บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเนื้อสัตว์ซึ่งผ่านการลดขนาดแล้วผสมกับเกลือ เครื่องเทศ และสารปรุงแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ บรรจุใส่ไส้แล้วรมควันและให้ความร้อนจนสุกหรือไม่ให้ความร้อนก็ได้ ไส้กรอกแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามขนาดของชิ้นเนื้อได้แก่ ไส้กรอกชนิดบดหยาบ เช่น salami ไส้กรอกหมู และไส้กรอกชนิดบดละเอียด เช่น frankfurter, bologna ซึ่งส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันอยู่ในสภาพคล้าย emulsion ชนิดน้ำมันในน้ำ (12)

ส่วนประกอบโดยทั่วไปของไส้กรอก

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลายมากที่สุดชนิดหนึ่งทั้งในด้านรูปแบบ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักของไส้กรอกไม่แตกต่างกันและโดยทั่วไปผลิตจากวัตถุดิบต่อไปนี้

เนื้อสัตว์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดี เนื้อที่ใช้ต้องคุณภาพดีทั้งทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ โดยทั่วไปใช้เนื้อหมู วัว ส่วนเนื้อลูกวัวและแกะมีใช้บ้างแต่น้อยเพราะมีข้อจำกัด โดยเฉพาะเนื้อแกะหากใช้มากกว่า 10 % จะให้กลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (15,16) เนื้อสำหรับผลิตไส้กรอกโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ binder meat ซึ่งแบ่งย่อยตามความสามารถในการ emulsify ไขมันได้อีกเป็น high binder เช่น กล้ามเนื้อแดง medium binder เช่น เนื้อลูกวัว เนื้อส่วนแก้ม และ low binder เช่น กล้ามเนื้อเรียบต่าง ๆ เนื้อจากหัวใจ อย่างไรก็ตามเสถียรภาพของ emulsion จากเนื้อเหล่านี้ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื้ออีกประเภทคือ filler meat เช่น ลิ้น หนัง อวัยวะภายใน เนื้อติดมันที่เจียวน้ำมันบางส่วนออกแล้วที่อุณหภูมิต่ำ ความสามารถในการ emulsify ไขมันของเนื้อประเภทนี้ต่ำ ปริมาณการใช้จึงจำกัด ส่วนใหญ่เติมลงไปเพื่อลดต้นทุนการผลิตเพราะราคาถูก การเลือกใช้

ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ เช่นอัตราส่วนระหว่างความชื้นต่อโปรตีน อัตราส่วนระหว่างไขมันต่อกล้ามเนื้อแดง และปริมาณรงควัตถุให้เหมาะสม เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์รวมทั้งสีด้วย (17)

ไขมัน เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่ม มีลักษณะปรากฏชวนบริโภค โดยทั่วไปกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 30 % (12) ไขมันที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอกเพื่อให้ได้ emulsion ที่มีเสถียรภาพดีควรมีขนาดอนุภาคที่เหมาะสม เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง และมีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 32.2-40.5 °C เช่น ไขมันหมู การใช้ไขมันที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่านี้ เช่น ไขมันวัว ไขมันแกะ emulsion ที่ได้เสถียรกว่าแต่ไม่นิยมใช้เพราะระหว่างเคี้ยวจะรู้สึกเป็นไขข้นติดเพดานปาก ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (18) ส่วนน้ำมันพืชแม้จะมีข้อดีในแง่ไม่ก่อให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเส้นเลือดอุดตันแต่ไม่นิยมใช้เช่นกันเพราะค่า emulsifying capacity (EC) หรือปริมาณน้ำมันที่โปรตีนสามารถ emulsify ได้ต่ำ มีขนาดอนุภาคเล็ก แรงตึงผิวสูง emulsion ไม่เสถียร (19)

ความชื้น เป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุด ประมาณ 45-60 % ส่วนหนึ่งได้จากเนื้อสัตว์ อีกส่วนหนึ่งเติมลงไประหว่างการบดในรูปน้ำแข็งหรือน้ำ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์นุ่ม ชุ่มน้ำมากยิ่งขึ้น และช่วยควบคุมอุณหภูมิที่จะเพิ่มขึ้นจากผลของแรงเสียดทานระหว่างการสับไม่ให้สูงเกิน 16 °C (17) หากอุณหภูมิสูงกว่านี้โปรตีนบางส่วนอาจเกิดการแปลงสภาพ (denature) และความสามารถในการ emulsify ไขมันด้อยลง ไขมันบางส่วนหลอมทำให้แรงตึงผิวเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสที่จะเกิดการแยกชั้นจนสูญเสียภาวะ emulsion ไป (19)

Nitrite ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพู เกิดลักษณะและรสชาติเฉพาะซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และยังสามารถยับยั้งการเจริญของ Clostridium botulinum ซึ่งเป็นเชื้อที่ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ ชลอการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ (17) nitrite ถือเป็นวัตถุเจือปนอาหาร กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ในปริมาณจำกัดได้ไม่เกิน 125 ppm. เพราะมีรายงานยืนยันว่า สารดังกล่าวหากทำปฏิกิริยากับ secondary amines จนเกิดเป็น nitrosamine แล้ว อาจก่อมะเร็งแก่ผู้บริโภคได้ (20)

สารปรุงแต่งกลิ่นรส ที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศ เกลือทำหน้าที่ให้รสชาติและสกัดโปรตีนกล้ามเนื้อให้อยู่ในรูปที่ละลายในน้ำเกลือ ปริมาณที่ใช้ประมาณ 3 % น้ำตาลทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ช่วยเพิ่มความหวาน โดยทั่วไปใช้น้ำตาล sucrose

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรือ dextrose 0.5-1.0 % เครื่องเทศเช่น พริกไทย ยี่หร่า ดอกจัน ใช้ปรับปรุงและดัดแปลงกลิ่นและรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เครื่องเทศบางชนิดเช่น sage ยังช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นหืนของไขมันได้ด้วย (12)

Extender, Binder และ Filler เป็นสารอื่นที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของ emulsion เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ เพิ่มกลิ่นรส ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการให้ความร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถตัดเป็นชิ้นบางได้ง่าย และลดต้นทุนในการผลิต binder เป็นสารที่ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำและ emulsify ไขมันเพิ่มขึ้น มักมีโปรตีนสูง เช่น นมผงพร่องไขมัน แป้งถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น โปรตีนถั่วเหลืองสกัด โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ส่วนผสมเหล่านี้ถ้าความสามารถในการ emulsify ไขมันต่ำ แต่อุ้มน้ำได้ดีก็จะเรียกว่า extender ส่วน filler หมายถึงส่วนผสมที่มีแป้ง (starch) สูง มีโปรตีนต่ำ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง filler อุ้มน้ำได้ แต่ความสามารถในการ emulsify ไขมันต่ำเช่นเดียวกับ extender ในไส้กรอกต้มมีข้อจำกัดปริมาณการใช้ ไม่เกิน 3.5 % ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ยกเว้นโปรตีนถั่วเหลืองสกัดใช้ได้ไม่เกิน 2 % ถ้าใช้ปริมาณมากกว่านี้ ต้องระบุคำว่า imitation ลงบนฉลากด้วย (9,17)

ไส้บรรจุ (casing) การอัดไส้ (stuffing) เป็นการกำหนดรูปร่างของไส้กรอก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดสม่ำเสมอ ไส้บรรจุที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ประเภทคือ ไส้บรรจุที่ได้จากธรรมชาติ ส่วนใหญ่ได้จากการดัดแปลงอวัยวะในระบบทางเดินอาหารของหมู วัว และแกะ เช่น จากส่วนกระเพาะ ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ ข้อดีของไส้ประเภทนี้คือบริโภคได้ ยอมให้น้ำและควันผ่าน มีความเหนียว ยืดหดตัวได้ดี ทำให้ผิวไส้บรรจุกับผลิตภัณฑ์แนบติดกัน แม้จะมีการเสียน้ำในระหว่างการให้ความร้อน จึงนิยมใช้กับไส้กรอกแห้ง อีกประเภทหนึ่งคือไส้บรรจุที่ได้จากการสังเคราะห์ ไส้ชนิดนี้แบ่งย่อยได้อีกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ชนิดแรกคือ collagen casing เตรียมได้จากหนังสัตว์ ลักษณะสม่ำเสมอ เหนียวกว่าไส้ธรรมชาติ ผลิตจำหน่ายทางการค้าทั้งขนาดเล็กซึ่งบริโภคได้ (edible collagen casing) ส่วนใหญ่ใช้บรรจุไส้กรอกสด และขนาดใหญ่ บริโภคไม่ได้ (inedible collagen casing) แต่เหนียวและแข็งแรงกว่าไส้ขนาดเล็กเพราะผ่านกระบวนการที่ทำให้เกิด cross-link ของ collagen กับ aldehydes อีกชนิดคือ cellulose casing เตรียมได้จากปุยฝ้ายซึ่งเป็นเส้นใยสั้น ๆ ติดกับเมล็ดฝ้าย มีหลายขนาดให้เลือก เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.5-15 เซนติเมตร เหนียว แต่ไม่ยืดหดตัว

จุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อย หากใช้ regenerated cellulose มาผลิตเป็นไส้บรรจุโดยให้อยู่ในรูปของ cellulosic matrix ไส้ที่ได้มีความเหนียว แข็งแรง และ สม่ำเสมอกว่า cellulose casing เรียก fibrous casing เหมาะสำหรับบรรจุไส้กรอกขนาดใหญ่เช่น bologna fibrous casing บางชนิดเคลือบผิวนอกด้วยพลาสติก จึงไม่ยอมให้น้ำและควันผ่าน เหมาะสำหรับบรรจุไส้กรอกต้ม (21)

การรมควันและการทำให้สุก

การรมควันมีจุดประสงค์หลักเพื่อทำให้เกิดกลิ่น รส สี และลักษณะผิวที่ผู้บริโภคต้องการ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีผิวเรียบและลอกไส้บรรจุออกได้ง่าย นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิว ควันเตรียมได้จากการเผาขี้เลื่อยจากไม้เนื้อแข็งที่ไม่มียาง หรือจากกาบมะพร้าว ซังข้าวโพด ชานอ้อย สารในควันมีมากกว่า 200 ชนิด แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วย phenols, organic acids, alcohols, carbonyls และ hydrocarbons เมื่อผลิตภัณฑ์ดูดซับสารเหล่านี้ที่ผิวนอก สารประกอบ carbonyls ทำปฏิกิริยากับหมู่ amino ของโปรตีนเกิดผลิตภัณฑ์สีน้ำตาล (22) phenols และ organic acids มีสมบัติ bacteriostatic ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บนานขึ้น นอกจากนี้ phenols ยังทำหน้าที่เป็นสารกันหืนป้องกันการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมันในผลิตภัณฑ์ได้ อาจมีการใช้ liquid smoke ซึ่งเป็นสารละลายที่ทำให้เกิดสีและกลิ่นรสของควันเมื่อนำอาหารมาสัมผัสโดยตรงแทนควันธรรมชาติ liquid smoke เตรียมโดยเผาขี้เลื่อยหรือไม้ในห้องผลิตควัน ผ่านควันที่ได้ลงในน้ำ จากนั้นทำให้เข้มข้นถึงระดับที่ต้องการ ตั้งทิ้งไว้ให้ tar รวมตัวกันตกตะกอน แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง สารละลายสุดท้ายส่วนใหญ่ประกอบด้วย phenols, organic acids, alcohols และ carbonyls การใช้ทำโดยผสม liquid smoke 20-30 ส่วน กับกรด citric (เข้มข้น 5 %) 5 ส่วน และน้ำ 65-75 ส่วน นำมาสเปรย์บนผิวไส้กรอก liquid smoke ปราศจากสารที่ก่อมะเร็ง benz (a) pyrene ซึ่งพบในควันจากการเผาไหม้ไม้โดยตรง (21)

การทำให้สุกใช้วิธีการต้ม นึ่งด้วยไอน้ำ หรือใช้ลมร้อน จนอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 66-68 °C เพื่อให้ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสแน่นขึ้น เนื่องจากโปรตีน coagulate และเสียน้ำบางส่วนออกไป การให้ความร้อนยังช่วยเปลี่ยน nitric oxide myoglobin เป็น

nitroso haemochromogen ซึ่งให้สีชมพูที่เสถียรในผลิตภัณฑ์ และพลังงานจากความร้อนยังลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ จึงช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น (17)

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองนอกจากประกอบอาหารได้หลายอย่างแล้ว ในทางอุตสาหกรรมยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไปนี้คือ

แป้งถั่วเหลืองและถั่วเหลืองผงไขมันเต็ม (Full Fat Soy Flour and Grit) ได้จากถั่วเหลืองที่กระเทาะเปลือกออกแล้วนำมาผ่านลูกกลิ้งรีดให้เป็นแผ่นบาง จากนั้นผ่านความร้อนเพื่อทำลายกลิ่นถั่วและ enzymes ต่าง ๆ บดละเอียดให้ได้ขนาดตามมาตรฐานของ Soy Food Research Council คืออย่างน้อย 97 % ต้องผ่านตะแกรงขนาด 100 meshได้ แล้วลดความชื้นลงให้เหลือประมาณ 5 % ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีโปรตีน 40-50 % ไขมันไม่ต่ำกว่า 18 % (8)

แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน ได้จากถั่วเหลืองที่กระเทาะเปลือกออกแล้วให้ความร้อนจนมีความชื้นประมาณ 10 % รีดให้เป็นแผ่นบาง สกัดไขมันออกด้วย hexane เมื่อไล่ hexane ออกแล้วบดให้ได้ขนาดตามต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีนประมาณ 60 % ไขมันน้อยกว่า 1 % หากต้องการไขมันสูงกว่านี้ก็เติมได้ตามต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกแป้งถั่วเหลืองไขมันต่ำ (low fat soy flour) โดยทั่วไปมีไขมันในช่วง 4.5-9 % (8)

โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น การผลิตโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น ใช้กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบนำมาสกัดส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนออก กระบวนการผลิตที่ใช้ในปัจจุบันมี 3 วิธีคือใช้ alcohol ละลายส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนและน้ำตาลออก หรือตกตะกอนโปรตีนด้วยสารละลายกรดเจือจางที่ pH 4.5 น้ำตาลจะละลายออกไปพร้อมกับกรด แยกตะกอนโปรตีนและ polysaccharides ออกจากน้ำ จากนั้นทำตะกอนให้เป็นกลางและทำแห้ง อีกวิธี ใช้ความร้อนชื้นหรือไอน้ำแปลงสภาพโปรตีนจนไม่ละลายน้ำ จากนั้นล้างด้วยน้ำเพื่อละลายน้ำตาลและสารโมเลกุลเล็กออก โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นที่ได้จากทั้งสามวิธีมีองค์ประกอบทางเคมีไม่ต่างกันมากนัก โดยมีโปรตีนไม่น้อยกว่า 70 % แต่การผลิตโดยวิธีตกตะกอนโปรตีนด้วยสารละลายกรดเจือจาง โปรตีนถั่วเหลืองเกิดการแปลงสภาพน้อยที่สุด (9)

โปรตีนถั่วเหลืองสกัด ได้จากการนำแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันมาละลายน้ำแล้วปรับ

pH ให้เป็นด่างที่ 8.0-8.5 ด้วยด่างเจือจาง จากนั้นให้ความร้อนจนอุณหภูมิประมาณ 50-55 °C แยกส่วนที่ไม่ละลายซึ่งได้แก่ polysaccharides และบางส่วนของโปรตีนออก นำส่วนที่กรองได้มาปรับ pH อีกครั้งให้เป็น 4.5 ด้วยกรด โปรตีนส่วนใหญ่จะตกตะกอน กรองตะกอนออกแล้วล้างด้วยน้ำ ถ้านำตะกอนไปอบแห้งเลยจะได้ isoelectric protein แต่หากนำมาปรับสภาพให้เป็นกลางก่อนอบแห้งจะได้ proteinate ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ละลายน้ำได้ดีกว่าและง่ายต่อการรวมตัวในอาหาร โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ได้มีโปรตีนสูงมากกว่า 90 % (8)

โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ผลิตได้จากการเปลี่ยนรูปโปรตีนชนิดผงเป็นผลิตภัณฑ์ที่เนื้อสัมผัสมีลักษณะเป็นเส้นใยเหนียวและให้ความรู้สึกที่เคี้ยวได้ กระบวนการผลิตมี 2 วิธี วิธีแรกได้แก่ Fiber Spinning Process (23) เริ่มจากการนำโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมาแขวนลอยในสารละลายด่างที่ pH 10-11 ผ่านเข้าเครื่องปั่นทำเป็นเส้นใย และทำให้คงสภาพในสารละลายกรดที่ pH 4.6 จากนั้นยืดให้ตึงโดยใช้ลูกกลิ้งรีด นำเส้นใยที่ได้เรียงเข้าด้วยกันและยึดไว้ด้วยตัวเชื่อมที่บริโภคได้ อาจเติมสารปรุงแต่งกลิ่น สี รส และสารอาหารบางอย่างเพื่อทำให้มีลักษณะคล้ายชิ้นเนื้อมากยิ่งขึ้น ต่อมา Unilever (24) ได้พัฒนากระบวนการผลิตนี้ใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงการแปลงสภาพของโปรตีนที่ pH สูง โดยละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในน้ำเกลือเข้มข้น 2 % กรองส่วนที่ไม่ละลายออก ผ่านเข้าเครื่องปั่นให้เป็นเส้นใย จากนั้นทำให้คงสภาพในน้ำร้อน เส้นใยที่ได้จึงไม่ต้องผ่านการรีดให้ตึง นำมาเรียงและยึดเป็นชิ้นเนื้อที่มีรูปร่างตามต้องการได้ทันที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ราคาค่อนข้างสูงเพราะวัตถุดิบราคาแพง จึงมีการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ได้แก่ Thermoplastic Extrusion Process (23) ใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเป็นวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ราคาถูกกว่า หลักการผลิตใช้เครื่อง extrusion cooker โดยสารโปรตีนในแป้งถั่วเหลืองจะได้รับความร้อนขณะเคลื่อนไปตามสกรูของเครื่อง จนมีลักษณะข้นหนืด แล้วอัดผ่านรูเล็ก ๆ ของแม่แบบที่มีขนาดและรูปร่างตามลักษณะชิ้นเนื้อ จากนั้นทำแห้งให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 6-8 % ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีโปรตีนประมาณ 50 % ไขมันประมาณ 1.5 %

สมบัติและหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลือง

โปรตีนถั่วเหลืองนอกจากให้คุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังมีสมบัติและหน้าที่พิเศษบางประการที่ช่วยให้อาหารมีลักษณะและคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภคได้อาทิ ดูดกลืนน้ำได้

มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์ชุ่มน้ำและลดการเสียน้ำหนักระหว่างให้ความร้อน เนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบมีขั้วโดยเฉพาะบริเวณพันธะ peptide ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดกลืนน้ำได้แก่ pH อุณหภูมิ และปริมาณเกลือ โดยโปรตีนดูดกลืนน้ำได้มากขึ้นเมื่อ pH เพิ่มจาก 5.0 เป็น 7.0 หรืออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากอุณหภูมิห้องถึงประมาณ 90 °C (25) ในทางตรงข้ามหากมีเกลือในระบบ โปรตีนจะดูดกลืนน้ำได้น้อยลง (26,27)

โปรตีนถั่วเหลืองส่วนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ (แสดงได้โดยค่า protein dispersibility index หรือ PDI ซึ่งเป็นเปอร์เซนต์โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือต่อโปรตีนในตัวอย่างแห้ง) มีสมบัติเป็นสารลดแรงตึงผิวระหว่างผิวของน้ำมันหรือไขมันและน้ำ ทำให้แรงตึงผิวของของเหลวทั้งสองลดต่ำลงและกระจายอยู่ได้โดยไม่มีการแยกชั้น emulsion แบบน้ำมันในน้ำจึงมีเสถียรภาพเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการ emulsify ไขมันของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองจะแปรผันตามค่า PDI โปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีปริมาณโปรตีนและค่า PDI สูง จึง emulsify ไขมันได้สูงสุด รองลงมาเป็นโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันและแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็ม ตามลำดับ ปัจจัยอื่นที่มีผลอีกได้แก่ pH และ อุณหภูมิ ที่ pH ใกล้ isoelectric point หรือประมาณ 4.6 การ emulsify ไขมันของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองทุกชนิดต่ำสุดเพราะโปรตีนละลายได้น้อยและจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ pH เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อย (28) ที่อุณหภูมิ 20 °C โปรตีนถั่วเหลืองสกัดสามารถ emulsify ไขมันได้สูงสุดและลดต่ำลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (29) ลำดับในการเติมน้ำมันและน้ำก็มีความสำคัญ ถ้าเติมน้ำมันก่อน ปริมาณน้ำมันที่ emulsify ได้จะเพิ่มมากขึ้น และหากมีเกลืออยู่ในระบบ emulsifying capacity ของโปรตีนจะต่ำลง (30)

การให้ความร้อนสารละลายโปรตีนถั่วเหลืองสกัดความเข้มข้นมากกว่า 7 % ที่อุณหภูมิสูงกว่า 65 °C โปรตีนจะเกิดการแปลงสภาพและมีการเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อทำให้เย็นจะเกิดเป็นเจลหรือโครงร่างตาข่ายที่สามารถกักเก็บน้ำและไขมันได้ (31) ความแข็งแรงของเจลขึ้นกับปัจจัยหลายประการเช่น ความเข้มข้นของสารละลายโปรตีน รวมทั้งอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อน ที่ความเข้มข้น 8-14 % โปรตีนเริ่มเกิดเจลได้เมื่อให้ความร้อนที่ 70-100 °C นาน 10-30 นาที หากอุณหภูมิสูงกว่า 125 °C การแปลงสภาพจะเกิดมากจนไม่สามารถเกิดเจลได้ สารละลายที่เข้มข้นมากกว่า 16 % ให้เจลที่โครงสร้างแข็งแรงคงรูปและยืดหยุ่นดี ให้ความรู้สึกที่เคี้ยวได้ ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าแม้จะให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 125 °C ก็ไม่ทำให้ความหนืดลดลง สารละลายโปรตีนเข้มข้น

8, 10, 12 % จะมีความหนืดสูงสุดเมื่อให้ความร้อนที่ 80, 100 และ 110 °C ตามลำดับ เป็นเวลา 30 นาทีเท่ากัน สำหรับสารละลายเข้มข้น 8 % ถ้าให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 °C เป็นเวลา 30 นาที ขึ้นไป ความหนืดจะลดลง ในทางตรงข้ามสารละลายโปรตีนที่ความเข้มข้นสูง (16-20 %) การให้ความร้อนที่ 70 °C นาน 10 นาที ก็เพียงพอที่ทำให้เกิดเจลที่แข็งแรงได้ (32) pH มีผลกับความแข็งแรงของเจลเช่นกัน ที่ pH 1.2, 2.0 และ 10.0 เจลมีความแข็งแรงต่ำ และเพิ่มสูงขึ้นเมื่อ pH เป็นกลางหรือด่างอ่อน (31) การเติม lecithin จากถั่วเหลือง แป้งสาลี carboxymethyl cellulose หรือ carrageenan ทำให้ความหนืดของสารละลายโปรตีนทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น (32) การให้ความร้อนแก่สารละลายโปรตีนที่มีปริมาณเกลือต่างกันที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 °C ความหนืดของเจลจะลดลงเมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 70 °C จะให้ผลในทางตรงข้ามกัน โดยความหนืดของเจลเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น (31) หากมีสารที่สลายพันธะ disulfides เช่น sodium sulfite, cystein จะทำให้ความหนืดของสารละลายโปรตีนลดลง (32)

การใช้โปรตีนถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

ถั่วเหลืองมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูง ราคาถูก ดูดกลืนน้ำและไขมันของเนื้อสัตว์ได้ดี (33) จึงมีผู้นิยมนำมาผสมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลายชนิดเพื่อลดต้นทุนการผลิต เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการให้ความร้อน และทำให้ emulsion เสถียรมากขึ้น Wolf และ Cowan (9) ใช้แป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มทดแทนเนื้อสัตว์ปริมาณ 3.5 % ในไส้กรอกต้ม และรายงานว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับทั้งด้านความรู้สึกในการเคี้ยวและกลิ่นรส การใช้ถั่วเหลืองผงทดแทนให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวไม่แตกต่างจากไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อสัตว์ล้วนแต่ยังมีกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ Vega, Dela และ Laulie (34) ผลิตไส้กรอกเวียนนาโดยใช้แป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันที่ดูดน้ำคืน 1.2 และ 1.4 เท่า ทดแทนเนื้อสัตว์ในปริมาณ 25 และ 30 % พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันผสมอยู่มีความหนืดต่ำกว่าพวกที่ใช้เนื้อสัตว์ล้วน ปริมาณไขมันต่ำกว่า โปรตีนสูงกว่า เนื้อสัมผัสแตกต่างกันแต่ผู้บริโภคยอมรับในระดับใกล้เคียงกัน

ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ส่วนใหญ่นิยมใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น โปรตีนถั่วเหลืองสกัด

และโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส ทดแทนเนื้อสัตว์บางส่วนมากกว่าเพราะผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีกลิ่นถั่วไม่รุนแรง (8) การใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ยังช่วยเพิ่มเสถียรภาพของ emulsion ด้วย (35,36) Dynkin และคณะ (37) ผลิตไส้กรอก frankfurter โดยทดแทนเนื้อสัตว์ด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ดูดน้ำคืนแล้วในปริมาณ 12.5-50 % และสรุปว่าเมื่อเพิ่มโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ไขมันลดลง ส่วนความชื้นไม่แตกต่างกัน อนุกูล พลศิริ (38) ทดลองใช้โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสผสมเนื้อบดในปริมาณ 5, 15 และ 30 % พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างกันมากในด้านสี กลิ่น รส แต่ไม่พบความแตกต่างด้านความรู้สึกระหว่างเคี้ยว และความชุ่มน้ำ ปริมาณไขมันลดลง และเสียน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ส่วนความชื้นไม่แตกต่างกัน จิระศักดิ์ วังวิวัฒน์ (39) ผลิตไส้กรอก frankfurter โดยผสมโปรตีนเกษตร ® ในปริมาณ 6, 12, 18 และ 24 % ของน้ำหนักเนื้อสัตว์ พบว่าใช้โปรตีนเกษตร ® ได้ถึง 12 % โดยผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ ศรีเมือง มาลีหวล (40) ผลิตไส้กรอกเวียนนาโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นทดแทนเนื้อสัตว์ในปริมาณ 0, 3, 6, 12, 24, 48 และ 96 % ตามลำดับ และรายงานว่าโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นใช้ทดแทนได้ถึง 12 % โดยผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย (41) ผลิตกุนเชียงและไส้กรอกเวียนนาโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสทดแทนเนื้อสัตว์ในปริมาณ 10, 20, 30, 40 และ 50 % สรุปว่ากุนเชียงใช้ Bontrae ® ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นสีชมพู กลิ่นรสเลียนแบบแฮมทดแทนเนื้อหมูได้ 15 % และไส้กรอกเวียนนาใช้ Bontrae® ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นสีขาว กลิ่นรสเลียนแบบไก่ทดแทนได้ 10 % ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า shear สูง และเสียน้ำหนักน้อย กาญจนารัตน์ ทวีสุข และคณะ (42) ผลิตกุนเชียงโดยใช้โปรตีนเกษตร ® ทดแทนเนื้อสัตว์ในปริมาณ 0, 10, 20, 30 และ 40 % พบว่าถ้าใช้ 10 % ผู้บริโภคไม่พบความแตกต่าง แต่ถ้าเพิ่มปริมาณเป็น 20 % การยอมรับลดลง และถ้าทดแทน 30-40 % ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

อย่างไรก็ดีการใช้โปรตีนเหล่านี้ทดแทนเนื้อสัตว์ ในบางประเทศเช่นสหรัฐอเมริกามีกฎหมายควบคุมปริมาณที่ทดแทนได้เช่นไส้กรอกสด ไส้กรอกต้ม อนุญาตให้ใช้แป้งถั่วเหลือง ถั่วเหลืองผง หรือโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นทดแทนได้ไม่เกิน 3.5 % ถ้าเป็นโปรตีนถั่วเหลืองสกัดใช้ได้ไม่เกิน 2 % ใน meat ball ใช้ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองทุกชนิดได้ไม่เกิน 12 % ถ้าใช้ในปริมาณสูงกว่านี้ต้องระบุคำว่า imitation ลงบนฉลากด้วย (9,17)

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เลียนแบบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตจากโปรตีนชนิดอื่นนอกเหนือจากเนื้อสัตว์เช่นโปรตีนถั่วเหลือง กลูเต็น นมผงหร่องไขมัน casein โดยเลียนแบบลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส หรือสี อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งหมด ให้มีส่วนคล้ายคลึงกับผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ (23) Frank และ Circle (43) ผลิตไส้กรอก frankfurter และ bologna เลียนแบบจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด โดยปรับ pH ของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดด้วย trisodium phosphate ตั้งแต่ 5.4-7.1 ขนาดอนุภาคของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10-100 mesh ไขมัน 4.6-17.1 % โดยน้ำหนักแห้งของโปรตีน ปริมาณน้ำเมื่อคิดเป็นอัตราส่วนของความชื้นต่อโปรตีนตั้งแต่ 2.46-3.97 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100, 108, 115 และ 121 °C ที่ความดันบรรยากาศ, 5, 10 และ 15 psig. นาน 25, 20, 15 และ 10 นาที ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดีเมื่อใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่มีขนาดอนุภาคไม่ต่ำกว่า 20 mesh pH เมื่อละลายน้ำในอัตราส่วน 1:2 ควรอยู่ในช่วง 6.2-6.5 หาก pH สูงเกินไป โปรตีนละลายน้ำได้มาก เนื้อสัมผัสจะนุ่มเกินไป แต่ถ้า pH ต่ำมาก เนื้อสัมผัสจะแข็งและร่วนเป็นเม็ด สมบัติการเกาะติดเป็นก้อนลดลง ปริมาณไขมันแปรได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 1.5-16 % ส่วนค่าความชื้นต่อโปรตีนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3.0-3.5 หากมากกว่านี้ผลิตภัณฑ์จะหดตัวและเสียน้ำมาก ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากที่สุดเมื่อทำให้สุกด้วยการนึ่งที่อุณหภูมิ 108-115 °C ความดัน 10-15 psig. เป็นเวลา 10 นาที ผู้ทดลองแนะนำว่าไม่ควรต้มในน้ำเดือดเพราะจะสูญเสียสารให้กลิ่นรสและสี

Tewey และ Shanbhag (44) ผลิตไส้กรอกหมูเลียนแบบจากโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสและกลูเต็น สรุปว่าการผลิตไส้กรอกเลียนแบบให้มีคุณภาพและรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รวมทั้งมีลักษณะปรากฏที่คล้ายคลึงกับไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ วัตถุดิบที่ใช้อย่างน้อยที่สุดต้องมี 3 ส่วนคือ โปรตีน เป็นส่วนที่ให้ความรู้สึกในการเคี้ยวที่คล้ายกับการเคี้ยวเนื้อสัตว์ ผู้ทดลองเลือกใช้กลูเต็นของข้าวสาลี 4.64 % ผสมกับแป้งสาลี 0.98 % ถั่วเหลืองผง 1.93 % ammonium carbonate 0.05 % และน้ำ 12.14 % หรือปรับให้มีความชื้น 35-65 % แล้วลดขนาดให้อยู่ระหว่าง 2.5-20 mesh ก่อนผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มรสชาติระหว่างเคี้ยวเขาผสม monosodiumglutamate 0.17 % สี caramel 0.17 % น้ำตาล 1.72 % ลงในโปรตีน ส่วนที่สองทำหน้าที่ให้โครงร่างตาข่ายที่อุ้มน้ำและไขมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูป

ส่วนนี้ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 5.86 % ไข่ขาวผง 5.51 % น้ำ 34.80 % แต่งกลิ่นรสด้วย hydrolyzed vegetable protein (HVP) 0.95 % พริกไทย 0.38 %, sage 0.17 % ส่วนสุดท้ายคือไขมัน เป็นส่วนที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่ม ไม่แห้งแข็งหรือหยาบกระด้าง เขาเลือกใช้ shortening 25.83 % ทดแทนไขมันหมูเพราะไม่ทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเส้นเลือดอุดตัน อีกทั้งยังมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม ผสมกับสารแต่งกลิ่นรสไส้กรอก 2.84 % ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Kumas (45) ผลิตไส้กรอกเลียนแบบโดยใช้กลูเต็น 8 % ผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัส 8.72 % ไข่ขาวผง 4.85 % นมผงพร่องไขมัน 1.94 % sodium caseinate 0.97 % shortening 16.5 % ปรุงแต่งรสชาติด้วยน้ำตาล dextrose 0.97 % สารแต่งกลิ่นรสหมู 5.8 % เครื่องเทศ 0.55 % สีผสมอาหาร 0.08 % และน้ำ 51.32 % ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะคล้ายไส้กรอกจากเนื้อสัตว์ ให้ความรู้สึกในการเคี้ยวและต้านแรงกัดได้ เนื้อสัมผัสนุ่มชุ่มน้ำ ไม่แข็งกระด้าง เกาะติดกันเป็นก้อนและทอดได้โดยไม่แตกกระจาย

Thomas และคณะ (46) ผลิตไส้กรอกเวียนนาเลียนแบบโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10-25 % ผสมกับ xanthan gum 0.05-3 % แป้งข้าวโพด 8-30 % ไขมันไม่เกิน 45 % และสารแต่งกลิ่นรส ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสและรสชาติเป็นที่ยอมรับ Michael (47) ผลิตไส้กรอกเลียนแบบจากกลูเต็น 340 กรัม น้ำ 750 กรัม กรด ascorbic 0.2 กรัม และกรด acetic เข้มข้น 5 % 30 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 1500 rpm. dough ที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวหนืด จากนั้นผสมกับโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสที่ดูดน้ำคืนแล้ว 1000 กรัม น้ำมันพืช 100 กรัม รวมทั้งสารปรุงแต่งรสแล้วอัดลง cellulose casing และทำให้สุก

Chen (48) ผลิตแฮมและลูกชิ้นเลียนแบบโดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด 1000 กรัม ผสมกับน้ำตาล 4 กรัม เครื่องเทศ 7 กรัม น้ำมันงา 25 กรัม ซอสถั่วเหลือง 200 กรัม ไวน์ 50 กรัม ขิง 10 กรัม และผงชูรส 4 กรัม Youssef (49) ผลิตลูกชิ้นเลียนแบบโดยใช้แป้งมันฝรั่งกับแป้งสาลี (อัตราส่วน 7:1) 1 ส่วน ผสมกับโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น 2 ส่วน เติมน้ำซุปไก่ หัวหอม ผักชีฝรั่ง เครื่องเทศ จากนั้นขึ้นรูปเพื่อเลียนแบบลูกชิ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นที่ยอมรับ และมีโปรตีน 26 % ไขมัน 20 % คาร์โบไฮเดรต 48 %

Hartman (50) ทดลองผลิตเบคอนเลียนแบบ โดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสจากกระบวนการ Fiber Spinning Process ในลักษณะเส้นใยนำมาเรียงเป็นแถว

แล้วเชื่อมด้วยสารเชื่อมที่บริโภคได้ จากนั้นแต่งครึ่งแถวบนด้วยสีแดงเพื่อเลียนแบบส่วนที่เป็นกล้ามเนื้อแดง ทำให้อยู่ตัวด้วยความร้อนแล้วตัดเป็นชิ้น ก่อนรับประทานให้ความร้อนอีกเล็กน้อยโดยไม่ต้องทอด จึงไม่มีปัญหาด้านการหดตัวเช่นเดียวกับเบคอนที่ผลิตจากเนื้อสัตว์

Watanabe และ Nishimaki (51) ผลิตเนื้อเทียมจากแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน 70 กรัม เนื้อปลา Cod 30 กรัม calcium chloride 0.2 กรัม น้ำเล็กน้อย ผ่านส่วนผสมเข้าเครื่อง extrusoin cooker ภายใต้ความดัน 50 kg/cm^2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นชิ้นเนื้อขนาด 40.0*2.5*80.0 มิลลิเมตร^3 Nguyen (52) ผลิตเนื้อไก่เลียนแบบจากกลูเต็น 80 กรัม แป้งสาลี 11 กรัม น้ำมันพืช 9 กรัม น้ำ 50 กรัม ผสมจนเกิด dough ที่ยืดหยุ่น บรรจุ dough ใน Erlenmeyer flask ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว สูง 9 นิ้ว ให้ความร้อนจน dough ขยายตัวออกมาทางคอขวด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏและความรู้สึกระหว่างเคี้ยวคล้ายเนื้อไก่

Pujol, Maire และ Charles (53) นำกลูเต็นมาดูดน้ำที่มีสารแต่งกลิ่นรสและสีคืน ในอัตรา 1.5-3 เท่า รีดให้เป็นชิ้น ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 95-100 °C ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผสมได้ในอาหารหลายชนิด และเมื่อใช้ 20-30 % ทดแทนเนื้อบดผู้บริโภคยอมรับเช่นเดียวกับการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัด Suckkov และ คณะ (54) ศึกษาผลของ pH ปริมาณ calcium chloride และอุณหภูมิ ต่อคุณภาพเนื้อเทียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด พบว่าเมื่อใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ pH 7 calcium chloride 0.05 M และให้ความร้อนที่ 99 °C ผลิตภัณฑ์ที่ได้เสียน้ำหนักน้อยที่สุด

ธนกร โรจนกร (55) ศึกษาการแปลงเนื้อสัมผัสโปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลือง โดยแปรปริมาณของแข็งทั้งหมดในโปรตีน slurry เป็น 10, 15 และ 20 % แล้วแช่แข็งแบบ plate และแบบใช้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง จากนั้นกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วย 95 % ethyl alcohol และ freeze-drying พบว่าตัวอย่างที่ใช้โปรตีน slurry 10 % แช่แข็งแบบ plate และกำจัดผลึกน้ำแข็งด้วย 95 % ethyl alcohol ที่อุณหภูมิ 4 °C มีโครงสร้างเส้นใยที่ดี ตัวอย่างดังกล่าวนี้เมื่อนำมาให้ความร้อนใน autoclave ที่อุณหภูมิ 105, 110 และ 115 °C นาน 5, 7.5 และ 10 นาที พบว่าอุณหภูมิ 115 °C เวลา 7.5 นาที ช่วยให้โครงสร้างเส้นใยโปรตีนแปลงเนื้อสัมผัสยึดแน่นกันมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังกำจัดกลิ่นนำมาผลิตเนื้อเทียมโดยปรุงแต่งกลิ่นรสหมู 7.5 % เติมไขมัน 10 % ได้เนื้อเทียมผลิตเป็นแฮมเลียนแบบได้โดย cure ในสารละลายที่มีเกลือ 2 % น้ำตาล 3 % สาร

แต่งกลิ่นรสหมู 7.5 % และ sodium tripolyphosphate 0.5 % แล้วรมควันที่อุณหภูมิ 60 °C, 60 นาที

การบรรจุและอายุการเก็บของไส้กรอก

คุณภาพไส้กรอกจะด้อยลงจนบริโภคไม่ได้เนื่องจากสาเหตุหลายประการอาทิ การเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการ cure ไม่เพียงพอ รงควัตถุในเนื้อถูก oxidized โดยมีแสงและอุณหภูมิสูงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้มีสีซีดจางลงจนถึงสีเทา อีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งปนเปื้อนเข้ามากับวัตถุดิบ ระหว่างการผลิต บรรจุ ขนส่ง การเสียของไส้กรอกเนื่องจากจุลินทรีย์มีหลายลักษณะอาทิ การเกิดสีเขียวบริเวณผิวหรือภายใน การเกิดเมือกบริเวณผิวผลิตภัณฑ์ การเกิดกลิ่นบูด หรือกลิ่นเหม็นเปรี้ยว (21) อายุการเก็บของไส้กรอก นอกจากจะขึ้นกับสมบัติทางเคมีกายภาพ ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาแล้ว ยังขึ้นกับภาวะบรรจุและเก็บ ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์และการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันด้วย

Franksen, Hadlok และ Bartels (56) ตรวจสอบจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในไส้กรอก frankfurter จำนวน 100 ตัวอย่าง และแนะนำว่าไส้กรอก frankfurter ควรมีจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศต่ำกว่า 10^5 โคโลนีต่อกรัม sulphite reducing clostridia น้อยกว่า 20 โคโลนีต่อกรัม ต้องไม่มีแบคทีเรียแกรมลบและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค Caserio และ Patano (13) แนะนำว่าไส้กรอกควรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^6 โคโลนีต่อกรัม coliforms ทั้งหมดไม่เกิน 2000 โคโลนีต่อกรัม E. Coli ไม่เกิน 150-200 โคโลนีต่อกรัม coagulase positive staphylococci ไม่เกิน 200 โคโลนีต่อกรัม และต้องไม่พบ Samonellae spp. จิระศักดิ์ วังวิวัฒน์ (39) รายงานว่าเมื่อไส้กรอก frankfurter เกิดการเน่าเสียจะมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกและยีสต์อยู่ในช่วง 10^7-10^8, 10^6-10^7 และ 10^3-10^4 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ pH อยู่ในช่วง 5.20-5.90 และปริมาณกรดแลกติกอยู่ในช่วง 0.67-0.76 % อาภรณ์ คงสวี (57) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดและปริมาณแบคทีเรียต่ออายุการเก็บไส้กรอกเวียนนาที่อุณหภูมิ 7-11 °C พบว่าผลิตภัณฑ์เริ่มแสดงลักษณะเสียเมื่อเก็บไว้ประมาณ 6-10 วัน โดยเริ่มมีสีซีดและกลิ่นเหม็นเปรี้ยว จากนั้นเกิดเมือกบนผิว

019160

และตรวจพบพบแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือยีสต์

Heiss (58) ศึกษาอายุการเก็บของไส้กรอกแฮม (ham sausage) ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดที่ยอมให้ออกซิเจนผ่านได้ต่างกัน 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง และสูง เก็บในที่มืดและมีแสงที่อุณหภูมิ 10 °C พบว่าในที่มืดเก็บได้ 52, 40 และ 8-14 วัน ที่มีแสงเก็บได้ 17-18, 1 และ 0 วัน ตามลำดับ Ahvenainen, Kivikataji และ Skytta (59) เก็บไส้กรอกเวียนนาที่อุณหภูมิ 5±1 °C โดยบรรจุที่ภาวะสุญญากาศ, ภาวะดัดแปลงบรรยากาศซึ่งประกอบด้วย 20 % CO_2 + 80 % N_2, 40 % CO_2 + 60 % N_2 และ 55 % CO_2 + 45 % N_2 ระหว่างเก็บวิเคราะห์องค์ประกอบกาซในภาชนะบรรจุ ปริมาณจุลินทรีย์ และทดสอบผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัส พบว่าภาวะบรรจุที่ประกอบด้วย 20 % CO_2 + 80 % N_2 ให้อายุการเก็บยาวที่สุด การบรรจุภาวะสุญญากาศทำให้รูปร่างของไส้กรอกเปลี่ยนแปลงไปและเสียน้ำหนักจากความดันภายนอกมากขึ้น เพ็ญทิพย์ เหลืองวรพันธ์ (60) ศึกษาอายุการเก็บไส้กรอกเวียนนาบรรจุที่ภาวะบรรยากาศปกติในถุง polyethylene, บรรจุที่ภาวะสุญญากาศในถุงลามิเนตชนิด nylon / polyethylene, ภาวะดูดซับกาซออกซิเจน ในถุงลามิเนตชนิด polyvinylidine chloride coated nylon film / polyethylene และภาวะปรับบรรยากาศด้วยกาซคาร์บอนไดออกไซด์ 100 % ในถุงลามิเนตชนิด ethylene vinyl acetate / polyvinylidene chloride / ethylene vinyl acetate ที่อุณหภูมิ 7±1 และ 25 °C ผู้วิจัยรายงานว่าผลิตภัณฑ์บรรจุที่ภาวะสุญญากาศ ภาวะดูดซับกาซออกซิเจน และภาวะปรับบรรยากาศด้วยกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ 25 °C แสดงลักษณะเน่าเสียภายใน 3 วัน แต่ที่ 7±1 °C ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างแตกต่างกันน้อยมาก และทุกตัวอย่างยกเว้นภายใต้ภาวะบรรยากาศปกติเก็บได้นาน 6 วัน

สำหรับอายุการเก็บไส้กรอกที่ผลิตโดยทดแทนบางส่วนของเนื้อสัตว์ด้วยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง ทัศนีย์ สุพจนาพรชัย (41) รายงานว่าเก็บกุนเชียงที่ผลิตโดยใช้เนื้อหมูล้วนกับที่ทดแทนด้วย Bontrae @ สีชมพู 15 % ในถุง polypropylene ที่ความดันบรรยากาศและสุญญากาศที่ 30 °C ได้นาน 18 วันเท่ากัน ไส้กรอกเวียนนาจากเนื้อสัตว์ล้วนกับตัวอย่างที่ผสม Bontrae @ สีขาว 10 % เก็บที่ 4 °C ในถุง high density polyethylene ที่ความดันบรรยากาศและสุญญากาศ ได้เป็นเวลา 14 วันเท่ากัน

อายุการเก็บผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง

การเสียของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมีหลายลักษณะอาทิ ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสีเนื่องจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning และ oxidaton ของไขมัน การสูญเสียจากแมลง และที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงด้านจุลินทรีย์ซึ่งขึ้นกับปริมาณความชื้น องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ การบรรจุและภาวะเก็บ (61)

ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองแปรจาก 4-80 % อายุการเก็บจึงแตกต่างกันค่อนข้างมาก Gavrechenkov และ Sinha (62) เก็บถั่วเหลืองที่มีความชื้น 13.1 และ 17.3 % ที่อุณหภูมิ 10 และ 30 °C ในภาวะบรรยากาศปกติและสุญญากาศ พบว่าที่ 10 °C เก็บได้อย่างต่ำ 22 สัปดาห์ อายุการเก็บจะสั้นที่สุดเมื่อเก็บที่ 30 °C ที่ภาวะสุญญากาศ เนื่องจากกรดไขมันอิสระและจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่คือราพวก Penicillium spp. Aspergillus flavus, Ascomycetes และแบคทีเรียโดยเฉพาะ Erwinia herbicola ถั่วเหลืองที่มีความชื้น 13-14 % เก็บที่อุณหภูมิ 4-5 °C ได้นานถึง 6 ปี (61) Chiba และคณะ (63) เก็บถั่วเหลืองและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันที่อุณหภูมิ 5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 65 % และที่ 37 °C 35, 65 และ 85 % RH นาน 5 เดือน รายงานว่าที่อุณหภูมิ 37 °C, 65 และ 85 % RH ทั้งถั่วเหลืองและแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันจะมีสีเข้มขึ้น ปริมาณ aldehydes เพิ่มขึ้น ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง การเก็บที่ 5 °C 65 % RH และ 37 °C 35 % RH ไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองทั้งสองชนิดเปลี่ยนแปลงตลอด 5 เดือน Gandhi, Nenwani และ Ali (64) เก็บแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มในถุง polyethylene, กระป๋องเหล็กเคลือบดีบุก กระสอบผ้า และกระสอบปอ พบว่าแป้งถั่วเหลืองไขมันเต็มในถุง polyethylene และ ในกระป๋องเหล็กเคลือบดีบุกเก็บได้ไม่น้อยกว่า 6 เดือน ส่วนที่เก็บในกระสอบผ้าและกระสอบปอจะเกิดการสูญเสียเนื่องจากแมลง Plodia spp. และ Tribolium castaneum สำหรับโปรตีนถั่วเหลืองแปลงเนื้อสัมผัสหรือเนื้อเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นไม่เกิน 10 % จึงไม่มีปัญหาเรื่องการเสียจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ระหว่างเก็บ และมีอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 ปี ถ้าเก็บนานกว่านี้จะเกิดสีเทา ความเหนียวของเส้นใยเพิ่มขึ้น สมบัติด้านความยืดหยุ่นลดลง (65) สำหรับผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองความชื้นสูงเช่น เต้าหู้ ซึ่งมีความชื้นประมาณ 68-86 % (8) เน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ง่าย Dotson, Hilmer และ

Catherine (66) ศึกษาลักษณะการเสียและอายุการเก็บของเต้าหู้ และรายงานว่า ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เก็บที่อุณหภูมิ 15 °C ได้ 1-2 วัน ที่ 10 °C เก็บได้ 3-4 วัน และ 5 °C เก็บได้ 6-7 วัน จากนั้นเริ่มแสดงลักษณะเสียโดยเกิดกลิ่นและรสเปรี้ยว pH ลดลง น้ำที่อยู่ล้อมรอบเต้าหู้มีความขุ่นมากขึ้น ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นและรสเปรี้ยว จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก จากการตรวจสอบน้ำที่อยู่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์เมื่อเสียพบจุลินทรีย์ทั้งหมด $6.8*10^{8}$ โคโลนีต่อมิลลิลิตร pH ลดลงจาก 5.64 เหลือ 4.60 ค่า optical density ที่ 600 nm. เพิ่มขึ้นจาก 0.016 เป็น 0.136