บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

เนื้อชิ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำชิ้นเนื้อขนาดเล็กหลายชิ้นมาเชื่อมติดกันเป็นชิ้นขนาดใหญ่ที่มีความสม่ำเสมอ มีเนื้อสัมผัสยึดติดกันแน่น และคงรูปได้ดีพอที่จะใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม การผลิตเนื้อโคชิ้นรูปใช้เนื้อชิ้นเล็กหรือเศษเนื้อที่มีราคาค่ำ จึงลดต้นทุนด้านวัตถุดิบได้ ในกระบวนการผลิตสามารถปรับองค์ประกอบโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้ โดยเฉพาะปริมาณไขมันซึ่งมีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภค ไขมันที่มากเกินไปนอกจากมีผลเสียทางโภชนาการแล้ว ยังทำให้ความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อลดลง นอกจากไขมัน เอนหรือพังผืดในเนื้อโคก็จำกัดปริมาณได้จากการตัดแต่ง ชิ้นเนื้อที่ได้ใหม่จึงปรับให้มีองค์ประกอบที่เหมาะสมตามความต้องการของผู้บริโภคได้

<u>กระบวนการผลิตเนื้อชิ้นรูป</u>

กระบวนการผลิตเนื้อชิ้นรูป ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบ การผสม การขึ้นรูป และการแช่แข็ง (Huffman, 1980; Pearson และ Tauber, 1984)

<u>การเตรียมวัตถุดิบ</u>

วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตเนื้อชิ้นรูป ได้แก่ เนื้อสัตว์ เกลือ สารเชื่อม (binder) และน้ำ วัตถุดิบเหล่านี้มีสมบัติและขั้นตอนในการเตรียมดังต่อไปนี้

เนื้อสัตว์

เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเนื้อขึ้นรูป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดี เนื้อที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีทั้งทางจุลินทรีย์และชีวเคมี (Pearson และ Tauber, 1984) โดยมีสมบัติด้านการเชื่อมติด (binding property) สูง ซึ่งเนื้อจากสัตว์แต่ละชนิด และจากแต่ละส่วนของซากจะแตกต่างกันตามปริมาณไขมัน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือพังผืดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ ชิ้นเนื้อที่มีไขมันหรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาก ความสามารถในการเชื่อมติดจะต่ำ จึงต้องกำจัดพังผืดและไขมันก่อนโดยการตัดแต่ง และต้องลดขนาดชิ้นเนื้อเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน การลดขนาดทำได้โดยวิธี บด สับ หรือหั่น อุณหภูมิระหว่างการลดขนาดควรอยู่ระหว่าง -2 ถึง 0 °C เพื่อป้องกันการแพร่ของไขมัน (Pearson และ Tauber, 1984)

เครื่องมือที่นิยมใช้ในการลดขนาดชิ้นเนื้อด้วยการหั่นเป็นแผ่นบางได้แก่ เครื่อง Urschel Comitrol® เครื่องนี้ทำงานโดยเมื่อเนื้อผ่านเข้าเครื่อง ใบมีดจะตัดเนื้อเป็นชิ้นเล็กที่มีขนาดสม่ำเสมอ ขนาดของชิ้นเนื้อควบคุมได้โดยการปรับความกว้างของหัวเฉือนที่หัวเครื่อง สำหรับเครื่องมือที่นิยมใช้ในการบดหรือสับเนื้อได้แก่ Hobart Grinder® และ Weiler Grinder® หลักการทำงานของเครื่อง 2 แบบนี้คือ เครื่องบดให้เนื้อฉีกขาดเป็นชิ้นเล็กด้วยสกรู สกรูส่งเนื้อออกมาทางด้านหน้าซึ่งมีใบมีดคมเฉือนชิ้นเนื้อให้มีขนาดเล็กลง ความละเอียดของเนื้อบดที่ได้ขึ้นกับขนาดของรูบน plate ด้านหน้าใบมีด ซึ่งขนาดดังกล่าวนี้ปรับเปลี่ยนได้ Hollender, Macneil และ Mast (1987) ศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปจากเนื้อโคที่ผ่านการลดขนาดด้วยวิธีต่าง ๆ 3 วิธีคือ หั่นเป็นแผ่นบางด้วยเครื่อง Urschel Comitrol® บดหยาบด้วยเครื่อง Hobart Grinder® ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู plate 0.64 เซนติเมตร และเครื่อง Weiler Grinder® ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู plate 2.54 เซนติเมตร พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการลดขนาดโดยหั่นเป็นแผ่นบาง มีคะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่า ค่าแรงเฉือน (shear force) ต่ำกว่า และค่าความต้านทานต่อการฉีกขาด (resistance-to-tear) สูงกว่าตัวอย่างที่ผ่านการบดหยาบด้วยเครื่องบดทั้ง 2 ชนิด Hollender และคณะ(1987) สรุปว่าเนื้อโคขึ้นรูปที่ผ่านการลดขนาดด้วยการหั่นเป็นแผ่นบางให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสดี และชิ้นเนื้อเชื่อมติดกันดีกว่าพวกที่ขึ้นรูปโดยการลดขนาดด้วยการบด

Berry, Smith และ Secrist (1987) ศึกษาผลของขนาดชิ้นเนื้อต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูป โดยปรับความกว้างของ หัวเฉือน ของเครื่อง Urachel Comitrol® ให้ได้ชิ้นขนาดใหญ่ (40.6 มิลลิเมตร) ขนาดกลาง (9.9-13.0 มิลลิเมตร) และ ขนาดเล็ก (1.5-6.9 มิลลิเมตร) พบว่าเมื่อความกว้างของหัวเฉือนเพิ่มขึ้น หรือชิ้นเนื้อขนาดใหญ่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้น คะแนนความนุ่มลดลง แต่การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ชิ้นเนื้อขนาดกลางและเล็ก ผู้วิจัยสรุปว่าคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูปขึ้นกับขนาดของชิ้นเนื้อโดยชิ้นเนื้อที่มีขนาดเล็ก ให้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดีกว่าพวกที่ผลิตจากชิ้นเนื้อขนาดใหญ่ Seideman และคณะ (1982) ผลิตเนื้อโคชิ้นรูปจากชิ้นเนื้อที่ทันเป็นแผ่นบางด้วยเครื่อง Bacon Slicer ซึ่งปรับความหนา 2 ระดับคือ 0.25 และ 0.5 เซนติเมตร พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ชิ้นเนื้อหนา 0.25 เซนติเมตร เนื้อสัมผัสดีกว่าพวกที่ใช้ชิ้นเนื้อหนา 0.5 เซนติเมตร

เกลือ

เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญในการผลิตเนื้อชิ้นรูป ทำหน้าที่สกัดโปรตีนออกจากชิ้นเนื้อ ช่วยเพิ่มรสชาติ และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Trout และ Schmidt, 1987) ปริมาณเกลือที่ใช้จำกัดด้วยรสชาติ และการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ โลหะหนักที่เจือปนอยู่ในเกลือมีผลเร่งปฏิกิริยา oxidation ของ myoglobin ให้เกิดเป็น metmyoglobin ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล (Huffman, Ly และ Cordray, 1981) ปริมาณเกลือที่เหมาะสมคือ 0.5-1 % โดยน้ำหนักเนื้อ โดยใช้ร่วมกับสารเชื่อมชนิดอื่น เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ (Schwartz และ Mandigo, 1976) ชนิดของเกลือที่ใช้ควรเป็นเกลือบริสุทธิ์บดละเอียด ขนาดเม็ดเกลือประมาณ 50 mesh ซึ่งจะละลายและแทรกซึมเข้าไปภายในชิ้นเนื้อดีกว่า การใช้เกลือที่มีขนาดใหญ่ การใช้เกลือในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปมี 2 รูปแบบคือ ใช้ในรูปเกลือแห้งผสมกับชิ้นเนื้อโดยตรงในระหว่างขั้นตอนการนวดผสม หรือใช้ในรูปสารละลายเกลือ โดยละลายเกลือในน้ำก่อน แล้วจึงเติมหรือฉีดเข้าในชิ้นเนื้อก่อนการนวดผสม (Trout และ Schmidt, 1987)

สารเชื่อม

สารเชื่อมในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป หมายถึง สารที่ใช้เพิ่มความสามารถในการยึดติดกันของชิ้นเนื้อ นอกจากช่วยให้ชิ้นเนื้อติดกันแล้ว สารเชื่อมยังลดการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และปรับปรุงความสามารถในการหั่นเป็นแผ่นบางของผลิตภัณฑ์ด้วย สารเชื่อมที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปได้แก่ สารประกอบ phosphates, sodium alginate ร่วมกับ calcium carbonate และ non-meat proteins ชนิดของสารประกอบ phosphates ที่ให้ประสิทธิภาพทางเป็นสารเชื่อมที่ดี เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยมีดังนี้ คือ tetrasodium pyrophosphate (TSPP), sodium tripolyphosphate (STPP), sodium tetrapolyphosphate, sodium hexametaphosphate (SHMP)และ disodium phosphate (Trout และ Schmidt,1984) การเตรียมสารประกอบ phosphates เพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปนั้น ส่วนใหญ่ละลายในน้ำก่อน แล้วเติมผสมกับชิ้นเนื้อในขั้นตอนการนวดผสม หรือใช้เข็มฉีดสารละลาย phosphates เข้าในชิ้นเนื้อก่อนการนวดผสม

น้ำ

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสารให้รสชาติ เกลือ และสารเชื่อม ช่วยทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดีขึ้น และผลิตภัณฑ์มีความชุ่มน้ำดี เนื้อสัมผัสนุ่มเหนียวและแข็งกระด้าง การเตรียมน้ำสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป ทำได้หลายวิธี ได้แก่ เติมน้ำโดยตรงในระหว่างการนวดผสมส่วนประกอบ หรือใช้ละลายเกลือหรือสารเชื่อมก่อน แล้วจึงผสมกับชิ้นเนื้อ หรืออาจใช้ในรูปของน้ำแข็ง ซึ่งจะช่วยลดอุณหภูมิของส่วนผสมในขั้นตอนการผสมได้ (Pearson และ Tauber, 1984)

<u>การผสม</u>

การผสมชิ้นเนื้อกับเกลือช่วยในการสกัดโปรตีน myosin จากชิ้นเนื้อ และทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ คลุกเคล้ากันได้ดี อุณหภูมิระหว่างการผสมไม่ควรเกิน 4 °C เพราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C เกลือสกัด myosin ได้มาก นอกจากนี้การผสมที่อุณหภูมิต่ำช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา

oxidation ของไขมัน และ myoglobin และมีผลในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการผลิต (Pearson และ Tauber, 1984) การผสมควรใช้ภาวะที่เหมาะสมและทำจนผิวภายนอกของชิ้นเนื้อมีลักษณะเป็นเมือกเหนียว เครื่องมือที่ใช้ในการผสม ได้แก่ blenders, tumblers และ massagers เครื่อง blenders ประกอบด้วยชุดใบพัด 2 ชุดวางขนานกันตามแนวนอนของเครื่องการหมุนของชุดใบพัดทั้งสองจะทำให้ชิ้นเนื้อ และส่วนผสมอื่นคลุกเคล้ากันได้ดีโดยชิ้นเนื้อแต่ละชิ้นไม่ฉีกขาด เครื่อง tumblers มีลักษณะเป็นถังที่หมุนไปมาได้ ขณะหมุนชิ้นเนื้อเคลื่อนที่ขึ้นลงตามการหมุนของถัง ทำให้เกิดแรงกระแทกระหว่างชิ้นเนื้อจนเส้นใยกล้ามเนื้อเคลื่อนที่ออกห่างจากกันทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ แทรกซึมเข้าภายใน การสกัด myosin จึงเป็นไปได้ง่าย ประกอบกับเครื่อง tumblers มีลักษณะตัวถังระบบปิดซึ่งใช้ผสมภาวะสุญญากาศได้ การแทรกซึมของเกลือเข้าภายในเส้นใยกล้ามเนื้อจึงเกิดได้ดียิ่งขึ้น (Booren และ คณะ, 1981) เครื่อง massagers ประกอบด้วยภาชนะสำหรับบรรจุชิ้นเนื้อและใบพัดผสม ขณะเครื่องทำงาน ใบพัดผสมจะหมุนทำให้ชิ้นเนื้อเสียดสีกับภาชนะ ใบพัด และชิ้นเนื้อด้วยกัน แรงกลจากการผสมทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดระหว่างและหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อถูกทำลาย เป็นผลให้โปรตีนปลดปล่อยออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม Pearson และ Tauber (1984) กล่าวว่าประสิทธิภาพการนวดผสมของเครื่อง tumblers ดีกว่าเครื่อง massagers และ blenders ตามลำดับ การผสมด้วยเครื่อง tumblers เพิ่มความสามารถในการหั่นเป็นแผ่นบาง และลดการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การขึ้นรูป

การขึ้นรูปเป็นขั้นตอนการอัดชิ้นเนื้อให้เชื่อมติดกันแน่นจนได้ลักษณะรูปแบบและมีเสถียรภาพตามต้องการ เนื้อที่ผ่านขั้นตอนการผสมแล้วก่อนขึ้นรูปควรผ่านการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิประมาณ -18 ถึง -30 °C จากนั้นจึงบ่มที่ -5 °C นาน 24-36 ชั่วโมง อุณหภูมิบ่มขึ้นกับปริมาณเกลือและสารประกอบ phosphates ที่ใช้ในส่วนผสม ถ้าไม่เติมเกลือหรือสารประกอบ phosphates อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ -2 ถึง -3 °C ถ้าใช้เกลือ 0.5 % ร่วมกับ STPP 0.3 % อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ -4 ถึง -5 °C ถ้าใช้เกลือ 1 % ร่วมกับ STPP 0.3 % อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ -5 ถึง -7 °C (Pearson และ Tauber, 1984) การอัดส่วนผสมให้

ได้รูปร่างตามต้องการหรือโดยบรรจุส่วนผสมในแม่แบบ อัดด้วยเครื่อง hydraulic meat press ใช้แรงดันประมาณ 350-500 psi. หรือใช้เครื่องอัดไส้สุญญากาศ (vacuum stuffer) อัดส่วนผสมลงในไส้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามต้องการ จากนั้นแช่เยือกแข็งแล้วหั่น (Huffman, 1980)

การแช่เยือกแข็ง

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการผลิตเนื้อชิ้นรูป อุณหภูมิในการแช่เยือกแข็งควรต่ำกว่า -18 °C เพื่อป้องกันการเกิด oxidation ของ myoglobin ไปเป็น metmyoglobin ซึ่งทำให้สีของเนื้อสัตว์เปลี่ยนจากแดงเป็นน้ำตาล ปฏิกิริยาดังกล่าวนี้เกิดได้ดี แม้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 ถึง -15 °C (Brown และ Dolev, 1963) Booren และ Mandigo (1981) กล่าวว่า ปฏิกิริยา oxidation ของ myoglobin ในผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูปจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า -2 °C การบรรจุผลิตภัณฑ์ในวัสดุที่กันการซึมผ่านของน้ำและออกซิเจนได้ระหว่างการแช่เยือกแข็งและเก็บที่ภาวะเยือกแข็ง จะช่วยลดอัตราการเกิด met-myoglobin จึงช่วยรักษาสีของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ วัสดุภาชนะบรรจุที่ใช้ได้แก่ Nylon/PE ซึ่งป้องกันการซึมผ่านของความชื้น และอากาศได้ดี และยังปิดผนึกที่ภาวะสุญญากาศได้ (Attmore, 1980) การบรรจุด้วยแผ่น films อย่างแนบสนิทกับชิ้นเนื้อ (skin tight)ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งบริเวณช่องว่างระหว่างแผ่น films กับชิ้นเนื้อได้ (Pearson และ Tauber, 1984) การแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และเก็บที่ภาวะเยือกแข็ง ลดจำนวนจุลินทรีย์ลงได้ 95.7 ถึง 99.9 % (Kralt และคณะ, 1962) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแล้วควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 °C เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี และเก็บได้นาน การบรรจุเนื้อชิ้นรูปในปริมาณมากอาจบรรจุทั้งถุงลงในกล่องไม้หรือกล่องกระดาษลูกฟูกเคลือบ wax ที่แข็งแรงเพื่อให้ทนภาวะจากการขนส่งได้ (Pearson และ Tauber, 1984)

วิธีการแช่แข็งที่ใช้ได้ดีในการผลิตเนื้อชิ้นรูปได้แก่วิธี air blast freezing และ plate freezing วิธี air blast freezing ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ -30 ถึง -40 °C ความเร็วลม 1.5 ถึง 6.0 เมตรต่อวินาที การลดลงของอุณหภูมิจาก 20 ถึง -40 °Cใช้เวลาประมาณ 3-72 ชั่วโมง ส่วน plate freezing ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ -33 ถึง -40 °C การลดลง

ของอุณหภูมิของตัวอย่างหนา 1-1.5 นิ้ว จะใช้เวลาประมาณ 1-1.5 ชั่วโมง การแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี มีอัตราในการสร้างผลึกของแข็ง 0.5 ถึง 3.0 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (Fennema, Powrie และ Marth, 1973)

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ</u>

การเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ เกิดจากกลไกการเชื่อมตัวกันของชั้นโปรตีนบริเวณผิวนอกของชิ้นเนื้อเอง Jolley และ Purslow (1988) อธิบายการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปว่า เกิดขึ้นในลักษณะ autohesion กล่าวคือ เกลือที่เติมในขั้นตอนการผลิต ทำหน้าที่ละลายและสกัดโปรตีน myosin ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ โปรตีนที่สกัดออกมาจะเข้าแทนที่อากาศบริเวณช่องว่างระหว่างชิ้นเนื้อและเคลือบอยู่รอบ ๆ ชิ้นเนื้อ ทำให้ชิ้นเนื้อเชื่อมติดกันเป็นโครงสร้างโปรตีนแบบ adhesive structure ซึ่งมีความแข็งแรงต่ำ เมื่อโครงสร้างดังกล่าวนี้ได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 60-70 ° C จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ เกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงยึดติดกันแน่นยิ่งขึ้นด้วยแรงยึดแบบ cohesive force ปัจจัยที่มีผลต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อได้แก่ ปริมาณโปรตีนละลายได้ในน้ำเกลือ (salt soluble protein) ที่สกัดได้จากชิ้นเนื้อ ปริมาณเกลือ สารเชื่อม และกรรมวิธีในการผลิต

โปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ คือ โปรตีนที่สกัดได้จากเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ myosin โปรตีนดังกล่าวนี้มีคุณสมบัติละลายได้ในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นสูง หรือมีค่า ionic strength ประมาณ 0.5 (Schmidt และ Trout, 1982) เส้นใยกล้ามเนื้อประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิดได้แก่ actin, myosin, tropomyosin, actomyosin, C-protein, α-protein, α-actinin และ β-actinin แต่ชนิดที่มีสมบัติในการเชื่อมชิ้นเนื้อที่ดีที่สุดคือ myosin (Macfarlane, Schmidt และ Turner, 1977) Solomon และ Schmidt(1980) ศึกษาปริมาณ myosin ที่สกัดได้จากเนื้อ 2 ชนิด คือ ก่อนและหลังเกิด rigor mortis เนื้อก่อนเกิด rigor mortis เป็นเนื้อวัวส่วนไหล่ที่ได้หลังฆ่าแล้วไม่เกิน 45 นาที ส่วนเนื้อที่ผ่าน rigor mortis แล้ว เป็นเนื้อส่วนเดียวกันที่ผ่านการเก็บที่ 4 ° C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง สกัด myosin จากเนื้อทั้ง 2 ตัวอย่าง โดยใช้สารละลายผสม KCL, $KHCO_3$ และ Na_2CO_3 ที่อัตราส่วนความเข้มข้น 0.6, 0.04 และ 0.01 โมลต่อลิตร ตามลำดับ ปรับ pH สารละลายเป็น 9.2

ปริมาณที่ใช้ 1200 มิลลิลิตรต่อเนื้อ 400 กรัม พบว่าสกัด myosin จากเนื้อก่อน rigor mortis ได้ดีกว่าถึง 65.62 % Acton (1972a) ศึกษาผลของขนาดชิ้นเนื้อไก่ต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ด้วยสารละลาย NaCl เข้มข้น 0.6 M ปริมาณที่ใช้ 250 มิลลิลิตรต่อเนื้อไก่ 50 กรัม ที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่า เมื่อขนาดชิ้นเนื้อเล็กลงความสามารถในการสกัดโปรตีนเพิ่มขึ้น Acton (1972b) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากเนื้อไก่ ด้วยสารละลาย NaCl พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิ 4-35 °C การเพิ่มอุณหภูมิมีผลทางบวกต่อปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ ที่อุณหภูมิ 35-75 °C ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ลดลง เขาอธิบายว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโปรตีนบางส่วนที่สกัดออกมาได้ เกิดการแปลงสภาพจับตัวกันเป็นโครงร่างโปรตีนที่แข็งแรงปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ในรูปสารละลายจึงต่ำลง Gillett และคณะ (1977) พบว่า สารละลาย NaCl เข้มข้น 1.28 M ที่อุณหภูมิ 7.2 °C สกัดโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือจากเนื้อโคและสุกรได้มากกว่าที่อุณหภูมิ -3.9 °C ถึง 1/3 เท่า

ปริมาณเกลือ มีผลต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อเนื่องจากเกลือทำหน้าที่สกัดโปรตีนจากเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเฉพาะโปรตีน myosin ที่ถูกตรึงอยู่ภายในเนื้อเยื่อให้ออกมาเคลือบอยู่บนผิวชิ้นเนื้อ เมื่อชิ้นเนื้อได้รับความร้อนในขั้นตอนการทำให้สุก โปรตีนที่อยู่รอบนอกของชิ้นเนื้อนั้นเกิดการแปลงสภาพ เชื่อมจับกันเป็นโครงสร้าง 3 มิติที่แข็งแรง Gillett และคณะ (1977) ศึกษาผลของปริมาณเกลือที่ใช้ในการสกัดโปรตีนจากเนื้อโคและสุกร ที่ความเข้มข้นต่างๆ คือ 0, 6 , 9 และ 12 % พบว่า สารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้นสูง 9 และ 12 % สกัดโปรตีนได้มากที่สุดคือ 12.01 และ 12.15 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ Huffman, Ly และ Cordray (1981) ศึกษาผลของปริมาณเกลือต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรชิ้นรูป โดยแปรปริมาณเกลือเป็น 4 ระดับคือ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 % โดยน้ำหนักเนื้อ นวดผสม 12 นาที อุณหภูมิการนวดผสม 2 ถึง 4 °C และบ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่อุณหภูมิ -4.4 °C นาน 72 ชั่วโมง พบว่า เกลือเพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 0.15 % ค่า slicing strength ซึ่งวัด cohesive force ระหว่างชิ้นเนื้อเพิ่มขึ้นจาก 196 เป็น 345 กรัมต่อเซนติเมตร Trout และ Schmidt (1986) ศึกษาผลของความเข้มข้นเกลือ 3 ระดับคือ 0.55, 1.35 และ 2.19 ในผลิตภัณฑ์ restructured beef rolls และสรุปว่า การเพิ่มความเข้มข้นเกลือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ Moore และคณะ(1976) ศึกษาผลของ

ปริมาณเกลือที่มีต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์ beef rolls โดยแปรปริมาณเกลือ 3 ระดับคือ 1, 2 และ 3 % โดยน้ำหนักเนื้อ นวดผสมเกลือ เนื้อโคและน้ำ 8 % โดยน้ำหนักเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 2 °C พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมเกลือ 3 % โดยน้ำหนักเนื้อ มีค่า breaking strength สูงสุดถึง 252 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ขณะที่พวกที่เติมเกลือ 2 และ 1 %โดยน้ำหนักเนื้อ วัดค่าดังกล่าวนี้ได้ 221 และ 122 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ผู้ทดลองสรุปว่า การเพิ่มปริมาณเกลือจะทำให้ความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อเพิ่มขึ้น

สารเชื่อม เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป Trout และ Schmidt(1984) รายงานว่า สารประกอบ polyphosphates ช่วยให้ชิ้นเนื้อเชื่อมติดกันได้ดีกว่าเกลือ NaCl การใช้ STPP เพียงเล็กน้อยประมาณ 0.2 ถึง 0.5 % โดยน้ำหนักเนื้อ เพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปได้ดีกว่าการใช้เกลือที่มีความเข้มข้นสูง กลไกการเชื่อมจับชิ้นเนื้อของสารประกอบ phosphates จะทำให้ pH ของเนื้อเพิ่มขึ้นจาก 5.6 ถึง 7.0 และแยกโปรตีน actomyosin ออกเป็น actin และ myosin ทำให้ myosin ซึ่งเป็นโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อที่ช่วยในการเชื่อมจับของชิ้นเนื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Hamm, 1970) สารประกอบ phosphates แต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการเป็นสารเชื่อมที่ดีแตกต่างกัน ขึ้นกับความสามารถในการแตกตัวเป็น pyrophosphate ion STPP มีประสิทธิภาพการเป็นสารเชื่อมได้ดีกว่าสารประกอบ phosphates ชนิดอื่น ๆ เพราะแตกตัวเป็น pyrophosphate ion ได้ดี (Trout และ Schmidt,1984; Miller และคณะ,1986) Turner, Jones และ Macfarlane (1979) ศึกษาปริมาณ myosin ที่สกัดได้จากเนื้อโค โดยใช้สารละลาย NaCl เข้มข้น 1 M ร่วมกับการใช้ STPP เข้มข้น 0, 0.125, 0.25,0.1, 1.0 และ 2 % โดยน้ำหนักเนื้อ โดยผสมเนื้อโค 100 กรัมต่อสารละลายผสม เกลือและ STPP 300 มิลลิลิตร เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 1 °C พบว่า STPP 0.25 % กับ NaCl เข้มข้น 1 M สกัด myosin ได้มากที่สุดถึง 4.8 กรัม ต่อเนื้อ 100 กรัม ขณะที่การใช้ NaCl 1 M เพียงอย่างเดียว ได้ปริมาณ myosin เพียง 1.5 กรัมต่อเนื้อ 100 กรัม ผู้ทดลองสรุปว่า การใช้ STPP ในปริมาณที่เหมาะสมร่วมกับเกลือจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด myosin จากชิ้นเนื้อได้มากขึ้น Huffman และคณะ (1981) ศึกษาผลของ STPP ต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 54 คน พิจารณาคะแนน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน cohesiveness ของผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปตัวอย่างควบคุม เปรียบเทียบกับพวกที่ใช้ STPP 0.3 %โดยน้ำหนักเนื้อ นวดผสมพร้อมกับชิ้นเนื้อและน้ำ 2 % โดยน้ำหนักเนื้อ นาน 5 นาที บ่มผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่อุณหภูมิ -3 °C นาน 24-36 ชั่วโมง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผสม STPP 0.3 % มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้าน cohesiveness 5.6 ซึ่งสูงกว่าตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ผู้ทดลองยังพบว่าถ้าใช้ NaCl 0.75 % ร่วมกับ STPP 0.3 % ผลิตภัณฑ์จะมีคะแนน cohesiveness สูงที่สุดถึง 6.3 Moore และคณะ (1976) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเป็นสารเชื่อมของ STPP กับ nonmeat proteins ชนิดต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์ beef rolls โดยใช้ STPP 0.25 % ร่วมกับ NaCl 1 % โดยน้ำหนักเนื้อ เปรียบเทียบกับการใช้ delactosed whey , soy isolate และ textured soy ชนิดละ 2 % โดยน้ำหนักเนื้อนวดผสมสารเชื่อมแต่ละชนิด เนื้อโคและน้ำ 8 % โดยน้ำหนักเนื้อ เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 2 °C พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ STPP ร่วมกับ NaCl มีค่า break strength สูงที่สุดคือ 326 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สูงกว่าพวกที่ใช้ delactosed whey, soy isolate และ textured soy ซึ่งมีค่า break strength เท่ากับ 251, 204 และ 123 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

กรรมวิธีการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการนวดผสม เป็นขั้นตอนหนึ่งซึ่งมีความสำคัญต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป Booren และ Mandigo (1981) ศึกษาระยะเวลาผสมเกลือกับชิ้นเนื้อในการผลิตเนื้อโคชิ้นรูป โดยนวดผสม NaCl 0.5 % โดยน้ำหนักเนื้อ กับ เนื้อโค ที่ภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 0, 6, 12 และ 18 นาที บ่มผลิตภัณฑ์ที่ -4 °C นาน 2 ชั่วโมง พบว่า เมื่อเวลานวดผสมเพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 12 นาที ผลิตภัณฑ์มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ เพิ่มขึ้นจาก 1.8 เป็น 4.5 และมี ค่า adhesion เพิ่มขึ้นจาก 23.00 เป็น 96.00 กรัม หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มเวลานวดผสมเป็น 18 นาที ค่า adhesion จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะคงที่ ผู้ทดลองอธิบายว่า อาจเนื่องจากความร้อนที่สะสมในระหว่างการผสม ทำให้ myosin ไม่สามารถสกัดออกมาได้เพิ่มขึ้น ความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อเมื่อเวลานวดผสมนานกว่า 12 นาที จึงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

การปรับปรุงสมบัติด้านความนุ่มของ เนื้อโค

วัตถุประสงค์สำคัญประการหนึ่งของการผลิตเนื้อชิ้นรูปได้แก่ การปรับปรุงสมบัติด้านความนุ่มของเนื้อ ส่วนประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นใยกล้ามเนื้อ และไขมัน การที่เนื้อจากโคอายุมากกว่า 2 ปีครึ่งมีความเหนียวมากขึ้นเนื่องจากการเพิ่มปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และการปรับโครงสร้างภายในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันให้เข็งแรงขึ้น เส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่มักให้ชิ้นเนื้อที่มีความนุ่มน้อยกว่าเส้นใยขนาดเล็ก ส่วนปริมาณไขมันถ้ามีอยู่บ้างจะทำให้เกิดความรู้สึกว่าชิ้นเนื้อไม่แห้งและกระด้างเมื่อเคี้ยว การปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้นุ่มโดยทั่วไปมี 4 วิธี คือ การใช้กรดอ่อน การบ่ม (aging) การใช้ enzymes และการใช้วิธีทางกล (สมชาย ประภาวัติ, 2528)

การใช้กรดอ่อน ทำให้เนื้อนุ่มขึ้นจากการที่กรดอ่อนทำให้เกิดการบวมน้ำของ collagens ซึ่งเป็นโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เป็นผลให้พันธะไฮโดรเจนภายใน collagens ขาดออก เนื้อจึงนุ่มขึ้น การทำให้เนื้อนุ่มวิธีนี้มีข้อเสียคือ อาจทำให้เกิดรสชาติผิดปกติของเนื้อสัตว์ได้

การบ่ม ที่อุณหภูมิ 3 ถึง 10 °C นาน 7-14 วันหลังฆ่าสัตว์ ทำให้เนื้อนุ่มขึ้น เนื่องจาก proteolytic enzymes ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ อาทิ calcium-activated neutral proteases และ cathepsin แพร่ออกจากเซลเส้นใยกล้ามเนื้อแล้วย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อจึงทำให้เนื้ออ่อนตัวและนุ่มขึ้น (Hultin, 1985)

การใช้ proteolytic enzymes จากพืชในปริมาณเหมาะสม ผสมคลุกเคล้ากับชิ้นเนื้อ มีผลทำให้เนื้อนุ่มขึ้น เอนไซม์ที่ผลิตจำหน่ายทางการค้าปัจจุบันมี 3 ชนิด ได้แก่ bromelain จากสับปะรด ficin จากมะเดื่อ และ papain จากยางมะละกอ กลไกในการทำให้เนื้อนุ่มโดยเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกัน bromelain มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายโมเลกุลโปรตีน collagen ได้ดีกว่าโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อ และ elastin papain มีประสิทธิภาพย่อยสลายโมเลกุลโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อและ elastin ได้ดีกว่า collagen สำหรับ ficin มีประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อ และ elastin ดีที่สุด ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนของเอนไซม์ bromelain, ficin และ papain คือ 60-71.1 °C , 60-76.67 °C และ 65.5-85.0 °C ตาม-

ลำดับ (Pintauro, 1979)

การใช้วิธีทางกล โดยการทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาด ได้แก่ การตัดหรือสับด้วยมีด ทุบด้วยฆ้อน บดด้วยเครื่องบด และตัดเป็นลูกบาศก์ สมชาย ประภาวัติ (2528) กล่าวว่า การบดก่อนการอบทำให้เนื้อโคอ่อนนุ่มขึ้น แต่การตัดเนื้อโคด้วยมีดตามยาวไม่สามารถทำให้เนื้อนุ่มได้ การตัดเป็นลูกบาศก์ให้ผ่านเส้นใยและเนื้อเยื่อตามขวาง จะทำให้เนื้อสัตว์อ่อนนุ่มมากกว่าการตัดตามความยาวหรือทุบ เครื่องมือที่นิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อด้วยวิธีทางกล ได้แก่ เครื่อง blade tenderizer และ macerator ซึ่งเครื่องมือทั้ง 2 ชนิดนี้ มีหลักการทำงานคล้ายกันคือ ส่งชิ้นเนื้อเคลื่อนไปตามสายพานอย่างต่อเนื่อง ให้ผ่านเข้าสู่บริเวณที่ทำให้เนื้อนุ่ม เครื่อง blade tenderizer ใช้ชุดใบมีดปลายแหลมคล้ายเข็มจำนวนมากกดลงบนชิ้นเนื้อ ก่อนปล่อยออกจากสายพาน ขณะที่เครื่อง macerator ใช้ชุดลูกกลิ้งที่มีผิวหยาบ 2 ชุด บดชิ้นเนื้อก่อนปล่อยผ่านออกไป เครื่องทั้ง 2 แบบนี้ ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของชิ้นเนื้อฉีกขาด เนื้อจึงอ่อนนุ่มขึ้น (Booren และ Mandigo, 1981)

<u>การใช้น้ำยางมะละกอปรับปรุงสมบัติด้านความนุ่มของเนื้อโค</u>

น้ำยางมะละกอประกอบด้วยโปรตีนละลายน้ำได้ที่มีสมบัติเป็น proteolytic enzymes อยู่ 4 ชนิด คือ papain, chymopapain A,B และ papaya peptidase A papain มีอยู่ในปริมาณต่ำกว่า 10 % chymopapain A และ B มี 45% และมี papaya peptidase A มีอยู่ประมาณ 14 %(Glazer และ Smith, 1971) จากการวิจัยของ Kang และ Warner(1974) พบว่า chymopapain A และ B ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่พบมากที่สุดในน้ำยางมะละกอ มีบทบาทสำคัญในการทำให้เนื้อนุ่ม รองลงมาคือ papain และ papaya peptidase A ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ทั้ง chymopapain A,B และ papaya peptidase A มีสมบัติคล้ายคลึงกับ papain และย่อยสลายเนื้อได้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 60 °C สายศิ์พงษ์ สิมปิษเฐียร และคณะ (2527) ทดลองใช้น้ำยางมะละกอปรับปรุงคุณภาพเนื้อโค 2 ส่วนคือ เนื้อสันนอก และเนื้อสะโพก โดยทั้นชิ้นเนื้อหนา 1.5 เซนติเมตร ผสม

น้ำยางมะละกอปริมาณ 0, 4 และ 8 หยด ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม ใช้เวลาในการหมัก 0, 30 และ 60 นาที พบว่า เนื้อสันนอกมีความนุ่มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้น้ำยางมะละกอ 4 และ 8 หยด ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม ที่เวลาหมัก 30 และ 60 นาที ส่วนเนื้อสะโพกต้องใช้น้ำยางมะละกอ 8 หยด ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม หมัก 60 นาที ชิ้นเนื้อจึงมีความนุ่มเพิ่มขึ้น และน้ำยางมะละกอไม่มีผลทำให้รสชาติ ความชุ่มน้ำ และความชอบโดยรวมของเนื้อทั้ง 2 ส่วน เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์ (2531) ทดลองใช้น้ำยางมะละกอ และปาเปนผงที่ผลิตได้ปรับปรุงคุณภาพเนื้อโคอายุ 5 ถึง 7 ปี โดยใช้เนื้อโค 3 ส่วน คือ เนื้อสันนอก เนื้อสะโพก และเนื้อสันชา พบว่า เนื้อสันนอกที่ใช้น้ำยางมะละกอ 0,0.8 และ 1.2 กรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความนุ่ม กลิ่นรส ความชุ่มน้ำ และความชอบโดยรวม สำหรับเนื้อสะโพกและเนื้อสันชา ต้องใช้ยางมะละกอในระดับ 1.2 กรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม และปาเปนผง 0.12 กรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัมจึงนุ่มขึ้นและมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าการใช้ในระดับอื่น ๆ นอกจากนั้นยังพบว่า การใช้ยางมะละกอ 1.6 กรัม หรือปาเปนผง 0.18 กรัม ต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม ทำให้เนื้อเกิดรสขมและกลิ่นผิดปกติ

<u>การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป</u>

ในกระบวนการผลิตเนื้อชิ้นรูป ขั้นตอนการลดขนาดชิ้นเนื้อ และการผสมชิ้นเนื้อถ้าทำไม่ถูกต้องจะเป็นผลให้ ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและมีผลต่ออายุการเก็บได้แก่ การเกิดกลิ่นหืนจาก oxidations ของไขมัน การเกิดสีน้ำตาลจาก oxidations ของ myoglobin ซึ่งเป็นผลให้เกิด metmyoglobin Hollingsworth (1984) ศึกษาผลของอุณหภูมิในขั้นตอนการผลิตต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปที่อุณหภูมิการเก็บรักษา -30 °C โดยผสมเนื้อโคและเกลือ NaCl 0.5 % ที่อุณหภูมิ 4.4, 1.7, -1.1 และ -3.9 °C พบว่าระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ซึ่งผ่านการผสมที่ -3.9 °C มีการเปลี่ยนแปลงด้านสีน้อยที่สุด ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณ oxymyoglobin ค่อนข้างคงที่ที่ 50 % ขณะที่ deoxymyoglobin ลดลงจาก 15 เป็น 6 % และ metmyoglobin เพิ่มขึ้นจาก 35 เป็น 40 % นอกจากนี้เขายังได้ศึกษาผลของอุณหภูมิ

019230

ในขั้นตอนการผสมที่ -4, 0 และ 4 °C และการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี air blast ทันทีหลังขึ้นรูปกับแช่เยือกแข็งที่ภาวะเดียวกันหลังเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่ 4 °C นาน 12 ชั่วโมง พบว่าการแช่เยือกแข็งทันทีให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีดีกว่า ผู้ทดลองสรุปว่า อุณหภูมิระหว่างขั้นตอนการผลิต และการเก็บก่อนแช่เยือกแข็งมีผลต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป Huffman และคณะ (1987) ศึกษาผลของปริมาณของผสมระหว่าง STPP กับ SHMP ในอัตราส่วน 5.61 : 1 ในปริมาณ 0, 0.25 และ 0.5 % โดยน้ำหนัก ต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป พบว่า ระหว่างการเก็บรักษาที่ -23 °C เป็นเวลา 20 สัปดาห์ ปริมาณการใช้ 0.25 และ 0.5 % มีผลช่วยยับยั้งการเกิดกลิ่นรสผิดปกติ และลดค่า TBA ในเนื้อขึ้นรูปได้ Chu และคณะ (1988) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เนื้อโคขึ้นรูป พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติมเกลือ NaCl 1.5 % และ STPP 0.5 % มี metmyoglobin ต่ำกว่าที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ที่เติมเกลือ 1.5 % เพียงอย่างเดียวถึง 1 ใน 2 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่า การบ่มผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -2 °C นาน 24 ชั่วโมง ก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -23 °C นาน 1 เดือน จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เติมเฉพาะเกลือ NaCl อย่างเดียวมีสีคล้ำเพิ่มมาก และ มี metmyoglobin สูงมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการบ่มถึง 3 เท่า

สารกันหืนที่ใช้ทั่วไปทางการค้ามีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ชนิดและปริมาณการใช้ให้ผลในการปรับปรุงคุณภาพแตกต่างกัน Chastain และคณะ (1982) เปรียบเทียบผลการใช้ butylated hydroxyanisole (BHA) 0.02 % กับ tertiary butyl hydroquinone (TBHQ) 0.02 % ของปริมาณไขมันในชิ้นเนื้อพบว่า BHA ป้องกันการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ดีกว่า TBHQ แต่ TBHQ ป้องกันการเกิดกลิ่นหืนดีกว่า และเมื่อใช้ทั้ง 2 ชนิดร่วมกันในปริมาณอย่างละ 0.01 % ของปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์ สารผสมทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเปลี่ยนสี และกลิ่นในผลิตภัณฑ์

การบรรจุที่ภาวะสุญญากาศ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ Mean และคณะ (1987) ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป ซึ่งประกอบด้วยเกลือ NaCl 1.4 % STPP 0.32 % ที่ภาวะสุญญากาศและอุณหภูมิ 4 ถึง 6 ° C พบว่า ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บ 13 ถึง 18 วัน โดยวันที่ 13 ตรวจพบ

จุลินทรีย์ ทั้งหมดมากกว่า 10^8 CFU ต่อกรัมตัวอย่าง แต่ลักษณะปรากฏและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ยังปกติ การบรรจุที่ภาวะสุญญากาศอาจตรวจสอบการเสียของผลิตภัณฑ์ได้จากก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งในการทดลองนี้ตรวจพบก๊าซประมาณวันที่ 28 ถึง 33 ของการเก็บรักษา Crackel และคณะ (1988) ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปที่อุณหภูมิ -20 °C โดยใช้ TBHQ 0.02 % ของปริมาณไขมัน เป็นสารกันหืน โดยระหว่างการผลิตใช้เกลือ NaCl 0.75 % และผสมที่ภาวะสุญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์เก็บได้นาน 8 ถึง 12 เดือน เมื่อบรรจุในภาชนะบรรจุที่กันการผ่านเข้าออกของน้ำ และออกซิเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย