บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

1. ประวัติความเป็นมาและการจำแนกชนิดของไส้กรอกเปรี้ยว

การผลิตไส้กรอกเปรี้ยว (Fermented sausage) มีประวัติความเป็นมายาวนานกว่า 1500 ปีก่อนคริสตกาล (3) โดยมีต้นกำเนิดอยู่ในแถบ Mediterranean ซึ่งเป็นที่ที่มีสภาวะเหมาะสมในการผลิต คือ อุณหภูมิอยู่ในระดับปานกลาง และฝนตกชุก ลักษณะและกรรมวิธีผลิตของไส้กรอกเปรี้ยวในระยะแรกจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่นขึ้นกับความนิยมในการบริโภค เช่น ในยุโรปมักจะหมักที่อุณหภูมิต่ำด้วยอัตราการหมักช้า และมี pH สุดท้ายสูงกว่า (5.2-5.6) ในขณะที่อเมริกาจะหมักที่อุณหภูมิสูงกว่า และมี pH สุดท้ายต่ำกว่า (4.6-5.1) (4) ไส้กรอกที่ผลิตในเยอรมันมักจะรมควัน ขณะที่กลุ่มประเทศในแถบ Mediterranean เช่น ฝรั่งเศส ฮังการี จะนิยมผึ่งลม (air-dried) เพื่อลดความชื้น และใช้เครื่องเทศมาก (5) ต่อมาเทคนิคต่าง ๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พัฒนามากขึ้น เช่นมีการควบคุมอุณหภูมิในขั้นตอนการผลิต และทำแห้ง จึงเป็นผลให้ชนิดของไส้กรอกเปรี้ยวมีมากขึ้น อาทิ undried sausage ในเยอรมัน และ semidry sausage ในอเมริกา การจำแนกชนิดมักใช้ความชื้นเป็นเกณฑ์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ไส้กรอกเปรี้ยวแห้ง (dry fermented sausage) ใช้เวลาบ่มหลายเดือน ปริมาณความชื้นสุดท้ายต่ำถึง 40 % และเก็บที่อุณหภูมิห้องได้เป็นเวลานาน เช่น salami (ฮังการี และอิตาลี) อีกกลุ่มหนึ่งได้แก่ ไส้กรอกกึ่งแห้ง (semidry fermented sausage) ใช้เวลาบ่ม 3 วันถึง 3 อาทิตย์ ปริมาณความชื้นสุดท้ายอยู่ในช่วง 40-60 % อายุการเก็บไม่ดีเท่าแบบแห้ง ต้องเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นเพื่อยืดอายุ (4) การจำแนกชนิดยังมีเกณฑ์ต่าง ๆ อีกมากมาย อาทิ ขนาดของไส้ที่ใช้บรรจุ ความหยาบและละเอียดในการบดส่วนประกอบ และชนิดของเครื่องเทศ จึงทำให้ไส้กรอกเปรี้ยวมีมากมายหลายชนิด และมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันไปตามท้องถิ่นที่ผลิต สำหรับไส้กรอกเปรี้ยวที่ผลิตในประเทศไทย ได้แก่ แหนม และไส้กรอกอิสาน ซึ่งแตกต่างกันที่สูตรและกรรมวิธีผลิต แหนมมีส่วนประกอบหลักคือ เนื้อหมู และหนังหมู ห่อด้วยถุงพลาสติก หรือใบตอง ส่วนไส้กรอกอิสาน มีส่วนประกอบหลัก คือ เนื้อหมู และมันหมู บรรจุในไส้สัตว์ มักใช้เครื่องเทศและคาร์โบไฮเดรตในปริมาณมากกว่าแหนม ความแตกต่างนี้ก็มาจากท้องถิ่นที่เป็นต้นกำเนิดนั่นเอง แหนมมีต้นกำเนิดในภาคเหนือ ส่วนไส้กรอกอิสานมีต้นกำเนิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหนมจัดเป็นพวกที่ไม่ได้ผ่านการลดปริมาณความชื้นเลย และไม่มีการให้ความร้อน ทำให้มีอายุการเก็บไม่นานเท่าไส้กรอกเปรี้ยวของต่างประเทศ

2. กลไกในการหมักและจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง

การผลิตไส้กรอกใช้หลักในการหมักให้เกิดกรดอินทรีย์จากสารคาร์โบไฮเดรตโดยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์บางชนิด ในระหว่างการหมักจะควบคุมสภาวะให้เหมาะสมเพื่อให้แบคทีเรียที่เกี่ยวข้องเจริญได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น และผลิตกรดแลคติคได้ในอัตราเร็ว และปริมาณเพียงพอสำหรับการเกิดรสชาติ และการถนอมอาหารได้ ในเนื้อสัตว์สดแช่เย็นภายใต้สภาวะมีออกซิเจนจะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนหลายชนิด อาทิ gram-negative, oxidase-positive rod และ Entero bacteriaceae ซึ่งมีอยู่ในปริมาณมากขณะที่พวก gram-positive รวมทั้งแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคมีอยู่น้อย การเติมเกลือ และไนไตรต์ ประกอบกับการสร้างสภาวะปลอดออกซิเจน ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน และไวต่อปฏิกิริยาจากเกลือและไนไตรต์ เช่นพวก Psuedomonas ถูกยับยั้ง Enterobacteria เจริญได้ช้าลง และจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค กับพวก micrococci การเติมคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ในการหมักเพื่อเป็น substrate ในการผลิตกรดแลคติคของแบคทีเรียเป็นปัจจัยสำคัญที่จำเป็นอีกประการหนึ่ง ทั้งนี้เพราะปริมาณกลูโคสในเนื้อหมูหลัง rigor mortis มีอยู่เพียงประมาณ 7 ไมโครโมลต่อเนื้อหมู 1 กรัม(5) ซึ่งนับว่าต่ำมาก และไม่เพียงพอ สำหรับการหมักให้เกิดกรดในปริมาณมากเพียงพอกับความต้องการ

สำหรับแหนม จุลินทรีย์ที่พบในระยะแรกของการหมัก เป็นพวกที่ติดมากับเนื้อหมู ซึ่งมีทั้งชนิดที่สร้างกรดได้ และพวกที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย ต่อมาประมาณ 24 ชม. ที่สภาวะที่เหมาะสมแบคทีเรียพวกที่สร้างกรดได้ จะเพิ่มจำนวนขึ้นมากอย่างรวดเร็ว ในขณะที่จุลินทรีย์ชนิดอื่นลดปริมาณลง ระยะนี้พบ heterofermentative lactobacilli และ homofermentative cocci พวก Pediococcus spp ซึ่งพบมากในช่วง 3 วันแรก มีการเจริญอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณกรดสูงขึ้น และค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากวันที่ 3 จะพบ homofermentative lactobacilli คือ Lactobacillus plantarum เจริญขึ้น ส่วนจุลินทรีย์ที่พบในระยะแรกรวมทั้งพวก coliform bacteria ก็ยังพบบ้างแต่มีจำนวนน้อยลงเพราะแม้ว่าจุลินทรีย์พวกนี้ จะสร้างกรดขึ้นมาเอง แต่ตัวเองก็ไม่สามารถทนสภาวะที่เป็นกรดสูงได้ หลังจากวันที่ 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงไปมาก ส่วนใหญ่พบ L. plantarum และ L. brevis ซึ่งเป็น heterofermentative rod เจริญไปพร้อม ๆ กัน (2)

3. วัตถุดิบในการผลิต

3.1 เนื้อหมู เนื้อหมูที่ดีสำหรับการผลิตแหนม ควรปราศจากเชื้อโรคและพยาธิที่เป็นอันตราย โดยเฉพาะกรณีบริโภคดิบ ซึ่งเป็นที่นิยมในหมู่ผู้บริโภคบางกลุ่ม เนื้อที่ใช้ควรปราศจากเนื้อ

เยื่อเกี่ยวพัน และมีไขมันในปริมาณต่ำ จึงนิยมใช้เนื้อส่วนสะโพกและขาหน้า ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนไหว ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เหนียวน่ารับประทาน ปกติเนื้อหมูจะมี pH ในช่วง 5.7-5.9 หลังการ glycolysis (5) ในเนื้อที่มี glycogen น้อย ตามธรรมชาติ หรือ glycogen ที่เก็บไว้ ลดลงไปเนื่องจากการฆ่าไม่ถูกวิธี จะได้เนื้อหมูที่มี pH สูงกว่าปกติ อาจมากกว่า 6.0 เนื้อเหล่านี้จะมีสีเข้ม แข็ง และแห้ง เรียกว่า dark firm dry (DFE) เนื้อหมูลักษณะเช่นนี้ไม่เหมาะที่จะนำผลิต เพราะเสียได้เร็วเนื่องจาก pH สูง ส่วนเนื้อหมู pale soft exudative (PSE) มีสีซีด นิ่ม และผิวเปียก ซึ่งเกิดจากการ glycolysis เร็วเกินไปนั้น สามารถนำไปผลิตเป็นไส้กรอกแห้งได้ ถ้าใช้ไม่เกิน 20 % ของส่วนผสมทั้งหมด โดยไม่ทำคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้อยลง ความเหมาะสมของเนื้อที่จะนำมาผลิตนั้นสำคัญมาก เนื้อหมูที่ดีที่สุดสำหรับผลิตแหนมควรมีจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการปนเปื้อนต่ำ pH อยู่ในช่วงปกติ และมีความสามารถในการละลายและยึดเกาะกันของโปรตีนที่ดี (5)

3.2 <u>หนังหมู</u> ประกอบด้วยโปรตีน collagen, elastin และมี reticulin เล็กน้อย elastin ทนความร้อนได้ดี ขณะที่ collagen เมื่อได้รับความร้อนถึง 80 °ซ. จะเปลี่ยนเป็นเจลลาติน ซึ่งละลายน้ำได้ (8) หนังหมู นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของแหนม หนังหมูจะช่วยเพิ่มความนุ่มนวลเมื่อรับประทาน ขณะที่ไส้กรอกเปรี้ยวชนิดอื่น ๆ มักใช้ไขมัน หนังหมูควรเป็นชนิดไม่มีขนติดอยู่ และไม่หนาเกินไป เช่นหนังส่วนท้อง ใช้ประมาณ 20-30 % ของเนื้อแดง (9)

3.3 <u>คาร์โบไฮเดรต</u> ชนิดและปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ใช้สำคัญอย่างยิ่งเพราะเป็นตัวกำหนดอัตราและปริมาณการเกิดกรดแลคติค รวมทั้งส่วนประกอบของจุลินทรีย์ในไส้กรอก การใช้คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย เช่น glucose ในปริมาณมากอาจทำให้ pH ลดลงเร็วจนเป็นผลในการยับยั้งแบคทีเรียซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามที่ต้องการ ในทางตรงกันข้าม การใช้คาร์โบไฮเดรตในปริมาณต่ำเกินไป หรือมีอัตราการสลายตัวช้า เช่น oligosaccharides อาจทำให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการเจริญขึ้นในระหว่างการหมัก ปกติแล้วการใช้คาร์โบไฮเดรตเพียง 0.4-0.8 % ก็เพียงพอที่จะทำให้ pH ลดลงถึง 4.8-5.0 ซึ่งเพียงพอสำหรับยับยั้งการเสียของผลิตภัณฑ์และช่วยให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี บางกรณีอาจมีการใช้ต่ำถึง 0.2-0.3 % หรือมากถึง 2 % เช่น ในการผลิตไส้กรอกเปรี้ยวชนิดกึ่งแห้งที่ต้องการรสเปรี้ยวมาก แต่บางประเทศในทวีปยุโรปไม่นิยมใช้ เพราะไม่ชอบรสเปรี้ยวมากนัก (5) Acton และคณะได้ทดลองใช้คาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ ในการหมักไส้กรอกเปรี้ยวโดยใช้ starter culture หมักที่อุณหภูมิ 38 ° ซ เป็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลา 24 ชม. พบว่าเมื่อใช้ในปริมาณ 1 % เท่ากัน dextrose และ sucrose มีอัตราการหมักคล้ายกัน คือทำให้ pH ลดจาก 6.0 เป็น 4.7 กรดแลคติคเพิ่มจาก 0 % เป็น 0.9 % ในขณะที่เมื่อใช้ maltose จะให้กรดน้อยกว่า การใช้ lactose และ dextrin ให้กรดในปริมาณใกล้เคียงกับเมื่อไม่ใช้สารคาร์โบไฮเดรตเลย นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทดลองใช้ corn syrup ซึ่งมี dextrose equivalent (DE) ต่างกัน พบว่าคาร์โบไฮเดรตที่มีรูปแบบง่าย(ค่า DE สูง) ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกรดในปริมาณสูงกว่า สำหรับแหนมนิยมใช้ข้าวสุกหรือข้าวเหนียวอาจผสมน้ำตาลด้วยเพื่อเร่งการหมักเพราะแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคไม่มีเอนไซม์สำหรับย่อยแป้ง แต่โดยมากนิยมใช้เฉพาะข้าวสุกหรือข้าวเหนียวเท่านั้นซึ่งก็ให้ผลดีเพราะในเนื้อหมูมีเอนไซม์ amylase อยู่บ้างณรงค์ และทัศนีย์ ได้ทดลองแปรชนิดของคาร์โบไฮเดรต คือ glucose 0.5 % sucrose 0.5 % ข้าวเจ้า 3 % และข้าวเหนียว 3 % พบว่าแหล่งของคาร์โบไฮเดรตมีผลต่อการเกิดกรดน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หลังจากหมักไว้ 4 วัน แหนมที่ใช้ glucose และ sucrose จะมีกรดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 วันแรก ในขณะที่พวกที่ใช้ข้าวเจ้า และข้าวเหนียว มีอัตราการหมักช้าในระยะแรก และในวันที่ 3 การหมักจึงดำเนินไปอย่างรวดเร็ว ปริมาณข้าวที่นิยมใช้ในการผลิตแหนมคือ 4-7 % ข้าวที่ใช้ต้องผ่านการหุงสุก และบดละเอียด สำหรับข้าวเหนียวควรล้างเมือกออกให้หมดด้วย เพื่อป้องกันการจับเป็นก้อนซึ่งทำให้การผสมไม่สม่ำเสมอ ผู้ผลิตส่วนใหญ่มีการใช้ข้าวมากเกินพอ เพื่อลดต้นทุนการผลิต (9)

3.4 <u>เกลือ</u> เกลือมีหน้าที่ 3 ประการ คือ ทำให้เกิดรส ทำให้โปรตีนละลาย และหยุดยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ จากการลด water activity (a_w) ของอาหารทำให้จุลินทรีย์ใช้น้ำได้น้อยลง (11) จุลินทรีย์ต่าง ๆ มีการทนเกลือได้ต่างกัน บางชนิดทนได้ไม่ถึง 2 % บางชนิดทนได้จนถึงจุดอิ่มตัว เช่น พวก micrococcus ส่วนแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคเป็นพวกที่ทนเกลือได้ดีพอควร เกลือจึงมีผลส่งเสริมการเจริญของ lactobacilli และ micrococcus และนอกจากนั้น ยังมีผลต่อพยาธิ Trichinae อีกด้วย ใน salami จะปราศจาก Trichinae เมื่อมี a_w = 0.949(11) หน้าที่ของเกลือในการทำให้โปรตีนละลายก็สำคัญเพราะทำให้ผลิตภัณฑ์เกาะตัวไม่ร่วน การใช้เกลือต่ำกว่า 2 % จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดี (2,12) การใช้เกลือไม่บริสุทธิ์มีผลเสียคือเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดกลิ่นหืนได้เร็ว เนื่องจากมีโลหะหนักเช่น Fe,Cu ปนมาอาจแก้ไขโดยใช้เกลือชนิด food grade ซึ่งมีโลหะหนักปนมาน้อย ความเข้มข้นของเกลือที่สูงขึ้นจะทำให้อัตราการเกิดกรดแลคติคลดลง (12,13) สำหรับแหนม สมบุญ (2) ได้รายงานว่า แหนมที่ใช้เกลือ 3 % ผู้บริโภคชอบมากที่สุด เพราะให้กลิ่นรสดี ส่วนแหนมที่ใช้เกลือ 5 % จะค่อนข้างเค็ม และมีความเปรี้ยว

น้อย โดยปกติแล้วแหนมมักใช้เกลือ 2.25-5.0 % (9) แต่ปริมาณเกลือที่พอเหมาะสำหรับรสชาติและลักษณะปรากฏที่ดีของผลิตภัณฑ์ จะอยู่ในช่วง 2-3 %

3.5 ไนไตรต์ ใช้ในรูปเกลือโซเดียมหรือโปตัสเซียมก็ได้ จุดประสงค์สำคัญในการใช้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีชมพูน่ารับประทาน แหนมที่ไม่เจือปนไนไตรต์จะมีสีน้ำตาลคล้ำไม่ชวนบริโภค นอกจากช่วยให้เกิดสีที่ดีแล้ว ไนไตรต์ยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเฉพาะตัว แตกต่างจากเนื้อที่หมักโดยใช้เกลือเพียงอย่างเดียว สีชมพูที่เกิดขึ้นเนื่องจากไนไตรต์สลายให้ nitric oxide ซึ่งทำปฏิกิริยากับ myoglogin ที่อุณหภูมิเหมาะสมในเนื้อได้เป็น nitroso myoglobin สีชมพู (8) nitric oxide บางส่วนทำปฏิกิริยากับ amine ในเนื้อได้เป็น nitrosamine ซึ่งพบว่าเป็นสารก่อมะเร็งในหนูทดลอง ในปัจจุบันจึงมีการวิจัยเพื่อหาวิธีลดปริมาณไนไตรต์อิสระ เช่น การใช้ potassium sorbate ทดแทนบางส่วน (14) แต่งานวิจัย ยังไม่ประสบผลสำเร็จนัก เนื่องจากมีข้อขัดแย้งบางประการอยู่ในปัจจุบัน จึงยังไม่มีสารตัวใดทดแทนไนไตรต์ได้ทั้งหมด ไนไตรต์ส่วนที่เหลือจากปฏิกิริยาเป็นส่วนที่เรียกว่าไนไตรต์ตกค้าง ควรตรวจพบไม่เกิน 120 ppm ในผลิตภัณฑ์ปริมาณดังกล่าวนี้ แม้จะต่ำก็มีผลยับยั้งจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่มี pH ต่ำ จะยับยั้งได้ดี เมื่อ pH ของอาหารต่ำลง จะสามารถลดระดับเกลือไนไตรต์ที่ใช้ได้ (14) Zaika และคณะ (15) ศึกษาผลของไนไตรต์ในไส้กรอกเปรี้ยวชนิด Lebanon bologna พบว่าเมื่อมีการลดลงของ pH อย่างรวดเร็ว การใช้ไนไตรต์เพียง 50 ppm ก็เพียงพอสำหรับการป้องกัน Cl. botulinum และการเกิดสี การใช้ไนไตรต์สูงมากถึง 1600 ppm จะมีผลในการยับยั้งการหมัก และให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี นอกจากนั้นการใช้ไนไตรต์ร่วมกับเกลือบริโภค จะมีผลเสริมกันในการยับยั้งจุลินทรีย์ (14)

3.6 เครื่องเทศ หน้าที่สำคัญของเครื่องเทศคือการให้กลิ่นรส ปริมาณ และชนิดของเครื่องเทศในไส้กรอกเปรี้ยวต่างชนิดแตกต่างกันไปทำให้เกิดกลิ่น และรสชาติเฉพาะตัวของไส้กรอก สำหรับแหนมนิยมใช้กระเทียม และพริกไทย กระเทียมใช้ประมาณ 3 - 6.5 % แล้วแต่ผู้ผลิต ส่วนพริกไทยใช้เพียงเล็กน้อย กระเทียมมีผลยับยั้งจุลินทรีย์ได้ แต่การใช้กระเทียมเพียง 5 % โดยทั่วไปในแหนมมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (8) Zaika และคณะ(12) ใช้ส่วนผสมของเครื่องเทศ 9 ชนิด ในไส้กรอกเปรี้ยวชนิด Lebanon bologna พบว่าเครื่องเทศที่ใช้จะผ่านการฆ่าเชื้อหรือไม่ก็ตามจะมีผลเร่งการหมัก เมื่อเพิ่มปริมาณจาก 0-16 % การใช้กระเทียมในแหนมให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณกรดสูงกว่าพวกที่ไม่ใช้ และกระเทียม 4 % ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการเกิดของกรดเร็วกว่า และมากกว่าที่ 8 % ดังนั้นจะเห็นว่าแม้กระเทียมจะให้

กลิ่นรสที่ดี แต่ไม่จำเป็นสำหรับการหมักมาก(9)การใส่มากเกินพอจึงไม่จำเป็นปริมาณที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2.5 - 5.0 %

3.7 สารเคมีอื่น ๆ สารเคมีชนิดอื่นที่ใช้ได้แก่ glucono-delta-lactone (GDL) ซึ่งย่นระยะเวลาหมักในไส้กรอกเปรี้ยว โดยสารดังกล่าวจะเปลี่ยนเป็น gluconic acid จากปฏิกิริยา hydrolysis ทำให้เกิดรสเปรี้ยวในผลิตภัณฑ์ได้ในเวลาสั้นลง มีผลในการควบคุมจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการในการหมักระยะแรก แต่สารนี้จะมีผลต่อปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนไนเตรตเป็นไนไตรต์ และจุลินทรีย์ที่สร้างกลิ่นที่ดี ปริมาณสูงสุดที่ USDA อนุญาติให้ใช้ได้คือ 0.5 ปอนด์ต่อเนื้อ 100 ปอนด์ (5) การเติมกรดลงโดยตรงนั้นมักไม่ใส่ในปริมาณมาก เนื่องจากทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เสียสภาพธรรมชาติ ทำให้เนื้อกระด้างยากต่อการบรรจุไส้ Acton และคณะ (16) ได้ทดลองเติม GDL 0.41 % ลงในไส้กรอกเปรี้ยว พบว่าทำให้ pH เริ่มต้นลดลงจาก 6.0 เป็น 5.4 และช่วยเร่งการเกิดสีในผลิตภัณฑ์ แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงของสีชณะทำแห้งจะพอ ๆ กันกับไส้กรอกที่ไม่ใส่ GDL สำหรับแหนมที่ผลิตจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดยังไม่มีการใช้สารนี้ แต่ใน " ผงทำแหนม " ซึ่งผลิตจำหน่ายโดย บริษัท กริฟฟิทท์แลบบอราทอรีแห่งประเทศไทย สำหรับจำหน่ายปลีกให้ผู้บริโภคทำแหนมรับประทานเอง มีส่วนผสมของ GDL อยู่ด้วย นอกจากนั้นยังมีการใช้สารประกอบฟอสเฟต เพื่อช่วยลดอัตราการเสียน้ำหลังการหมัก เกลือฟอสเฟตที่ใช้มักเป็นพวก polyphosphate หรือ pyrophosphate

3.8 วัสดุที่ใช้บรรจุ สำหรับแหนม เดิมนิยมห่อด้วยใบตองซึ่งให้ผลดี เพราะนอกจากจะช่วยลดปริมาณอากาศได้ดีแล้วยังให้ผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นเฉพาะซึ่งเป็นที่ยอมรับอีกด้วย ต่อมานิยมบรรจุในถุง polyethylene (PE) เพราะสะดวก ราคาถูก หาได้ง่ายในจำนวนเพียงพอเมื่อผลิตมาก ๆ หรือมิฉะนั้นก็มีการใช้ร่วมกัน โดยใส่ถุงพลาสติกก่อนแล้วห่อด้วยใบตองอีกที สำหรับไส้กรอกเปรี้ยวของต่างประเทศ มักบรรจุลงในไส้บรรจุ (casing) ซึ่งอาจเป็นไส้แท้หรือไส้เทียม ไส้แท้มักใช้ไส้หมู วัว หรือ แกะ โดยนิยมใช้เฉพาะขนาดกลาง และใหญ่เท่านั้น ปกติไส้หมูประกอบด้วยโครงสร้าง 5 ชั้นคือ mucosa submucosa circular muscle longtitudinal muscle และ serosa เรียงลำดับจากด้านในออกมา ส่วนของไส้ที่ใช้บรรจุเป็นชั้น mucosa โดยจะล้างและขูดชั้นอื่นออกจนหมด หมักเกลือแล้วล้างให้สะอาดเก็บไว้ในสภาวะแช่แข็ง การใช้ไส้แท้มีข้อเสียคือไม่สามารถควบคุมให้มีขนาดสม่ำเสมอ ไส้ cellulose หรือไส้ collagen นิยมใช้ในปัจจุบันเพราะมีขนาดสม่ำเสมอ ไส้ cellulose ได้จากการนำผ้ายมาแปรรูป บริโภคไม่ได้ ส่วนไส้ collagen สังเคราะห์จากโปรตีนหนังสัตว์ บริโภคได้เหมาะอย่าง

ยิ่งในการผลิตไส้กรอกเปรี้ยวแห้ง เพราะยอมให้น้ำผ่านได้ดี หดตัวตามผลิตภัณฑ์ และ บริโภคได้ทันที (5,9) แรงค์ และทัศนีย์ (9) ทดลองหมักแหนมโดยใช้ไส้บรรจุชนิดต่าง ๆ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุถุง PE และไส้ Naturin (collagen) เกิดกรดเร็ว ขณะที่พวกบรรจุในไส้ cellulose และ fibrous จะมีอัตราการเกิดกรดช้ากว่าในระยะแรก แต่หลังวันที่ 3 จะมีกรดเกิดขึ้นในปริมาณสูงกว่าพวกที่บรรจุในถุง PE และไส้ Naturin

4. <u>กระบวนการผลิต</u>

กระบวนการผลิตแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมส่วนผสม การผสม การบรรจุ และการหมัก (9) ในการเตรียมส่วนผสมจะนำเนื้อหมูมาตัดแต่งจนเหลือเฉพาะส่วนเนื้อ ซับด้วยผ้าขาวบางที่แห้ง และสะอาดหลาย ๆ ครั้ง หรือบีบเอาน้ำออกเพื่อให้ปริมาณความชื้นในเนื้อหมูลดลงมากที่สุด แล้วสับหรือบดให้ละเอียด การซับหรือบีบน้ำออกทำเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้งน่ารับประทาน ข้าวที่ใช้จะต้องหุงให้สุกก่อน และควรมีลักษณะนุ่มกว่าข้าวที่ใช้บริโภคตามปกติเล็กน้อย ถ้าหุงแบบเช็ดน้ำควรหุงนานเพื่อให้น้ำซึมเข้าเมล็ดข้าวมากขึ้น ทำให้จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากแป้งได้เต็มที่ สำหรับข้าวเหนียวควรแช่น้ำ 3 ชม. ก่อนนึ่ง และควรพรมน้ำเล็กน้อยในขณะนึ่ง เมื่อข้าวสุกล้างเมือกออกให้หมดเพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน การผสมจะต้องผสมให้ทั่วถึงกัน และนวดให้เหนียวโดยผสมเครื่องปรุงอื่น ๆ ก่อนแล้วจึงใส่หนังหมูภายหลัง การใส่หนังหมูลงไปพร้อมกับเครื่องปรุงอื่น ๆ อาจทำให้ส่วนประกอบ และรสชาติไม่สม่ำเสมอ เมื่อผสมจนทั่วถึงดีแล้วบรรจุในถุง PE อาจมีการห่อใบตองทับด้วยหรือไม่ก็ได้ การบรรจุต้องพยายามอัด และรัดให้แน่นเพื่อกำจัดออกซิเจนออกไปให้มากที่สุด และทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแน่น การหมักคือการทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตามปกติ (9)

ขณะที่กระบวนการผลิตแหนมภายในประเทศเป็นวิธีง่าย ๆ กรรมวิธีผลิตไส้กรอกเปรี้ยวของต่างประเทศจะมีการพัฒนาไปมากกว่า คือมีการควบคุมสภาวะในการหมักที่ดีกว่า และมักมีขั้นตอนการลดความชื้นด้วย ตัวแปรที่สำคัญคือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการหมุนเวียนของอากาศ การเลือกอุณหภูมิหมักขึ้นกับอัตราการเกิดกรดที่ต้องการ โดยทั่วไปใช้ประมาณ 21 -24 °ซ. แต่ในอเมริกาซึ่งต้องการผลิตภัณฑ์ที่มี pH สุดท้ายต่ำกว่า (ประมาณ 4.6-5.1) จะใช้อุณหภูมิในช่วง 27.7-37.7 °ซ.(4) Acton และคณะ (17) ทดลองใช้อุณหภูมิ 22° 30° และ 37 °ซ.ในการหมัก summer sausage พบว่าการหมักที่อุณหภูมิ 30° และ 37 °ซ.ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีปริมาณกรดมากกว่าที่อุณหภูมิ 22 °ซ.ในเวลาเท่ากัน แต่จะไม่มีผลแตกต่างกันทางด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ (17) เวลาที่ใช้ในการหมักก็จะแตกต่างกันไปขึ้นกับ pH สุดท้ายที่ต้องการ ส่วนในการทำแห้งจะใช้อุณหภูมิต่ำลงในช่วงประมาณ 7 - 13 °ซ. เพราะต้องใช้เวลานานในการทำแห้ง ความชื้น

สัมพัทธ์ก็มีการใช้แตกต่างกันไป ในขั้นหมักมักกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำนักเนื่องจากยังไม่ต้องการให้เสียความชื้นมาก จะอยู่ในช่วงประมาณ 85 - 95 % ส่วนในขั้นลดความชื้นจะใช้ความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำลง จะอยู่ในช่วงประมาณ 65 - 85 % (4,10,17,18) โดยอาจแบ่งเป็นช่วง การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงนี้นับว่ามีความสำคัญมาก ถ้าต่ำไปก็อาจทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง และหดตัวมากไป แต่ถ้าสูงไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งช้า และอาจเสียได้ ทั้งในขั้นหมักและลดความชื้นมักควบคุมให้การหมุนเวียนของอากาศด้วย เพื่อทำให้มีการกระจายของอากาศอย่างสม่ำเสมอไม่เกิดจุดบอดอันอาจทำให้เกิดจุลินทรีย์ขึ้นที่ผิวได้ Townsend และคณะ(18)ได้ศึกษาผลของการหมุนเวียนของอากาศในระหว่างหมัก พบว่าไม่มีผลต่อการเกิดกรด แต่สังเกตุพบเมือกที่ผิวของไส้กรอกที่หมักโดยไม่มีการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศอาจทำให้เกิดการแห้งที่ผิวทำให้ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ได้มีการศึกษาวิจัยกันอย่างมากเกี่ยวกับตัวแปรทั้งสามนี้ โดยเฉพาะในยุโรป ซึ่งผลงานส่วนใหญ่ไม่ได้เผยแพร่เป็นภาษาอังกฤษ อย่างไรก็ดียังไม่มีข้อตกลงได้ว่าสภาวะร่วมแบบไหนจะมีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะไส้กรอกแต่ละชนิดต้องการสภาวะที่แตกต่างกันออกไป

5.<u>ความปลอดภัยในการบริโภค</u>

ไส้กรอกเปรี้ยวส่วนใหญ่ไม่ผ่านการให้ความร้อนระหว่างผลิต และผู้บริโภคก็นิยมบริโภคโดยไม่ทำให้สุกก่อน โดยปกติการบริโภคไส้กรอกแห้งที่ปริมาณความชื้นต่ำ และผลิตจากวัตถุดิบที่ผ่านการรับรองของกระทรวงสาธารณสุขแล้วจะมีความปลอดภัยดีพอสมควร ยกเว้นในกรณีที่เกิดข้อบกพร่องในขั้นตอนการผลิต (5)

5.1 <u>จุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย และการควบคุม</u>

<u>Staphylococcus aureus</u> เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถทนเกลือ ไนไตรต์ และเจริญได้ในสภาวะที่ปลอดออกซิเจน แต่อย่างไรก็ตามจะเจริญได้ไม่ดีในสภาวะไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิต่ำ และ pH ต่ำ (5) อาจพบที่ผิวนอกของไส้กรอกเพราะสามารถทนกรดในสภาวะที่มีออกซิเจนได้ดีกว่าในสภาวะไม่มีออกซิเจน การตรวจนับทำได้โดยการตรวจ Coagulase-positive Stap. ที่ผิวนอกของไส้กรอก (1/4 นิ้ว) หลังการหมักก่อนการทำแห้ง จำนวนที่พบไม่ควรเกิน 100,000 เซล/กรัม เพราะอยู่ในระดับที่จะสร้าง toxin (6) Raccach (19,20) พบว่าเมื่อใช้ Pediococcus เป็น starter ทำให้ <u>S.aureus</u> ต่ำกว่าระดับต่ำสุดที่จะสร้าง toxin ถึง 1000 เท่า และการใช้ในปริมาณมากยิ่งทำให้มีการควบคุมได้ดี Pediococcus มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง <u>S.aureus</u> มากกว่า Lactobacillus เนื่องจากมีประสิทธิภาพมากกว่าในการ

สร้างกรดในช่วงแรกของการหมัก (21) การควบคุม S.aureus ทำได้โดยควบคุมให้มีปริมาณน้อยตั้งแต่ต้น ซึ่งหมายถึงการจัดสุขลักษณะที่ดีในการผลิต การเก็บเนื้อบดในตู้เย็น 2 - 3 วัน ก่อนหมักเพื่อให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดเจริญได้ดี (6) การหมักที่อุณหภูมิต่ำ หรือถ้าหมักที่อุณหภูมิสูงก็ต้องใช้สภาวะที่การลดของ pH เป็นไปอย่างรวดเร็ว (5)

Salmonella และ Enterobacteria จะมีปริมาณคงที่ และค่อย ๆ ถูกยับยั้งไปในระยะหลังของการหมัก ถ้าผลิตภัณฑ์ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 51.7 °ซ. ก็จะทำลาย Salmonella ได้ (22) แม้ว่าจะพบ Salmonella ในไส้กรอกเปรี้ยว แต่ก็ไม่เคยปรากฏว่าเป็นอันตราย การควบคุมคือให้ pH ต่ำลงเพียงพอ และใช้เกลือในปริมาณที่เหมาะสม Smith และคณะ (22) รายงานว่า การเติม P.cerevisiae และ L.plantarum ทำให้ Salmonella ลดลงเนื่องจากเชื้อดังกล่าวทำให้ pH ลดต่ำลง และแบคทีเรียพวกนี้หลายสายพันธุ์มีผล antagonistic ต่อ Salmonella ด้วย การใช้เกลืออย่างน้อย 2.5 % และใช้คาร์โบไฮเดรตชนิด และปริมาณที่เหมาะสม หรือเติม GDL จะควบคุม Enterobacteriaceae รวมทั้ง Salmonella ได้อย่างดี (5)

Clostridium botulinum ไม่เคยมีรายงานว่ามีการเจริญ และสร้าง toxin โดย clostridia ถ้าใช้กรรมวิธีผลิตที่ถูกต้อง และดีพอ การเติม Starter หรือ ไนไตรต์ จะมีผลไม่มากเท่ากับการลดลงของ pH อย่างรวดเร็ว (5,6)

รา ปกติสามารถเจริญได้ที่ผิวเท่านั้น ในไส้กรอกบางชนิดจะส่งเสริมให้ราบางอย่างเจริญเพื่อให้เกิดสี เนื้อสัมผัส และรสชาติที่ต้องการ ราประเภทนี้จะสร้างเส้นใยสีขาว โดยทั่วไปราจะเป็นตัวปัญหาในการผลิตโดยเฉพาะพวก " Wild " mold ซึ่งสร้างเส้นใยสีน้ำตาล เขียว เหลือง ดำ ทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไม่ดี และมีรสขม ราที่ขึ้นเป็นบริเวณเล็ก ๆ สามารถแปรง ขัดออก หรือตัดแต่งไส้กรอกกออกไปบางส่วน แต่ในกรณีที่มีการปนเปื้อนมาก จะต้องใช้ไอน้ำล้างห้องบ่ม และกรองอากาศที่เข้า แม้ราที่เกิดขึ้นอาจไม่เกี่ยวข้องกับการเกิด mycotoxin แต่ก็ไม่ควรเสี่ยง การควบคุมรามีหลายวิธี เช่น ควบคุมสุขลักษณะ ควบคุมสภาวะการทำแห้งให้เหมาะสม ล้างทำความสะอาดผิวของไส้กรอกเพื่อรบกวนการเจริญ หรือใช้ potassium sorbate ที่ผิว casing (23)

ไวรัส อาจมีปะปนอยู่ในเนื้อสัตว์ได้บางกรณี มักทนกรดสูงไม่ได้ และถูกยับยั้งได้ จึงไม่เคยปรากฏว่าพบไวรัสในไส้กรอกเปรี้ยว

พยาธิ พยาธิที่สำคัญที่เป็นอันตรายคือ พวก Trichinae ซึ่งอาจมีอยู่ได้ในเนื้อสัตว์ดิบ ทัศนคติที่ต่างกันของผู้บริโภคในการบริโภคเนื้อสัตว์ดิบ ขึ้นกับความมั่นใจในประสิทธิภาพการผลิตของผู้ผลิต และการตรวจสภาพวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์โดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุข เพื่อให้แน่ใจว่า

ปราศจาก Trichinae ในประเทศเยอรมันผู้บริโภคจะไม่ลังเลในการบริโภคเนื้อสัตว์ดิบเลยเป็นเวลากว่า 100 ปีมาแล้ว เพราะจะมีการตรวจตัวอ่อนของ Trichinae ในซากสุกรทุกตัว ถ้าไม่แน่ใจว่าจะมีอยู่หรือไม่ ก็จะใช้วิธีผลิตที่ทำให้ตัวอ่อนของ Trichinae ถูกยับยั้งโดยการลด a_w ของผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้วิธีแช่แข็ง เติมเกลือ หรือลดความชื้น Childer และคณะ (11) รายงานว่า a_w ที่ปลอดภัยคือ 0.9-0.95 pH ที่ต่ำก็มีส่วนช่วยให้การยับยั้งเกิดได้ดีขึ้น การให้ความร้อนถึง 58.3 °ซ หรือการแช่แข็งเนื้อหมูภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะฆ่า Trichinae ได้ The Meat Inspection Division (MID) ของ USDA ได้จัดตั้งข้อกำหนดในการผลิตไว้หลายวิธี ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ปลอด Trichinae (24)

จากการตรวจจุลินทรีย์ในแหนมจากจังหวัดเชียงใหม่ 16 ตัวอย่างของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (25) พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 8.5×10^6 - 5.5×10^8 โคโลนี/กรัม แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติคอยู่ในช่วง 4.5×10^4 - 3.8×10^7 โคโลนี/กรัม พบ Coliform ในตัวอย่างส่วนใหญ่ มีจำนวนตั้งแต่ 10 ถึงมากกว่า 10^5 และพบ E. Coli ใน 9 ตัวอย่าง ซึ่งแสดงถึงการขาดสุขลักษณะที่ดีในการผลิต และกรรมวิธีผลิตที่ไม่เหมาะสม ไม่พบ Cl. botulinum Streptococcus รา และพยาธิ พบ salmonella และ staphylococcus ใน 1 ตัวอย่าง ยีสต์ที่พบมีจำนวนตั้งแต่ 30 ถึง 2.5×10^5 โคโลนี/กรัม สุขใจ (26) ตรวจนับจำนวน coliform ในแหนมในเขตกรุงเทพ ในวันแรกจะมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 1.25×10^7 โคโลนี/กรัม แต่จะลดลงเรื่อย ๆ ในระยะที่ผลิตภัณฑ์บริโภคได้ จำนวน coliform อยู่ในช่วง 6.2×10^4 โคโลนี/กรัม และในวันที่ 5 มีค่าเฉลี่ย 262.5 โคโลนี/กรัม ส่วนแหนมจากจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายในวันที่บริโภคได้มีประมาณ 251×10^5 โคโลนี/กรัม สำหรับการตรวจเชื้อ salmonella จากแหนมที่ผลิตในเขตกรุงเทพมหานคร พบในผลิตภัณฑ์ 56 จาก 450 ตัวอย่าง คิดเป็น 12.44 % ส่วนแหนมในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย จำนวนที่พบคิดเป็น 25 % และ 41.67 % ตามลำดับ ดังนั้นจะเห็นว่า การบริโภคแหนมโดยไม่ทำให้สุกก่อน มีอัตราการเสี่ยงสูงต่อการได้รับเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย สาเหตุของการปนเปื้อนเกิดจากการใช้วิธีผลิตที่ไม่ถูกต้องและวัตถุดิบไม่ดีพอ ดังนั้นผู้บริโภคควรเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จาก ผู้ผลิตที่ผู้บริโภควางใจ อย่างไรก็ดี ประเทศไทยยังไม่มีมาตรการที่รัดกุมในการควบคุมพยาธิในเนื้อหมู จึงควรนำมาให้ความร้อนก่อนบริโภค เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยยิ่งขึ้น การผลิตแหนมโดยใช้วิธีผลิตและการควบคุมที่เหมาะสมดังในการผลิตไส้กรอกเปรี้ยวแห้งของต่างประเทศ จะช่วยลดอัตราเสี่ยงในการบริโภคลงได้มาก

5.2 สารประกอบ Nitrosamine

Nitrosamine เป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดจากปฏิกิริยาของ amines กับไนไตรต์ ในสภาวะที่เป็นกรดสูง หรือผ่านการให้ความร้อนอย่างรุนแรง ปริมาณ Nitrosamine ที่ตรวจพบในไส้กรอกเปรี้ยวแทบไม่มี หรือมีอยู่ในระดับต่ำมาก (ไมโครกรัม/กิโลกรัม) อย่างไรก็ดี Nitrosamine สามารถเกิดได้ในกระเพาะอาหารจากปฏิกิริยาของไนไตรต์ และ amines (5) โดยทั่วไปปริมาณไนไตรต์ตกค้างในไส้กรอกเปรี้ยวมักต่ำเนื่องจากถูก reduce เป็นแอมโมเนียโดยจุลินทรีย์ในไส้กรอก (5) อย่างไรก็ดี ยังมีการวิจัยที่พยายามจะลดระดับของไนไตรต์อยู่เสมอ สำหรับในผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอกเปรี้ยว มีข้อได้เปรียบเนื่องจาก pH ต่ำ จึงสามารถลดระดับไนไตรต์ลงได้ จากผลงานวิจัยของ Christiansen และคณะ (27) พบว่าการเติม dextrose ในผลิตภัณฑ์ summer sausage ไม่ว่าจะใช้ starter culture หรือไม่ก็ตามก็เพียงพอที่จะยับยั้ง toxin จาก clostridia ขณะที่ผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่ใช้ dextrose ต้องใช้ไนไตรต์ถึง 150 ไมโครกรัม/กรัม ในการยับยั้ง toxin จากเชื้อนี้ สุรศักดิ์ (28) ได้วิเคราะห์ปริมาณไนไตรต์ในแหนมจาก 8 แหล่งผลิต ในท้องตลาดพบว่า อยู่ในช่วง 8.17-149.95 ไมโครกรัม/กรัม ของแหนม มีทั้งที่ต่ำและสูงกว่าปริมาณที่กำหนดในปัจจุบัน

6. การปรับปรุงคุณภาพ และอายุการเก็บแหนม

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า อายุการเก็บของแหนมที่อุณหภูมิห้องค่อนข้างจำกัดคือ ประมาณ 1 สัปดาห์ แต่ยังไม่มีผู้ใดศึกษาอย่างจริงจังนัก จากการตรวจจุลินทรีย์ในแหนมที่เสียแล้วจากตลาดในเขตกรุงเทพมหานครของสมบุญ (2) พบยีสต์ ซึ่งภายหลังจำแนกได้เป็น Candida sp. ผู้วิเคราะห์ได้อธิบายว่า เชื้อนี้อาจเจริญหลังคาร์โบไฮเดรตหมดไป ยีสต์ใช้กรดทำให้ปริมาณกรดลดลง pH สูงขึ้น จนเกิดสภาวะที่เหมาะสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย การเสียเป็นไปทำนองเดียวกับอาหารจำพวกผัก

ณรงค์ และทัศนีย์ (9) ได้ทดลองผลิตแหนมบรรจุในไส้ cellulose และไส้ fibrous แล้วทำแห้งโดยการอบไอน้ำเป็นเวลา 10 นาที หรืออบแห้งที่อุณหภูมิ 55-60 °ซ. พบว่าแหนมมีความชื้น 55 % เนื่องจากการอบไอน้ำโดยตรง 10 นาที หรือการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55-60 °ซ. เป็นเวลา 5 ชม. ผู้วิจัยสรุปว่าการอบไอน้ำโดยตรงเป็นวิธีที่เหมาะสมเพราะประหยัดเวลา และประหยัดไส้บรรจุไม่ต้องนำผลิตภัณฑ์ออกจากไส้เพียงแต่ผ่อนคลายเชือกให้น้ำออก และสามารถนำออกจากไส้ไปลดความชื้นได้อีก พบว่าความชื้นลดเป็น 50 % หลังการอบต่ออีก 5 ชม. จากการศึกษาอายุการเก็บเขาพบว่าแหนมแห้งที่บรรจุไส้ชนิดเดิมหรือถุง PP ที่สภาวะสุญญากาศมีความชื้น 55 % มีกลิ่น และรสคงเดิม แต่เนื้อแข็งมากขึ้นผู้ชิมยังยอมรับ แต่ที่ความชื้น 50 % สีผลิตภัณฑ์จะ

คล้ำลง กลิ่นกรดลดลง เนื้อแข็งมากขึ้นผู้ชิมไม่ยอมรับ แหนมที่มีความชื้นทั้ง 2 ระดับนี้สามารถเก็บได้นานถึง 7 เดือนที่อุณหภูมิห้อง โดยกลิ่น รส ลักษณะเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง

โกวิทย์ และไพศาล (29) ทดลองอาบรังสีแหนมเพื่อทำลายเชื้อ salmonella 4 serotype โดยการ innoculate ลงในแหนมในปริมาณต่าง ๆ กัน (10^2 10^4 และ 10^6) ใช้รังสีแกมม่า 0.1-0.4 MegaRad พบว่าเชื้อแต่ละ serotype ที่ปริมาณต่างกันต้องการรังสีในการทำลายต่างกัน รังสี 0.4 MegaRad สามารถทำลายเชื้อ salmonella 10^6 ตัวต่อกรัม ทุก serotype ที่ใช้ในการทดลองนี้ แต่คะแนน สี กลิ่น รสชาติ ของผลิตภัณฑ์ แตกต่างออกไป ในขณะที่เมื่อใช้รังสี 0 0.1 0.2 และ 0.3 MegaRad มีคะแนนสี กลิ่น รส ไม่แตกต่างกัน เมื่อเก็บถึง 12 และ 15 วัน คะแนนกลิ่น รส จะต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ และไม่แตกต่างกัน ระหว่างแหนมที่อาบรังสี และไม่อาบรังสี สรุปว่าแหนมที่ผ่าน และไม่ผ่านรังสีสามารถเก็บได้ 9 วัน โดยที่รสยังดีอยู่

กรมวิทยาศาสตร์บริการได้ทดลองศึกษาการทำแหนมกระป๋อง พบว่า การให้ความร้อนโดยใช้ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 10 นาที หรือต้มในน้ำเดือด 30 นาที ให้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับ แหนมที่ได้สีชมพูจัด นิ่ม และตรวจไม่พบจุลินทรีย์ เมื่อเก็บนานขึ้น น้ำในกระป๋องจะเหนียวข้นขึ้น แต่กลับลดลงหลัง 6 เดือน เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์เป็นเวลา 12 เดือน ค่า pH คงที่ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ และลักษณะปรากฏ

รายละเอียดเกี่ยวกับอายุการเก็บของไส้กรอกเปรี้ยว ก็มีอยู่ค่อนข้างจำกัด เช่นกัน เนื่องจากการลดความชื้น จะทำให้ไส้กรอกมีเสถียรภาพมากอยู่แล้ว จึงไม่มีผู้ศึกษากันมากนัก

7. <u>ส่วนประกอบทางเคมี</u>

ส่วนประกอบทางเคมีของแหนมมีค่าแตกต่างกันเป็นช่วงกว้าง คือ ความชื้น 55.1-74.6 % ไขมัน 1.8-12.7 % คาร์โบไฮเดรต 2.3-3.6 % โปรตีน 16.9-25.3 % เกลือ 2.5-4.6 % ปริมาณกรด 0.9-2.3 % pH 4.3-3.9 (9, 30, 31,32) การที่แหนมมีส่วนประกอบแตกต่างกันเป็นช่วงกว้างมาก ขึ้นกับสูตรและวิธีผลิตซึ่งแตกต่างกันไป