บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาเกณฑ์คุณภาพผลิตภัณฑ์

ในขั้นแรกของการทดลองต้องการทราบว่าควรหยุดการหมักที่ pH เท่าใด จึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติเป็นที่ถูกใจผู้บริโภค จึงทดลองผลิตแหนมโดยใช้ข้าวสุกเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต บรรจุในถุง PP หมักที่อุณหภูมิประมาณ 30 °ซ. (อุณหภูมิห้อง) แล้ววัด pH และปริมาณกรด เปรียบเทียบกับคะแนนทางด้านรสชาติ จะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาหมักผ่านไป pH ลดลง และปริมาณกรดเพิ่มขึ้น แม้ว่าวันที่ 2-4 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความเห็นว่า แหนมที่หมักเป็นเวลา 2 และ 3 วันมีความเปรี้ยวในระดับที่พอเหมาะ ขณะที่แหนมที่หมักเป็นเวลา 4 วันเปรี้ยวมากเกินไป จากข้อมูลดังกล่าว จึงสรุปว่าควรหยุดการหมักในช่วงวันที่ 2 - 3 ซึ่งแหนมมีค่า pH 4.60 - 4.72 หรือ ปริมาณกรด 0.85 - 0.94 % อัตราการลดลงของ pH ระหว่างหมักมีดังนี้คือ ภายใน 2 วันแรก pH จะลด ลงอย่างรวดเร็ว และหลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ ในวันที่ 4 แหนมจะมี pH เป็น 4.4 ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ใกล้เคียงสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมบุญ ณรงค์ และทัศนีย์(2,9)แต่สมบุญรายงานไว้ว่าระยะที่แหนมมีความเปรี้ยวเหมาะสำหรับการบริโภคคือวันที่ 4 เมื่อมี pH ประมาณ 4.4 ขณะที่ณรงค์ และทัศนีย์จะหยุดการหมักที่ pH 4.2 อย่างไรก็ดีรายงานทั้ง 2 แหล่งไม่มีข้อมูลทางประสาทสัมผัสประกอบ นับว่าการหมักโดยใช้ถุง PP เหมาะสมต่อการเกิดกรดได้ดี เช่นเดียวกับไส้ fibrous และ regenerated cellulose ที่ณรงค์ใช้ในการผลิต ในขณะที่การหมักในถุง PE มีการเกิดกรดต่ำกว่า (9) ซึ่งเมื่อพิจารณาความสามารถในการซึมผ่านแผ่นฟิล์มของกาซออกซิเจน จะเห็นได้ว่า PE ยอมให้ออกซิเจนผ่านได้มากคือประมาณ 500 cc-mil/100sq.in./24hr. สำหรับถุงแบบ low density 250 - 535 cc-mil/100sq.in./24hr. สำหรับถุงแบบ medium density และ 185 cc-mil/100sq.in./24hr. สำหรับถุงแบบ high density ขณะที่ PP ยอมให้ออกซิเจนผ่านได้น้อยกว่า คือ 150 - 240 cc-mil/100sq.in./24hr.(33) ส่วนการใช้ไส้ fibrous หรือ regenerated cellulose ก็น่าจะมีการกั้นการซึมผ่านของกาซออกซิเจนได้ดีเช่นกันเพราะผลิตภัณฑ์เกิดกรดได้ดี แต่ถุง PP น่าจะเหมาะสมสำหรับการบรรจุและหมักมากกว่าเพราะหาได้ง่าย และราคาถูก ในปัจจุบันมีการ ผลิตเป็นแบบหลอด ทำให้การบรรจุทำได้ง่ายเช่นเดียวกับการบรรจุไส้กรอก และมีขนาดสม่ำเสมอด้วย

2. การศึกษาส่วนประกอบ

ในกระบวนการผลิตแหนมที่ถ่ายทอดสืบเนื่องกันมาจนถึงระยะปัจจุบันนั้น ผู้ผลิตส่วนใหญ่มีความเชื่อว่า เนื้อหมูซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบต้องแห้งสนิทเพื่อมีความชื้นต่ำ จึงมีการใช้ผ้าซับน้ำออก หรือมิฉะนั้นก็บีบน้ำออกจากเนื้อหมูก่อนนำมาลดขนาดด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน ซึ่งการปฏิบัติเช่นนั้นเป็นการเสียเวลา และมีผลต่อคุณภาพในด้านการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ ดังนั้นเพื่อให้แน่ใจว่าการปฏิบัติดังกล่าวจำเป็นหรือไม่จึงทดลองลดปริมาณความชื้นในเนื้อหมูโดยบีบน้ำออกจากเนื้อหมูบดด้วยเครื่อง hydraulic press ซึ่งควบคุมให้แรงอัดคงที่ประมาณ 30 $\pm$ 5 kg/cm^2 และแปรเวลาที่อัด พร้อมทั้งติดตามปริมาณความชื้นที่ลดลงพบว่า จากเนื้อหมูซึ่งมีความชื้นตั้งต้นประมาณ 75 % สามารถลดได้ถึง 68 % ในเวลา 16 นาที แต่เนื่องจากใช้เวลานานเกินไปจึงเลือกเวลาบีบประมาณ 6 - 8 นาที ซึ่งเนื้อหมูมีความชื้นประมาณ 72 % นำเนื้อหมูที่ลดความชื้นแล้วนี้ไปทดลองผลิตแหนมเพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการลดความชื้น

นอกจากปริมาณความชื้นของวัตถุดิบแล้ว การลดลงอย่างรวดเร็วของ pH และแหล่งคาร์โบไฮเดรตนับว่ามีความสำคัญมากกับคุณภาพของแหนม ในการทดลองจึงศึกษาการใช้ข้าวเจ้าหุงสุก 5 % หรือใช้ข้าว 5 % รวมกับ GDL ซึ่งเป็น chemical acidulant 0.5 % หรือน้ำตาลที่จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้มากกว่าแทน ในปริมาณ 2 % ระหว่างหมักติดตามค่า pH ปริมาณกรด และแรงเฉือน เป็นเวลา 0 - 6 วัน โดยวิเคราะห์ทุกวัน รวมทั้งทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 2 และ 3 ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4 -4.7 และรูปที่ 4.1 - 4.3

จากตารางที่ 4.5 และ 4.7 ซึ่งแสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าต่าง ๆ ที่ตรวจสอบ พบว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของ 3 ปัจจัย และมีอิทธิพลร่วมของ 2 ปัจจัยในบางกรณี ในขั้นนี้จึงรายงานผลเฉพาะอิทธิพลของปัจจัยหลักดังตารางที่ 4.4 และ 4.6 ส่วนอิทธิพลร่วมของ 2 ปัจจัยที่มีผลแสดงในรูปกราฟรูปที่ 4.1 - 4.3 ส่วนค่าเฉลี่ยของ combination ทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวกที่ ค.3 - ค.6

การใช้เนื้อหมูที่ผ่านการลดความชื้น ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีค่า pH ต่ำกว่า แรงเฉือนสูงกว่า คะแนนสี กลิ่น และการยอมรับรวม ต่ำกว่า พวกที่ใช้เนื้อหมูที่ไม่ได้ผ่านการลดความชื้นเล็กน้อย ($P \leq 0.05$) ขณะที่ คะแนนรสชาติ และเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.4 และ4.6)การที่คะแนนสีและกลิ่นมีค่าต่ำกว่านั้นอาจเป็นเพราะมีการสูญเสียสี และเปลี่ยนกลิ่นเกิดขึ้นบ้างในระหว่างการบีบน้ำออก ทำให้สีและกลิ่นจางลง

เมื่อเวลาหมักเพิ่มขึ้นจาก 0 - 6 วัน มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ pH ปริมาณกรด และแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) คือ ทำให้ pH ลดลง และกรดเพิ่มขึ้นอย่างมากภายใน 2 วันแรกหลังจากนั้น pH จะมีค่าคงที่และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ปริมาณกรดมีการเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย

และจะเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญหลังจากวันที่ 4 จากการที่ปริมาณกรดเพิ่มขึ้น ขณะที่ pH ค่อนข้างคงที่ก็เนื่องจากเนื้อหมูมีสมบัติ buffer capacity ที่ดี ส่วนแรงเฉือนมีการเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่งแล้วกลับมีค่าลดลง ซึ่งอาจเป็นเพราะการเสื่อมสภาพของโปรตีนจากปฏิกิริยาของกรดที่เพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อแข็งกระด้าง และทนต่อแรงตัดมากขึ้น ต่อมากรดเพิ่มขึ้นถึงระดับที่โปรตีนเนื้อหมูเสียสภาพด้านการละลาย และยึดเกาะกัน จึงทำให้เนื้อแยกออกจากกันได้ง่ายขึ้น สมบุญ (2) ได้สังเกตุการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสในแหนมนี้ และตั้งข้อสังเกตุไว้ว่า อาจเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ หรือการที่เนื้อหมูอยู่ในสภาพกรดนานเกินไปทำให้โปรตีนในเนื้อหมูเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ ซึ่งข้อสังเกตนี้ไม่น่าเป็นไปได้ ในแหนมซึ่งข้อสังเกตนี้ไม่น่าเป็นไปได้ในแหนมซึ่ง pH ต่ำกว่าระดับเหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาจากเอนไซม์ในเนื้อ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในวันที่ 2 และ 3 พบว่า เวลามีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคะแนนรสชาติ และการยอมรับรวมเท่านั้นคือคะแนนการยอมรับของวันที่ 3 ต่ำกว่าวันที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) แม้ว่าจะมีคะแนนรสชาติสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) ก็ตาม เพราะการตัดสินให้คะแนนการยอมรับรวมของผู้ทดสอบมาจากการพิจารณาคุณภาพด้านอื่น ๆ ประกอบด้วย คือ สี กลิ่น ความแน่น ความเหนียว และความชุ่มน้ำ ซึ่งในวันที่ 3 มีคะแนนต่ำกว่าเล็กน้อย

ส่วนผสมมีผลต่อปริมาณกรดอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) และ pH ต่างกันเพียงเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวเจ้าผสม GDL มีแรงเฉือนสูงที่สุด รองลงมาคือพวกที่ใช้ข้าว และพวกที่ใช้น้ำตาลตามลำดับ ขณะที่ส่วนผสมไม่มีผลต่อการเกิดกรดนัก น้ำตาลจะให้ผลทางด้านประสาทสัมผัสดีกว่ากล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำตาลเป็นส่วนผสมมีคะแนนเฉลี่ยของ สี ความเหนียว และการยอมรับรวมดีกว่าพวกอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการลดของ pH และการเกิดกรดเฉพาะในแหนมที่ใช้เนื้อหมูที่ไม่ผ่านการลดความชื้นจะเห็นได้ว่าใน 2 วันแรกของการหมัก ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวเจ้าจะมีการเกิดกรดและการลดลงของ pH ช้ากว่าพวกที่ใช้น้ำตาลมาก แต่ระยะหลังกลับมีปริมาณใกล้เคียงกันกล่าวคือ วันที่ 4 5 และ 6 ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อัตราการเปลี่ยนแปลงของกรดและ pH นี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของณรงค์ และทัศนีย์ ซึ่งกล่าวว่าคาร์โบไฮเดรตมีผลต่อการเกิดกรดแลคติคน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากหมักไว้ 4 วัน (9) การใช้ GDL ทำให้ผลิตภัณฑ์มี pH ต่ำลงตั้งแต่ต้น และแตกต่างกับพวกที่ไม่ใช้ GDL อย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Acton และคณะ (16) แต่หลังจากวันที่ 2 ความแตกต่างดังกล่าวนี้ไม่มีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.1) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การเติม GDL ทำให้ผลิตภัณฑ์มี pH ต่ำลงตั้งแต่ต้น อาจเป็นไปได้ว่าความเป็นกรดสูงทำให้ความสามารถในการผลิตกรดของแบคทีเรียลดลง จึงทำให้ปริมาณกรดไม่แตกต่างกันกับแหนมที่ไม่ได้มีการเร่งให้เกิดกรด จากการศึกษาผล

ของสารต่าง ๆที่มีผลต่อจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในการหมักของ Stolic และคณะ (34) พบว่า GDL มีผลยับยั้ง micrococci และ lactobacilli

การใช้ส่วนผสมที่ต่างกันทำให้ผลิตภัณฑ์มีอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเฉือนต่างกัน (มีอิทธิพลร่วมของส่วนผสมกับเวลา) ดังแสดงใน รูปที่ 4.2.1 การใช้น้ำตาลจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงเฉือนสูงสุดในวันที่ 3 การใช้ GDL ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงเฉือนสูงสุดในวันที่ 4 ส่วนการใช้ข้าวอย่างเดียวทำให้ผลิตภัณฑ์มีแรงเฉือนสูงขึ้นเรื่อย ๆ การเปลี่ยนแปลงของแรงเฉือนนี้อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของส่วนผสม และอัตราการเกิดกรดนั่นเอง จากการพิจารณาเปรียบเทียบจะเห็นว่าแรงเฉือนที่วัดได้ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคะแนนเนื้อสัมผัสนัก เช่นในแหนมที่ใส่ GDL ในวันที่ 3 แม้มีแรงเฉือนเพิ่มขึ้น แต่มีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัสต่ำลง ค่าแรงเฉือนเป็นเพียงการวัดแรงต้านของผลิตภัณฑ์ต่อการเฉือน ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นผลมาจากความแข็งหรือความเหนียวอย่างไร นอกจากส่วนผสมแล้วความชื้นในเนื้อหมูตั้งต้นก็มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเฉือนเช่นกัน คือ ในวันที่ 1 - 2 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อหมูที่มีความชื้นต่ำกว่าจะมีแรงเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมาก หลังจากนั้นมีอัตราการเพิ่ม และลดพอ ๆ กัน (รูปที่ 4.2.2) ผลการทดลองยังได้แสดงให้เห็นอีกด้วยว่า การใช้เนื้อหมูที่ลดความชื้น และ GDL มีผลส่งเสริมกันให้แรงเฉือนมากยิ่งขึ้น (รูปที่ 4.2.3)

พบว่ามีอิทธิพลร่วมของ ส่วนผสมกับเวลาหมักต่อคะแนน สี ความเหนียว ความชุ่มน้ำ และการยอมรับรวม ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ ในวันที่ 3 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาลมีแนวโน้มของคะแนนเฉลี่ยที่คงที่ หรือเพิ่มขึ้น ขณะที่พวกอื่นมีแนวโน้มของคะแนนลดลง (รูปที่ 4.3.1-4.3.4) ความชื้นของเนื้อหมู และเวลามีอิทธิพลร่วมกันต่อคะแนนสี คือวันที่ 2 และ 3 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อหมูที่ไม่ลดความชื้นมีคะแนนสีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ขณะที่พวกที่ผลิตจากเนื้อหมูที่ลดความชื้นมีคะแนนสีเมื่อวันที่ 3 ต่ำกว่า วันที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.3.5)

จากผลการทดลองข้างต้นสรุปได้ว่า ไม่ควรใช้เนื้อหมูที่ลดความชื้นเพราะทำให้มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่า อีกทั้งเป็นการเพิ่มขั้นตอนในการผลิตให้มากขึ้น การใช้ผ้าสะอาดซับเนื้อหมูให้แห้งก็เพียงพอแล้ว การใช้น้ำตาลช่วยให้ pH ลดลงได้เร็วพอ อีกทั้งยังมีคะแนนเฉลี่ยของการยอมรับรวมดีกว่าสูตรอื่น และสำหรับสูตรที่ใช้น้ำตาลที่เวลาหมัก 2 - 3 วัน ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จึงเลือกหยุดการหมักที่เวลา 2 วัน ซึ่งได้แหนมที่มีค่า pH 4.6 และ ปริมาณกรด 0.96 % การใช้ GDL สามารถลด pH ลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกมีผลดีในแง่ผลิตได้รวดเร็ว และมีผลดีต่อการควบคุมจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ แต่ก็มีผลต่อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้แม้ในที่สุดจะมี pH และปริมาณกรดในระดับที่ต้องการได้เช่นเดียวกันกับพวกที่ผลิตโดยใช้สูตรปกติ แต่การใช้ GDL มีข้อเสียเปรียบด้านการเสื่อมสภาพของโปรตีนที่

ซึ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกินไป ทำให้การยึดเกาะตัวของก้อนเนื้อไม่ดีเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวลดลงเร็วกว่าเมื่อไม่ใช้ โดยจะเห็นว่า ในวันที่ 3 สูตรที่ใช้ GDL ทำให้มีผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านความเหนียวลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่ อีก 2 สูตรทำให้คะแนนค่อนข้างคงที่

3. กรรมวิธีผลิต

3.1 การนึ่ง

ทดลองนึ่งแหนมโดยใช้ไอน้ำที่ 100 °ซ เพื่อกำจัดจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งอาจทำให้แหนมมีรสเปรี้ยวเกินไป ในระหว่างเก็บ ในการทดลองได้ทำแหนม ซึ่งบรรจุถุง PP และหมักเป็นเวลา 2 วันออกจากถุงวางเรียงในชั้นเดียวในหม้อนึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 นิ้ว และให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 2, 4, 6 และ 8 นาที เพื่อศึกษาผลต่อการยอมรับ รวมทั้งวิเคราะห์ pH ปริมาณกรด ปริมาณความชื้น และแรงเฉือน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8-4.11

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เวลานึ่ง ทำให้ pH ปริมาณกรด และแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่เวลามีผลต่อปริมาณความชื้นคือ ทำให้ปริมาณความชื้นลดลงตามเวลานึ่งที่เพิ่มมากขึ้น ($p \leqslant 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งแล้วจะมีลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างไปจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการนึ่งอย่างมาก กล่าวคือ ในวิธีนี้ผลิตภัณฑ์กับไอน้ำที่ 100 °ซ เกิดการสัมผัสกันโดยตรง จึงเป็นเหตุให้ผลิตภัณฑ์สุกถึงระดับที่โปรตีนเกิดการเปลี่ยนสภาพจนเนื้อกระด้างขึ้น สีที่บริเวณผิวเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีน้ำตาล อาจเนื่องจากรงควัตถุเกิดปฏิกิริยาทางเคมี และแปรสภาพเป็น denatured metmyoglobin ซึ่งมีสีน้ำตาล (8) ส่วนด้านในของผลิตภัณฑ์ซึ่งปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า และไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับไอน้ำเหมือนด้านนอกยังคงเป็นสีชมพูเช่นเดิม นอกจากเนื้อสัมผัสและสีจะเปลี่ยนไปแล้ว ผลิตภัณฑ์ยังเสียกลิ่น และรสชาติบางส่วนไป ทำให้ไม่ชวนบริโภคเหมือนพวกที่ไม่ผ่านการนึ่ง การนึ่งที่เวลา 2-8 นาที จะมีผลต่อคะแนนสี ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่จะมีผลต่อคะแนนเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่นึ่งเป็นเวลา 2-6 นาที มีคะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ขณะที่พวกที่นึ่งเป็นเวลา 8 นาที ทำให้คะแนนเนื้อสัมผัสแตกต่างไปอย่างมีนัยสำคัญ จึงจะเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 6 นาทีสำหรับศึกษาอายุการเก็บต่อไป ซึ่งมีปริมาณความชื้นประมาณ 64 % และแรงเฉือนประมาณ 42.5 นิวตัน

3.2 การลดความชื้น

การลดปริมาณความชื้นในแหนม ทำเพื่อปรับปรุงให้แหนมมีอายุการเก็บดีขึ้น เช่นเดียว

กับไส้กรอกเปรี้ยวของต่างประเทศ ในการทดลองได้นำแหนมที่หมักในถุง PP เป็นเวลา 2 วัน ออกจากถุง และอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 2 4 6 8 10 12 และ 14 ชม. เพื่อศึกษาผลต่อการยอมรับ pH ปริมาณกรด ปริมาณความชื้น และแรงเฉือน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.12 -4.15

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเวลาอบเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้น ในลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องจากความชื้นที่สูญเสียไปทำให้มีปริมาณกรดต่อน้ำหนักมากขึ้น ส่วน pH ค่อนข้างคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงมาก โดยจะลดลงต่ำสุดประมาณ 4.55 ในขณะที่ปริมาณความชื้นลดลง และแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ในลักษณะใกล้เส้นตรงเช่นเดียวกันเวลาอบมีผลต่อคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ($p \leqslant 0.05$) ในทุกด้านดังนี้คือ การอบทำให้คะแนนสีสูงขึ้นถึง 8 ชม. หลังจากนั้นจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก การสูญเสียความชื้นทำให้สีเข้มข้นขึ้น ผลิตภัณฑ์จากเดิมมีสีชมพูอ่อน จะมีสีเข้มขึ้น เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบ แต่เมื่ออบนาน อาจทำให้สีเข้มเกินไปโดยเฉพาะบริเวณผิว คะแนนลักษณะปรากฏจะสูงขึ้นถึง 8 ชม. เช่นเดียวกับสี เนื่องจากมีลักษณะแห้งขึ้นซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค แต่ถ้าเวลาอบนานกว่านี้อาจทำให้แห้งเกินไป อีกทั้ง collagen บางส่วนในหนังหมูเปลี่ยนเป็น gelatin เยิ้มออกมามากขึ้น และเมื่ออบนานถึง 14 ชม. จะยิ่งมีปริมาณ gelatin เพิ่มมากขึ้นจนเกิดช่องว่างภายในอย่างมาก ทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ คะแนนกลิ่น และรสชาติ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญจาก 2-12 ชม. แต่เมื่ออบเป็นเวลา 14 ชม. คะแนนกลิ่นและรสชาติจะต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ จากตารางที่ 4.12 และ 4.14 จะเห็นว่า ที่เวลา 2 -12 ชม. pH จะมีค่าต่ำลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับคะแนนกลิ่น และรสชาติ ขณะที่ปริมาณกรดมีค่าเพิ่มขึ้น คะแนนเนื้อสัมผัสจะต่ำลงอย่างมาก เมื่อ 14 ชม. เพราะมีลักษณะที่แข็งกระด้างเกินไป เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านต่าง ๆ รวมทั้งการยอมรับรวม พบว่าเวลาอบในช่วง 4-8 ชม. เหมาะสมที่สุด และไม่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่อบเป็นเวลา 10 ชม. ยังคงมีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าชอบเล็กน้อย แต่จะมีค่าต่ำกว่าพวกที่อบที่ 4-8 ชม. มาก ($p \leqslant 0.05$) จึงจะเลือกแหนมที่อบเป็นเวลา 8 ชม. ซึ่งมีความชื้น 56 % และแรงเฉือน 46 นิวตัน ในการศึกษาอายุการเก็บเนื่องจากมีปริมาณความชื้นต่ำพอ และมีคะแนนการยอมรับค่อนข้างสูง ผลิตภัณฑ์ที่อบนานถึง 14 ชม. จะไม่เป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีความชื้นต่ำมากถึง 46.5 % และแรงเฉือนสูงถึง 64.3 นิวตัน จากการวิจัยของแรงค์ (9) และทัศนีย์ รายงานไว้ว่าแหนมที่มีความชื้น 49.7 % จะไม่ได้รับ การยอมรับจากผู้ชิม

3.3 <u>การเติมสารกันเสีย</u>

potassium sorbate เป็นสารกันเสียที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการยับยั้งยีสต์รา

โดยมีประสิทธิภาพดีที่ pH ต่ำ และจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อมีไนไตรต์อยู่ด้วย อีกทั้งจัดเป็นสารกลุ่ม generally recognized as safe (GRAS) ซึ่งจัดว่ามีความปลอดภัย (14) จากเหตุผลเหล่านี้ และจากการที่มีผู้เคยรายงานว่าแหนมมียีสต์เป็นตัวการในการเสื่อมเสีย (2) จึงน่าจะทดลองนำมาใช้ปรับปรุงอายุการเก็บแหนม โดยปกติแล้วในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ยังไม่มีการใช้สารกันเสียชนิดนี้มากนัก แต่ก็มีรายงานว่าเคยมีผู้ทดลองนำมาใช้ทดแทนไนไตรต์ในการยับยั้ง Cl. botulinum ซึ่งพบว่าสามารถใช้ทดแทนได้บ้าง แต่คุณภาพทางด้านรสชาติยังเป็นที่ถกเถียงกันโดย บางรายงานสรุปว่า มีผลต่อรสชาติ แต่ก็มีอีกหลายรายงานกล่าวว่าไม่มีผล (14) เนื่องจากมีการกำหนดให้ใช้ได้ไม่เกิน 0.2 % จึงทดลองเติมลงในสูตรที่ใช้ผลิตแหนมในปริมาณ 0.1 % และ 0.2 % เปรียบเทียบกับไม่เติม ทดสอบผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสเมื่อแหนมหมักได้ที่ในวันที่ 2 รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณกรด และ pH ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.16-4.19

การเติม potassium sorbate ไม่มีผลต่อ pH และปริมาณกรด แต่จะมีผลต่อคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวม ($P \leqslant 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่เติม potassium sorbate มีคะแนนสีต่ำกว่าพวกที่ไม่เติมเล็กน้อย ด้วยเหตุผลที่ไม่ทราบแน่ชัด อาจเป็นไปได้ว่า สารนี้เกิดปฏิกิริยาเคมี interfere ปฏิกิริยาการเกิดสี การเติม potassium sorbate ยังมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นเปรี้ยวน้อยลง เนื่องจากถูกบดบังด้วยกลิ่นรสของสารนี้แต่การเติมในปริมาณ 0.2 % จะทำให้กลิ่นรสของสารนี้เพิ่มมากขึ้น ผู้ทดสอบบางคนสามารถสังเกตได้ว่ามีกลิ่น รสที่แปลกไปจากเดิมบ้าง แหนมที่เติม potassium sorbate ในปริมาณ 0.2 % จะมีคะแนน กลิ่น รสชาติ และการยอมรับรวมต่ำกว่า พวกที่ใช้ 0.1 % และพวกที่ไม่ใช้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leqslant 0.05$) ขณะที่พวกที่ใช้ 0.1 % และพวกที่ไม่ใช้ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกผลิตภัณฑ์ที่เติม potassium sorbate 0.1 % ในการศึกษาอายุการเก็บ

4. การศึกษากรรมวิธีผลิตแหนมโดยใช้ไส้บรรจุชนิดบริโภคได้

4.1 การหมัก

นำแหนมที่ผสมส่วนผสมตามสูตรเรียบร้อยแล้ว บรรจุลงในไส้บรรจุชนิดบริโภคได้ 2 ชนิด คือ ไส้หมู และไส้ Naturin ซึ่งเป็นไส้ชนิด collagen จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการใช้น้ำตาลในสูตร 2 % และหมักผลิตภัณฑ์ในไส้ทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีอัตราการหมักค่อนข้างช้า จึงทดลองใช้น้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น 2.3 % เปรียบเทียบด้วย การหมักทำโดยแขวนไว้ที่มีอากาศถ่ายเท อุณหภูมิประมาณ 30° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 - 80 % วิเคราะห์ pH ปริมาณกรด ปริมาณความชื้น และแรงเฉือนที่เปลี่ยนไปทุกวันจนถึงวันที่ 5 รวมทั้งทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย ผลการ

ทดลองแสดงในตารางที่ 4.20 - 4.23 และรูปที่ 4.4 และ 4.5

การใช้ไส้ Naturin และไส้หมู ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุไส้ Naturin มี pH ต่ำกว่าเล็กน้อย และแรงเฉือนสูงกว่า เนื่องจากบริเวณขอบแข็งกว่า

ระหว่างหมักโดยแขวนที่บรรยากาศ ผลิตภัณฑ์มีการเสียน้ำเกิดขึ้น เนื่องจาก ปริมาณความชื้นในบรรยากาศ อยู่ในระดับต่ำที่เอื้ออำนวยให้ผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำ และไส้บรรจุมีสมบัติยอมให้น้ำผ่านได้ จึงทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดต่ำลงตามลำดับ ซึ่งเป็นผลให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญใน 3 วันแรก ($P \leqslant 0.05$) หลังจากนี้จะมีอัตราการเพิ่มลดลง และแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณกรดมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อาจเนื่องจากมีความเข้มข้นมากขึ้นเมื่อผลิตภัณฑ์สูญเสียน้ำไป เพราะค่า pH ของผลิตภัณฑ์จะลดลงถึงวันที่ 2 เท่านั้น หลังจากนั้นจะมีค่าคงที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับแหนมที่หมักโดยใช้ถุง PP แหนมซึ่งใช้ไส้บรรจุมีอัตราการลดลงของ pH และการเพิ่มปริมาณกรดต่ำกว่า อาจเนื่องจากสมบัติของไส้บรรจุซึ่งนอกจากจะยอมให้น้ำผ่านได้แล้ว ยังยอมให้อากาศผ่านได้บ้าง จึงทำให้สภาวะไม่เหมาะสมต่อการผลิตกรดของแบคทีเรียเท่าใดนัก ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ แรงค์ และทัศนีย์ (9) ซึ่งรายงานว่า การใช้ไส้ Naturin ผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดค่อนข้างต่ำ

ผลของเวลาหมักต่อคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า สีของผลิตภัณฑ์ ในวันแรกของการหมักยังไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งอาจเนื่องจากปฏิกิริยาของ nitrite กับ myoglobin ยังคงเป็นไปอย่างช้า ๆ คะแนนสีจะเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 และ 3 หลังจากนั้นจะมีค่าลดลง คะแนนสีที่ลดลงเป็นสาเหตุมาจากสีที่เข้มขึ้นจนออกคล้ำ คะแนนสีและลักษณะปรากฏไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงนักจนถึงวันที่ 5 จะมีคะแนนต่ำกว่าวันอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากมีการหดตัวมากนั่นเอง คะแนนกลิ่น และรสชาติจะดีขึ้นในวันที่ 2 และ 3 จากนั้นมีค่าลดลงเล็กน้อย คะแนนที่มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นคือ เนื้อสัมผัส ซึ่งจะมีคะแนนดีที่สุด ภายใน 2 วันแรก แล้วจะลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากมีความเหนียวแห้งมากขึ้น คะแนนดังกล่าวนี้สอดคล้องกับแรงเฉือน และการยอมรับรวม ในวันที่ 4 คะแนนเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมจะต่ำกว่าระดับชอบเล็กน้อย ที่เวลาดังกล่าวนี้ ผลิตภัณฑ์มีความชื้นประมาณ 44 % และแรงเฉือนประมาณ 70 นิวตัน ความชื้นในระดับต่ำนี้ทำให้คะแนนการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากเนื้อสัมผัสมีลักษณะแข็งกระด้างมาก

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาล 2 % เมื่อหมักเป็นเวลา 2 วัน ค่า pH และปริมาณกรดยังไม่เข้าเกณฑ์ที่กำหนด การเพิ่มน้ำตาลเป็น 2.3 % แม้ว่าจะทำให้ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วงที่ต้องการได้ แต่ pH ก็คงยังค่อนข้างสูง และต่างกับเมื่อใช้น้ำตาล 2 % อย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่กลับ

มีผลให้คะแนน ลักษณะปรากฏ กลิ่น และเนื้อสัมผัสมีค่าต่ำลง เนื่องจากเมื่อใช้น้ำตาลมากกว่าทำให้ผลิตภัณฑ์มีกรดเกิดขึ้นมากว่า ($P \leq 0.05$) ทำให้โปรตีนเสียสมบัติการยึดเกาะน้ำมากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงสูญเสียน้ำได้ง่ายขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการหดตัวมากกว่า และเนื้อแข็งกระด้างมากกว่าพวกที่ใช้น้ำตาลน้อย

รูปที่ 4.4 แสดงอิทธิพลร่วมของน้ำตาลกับเวลาหมักต่อความชื้น พบว่าในวันแรกผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาล 2 % และ 2.3 % มีปริมาณความชื้นพอ ๆ กัน แต่หลังจากนั้น พวกที่ใส่น้ำตาล 2.3 % จะมีปริมาณความชื้นต่ำกว่า และจากรูปที่ 4.5 ซึ่งแสดงอิทธิพลร่วมของน้ำตาลกับเวลาหมักต่อ สี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม พบว่ามีลักษณะคล้ายกันคือ ในวันแรกผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาล 2 % และ 2.3 % มีคะแนนพอ ๆ กัน แต่ต่อมาพวกที่ใช้น้ำตาล 2.3 % กลับมีคะแนนลดลงต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ต่ำกว่านี้เป็นผลมาจาก ปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่านั่นเอง ความชื้นที่ต่ำกว่านี้เป็นผลมาจากผลิตภัณฑ์มีการสูญเสียน้ำได้ง่ายกว่า เนื่องจากมีปริมาณกรดสูงกว่า

จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า เวลาที่เหมาะสมคือ 2 - 3 วัน ซึ่งมี pH ปริมาณกรด และการยอมรับรวมที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ วันที่ 2 นับว่าเหมาะสมเนื่องจากใช้เวลาสั้นกว่า ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 58 % แรงเฉือนเฉลี่ยประมาณ 47 นิวตัน การใช้น้ำตาล 2 % หรือ 2.3 % ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ถ้าพิจารณาในแง่ที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำ อาจใช้เวลา 3 วัน ซึ่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นเฉลี่ยประมาณ 52 % แรงเฉือนเฉลี่ยประมาณ 68 นิวตัน ซึ่งความชื้น และแรงเฉือนแตกต่างจากที่เวลา 2 วันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ที่เวลา 3 วัน การใช้น้ำตาล 2.3 % ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าการใช้น้ำตาล 2 % ($P \leq 0.05$) ส่วนการใช้ไส้หมู หรือไส้ Naturin นั้นผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน

4.2 <u>การลดปริมาณความชื้น</u>

นำแหนมที่ทิ้งไว้ให้เกิดการหมัก 2 วัน ซึ่งมี pH ต่ำสุดแล้วมาลดความชื้นต่อ โดยอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 ° ซ. ที่เวลาอบ 0 2 4 6 และ 8 ชม. เปรียบเทียบการใช้ไส้หมูและไส้ Naturin ปริมาณน้ำตาล 2 % และ 2.3 % วิเคราะห์ค่า pH ปริมาณกรด ปริมาณความชื้น แรงเฉือน และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.24 - 4.27

ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในไส้ Naturin มีแรงเฉือนสูงกว่าพวกที่บรรจุในไส้หมู ($P \leq 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองในช่วงการหมัก เนื่องจากไส้ Naturin มีลักษณะแข็งแห้งได้ง่ายกว่าไส้หมู

ในการทดลองนี้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในไส้หมูมีคะแนนกลิ่นที่ดีกว่าพวกที่บรรจุในไส้ Naturin ($P \leq 0.05$) อาจเนื่องจากธรรมชาติของไส้หมูที่จะให้กลิ่นที่ดีกว่าเมื่อผ่านการอบ ส่วนคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านอื่น รวมทั้ง ค่า pH ปริมาณกรด และปริมาณความชื้นจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำตาล 2.3 มีปริมาณกรดสูงกว่า คะแนนเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมต่ำกว่า ผลของน้ำตาลจะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับในการทดลองช่วงการหมัก และสามารถอธิบายผลได้ในทำนองเดียวกัน

เวลาอบที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำลง และแรงเฉือนมากขึ้น ขณะที่ทำให้ pH และปริมาณกรดเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมมีค่าต่ำลง($P \leq 0.05$) เนื่องจากความชื้นที่ลดลง และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้านอื่น ๆ เปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ผลิตภัณฑ์มีการยอมรับรวมสูงกว่าระดับชอบเล็กน้อยถึง 6 ชม. ผลิตภัณฑ์ที่อบ 6 ชม. มีความชื้นประมาณ 52 % แรงเฉือน 68.26 นิวตัน การนำแหนมที่หมักจน pH ต่ำสุดแล้วมาลดปริมาณความชื้นต่อโดยตู้อบลมร้อน จะช่วยลดเวลาการผลิตลง และลดการเสี่ยงของการเจริญของจุลินทรีย์ที่ผิวที่อาจเกิดขึ้นได้เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนานเกินไป

5. การศึกษาอายุการเก็บแหนม

5.1 อายุการเก็บแหนมนึ่ง

ศึกษาอายุการเก็บของแหนมที่ผ่านการนึ่งเป็นเวลา 6 นาทีหลังจากหมักได้ที่แล้วเป็นเวลา 2 วัน หลังนึ่งทิ้งให้เย็นชั่วครู่แล้วบรรจุในถุง PP แบบหลอดขนาดบรรจุเท่าเดิม มัดให้แน่นเพื่อให้เกิดสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยที่สุด พร้อมกันนี้ได้ศึกษาอายุการเก็บของแหนมปกติที่ไม่ได้ผ่านการนึ่งควบคู่ไปด้วย โดยถือว่าวันที่เริ่มเก็บคือวันที่แหนมหมักได้ที่แล้วคือ 2 วันหลังผลิต เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 ± 2 °ซ.) และอุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °ซ.) เป็นเวลา 0-15 วัน สุ่มตัวอย่างทุก 3 วันมาวิเคราะห์ ค่า pH ปริมาณกรด แบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ยีสต์ รา รวมทั้งการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.28-4.33

แหนมที่หมักในถุง PP เป็นเวลา 2 วันซึ่งมีรสชาติพอเหมาะสำหรับการบริโภคมีแบคทีเรียทั้งหมด และ แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ในปริมาณใกล้เคียงกัน คือ อยู่ในระดับ 10^8 โคโลนี/กรัม เนื่องจากสภาวะที่เอื้ออำนวยแก่การเจริญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคในผลิตภัณฑ์ขณะที่ออกซิเจนต่ำ และ pH ต่ำ เนื่องจากจำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค และ แบคทีเรียทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน การกล่าวถึงในครั้งต่อไปจะใช้คำว่าจำนวนแบคทีเรียแทนจุลินทรีย์ที่ตรวจ

พบทั้ง 2 ประเภท การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิตู้เย็นทำให้จำนวนแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ ขณะที่ผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องจำนวนแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นใน 3 วันแรก และหลังจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง แต่อย่างไรก็ดียังอยู่ในระดับ 10^8 โคโลนี/กรัม จากผลการทดลองดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่าที่อุณหภูมิห้องแบคทีเรียเจริญได้ดี และมีการสร้างกรดแลคติคเพิ่มขึ้นมากจนอาจทำให้มีการตายลงไปบ้าง และ อาจเนื่องจากถึงจุดสมดุลอิ่มตัวของแบคทีเรีย ส่วนที่อุณหภูมิตู้เย็นแบคทีเรียค่อนข้างคงที่ แสดงว่าอุณหภูมิที่ต่ำจะควบคุมทั้งการเพิ่มจำนวน และการผลิตกรดของแบคทีเรียได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง (ตารางที่ 4.28 และ 4.30)

จากการตรวจปริมาณ ยีสต์ และราในผลิตภัณฑ์พบว่าเชื้อที่พบเป็นยีสต์ทั้งหมด และมีปริมาณค่อนข้างสูงถึงระดับ 10^4 โคโลนี/กรัม ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์มีสภาวะที่เหมาะแก่การเจริญของยีสต์ที่เจริญได้ในที่ที่มีออกซิเจนต่ำ ขณะที่ราไม่สามารถเจริญได้เพราะต้องการออกซิเจนมากกว่าในการเจริญ พบว่าใน 12 วันแรกของการหมักจำนวนยีสต์ที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จนถึงวันที่ 15 อัตราการเพิ่มจึงสูงขึ้นถึงระดับที่ความแตกต่างมีนัยสำคัญ และมีปริมาณที่ตรวจพบสูงขึ้นเป็น 10^5 โคโลนี/กรัม สำหรับผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่ายีสต์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 10^5 โคโลนี/กรัมในวันที่ 3 โดยอัตราการเพิ่มเป็นเส้นตรงมีค่าสูงสุดในวันที่ 9 และจากนั้นจะลดลงเล็กน้อย แสดงว่าการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำมีผลในการควบคุมการเจริญของยีสต์ได้ดี โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของยีสต์อยู่ในช่วง 25-30 °ซ.(32)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า คะแนนจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทุกด้านในช่วงเวลา 15 วัน ขณะที่พวกซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องคะแนนเนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับรวมลดลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น โดยคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าระดับชอบเล็กน้อย(6 คะแนน)ถึงวันที่ 9 และอยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย(5-6 คะแนน)ในวันที่ 12 คะแนนกลิ่นก็มีการลดต่ำลงเช่นกัน แต่จะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บเป็นเวลา 15 วันแล้ว ส่วนคะแนนสี และลักษณะปรากฏแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาเก็บ ผลการทดลองดังกล่าวมีความใกล้เคียงสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาท สัมผัสทางด้าน สี กลิ่น รส แหนมที่อาบรังสี และไม่อาบที่เวลาเก็บต่าง ๆ ของโกวิทย์ และไพศาล (29) ซึ่งรายงานว่า คะแนนกลิ่น และรสชาติมีค่าลดลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ส่วนคะแนนสีมีค่าคงที่ไม่แตกต่างตลอด 15 วัน และสามารถเก็บแหนมที่อุณหภูมิห้องได้นาน 9 วันโดยที่รสชาติยังดีอยู่ไม่ว่าอาบรังสีหรือไม่ก็ตาม

ในส่วนของค่า pH และปริมาณกรดพบว่า หลังหมักได้ที่พร้อมจะบริโภคได้ปริมาณกรดในผลิตภัณฑ์ยังคงเพิ่มขึ้นในระยะต้นของการเก็บ พบว่าปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นเพิ่ม

ขึ้นอีกเล็กน้อยในวันที่ 3 ของการเก็บ จากนั้นค่อนข้างคงที่ ขณะที่พวกซึ่งเก็บที่อุณหภูมิห้องมีอัตราการเพิ่มของกรดสูงกว่า จนถึงวันที่ 9 จึงมีค่าค่อนข้างคงที่ ที่เป็นเช่นนี้เพราะอุณหภูมิที่ต่างกันเป็นผลให้แบคทีเรียมีประสิทธิภาพในการผลิตกรดต่างกัน ในช่วงท้ายของการเก็บปริมาณกรดลดลงเล็กน้อยแต่คงอยู่ในระดับสูง แนวโน้มการเปลี่ยนของ pH มีลักษณะเป็นปฏิภาคกลับกับปริมาณกรด กล่าวคือผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นในวันที่ 3 มีการลดลงของ pH เล็กน้อย จากนั้นจะคงที่ และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญจนถึงวันที่ 12 ส่วนพวกที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง pH ลดลงตามลำดับจนถึงวันที่ 3 จากนั้นคงที่จนถึงวันที่ 9 แล้วจึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสซึ่งมีคะแนนต่ำลงมากหลังจากวันที่ 9 ไปแล้วเห็นว่า pH มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับคะแนนการยอมรับมากกว่าปริมาณกรด

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การที่ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการยอมรับต่ำลงนั้นไม่ได้มีสาเหตุมาจาก กลิ่น และรสชาติที่เน่าเสียอันเนื่องมาจากการสลายของกรดอะมิโนของพวกแบคทีเรียที่ย่อยสลายโปรตีน แต่เกิดเนื่องจากเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นิ่มลงไม่เหนียวเหมือนเมื่อผลิตและเก็บในระยะแรก ๆ เนื่องจากโปรตีนมีการเสื่อมสภาพไปมากขึ้นทำให้แรงยึดเกาะระหว่างอนุภาคของชิ้นเนื้อลดลง และรสชาติซึ่งนอกจากจะเปรี้ยวเกินไปแล้วผู้ทดสอบบางคนยังสามารถสังเกตได้ว่า ผลิตภัณฑ์บางตัวอย่างคล้ายมีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ กลิ่น รสของแอลกอฮอล์อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาของยีสต์ ซึ่งสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นพวก fermentative yeast ที่เจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ และเจริญได้ดีในอาหารที่มี pH 4-4.5 (35) โดยที่สภาวะดังกล่าวนี้สามารถเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ได้ fermentative yeast จึงน่าที่จะเป็นต้นเหตุในการเสื่อมคุณภาพของแหนมมากกว่า film yeast ตามที่สมบุญ (2)ได้รายงานไว้ว่า film yeast เป็นสาเหตุ และการเสียเป็นไปในทำนองเดียวกับอาหารจำพวกผักดองไปใช้กรด ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย โดยทั่วไปแล้ว film yeastเจริญได้ในเฉพาะที่ที่มีอากาศ จึงมักเจริญได้ที่ผิวหน้าของอาหาร แต่สภาวะที่ใช้เก็บแหนมมีออกซิเจนค่อนข้างจำกัด จึงไม่น่าเจริญได้ การที่สมบุญพบ film yeast ในแหนมที่เสียแล้วจากตลาดนั้นอาจเนื่องมาจากแหนมนั้นเก็บไม่ดีและเกิดการเน่าเสียแล้ว เมื่อจำนวนยีสต์ที่ตรวจพบเพิ่มมากขึ้นผลิตภัณฑ์จะมีค่า pH สูงขึ้น และคะแนนการยอมรับต่ำลง pH ที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเป็นผลจากแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีหมู่ OH ผลจากการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่า pH เป็นค่าที่ใช้ประมาณอายุการเก็บของแหนมได้อย่างคร่าว ๆ

จากตารางที่ 4.30 และ 4.32 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์เก็บที่อุณหภูมิต่ำมีเสถียรภาพด้านจุลินทรีย์ และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสดีกว่าพวกที่เก็บที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าระดับชอบเล็กน้อยถึงวันที่ 9 เท่านั้น ขณะที่พวกที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าระดับชอบเล็กน้อยตลอดการทดลอง

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งจะมีแบคทีเรียลดลงจาก 10^8 เป็น 10^5 โคโลนี/กรัม ยีสต์ลดลงจาก 10^4 เป็น 10^3 โคโลนี/กรัม ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นมีแบคทีเรียและยีสต์ในปริมาณที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในเวลา 15 วัน ส่วนพวกที่เก็บที่อุณหภูมิห้องในวันที่ 15 มีแบคทีเรียและยีสต์เพิ่มขึ้นเป็น 10^8 และ 10^5 โคโลนี/กรัมตามลำดับ แม้ว่าจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ลดลงไปบ้างแต่การเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นสภาวะที่จุลินทรีย์สามารถเจริญ และเพิ่มจำนวนได้อีก

ในส่วนของค่า pH และปริมาณกรด (ตารางที่ 4.28) จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งและไม่ผ่านการนึ่งจะมี pH และ ปริมาณกรดแตกต่างกัน($P\leq 0.05$) คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งมี pH สูงกว่าประมาณ 0.1 หน่วย และปริมาณกรดต่ำกว่าประมาณ 0.2 % เนื่องจากมีการสูญเสียกรดขณะนึ่ง และจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งเมื่อเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น ค่า pH และปริมาณกรดเปลี่ยนแปลงไม่มากนักตลอด 15 วัน คือ pH เปลี่ยนจาก 4.67 เป็น 4.61 และ ปริมาณกรดเปลี่ยนจาก 0.70 เป็น 0.63 % ขณะที่พวกที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมี pH ลดลงเป็น 4.41 และปริมาณกรดเพิ่มขึ้นเป็น 0.99 ในวันที่ 15

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการนึ่งจะมีคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านต่าง ๆ ลดลงเร็วกว่าพวกที่ไม่ผ่านการนึ่ง ไม่ว่าจะเก็บที่อุณหภูมิห้องหรือตู้เย็น คือ คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับสูงกว่าชอบเล็กน้อยถึงวันที่ 3 และ 9 ตามลำดับ คะแนนที่ต่ำกว่านี้อาจเป็นผลมาจากคะแนนที่ตั้งต้นที่ต่ำกว่าอยู่แล้วก็ได้ คะแนนการยอมรับที่มีค่าต่ำมีผลจากหลายด้านรวมกัน สาเหตุใหญ่คือแหนมมีสีผิดไปจากเดิม มีรสชาติของเนื้อสุก เนื้อสัมผัสกระด้าง ทำให้ระดับความชอบของผู้ทดสอบต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการนึ่ง คะแนนจึงต่ำลงตั้งแต่เริ่มต้นทดสอบ และลดลงเร็วเมื่อเก็บจึงอาจกล่าวได้ว่ากรรมวิธีนี้ไม่เหมาะสมนัก

5.2 <u>อายุการเก็บของแหนมลดความชื้น</u>

ศึกษาอายุการเก็บของแหนมที่ลดความชื้นโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °ซ. เป็นเวลา 8 ชม. หลังจากหมักได้ที่แล้วซึ่งผลิตภัณฑ์มีความชื้นประมาณ 56 % เก็บที่สุญญากาศโดยใช้ถุง OPP/PE และความดันปกติในถุง PP เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0-20 วัน สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ pH ปริมาณกรด แบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ยีสต์ รา และทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.34-4.39

การลดความชื้นโดยวิธีนี้ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงได้บ้างคือแบคทีเรียอยู่ในระดับ 10^7 โคโลนี/กรัม ยีสต์อยู่ในระดับ 10^3 โคโลนี/กรัม (แหนมปกติมีแบคทีเรีย และยีสต์ประมาณ 10^8 และ 10^4 โคโลนี/กรัมตามลำดับ) เมื่อเก็บที่สภาวะสุญญากาศจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์และคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาเก็บ 20 วันที่อุณหภูมิห้อง โดยคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับสูงกว่าชอบเล็กน้อย

สำหรับ pH และปริมาณกรดก็ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเช่นกัน จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ลดความชื้นแล้วและเก็บที่สภาวะสุญญากาศมีเสถียรภาพในด้านต่าง ๆ ดี แรงค์ และทัศนีย์ (9) ได้รายงานว่า แหนมที่มีความชื้น 55 % สามารถเก็บได้นานถึง 7 เดือนที่อุณหภูมิห้องโดย กลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลง

การเก็บผลิตภัณฑ์ที่ความดันบรรยากาศ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และ จำนวนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญตลอด 20 วัน ($P \leq 0.05$) แต่จำนวนยีสต์จะมีค่าเพิ่มขึ้นจากวันที่ 10 เป็นต้นไป ขณะที่ pH เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดลดลง แสดงว่าการเก็บผลิตภัณฑ์ที่ความดันบรรยากาศยังไม่เหมาะสมเท่าใดนัก แม้จะมีการลดความชื้นลงบ้างแล้วก็ตาม อย่างไรก็ดีผลิตภัณฑ์ยังคงมีคะแนนการยอมรับสูงกว่าระดับชอบเล็กน้อยถึงวันที่ 15

5.3 <u>อายุการเก็บแหนมที่เติมสารกันเสีย</u>

ศึกษาอายุการเก็บของแหนมที่เติม potassium sorbate 0.1 % ลงในขณะผสม บรรจุในถุง PP หลังจากหมักเป็นเวลา 2 วันแล้ว เก็บต่ออีก 20 วันที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ pH ปริมาณกรด แบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ยีสต์ รา และทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.40-4.45

การเปลี่ยนแปลง pH และปริมาณกรดของผลิตภัณฑ์ที่เติม potassium sorbate 0.1 % มีลักษณะคล้ายกับพวกที่ไม่เติม pH มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นในวันที่ 10 หลังจากนั้นลดลงจนถึงระดับเดิม แสดงว่า potassium sorbate ไม่มีผลต่อ pH และปริมาณกรดในระหว่างเก็บเท่าใดนัก ในผลิตภัณฑ์ที่เติม potassium sorbate มีแบคทีเรียประมาณ 10^8 โคโลนี/กรัม ใกล้เคียงกับพวกที่ไม่เติม ขณะที่จำนวนยีสต์อยู่ในระดับ 10^3 โคโลนี/กรัม ซึ่งต่ำกว่าพวกที่ไม่เติม (10^4 โคโลนี/กรัม) แสดงว่า potassium sorbate สามารถยับยั้งยีสต์ได้บ้างแต่ไม่มีผลต่อแบคทีเรียเท่าใดนัก คะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.44) โดยเฉพาะคะแนน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ซึ่งต่ำอยู่แล้วตั้งแต่ต้น ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีรสชาติคล้ายแอลกอฮอล์ การเปลี่ยนแปลงรสชาติของผลิตภัณฑ์อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาที่เป็นผลให้ sorbic acid เปลี่ยนไปเป็น sorbyl alcohol ซึ่งในสภาวะกรดทำให้ง่ายต่อการเปลี่ยนรูปเป็น secondary alcohol เช่นเดียวกับการเกิด off-flavor ในเหล้าองุ่นที่เสีย (36) คะแนนการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงวันที่ 10 ซึ่งแตกต่างจากพวกที่ไม่ได้เติม potassium sorbate ไม่มากนัก วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมนักในการปรับปรุงอายุการเก็บแหนม เพราะแม้จะใช้ควบคุมปริมาณยีสต์ได้ดี แต่ไม่มีผลดีต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัส