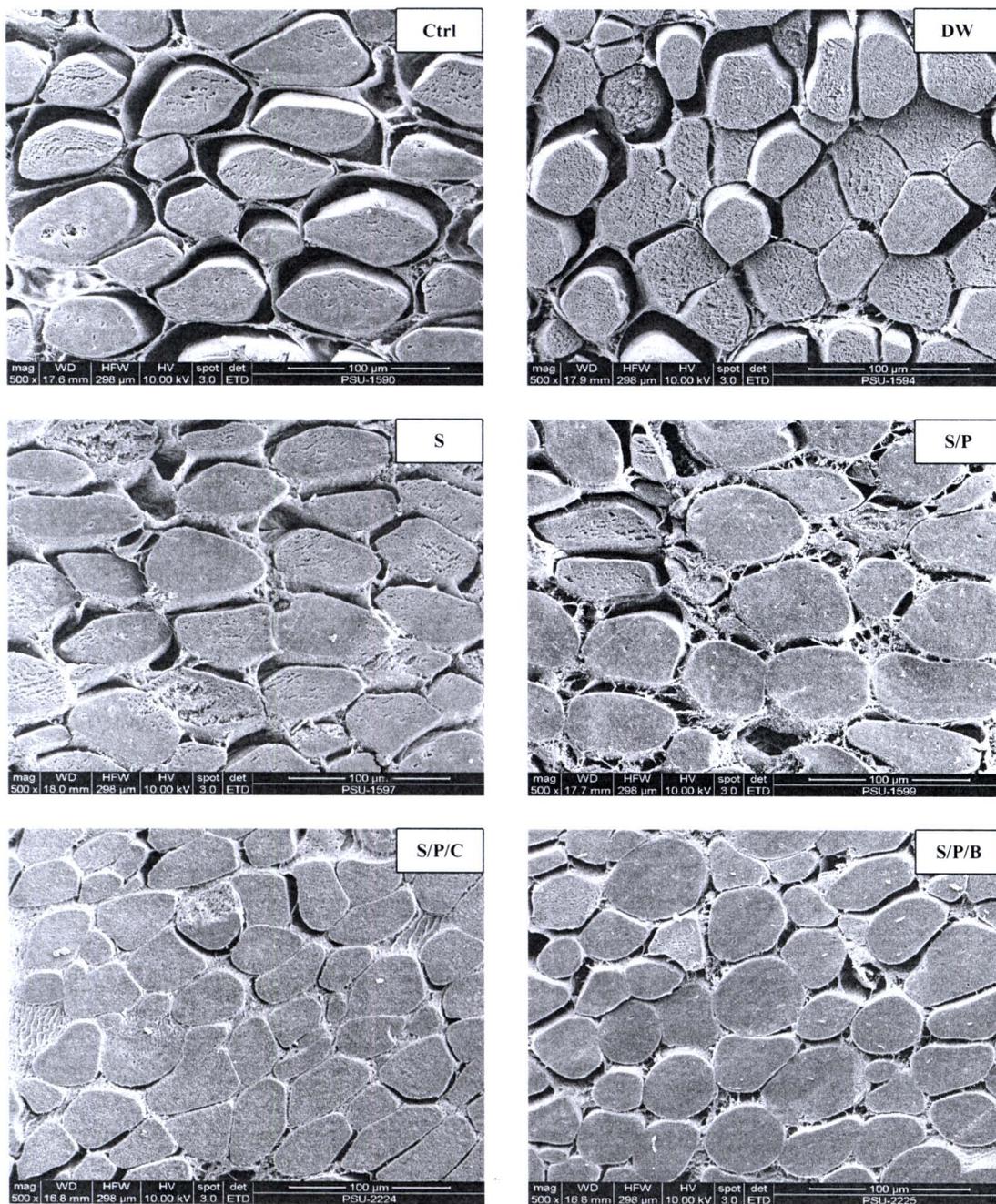
Ctrl ชุดควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) DW น้ำกลั่น S โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5
 S/P โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1
 S/P/C โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02
 S/P/B โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3

a-d: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 12 ซ้ำ

4.1.1.5 โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้ออกไก่ดิบที่ผ่านการหมัก

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้ออกไก่ดิบที่ผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ทั้ง 6 ชุดการทดลอง จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า (รูปที่ 7) แสดงให้เห็นว่า เนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctl) เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวลง โดยสังเกตได้จากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อแยกออกจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเอนโดไมซิซึม (Endomysium) อย่างชัดเจน สอดคล้องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กที่สุด เท่ากับ 39.96 ไมโครเมตร ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 อาจเป็นผลมาจากการสูญเสียน้ำที่อยู่ภายในเนื้อจากการสูญเสียสภาพของโปรตีน ขณะแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ส่วนเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S, S/P, S/P/C และ S/P/B จะมีการบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ Ctl และ DW โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S/P/C และเนื้ออกไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะเห็นเส้นใยกล้ามเนื้อ มีลักษณะอัดแน่น สังเกตได้จากช่องว่างระหว่าง เส้นใยกล้ามเนื้อ มีลักษณะแคบกว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ มีขนาดใหญ่กว่า ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S หรือหมักด้วย S/P การบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อดังกล่าว เป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารหมักเนื้อ จะเพิ่มประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน เกิดแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน (Rust, 1987) ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างแอกตินและไมโอซิน ภายในโครงสร้างไมโอไฟบริลลาโปรตีน ทำให้สามารถรับน้ำหรือสารหมักจากภายนอกเข้าสู่ภายในโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น (Lawrie, 1991)



รูปที่ 7 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาพตามภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อที่กำลังขยาย 500 เท่าของเนื้ออกไก่ดิบเมื่อไม่ผ่านการหมัก (Ctrl), แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 (S), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 (S/P), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (S/P/C), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 (S/P/B)

ตารางที่ 5 เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่ดิบหลังผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

| Treatment | Fiber diameter (μm) |
|-----------|----------------------------------|
| Ctrl | 39.96 \pm 6.40 ^c |
| DW | 42.18 \pm 5.58 ^c |
| S | 48.18 \pm 6.33 ^b |
| S/P | 49.45 \pm 6.50 ^{ab} |
| S/P/C | 51.45 \pm 4.13 ^a |
| S/P/B | 51.85 \pm 6.42 ^a |

Ctrl ชูคควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) DW น้ำกลั่น S โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5
 S/P โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1
 S/P/C โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02
 S/P/B โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 3

a-c: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

4.1.2 ผลของสารหมักเนื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอลและ

เตรียมเนื้อไก่ โดยใช้สารหมักเนื้อทั้ง 6 ชูคการทดลอง จากนั้นนำไปผลิตเป็นไก่กอลและ นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่าพีเอช น้ำหนักของผลผลิต (Product yield) ค่าแรงเฉือน (Shear force) ด้วย Warner-Bratzler blade ลักษณะเนื้อสัมผัสประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อไก่กอลและ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale

4.1.2.1 ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของไก่กอลและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อทั้ง 6 ชูคการทดลอง ด้วยเครื่อง pH meter ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าไก่กอลและที่หมักด้วย S/P/B มีค่าพีเอชสูงสุด (7.02) ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชูคการทดลองอื่น ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับเนื้ออกไก่ดิบ จากตารางที่ 6 เนื่องมาจากโซเดียมไตรโพลี

ฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของอ็อน ทำให้ค่าพีเอชของโปรตีนในเนื้อสูงขึ้น (Sen *et al.*, 2005)

4.1.2.2 นำหนักของผลผลิต

การวิเคราะห์นำหนักของผลผลิตของตัวอย่างไก่กอกและ โดยทำการคำนวณเป็นร้อยละของนำหนักเนื้อไก่เริ่มต้นก่อนผ่านการหมัก กับนำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไก่กอกและ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารใดๆ (Ctrl) มีนำหนักของผลผลิตน้อยที่สุด (ร้อยละ 99.58) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ในน้ำกลั่น (DW) (ร้อยละ 100.32) เนื่องจากเนื้อไก่มีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ จึงเกิดการสูญเสียน้ำในขณะให้ความร้อนสูง ส่งผลต่อนำหนักของผลผลิตเมื่อผ่านกระบวนการผลิตเป็นไก่กอกและ ในขณะที่ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อจะมีนำหนักของผลผลิตสูงกว่า โดยไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะให้น้ำหนักผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 112.14) รองลงมาคือ ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/C (ร้อยละ 110.95) ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P (ร้อยละ 109.61) และไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S (ร้อยละ 104.90) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sheard and Tali (2004) พบว่าเมื่อมีการใช้โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไตร โพลีฟอสเฟต โซเดียมไบคาร์บอเนต ทั้งที่มีการใช้สารใดสารหนึ่งเพียงชนิดเดียว สองชนิด หรือ สามชนิดร่วมกัน จะสามารถเพิ่มนำหนักผลผลิตได้มากกว่า ($p\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับจุดควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว

4.1.2.3 ค่าแรงเนียน

การวิเคราะห์ค่าแรงเนียนของไก่กอกและ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ด้วย Warner-Bratzler พบว่าไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) จะใช้แรงในการตัดผ่านชิ้นเนื้อสูงที่สุด (21.07 นิวตัน) รองลงมาคือ ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ในน้ำกลั่น (DW) (19.10 นิวตัน) และพบว่าแรงที่ใช้ในการตัดผ่านชิ้นเนื้อ ไก่กอกและจะมีค่าลดลงเมื่อมีการหมักเนื้อไก่ด้วยสารหมักเนื้อในทุกชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6 ค่าแรงที่ใช้ตัดผ่านชิ้นเนื้อลดลงเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารหมักเนื้อ ด้วยการเพิ่มประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ส่งผลให้ความสามารถในการจับน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้คุณสมบัติบางประการของสารประกอบฟอสเฟตมีผลต่อการสลายของแอคโตไมโอซิน (Trout and Schmidt, 1983; Baublits *et al.*, 2006) ทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น รวมทั้งกรดซิตริกอาจมีผลในการสลายตัวหรือทำให้โครงสร้างของไมโอไฟบริลลาร์อ่อนตัวลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baublits *et al.* (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้โซเดียมคลอไรด์ และ โซเดียมไตร โพลีฟอสเฟตในเนื้อโค พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์

ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตจะให้ค่าแรงเนียนด้วย Warner-Bratzler ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่มีการใช้สารใดๆ) ค่าแรงเนียนจะบ่งบอกถึงความนุ่มของเนื้อ นอกจากนี้โซเดียมคลอไรด์ยังมีผลช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีน เพิ่มความสามารถในการจับน้ำของโปรตีน ส่งผลให้แรงในการตัดชิ้นเนื้อมีค่าลดลง (Trout and Schmidt, 1983)

ตารางที่ 6 ค่าพีเอช น้ำหนักของผลผลิต และค่าแรงเนียน ของไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ ที่ผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

| Treatment | pH | Product yield (%) | Shear force (N) |
|-----------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Ctrl | 6.34±0.03 ^c | 99.58±0.96 ^c | 21.07±0.85 ^a |
| DW | 6.38±0.01 ^d | 100.32±0.56 ^c | 19.10±0.81 ^b |
| S | 6.43±0.01 ^c | 104.90±0.60 ^d | 16.12±0.60 ^c |
| S/P | 6.52±0.01 ^b | 109.61±0.88 ^c | 14.02±0.70 ^d |
| S/P/C | 6.49±0.01 ^b | 110.95±0.83 ^b | 13.64±0.71 ^d |
| S/P/B | 7.02±0.03 ^a | 112.14±0.38 ^a | 12.13±0.79 ^c |

Ctrl ชุดควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) DW น้ำกลั่น S โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5
 S/P โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1
 S/P/C โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02
 S/P/B โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 3

a-e: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

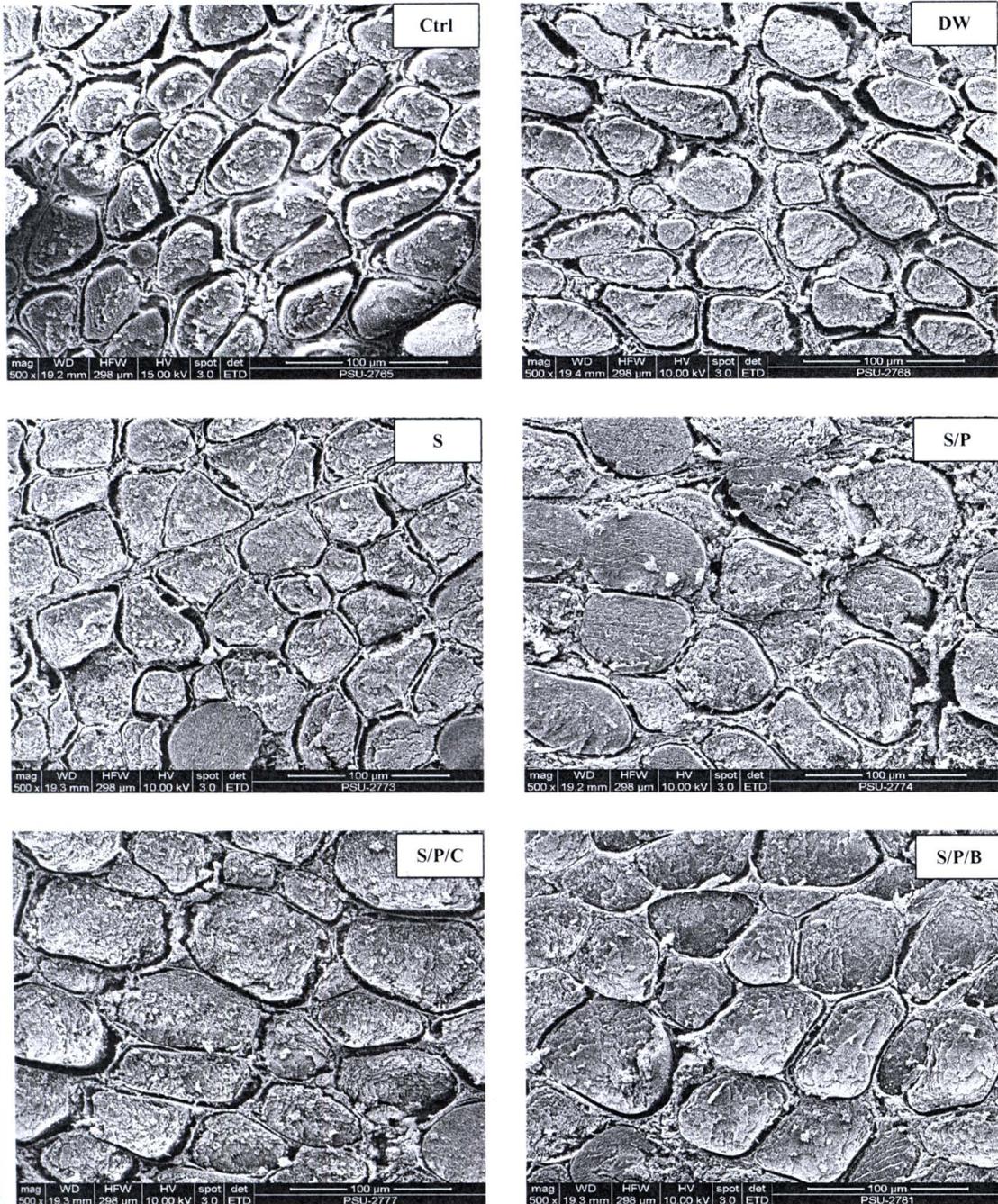
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าพีเอช และน้ำหนักผลผลิต จากการวัด 6 ชั่วโมง

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าแรงเนียน จากการวัด 12 ชั่วโมง

4.1.2.4 โครงสร้างระดับจุลภาคของไก่กอกและ

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของไก่กอกและ จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า (รูปที่ 8) พบว่าไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) และไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวที่ค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากการแยกออกจาก

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเอนโดไมเซียม (Endomysium) มองเห็นช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชัดเจนขึ้น อาจเป็นผลจากการสูญเสียน้ำเนื่องมาจากการการเสียดสีสภาพของ โปรตีนตั้งแต่ขั้นตอนของการแช่เย็น เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัว และเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนจึงเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้ออีกครั้ง ในขณะที่ไก่ออกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S, S/P, S/P/C และ S/P/B ช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีลักษณะแคบกว่า โดยเมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่ออกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ใช้สารหมักเนื้อจะมีขนาดใหญ่กว่า ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ออกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก หรือ แช่ด้วยน้ำกลั่น (ตารางที่ 7) เป็นผลมาจากความสามารถในการดูดซับ สารหมักของไมโอไฟบริลลาโปรตีนไว้ในระหว่างกระบวนการหมัก จึงช่วยลดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องมาจากการให้ความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่ออกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่มีการใช้สารหมักร่วมกันระหว่างโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตกับสารอื่นๆ เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะอัดแน่น และมีการ บวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ออกและที่เตรียมจากเนื้อออกไก่ที่หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว เป็นผลมาจากเมื่อมีการใช้สาร 2 ชนิดร่วมกัน เกิดการเพิ่มประจุที่เหมือนกันจำนวนมากให้กับ โมเลกุลของโปรตีน เกิดแรง ผลักระหว่างประจุ ทำให้เพิ่มช่องว่างระหว่างโปรตีนแอคตินและไมโอซินที่อยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้สามารถรับสารหมักเนื้อเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น (Lawrie, 1991) ในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนจากการใช้ไอน้ำจันอุณหภูมิจากกลางของชิ้นเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และการอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จึงสามารถสังเกตเห็นการบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากกว่า



รูปที่ 8 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาพตามภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อเนื้อที่ก้างขยาย 500 เท่า ของ ไก่ก้อและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl), แซ่ด้วยน้ำกลั่น (DW), หมักด้วย โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 (S), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลี ฟอสเฟตร้อยละ 1 (S/P), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลี ฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (S/P/C), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 (S/P/B)

ตารางที่ 7 เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่หลังผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

| Treatment | Fiber diameter (μm) |
|-----------|----------------------------------|
| Ctrl | 41.72 \pm 4.54 ^d |
| DW | 40.67 \pm 4.04 ^d |
| S | 47.91 \pm 6.42 ^c |
| S/P | 54.60 \pm 5.29 ^b |
| S/P/C | 56.15 \pm 5.07 ^{ab} |
| S/P/B | 57.81 \pm 3.76 ^a |

| | | | | | |
|-------|--|----|----------|---|------------------------|
| Ctrl | ชุดควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) | DW | น้ำกลั่น | S | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 |
| S/P | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 | | | | |
| S/P/C | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02 | | | | |
| S/P/B | โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 | | | | |

a-d: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

4.1.2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอกและ โดยวิธี Texture profile analysis

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอกและ ด้วยเครื่อง Texture analyzer ประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis (TPA) พบว่า ค่าความแข็งของไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) จะให้ค่าความแข็งมากที่สุด (16.91 นิวตัน, ตารางที่ 8) และไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด (11.87 นิวตัน) ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) ของไก่กอกและระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Chewiness) พบว่า ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) จะมีแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารสูงที่สุด (6.59 นิวตัน) รองลงมาคือ ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (6.71 นิวตัน) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ ไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะมีค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวต่ำที่สุด (4.91 นิวตัน) โดยค่าความแข็งและค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวของไก่กอกและจะให้ผลที่สอดคล้องกับค่าแรงเฉือนในตารางที่ 6

ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่คงอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับน้ำของโปรตีน

ตารางที่ 8 ผลการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture profile analysis ของไก่กอกและ

| Treatment | Hardness (N) | Springiness | Cohesiveness | Chewiness (N) |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Ctrl | 16.91±0.83 ^a | 1.02±0.03 ^{ab} | 0.40±0.81 ^{ab} | 6.59±0.88 ^a |
| DW | 14.10±0.73 ^b | 1.02±0.04 ^{ab} | 0.43±0.08 ^a | 6.71±0.85 ^a |
| S | 14.32±0.87 ^b | 1.02±0.31 ^{ab} | 0.38±0.05 ^b | 5.46±0.71 ^b |
| S/P | 13.85±0.92 ^b | 1.03±0.07 ^{ab} | 0.40±0.03 ^{ab} | 5.74±0.83 ^b |
| S/P/C | 12.68±0.89 ^c | 1.05±0.08 ^a | 0.41±0.04 ^{ab} | 5.38±0.76 ^{bc} |
| S/P/B | 11.87±0.81 ^d | 1.00±0.01 ^b | 0.42±0.05 ^a | 4.91±0.54 ^c |

Ctrl ชุดควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) DW น้ำกลั่น S โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5

S/P โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1

S/P/C โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02

S/P/B โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3

a-d: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 12 ซ้ำ

4.1.2.6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไก่กอกและ

การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม ของไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) แซ่ด้วยน้ำกลั่น (DW) และหมักด้วยสารหมักเนื้อชนิดต่างๆ ทั้ง 6 ชุดการทดลอง โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale พบว่า ด้านลักษณะปรากฏ ซึ่งพิจารณาจากสีของเครื่องแกงและเนื้อไก่ ความหยาบละเอียดของเครื่องแกง การเกาะตัวของเครื่องแกงบนชิ้นเนื้อ โดยผู้ประเมินให้คะแนนไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/C มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงที่สุด (5.17 คะแนน, ตารางที่ 9) และไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B มีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำที่สุด (4.56 คะแนน) อาจเนื่องมาจากไก่กอกและที่ผ่านการหมักด้วย S/P/B บริเวณผิวชิ้นเนื้อ จะมีสีเหลืองเข้มขึ้นหรือ

สีค่อนข้างคล้ำเล็กน้อย แตกต่างไปจากไก่กอกและในชุดการทดลองอื่น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากธาตุเหล็กในรูป Fe^{2+} ที่อยู่ในไมโอโกลบิน (Myoglobin) เกิดการออกซิไดซ์ (Oxidize) ไปอยู่ในรูป Fe^{3+} ทำให้ไมโอโกลบิน เปลี่ยนรูปเป็นสารที่เรียกชื่อว่า เมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) (Lawrie, 1991) สำหรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่มีการใช้สารหมักเนื้อ คือ S/P, S/P/C และ S/P/B สูงกว่าไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ใช้สารหมักเพียงชนิดเดียว คือ S รวมทั้งที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) และไม่ผ่านการหมักด้วยสารใด (Ctrl) อาจเนื่องมาจากโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไตรโพสเฟต เมื่อมีการใช้ร่วมกันจะเสริมฤทธิ์ ช่วยปรับปรุงความสามารถในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อไก่ (Young *et al.*, 1996) แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ประเมินจะให้คะแนนความชอบสูงที่สุดทุกๆ ด้าน ในไก่กอกและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/C เนื่องจากสีของเนื้อไก่อังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง มีความหอมของกลิ่นเครื่องเทศในเครื่องแกง เนื้อสัมผัสนุ่ม ชุ่มน้ำ ไม่แห้งกระด้าง รวมทั้งมีรสชาติที่ดี อาจเป็นผลที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเฉพาะของกรดอินทรีย์ ในการสลายไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน รวมทั้งสโตรมาโปรตีน (Hinkle, 2010) หรืออาจเป็นผลจากการที่พันธะเปปไทด์ภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อถูกไฮโดรไลซ์ (Burke and Monahan, 2003)

ตารางที่ 9 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ

7-Point hedonic scale

| Treatment | Appearance | Texture | Taste | Overall acceptance |
|-----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Ctrl | 4.94±0.73 ^{ab} | 4.28±0.89 ^b | 4.72±0.89 ^b | 4.61±0.85 ^b |
| DW | 5.11±0.83 ^a | 4.67±0.69 ^b | 4.78±0.81 ^b | 4.56±0.86 ^b |
| S | 5.06±0.87 ^a | 4.44±0.70 ^b | 5.17±0.86 ^{ab} | 4.56±0.86 ^b |
| S/P | 5.00±0.84 ^a | 5.44±0.78 ^a | 5.44±0.92 ^a | 5.50±0.51 ^a |
| S/P/C | 5.17±0.79 ^a | 5.56±0.70 ^a | 5.50±0.86 ^a | 5.61±0.61 ^a |
| S/P/B | 4.56±0.70 ^b | 5.39±0.85 ^a | 4.94±0.87 ^b | 5.39±0.78 ^a |

Ctrl ชูคควบคุม (ไม่หมักเนื้อ) DW น้ำกลั่น S โขเคี้ยวเมล็ดไรค์ร้อยละ 5
 S/P โขเคี้ยวเมล็ดไรค์ร้อยละ 5/โขเคี้ยวไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1
 S/P/C โขเคี้ยวเมล็ดไรค์ร้อยละ 5/โขเคี้ยวไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/กรดซิตริกร้อยละ 0.02
 S/P/B โขเคี้ยวเมล็ดไรค์ร้อยละ 5/โขเคี้ยวไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1/โซเดียมไบคาร์บอเนต ร้อยละ 3

a-d: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบ 30 คน

ดังนั้น ชูคการทดลองที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อไก่สำหรับผลิตไก่กอบและเพื่อใช้ในการศึกษาการใช้เทคนิค Sous vide และอายุการเก็บรักษาของไก่กอบและพร้อมบริโภคในขั้นตอนต่อไป คือ ชูคการทดลองที่เตรียมเนื้อไก่โดยการหมักด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 เนื่องจากชูคการทดลองดังกล่าวมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกๆด้านสูงที่สุด และมีน้ำหนักผลผลิตสูงกว่าชูคควบคุม ($p \leq 0.05$)

4.2 ผลของการใช้เทคนิค Sous vide ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอกและพร้อมบริโภค ที่เตรียมจากสารหมักเนื้อที่เหมาะสมที่สุดจาก ข้อ 4.1

ผลิตไก่กอกและจากเนื้อไก่ส่วนอก โดยเตรียมเนื้อไก่ด้วยสารหมักเนื้อที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 4.1 คือ หมักเนื้อในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 และโซเดียมไนไตรท์ร้อยละ 0.02 ระยะเวลาการหมัก 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปผลิตเป็นไก่กอกและตามวิธีการทดลองในข้อ 4.1 โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ร้อยละ 0.02 ผสมในเครื่องแกงกอกและ บรรจุไก่กอกและถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสง ชนิดไนลอน 15/โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 65 ขนาด 150x180 มิลลิเมตร ใช้อุณหภูมิในการทำลายจุลินทรีย์ 2 ระดับ โดยวัดอุณหภูมิจากจุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อ คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับไก่กอกและที่มีการใช้ และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ ผสมในเครื่องแกงและสารละลายน้ำหมัก บรรจุถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสง ชนิดไนลอน 15/โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 65 แต่ไม่ผ่านการให้ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน วิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ และทางจุลินทรีย์ ดังนี้ น้ำหนักของผลผลิต (Product yield) ค่า Aw (Water activity) ค่าพีเอช ค่าแรงเฉือน (Shear force) ด้วย Warner-Bratzler blade ลักษณะเนื้อสัมผัสประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis (TPA) ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของไก่กอกและ ค่าสีด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ ปริมาณมาโลนาอัลดีไฮด์ด้วยเทคนิค TBARs ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count), *Escherichia coli* โดยวิธี MPN, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. Lactic acid bacteria ปริมาณยีสต์และรา คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale

4.2.1 น้ำหนักของผลผลิต

การวิเคราะห์น้ำหนักร้อยละของผลผลิตของตัวอย่างไก่กอกและ โดยทำการคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้นกับน้ำหนักของไก่กอกและ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า น้ำหนักร้อยละของผลผลิตทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ถึงแม้ว่าไก่กอกและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide จะมีการใช้ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส แต่การบรรจุไก่กอกและในถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสงในสภาวะสุญญากาศ ก่อนจะไปผ่านการให้ความร้อน อาจทำให้สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำได้ ทำให้ไม่เกิดความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่มีการใช้และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

4.2.2 ค่า Aw

การวิเคราะห์ค่า Aw ของตัวอย่างไก่กอกและทั้ง 4 ชุดการทดลอง ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า ค่าAw ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีการผลิตไก่กอกและเริ่มตั้งแต่การเตรียมเนื้อไก่ ส่วนผสมของเครื่องแกง กอกและ รวมทั้งการผลิตเป็นไก่กอกและ จะไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ยกเว้น ในขั้นตอนการใช้เทคนิค Sous vide ที่มีการบรรจุไก่กอกและภายใต้สภาวะสุญญากาศร่วมกับการใช้ ความร้อน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ภาชนะบรรจุ จะสามารถช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้น ถึงแม้ จะมีการให้ความร้อนอีกครั้งกับชุดการทดลองที่มีการใช้เทคนิค Sous vide ก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ส่งผล ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณตัวถูกละลายต่างๆที่เป็นส่วนผสมในเครื่องแกง หรือในชิ้นเนื้อ ทำให้ไม่มีผลต่อค่า Aw ในแต่ละชุดการทดลอง

ตารางที่ 10 น้ำหนักของผลผลิต และ ค่า Aw ของไก่กอกและ

| Treatment | Product yield (%) | Water activity |
|----------------------------|-------------------|----------------|
| nonSV/nonNaNO ₂ | 110.30±0.96 | 0.99±0.00 |
| nonSV/NaNO ₂ | 110.53±0.94 | 0.98±0.00 |
| SV70/NaNO ₂ | 110.25±0.87 | 0.99±0.00 |
| SV80/NaNO ₂ | 111.08±0.41 | 0.98±0.00 |

nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของน้ำหนักผลผลิต จากการวัด 6 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่า Aw จากการวัด 3 ซ้ำ

4.2.3 ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของไก่กอกและ ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ด้วยเครื่อง pH meter ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่าค่าพีเอชของไก่กอกและทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา

อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส จะสามารถลดหรือทำลายปริมาณจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชน้อย

4.2.4 ค่าแรงเคียน

การวิเคราะห์ค่าแรงเคียนของไก่กอกและทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วย Warner-Bratzler Blade ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่า เนื้อไก่กอกและทุกชุดการทดลองจะมีค่าแรงเคียนเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษาจากการเสียดสภาพของโปรตีน ทำให้มีความนุ่มลดลง ส่งผลให้ใช้แรงในการตัดผ่านชิ้นเนื้อสูงขึ้น สำหรับค่าแรงเคียนของเนื้อไก่กอกและที่มีการใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส จะมีค่าสูงกว่าเนื้อไก่กอกและที่ไม่มีการใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ เป็นผลมาจากปัจจัยร่วมของการใช้ ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Sous vide ทำให้โปรตีนได้รับความร้อนในเวลานานกว่า โปรตีนเกิดการเสียดสภาพเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ร่วมกับการบรรจุในสภาวะสุญญากาศจะเกิดแรงบีบอัดระหว่างถุงกับเนื้อไก่ นอกจากนี้แรงบีบอัดที่เกิดขึ้น อาจส่งผลให้เครื่องแกงไก่กอกและสามารถจะแทรกผ่านเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อได้มากขึ้น มีผลทำให้เนื้อมีความนุ่ม จึงใช้แรงในการตัดผ่านชิ้นเนื้อน้อยกว่า



ตารางที่ 11 ค่าพีเอชของน้ำก๋อและที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

| Treatment | pH value | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| | Day 0 | Day 10 | Day 20 | Day 30 | Day 40 | Day 50 | Day 60 |
| nonSV/nonNaNO ₂ | 6.03±0.02 ^{bw} | 6.02±0.03 ^{bx} | 6.02±0.02 ^{bx} | 6.04±0.02 ^{abx} | 6.04±0.02 ^{ab_y} | 6.07±0.02 ^{awx} | 6.04±0.02 ^{abx} |
| nonSV/NaNO ₂ | 6.01±0.03 ^{bw} | 6.02±0.01 ^{bx} | 6.02±0.02 ^{bx} | 6.10±0.04 ^{aw} | 6.09±0.02 ^{awx} | 6.07±0.04 ^{awx} | 6.07±0.03 ^{ax} |
| SV70/NaNO ₂ | 6.02±0.02 ^{bw} | 6.04±0.04 ^{bx} | 6.09±0.03 ^{aw} | 6.11±0.03 ^{aw} | 6.11±0.03 ^{aw} | 6.10±0.04 ^{aw} | 6.13±0.02 ^{aw} |
| SV80/NaNO ₂ | 6.03±0.03 ^{bw} | 6.10±0.06 ^{aw} | 6.09±0.05 ^{aw} | 6.09±0.01 ^{aw} | 6.07±0.02 ^{ab_{x_y}} | 6.06±0.02 ^{abx} | 6.06±0.01 ^{abx} |

nonSV/nonNaNO₂: น้ำก๋อและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: น้ำก๋อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: น้ำก๋อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: น้ำก๋อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

a-b: ค่าเฉลี่ยในแผนอนที่ที่ตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

w-y: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 6 ซ้ำ

ตารางที่ 12 ค่าแรงฉีกของไ้ก่อกอและที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

| Treatment | Shear force value (N) | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | Day 0 | Day 10 | Day 20 | Day 30 | Day 40 | Day 50 | Day 60 |
| nonSV/nonNaNO ₂ | 14.79±1.09 ^{cw} | 15.27±0.79 ^{bcw} | 15.91±0.89 ^{abw} | 16.30±0.90 ^{aw} | 16.48±1.06 ^{aw} | 16.19±0.89 ^{abw} | 16.07±1.07 ^{abw} |
| nonSV/NaNO ₂ | 14.76±0.83 ^{cw} | 15.29±0.75 ^{bcw} | 15.82±0.98 ^{abw} | 16.20±1.09 ^{abw} | 16.41±1.04 ^{aw} | 16.51±1.06 ^{aw} | 16.45±1.03 ^{aw} |
| SV70/NaNO ₂ | 13.11±0.93 ^{dx} | 13.47±0.92 ^{cdx} | 13.85±0.72 ^{bcdx} | 14.25±0.83 ^{abxc} | 14.52±1.02 ^{abx} | 14.55±0.79 ^{abx} | 14.71±0.56 ^{dx} |
| SV80/NaNO ₂ | 13.09±0.83 ^{dx} | 13.50±0.94 ^{cdx} | 13.91±0.64 ^{bcdx} | 14.17±0.86 ^{abcc} | 14.38±0.94 ^{abx} | 14.64±0.78 ^{abx} | 14.76±0.60 ^{dx} |

nonSV/nonNaNO₂: ไ้ก่อกอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่มีโซไฟทอนิก Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไ้ก่อกอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่มีโซไฟทอนิก Sous vide

SV70/NaNO₂: ไ้ก่อกอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้ไฟทอนิก Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไ้ก่อกอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้ไฟทอนิก Sous vide 80 องศาเซลเซียส

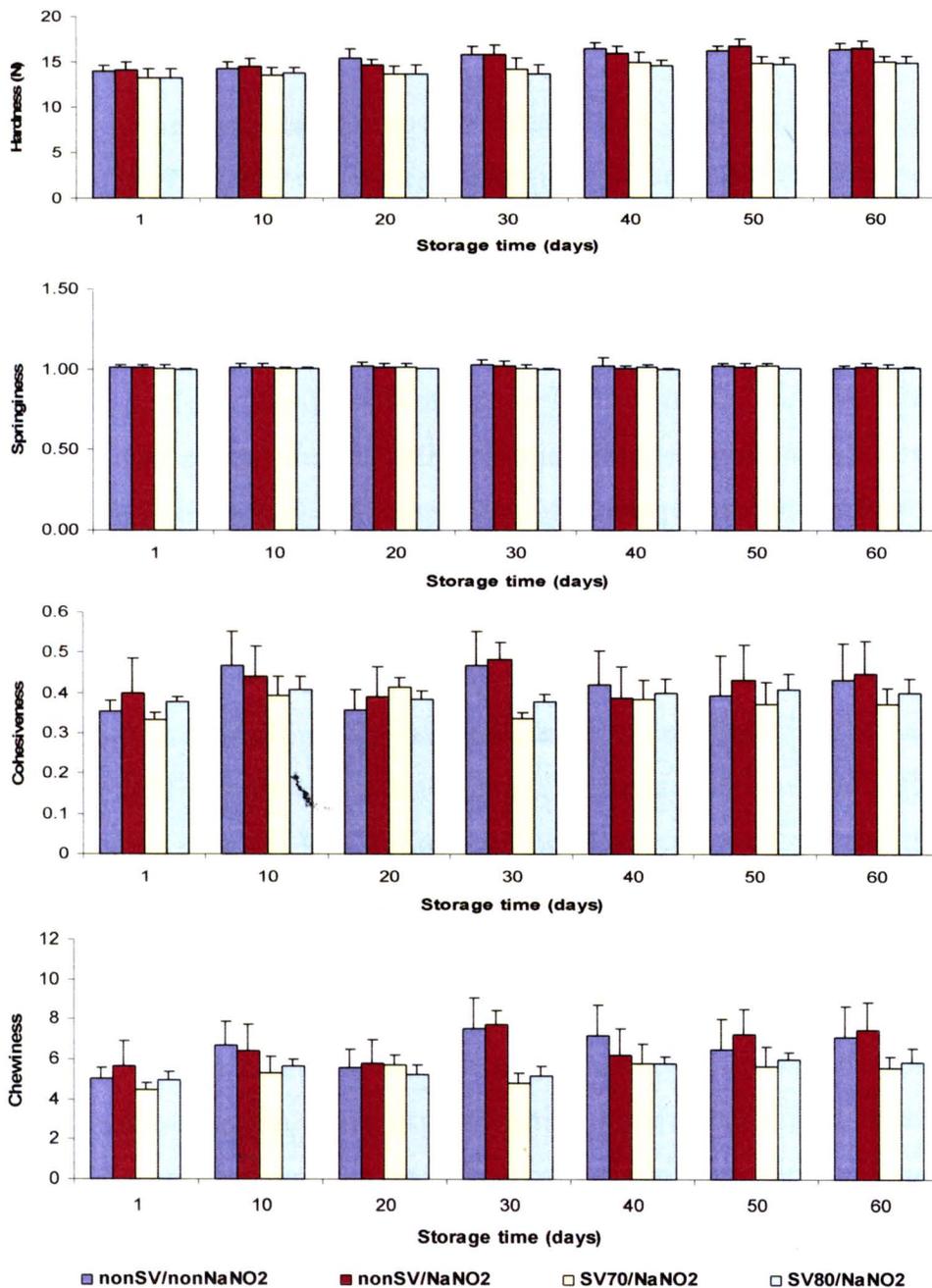
a-d: ค่าเฉลี่ยในแนวอนที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

w-x: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของน้ำหนักผลผลิต จากตารางที่ 12 ซ้ำ

4.2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและ โดยวิธี Texture profile analysis

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis (TPA) ผลการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 9 และรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 1 พบว่า ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ค่าความแข็ง (Hardness) ของเนื้อไก่กอและทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ซึ่งให้ผล สอดคล้องกับค่าแรงเฉือน อันเป็นผลเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำในเนื้อที่เกิดการสูญเสียในระหว่างการ เก็บรักษา ทำให้แรงที่ใช้ในการเจาะทะลุชิ้นเนื้อ มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่กอและที่ใช้ การใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่ามีค่าความแข็งต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) ไก่กอและที่ไม่ใช้ เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์ เช่นเดียวกับค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยว อาหาร (Chewiness) ($p \leq 0.05$) อาจเป็นผลมาจากการใช้ความร้อนในระยะเวลาที่นานกว่าทำให้เกิด การละลายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคอลลาเจนมากขึ้น ช่วยเพิ่มความนุ่มของเนื้อ (Voller-Reasonover *et al.*, 1997; Wattanachant *et al.*, 2008) ร่วมกับแรงบีบอัดจากสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้ ส่วนที่เป็นเครื่องแกงแทรกผ่านเข้าภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดี จึงใช้แรงในการเจาะ ทะลุชิ้นเนื้อน้อยกว่า ส่วนค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) พบว่าไก่กอและที่ใช้ เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ จะมีแนวโน้มสูงกว่า ($p > 0.05$) ไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ($p > 0.05$)



รูปที่ 9 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture profile analysis (TPA) ของไก่กอลและ nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอลและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide nonSV/NaNO₂: ไก่กอลและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide SV70/NaNO₂: ไก่กอลและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส SV80/NaNO₂: ไก่กอลและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 12 ซ้ำ

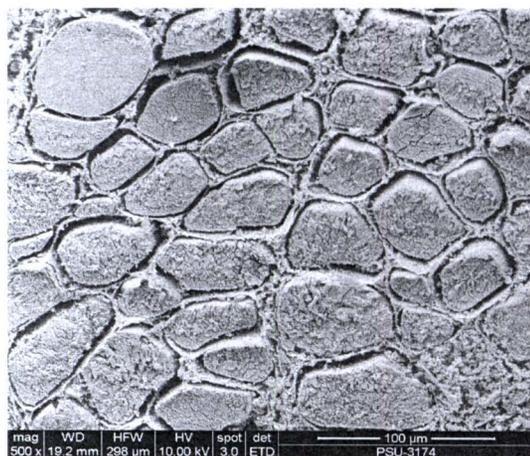
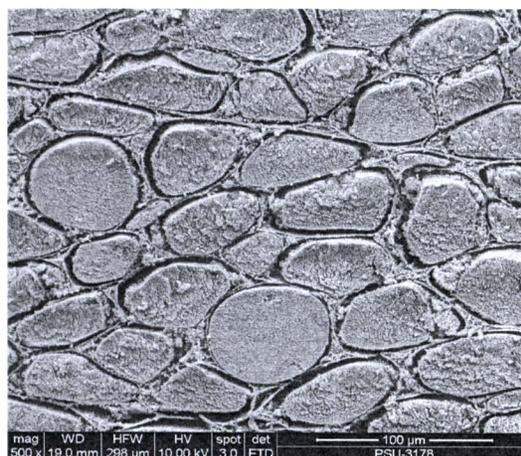
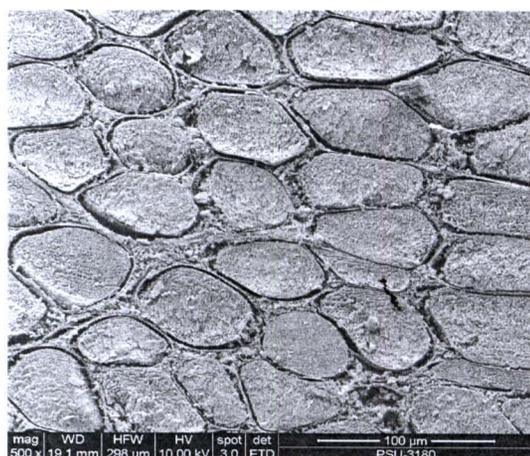
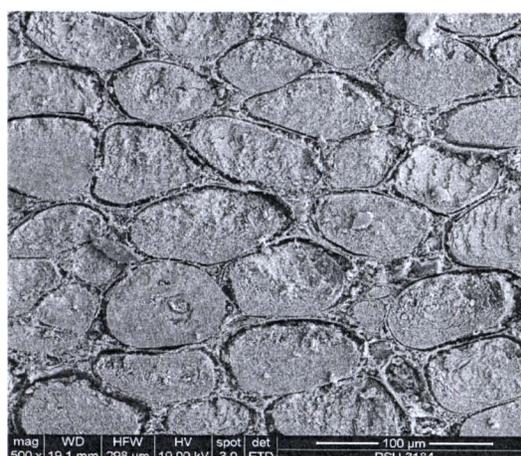
4.2.6 ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของไก่ออกและระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ

4 องศาเซลเซียส

โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่ออกและทั้ง 4 ชุดการทดลอง แสดงด้วยภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM: Scanning electron microscope) ดังแสดงในรูปที่ 10 (วันที่ผลิต) และรูปที่ 11 (วันที่ 40 ของการเก็บรักษา)

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่าไก่ออกและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ จะสามารถสังเกตเห็นลักษณะช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้ค่อนข้างชัดเจน และเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะค่อนข้างกลม ในขณะที่ไก่ออกและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะค่อนข้างเป็นวงรี และช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเล็กกว่า สอดคล้องกับขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งพบว่าไก่ออกและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide จะมีขนาดเล็กกว่า ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่ออกและที่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งนี้อาจเนื่องจากเทคนิค Sous vide จะมีการบีบอัดจากการบรรจุในสถานะสุญญากาศระหว่างเพาะกับไก่ออกและที่อยู่ภายใน จึงทำให้โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง รวมทั้งแรงบีบอัดดังกล่าวทำให้เครื่องแกงจะสามารถแทรกซึมเข้าสู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดีกว่า เส้นผ่านศูนย์กลางจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เส้นใยกล้ามเนื้อเรียงตัวกันแน่น ส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อน้อยลง โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคือในวันที่ 40 พบว่าช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่ออกและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 ชุดการทดลอง สามารถสังเกตเห็นช่องว่างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับไก่ออกและที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Sous vide เส้นใยกล้ามเนื้อมีการเรียงตัวอย่างหลวมๆ ไม่หนาแน่น เห็นช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้เพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่เริ่มต้นเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเกิดการสูญเสียไอน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวลง โดยเมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน ($p > 0.05$)

ดังตารางที่ 13

nonSV/nonNaNO₂nonSV/NaNO₂SV70/NaNO₂SV80/NaNO₂

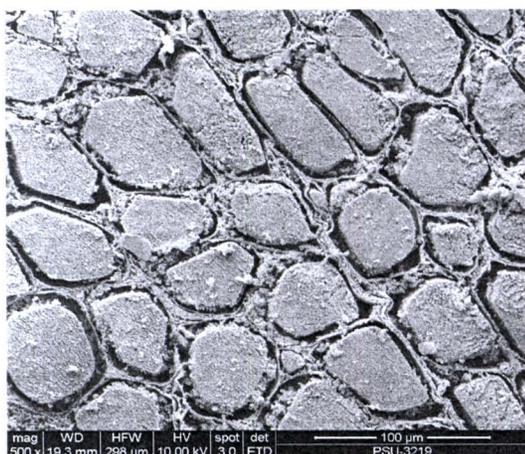
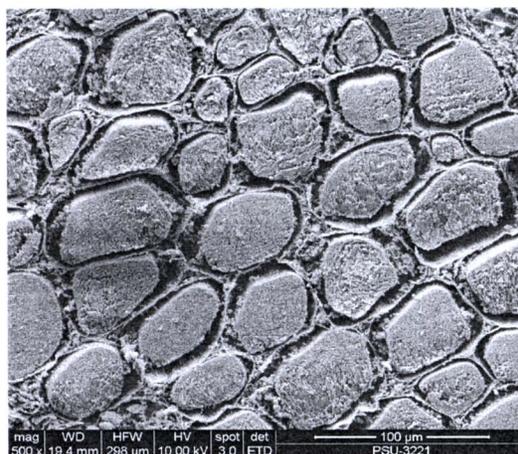
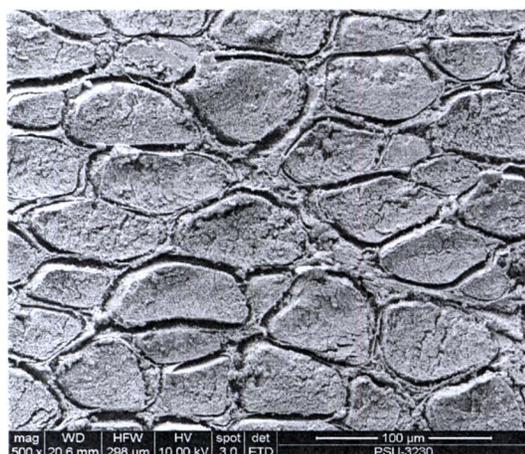
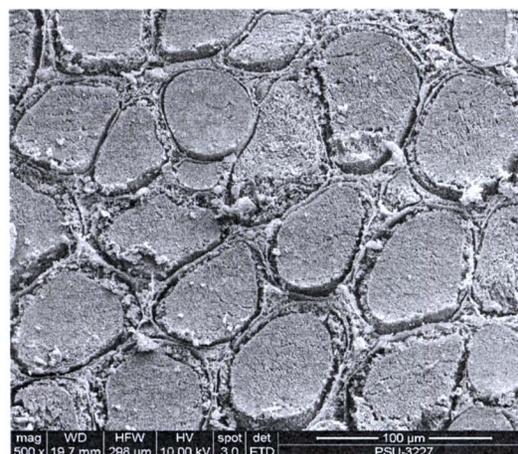
รูปที่ 10 ลักษณะ โครงสร้างทางจุลภาคที่กำลังขยาย 500 เท่า ของเนื้อไก่กอกและในวันที่ผลิต

nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

nonSV/nonNaNO₂nonSV/NaNO₂SV70/NaNO₂SV80/NaNO₂

รูปที่ 11 ลักษณะ โครงสร้างทางจุลภาคที่กำลังขยาย 500 เท่า ของเนื้อไก่กอกและในวันที่ 40 ของการเก็บรักษา

nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 13 เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้านเนื้อของเนื้อไก่กอกและ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

| Treatment | Fiber diameter (μm) | |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | Day 0 | Day 40 |
| nonSV/nonNaNO ₂ | 48.21 \pm 4.59 ^x | 47.73 \pm 5.21 ^w |
| nonSV/NaNO ₂ | 48.87 \pm 3.09 ^x | 48.15 \pm 3.56 ^w |
| SV70/NaNO ₂ | 49.92 \pm 3.04 ^{wx} | 48.93 \pm 3.59 ^w |
| SV80/NaNO ₂ | 51.65 \pm 3.81 ^w | 49.25 \pm 3.07 ^w |

nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยในแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

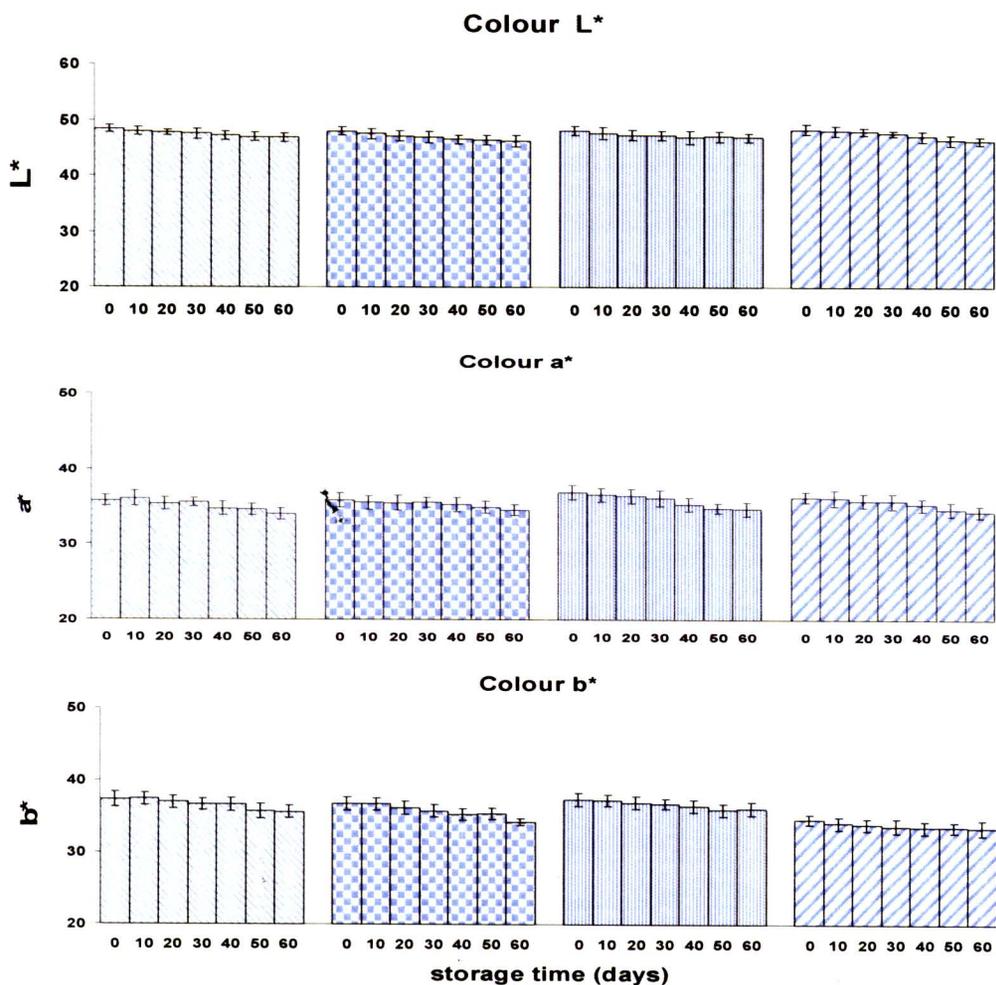
w-x: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

4.2.7 ค่าสีของไก่กอกและพร้อมบริโภค ด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ

จากการวิเคราะห์ค่าสี แบบ CIE (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab Mini Scan EZ ของไก่กอกและ ซึ่งจำแนกค่าสีเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) โดยวัดจากชิ้นของเนื้อไก่กอกและที่มีเครื่องแกงกอกและเคลือบผิวหน้าของชิ้นไก่ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 12 และรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 2 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า L*, a* b* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยทุกชุดการทดลอง ($p > 0.05$) โดยเมื่อพิจารณาจากชิ้นตัวอย่างไก่กอกและ ที่มีเครื่องแกงกอกและเคลือบบนผิวทั่วทั้งชิ้นไก่ มีสีแดงค่อนข้างชัดเจน โดยจะพบว่า ค่า a* ของไก่กอกและจากชุดการทดลองที่ใช้เทคนิค Sous vide คือ SV70/NaNO₂ และ SV80/NaNO₂ ($p > 0.05$) จะมีค่า a* สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอกและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide คือ nonSV/nonNaNO₂ และ nonSV/NaNO₂ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนระยะเวลานานกว่า ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่พบมาในพริกแดง (นิริยา, 2549) นอกจากนี้การลดลงของ

ค่า a^* และ b^* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์สลายตัวได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่าย (นิธิยา, 2549) สอดคล้องกับผลการศึกษากการเปลี่ยนแปลงปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่กอกและ (รูปที่ 13) ที่บ่งบอกถึงการเกิดออกซิเดชันของไขมัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไก่กอกและจะมีการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาได้จากปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน



รูปที่ 12 ค่า L^* , a^* , b^* ของไก่กอกและบรรจุในถุงพลาสติกทนร้อน โปร่งแสง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

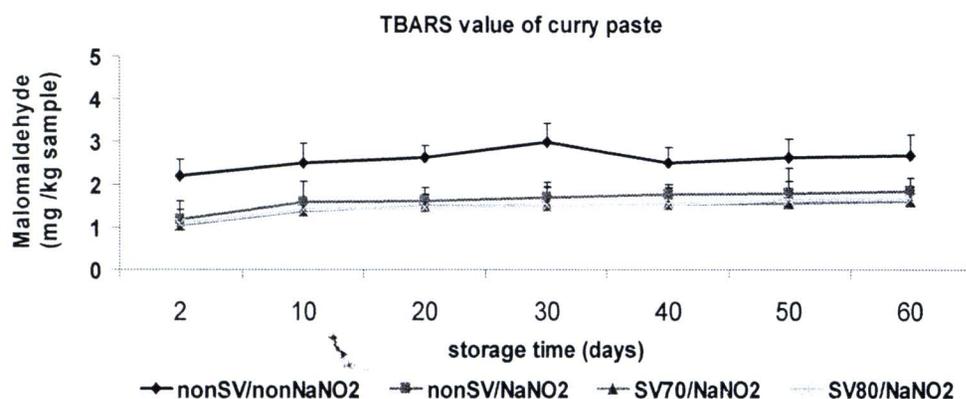
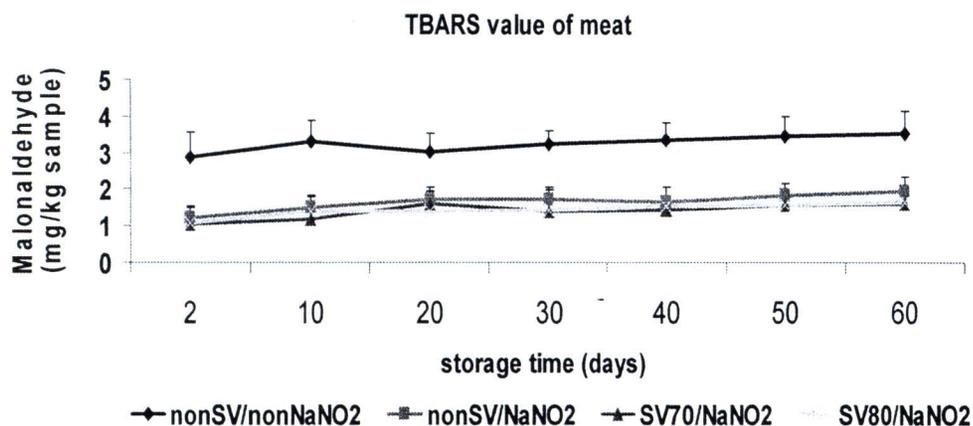
-  nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide
-  nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide
-  SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 70 °C
-  SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 80 °C

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

4.2.8 ปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ของไก่กอกและพร้อมบริโภค

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นกระบวนการที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง ซึ่งจะเกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid: PUFA) ได้ง่ายและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารด้านต่างๆ (Gray, 1978) ปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) เกิดจากการที่ไขมันถูกออกซิไดส์ (Oxidize) ได้สารประกอบมาโลนัลดีไฮด์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาบิturic (2-thiobabituric acid) เกิดเป็น สารประกอบสีแดง รายงานผลเป็นมิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (มก.มาโลนัลดีไฮด์/ 1 กก.ตัวอย่าง) สำหรับใช้เป็นวิธีวัดการเกิดออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 13 และรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 3 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ของเนื้อไก่กอกและเครื่องแกงกอกและในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไก่กอกและชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO₂ ทั้งในส่วนของเนื้อไก่และเครื่องแกง จะมีปริมาณมาโลนัลดีไฮด์สูงที่สุด (2.89-3.54 และ 2.20-2.99 มก.มาโลนัลดีไฮด์/1 กก.ตัวอย่าง ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอกและจากชุดการทดลองอื่น ทั้งนี้เป็นผลมาจากชุดการทดลองดังกล่าวไม่มีการเติมโซเดียมไนไตรท์ในสุรหมักเนื้อและเครื่องแกง ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของโซเดียมไนไตรท์ที่มีบทบาทสำคัญในการต้านการเกิดออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ รวมทั้งการป้องกันการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ (warmed-over flavor) ระหว่างการเก็บรักษา (Shahidi *et al.*, 1986) ผลของโซเดียมไนไตรท์ยังรวมถึงคุณสมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการลดการเกิดออกซิเดชัน ได้แก่ความสามารถในการป้องกันการปลดปล่อยเหล็กจากไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน ความเสถียรของไขมันในเซลล์เมมเบรน หรือการเกิดอนุพันธ์ของไนไตรท์ที่มีคุณสมบัติด้านการเกิดออกซิเดชัน (St. Angelo *et al.*, 1987) Han and Yamauchi (2000) รายงานเกี่ยวกับการใช้โซเดียมไนไตรท์ในเนื้อสุกรบด ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm. เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (0 ppm.) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ในชุดควบคุมเพิ่มขึ้น 8.1 เท่า ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้โซเดียมไนไตรท์ ปริมาณมาโลนัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น 1.4 เท่า ประกอบกับไก่กอกและ nonSV/nonNaNO₂ ไม่มีการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ จึงทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันได้ง่ายกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งเมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของเนื้อไก่จะพบว่ามีปริมาณมาโลนัลดีไฮด์สูงกว่าเครื่องแกง อาจเนื่องมาจากส่วนผสมในเครื่องแกงมีสารประกอบบางชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันได้โดยธรรมชาติ เช่น กระเทียม มีสารอัลลิอิน (Alliin) ไดอัลลิลซัลไฟด์ (Diallyl sulphide) อัลลิลซัลไฟด์ (Allyl sulphide) และโพรพิลซัลไฟด์ (Propyl sulphide) (Yang *et al.*, 1993; Pakawatchai *et al.*, 2009) พริกชี้ฟ้าแดง

(Sánchez-Escalante *et al.*, 2003; Martínez *et al.*, 2006) มีแคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) (Henderson and Henderson, 1992) หัวหอมแดง มีสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) และไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (Diallyl disulfide) (Leelarungrayub *et al.*, 2006) ส่งผลให้ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ในเครื่องแกงน้อยกว่าในเนื้อไก่ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่ก่อกและจากชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ และ SV80/NaNO₂ ทั้งในเนื้อไก่และเครื่องแกง พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ก่อกและชุดการทดลอง nonSV/NaNO₂ ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นจากเทคนิค Sous vide ซึ่งมีการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ทำให้สามารถลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ และช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ (Fernandez-Espla and O'Neill, 1993)



รูปที่ 13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ของไก่ก้อและที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

nonSV/nonNaNO₂: ไก่ก้อและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่ก้อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่ก้อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่ก้อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 3 ซ้ำ

4.2.9 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของไก่ก้อและพร้อมบริโภค

การประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไก่ก้อและพร้อมบริโภค ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไก่ก้อและทุกชุดการทดลอง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) น้อยกว่า 1 log CFU/g นอกจากนี้ไก่ก้อและจากชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO₂, nonSV/NaNO₂ และ SV70/NaNO₂ พบปริมาณยีสต์และราในช่วงระยะเริ่มต้น

ของการเก็บรักษา อาจเป็นไปได้ที่มีการปนเปื้อนระหว่างกรรมวิธีการผลิต และมีจำนวนจุลินทรีย์ในปริมาณเริ่มต้นสูง ซึ่งทำให้เหลือรอดชีวิตจากการให้ความร้อน ในขณะที่ไก่อและจากชุดการทดลอง SV80/NaNO₂ ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเป็นผลเนื่องมาจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นกว่า SV70/NaNO₂ มีผลต่อการทำลายปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้ดีกว่า ทำให้ไม่มีปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต และจากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Escherichia coli* โดยวิธี MPN, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Salmonella* spp. รวมทั้งแบคทีเรียแลคติก พบว่าไก่อและทุกชุดการทดลองไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ปรุงรสพร้อมบริโภค (มพช. 755/2548) ที่ระบุว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Salmonella* spp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม จากผลการศึกษาพบว่าไก่อและทุกชุดการทดลองมีจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ผลจากการประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไก่อและพร้อมบริโภคทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง เนื่องจากเป็นไก่อและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนสูงในขั้นตอนของการอบที่อุณหภูมิสูง 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ และแสดงถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ อาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่น ๆ ร่วมกันหลายประการ ได้แก่ การใช้สารหมักเนื้อก่อนนำมาผลิตเป็นไก่อและ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟตที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญและการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย (Molins, 1991) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาระหว่างประจุลบของฟอสเฟตกับประจุบวกของโลหะที่จำเป็นสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ (Chueachuychoo *et al.*, 2011) หรือส่วนผสมบางชนิดจากสมุนไพร/เครื่องเทศในเครื่องแกงกอและที่มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Antimicrobial activity) นั่นคือ อัลลิซิน (Allicin) ในกระเทียม ที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (Curtis *et al.*, 2004; Bakri and Douglas, 2005; Siripongvutikorn *et al.*, 2008) โดย Seah *et al.* (2010) พบว่าสารสกัดจากกระเทียมสด ที่สกัดด้วยวิธีการปั่นผสมในอัตราส่วนกระเทียมต่อน้ำ เท่ากับ 100 กรัม:300 มิลลิลิตร มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ที่ความเข้มข้นต่ำสุด (The minimal inhibitory conc.:MIC) เท่ากับ 0.407 และ 0.409 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และสามารถทำลายจุลินทรีย์ (The minimal bactericidal conc.:MBC) ทั้ง 2 ชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 3.259 และ 0.815

มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ไดอัลลิล-ซัลไฟด์ (Diallyl sulfide) และแอสคาติน (Ascalin) ในหอมแดงสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราและจุลินทรีย์ก่อโรค (Mahmoudabadi and Gharib, 2009; Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn, 2009) รวมทั้งแคปไซซิน (Capsaicin) ในพริกชี้ฟ้าแดงสามารถยับยั้งการเจริญของ *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium tetani*, and *Streptococcus pyogenes* (Cichewicz and Thorpe, 1996)

ตารางที่ 14 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไก่กอกและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

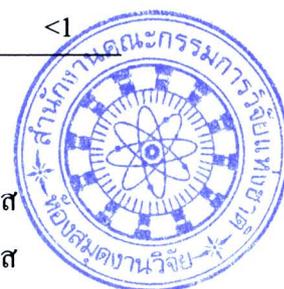
| Treatment | Total viable count (log CFU/g) | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Day0 | Day10 | Day20 | Day30 | Day40 | Day50 | Day60 |
| nonSV/nonNaNO ₂ | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| nonSV/NaNO ₂ | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| SV70/NaNO ₂ | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| SV80/NaNO ₂ | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |

nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส



ตารางที่ 15 ปริมาณยีสต์และรา ของไก่กอกและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

| Treatment | Yeast and molds (CFU/g) | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Day0 | Day10 | Day20 | Day30 | Day40 | Day50 | Day60 |
| nonSV/nonNaNO ₂ | 2 | 3.5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| nonSV/NaNO ₂ | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SV70/NaNO ₂ | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SV80/NaNO ₂ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

nonSV/nonNaNO₂: ไก่กอกและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไก่กอกและที่ใช้โซเดียมไนไตรต์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

4.2.10 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไก่กอและ

การประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ได้เตรียมไก่กอและแยกจากการผลิตในข้อ 4.2.9 เนื่องจากต้องใช้ตัวอย่างปริมาณมากในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วยสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพสเฟอัสร้อยละ 1/กรดซิตริก ร้อยละ 0.02 ร่วมกับการใช้หรือไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ และเทคนิค Sous vide ทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน แสดงรายละเอียดในตารางที่ 13 โดยในวันที่ 50 ของการเก็บรักษาไก่กอและจากชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO₂ รวมทั้งในวันที่ 60 ของการเก็บรักษาไก่กอและจากชุดการทดลอง nonSV/NaNO₂ พบการเจริญของเชื้อราในตัวอย่างไก่กอและ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงไม่มีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.2.10.1 ลักษณะปรากฏ (Appearance)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏของไก่กอและ ทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.13-5.83 คะแนน) ยกเว้นในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO₂ และชุดการทดลอง nonSV/NaNO₂ จะพบว่าได้คะแนนอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (4.97 คะแนน) ซึ่งมีค่าคะแนนน้อยกว่าไก่กอและชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ และ SV80/NaNO₂ ที่ได้รับคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.40 คะแนน) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเกิดแรงบีบอัดจากการบรรจุด้วยสถานะสุญญากาศ ช่วยทำให้เครื่องแกงสามารถแทรกซึมเข้าสู่ชิ้นเนื้อและเกาะตัวอยู่บนชิ้นเนื้อไก่ได้ดีกว่า จึงส่งผลให้ผู้ประเมินสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ใช้และไม่ใช้เทคนิค Sous vide และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการเก็บรักษาในวันที่ 60 พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ชุดการทดลอง SV80/NaNO₂ สูงที่สุด (5.53) รองลงมาคือชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ (5.40) ($p > 0.05$)

4.2.10.2 เนื้อสัมผัส (Texture)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไก่กอและ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นระหว่างการเก็บ ส่งผลให้เนื้อสัมผัส

ขาดความชุ่มน้ำ ความนุ่มลดลง ทั้งนี้พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบไก่อและชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ และ SV80/NaNO₂ ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยมีช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง 5.17-5.67 คะแนน ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าไก่อและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้โซเดียมไนไตรท์ (4.80-5.23 คะแนน) และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ (4.80-5.20 คะแนน) ซึ่งจากผลการประเมินดังกล่าวจะทำให้ผลการทดลองสอดคล้องกับค่าแรงเค้นและค่าความแข็ง ทั้งนี้อาจเป็นผลที่เกิดจากปัจจัยร่วมสองประการจากการใช้เทคนิค Sous vide นั่นคือการใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ และการบรรจุในสถานะสุญญากาศ ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความนุ่มมากกว่าไก่อและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 60 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างไก่อและชุดการทดลอง SV80/NaNO₂ (5.20 คะแนน) และชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ (5.17 คะแนน)

4.2.10.3 กลิ่น (Odour)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของไก่อและ เกิดจากความหอมที่ได้รับจากกลิ่นของเครื่องเทศในเครื่องแกงและ พบว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 40 สำหรับไก่อและชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO₂ และวันที่ 50 ของไก่อและชุดการทดลอง nonSV/NaNO₂ พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงจนอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (4.73 และ 4.60 คะแนน ตามลำดับ) อาจเนื่องมาจากเริ่มมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ผู้ประเมินได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับ ความหอมของเครื่องแกงลดลง และมีกลิ่นหืนของเนื้อไก่อเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลองอื่น นอกจากนี้การบรรจุในสถานะสุญญากาศของเทคนิค Sous vide สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่อาจทำให้เกิดความผิดปกติของกลิ่นได้ ทั้งนี้เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 60 ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของไก่อและชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ และ SV80/NaNO₂ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เท่ากับ 5.50 และ 5.70 คะแนน ตามลำดับ

4.2.10.4 รสชาติ (Flavour)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของไก่อและ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผู้ประเมินให้คะแนนไก่อและชุดการทดลอง SV80/NaNO₂ สูงที่สุด โดยได้รับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.27-5.80 คะแนน) รองลงมาคือไก่อและชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ มีคะแนนในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เช่นเดียวกัน (5.13-5.67 คะแนน) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และผู้ประเมินให้คะแนนความชอบ

ไก่กอกและชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO₂ และ nonSV/NaNO₂ อยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (4.60-5.27 และ 4.47-5.30 คะแนน ตามลำดับ) ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไก่กอกและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide จะได้รับการยอมรับจากผู้ประเมินในด้านรสชาติสูงกว่าไก่กอกและที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งนี้อาจเนื่องจากเทคนิค Sous vide จะมีการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ แรงบีบอัดทำให้เกิดการหดตัวของภาชนะบรรจุกับอาหาร เครื่องแกงกอกและสามารถแทรกซึมเข้าภายในชิ้นเนื้อไก่ได้มากขึ้น เป็นผลให้เกิดการผสมผสานระหว่างเครื่องแกงและเนื้อไก่ได้ดี ส่งผลให้มีรสชาติที่กลมกล่อมมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Sous vide

4.2.10.5 ความชอบโดยรวม (Overall acceptance)

คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวม พบว่าเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 60 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบไก่กอกและชุดการทดลอง SV80/NaNO₂ สูงที่สุดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.87 คะแนน) รองลงมาคือชุดการทดลอง SV70/NaNO₂ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.57 คะแนน) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบในทุกๆด้าน จะพบว่าผู้ประเมินจะให้การยอมรับไก่กอกและชุดการทดลอง SV80/NaNO₂ สูงที่สุด ดังนั้นจึงส่งผลให้คะแนนความชอบรวมมีค่าสูงที่สุดเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 16 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-Point hedonic scale ของไก่กอบและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ผู้ประเมิน 30 คน)

| Attribute | Treatment | Liking scores | | | | | | |
|------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | Day 1 | Day 10 | Day 20 | Day 30 | Day 40 | Day 50 | Day 60 |
| Appearance | nonSV/nonNaNO ₂ | 4.97±0.93 ^{abw} | 5.33±0.76 ^{abw} | 5.30±0.92 ^{abw} | 5.27±0.83 ^{abx} | 5.17±0.87 ^{abw} | - | - |
| | nonSV/NaNO ₂ | 4.97±0.96 ^{abw} | 5.37±0.96 ^{abw} | 5.40±1.00 ^{abw} | 5.33±0.80 ^{abx} | 5.27±1.01 ^{abw} | 5.13±0.68 ^{abx} | - |
| | SV70/NaNO ₂ | 5.40±1.04 ^{abw} | 5.37±0.85 ^{abw} | 5.23±1.07 ^{abw} | 5.67±0.76 ^{abw} | 5.50±0.90 ^{abw} | 5.47±0.86 ^{abwx} | 5.40±1.00 ^{abw} |
| | SV80/NaNO ₂ | 5.40±0.97 ^{abhw} | 5.50±0.86 ^{abhw} | 5.27±0.83 ^{abw} | 5.83±0.79 ^{abw} | 5.57±0.86 ^{abhw} | 5.70±0.95 ^{abhw} | 5.53±0.78 ^{abhw} |
| | nonSV/nonNaNO ₂ | 4.83±1.07 ^{abw} | 5.23±0.97 ^{abwx} | 5.20±0.76 ^{abw} | 4.93±0.94 ^{abx} | 4.80±0.81 ^{abw} | - | - |
| | nonSV/NaNO ₂ | 4.83±0.91 ^{abw} | 5.07±0.87 ^{abx} | 5.20±1.03 ^{abw} | 4.80±0.85 ^{abx} | 4.90±0.96 ^{abw} | 5.00±0.74 ^{abx} | - |
| Texture | SV70/NaNO ₂ | 5.27±0.98 ^{abw} | 5.63±1.10 ^{abw} | 5.30±1.09 ^{abw} | 5.63±1.03 ^{abw} | 5.30±0.79 ^{abw} | 5.43±1.10 ^{abwx} | 5.17±1.05 ^{abw} |
| | SV80/NaNO ₂ | 5.33±1.06 ^{abw} | 5.47±1.07 ^{abwx} | 5.57±1.07 ^{abw} | 5.67±0.84 ^{abw} | 5.23±1.04 ^{abw} | 5.47±0.97 ^{abw} | 5.20±1.00 ^{abw} |
| | nonSV/nonNaNO ₂ | 4.87±1.17 ^{abw} | 5.00±0.98 ^{abw} | 5.30±1.18 ^{abw} | 5.03±1.16 ^{abx} | 4.73±1.01 ^{abx} | - | - |
| Odour | nonSV/NaNO ₂ | 5.00±0.95 ^{abhw} | 4.87±1.01 ^{abhw} | 5.20±1.21 ^{abw} | 5.13±0.97 ^{abhx} | 4.87±0.97 ^{abhx} | 4.60±0.93 ^{abx} | - |
| | SV70/NaNO ₂ | 5.07±1.11 ^{abw} | 5.17±1.05 ^{abw} | 5.10±0.84 ^{abw} | 5.33±1.03 ^{abwx} | 5.37±0.72 ^{abw} | 5.30±1.06 ^{abw} | 5.50±1.01 ^{abw} |
| | SV80/NaNO ₂ | 5.10±0.99 ^{abw} | 5.27±1.08 ^{abw} | 5.27±1.08 ^{abw} | 5.60±0.77 ^{abw} | 5.40±0.89 ^{abw} | 5.60±0.89 ^{abw} | 5.70±0.95 ^{abw} |
| Flavour | nonSV/nonNaNO ₂ | 4.60±1.07 ^{abx} | 5.23±0.90 ^{abw} | 5.27±0.94 ^{abw} | 5.20±0.87 ^{abx} | 4.80±0.96 ^{abhx} | - | - |
| | nonSV/NaNO ₂ | 4.47±0.97 ^{abx} | 5.23±0.94 ^{abw} | 5.17±1.05 ^{abw} | 5.30±0.92 ^{abwx} | 4.83±0.99 ^{abhx} | 4.97±0.81 ^{abx} | - |
| | SV70/NaNO ₂ | 5.20±0.92 ^{abhw} | 5.47±0.97 ^{abhw} | 5.13±0.97 ^{abw} | 5.67±0.99 ^{abw} | 5.53±0.68 ^{abhw} | 5.53±0.82 ^{abhw} | 5.33±1.06 ^{abhw} |
| | SV80/NaNO ₂ | 5.27±1.01 ^{abw} | 5.37±1.00 ^{abhw} | 5.37±0.89 ^{abhw} | 5.70±0.84 ^{abhw} | 5.60±0.67 ^{abhw} | 5.80±0.76 ^{abw} | 5.70±0.99 ^{abhw} |

ตารางที่ 16 (ต่อ)

| Attribute | Treatment | Liking scores | | | | | | |
|------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Day 1 | Day 10 | Day 20 | Day 30 | Day 40 | Day 50 | Day 60 |
| Overall | nonSV/nonNaNO ₂ | 4.90±1.09 ^{bx} | 5.47±0.82 ^{abwx} | 5.47±0.57 ^{abw} | 5.07±1.01 ^{abx} | 4.87±1.01 ^{bx} | - | - |
| | nonSV/NaNO ₂ | 4.83±1.05 ^{ax} | 5.23±1.04 ^{ax} | 5.33±1.03 ^{abw} | 5.23±0.82 ^{ax} | 5.03±0.89 ^{ax} | 4.93±0.83 ^{ax} | - |
| acceptance | SV70/NaNO ₂ | 5.30±0.84 ^{bw^x} | 5.73±0.78 ^{ab^{bw}} | 5.50±0.86 ^{ab^{bw}} | 5.83±0.91 ^{aw} | 5.83±0.83 ^{aw} | 5.63±0.81 ^{ab^{hw}} | 5.57±0.77 ^{ab^{hw}} |
| | SV80/NaNO ₂ | 5.53±0.78 ^{bw} | 5.50±1.01 ^{bw^x} | 5.50±0.97 ^{bw} | 6.03±0.72 ^{aw} | 5.73±0.64 ^{ab^{hw}} | 5.77±0.82 ^{ab^{hw}} | 5.87±0.97 ^{ab^{hw}} |

nonSV/nonNaNO₂: ไม่ก่อและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO₂: ไม่ก่อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO₂: ไม่ก่อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO₂: ไม่ก่อและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

a-d: ค่าเฉลี่ยในแนวอนที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

w-x: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันในแต่ละคุณลักษณะ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

-: ไม่ได้ทำการประเมิน (พบการเจริญของเชื้อรา)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้ทดสอบ 30 คน