บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของสารหมักเนื้อและการใช้เทคนิค Sous vide เพื่อผลิตไก่กอและพร้อมบริโภค มีการศึกษา 2 ขั้นตอนหลักคือ 1) ผลของสารหมักเนื้อไก่ต่อสมบัติของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก และผลิตภัณฑ์ไก่กอและ 2) ผลของการใช้เทคนิค Sous vide ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภค มีรายละเอียดของผลการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลของสารหมักเนื้อต่อสมบัติของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก และผลิตภัณฑ์ไก่กอและ

4.1.1 ผลของสารหมักเนื้อ ต่อสมบัติบางประการของเนื้อไก่ดิบหลังการหมัก

ปริมาณและชนิดของสารหมักเนื้อไก่ที่ใช้ ประกอบด้วย 6 ชุดการทดลองดังนี้

ชุดการทดลอง	ชนิดและปริมาณของสารหมักในสารละลาย (w/v)
Ctrl	ชุดควบคุม (ไม่มีการหมักเนื้อ)
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 เนื้ออกไก่สดที่นำมาใช้ในการศึกษามีค่าพีเอช 6.56 ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันร้อยละ 76.09, 21.56 และ 3.11 ตามลำดับ เนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อทั้ง 6 ชุดการทดลอง นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่าพีเอช ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (Cooking loss) ค่าแรงเฉือน (Shear force) และลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของเส้นใยกล้ามเนื้อ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.1.1 ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมัก ด้วย pH meter ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าเนื้อไก่ดิบหมักด้วย S/P/B จะมีค่าพีเอชสูงที่สุด (7.86) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ($p \leq 0.05$) อาจเนื่องมาจากการใช้สารสองชนิดร่วมกัน คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และโซเดียมโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต จะช่วยเพิ่มความแรงของอิออนลบ ส่งผลให้ค่าพีเอชของโปรตีนในเนื้อสูงขึ้น (Sen *et al*., 2005) นอกจากนี้ชุดการทดลองที่มีการใช้ฟอสเฟตเป็นสารร่วมในการหมักเนื้อ คือเนื้อไก่ที่หมัก S/P และ S/P/C พบว่ามีผลทำให้ค่าพีเอชของเนื้อสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่มีการใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sheard and Tali (2004) ที่ศึกษาการใช้โซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 ร่วมกับโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 3 โดยใช้สารเพียงชนิดเดียว สองชนิด หรือใช้ทั้งสามชนิดร่วมกัน ฉีดเข้าเนื้อสุกรส่วนเนื้อสัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น พบว่า ค่าพีเอชในเนื้อจะเพิ่มขึ้นทุกชุดการทดลอง ยกเว้นชุดควบคุมและชุดการทดลองที่ใช้โซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว จะมีค่าพีเอชเท่าเดิม และลดลงเล็กน้อยตามลำดับ

4.1.1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ

การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมัก (ตารางที่ 3) พบว่าเนื้ออกไก่ที่ใช้ฟอสเฟตเป็นสารหมักร่วมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าเนื้ออกไก่ที่ใช้สารหมักเนื้อเพียงชนิดเดียวคือโซเดียมคลอไรด์ 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) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารประกอบฟอสเฟตและไบคาร์บอเนต ช่วยเพิ่มจำนวนประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้เพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น (Wynveen *et al*., 2001; Sen *et al*., 2005) นอกจากนี้อาจเป็นผล มาจากคุณสมบัติของโซเดียมคลอไรด์ในการเพิ่มความแรงของอิออน (Hamm, 1994; Offer and Knight, 1988; Mdynski *et al*., 2000) โดยจะแตกตัวให้ Na^+ และ Cl^- (Claus *et al*., 1994) โดยประจุของ Cl^- จะไปจับกับประจุบวกในโมเลกุลของโปรตีน ส่งผลให้โปรตีนมีประจุลบมากขึ้น เกิดการคลี่ออกของไมโอไฟบริลลาโปรตีน จากแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน เป็นผลให้โปรตีนเนื้อสามารถรับน้ำเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น (Rust *et al*., 1987)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.1.3 การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน

การวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนของเนื้ออกไก่ทั้ง 6 ชุดการทดลอง ด้วยการนึ่งโดยใช้ไอน้ำ จนอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และทำการคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้นก่อนหมัก กับน้ำหนักของเนื้อไก่หลังการให้ความร้อน ซึ่งพบว่าจะมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากความสามารถในการอุ้มน้ำที่แตกต่างกัน ผลจากการให้ความร้อนกับเนื้อทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ เกิดการสูญเสียน้ำจากโครงสร้างของโปรตีน 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 (Ctrl) 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 จะเกิดแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างเส้นใยแอคตินและไมโอซิน ทำให้สามารถรับน้ำจากภายนอกเข้าไปภายในโครงสร้างของเนื้อได้มากขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจึงเพิ่มขึ้น (Lawrie, 1991) ดังนั้นจึงสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารใดๆ (Ctrl) หรือเนื้ออกไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sheard and Tali (2004) และ Bertram *et al.* (2008) พบว่าการใช้โซเดียม-คลอไรด์ 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 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-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 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 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 ส่งผลให้แรงที่ใช้ในการกระทำกับชิ้นเนื้อมีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก หรือเนื้ออกไก่

Prince of Songkla University Pattani Campus

ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น Shard and Tali (2004) ได้อธิบายเกี่ยวกับค่าแรงเฉือนที่ลดลงเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในชิ้นเนื้อ และโครงสร้างที่อ่อนตัวลงของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์

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 ($p \leq 0.05$)

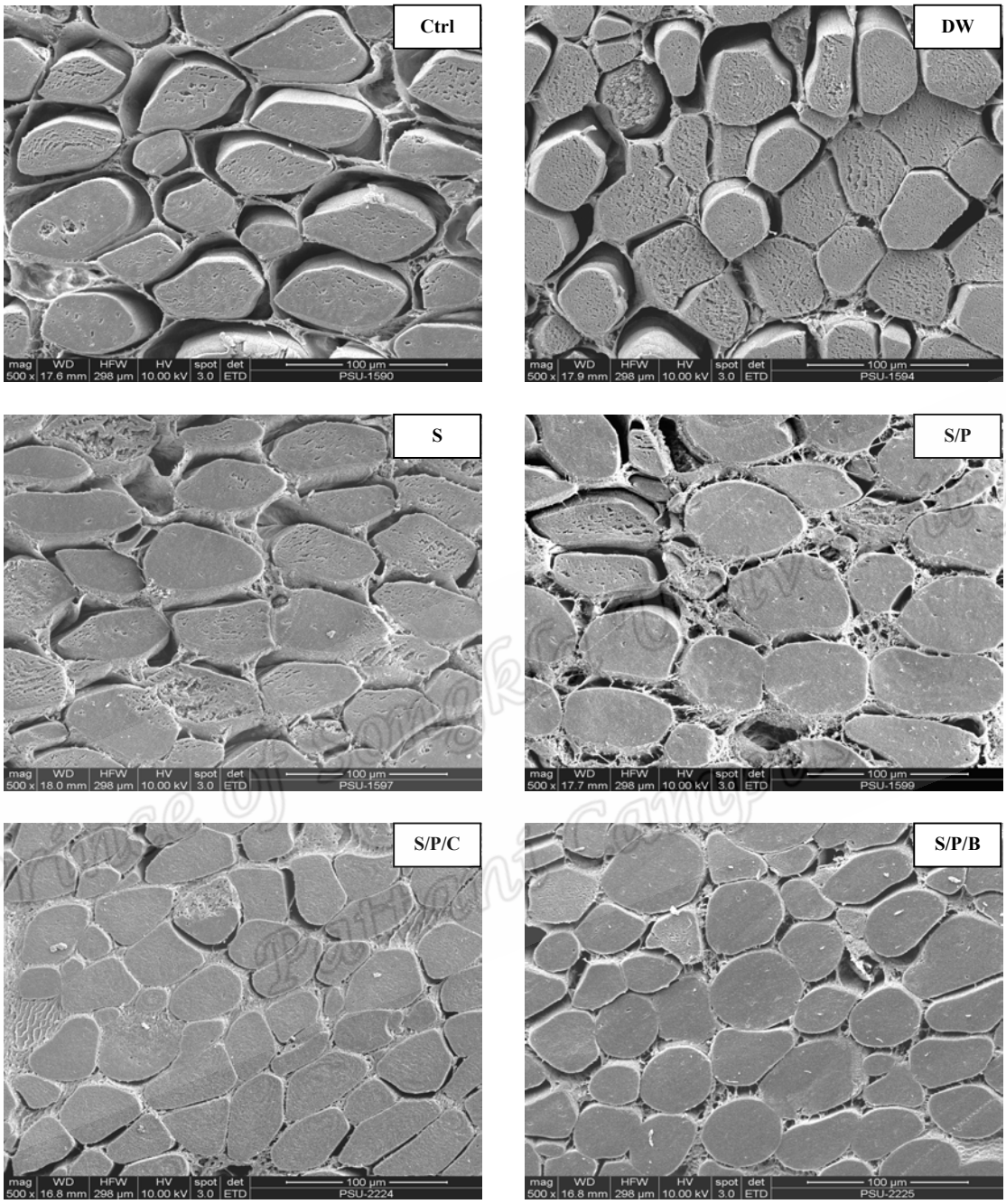
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 12 ซ้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.1.5 โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้ออกไก่ดิบที่ผ่านการหมัก

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้ออกไก่ดิบที่ผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ทั้ง 6 ชุดการทดลอง จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า (รูปที่ 7) แสดงให้เห็นว่า เนื้ออกไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวลง โดยสังเกตได้จากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อแยกออกจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเอนโดไมเซียม (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 Ctrl และ DW โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S/P/C และเนื้ออกไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะเห็นเส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะอัดแน่น สังเกตได้จากช่องว่างระหว่าง เส้นใยกล้ามเนื้อมีลักษณะแคบกว่า เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่กว่า ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้ออกไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S หรือหมักด้วย S/P การบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อดังกล่าว เป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารหมักเนื้อ จะเพิ่มประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน เกิดแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน (Rust, 1987) ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างแอคตินและไมโอซิน ภายในโครงสร้างไมโอไฟบริลลาโปรตีน ทำให้สามารถรับน้ำหรือสารหมักจากภายนอกเข้าสู่ภายในโครงสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้น (Lawrie, 1991)

Prince of Songkla University Pattani Campus



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±6.40[c]
DW	42.18±5.58[c]
S	48.18±6.33[b]
S/P	49.45±6.50[ab]
S/P/C	51.45±4.13[a]
S/P/B	51.85±6.42[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-c: ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.2 ผลของสารหมักเนื้อต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและ

เตรียมเนื้ออกไก่ โดยใช้สารหมักเนื้อทั้ง 6 ชุดการทดลอง จากนั้นนำไปผลิตเป็นไก่กอและ นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังนี้ ค่าพีเอช น้ำหนักของผลผลิต (Product yield) ค่าแรงเฉือน (Shear force) ด้วย Warner-Bratzler blade ลักษณะเนื้อสัมผัสประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของเนื้อไก่กอและ คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบแบบ 7-Point hedonic scale

4.1.2.1 ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อทั้ง 6 ชุดการทดลอง ด้วยเครื่อง pH meter ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าไก่กอและที่หมักด้วย S/P/B มีค่าพีเอชสูงที่สุด (7.02) ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ซึ่งให้ผลการทดลองเช่นเดียวกับเนื้ออกไก่ดิบ จากตารางที่ 6 เนื่องมาจากโซเดียมไตรโพลี

ฟอสเฟตและโซเดียมไบคาร์บอเนต จะช่วยเพิ่มความแรงของอิออน ทำให้ค่าพีเอชของโปรตีนในเนื้อสูงขึ้น (Sen *et a*l., 2005)

4.1.2.2 น้ำหนักของผลผลิต

การวิเคราะห์น้ำหนักของผลผลิตของตัวอย่างไก่กอและโดยทำการคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้นก่อนผ่านการหมัก กับน้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ไก่กอและ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมักด้วยสารใดๆ (Ctrl) มีน้ำหนักของผลผลิตน้อยที่สุด (ร้อยละ 99.58) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ในน้ำกลั่น (DW) (ร้อยละ 100.32) เนื่องจากเนื้อไก่มีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำ จึงเกิดการสูญเสียน้ำในขณะให้ความร้อนสูง ส่งผลต่อน้ำหนักของผลผลิตเมื่อผ่านกระบวนการผลิตเป็นไก่กอและ ในขณะที่ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารหมักเนื้อจะมีน้ำหนักของผลผลิตสูงกว่า โดยไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะให้น้ำหนักผลผลิตสูงที่สุด (ร้อยละ 112.14) รองลงมาคือ ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/C (ร้อยละ 110.95) ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P (ร้อยละ 109.61) และไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S (ร้อยละ 104.90) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sheard and Tali (2004) พบว่าเมื่อมีการใช้โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียม-ไบคาร์บอเนต ทั้งที่มีการใช้สารใดสารหนึ่งเพียงชนิดเดียว สองชนิด หรือ สามชนิดร่วมกัน จะสามารถเพิ่มน้ำหนักผลผลิตได้มากกว่า ($p\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว

4.1.2.3 ค่าแรงเฉือน

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของไก่กอและ โดยใช้เครื่อง Texture analyzer ด้วย Warner-Bratzler พบว่าไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) จะใช้แรงในการตัดผ่านชิ้นเนื้อสูงที่สุด (21.07 นิวตัน) รองลงมาคือ ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ในน้ำกลั่น (DW) (19.10 นิวตัน) และพบว่าแรงที่ใช้ในการตัดผ่านชิ้นเนื้อ ไก่กอและจะมีค่าลดลงเมื่อมีการหมักเนื้อไก่ด้วยสารหมักเนื้อในทุกชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 6 ค่าแรงที่ใช้ตัดผ่านชิ้นเนื้อลดลงเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารหมักเนื้อ ด้วยการเพิ่มประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ส่งผลให้ความสามารถในการจับน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้คุณสมบัติบางประการของสารประกอบฟอสเฟตมีผลต่อในการสลายของแอคโตไมโอซิน (Trout and Schmidt, 1983; Baublits *et al*., 2006) ทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น รวมทั้งกรดซิตริกอาจมีผลในการสลายตัวหรือทำให้โครงสร้างของไมโอไฟบริลลาร์อ่อนตัวลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Baublits *et al*. (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้โซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในเนื้อโค พบว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์

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

ตารางที่ 6 ค่าพีเอช น้ำหนักของผลผลิต และค่าแรงเฉือน ของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

Treatment	pH	Product yield (%)	Shear force (N)
Ctrl	6.34±0.03^{e}	99.58±0.96^{e}	21.07±0.85^{a}
DW	6.38±0.01^{d}	100.32±0.56^{e}	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^{e}

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

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าพีเอช และน้ำหนักผลผลิต จากการวัด 6 ซ้ำ

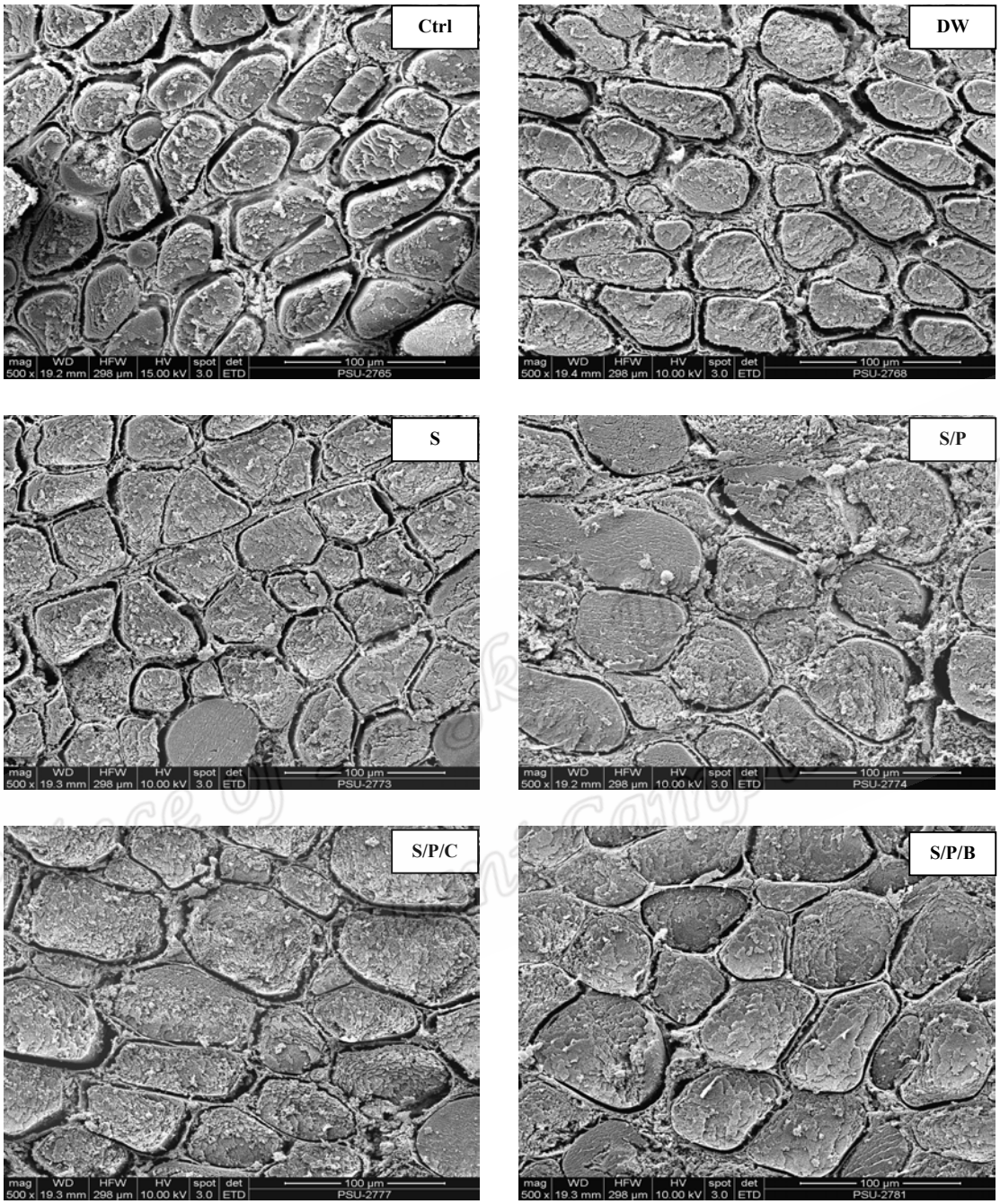
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าแรงเฉือน จากการวัด 12 ซ้ำ

4.1.2.4 โครงสร้างระดับจุลภาคของไก่กอและ

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของไก่กอและ จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 500 เท่า (รูปที่ 8) พบว่าไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) และไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW) เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัวที่ค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากมีการแยกออกจาก

Prince of Songkla University Pattani Campus

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเอนโดไมเซียม (Endomysium) มองเห็นช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชัดเจนขึ้น อาจเป็นผลจากการสูญเสียน้ำเนื่องมาจากการการเสียสภาพของโปรตีนตั้งแต่ขั้นตอนของการแช่เย็น เส้นใยกล้ามเนื้อมีการหดตัว และเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนจึงเกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้ออีกครั้ง ในขณะที่ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ผ่านการหมักด้วย S, S/P, S/P/C และ S/P/B ช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อและชั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีลักษณะแคบกว่า โดยเมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ใช้สารหมักเนื้อจะมีขนาดใหญ่กว่า ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบกับไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก หรือ แช่ด้วยน้ำกลั่น (ตารางที่ 7) เป็นผลมาจากความสามารถในการดูดซับสารหมักของไมโอไฟบริลลาโปรตีนไว้ในระหว่างกระบวนการหมัก จึงช่วยลดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องมาจากการให้ความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่มีการใช้สารหมักร่วมกันระหว่างโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตกับสารอื่นๆ เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะอัดแน่น และมีการ บวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอและที่เตรียมจากเนื้ออกไก่ที่หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์เพียงอย่างเดียว เป็นผลมาจากเมื่อมีการใช้สาร 2 ชนิดร่วมกัน เกิดการเพิ่มประจุที่เหมือนกันจำนวนมากให้กับโมเลกุลของโปรตีน เกิดแรงผลักระหว่างประจุ ทำให้เพิ่มช่องว่างระหว่างโปรตีนแอคตินและไมโอซินที่อยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ ส่งผลให้สามารถรับสารหมักเนื้อเข้าไปภายในโครงสร้างได้มากขึ้น (Lawrie, 1991) ในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนจากการใช้ไอน้ำจนอุณหภูมิใจกลางของชิ้นเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส และการอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที จึงสามารถสังเกตเห็นการบวมพองของเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากกว่า



รูปที่ 8 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาพตามภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อที่กำลังขยาย 500 เท่า ของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl), แช่ด้วยน้ำกลั่น (DW), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 (S), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 (S/P), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (S/P/C), หมักด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และโซเดียมไบคาร์บอเนตร้อยละ 3 (S/P/B)

ตารางที่ 7 เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่หลังผ่านการหมักด้วยสารละลายชนิดต่างๆ

Treatment	Fiber diameter (μm)
Ctrl	41.72±4.54[d]
DW	40.67±4.04[d]
S	47.91±6.42[c]
S/P	54.60±5.29[b]
S/P/C	56.15±5.07[ab]
S/P/B	57.81±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±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและ โดยวิธี Texture profile analysis

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและ ด้วยเครื่อง Texture analyzer ประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis (TPA) พบว่า ค่าความแข็งของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) จะให้ค่าความแข็งมากที่สุด (16.91 นิวตัน, ตารางที่ 8) และไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด (11.87 นิวตัน) ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความยืดหยุ่น (Springiness) และความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesiveness) ของไก่กอและระหว่างชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับค่าแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร (Chewiness) พบว่า ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่ไม่ผ่านการหมัก (Ctrl) จะมีแรงที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารสูงที่สุด (6.59 นิวตัน) รองลงมาคือ ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (6.71 นิวตัน) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ ไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วย S/P/B จะมีค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวต่ำที่สุด (4.91 นิวตัน) โดยค่าความแข็งและค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวของไก่กอและจะให้ผลที่สอดคล้องกับค่าแรงเฉือนในตารางที่ 6

ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่คงอยู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับน้ำของโปรตีน

ตารางที่ 8 ผลการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture profile analysis ของไก่กอและ

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

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.1.2.6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไก่กอและ

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

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

Prince of Songkla University Pattani Campus

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 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 จากผู้ทดสอบ 30 คน

ดังนั้น ชุดการทดลองที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อไก่สำหรับผลิตไก่กอและเพื่อใช้ในการศึกษาการใช้เทคนิค Sous vide และอายุการเก็บรักษาของไก่กอและพร้อมบริโภคในขั้นตอนต่อไป คือ ชุดการทดลองที่เตรียมเนื้อไก่โดยการหมักด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 เนื่องจากชุดการทดลองดังกล่าวมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุกๆด้านสูงที่สุด และมีน้ำหนักผลผลิตสูงกว่าชุดควบคุม ($p \leq 0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2 ผลของการใช้เทคนิค Sous vide ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไก่กอและพร้อมบริโภค ที่เตรียมจากสารหมักเนื้อที่เหมาะสมที่สุดจาก ข้อ 4.1

ผลิตไก่กอและจากเนื้อไก่ส่วนอก โดยเตรียมเนื้อไก่ด้วยสารหมักเนื้อที่เหมาะสมที่สุดจากข้อ 4.1 คือ หมักเนื้อในสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 และโซเดียมไนไตรท์ร้อยละ 0.02 ระยะเวลาการหมัก 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปผลิตเป็นไก่กอและตามวิธีการทดลองในข้อ 4.1 โดยใช้โซเดียมไนไตรท์ร้อยละ 0.02 ผสมในเครื่องแกงกอและ บรรจุไก่กอและถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสง ชนิดไนลอน 15/โพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 65 ขนาด 150x180 มิลลิเมตร ใช้อุณหภูมิในการทำลายจุลินทรีย์ 2 ระดับ โดยวัดอุณหภูมิจากจุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อ คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับไก่กอและที่มีการใช้ และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ ผสมในเครื่องแกงและสารละลายน้ำหมัก บรรจุถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสง ชนิดไนลอน 15/โพลีเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 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) ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของไก่กอและ ค่าสีด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ด้วยเทคนิค 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

การวิเคราะห์น้ำหนักร้อยละของผลผลิตของตัวอย่างไก่กอและ โดยทำการคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักเนื้อไก่เริ่มต้นกับน้ำหนักของไก่กอและ ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า น้ำหนักร้อยละของผลผลิตทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ถึงแม้ว่าไก่กอและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide จะมีการใช้ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส แต่การบรรจุไก่กอและในถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสงในสภาวะสุญญากาศ ก่อนจะไปผ่านการให้ความร้อน อาจทำให้สามารถช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำได้ ทำให้ไม่เกิดความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่มีการใช้และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

4.2.2 ค่า Aw

การวิเคราะห์ค่า Aw ของตัวอย่างไก่กอและทั้ง 4 ชุดการทดลอง ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า ค่าAw ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) อาจเนื่องมาจากกรรมวิธีการผลิตไก่กอและเริ่มตั้งแต่การเตรียมเนื้อไก่ ส่วนผสมของเครื่องแกงกอและ รวมทั้งการผลิตเป็นไก่กอและ จะไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ยกเว้นในขั้นตอนการใช้เทคนิค Sous vide ที่มีการบรรจุไก่กอและภายใต้สภาวะสุญญากาศร่วมกับการใช้ความร้อน แต่อย่างไรก็ตามการใช้ภาชนะบรรจุ จะสามารถช่วยป้องกันการสูญเสียความชื้น ถึงแม้จะมีการให้ความร้อนอีกครั้งกับชุดการทดลองที่มีการใช้เทคนิค Sous vide ก็ตาม ดังนั้นจึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณตัวถูกละลายต่างๆที่เป็นส่วนผสมในเครื่องแกง หรือในชิ้นเนื้อ ทำให้ไม่มีผลต่อค่า Aw ในแต่ละชุดการทดลอง

ตารางที่ 10 น้ำหนักของผลผลิต และ ค่า Aw ของไก่กอและ

Treatment	Product yield (%)	Water activity
nonSV/non$NaNO_2$	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

non$SV/nonNaNO_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

non$SV/NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

$SV70/NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

$SV80/NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ยของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของน้ำหนักผลผลิต จากการวัด 6 ซ้ำ

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่า Aw จากการวัด 3 ซ้ำ

4.2.3 ค่าพีเอช

การวิเคราะห์ค่าพีเอชของไก่กอและ ทั้ง 4 ชุดการทดลอง ด้วยเครื่อง pH meter ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 11 พบว่าค่าพีเอชของไก่กอและทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพีเอชในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา

Prince of Songkla University Pattani Campus

อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส จะสามารถลดหรือทำลายปริมาณจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชน้อย

4.2.4 ค่าแรงเฉือน

การวิเคราะห์ค่าแรงเฉือนของไก่กอและทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วย Warner-Bratzler Blade ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 12 พบว่า เนื้อไก่กอและทุกชุดการทดลองจะมีค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้น เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษาจากการเสียสภาพของโปรตีน ทำให้มีความนุ่มลดลง ส่งผลให้ใช้แรงในการตัดผ่านชิ้นเนื้อสูงขึ้น สำหรับค่าแรงเฉือนของเนื้อไก่กอและที่มีการใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส จะมีค่าสูงกว่าเนื้อไก่กอและที่ไม่มีการใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ เป็นผลมาจากปัจจัยร่วมของการใช้ ความร้อนในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยเทคนิค Sous vide ทำให้โปรตีนได้รับความร้อนในเวลานานกว่า โปรตีนเกิดการเสียสภาพเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ร่วมกับการบรรจุในสภาวะสุญญากาศจะเกิดแรงบีบอัดระหว่างถุงกับเนื้อไก่ นอกจากนี้แรงบีบอัดที่เกิดขึ้น อาจส่งผลให้เครื่องแกงไก่กอและสามารถจะแทรกผ่านเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อได้มากขึ้น มีผลทำให้เนื้อมีความนุ่ม จึงใช้แรงในการตัดผ่านชิ้นเนื้อน้อยกว่า

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 11 ค่าพีเอชของไก่กอและที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 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^{aby}	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^{abxy}	6.06±0.02^{abx}	6.06±0.01^{abx}

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

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

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

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 6 ซ้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 12 ค่าแรงเฉือนของไก่กอและที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 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^{abcx}	14.52±1.02^{abx}	14.55±0.79^{abx}	14.71±0.56^{ax}
SV80/NaNO$_2$	13.09±0.83^{dx}	13.50±0.94^{cdx}	13.91±0.64^{bcx}	14.17±0.86^{abcx}	14.38±0.94^{abx}	14.64±0.78^{abx}	14.76±0.60^{ax}

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

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

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

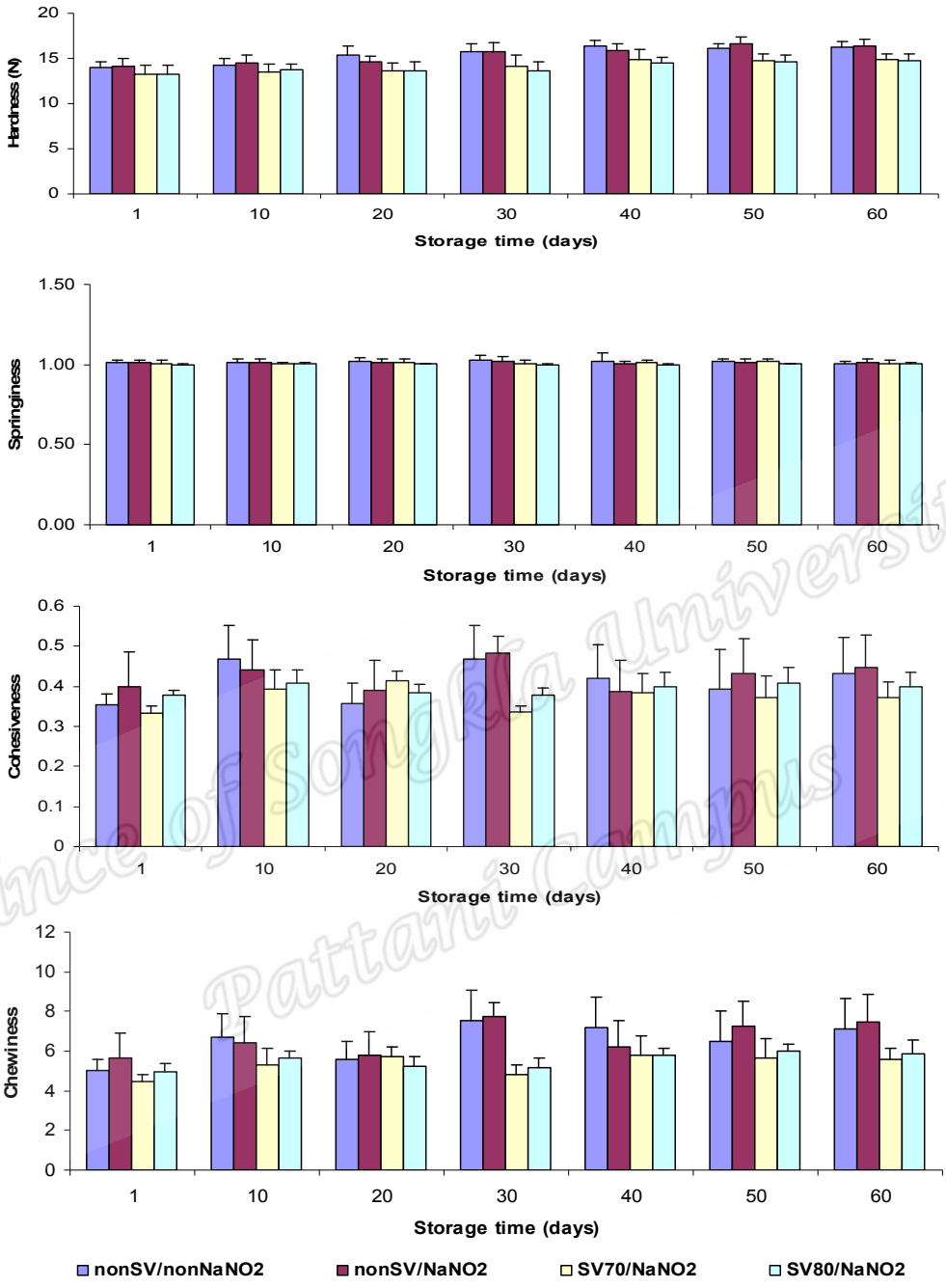
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของน้ำหนักผลผลิต จากการวัด 12 ซ้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและ โดยวิธี Texture profile analysis

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของไก่กอและทั้ง 4 ชุดการทดลอง โดยใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ประเมินในรูปแบบ Texture profile analysis (TPA) ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 9 และรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 1 พบว่า ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา ค่าความแข็ง (Hardness) ของเนื้อไก่กอและทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชุดการทดลอง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าแรงเฉือน อันเป็นผลเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำในเนื้อที่เกิดการสูญเสียในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้แรงที่ใช้ในการเจาะทะลุชิ้นเนื้อมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งไก่กอและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่ามีค่าความแข็งต่ำกว่า($p\leq0.05$) ไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ เช่นเดียวกับค่าแรงที่ใช้ในการบดเคี้ยวอาหาร (Chewiness) ($p\leq0.05$) อาจเป็นผลมาจากการใช้ความร้อนในระยะเวลาที่นานกว่าทำให้เกิดการละลายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคอลลาเจนมากขึ้น ช่วยเพิ่มความนุ่มของเนื้อ (Voller-Reasonover *et al*., 1997; Wattanachant *et al*., 2008) ร่วมกับแรงบีบอัดจากสภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้ส่วนที่เป็นเครื่องแกงแทรกผ่านเข้าภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดี จึงใช้แรงในการเจาะทะลุชิ้นเนื้อน้อยกว่า ส่วนค่าความสามารถในการเกาะรวมตัว (Cohesieveness) พบว่าไก่กอและที่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ จะมีแนวโน้มสูงกว่า ($p>0.05$) ไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ในขณะที่ค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง ($p>0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ 9 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture profile analysis (TPA) ของไก่กอและ
nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide
nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide
SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส
SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 12 ซ้ำ

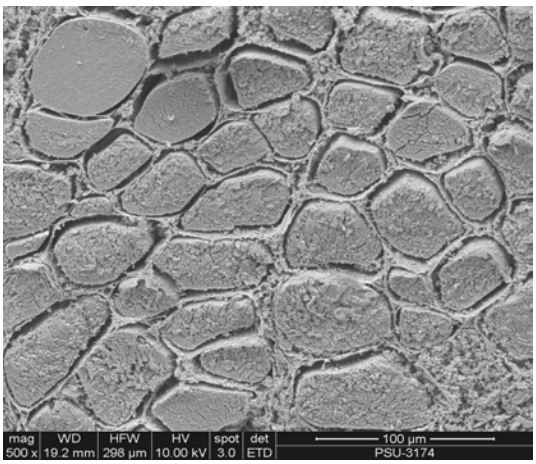
Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2.6 ลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาคของไก่กอและระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

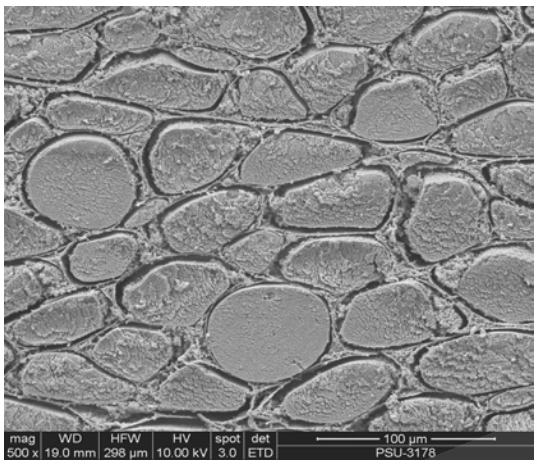
โครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่กอและทั้ง 4 ชุดการทดลอง แสดงด้วยภาพตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM: Scanning electron microscope) ดังแสดงในรูปที่ 10 (วันที่ผลิต) และรูปที่ 11 (วันที่ 40 ของการเก็บรักษา)

ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษา พบว่าไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ จะสามารถสังเกตเห็นลักษณะช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้ค่อนข้างชัดเจน และเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะค่อนข้างกลม ในขณะที่ไก่กอและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 อุณหภูมิ เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีลักษณะค่อนข้างเป็นวงรี และช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเล็กกว่า สอดคล้องกับขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งพบว่าไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide จะมีขนาดเล็กกว่า ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอและที่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งนี้อาจเนื่องจากเทคนิค Sous vide จะมีการบีบอัดจากการบรรจุในสภาวะสุญญากาศระหว่างเพาช์กับไก่กอและที่อยู่ภายใน จึงทำให้โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง รวมทั้งแรงบีบอัดดังกล่าวทำให้เครื่องแกงจะสามารถแทรกซึมเข้าสู่ภายในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดีกว่า เส้นผ่านศูนย์กลางจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เส้นใยกล้ามเนื้อเรียงตัวกันแน่น ส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อน้อยลง โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นคือในวันที่ 40 พบว่าช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อของไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้ง 2 ชุดการทดลอง สามารถสังเกตเห็นช่องว่างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับไก่กอและที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Sous vide เส้นใยกล้ามเนื้อมีการเรียงตัวอย่างหลวมๆไม่หนาแน่น เห็นช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อได้เพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่เริ่มต้นเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากเกิดการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อหดตัวลง โดยเมื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อมีค่าลดลงเช่นเดียวกัน ($p>0.05$) ดังตารางที่ 13

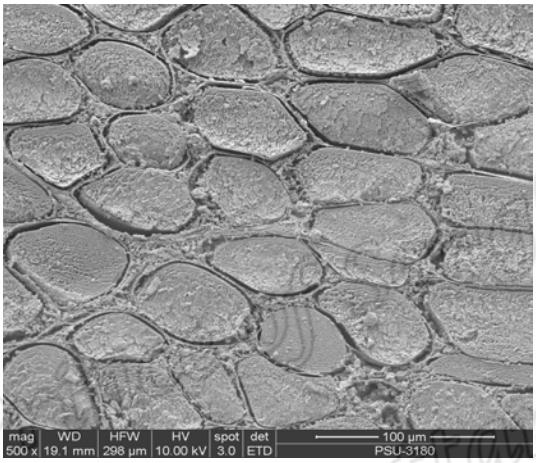
Prince of Songkla University Pattani Campus



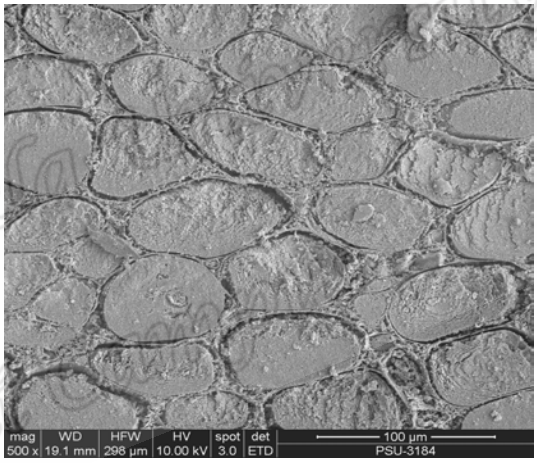
nonSV/nonNaNO$_2$



nonSV/NaNO$_2$



SV70/NaNO$_2$



SV80/NaNO$_2$

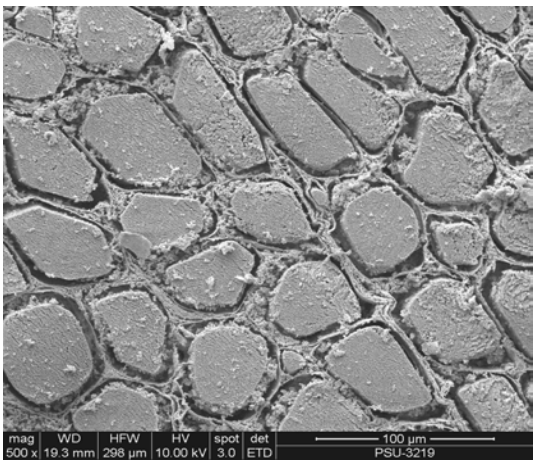
รูปที่ 10 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคที่กำลังขยาย 500 เท่า ของเนื้อไก่กอและในวันที่ผลิต

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

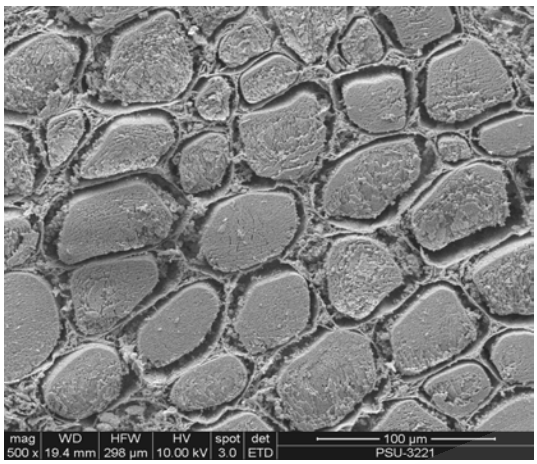
nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

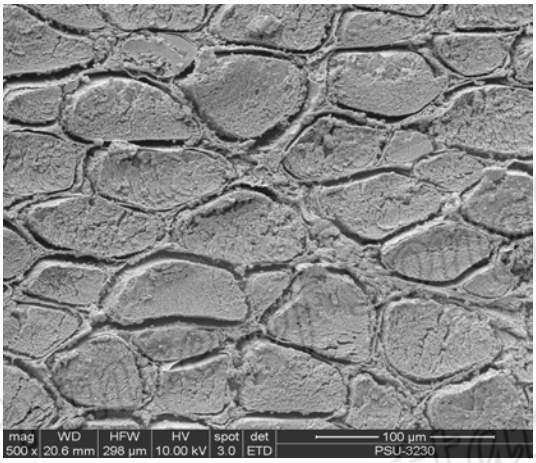
SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส



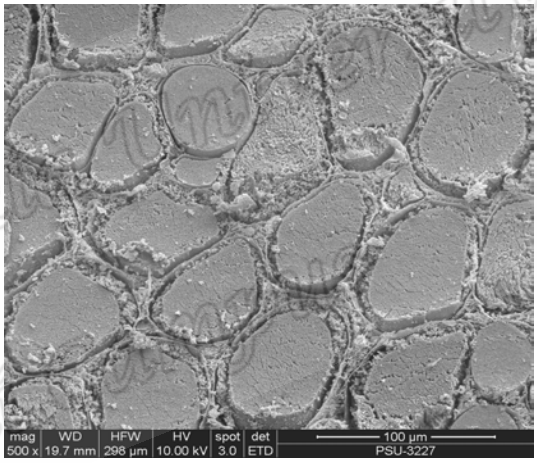
nonSV/nonNaNO$_2$



nonSV/NaNO$_2$



SV70/NaNO$_2$



SV80/NaNO$_2$

รูปที่ 11 ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคที่กำลังขยาย 500 เท่า ของเนื้อไก่กอและในวันที่ 40 ของการเก็บรักษา

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 13 เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของเนื้อไก่กอและ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Treatment	Fiber diameter (μm)	
	Day 0	Day 40
nonSV/nonNaNO$_2$	48.21±4.59^{x}	47.73±5.21^{w}
nonSV/NaNO$_2$	48.87±3.09^{x}	48.15±3.56^{w}
SV70/NaNO$_2$	49.92±3.04^{wx}	48.93±3.59^{w}
SV80/NaNO$_2$	51.65±3.81^{w}	49.25±3.07^{w}

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

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

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

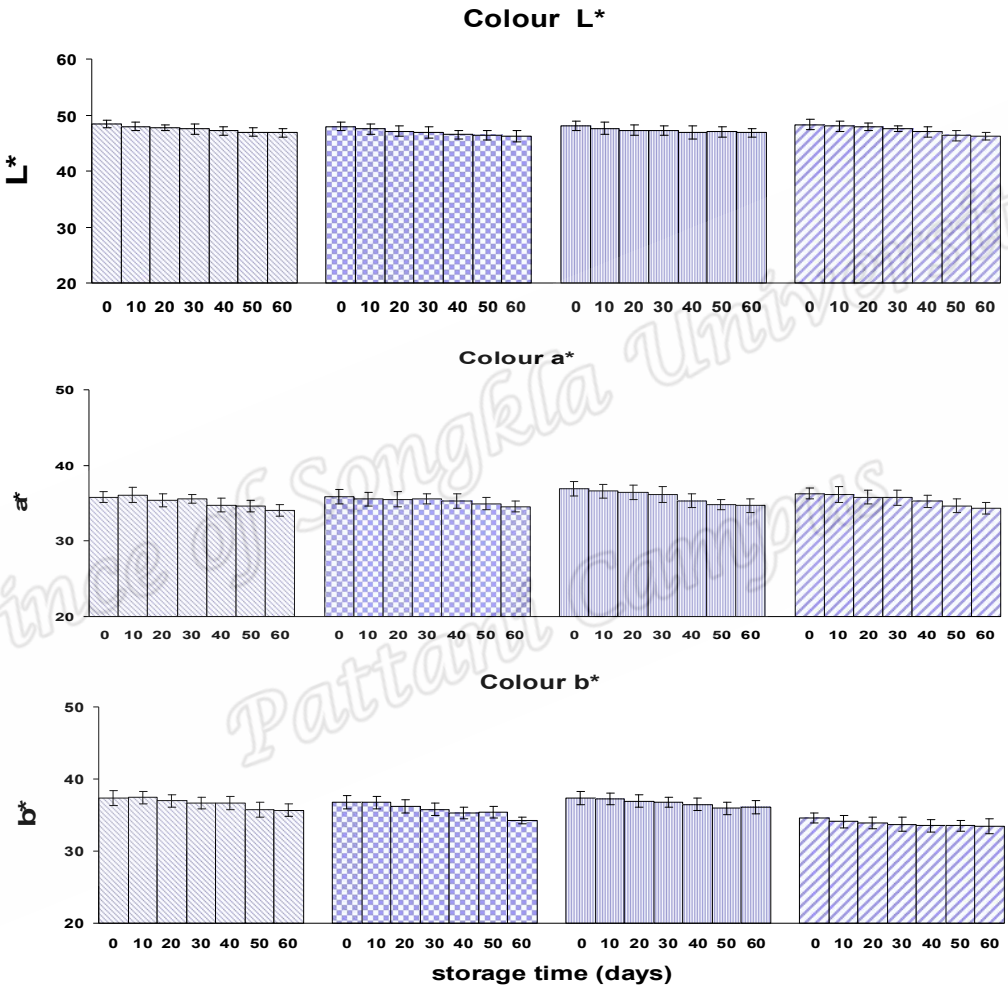
ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2.7 ค่าสีของไก่กอและพร้อมบริโภค ด้วยเครื่อง Hunterlab Mini Scan EZ

จากการวิเคราะห์ค่าสี แบบ CIE (L*, a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี Hunterlab Mini Scan EZ ของไก่กอและ ซึ่งจำแนกค่าสีเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) โดยวัดจากชิ้นของเนื้อไก่กอและที่มีเครื่องแกงกอและเคลือบผิวหน้าของชิ้นไก่ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 12 และรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 2 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า L*, a* b* มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อยทุกชุดการทดลอง ($p>0.05$) โดยเมื่อพิจารณาจากชิ้นตัวอย่างไก่กอและ ที่มีเครื่องแกงกอและเคลือบบนผิวทั่วทั้งชิ้นไก่ มีสีแดงค่อนข้างชัดเจน โดยจะพบว่า ค่า a* ของไก่กอและจากชุดการทดลองที่ใช้เทคนิค Sous vide คือ SV70/NaNO$_2$ และ SV80/NaNO$_2$ ($p>0.05$) จะมีค่า a* สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide คือ nonSV/nonNaNO$_2$ และ nonSV/NaNO$_2$ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้อุณหภูมิในการให้ความร้อนระยะเวลานานกว่า ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ที่พบมาในพริกแดง (นิธิยา, 2549) นอกจากนี้การลดลงของ

ค่า a* และ b* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์สลายตัวได้ง่ายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะเมื่อละลายอยู่ในน้ำมัน จึงถูกทำลายได้ง่าย (นิธิยา, 2549) สอดคล้องกับผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่กอและ (รูปที่ 13) ที่บ่งบอกถึงการเกิดออกซิเดชันของไขมัน พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ไก่กอและจะมีการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาได้จากปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน



รูปที่ 12 ค่า L*, a*, b* ของไก่กอและบรรจุในถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

nonSV/nonNaNo$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNo$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNo$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70°C

SV80/NaNo$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80°C

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 20 ซ้ำ

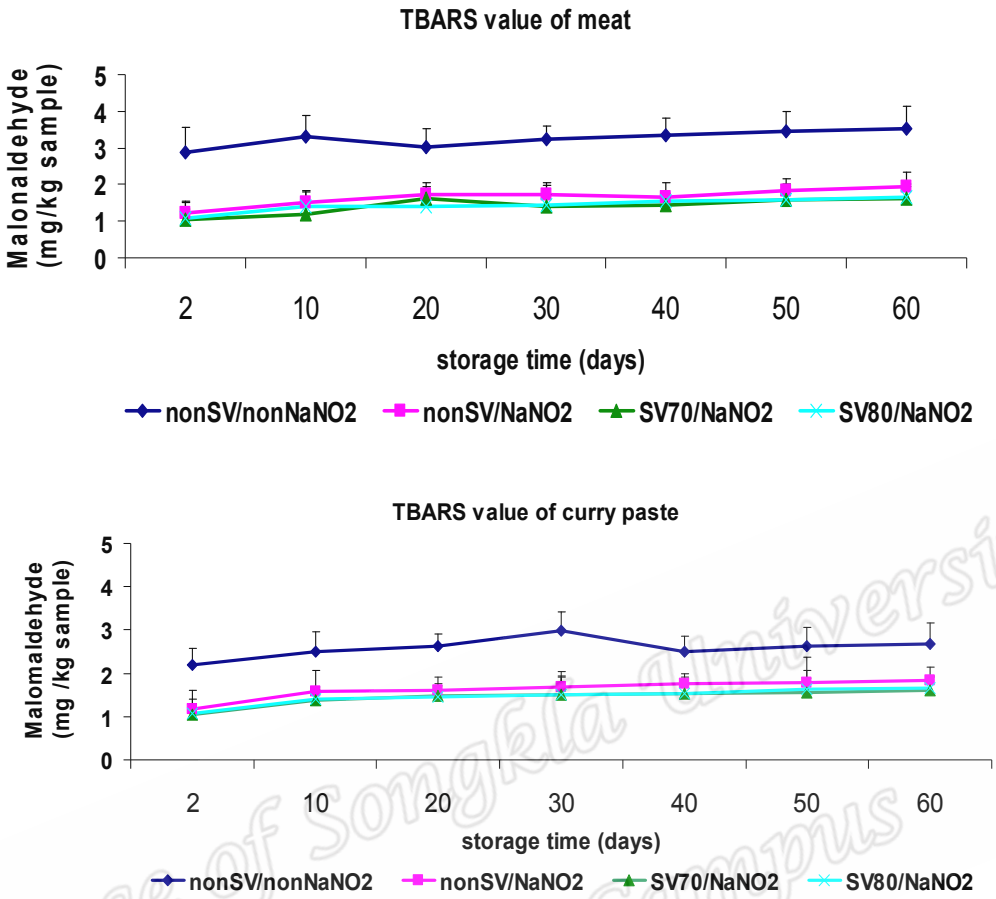
Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2.8 ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่กอและพร้อมบริโภค

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เป็นกระบวนการที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่ง ซึ่งจะเกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid: PUFA) ได้ง่ายและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอาหารด้านต่างๆ (Gray, 1978) ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) เกิดจากการที่ไขมันถูกถูกออกซิไดส์ (Oxidize) ได้สารประกอบมาโลนอัลดีไฮด์ ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไทโอบาบิทูริก (2-thiobabituric acid) เกิดเป็น สารประกอบสีแดง รายงานผลเป็นมิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (มก.มาโลนอัลดีไฮด์/ 1 กก.ตัวอย่าง) สำหรับใช้เป็นวิธีวัดการเกิดออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 13 และรายละเอียดในตารางภาคผนวกที่ 3 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของเนื้อไก่กอและและเครื่องแกงกอและในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p>0.05$) โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/non$NaNO_2$ ทั้งในส่วนของเนื้อไก่และเครื่องแกง จะมีปริมาณมาโลน-อัลดีไฮด์สูงที่สุด (2.89-3.54 และ 2.20-2.99 มก.มาโลนอัลดีไฮด์/1 กก.ตัวอย่าง ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอและจากชุดการทดลองอื่น ทั้งนี้เป็นผลมาจากชุดการทดลองดังกล่าวไม่มีการเติมโซเดียมไนไตรท์ในสารหมักเนื้อและเครื่องแกง ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของโซเดียมไนไตรท์ที่มีบทบาทสำคัญในการต้านการเกิดออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ รวมทั้งการป้องกันการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ (warmed-over flavor) ระหว่างการเก็บรักษา (Shahidi *et al*., 1986) ผลของโซเดียมไนไตรท์ยังรวมถึงคุณสมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการลดการเกิดออกซิเดชัน ได้แก่ ความสามารถในการป้องกันการปลดปล่อยเหล็กจากไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน ความเสถียรของไขมันในเซลล์เมมเบรน หรือการเกิดอนุพันธ์ของ ไนไตรท์ที่มีคุณสมบัติต้านการเกิดออกซิเดชัน (St. Angelo *et al*., 1987) Han and Yamauchi (2000) รายงานเกี่ยวกับการใช้โซเดียม-ไนไตรท์ในเนื้อสุกรบด ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm. เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (0 ppm.) เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ในชุดควบคุมเพิ่มขึ้น 8.1 เท่า ในขณะที่ชุดการทดลองที่ใช้โซเดียมไนไตรท์ ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์เพิ่มขึ้น 1.4 เท่า ประกอบกับไก่กอและ nonSV/non$NaNO_2$ ไม่มีการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ จึงทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันได้ง่ายกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งเมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของเนื้อไก่จะพบว่ามีปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์สูงกว่าเครื่องแกง อาจเนื่องมาจากส่วนผสมในเครื่องแกงมีสารประกอบบางชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชันได้โดยธรรมชาติ เช่น กระเทียมมีสารอัลลิอิน (Alliin) ไดอัลลิลซัลไฟด์ (Diallyl sulphide) อัลลิลซัลไฟด์ (Allyl sulphide) และโพรพิลซัลไฟด์ (Propyl sulphide) (Yang *et al*., 1993; Pakawatchai *et al*., 2009) พริกชี้ฟ้าแดง

(Sánchez-Escalante *et al*., 2003; Martinez *et al*., 2006) มีแคปไซซินอยด์ (Capsaicinoids) (Henderson and Henderson, 1992) หัวหอมแดง มีสารประกอบฟีนอลิค (Phenolic compounds) และไดอัลลิลไดซัลไฟด์ (Diallyl disulfide) (Leelarungrayub *et al*., 2006) ส่งผลให้ปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ในเครื่องแกงน้อยกว่าในเนื้อไก่ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่กอและจากชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ และ SV80/$NaNO_2$ ทั้งในเนื้อไก่และเครื่องแกง พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/$NaNO_2$ ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นจากเทคนิค Sous vide ซึ่งมีการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ทำให้สามารถลดปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ และช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้ (Fernandez-Espla and O'Neill, 1993)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่13 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณมาโลนอัลดีไฮด์ของไก่กอและที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการวัด 3 ซ้ำ

4.2.9 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของไก่กอและพร้อมบริโภค

การประเมินการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไก่กอและพร้อมบริโภค ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 วัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 14 และ 15 พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไก่กอและทุกชุดการทดลอง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) น้อยกว่า 1 log CFU/g นอกจากนี้ไก่กอและจากชุดการทดลอง nonSV/nonNaNO$_2$, nonSV/NaNO$_2$ และ SV70/NaNO$_2$ พบปริมาณยีสต์และราในช่วงระยะเริ่มต้น

Prince of Songkla University Pattani Campus

ของการเก็บรักษา อาจเป็นไปได้ที่มีการปนเปื้อนระหว่างกรรมวิธีการผลิต และมีจำนวนจุลินทรีย์ในปริมาณเริ่มต้นสูง ซึ่งทำให้เหลือรอดชีวิตจากการให้ความร้อน ในขณะที่ไก่กอและจากชุดการทดลอง SV80/$NaNO_2$ ไม่พบการเจริญของยีสต์และรา ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเป็นผลเนื่องมาจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลานานกว่า SV70/$NaNO_2$ มีผลต่อการทำลายปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นได้ดีกว่า ทำให้ไม่มีปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต และจากผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Escherichia coli* โดยวิธี MPN, *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Salmonella* spp. รวมทั้งแบคทีเรียแลคติก พบว่าไก่กอและทุกชุดการทดลองไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไก่ปรุงรสพร้อมบริโภค (มผช. 755/2548) ที่ระบุว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^4$ 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 จากผลการศึกษาพบว่าไก่กอและทุกชุดการทดลองมีจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

ผลจากการประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ของไก่กอและพร้อมบริโภคทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง เนื่องจากเป็นไก่กอและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนสูงในขั้นตอนของการอบที่อุณหภูมิสูง 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ และแสดงถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ อาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นๆร่วมกันหลายประการ ได้แก่ การใช้สารหมักเนื้อก่อนนำมาผลิตเป็นไก่กอและ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสเฟตที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญและการแบ่งเซลของแบคทีเรีย (Molins, 1991) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาระหว่างประจุลบของฟอสเฟตกับประจุบวกของโลหะที่จำเป็นสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ (Chueachuaychoo *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) และแอสคาลิน (Ascalin) ในหอมแดงสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราและจุลินทรีย์ก่อโรค (Mahmoudabadi and Gharib, 2009; Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn, 2009) รวมทั้งแคปไซซิน (Capscicin) ในพริกชี้ฟ้าแดงสามารถยับยั้งการเจริญของ *Bacillus cereus* , *Bacillus subtilis, Clostridium sporogenes, Clostridium tetani, and Streptococcus pyogenes* (Cichewicz and Thorpe, 1996)

ตารางที่ 14 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของไก่กอและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Treatment	Total viable count (log CFU/g)						
	Day0	Day10	Day20	Day30	Day40	Day50	Day60
nonSV/non$NaNO_2$	<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/non$NaNO_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/$NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/$NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/$NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 15 ปริมาณยีสต์และรา ของไก่กอและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

Treatment	Yeast and molds (CFU/g)						
	Day0	Day10	Day20	Day30	Day40	Day50	Day60
nonSV/non$NaNO_2$	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/non$NaNO_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/$NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/$NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/$NaNO_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.2.10 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไก่กอและ

การประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค ได้เตรียมไก่กอและแยกจากการผลิตในข้อ 4.2.9 เนื่องจากต้องใช้ตัวอย่างปริมาณมากในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของไก่กอและที่เตรียมจากเนื้อไก่ที่หมักด้วยสารละลายผสมระหว่างโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5/โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 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/non$NaNO_2$ รวมทั้งในวันที่ 60 ของการเก็บรักษาไก่กอและจากชุดการทดลอง nonSV/$NaNO_2$ พบการเจริญของเชื้อราในตัวอย่างไก่กอและ ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงไม่มีการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.2.10.1 ลักษณะปรากฏ (Appearance)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านลักษณะปรากฏของไก่กอและทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผู้ประเมินให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.13-5.83 คะแนน) ยกเว้นในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/non$NaNO_2$ และชุดการทดลอง nonSV/$NaNO_2$ จะพบว่าได้คะแนนอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (4.97 คะแนน) ซึ่งมีค่าคะแนนน้อยกว่าไก่กอและชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ และ SV80/$NaNO_2$ ที่ได้รับคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.40 คะแนน) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากเกิดแรงบีบอัดจากการบรรจุด้วยสภาวะสุญญากาศ ช่วยทำให้เครื่องแกงสามารถแทรกซึมเข้าสู่ชิ้นเนื้อและเกาะตัวอยู่บนชิ้นเนื้อไก่ได้ดีกว่า จึงส่งผลให้ผู้ประเมินสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ใช้และไม่ใช้เทคนิค Sous vide และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาของการเก็บรักษาในวันที่ 60 พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ชุดการทดลอง SV80/$NaNO_2$ สูงที่สุด (5.53) รองลงมาคือชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ (5.40) ($p>0.05$)

4.2.10.2 เนื้อสัมผัส (Texture)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านเนื้อสัมผัสของไก่กอและ พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง อาจเนื่องมาจากมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นระหว่างการเก็บ ส่งผลให้เนื้อสัมผัส

Prince of Songkla University Pattani Campus

ขาดความชุ่มน้ำ ความนุ่มลดลง ทั้งนี้พบว่า ตลอดระยะการเก็บรักษา ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบไก่กอและชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ และ SV80/$NaNO_2$ ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยมีช่วงคะแนนอยู่ระหว่าง 5.17-5.67 คะแนน ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งที่มีการใช้โซเดียมไนไตรท์ (4.80-5.23 คะแนน) และไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์ (4.80-5.20 คะแนน) ซึ่งจากผลการประเมินดังกล่าวจะให้ผลการทดลองสอดคล้องกับค่าแรงเฉือนและค่าความแข็ง ทั้งนี้อาจเป็นผลที่เกิดจากปัจจัยร่วมสองประการจากการใช้เทคนิค Sous vide นั่นคือการใช้ความร้อนทำลายจุลินทรีย์ และการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสมีความนุ่มมากกว่าไก่กอและที่ไม่ใช้เทคนิค Sous vide และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 60 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างไก่กอและชุดการทดลอง SV80/$NaNO_2$ (5.20 คะแนน) และชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ (5.17 คะแนน)

4.2.10.3 กลิ่น (Odour)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านกลิ่นของไก่กอและ เกิดจากความหอมที่ได้รับจากกลิ่นของเครื่องเทศในเครื่องแกงกอและ พบว่า เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 40 สำหรับไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/non$NaNO_2$ และวันที่ 50 ของไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/$NaNO_2$ พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงจนอยู่ในระดับเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (4.73 และ 4.60 คะแนน ตามลำดับ) อาจเนื่องมาจากเริ่มมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ผู้ประเมินได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับ ความหอมของเครื่องแกงลดลง และมีกลิ่นหืนของเนื้อไก่เล็กน้อย ซึ่งแตกต่างจากชุดการทดลองอื่น นอกจากนี้การบรรจุในสภาวะสุญญากาศของเทคนิค Sous vide สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่อาจทำให้เกิดความผิดปกติของกลิ่นได้ ทั้งนี้เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 60 ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นของไก่กอและชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ และ SV80/$NaNO_2$ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เท่ากับ 5.50 และ 5.70 คะแนน ตามลำดับ

4.2.10.4 รสชาติ (Flavour)

คะแนนเฉลี่ยความชอบด้านรสชาติของไก่กอและ พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ผู้ประเมินให้คะแนนไก่กอและชุดการทดลอง SV80/$NaNO_2$ สูงที่สุด โดยได้รับคะแนนอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.27-5.80 คะแนน) รองลงมาคือไก่กอและชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ มีคะแนนในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เช่นเดียวกัน (5.13-5.67 คะแนน) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และผู้ประเมินให้คะแนนความชอบ

Prince of Songkla University Pattani Campus

ไก่กอและชุดการทดลอง nonSV/non$NaNO_2$ และ nonSV/$NaNO_2$ อยู่ในช่วงเฉยๆถึงชอบเล็กน้อย (4.60-5.27 และ 4.47-5.30 คะแนน ตามลำดับ) ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไก่กอและที่มีการใช้เทคนิค Sous vide จะได้รับการยอมรับจากผู้ประเมินในด้านรสชาติสูงกว่าไก่กอและที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Sous vide ทั้งนี้อาจเนื่องจากเทคนิค Sous vide จะมีการบรรจุในสภาวะสุญญากาศ แรงบีบอัดทำให้เกิดการหดรัดตัวของภาชนะบรรจุกับอาหาร เครื่องแกงกอและสามารถแทรกซึมเข้าภายในชิ้นเนื้อไก่ได้มากขึ้น เป็นผลให้เกิดการผสมผสานระหว่างเครื่องแกงและเนื้อไก่ได้ดี ส่งผลให้มีรสชาติที่กลมกล่อมมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้เทคนิค Sous vide

4.2.10.5 ความชอบโดยรวม (Overall acceptance)

คะแนนเฉลี่ยความชอบโดยรวม พบว่าเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 60 วัน ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบไก่กอและชุดการทดลอง SV80/$NaNO_2$ สูงที่สุดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.87 คะแนน) รองลงมาคือชุดการทดลอง SV70/$NaNO_2$ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (5.57 คะแนน) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบในทุกๆด้าน จะพบว่าผู้ประเมินจะให้การยอมรับไก่กอและชุดการทดลอง SV80/$NaNO_2$ สูงที่สุด ดังนั้นจึงส่งผลให้คะแนนความชอบรวมมีค่าสูงที่สุดเช่นเดียวกัน

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 16 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-Point hedonic scale ของไก่กอและ 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^{aw}	5.33±0.76^{aw}	5.30±0.92^{aw}	5.27±0.83^{ax}	5.17±0.87^{aw}	-	-
	nonSV/NaNO$_2$	4.97±0.96^{aw}	5.37±0.96^{aw}	5.40±1.00^{aw}	5.33±0.80^{ax}	5.27±1.01^{aw}	5.13±0.68^{ax}	-
	SV70/NaNO$_2$	5.40±1.04^{aw}	5.37±0.85^{aw}	5.23±1.07^{aw}	5.67±0.76^{aw}	5.50±0.90^{aw}	5.47±0.86^{awx}	5.40±1.00^{aw}
	SV80/NaNO$_2$	5.40±0.97^{abw}	5.50±0.86^{abw}	5.27±0.83^{bw}	5.83±0.79^{aw}	5.57±0.86^{abw}	5.70±0.95^{abw}	5.53±0.78^{abw}
Texture	nonSV/nonNaNO$_2$	4.83±1.07^{aw}	5.23±0.97^{awx}	5.20±0.76^{aw}	4.93±0.94^{ax}	4.80±0.81^{aw}	-	-
	nonSV/NaNO$_2$	4.83±0.91^{aw}	5.07±0.87^{ax}	5.20±1.03^{aw}	4.80±0.85^{ax}	4.90±0.96^{aw}	5.00±0.74^{ax}	-
	SV70/NaNO$_2$	5.27±0.98^{aw}	5.63±1.10^{aw}	5.30±1.09^{aw}	5.63±1.03^{aw}	5.30±0.79^{aw}	5.43±1.10^{awx}	5.17±1.05^{aw}
	SV80/NaNO$_2$	5.33+1.06^{aw}	5.47±1.07^{awx}	5.57±1.07^{aw}	5.67±0.84^{aw}	5.23±1.04^{aw}	5.47±0.97^{aw}	5.20±1.00^{aw}
Odour	nonSV/nonNaNO$_2$	4.87±1.17^{aw}	5.00±0.98^{aw}	5.30±1.18^{aw}	5.03±1.16^{ax}	4.73±1.01^{ax}	-	-
	nonSV/NaNO$_2$	5.00±0.95^{abw}	4.87±1.01^{abw}	5.20±1.21^{aw}	5.13±0.97^{abx}	4.87±0.97^{abx}	4.60±0.93^{bx}	-
	SV70/NaNO$_2$	5.07±1.11^{aw}	5.17±1.05^{aw}	5.10±0.84^{aw}	5.33±1.03^{awx}	5.37±0.72^{aw}	5.30±1.06^{aw}	5.50±1.01^{aw}
	SV80/NaNO$_2$	5.10±0.99^{aw}	5.27±1.08^{aw}	5.27±1.08^{aw}	5.60±0.77^{aw}	5.40±0.89^{aw}	5.60±0.89^{aw}	5.70±0.95^{aw}
Flavour	nonSV/nonNaNO$_2$	4.60±1.07^{bx}	5.23±0.90^{aw}	5.27±0.94^{aw}	5.20±0.87^{ax}	4.80±0.96^{abx}	-	-
	nonSV/NaNO$_2$	4.47±0.97^{bx}	5.23±0.94^{aw}	5.17±1.05^{aw}	5.30±0.92^{awx}	4.83±0.99^{abx}	4.97±0.81^{ax}	-
	SV70/NaNO$_2$	5.20±0.92^{abw}	5.47±0.97^{abw}	5.13±0.97^{bw}	5.67±0.99^{aw}	5.53±0.68^{abw}	5.53±0.82^{abw}	5.33±1.06^{abw}
	SV80/NaNO$_2$	5.27±1.01^{bw}	5.37±1.00^{abw}	5.37±0.89^{abw}	5.70±0.84^{abw}	5.60±0.67^{abw}	5.80±0.76^{aw}	5.70±0.99^{abw}

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Attribute	Treatment	Liking scores						
		Day 1	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50	Day 60
Overall acceptance	nonSV/nonNaNO$_2$	4.90±1.09^{bx}	5.47±0.82^{awx}	5.47±0.57^{aw}	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^{aw}	5.23±0.82^{ax}	5.03±0.89^{ax}	4.93±0.83^{ax}	-
	SV70/NaNO$_2$	5.30±0.84^{bwx}	5.73±0.78^{abw}	5.50±0.86^{abw}	5.83±0.91^{aw}	5.83±0.83^{aw}	5.63±0.81^{abw}	5.57±0.77^{abw}
	SV80/NaNO$_2$	5.53±0.78^{bw}	5.50±1.01^{bwx}	5.50±0.97^{bw}	6.03±0.72^{aw}	5.73±0.64^{abw}	5.77±0.82^{abw}	5.87±0.97^{abw}

nonSV/nonNaNO$_2$: ไก่กอและที่ไม่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

nonSV/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และไม่ใช้เทคนิค Sous vide

SV70/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 70 องศาเซลเซียส

SV80/NaNO$_2$: ไก่กอและที่ใช้โซเดียมไนไตรท์และใช้เทคนิค Sous vide 80 องศาเซลเซียส

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

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

- : ไม่ได้ทำการประเมิน (พบการเจริญของเชื้อรา)

ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผู้ทดสอบ 30 คน

Prince of Songkla University Pattani Campus