บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาสูตรและกรรมวิธี

ศึกษากระบวนการผลิตแฮมอัด และหาสูตรที่ผู้บริโภคยอมรับ โดยกำหนดปริมาณ เนื้อหมู มันหมู sodium nitrite, phosphate, erythorbate และน้ำตาล ให้คงที่ แต่แปรปริมาณเกลือที่ใช้ในการเคียวเป็น 2 ระดับ คือ 2.0 และ 2.5% เมื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของแฮมอัด พบว่า ผู้บริโภคยอมรับแฮมอัดทั้งสองสูตร ($p \leq 0.05$) โดยมีระดับความชอบทั้ง สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมอยู่ในช่วงคะแนน 7 ถึง 8 ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลาง ถึงชอบมาก เกลือ 8.5-10.5% อย่างเดียวจะยับยั้งการเจริญและสร้างสารพิษของ C. botulinum ชนิด A และ B (15) ขณะที่ เกลือ 3.5-6.7% จะยับยั้งการเจริญของสปอร์ (23) ดังนั้นเกลือ 2.5% อย่างเดียวจึงไม่เพียงพอในการยับยั้ง C. botulinum ต้องใช้เกลือร่วมกับไนไตรท์และความร้อน เพื่อเสริมประสิทธิภาพการยับยั้งให้มากขึ้นทวีคูณ การรับประทานเกลือในปริมาณมากเกินความต้องการบ่อย ๆ ทำให้ไตทำงานหนักเพื่อขับดันเกลือผ่านไตออกมากับปัสสาวะ โดยไตจะสร้างสารกระตุ้นให้เส้นเลือดฝอยตีบลงจะได้เกิดแรงดันเพิ่มขึ้น การทำให้เส้นเลือดตีบอยู่ตลอดเวลาเป็นผลให้หัวใจเกิดการบีบตัวมากขึ้น แรงดันโลหิตที่ออกจากหัวใจจึงสูงขึ้น ซึ่งเป็นอาการของโรคความดันโลหิตสูง การบริโภคเกลือวันละไม่เกิน 4 กรัม จะไม่เป็นโรคความดันโลหิตสูง (46) ซึ่งเทียบเท่ากับรับประทานแฮมที่มีเกลือ 2.5% ได้ไม่เกินวันละ 160 กรัม อย่างไรก็ตาม เกลือในผลิตภัณฑ์ยังมีหน้าที่สำคัญในการสกัด myofibrilla protein ช่วยให้การอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น และช่วยให้โปรตีนจับกันแน่น ทำให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น การสกัด myofibrilla protein จะมีประสิทธิภาพที่ความเข้มข้นเกลือ 2.5-3.0% (47) ในการทดลองต่อไป จึงเลือกสูตรที่มีความเข้มข้นของเกลือ 2.5% เพราะสกัด myofibrilla protein ได้ดีกว่าที่ความเข้มข้นเกลือ 2.0% และปริมาณเกลือจะมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อีกด้วย

5.2 การศึกษาการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

จากประสิทธิภาพของ retort ที่ใช้ทำให้ค่า F_0 จากการทดลองแต่ละซ้ำต่างกัน แม้จะใช้อุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อเท่ากัน ดังนั้นภายหลังจากการทดลองเบื้องต้น เพื่อหาค่า F_0 ที่เหมาะสมแล้ว จึงบรรจุและให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อไปพร้อมกับการบันทึกอุณหภูมิและคำนวณค่า F_0 ในการทดลองแต่ละครั้ง แล้วทดสอบการยอมรับของแฮมบรรจุกระป๋องที่ F_0 นั้น ๆ จึงได้ค่า F_0 สองค่าจากการทดลอง 2 ซ้ำ คือ 1.49 และ 1.07 นาที ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ซ้ำเมื่อนำมา

ทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนการยอมรับรวมของแฮมบรรจุกระป๋องทั้งสองตัวอย่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และคะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 6 ถึง 7 ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง คะแนนกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ทั้งสองตัวอย่าง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7 ถึง 8 ซึ่งหมายถึง ชอบปานกลางถึงชอบมาก สีและเนื้อสัมผัสมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6 ถึง 7 ซึ่งหมายถึง ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และคะแนนสีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัส พบว่า เวลาฆ่าเชื้อที่ F_0 1.07 นาที ใช้เวลาในการให้ความร้อนและในการทำให้เย็นมากกว่า มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่าพวกที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ F_0 1.49 นาที โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อนานกว่าจะร่วน ยุ่ย และกระด้างกว่า การที่ผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อที่ F_0 1.07 นาที ใช้เวลานานกว่าก็เพราะ ขณะที่ F_0 1.49 นาที ได้รับอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อใน retort 109-112 °ซ. F_0 1.07 นาที ได้รับอุณหภูมิของ retort ต่ำคือประมาณ 109-110 °ซ. และเนื่องจากใช้น้ำประปาในการทำให้เย็น ครั้งที่ F_0 1.07 นาที น้ำประปาไหลอ่อนจึงใช้เวลานานกว่า พื้นที่ใต้กราฟที่วัดได้จึงสูงกว่า

การที่ระดับคะแนนการยอมรับรวมลดลงจากคะแนนในข้อ 5.1 เนื่องจากในขั้นตอนการศึกษาสูตรจะต้มแฮมในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 °ซ. จนอุณหภูมิกึ่งกลางสูงถึง 74 °ซ. ขณะที่ผลิตภัณฑ์จากข้อ 5.2 ผ่านความร้อนจากกระบวนการฆ่าเชื้อหลังบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 110 °ซ. เป็นเวลา 49 และ 65 นาที ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์หดตัวมาก และสูญเสียน้ำจากก้อนเนื้อ ความชุ่มน้ำจึงน้อยลง และแรงที่เกาะกันระหว่างชิ้นเนื้อน้อยลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างยุ่ยและแข็งขึ้น นอกจากนี้ retort ที่ใช้เป็นแบบอยู่กับที่ (still retort) ดังนั้นกว่าที่ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ด้านในจะได้รับความร้อนถึงระดับที่ต้องการ พวกที่อยู่ทางด้านนอกอาจได้รับความร้อนมากเกินไปแล้วก็ได้ (48) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุร่วมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพไม่สม่ำเสมอ และบางตัวอย่างจะมีคุณภาพด้อยกว่า

การปรับปรุงคุณภาพของแฮมบรรจุกระป๋อง นอกจากสารที่ช่วยในการอุ้มน้ำคือ ฟอสเฟต ซึ่งมีการกำหนดมาตรฐานไว้ให้มีได้ไม่เกิน 0.3% (คำนวณเป็น P_2O_5) ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายแล้ว ยังอาจเติม binder ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทสารโปรตีน เช่น นมผงปราศจากไขมันเนย sodium caseinate และโปรตีนจากพืช เช่น soy protein isolate ซึ่งปริมาณที่ใช้ขึ้นอยู่กับกฎหมายที่กำหนด ราคา และการยอมรับของผู้บริโภค การเติมสารเพิ่มปริมาณ (filler) พวก carbohydrate ซึ่งส่วนใหญ่ได้จากธัญญพืช เช่น แป้งสาลี แป้งถั่วเหลืองชนิดต่าง ๆ นอกจากจะช่วยดูดน้ำได้มาก ยังช่วยเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ทำให้ลดต้นทุนการผลิตได้ทางหนึ่ง (25)

5.3 การศึกษาปริมาณไนไตรท์ที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของแฮมหลังรมควัน พบว่ามีปริมาณประมาณ 10^4-10^7 colony/gram และปริมาณสปอร์ของ putrefactive anaerobe ของแฮมหลังรมควันจะมีน้อยมาก คือประมาณน้อยกว่า3 -4 MPN/gram (ตารางที่ 4.3) โดยเฉพาะในแฮมหลังรมควันที่จะนำไปใส่สปอร์ PA 3679 ตรวจพบสปอร์ของ PA น้อยกว่า3 MPN/gram ทุกระดับไนไตรท์

5.3.1 การศึกษาผลของระดับไนไตรท์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไปอาหารบรรจุกระป๋องควรมีสุญญากาศประมาณ 10-20 นิ้วปรอท แต่ในอาหารบรรจุกระป๋องบางอย่างที่ไม่จำเป็นต้องให้มีสุญญากาศสูงจะมีสุญญากาศ 2-6 นิ้วปรอท (14) แฮมบรรจุกระป๋องที่ทดลองจะมีน้ำหนักบรรจุเฉลี่ย 163-202 กรัม น้ำหนักสุทธิเฉลี่ย 136-173 กรัม และสุญญากาศเฉลี่ย 3.5-6.1 นิ้วปรอท (ตารางที่ 4.4) ซึ่งสุญญากาศดังกล่าวก็เป็นการเพียงพอ เนื่องจากกระป๋องขนาด 307x113 เป็นกระป๋องขนาดเล็ก และแฮมบรรจุกระป๋องเป็นอาหารประเภทปริมาณกรดต่ำ สามารถใช้บรรจุด้วยสุญญากาศที่ต่ำกว่าพวกอาหารประเภทปริมาณกรดสูงได้ (49) ในสภาพไม่มีอากาศจะยับยั้งการเจริญของเชื้อราและ yeast แต่จะเหมาะสมกับการสร้างสารพิษของ C. botulinum นอกจากนั้น C. botulinum สามารถเจริญในอาหารที่มีปริมาณกรดต่ำคือ pH สูงกว่า 4.6 ซึ่งในแฮมบรรจุกระป๋องมี pH เฉลี่ย 5.63-5.80 (ตารางที่ 4.5) ดังนั้นจึงต้องใช้ไนไตรท์ เกลือ และกระบวนการให้ความร้อนในการควบคุมจุลินทรีย์ดังกล่าว การเกยกันของตะเข็บกระป๋อง (% overlap) มีค่าเฉลี่ย 52-58% (ตารางที่ 4.6) ซึ่งมาตรฐานกำหนดให้มีค่าไม่น้อยกว่า 45% (38)

แฮมบรรจุกระป๋องที่ไม่ใส่สปอร์ PA 3679 ฆ่าเชื้อด้วยความร้อน F_0 1.49 และ 1.07 นาที เมื่อเก็บรักษาไว้ 10 เดือน ผลิตภัณฑ์ยังปลอดภัยต่อการบริโภคในทุกระดับของไนไตรท์ที่ใช้ในการเดียว (ตารางที่ 4.6 และ 4.10) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นกรดต่ำจะปลอดภัยต่อการบริโภค ถ้าผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ F_0 2.78 นาที (12) แต่การที่ F_0 น้อยกว่า 2.78 นาที ยังมีสภาวะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภคได้เนื่องจากมีไนไตรท์ช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ มีเกลือบริโภคเป็นส่วนผสมในปริมาณสูงพอ หรือจุลินทรีย์เริ่มต้นในผลิตภัณฑ์มีน้อยมาก การที่เนื้อเคียวมี pH ในช่วง 5.5-6.0 จะช่วยจำกัดชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ได้บ้าง (12) Grever (50) อธิบายว่า F_0 0.5 นาที น้ำเกลือ 3.5% ไนไตรท์ 100 ppm. จะยับยั้งสปอร์ของ Clostridium ได้ ขณะที่ Spencer (23) รายงาน

ว่า เมื่อสปอร์ Clostridium มีปริมาณน้อยมาก การใช้ F_0 0.1-0.4 นาที น้ำเกลือ 3.5-4.0% ไนไตรท์เริ่มต้น 75-150 ppm. จะเพียงพอในการยับยั้งสปอร์ และ F_0 1 นาที เกลือ 3.5% ไนไตรท์เริ่มต้น 150 ppm. จะยับยั้งสปอร์ของ PA 3679 จำนวน 5 สปอร์/กรัม ได้จนถึง 1 ปี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแฮมบรรจุกระป๋องที่ทดลอง ใช้เกลือ 2.5% F_0 1.07-1.49 นาที และไนไตรท์เริ่มต่น 0-400 ppm. จะเห็นว่าปริมาณเกลือน้อยลง แต่ให้ความร้อนมากขึ้น และสามารถยับยั้งสปอร์ของ putrefactive anaerobe จำนวนน้อยกว่า3- 4 MPN/gram ได้ 12 เดือนแล้ว แม้จะไม่มีไนไตรท์อยู่ด้วย เนื่องจากจุลินทรีย์เริ่มต้นมีน้อยมาก หรือไม่มีสปอร์ของ putrefactive anaerobe อยู่

จากการวัดปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์หลังจากการผลิตเป็นเวลา 31 วัน ในทุกระดับของไนไตรท์ในการเดียว พบว่าปริมาณไนไตรท์ที่ใส่ในแฮมและระยะเวลาการเก็บมีผลต่อปริมาณไนไตรท์ตกค้างในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.7) ผลิตภัณฑ์ที่เวลาเก็บ 1 และ 3 วัน มีปริมาณไนไตรท์ตกค้างมากกว่าที่เวลาเก็บ 6 11 17 24 และ 31 วัน อย่างมีนัยสำคัญ และที่ระดับไนไตรท์ 300 และ 400 ppm. ปริมาณไนไตรท์ตกค้างมากกว่าที่ระดับ 0 125 และ 200 ppm. อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนที่ระดับไนไตรท์ 300 ppm. จะมีปริมาณไนไตรท์ตกค้างไม่แตกต่างจากที่ระดับ 200 ppm. ปริมาณไนไตรท์ตกค้างที่ตรวจพบหลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 1 เดือน จะมีค่าน้อยมาก คืออยู่ในช่วงประมาณ 0-4 ppm. และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 8 เดือน ปริมาณไนไตรท์ตกค้างจะน้อยลงไปอีกคืออยู่ในช่วงประมาณ 0-2 ppm.(ตารางที่ 4.8) ปริมาณไนไตรท์ที่ลดลงจะเกิดได้เกือบทุกขั้นตอนการผลิต เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เปลี่ยนเป็นก๊าซ NO และ N_2O ระหว่างผสม การเกิดสีจากปฏิกิริยาที่เกิดกับ myoglobin และ hemoglobin การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ protein การลดปริมาณจากปฏิกิริยาของ enzyme และเมื่อผ่านความร้อนแล้วปริมาณไนไตรท์จะลดลงอีกจากปฏิกิริยาเคมีของสาร reductants ในผลิตภัณฑ์ (27 28)

ไนไตรท์เป็นสารตั้งต้นที่ทำให้เกิด nitrosamine โดยจะไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบ secondary amine ในสภาวะที่เป็นกรด ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวอาจจะเกิดในร่างกาย หรือในอาหารที่มีไนไตรท์เป็นองค์ประกอบ nitrosamine จะเหนี่ยวนำให้เกิดเนื้องอกชนิดเนื้อร้าย ก่อให้เกิดมะเร็งขึ้น ปริมาณเฉลี่ยที่ทำให้เกิดมะเร็ง (D_{50}) ของ NDMA และ NPYR คือ 400 และ 3900 ppb. ตามลำดับ (34) เมื่อนำผลจากการทดลองกับสัตว์ทดลองมาเกี่ยวข้องกับคนโดยให้มีขอบเขตของความปลอดภัยเพิ่ม 100 เท่า คาดว่าปริมาณของ nitrosamine ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ซึ่งร่างกายสามารถทนได้คือ 5-10 ppb. (51) ในแฮมบรรจุกระป๋องที่มี

ไนไตรท์เริ่มต้น 300 และ 400 ppm. เก็บรักษานาน 4 เดือน จะมีปริมาณ nitrosmaine น้อยมาก คือ NDMA 0.51-1.08 ppb. และ NPYR 0.07-0.24 ppb. (ตารางที่ 4.9) ซึ่งปริมาณดังกล่าวจะน้อยกว่าปริมาณสูงสุดที่ปลอดภัยในการบริโภค

5.3.2 การศึกษาผลของระดับไนไตรท์ต่อ PA 3679 ในแฮมบรรจุกระป๋อง

เมื่อใส่สปอร์ PA 3679 ในแฮมก่อนฆ่าเชื้อในปริมาณ 7.6×10^3 สปอร์/กระป๋อง และนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้ว คำนวณค่า F_0 จากเวลาที่ใช้พบว่าได้ค่า F_0 1.27 นาที ซึ่งเป็นค่าระหว่าง F_0 ที่ใช้ฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ส่วนที่ไม่ใส่สปอร์ (F_0 1.07 ถึง 1.49 นาที) เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าปริมาณไนไตรท์ที่ใส่ในแฮมและระยะเวลาการเก็บมีผลต่อการบวมของกระป๋องอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่เมื่อใช้ไนไตรท์ในการเคียวมาก อัตราการบวมของกระป๋องจะลดน้อยลง เช่น ที่เวลาการเก็บ 1 เดือน เมื่อใช้ไนไตรท์ในการเคียว 0 125 200 300 และ 400 ppm. กระป๋องบวมจำนวน 25 11 4 1 และ 0 ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่ม อัตราการบวมจะเพิ่มมากขึ้นด้วย จากตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.3 4.4 จะเห็นได้ว่า การบวมของกระป๋องขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการร่วมกันคือ ปริมาณไนไตรท์ที่ใช้ในการเคียว และระยะเวลาการเก็บ

ระดับไนไตรท์ในการเคียว 0 ppm. จะทำให้กระป๋องบวมเฉลี่ย 24.5 กระป๋อง หรือประมาณ 98% เมื่อเก็บประมาณ 1 เดือน ส่วนที่ระดับไนไตรท์ 125 ppm. อัตราเร็วของกระป๋องบวมจะมากในช่วง 1 เดือนแรก ประมาณ 11 กระป๋อง หรือ 44% ในช่วงเดือนที่ 2 กระป๋องจะบวมช้าลง คือประมาณ 32% และช่วงเดือนที่ 3 ถึง 6 กระป๋องจะบวมประมาณ 12-16% ที่ระดับไนไตรท์ 200 ppm. ในช่วงเดือนแรกมีจำนวนกระป๋องบวมประมาณ 12% อัตราเร็วของกระป๋องบวมจะมากขึ้นในช่วงเดือนที่ 2 คือประมาณ 40% เดือนที่ 3 กระป๋องบวม 20% เดือนที่ 4 ถึง 6 กระป๋องบวมประมาณ 8-12% ที่ระดับไนไตรท์ 300 ppm. ในช่วงเดือนแรกกระป๋องจะบวมช้ามาก คือประมาณ 4% แต่อัตราเร็วของการบวมจะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 2 เป็น 48% เดือนที่ 3 กระป๋องบวม 24% และเดือนที่ 4 ถึง 6 กระป๋องบวมประมาณ 8-16% ที่ระดับไนไตรท์ 400 ppm. พบว่า ช่วงเดือนแรกไม่มีกระป๋องบวม เดือนที่ 2 กระป๋องบวม 16% เดือนที่ 3 24% และเดือนที่ 4 ถึง 6 กระป๋องบวมประมาณ 4-8%

เมื่อพิจารณาในแต่ละเดือน เดือนแรกระดับไนไตรท์ 300 และ 400 ppm. จำนวนกระป๋องที่บวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เดือนที่ 2 3 และ 5 ที่ระดับไนไตรท์ 200 และ 300 ppm. อัตราการบวมของกระป๋องไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

แต่ในเดือนที่ 4 พบว่า ปริมาณไนไตรท์ทั้งห้าระดับมีผลต่อจำนวนกระป๋องบวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเดือนที่ 6 อัตราการบวมที่ระดับไนไตรท์ 125 และ 300 ppm. ต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ การที่กระป๋องบวมไม่พร้อมกันเนื่องจากจุลินทรีย์ต้องการเวลาในการงอกต่างกัน พบว่าสปอร์ของ C. botulinum บางสปอร์ เมื่อผ่านความร้อนใน spore suspension ต้องการเวลาในการงอกถึง 1 ปี หรือมากกว่านั้น แต่เมื่อปรับสภาวะให้เหมาะสมคือเติมสารอาหารลงไปเวลาการงอกจะเหลือเพียง 3-6 เดือน (33)

ตารางที่ 4.13 แสดงเวลาที่แฮมบรรจุกระป๋องเริ่มบวมเมื่อใส่สปอร์ PA 3679 ในแต่ละระดับไนไตรท์ เมื่อระดับไนไตรท์ที่ใช้ในการเคียวมากขึ้น เวลาที่กระป๋องเริ่มบวมจะนานขึ้น โดยที่ระดับไนไตรท์ 0 125 และ 200 ppm. ใช้เวลาในการเริ่มบวม 14 18 และ 25 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระดับไนไตรท์ 200 และ 300 ppm. ใช้เวลาในการเริ่มบวม 25 และ 31 วัน ตามลำดับ จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และระดับไนไตรท์ 300 และ 400 ppm. ใช้เวลาในการเริ่มบวม 31 และ 38 วัน ตามลำดับ จะต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จะเห็นได้ว่า การใช้ไนไตรท์ในการเคียว 400 ppm. จะสามารถยับยั้งกระป๋องบวมเนื่องจาก PA 3679 จำนวน 7.6×10^3 สปอร์/กระป๋อง เมื่อ F_0 1.27 นาที ได้ 52% เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 6 เดือน ซึ่งการใช้ปริมาณไนไตรท์ดังกล่าว จะปลอดภัยต่อผู้บริโภค เพราะระดับไนไตรท์ตกค้างต่ำกว่า 125 ppm. ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ในผลิตภัณฑ์ และปริมาณ nitrosamine ที่ตรวจพบ ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.9 จะมีค่าน้อยกว่าปริมาณที่ปลอดภัยในการบริโภค ผลของไนไตรท์ต่อการเจริญของ C. botulinum จะมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไนไตรท์เพิ่มขึ้น (8) การเพิ่มปริมาณไนไตรท์ที่ใช้เคียวมากกว่า 400 ppm. อาจจะเพิ่มผลการยับยั้ง PA 3679 ในสภาวะที่ทดลองได้มากขึ้น และความปลอดภัยเนื่องจากปริมาณไนไตรท์ตกค้าง และ nitrosamine ก็ยังคงมีอยู่ เพราะปริมาณที่ตรวจพบยังห่างจากขอบเขตที่ให้มีได้ Lechowich และคณะ (12) รายงานว่า เนื้อกระป๋องซึ่งเตรียมจากไนไตรท์ 200 หรือ 5000 ppm. เมื่อป้อนให้หนูจะไม่ทำให้เกิดมะเร็ง โดยทั่วไปสปอร์ของ putrefactive anaerobe bacteria ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์จะมีอยู่น้อยมาก จากการทดลองเมื่อผ่านความร้อน F_0 1.07 และ 1.49 นาที จะปลอดภัยต่อการบริโภค เมื่อใช้ไนไตรท์ในการเคียว 125 ppm. (ตารางที่ 4.10) ดังนั้นปริมาณไนไตรท์ที่ใช้จริงอาจจะน้อยกว่า 400 ppm. ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้บางส่วน แต่ต้องรักษาสุขลักษณะของกระบวนการผลิต

Duncan และ Foster (19) Tompkin และคณะ (25) อธิบายว่า การ

ที่กระป๋องไม่บวมเกิดเนื่องจากสปอร์เกิดความเสียหายจากความร้อนในการฆ่าเชื้อเมื่อมีไนไตรท์อยู่ด้วยจึงไม่สามารถเจริญในผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณไนไตรท์ตกค้างของผลิตภัณฑ์แฮมภายหลังการรมควันหรือก่อนทำการฆ่าเชื้อในการทดลองนี้จะแสดงในภาคผนวก ช ได้มีข้อถกเถียงกันว่าปริมาณไนไตรท์ที่ใช้ในการเคียวหรือปริมาณไนไตรท์ตกค้างที่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ ข้อมูลเกี่ยวกับผลของปริมาณไนไตรท์ตกค้างมีอยู่เล็กน้อย โดยจะมุ่งไปถึงสารที่เกิดจากปฏิกิริยาของไนไตรท์กับโปรตีน แต่ข้อมูลของผลของปริมาณไนไตรท์ในการเคียวจะสอดคล้องกับการทดลองมากกว่า จากการทดลอง ปริมาณไนไตรท์ตกค้างในช่วงเดือนแรกของการเก็บแฮมบรรจุกระป๋องประมาณ 0-4 ppm. และเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 8 เดือน ปริมาณไนไตรท์ตกค้างจะลดลงเหลือประมาณ 0-2 ppm. ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมาก แต่กระป๋องที่ใส่ PA 3679 ก็ยังไม่บวม 100% แม้จะเก็บไว้นานขึ้นจนถึง 6 เดือนหรือ 1 ปี นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์ยังพบว่า จำนวนกระป๋องบวมยังขึ้นกับปริมาณไนไตรท์ที่ใช้ในการเคียว จึงอาจคาดได้ว่าปริมาณไนไตรท์เริ่มต้นจะมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์มากกว่าปริมาณไนไตรท์ตกค้าง โดยที่ไนไตรท์จะกระตุ้นให้สปอร์งอกโดยเฉพาะภายใต้สภาวะกรดระหว่างการให้ความร้อน ทำให้จุลินทรีย์ไม่ทนต่อความร้อน (20) ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของ Christiansen และคณะ (16) โดยพบว่าการบวมของกระป๋องไม่สอดคล้องกับปริมาณไนไตรท์ตกค้าง แต่อัตราการบวมและการเกิดสารพิษจะสอดคล้องกับปริมาณไนไตรท์ที่ใส่เข้าไป นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ระดับไนไตรท์ที่เติมในสูตรสำคัญกว่าปริมาณไนไตรท์ตกค้างในการยับยั้ง C. botulinum (12 16 52)

5.4 การวิเคราะห์คุณภาพของแฮมบรรจุกระป๋อง

หลังจากเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลา 5 เดือน ได้เลือกแฮมบรรจุกระป๋องที่ใช้ไนไตรท์ในการเคียว 400 ppm. มาทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งผลการทดลองมีดังแสดงในตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม ยังคงอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง โดยที่คะแนนของสีและการยอมรับรวมจะไม่แตกต่างจากคะแนนหลังการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนหรือที่ระยะเวลาเก็บ 0 เดือน ส่วนเนื้อสัมผัสมีคะแนนอยู่ในช่วงเฉย ๆ ถึงชอบปานกลาง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ แสดงว่าประกอบด้วย น้ำ 63.47-66.23% โปรตีน 18.42-20.34% ไขมัน 7.79-12.08% เถ้า 3.34-3.40% เกลือแกง 2.26-2.48% และ phosphate คำนวณเป็น P_2O_5 0.74-0.75% (ตารางที่ 4.15) ซึ่งปริมาณโปรตีนและไขมันจะใกล้เคียงกับในเนื้อสุกรและเนื้อวัว คือจะมีโปรตีนประมาณ

20% 20% และไขมันประมาณ 10% 7.2% ตามลำดับ (53) ปริมาณเถ้าในเนื้อหมูสดประมาณ 0.16% แต่ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณสูงกว่าเนื่องจากมีการใส่เกลือแกง phosphate และ sodium nitrite ลงไปในผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้นอาจมีแร่ธาตุที่อาจปนมากับสารผสมดังกล่าวด้วย ปริมาณเกลือในแฮมประมาณ 2.5% จะไม่เสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิตสูงถ้าบริโภคแฮมไม่เกินวันละ 160 กรัม ส่วนปริมาณ phosphate มีการกำหนดมาตรฐานไว้ให้มีได้ไม่เกิน 0.3% เมื่อคำนวณเป็น P_2O_5 ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพราะการที่ใช้ phosphate มากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์อุ้มน้ำไว้ได้มาก น้ำหนักที่มากขึ้นจะเป็นการเอาเปรียบผู้บริโภค แฮมบรรจุกระป๋องมี P_2O_5 0.74-0.75% ซึ่งเกินจากมาตรฐาน เนื่องจากมี phosphate ตั้งต้นในเนื้อสุกรอยู่ คำนวณเป็น P_2O_5 0.32% นอกจากนั้นอาจจะมีติดมากับส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต เช่น เกลือแกง sodium nitrite และ regal base ดังนั้นถ้าจะมีการผลิตต่อไปจึงควรลดปริมาณ accord ที่ใช้

5.5 <u>การสูญเสียน้ำหนักในกระบวนการผลิตแฮมอัด</u>

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าการสูญเสียน้ำหนักซึ่งมีผลต่อ yield ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ระหว่างผลิต อาทิ การสูญเสียเนื้อหมูระหว่างการตัดแต่งเพื่อกำจัดเอ็นและมันจากชิ้นเนื้อประมาณ 15 % แต่ในระดับอุตสาหกรรม เศษที่เหลือสามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นได้ เช่น กุนเชียง เป็นต้น ในการบรรจุแฮมในไส้จะมีเศษหลงเหลือที่เครื่องบรรจุไส้ประมาณ 5% และภายหลังการรมควันน้ำหนักจะหายไปประมาณ 4% ในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจะเกิดการหดตัวของเนื้อ ของเหลวที่แยกออกมาจะอยู่ในกระป๋อง ซึ่งเมื่อคำนวณจากน้ำหนักบรรจุแฮมในกระป๋องและน้ำหนักสุทธิ (ตารางที่ 4.4) จะเห็นว่าเมื่อใช้ F_o 1.49 และ 1.07 นาที น้ำหนักก้อนเนื้อจะลดลง 7.1 และ 13.9% ตามลำดับ การจะลดปริมาณที่เนื้อจะหดตัวก็โดยการใส่ binder หรือ filler และโดยการลดค่า F_o

5.6 <u>ต้นทุนของการผลิตแฮมบรรจุกระป๋อง</u>

ต้นทุนของแฮมบรรจุกระป๋องเมื่อไม่รวมค่าเชื้อเพลิงและค่าแรงงาน ประมาณ 13.12 บาทต่อกระป๋อง ซึ่งคำนวณจากการผลิตระดับเล็ก ถ้าในระดับอุตสาหกรรมต้นทุนจะน้อยลงกว่านี้ เนื่องจากการซื้อวัตถุดิบจำนวนมาก ราคาต่อชิ้นจะถูกลง และเมื่อทำด้วยความชำนาญ การสูญเสียน้ำหนักในช่วงตัดแต่งจะน้อยลง ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้น