บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

MDCM เป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมไก่สดแช่เยือกแข็ง โดยส่วนใหญ่ผลิตจากเนื้อส่วนคอและโครงลำตัว MDCM เป็นเนื้อที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ละเอียด สีเข้ม มีโปรตีนต่ำกว่าและไขมันสูงกว่า HDCM แต่มีกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acids) ครบถ้วนและมีในปริมาณใกล้เคียงกับกรดอะมิโนที่พบในเนื้อไก่ เนื้อหมู และเนื้อไก่งวง ดังนั้น MDCM จึงจัดเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงแหล่งหนึ่ง

2.1 องค์ประกอบของ MDCM

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM แปรตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ ชนิดชิ้นส่วนที่ใช้ในการแยกกระดูก ชนิดเครื่องแยกกระดูกที่ใช้ ชนิดของอาหารที่ไก่ได้รับ อัตราส่วนของกระดูกต่อเนื้อ วิธีการตัดแต่งและปริมาณหนัง (Froning, 1976) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ MDCM ในอดีต ซึ่งทำในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า เนื้อจากส่วนคอและหลังไม่รวมหนังมีโปรตีน 10.80 - 15.20% ไขมัน 15.20 – 18.10% ความชื้น 66.60 - 71.70% และเถ้า 0.85 - 1.30% (Froning และ Janky, 1971; Grunden, MacNeil และ Dimick, 1972; Babji , Froning และ Satterlee, 1980; Ang และ Hamm, 1982; Yang และ Froning, 1992a) เนื้อจากส่วนคอและหลังรวมหนังมีโปรตีน 9.30 - 12.70% ไขมัน 21.20 -27.20% ความชื้น 57.70 – 64.40% และเถ้า 0.89 - 1.10% (Froning และ Janky,1971; Ang และ Hamm, 1982; Baker และ คณะ ,1974; Yang และ Froning, 1992a) Posati รายงานใน Handbook of USDA (1979) ถึงองค์ประกอบทางเคมีของ MDCM จากเนื้อส่วนคอและหลังไม่รวมหนังว่ามีโปรตีน 13.79% ไขมัน 15.48% ความชื้น 69.29% และเถ้า 1.00% ขณะที่ MDCM จากส่วนคอและหลังรวมหนังมีโปรตีน 11.39% ไขมัน 24.73% ความชื้น 62.66% และเถ้า 0.96% นอกจากนั้น USDA (1979) ยังได้กำหนดองค์ประกอบทางเคมีของ MDCM เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการอ้างอิงในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยกำหนดให้มีโปรตีน 11.39 - 14.72% ไขมัน 15.48 - 19.98% ความชื้น 62.66 – 69.29% และเถ้า 0.96 - 1.15% ในขณะที่ HDCM มีโปรตีน 17.27 – 20.85% ไขมัน 9.25 –

15.25% ความชื้น 66.34 – 72.46% และเถ้า 0.80 – 1.01% Froning (1976) รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM แตกต่างจาก HDCM โดย MDCM มีโปรตีนต่ำกว่าแต่มีไขมัน แคลเซียม โปตัสเซียม เหล็ก และโคเลสเตอรอลสูงกว่า HDCM Froning (1976), MacNeil, Mast และ Leach (1978), Orr และ Wogar (1978), Essary (1979), Ang และ Hamm (1982) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ MDCM เปรียบเทียบกับ HDCM พบว่า MDCM มีโปรตีนต่ำกว่า ขณะที่ไขมันสูงกว่าเนื่องจากขั้นตอนการแยกเนื้อออกจากกระดูก มีไขมันจากส่วนไขกระดูกปนออกมาในปริมาณมาก ทำให้สัดส่วนของโปรตีนในเนื้อต่ำลง นอกจากนี้ในการบีบอัดเนื้อให้ผ่านตะแกรงนั้นอาจมีกระดูกชิ้นเล็กๆ ผ่านตะแกรงออกมาด้วยทำให้ MDCM มีปริมาณแคลเซียมสูงกว่า HDCM Kumar และ Pederson (1983) ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นใน MDCM ในชิ้นส่วนซากของแม่ไก่เปรียบเทียบกับ HDCM ที่ผลิตจากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDCM มีกรด อะมิโนจำเป็น อยู่ในช่วง 38.17 - 42.50% ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ซึ่งปริมาณดังกล่าวใกล้เคียงกับที่พบใน HDCM คือ 42.49% ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด กรดอะมิโนจำเป็นที่พบใน MDCM ได้แก่ lysine, threonine, tryptophane, valine, methionine, isoleusine, leucine และ phenylalanine ซึ่งมีอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกับใน HDCM

จากการสำรวจคุณภาพ MDCM ที่ผลิตในประเทศไทยโดย พันธิพา จันทวัฒน์ และคณะ (2546) โดยสุ่มตัวอย่าง MDCM จากโรงงานหลักที่ผลิต MDCM จำนวน 8 โรงงานพบว่า ตัวอย่าง MDCM มีโปรตีน 7.30 – 10.76% ไขมัน 10.11 – 16.50% ความชื้น 63.52 - 72.61% และเถ้า 0.76 - 2.61%

จุลินทรีย์และสารตกค้าง

Froning (1976) รายงานว่าปริมาณจุลินทรีย์ใน MDCM แปรตามปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบเริ่มต้น สุขลักษณะระหว่างการฆ่า การชำแหละ อุณหภูมิขณะแยกกระดูก การขนส่ง และการเก็บรักษา Ostovar, MacNeil และ O' Donnel (1971) ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ใน MDCM จากส่วนคอและหลัง โดยแยกกระดูกทันทีหลังการชำแหละ หรือเก็บที่อุณหภูมิ 3 - 5°C เป็นเวลา 5 วัน ก่อนแยกกระดูก ผลิตภัณฑ์ที่ได้แปรอุณหภูมิและเวลาในการเก็บเป็น 3°C ที่ 0, 3, 6 และ 12 วัน กับ -15°C ที่ 3, 6 และ 9 เดือน พบว่าเนื้อที่ได้มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (total plate count) อยู่ในช่วง 10^5 - 10^6 cfu/g, coliform 10^2 - 10^3 MPN/g แบคทีเรียที่ตรวจพบส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 10°C มีการปนเปื้อนของ *Salmonelia* 6 ตัวอย่างจาก 54 ตัวอย่าง พบ *Clostridium perfringens* 4 ตัวอย่างจาก 54 ตัวอย่าง ไม่พบ *Staphylococcus aureus, Pseudomonas , Achromobacter* และ *Flavobacterium* MDCM ที่เก็บที่ 3°C เป็นเวลา

12 วัน มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้น ขณะที่ตัวอย่างที่เก็บที่ -15°C เป็นเวลา 9 เดือน ปริมาณแบคทีเรียลดลง เนื้อที่แยกกระดูกทันทีหลังชำแหละมีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดต่ำกว่าเนื้อที่เก็บ 3 - 5°C เป็นเวลา 5 วัน ก่อนการแยกกระดูก

จากการสำรวจคุณภาพ MDCM ที่ผลิตในประเทศไทยโดย พันธิพา จันทวัฒน์ และคณะ (2546) โดยสุ่มตัวอย่าง MDCM จากโรงงานหลักที่ผลิต MDCM จำนวน 8 โรงงานพบว่า ตัวอย่าง MDCM มีปริมาณแบคทีเรียอยู่ระหว่าง $1.1X10^6$ - $4.0X10^7$ cfu/g โดยตัวอย่างที่มาจากทั้ง 8 โรงงาน มีปริมาณแบคทีเรียอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน *E.coli* อยู่ในช่วง 5.0×10^3 - 1.1×10^6 MPN/g, *Salmonella* 4.7×10^4 - 1.4×10^6 cfu/g ส่วน *Pseudomonas* (โดยเฉพาะ *P. aeruginosa*) ตรวจไม่พบ

Pearson และ Dutson (1994) วิเคราะห์ชนิดของสารเคมีตกค้างในเนื้อไก่และผลิตผลพลอยได้จากไก่ พบสารตกค้างยาปฏิชีวนะที่ให้ระหว่างการเลี้ยง และยาฆ่าแมลงที่อาจปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมและอาหาร ชนิดของสารตกค้างยาปฏิชีวนะที่พบได้แก่ Penicillin, Streptomycine และ Tetracycline ชนิดของสารตกค้างยาฆ่าแมลงที่พบได้แก่ Aldrin, BHC, Chlodrane, Dieldrin, DDT, Endrin, Heptachlor, Heptachlor epoxide, Lindrane และ Methoxychor

จากการสำรวจคุณภาพ MDCM ที่ผลิตในประเทศไทยโดย พันธิพา จันทวัฒน์ และคณะ (2546) พบสารตกค้างยาฆ่าแมลง 3 กลุ่มคือ DDT, Endrin และ Chlodrane ซึ่งแต่ละกลุ่มมีค่า extraneous maximum residue limit (EMRL) เป็น 1 ppm, 0.05 ppm และ 0.05 ppm ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณที่ตรวจพบในเนื้อ MDCM สำหรับสารแต่ละกลุ่มไม่เกินค่า EMRL (Codex Alimentarious, 1963)

<u>รงควัตถุ ฟอสฟอรัสและแคลเซียม</u>

MDCM มีสีแดงเข้มจากการที่มีรงควัตถุจากไขกระดูก ปนเปื้อนระหว่างกระบวนการแยกเนื้อจากกระดูกด้วยเครื่อง Froning และ Johnson (1973) พบว่า MDCM มีรงควัตถุสูงกว่า HDCM ถึง 3 เท่า ดังนั้น MDCM จึงมีสีแดงเข้มกว่า HDCM และมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อชนิดนี้ในการผลิต Lee และคณะ (1975) พบว่าเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่อง มีปริมาณเหล็ก 0.48 μ moles/กรัม โดยอยู่ในรูป non-heme iron และ heme iron อย่างละครึ่ง ในส่วน heme iron จะเป็นองค์ประกอบอยู่ใน hemoglobin 42% และ myoglobin 12% ของปริมาณเหล็กทั้งหมดและเห็นได้ชัดว่าปริมาณเหล็กใน hemoglobin สูงกว่าใน myoglobin มาก

Posati (1979) รายงานปริมาณฟอสฟอรัส และแคลเซียมของ MDCM ว่ามีแคลเซียม 123 - 187 mg% ฟอสฟอรัส 132 - 154 mg% ในขณะที่ HDCM มีแคลเซียม 11 - 17 mg% และฟอสฟอรัส 113 - 151 mg% Froning (1976) รายงานว่า MDCM มีแคลเซียม เหล็ก และโคเลสเตอรอลสูงกว่า HDCM เนื่องจากขั้นตอนการบดและแยกเนื้อออกจากกระดูกโดยอัดผ่านตะแกรง นั้นอาจมีกระดูกชิ้นเล็กๆ ผ่านตะแกรงออกมาด้วยทำให้ตรวจพบแคลเซียมสูง นอกจากนั้นในขั้นตอนนี้ เซลล์จะถูกทำลายและมีการปลดปล่อยไขมันที่มีโคเลสเตอรอลเป็นองค์ประกอบออกมา และปลดปล่อยฮีมซึ่งเป็นสารประเภท porphyrin ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงออกจากไขกระดูกจึงมีผลให้ ปริมาณโคเลสเตอรอลและเหล็กที่พบใน MDCM สูงกว่า HDCM

Murphy และคณะ (1979) รายงานปริมาณกระดูกที่ตรวจพบใน MDCM ว่าอยู่ในช่วง 0.5 - 2.0% ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่ควรมีการควบคุมให้เหมาะสมสำหรับการนำเนื้อไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ถ้าบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีแคลเซียมเจือปนอยู่มากติดต่อกันเป็นเวลานาน โดยเฉพาะบุคคลที่ต้องจำกัดปริมาณสารนี้ อาจเกิดภาวะเสี่ยงกับโรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ หรืออาจมีอันตรายจากสารตกค้างต่างๆ ที่ปนเปื้อน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของ MDCM ควรระบุไว้ที่ฉลากด้วย USDA (1979) กำหนดปริมาณไขมันใน MDCM ให้ไม่เกิน 30% แคลเซียมต่ำกว่า 1% โดยทั่วไปปริมาณโคเลสเตอรอลของ MDCM โดยประมาณเป็น 2 เท่าของ HDCM ดังนั้นบุคคลที่ต้องการจำกัดปริมาณโคเลสเตอรอล ควรพิจารณาฉลากของผลิตภัณฑ์ด้วย

จากการสำรวจคุณภาพ MDCM ที่ผลิตในประเทศไทยโดย พันธิพา จันทวัฒน์ และคณะ (2546) โดยสุ่มตัวอย่าง MDCM จากโรงงานที่ผลิต MDCM จำนวน 8 โรงงานพบ ปริมาณรงควัตถุทั้งหมด (total pigment) 251.2 - 355.4 ppm และแคลเซียม 0.9 - 1.1% ซึ่งทั้งปริมาณรงควัตถุทั้งหมดและแคลเซียมมีความแปรผันค่อนข้างมากระหว่างตัวอย่างที่เก็บจากโรงงานต่างๆ

2.2 การปรับปรุงคุณภาพของ MDCM

จากการที่กระบวนการผลิต MDCM มีการบดกระดูกทั้งโครงลำตัวและส่วนคอไปพร้อมๆ กันแล้วใช้แรงดัน ดันส่วนเนื้อให้ลอดผ่านรูตะแกรงของเครื่อง เพื่อแยกส่วนเนื้อออกจากกระดูก เป็นผลให้รงควัตถุและไขมันจากไขกระดูกปนมาในส่วนเนื้อ ทำให้ MDCM มีสีเข้ม ไขมันจากไขกระดูกซึ่งมีความไม่อิ่มตัวสูงกว่าไขมันในส่วนเนื้อ และอุณหภูมิของเนื้อที่สูงกว่าปกติในกระบวนการแยกกระดูก ทำให้ MDCM เกิดกลิ่นหืนง่ายจากปฏิกิริยา oxidation จึงเป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยทั่วไปพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพด้อยลงไป เนื่องจาก MDCM มีโปรตีนซึ่งทำหน้าที่ให้ความคงตัวและเนื้อสัมผัสที่ดีในผลิตภัณฑ์ค่อนข้างต่ำ จากอุปสรรคในการใช้ MDCM ดังกล่าวทำให้มีการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM

ก่อนการใช้งาน โดยมีการศึกษาวิจัยอย่างกว้างขวางถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพในแง่การนำไปใช้เพื่อให้เนื้อชนิดนี้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร วิธีดังกล่าวได้แก่ การปรับ pH การ centrifuge และการล้างและสกัด (Froning และ Janky, 1971; Froning และ Johnson, 1973; Hernandez และคณะ, 1986)

การปรับ pH

MDCM มีโปรตีนซึ่งทำหน้าที่ให้ความคงตัวและเนื้อสัมผัสที่ดีในผลิตภัณฑ์ค่อนข้างต่ำ ทำให้ความสามารถในทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมต่ำ คุณภาพด้านการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ HDCM และความคงตัวของอิมัลชัน (emulsion stability) จึงต่ำ (Froning, 1971) Sharma และ Sen (1993) รายงานว่าความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป ผลิตภัณฑ์ชนิดที่เกิดเจล และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน เป็นต้น สิ่งสำคัญที่ช่วยในการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อและให้ความคงตัวของอิมัลชันคือปริมาณโปรตีนละลายในเกลือแกง (salt soluble protein) ได้แก่ actin และ myosin ถ้ามีปริมาณมากจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อและเพิ่มความคงตัวของอิมัลชัน การเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนที่มีใน MDCM ทำได้โดยการปรับ pH ของเนื้อเพื่อให้ actin และ myosin ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือ ละลายออกมาได้เพิ่มขึ้น (Joseph, 1997)

pH ของเนื้อมีผลต่อความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ เนื้อสัตว์โดยทั่วไปมีค่า pH 5.5 – 6.5 ขณะที่ MDCM มี pH 6.2 - 6.6 เนื้อสัตว์ส่วนใหญ่มี Isoelectric point (pI) ระหว่าง 4.5 – 6.5 (Froning และ Janky ,1971) ที่ pI เป็นจุดที่โปรตีนมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ จึงมีประจุสุทธิ (net charge) เป็นศูนย์ ทำให้ไม่เกิดแรงผลักกันของโมเลกุลโปรตีนให้กระจายอยู่ในสารละลาย โปรตีนจึงจับกับน้ำได้ต่ำ ทำให้ละลายออกมาได้น้อยที่สุด ขณะที่ pH สูงหรือต่ำกว่า pI โปรตีนมีประจุเป็นลบและบวกตามลำดับและเคลื่อนที่ไปสู่ขั้วตรงข้าม ทำให้โปรตีนสามารถจับกับน้ำได้ดีส่งผลให้โปรตีนโดยเฉพาะ myosin ซึ่งละลายได้ดีในน้ำเกลือสกัดออกมาจากเนื้อเยื่อได้มากขึ้นจึงทำหน้าที่เป็นสารให้ความคงตัวและให้การเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อได้ดีขึ้น พบว่า เมื่อ pH ของโปรตีนเปลี่ยนไปแม้เพียง 0.3 – 0.5 หน่วย pH การละลายเพิ่มขึ้นได้ถึง 10 เท่า (Fennema, 1996) ดังนั้นการปรับ pH ช่วยให้สกัดโปรตีนออกมาจากเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสที่ดีของผลิตภัณฑ์

Maesso, Baker และ Vedhra (1970) ศึกษาการปรับ pH ของ MDCM ในช่วง 5.0 – 8.0 แล้วนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท meat loaves พบว่าที่ pH 8.0 ชิ้นเนื้อมีการเชื่อมติดกันดีที่สุด pH 5.0 ชิ้นเนื้อมีการเชื่อมติดต่ำสุด และ pH 6.5 ซึ่งใกล้เคียงกับ pH ปกติของเนื้อ การเชื่อมติดอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากที่ pI โปรตีนละลายได้ในปริมาณต่ำสุด จึงมีปริมาณ actin และ myosin อยู่น้อยทำให้ความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อต่ำกว่า Froning และ Janky (1971) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก frankfurter โดยปรับ pH ของเนื้อในช่วง 5.5 - 7.1 พบว่าเมื่อ pH สูงขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวของอิมัลชันและค่าแรงดึง (tensile strength) เพิ่มขึ้น แสดงว่า pH มีผลต่อการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ การใช้เทคนิค salt preblending ร่วมกับการปรับ pH ช่วยปรับปรุงความสามารถในการเกิดอิมัลชันของ MDCM เพราะทั้ง salt preblending และการปรับ pH ให้เหมาะสมช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ด้วยสารละลายเกลือ McMahon และ Dawson (1976) ศึกษาการเติมเกลือ polyphosphates ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก (fermented sausage) ที่ผลิตจากเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่อง ผสมกับเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยมืออย่างละ 50% พบว่าเกลือ polyphosphates ทำให้ pH ของเนื้อสูงขึ้น ซึ่งที่ pH สูงกว่า pI นั้นโปรตีนมีประจุลบเพิ่มขึ้น สามารถจับกับโมเลกุลน้ำได้มากขึ้น ทำให้โปรตีนโดยเฉพาะ myosin ละลายออกมาในน้ำเกลือได้มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงยึด (binding strength) ระหว่างชิ้นเนื้อสูงขึ้น

การ centrifuge

ทำเพื่อปรับปรุงความจุอิมัลชันและความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) เนื่องจากน้ำและรงควัตถุที่ละลายในน้ำและไขมันถูกกำจัดออกไปบางส่วน ทำให้ความจุอิมัลชันดีขึ้น และปริมาณโปรตีนสูงขึ้น Froning และ Janky (1971) พบว่าการ centrifuge มีผลให้เกิดการแยกชั้นไขมันซึ่งมีความหนาแน่นต่ำออกจากส่วนเนื้อ ทำให้สมบัติในการเกิดอิมัลชัน ความจุอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันจาก MDCM สูงขึ้น Froning และ Johnson (1973) ปรับปรุงคุณภาพ MDCM ด้วยการ centrifuge ที่ความเร็ว 20,000 x g เป็นเวลา 15 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 5°C หลังการ centrifuge เนื้อจะแยกออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนเนื้อ ส่วนของสารละลาย และส่วนของชั้นไขมัน โดยรงควัตถุติดออกไปในส่วนของสารละลาย ความเข้มของสีแดงจึงลดลง โปรตีนเพิ่มขึ้นและไขมันลดลง ทำให้การเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมันลดลง Dhillon และ Maurer (1975b) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ด้วยการ centrifuge ที่ความเร็ว 23,300 x g เป็นเวลา 15 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกิน 5°C พบว่าหลัง centrifuge เนื้อที่ได้มีสีอ่อนลง ปริมาณไขมันลดลง แต่มีโปรตีน

ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความจุอิมัลชันสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ Yang และ Froning (1992c) ปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ด้วยการ centrifuge ที่ความเร็ว 12,000 x g เป็นเวลา 40 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 2 - 4°C พบว่า MDCM หลัง centrifuge มีโปรตีนสูงขึ้น และไขมันลดลง ส่งผลให้เนื้อที่ได้มีความจุอิมัลชันเพิ่มขึ้น การสูญเสียน้ำหลังทำให้สุกลดลง เมื่อพิจารณารงควัตถุซึ่งทำให้เนื้อมีสีเข้ม และเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยา oxidation พบว่ามีปริมาณลดลงส่งผลให้เนื้อที่ได้มีสีอ่อนลงและมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้น

การล้างและสกัด

ทำเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส สี และลดปริมาณไขมัน Hernandez และคณะ (1986) ปรับปรุงสีของ MDCM โดยการล้างด้วยสารละลาย phosphate buffer 0.04 M ที่ pH 6.4 - 8.0 พบว่าสารละลาย pH 8.0 สกัดรงควัตถุออกได้มากที่สุดทำให้เนื้อมีสีอ่อนลงและมีค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น Dawson, Sheldon และ Ball (1988) ศึกษากระบวนการสกัดไขมันและรงควัตถุออกจาก MDCM โดยใช้สารละลาย 3 ชนิด คือ sodium bicarbonate 0.5%, acetate buffer 0.1% และน้ำประปา โดยผสมสารละลายแต่ละชนิดกับ MDCM ในอัตราส่วน 4:1 เป็นเวลา 30 นาทีแล้วกรอง พบว่าสารละลายที่ใช้สกัดทุกชนิดมีผลในการลดปริมาณไขมันอย่างมีนัยสำคัญโดย สารละลาย sodium bicarbonate 0.5% เพิ่มความสว่าง (L*) และลดสีแดง (a*) ของ MDCM ได้ดีกว่าสารละลายชนิดอื่นเนื่องจากมีค่า pH 8.5 ซึ่งเป็น pH ที่มีประสิทธิภาพในการดึงฮีโมโกลบินออกจากเนื้อได้สูงกว่าที่ pH ต่ำกว่า

Lin และ Chen (1989) ศึกษาภาวะการล้างและสกัด MDCM ด้วยสารสกัด 4 ชนิดคือ sodium chloride 0.5%, sodium acetate 0.5%, Kena 0.5% (สารผสมระหว่าง sodium tripolyphosphate และ sodium hexametaphosphate) และ phosphate buffer 0.038 M ที่ pH 8.0 โดยผสมสารละลายแต่ละชนิดกับ MDCM ในอัตราส่วน 3: 1 เป็นเวลา 20 นาที พบว่าสารละลาย Kena 0.5% และ phosphate buffer 0.038 M มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสว่าง (L*) ลดสีแดง (a*) และลดปริมาณไขมันของ MDCM ได้มากที่สุด Yang และ Froning (1992a) รายงานว่าในการล้าง MDCM ด้วยสารละลายสารละลาย sodium bicarbonate 0.5%, sodium chloride 0.5%, sodium acetate 0.5%, Kena 0.5%, phosphate buffer 0.04 M และน้ำประปา สารละลายทุกชนิดที่กล่าวมา มีผลในการลดปริมาณไขมันและสกัดรงควัตถุออกจาก MDCM ได้โดย sodium bicarbonate 0.5% ซึ่งมี pH 8.0 มีประสิทธิภาพดีที่สุด สอดคล้องกับผลการทดลองของ Hernandez และคณะ (1986), Dawson และคณะ (1989), Yang และ

Froning (1992b) ที่ศึกษาผลของ pH สารละลายที่ใช้ในการล้าง MDCM พบว่า pH มีผลในการสกัดรงควัตถุออกจาก MDCM โดยสารละลายที่มี pH 8.0 มีประสิทธิภาพในการดึง hemoglobin ออกจากเนื้อได้มากที่สุด เนื่องจาก hemoglobin มี pI อยู่ในช่วง 6.8 - 7.0 ผู้วิจัยพบว่าสารละลาย sodium bicarbonate 0.5% ซึ่งมี pH 8.0 สกัดเลือดและรงควัตถุออกจากเนื้อได้มากที่สุด Shahidi, Synowiecki และ Onodenalore (1992) ศึกษาผลของชนิดสารละลายที่ใช้ในการล้าง MDCM ต่อรงควัตถุ ปริมาณไขมัน และปริมาณผลผลิต โดยล้าง MDCM ด้วยน้ำ-กลั่น หรือ sodium bicarbonate 0.5% หรือ sodium chloride 0.5% พบว่า sodium bicarbonate 0.5% มีประสิทธิภาพในการกำจัดรงควัตถุและไขมันได้มากที่สุดถึง 75.5% และ 71.3% ตามลำดับ โดยกระบวนการให้ผลผลิต 43.4% เนื้อที่ได้มีสีอ่อนลงมากที่สุด และไขมันต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ล้างด้วยสารละลายชนิดอื่น

การใช้เนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่องในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการที่ MDCM มีลักษณะเนื้อละเอียด กึ่งแข็งกึ่งเหลว เป็นแหล่งโปรตีนที่ยังคงมีสมบัติด้านหน้าที่และมีคุณภาพ รวมทั้งราคาถูกจึงนิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด (Froning, 1976) Lee และคณะ (1997) ได้แยกประเภทผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการนำ MDCM มาใช้เป็นส่วนประกอบไว้ 4 ประเภทได้แก่ ผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียด ผลิตภัณฑ์เนื้อหยาบ ผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน และผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น

ผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียด

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการลดขนาดของเนื้อโดยการสับ (chop) กับเกลือแกง จนเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับโครงสร้างเส้นใยของกล้ามเนื้อกล่าวคือ actin และ myosin ซึ่งเป็นโปรตีนละลายได้ในน้ำเกลือละลายออกมานอกเส้นใย จนเป็นผลให้ส่วนผสมเปลี่ยนไปเป็นมวลเหนียวเนื้อ ไขมันและน้ำรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งเป็นลักษณะของส่วนผสมที่เรียกอิมัลชัน ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ได้แก่ ไส้กรอก vienna ไส้กรอก frankfurter และ bologna (Baker และคณะ 1974)

Froning และคณะ (1971) รายงานว่ามีการนำ MDCM มาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียดตั้งแต่ปี 1970 เนื่องจากลักษณะของ MDCM ที่มีเนื้อละเอียดกึ่งแข็งกึ่งเหลว และมีราคาถูก แต่พบว่า MDCM มีสมบัติด้านความคงตัวของอิมัลชันต่ำกว่า HDCM เนื่องจาก MDCM มี myofibrillar proteins น้อยกว่าและมีไขมันสูงกว่า การใช้ HDCM ร่วมด้วยจึงทำให้

ความคงตัวอิมัลชันเพิ่มขึ้น การทดแทนส่วนเนื้อสัตว์ด้วย MDCM ในระดับไม่เกิน 15% ของน้ำหนักเนื้อในสูตรการผลิตไส้กรอก ทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนชื่อผลิตภัณฑ์ เพียงแต่ต้องแจ้งในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ (USDA, 1979) Froning และคณะ (1971) ศึกษาการผลิตไส้กรอก frankfurter โดยทดแทนเนื้อวัวด้วย MDCM ในปริมาณ 15% ของน้ำหนักเนื้อสัตว์พบว่าความคงตัวของอิมัลชัน ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อวัวเล็กน้อย และผู้ทดสอบตรวจไม่พบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้งสอง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM 15% มีสีเข้มกว่าเล็กน้อย Baker และคณะ (1974) ผลิตไส้กรอก frankfurter จาก MDCM โดยแปรเวลาในการสับผสมเป็น 3 ช่วง คือ 1.5 - 3 นาที 5 - 11 นาที และมากกว่า 15 นาที ควบคุมอุณหภูมิสุดท้ายที่ 12°C พบว่าเวลาในการสับผสมไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต (%yield) การเสียน้ำหนักหลังสุก ความหนืดของอิมัลชัน รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ Baker และ Darfler (1975) ศึกษาผลของปริมาณไขมัน 2 ระดับ คือ 13% และ 23% ในไส้กรอก frankfurter ที่ผลิตจากเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่อง พบว่าคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อสัมผัสและความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน 13% สูงกว่าตัวอย่างที่มีไขมัน 23% คะแนนด้านรสชาติอยู่เกณฑ์สูงเมื่อมีปริมาณไขมันปานกลาง และเมื่อปริมาณโปรตีนคงที่ แต่ไขมันสูงเกิน 23% ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าแรงเฉือน (shear force) ลดลง

Ang (1986) แปรอุณหภูมิและเวลาในการเก็บไส้กรอก frankfurter และ bologna ที่ผลิตจาก MDCM ที่ 2°C นาน 1, 2, 5, 9, 14 และ 42 วัน และ -18°C นาน 30, 60, 90 และ 180 วัน พบว่าเก็บผลิตภัณฑ์ที่ 2°C ได้ 42 วัน และที่ -18°C เก็บได้ 180 วัน โดยความชื้น ไขมัน และโปรตีนไม่เปลี่ยนแปลง Huang และ Wang (1998) ศึกษาลักษณะและคุณภาพของไส้กรอก frankfurter ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วย MDCM ในปริมาณตั้งแต่ 0 - 40% ของน้ำหนักเนื้อ พบว่าเมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มขึ้นความชื้นและไขมันเพิ่มขึ้น โปรตีนและค่าความสว่าง (L*) ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและความสามารถในการอุ้มน้ำของทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกัน

Froning และคณะ (1971), Schnell และคณะ (1973), Baker และ Kline (1984), Scott และ Baker (1989) ศึกษาการผลิตไส้กรอก frankfurter จาก MDCM โดยทดแทนเนื้อไก่ เนื้อวัว และหมูในปริมาณตั้งแต่ 0 - 100% ของน้ำหนักเนื้อสัตว์ พบว่าเมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพด้านความคงตัวอิมัลชัน ลักษณะเนื้อสัมผัส การอุ้มน้ำ อายุการเก็บและการยอมรับของผู้บริโภคด้อยลง ดังนั้นการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์ต้องใช้ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้ โดยทั่วไปพบว่าเติมได้ตั้งแต่ 5 - 50% ของน้ำหนักเนื้อ

ผลิตภัณฑ์เนื้อหยาบ

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการลดขนาดของเนื้อด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดา ซึ่งเนื้อมีขนาดลดแต่ไม่มีลักษณะเป็น batter ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้แก่ patties, salami, fresh sausage และผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักเปรี้ยว (fermented sausage) (Lee และคณะ, 1997) สำหรับผลิตภัณฑ์เนื้อหยาบมีการนำ MDCM มาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์หลายชนิดเช่นกัน

Dhillon และ Maurer (1975a) ผลิต summer sausage จาก MDCM ร่วมกับ HDCM และเนื้อวัวบด โดยทดแทน HDCM หรือเนื้อวัวบดด้วย MDCM ในปริมาณตั้งแต่ 0 - 100% พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ HDCM เพียงอย่างเดียวให้สีไม่น่าพอใจ แต่เมื่อเติม MDCM จากส่วนคอและหลังผลิตภัณฑ์มีสีสวยและมีเนื้อสัมผัสที่ดี เป็นที่ยอมรับมากขึ้น แต่ปริมาณ MDCM ที่ใช้ไม่ควรเกิน 65% เพราะปริมาณสูงกว่านี้ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่มเกินไป ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีโปรตีนลดลง ไขมันและความชื้นเพิ่มขึ้น summer sausage ที่ทำจาก MDCM 100% มีคุณภาพที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับเพราะมีเนื้อสัมผัสนุ่มเกินไป จึงมีการเติมเนื้อวัวเพื่อช่วยให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ผู้ทดลองพบว่าใช้ MDCM เป็นส่วนประกอบได้ตั้งแต่ 0 - 50% โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ ในการทดลองต่อมา Dhillon และ Maurer (1975b) ศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของ MDCM ร่วมกับ HDCM และเนื้อวัวในการผลิต summer sausage โดยผลิต 3 สูตร สูตรแรกใช้ MDCM 50% เนื้อวัวบด 50% สูตรที่ 2 ใช้ MDCM 50% HDCM 50% สูตรที่ 3 ใช้เนื้อวัวบด 100% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -25^{o}C เป็นเวลา 0, 3 และ 6 เดือน เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ตัวอย่างที่เก็บเป็นเวลา 6 เดือน มีค่า TBA เพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ Grujic, Mulalic และ Solaja (1991) ศึกษาการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์ beef patties โดยใช้ทดแทนเนื้อวัวในปริมาณ 0, 5, 10 และ 20% พบว่าทดแทนได้ 20% โดย beef patties มีโปรตีน ต่ำกว่าและมีไขมัน ความชื้น เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่เติม เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 22^{o}C เก็บได้เป็นเวลา 60 วัน โดยตัวอย่างที่ทดแทนเนื้อวัวด้วย MDCM 20% มีเนื้อสัมผัสอ่อนลง Guerra และคณะ (1997) ศึกษาผลการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์ nugget ร่วมกับ HDCM โดยแปรปริมาณ MDCM เป็น 0, 50 และ 100% ผลการทดสอบพบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM 50% ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมที่ใช้ HDCM เพียงอย่างเดียว ขณะที่ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 100% ในสูตร มีลักษณะเนื้อสัมผัสอ่อนนิ่มจนผู้ทดสอบไม่ยอมรับ ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าสามารถทดแทน HDCM ด้วย MDCM ในผลิตภัณฑ์ nugget ได้ถึง 50%

ผลิตภัณฑ์พื้นบ้าน

ภัทรพร จักรางกูร (2521) ผลิตลูกชิ้นไก่ โดยใช้ MDCM ทดแทนเนื้อไก่แก่ในปริมาณ 0, 25, 50, 75 และ 100% พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อไก่แก่ 100% ในการผลิตมีลักษณะเนื้อสัมผัสเหนียวและแข็งกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อไก่แก่ร่วมกับ MDCM ในทุกปริมาณ และผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนเนื้อไก่ด้วย MDCM ตั้งแต่ 50% มีเนื้อสัมผัสที่ผู้ทดสอบไม่ยอมรับ

สิริพร ศรีตระกูล (2537) ผลิตไก่ยอจากเนื้อ MDCM 100% พบว่าปริมาณเครื่องเทศที่เหมาะสมคือ 10.5% ปริมาณไขมัน 5% เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไข่ขาวผงหรือกลูเต็นเป็นสารเชื่อม และ 10% เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดเป็นสารเชื่อม ปริมาณสารเชื่อมกับน้ำแข็งที่เหมาะสมได้แก่ ไข่ขาวผง : น้ำแข็ง 16 : 25 โปรตีนถั่วเหลืองสกัด : น้ำแข็ง 16 : 25 และ กลูเต็น: น้ำแข็ง 20 : 25 ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไข่ขาวผงเป็นสารเชื่อมคือ ใช้เวลาในการสับ 3 นาที และเวลานวด 10 นาที และผลิตภัณฑ์ที่ใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือกลูเต็นเป็นสารเชื่อมคือ ใช้เวลาในการสับ 5 นาที และเวลานวด 10 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไข่ขาวผงเป็นสารเชื่อมเมื่อบรรจุที่ความดันบรรยากาศและสุญญากาศเก็บที่ 34 - 37°C ได้ 3 และ 5 วัน เก็บที่ 4°C ได้ 7 และ 10 วัน ตามลำดับ

Yun, Young และ Lee (1996) ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นเกาหลีทอด (fried - korean meat ball) ที่ทดแทนเนื้อหมูด้วย MDCM ปริมาณ 0 และ 10% โดยเก็บที่อุณหภูมิ 4°C และ -20°C วิเคราะห์ค่าแรงเฉือน ค่า TBA, pH และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 4°C มี pH และ ค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น โดยผลิตภัณฑ์ที่เติม MDCM มีค่า TBA เพิ่มขึ้นสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม MDCM และที่อุณหภูมิ -20°C ใน 14 วันแรกผลิตภัณฑ์มีค่า pH คงที่ แต่ค่า TBA เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนค่า hardness ลดลงเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น จากการหาอายุการเก็บพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มี MDCM ในปริมาณ 0 และ 10% เก็บที่ 4°C ได้ 7 และ 5 วัน ตามลำดับ และเก็บที่ -20°C ได้ 27 และ 22 วัน ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น

นอกจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่กล่าวมาแล้ว มีการนำ MDCM ไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่น ได้แก่ ซอสผสมเนื้อบดละเอียด ผลิตภัณฑ์น้ำซุปไก่ บิสกิต

Laughren และ Maurer (1985) ทดลองผลิตซอสผสมเนื้อบดละเอียด โดยใช้เฉพาะ MDCM เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อวัวบด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM มีโปรตีน

ลดลง ความชื้นและไขมันเพิ่มขึ้น และสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้เข้มขึ้น เมื่อทดสอบการยอมรับ โดยบริโภคพร้อมขนมปัง พบว่าผู้ทดสอบ 88% มีความเห็นว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีเยี่ยม และ 75% ของผู้ทดสอบมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ ถ้ามีวางจำหน่าย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก MDCM มีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำกว่า ผลการทดลองสรุปได้ว่า มีความเป็นไปได้สูงในการผลิตผลิตภัณฑ์ซอสผสมเนื้อบดละเอียดจาก MDCM

Chi (1993) ผลิตน้ำซุปไก่ (chicken broth) จาก MDCM โดยต้มเนื้อต่อน้ำในอัตราส่วน 1:3 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าน้ำซุปไก่ที่ได้มีองค์ประกอบของกรดอะมิโน threonine, lysine และ leucine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังพบ arginine, glycine, glutamic acid, proline และ alanine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนไม่จำเป็นในผลิตภัณฑ์ด้วย

Huang และคณะ (1999) ศึกษาการผลิต chicken meat stick เพื่อใช้เป็นอาหารว่างจาก MDCM โดยแปรปริมาณ MDCM เป็น 0, 20, 30, 40 และ 50% ผสมกับเนื้อไก่ส่วนอก พบว่า เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มขึ้น ความชื้น โปรตีน และความแน่นของผลิตภัณฑ์ลดลง ขณะที่ไขมันเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น ค่าแรงเฉือนและคะแนนความชอบรวมลดลง พบว่าเมื่อใช้ MDCM 30 - 50% ของน้ำหนักเนื้อสัตว์ในสูตร คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์สูงสุดนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด pH และค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อเก็บภายใต้ภาวะสุญญากาศเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่ 3°C

สุภัทร์ จันทร์วรชัยกุล (2540) ศึกษาการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์บิสกิต โดยปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ด้วยการล้างด้วยสารละลาย sodium bicarbonate 0.5% พบว่าตัวอย่าง MDCM ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเติมในบิสกิตเพื่อทดแทนแป้ง คือ MDCM ล้าง-สดเติมได้ 40% และ MDCM ที่ไม่ผ่านการล้างเติมได้ 30% จากการทดลองพบว่าบิสกิตที่ผสม MDCM มีปริมาณโปรตีนและเถ้าเพิ่มขึ้น ความแน่นและแรงต้านทานการแตกลดลง และมีสีเข้มขึ้น บิสกิตมีความชื้นต่ำ ค่า water activity (a_w) จึงต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นผลให้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 10^2 cfu/g และไม่พบเชื้อราในช่วงอายุการเก็บ 3 เดือน ดังนั้นการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์บิสกิตจึงเป็นการพัฒนาให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและแคลเซียมสูง และราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการใช้เนื้อสัตว์ชนิดอื่นในการผลิต

2.3 เสถียรภาพของ MDCM และผลิตภัณฑ์ที่มี MDCM เป็นส่วนประกอบ

การเสื่อมคุณภาพของ MDCM เกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากปฏิกิริยาทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากปฏิกิริยาทางเคมี

การใช้เครื่องมือในการแยกเนื้อออกจากกระดูก มีผลให้เกิดความไม่เสถียรของเนื้อสัตว์ เนื่องจากทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น มีการปลดปล่อยรงควัตถุ และไขมันออกจากไขกระดูก ส่งผลต่อสีและกลิ่นของ MDCM และผลิตภัณฑ์ที่มี MDCM เป็นส่วนประกอบ ปฏิกิริยาที่สำคัญคือ ปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวใน phospholipids (Moerck และ Ball, 1974) ปฏิกิริยา oxidation เกิดได้เร็วเพราะ MDCM มีลักษณะเป็นเนื้อบดละเอียด จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมาก และในระหว่างการแยกกระดูก เนื้อจะถูกบดและบีบอัดผ่านช่องขนาดเล็ก ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์จากเนื้อชนิดนี้จึงเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติที่เรียกว่า warmed-over-flavor (WOF) ได้เร็วระหว่างการเก็บรักษา (Gray และ Pearson, 1987) Dawson และคณะ (1990) ศึกษาองค์ประกอบของไขมันใน MDCM พบว่าประกอบด้วย neutral lipid 98.6%, phospholipids 1.4% และ glycolipid ในปริมาณที่น้อยมาก โดย phospholipids ที่พบใน MDCM มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณสูงกว่าใน HDCM ซึ่งผู้วิจัยรายงานว่า phospholipids เป็นองค์ประกอบหลักใน MDCM ที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยา autoxidation Jantawat และ Dawson (1980a) รายงานว่าใน MDCM มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่ม-ตัวอยู่ 62 – 65% และกรดไขมันใน phospholipids ประกอบด้วย oleic, linoleic และ arachidonic ซึ่งมีความไม่อิ่มตัวอยู่สูง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มี MDCM เป็นส่วนประกอบ จึงไม่เสถียรและเสื่อมเสียง่ายจากการเกิดกลิ่นหืน

ปัจจัยสำคัญต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของ phospholipids ในไขมันคือ สารเร่งปฏิกิริยา (proxidants) ได้แก่ แสง ความร้อน รงควัตถุที่มีในเนื้อสัตว์ และโลหะหนักพวก Cu, Fe, และ Co การเกิดปฏิกิริยา oxidation ของ phospholipids ใน MDCM เป็นแบบที่ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ แต่มีรายงานว่ามีผลจาก myoglobin ซึ่งมีใน MDCM มากกว่าใน HDCM (Schuler, 1985) ส่วนที่เป็นรงควัตถุซึ่งเป็นองค์ประกอบของ hemoglobin ในเลือดและ myoglobin ในกล้ามเนื้อ เป็นสารประเภท porphyrin ซึ่งมีเหล็กเป็นองค์ประกอบและเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันในเนื้อไก่

การชะลอการเกิดปฏิกิริยา autoxidation ของ MDCM และผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเนื้อชนิดนี้ ทำได้หลายวิธีได้แก่ การเก็บที่อุณหภูมิต่ำ เก็บในภาวะปราศจากออกซิเจน เก็บภายใต้บรรยากาศของคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน หรือใช้สารกันหืน เช่น propyl gallate, butylated hydroxyanisole (BHA) เป็นต้น (Dawson และ Gartner, 1983) Uebersax, Dawson และ Uebersax (1978b) ศึกษาความคงตัวของการเก็บเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยมือ จากเนื้อส่วนอกและส่วนสะโพก และเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่อง ที่ผลิตจากไก่งวงตัวผู้และตัวเมียอย่างละ 20 ตัวที่ให้ tocopherol 100 IU/ อาหารเลี้ยงสัตว์ 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 12 สัปดาห์ก่อนการฆ่าชำแหละ โดยแบ่งตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก เป็นกลุ่มตัวอย่างควบคุม ซึ่งไม่ผสม tocopherol กลุ่มที่ 2 ผสม tocopherol 100 IU/ อาหารเลี้ยงสัตว์ 1 กิโลกรัม และกลุ่มที่ 3 ฉีด tocopherol 100 IU เข้าใต้ผิวหนังบริเวณคอและหลังไก่งวง พบว่าเนื้อไก่งวงส่วนอกมีค่า TBA ต่ำที่สุด รองลงมาคือเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่อง และเนื้อส่วนสะโพก ตามลำดับ และค่า TBA จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้ tocopherol จะช่วยให้ค่า TBA ลดลง และการผสม tocopherol ในอาหารสัตว์มีประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัว และป้องกันการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันได้มากกว่าฉีด tocopherol เข้าใต้ผิวหนังและเมื่อนำเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยมือที่ได้จากส่วนอกและเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่องมาผลิต meat loaves พบว่า meat loaves ที่ได้มีค่า TBA ต่ำกว่าตัวอย่างที่ผลิตจากเนื้อที่เป็นตัวอย่างควบคุมและตัวอย่าง meat loaves ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่า TBA ต่ำกว่าตัวอย่างที่ห่อด้วย aluminium foil

Ang (1986) รายงานวิธีวิเคราะห์ทางเคมีของการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน ด้วยค่า TBA ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวัดความเข้มของสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่าง 2 - thiobarbituric acid กับ malonaldehyde จากปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน Moerck และ Ball (1974) ศึกษาและติดตามความก้าวหน้าในการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันใน MDCM โดยการวัดค่า TBA พบว่าค่า TBA ตั้งแต่ 1.0 mg malonaldehyde/1 kg เป็นระดับที่ผู้ทดสอบสามารถรับรู้กลิ่นหืนของ MDCM ได้ Tarladgis และคณะ (1976) รายงานว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส รับรู้กลิ่นหืนของเนื้อหมูบดสุกและเนื้อวัวบดสุกที่มีค่า TBA ตั้งแต่ 0.5 – 1.0 mg malonaldehyde/1 kg และ 0.6 – 2.0 mg malonaldehyde/1 kg ตามลำดับ Lee และคณะ (1994) รายงานว่าการเติม oleoresin จาก sage หรือ rosemary ช่วยลดอัตราการเกิดกลิ่นหืนใน MDCM ที่ล้างด้วยสารละลาย sodium bicarbonate 0.5% Ahn และคณะ (1998) ศึกษาผลการเสริม dl-α-tocopheryl acetate ในอาหารสัตว์ต่อการเกิด lipid oxidation ใน turkey meat patties ที่ทำให้สุกแล้ว โดยเติม dl-α-tocopheryl acetate 25, 200, 400 และ 600 IU/ อาหาร

สัตว์ 1 กิโลกรัม ซึ่งเลี้ยงเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าลด thiobarbituric acid reactive substances ได้เมื่อใช้ในปริมาณ 200 IU/ อาหารสัตว์ 1 กิโลกรัมขึ้นไป

Jantawat และ Dawson (1980b) ศึกษาผลของความดันบรรยากาศที่ 0, 126, 380 และ 760 mmHg ต่ออายุการเก็บของ MDCM โดยเก็บที่ -18°C เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าตัวอย่าง MDCM ที่บรรจุที่ 0 และ 126 mmHg มีค่า TBA ต่ำกว่าที่ 380 และ 760 mmHg Jurdi, Mast และ MacNeil (1980) ศึกษาการเก็บ MDCM จากส่วนคอภายใต้บรรยากาศคาร์บอนไดออกไซด์ 30% (CO_2 : O_2; 30 : 70), คาร์บอนไดออกไซด์ 100% และไนโตรเจน 100% พบว่าเก็บที่ 5°C ได้นานกว่า 10 วัน และที่ -20°C เก็บได้เป็นเวลา 2 เดือน ค่า TBA ของ MDCM ที่เก็บภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 5°C และอุณหภูมิ -20°C ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นทั้งหมด Barbut, Kakuda และ Chan (1990) ศึกษาการเพิ่มของปฏิกิริยา oxidation ของไขมันใน MDCM ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็น และการแช่เยือกแข็งแบบ blast freezing และบรรจุแบบสุญญากาศกับแบบปกติที่อุณหภูมิเก็บ -18°C พบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันได้มากกว่า 4 เดือน ผลการวิเคราะห์ปริมาณ malonaldehyde หลังจากเก็บรักษานาน 5 เดือน พบว่าเนื้อที่แช่เยือกแข็งโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็น มีปริมาณ malonaldehyde สูงกว่าเนื้อที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี blast freezing ผู้ทดลองสรุปว่าเนื้อที่แช่เยือกแข็งโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเป็นสารให้ความเย็นเก็บได้อย่างน้อย 2 เดือน ขณะที่เนื้อที่แช่เยือกแข็งด้วยวิธี blast freezing เก็บได้เป็นเวลามากกว่า 5 เดือน ไม่ว่าจะบรรจุแบบใด

<u>การเสื่อมคุณภาพเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์</u>

การเสื่อมคุณภาพทางจุลินทรีย์ของ MDCM มีสาเหตุใหญ่จากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบเริ่มต้น ระหว่างฆ่า ชำแหละ แยกกระดูก ขนส่ง และเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ใน MDCM แปรตามจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ อุณหภูมิขณะแยกกระดูก ขนส่ง และเก็บรักษา (Froning, 1976) Mulder และ Dorresteijin (1975) ศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของ MDCM จากวัตถุดิบเริ่มต้นซึ่งเป็นส่วนหลัง ส่วนคอที่รวมหนัง ส่วนคอที่ไม่รวมหนัง และส่วนปีก พบว่า มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด 2.2 X 10^5 – 1.2 X 10^7 cfu/g , *Enterobacteriaceae* 9.7 X 10^2 – 5.5 X 10^4 cfu/g , Fecal Streptococci น้อยกว่า 10^2 cfu/g *Staphylococcus aureus* 6.0 X 10^2 – 2.7 X 10^4 cfu/g ไม่พบ *Salmonellae* และ *Clostridium perfringens*

Berry และ Cunningham (1970) รายงานว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติใน MDCM อยู่ระหว่าง 1.2 X 10^6 – 1.0 X 10^8 cfu/g และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่

ผู้บริโภคสามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไส้กรอก frankfurter ได้ อยู่ในช่วง 1.0 X 10^5 – 1.0 X 10^6 cfu/g Froning (1976) รายงานว่าจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวบ่งบอกมาตรฐานของอาหารควรใช้ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด, coliform , *Staphylococcus* และ *Salmonella* โดยปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดที่ยอมให้พบได้ใน MDCM ไม่เกิน 1.0 X 10^7 cfu/g ไม่ควรพบ coliform และ *Staphylococcus* ในตัวอย่าง 0.1 กรัม และไม่ควรพบ *Salmonella* ในตัวอย่าง 50 กรัม (Codex Alimentarious, 1963)

Raccach และ Baker (1979) ศึกษาการอยู่รอดของ *Staphylococcus aureus* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก (fermented sausage) ที่ผลิตจาก MDCM โดยหมักด้วยเชื้อที่มีอยู่ตามธรรมชาติ พบว่าการเติมเกลือ 3% และเก็บที่ 5°C ช่วยเสริมการเจริญของ *Lactobacilli* ให้สูงถึงระดับ 10^6 cfu/g หลังหมักนาน 12 วัน ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า หลังหมักนาน 60 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีค่า pH 4.7 และกรดแลกติก 1.6% การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์จนอุณหภูมิภายในเป็น 60°C ช่วยลดจำนวนของ *Lactobacilli* และ *Staphylococcus aureus* ได้ถึง 4.1 และ 5.6 log cycles ตามลำดับ Thayer และ Boyd (1992) ศึกษาการเก็บรักษา MDCM ด้วยการฉายรังสีแกมมาที่ 0.5 kGy ถึง 3.0 kGy ในภาวะสุญญากาศ ที่ 0°C พบว่ารังสีทำลาย *Staphylococcus aureus* ได้ 90% (1 log cycle) ไม่พบ enterotoxin ในเนื้อที่ฉายรังสีแล้ว แสดงว่าการฉายรังสีทำลายเซลล์ และสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้หมด Sofos และคณะ (1979) ศึกษาผลของ sodium nitrite และ sorbic acid ต่อการยับยั้งการสร้างสารพิษของ *Clostridium botulinum* ในไส้กรอกรมควัน (smoked sausage) ที่ผลิตจาก MDCM พบว่าตัวอย่างที่เติม sodium nitrite 20 และ 40 mg/kg เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับ sorbic acid 0.1% ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของ *Clostridium botulinum* แต่เมื่อใช้ sodium nitrite 156 mg/kg ร่วมกับ sorbic acid 0.1% มีผลในการยับยั้งการการเจริญเติบโตของสปอร์ และช่วยให้การผลิตสารพิษช้าลงได้เช่นเดียวกับการใช้ sorbic acid 0.2% เพียงอย่างเดียว

2.4 ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป

ผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูป เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผลิตโดยการนำเอาชิ้นเนื้อขนาดเล็ก มาผ่านกระบวนการผลิตทำให้ชิ้นเนื้อเชื่อมยึดเกาะกันเป็นก้อนเนื้อใหม่ ที่มีขนาดและรูปร่างตามแบบของแม่พิมพ์ โดยก้อนเนื้อใหม่ที่ได้จะมีลักษณะโครงร่างของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแน่น สม่ำเสมอ และคงรูปได้ดี (Lawrie, 1992) เมื่อหั่นหรือตัด ชิ้นเนื้อจะต้องไม่แยกแตกตัวหลุดออกมา การยึด-

เกาะกันของชิ้นเนื้อในเนื้อขึ้นรูป เป็นผลจากการจัดเรียงตัวของโปรตีนที่สามารถละลายได้ในสารละลายเกลือ (Alvarez และคณะ, 1990)

เบอร์เกอร์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการการยึดเกาะของชิ้นเนื้อ ที่ทำจากเนื้อสัตว์ เครื่องเทศ เครื่องปรุงรสและวัตถุเจือปนอาหารอื่น เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทบดหยาบ ที่นำเนื้อมาตีนวดกับเกลือแกง เพื่อสกัดโปรตีนที่ละลายในเกลือ โปรตีนดังกล่าวนี้ทำหน้าเป็นสารเชื่อมในระหว่างชิ้นเนื้อ จนส่วนผสมมีลักษณะเป็นมวลเหนียว จากนั้นบรรจุลงในแม่พิมพ์ อัดขึ้นรูป ทำให้สุกโดยใช้ไอน้ำและทอดหรือย่าง (Cross และคณะ, 1976; Bender, 1992)

ส่วนประกอบโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์เบอร์เกอร์ได้แก่ เนื้อหมูหรือเนื้อวัวหรือเนื้อแกะ ไขมัน น้ำแข็ง และสารปรุงแต่งกลิ่นรสซึ่งใช้ในปริมาณน้อย เพื่อทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น เนื้อที่ใช้ในการผลิตต้องเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง เช่น เนื้อจากส่วนไหล่ สะโพก หลัง เนื้อเหล่านี้มี myofibrillar proteins ที่สกัดออกจากกล้ามเนื้อได้ด้วยสารละลายเกลือ เพื่อทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมระหว่างชิ้นเนื้อ (Cross และคณะ, 1977) ไขมันเป็นส่วนประกอบที่มีผลต่อความนุ่มและความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์ ไขมันที่ใช้ในกระบวนการผลิตควรมีอนุภาคที่เหมาะสม เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง และมีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 32 - 41°C เช่น ไขมันหมู (Kregel, Prusa และ Hughes, 1986) น้ำแข็งเติมในกระบวนการผลิตเพื่อ ลดอุณหภูมิของส่วนผสมและให้ความชุ่มน้ำแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้สารปรุงแต่งกลิ่นรสกระจายในส่วนผสมได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังช่วยแทนที่น้ำที่ระเหยระหว่างการทำให้สุก ทำให้ปริมาณผลผลิตไม่ลดลงมากเกินไป (Miller และคณะ, 1986) สารปรุงแต่งกลิ่นรส เป็นส่วนผสมที่เติมเพื่อปรับกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เกลือแกง และเครื่องเทศ โดยเกลือแกงนอกจากจะให้รสชาติแล้ว ยังทำหน้าที่สกัดโปรตีนกล้ามเนื้อที่ละลายในน้ำเกลือด้วย เครื่องเทศที่ใช้เช่น หอมบด กระเทียมบด หรือพริกไทยป่น ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว (Cross และคณะ, 1976)

กระบวนการผลิตเบอร์เกอร์โดยทั่วไปทำโดยผสมเนื้อหมูหรือเนื้อวัวบดละเอียดในเครื่องผสม กับเกลือแกง น้ำแข็ง และสารปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น พริกไทย ผสมให้เข้ากันจนเหนียว การผสมส่วนเนื้อกับเกลือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ นอกจากเกลือจะช่วยด้านรสชาติแล้วยังเพิ่ม ionic strength ของโปรตีนเนื้อสัตว์ ทำให้การละลายของ myofibrillar proteins เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความเหนียวในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิเนื้อขณะผสมควรต่ำกว่า 16°C (Pearson และ Tauber, 1984) การควบคุมอุณหภูมิของเนื้อสัตว์ทำได้โดยเติมน้ำแข็ง จากนั้นจึงชั่งน้ำหนัก อัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ แล้วให้ความร้อนโดยการใช้ไอน้ำและทอด หรือแช่เยือกแข็งที่ -20°C จนแข็งตัวก่อนให้ความร้อนบน hot plate จนอุณหภูมิใจกลางผลิตภัณฑ์สูงกว่า 72°C ทำให้เย็น บรรจุในภาวะ

สุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18 ± 1°C (Cross, Berry และ Wells, 1980; Saleh และ Ahmed,1998)

2.5 ผลิตภัณฑ์ที่เกิดเจล

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดเจล เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อละเอียดที่มีการลดขนาดของเนื้อ จนทำให้โครงสร้างในระดับเส้นใยของเนื้อเปลี่ยนแปลงคือ มีโปรตีน myosin และ actin ละลายออกมานอกเส้นใย และทำให้ส่วนผสมแปรเปลี่ยนไปเป็นมวลเหนียว เมื่อให้ความร้อนจะเกิดโครงสร้างโมเลกุลแบบตาข่าย กักเก็บโมเลกุลของน้ำไว้ภายในโครงสร้างตาข่ายหรือเจลของ myofibrillar proteins (Fennema, 1996) โครงสร้างดังกล่าวนี้ จะมีความแข็งแรงมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับปริมาณไขมันที่มีอยู่ ถ้ามีในปริมาณสูง ไขมันจะขัดขวางภาวะการเกิดโครงร่าง 3 มิติที่ต่อเนื่องของเจล ทำให้เจลกักเก็บน้ำไว้ได้ไม่ดีพอ ขาดความแข็งแรง ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่นิ่มเกินไป และมีความยืดหยุ่นน้อยลง (Kramlich, Pearson และ Tauber, 1973)

ลูกชิ้น เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อสัตว์ เครื่องเทศ เครื่องปรุงรสและวัตถุเจือปนอาหารอื่นที่นำมาบดผสมกันอย่างละเอียด จนรวมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำให้เป็นรูปร่างที่ต้องการ ลวกให้สุก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533)

ส่วนประกอบโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นได้แก่ เนื้อหมูหรือเนื้อวัว น้ำแข็ง และสารปรุงแต่งกลิ่นรสซึ่งใช้ในปริมาณน้อย เพื่อให้เกิดรสชาติที่ดี เนื้อที่ใช้ในการผลิตต้องเป็นเนื้อที่มีคุณภาพดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง เช่นเนื้อจากส่วนไหล่ สะโพก หลัง เนื้อเหล่านี้มี myofibrillar proteins ที่สกัดออกจากกล้ามเนื้อได้ด้วยสารละลายเกลือ เพื่อเป็นสารเชื่อมระหว่างชิ้นเนื้อ (Cross และคณะ, 1977) น้ำแข็งเติมในกระบวนการผลิตเพื่อ ลดอุณหภูมิของส่วนผสมและให้ความชุ่มน้ำแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้สารปรุงแต่งกลิ่นรสกระจายในส่วนผสมได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังช่วยแทนที่น้ำที่ระเหยระหว่างการทำให้สุก ทำให้ปริมาณผลผลิตไม่ลดลงมากเกินไป (Miller และคณะ, 1986) สารปรุงแต่งกลิ่นรส เป็นส่วนผสมที่เติมเพื่อปรับกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เกลือแกง และเครื่องเทศ โดยเกลือแกงนอกจากจะให้รสชาติแล้ว ยังทำหน้าที่สกัดโปรตีนกล้ามเนื้อที่ละลายในน้ำเกลือด้วย เครื่องเทศที่ใช้ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว (Cross และคณะ, 1977)

กระบวนการผลิตลูกชิ้นโดยทั่วไปทำโดย ใส่เนื้อหมูหรือเนื้อวัวบดละเอียดลงในเครื่องสับผสม กับเกลือแกง น้ำแข็ง สารเชื่อม และสารปรุงแต่งกลิ่นรส สับผสมให้เข้ากันจนเหนียว การสับผสมส่วนเนื้อกับเกลือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ นอกจากเกลือจะช่วยด้านรสชาติแล้วยังเพิ่ม ionic strength ของโปรตีนเนื้อสัตว์ ทำให้การละลายของ myofibrillar proteins และการรวมตัว

ของ myosin กับ actin เป็น actomyosin sol เกิดเพิ่มขึ้น โดยทั่วไปใช้เกลือ 2 – 3% โดยน้ำหนัก (Joseph, 1997) ทั้งนี้ต้องควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการสับให้นานพอที่การสกัดโปรตีนจะเกิดได้อย่างสมบูรณ์ จึงจะเกิดเจลได้ดี อุณหภูมิเนื้อขณะสับผสมควรต่ำกว่า 16°C (Miller และคณะ, 1986) จากนั้นจึงขึ้นรูปและ set เจลในน้ำที่อุณหภูมิ 2 ระดับคือที่ 45 - 55°C เพื่อให้ actomyosin sol เปลี่ยนเป็น actomyosin gel และที่ 70 - 80°C เพื่อให้เจลที่เกิดขึ้นคงรูป จากการที่โปรตีนทั้งหมดจะจับก้อน (coagulate) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสเหนียวและมีความยืด-หยุ่น (Fennema, 1996)

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปและผลิตภัณฑ์ที่เกิดเจล</u>

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปและผลิตภัณฑ์ที่เกิดเจล ได้แก่ ขนาดของชิ้นเนื้อ การนวดผสม อุณหภูมิ เวลาที่ใช้ในการนวดผสม เกลือ สารเชื่อม และการขึ้นรูป ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ดังนี้

ขนาดของชิ้นเนื้อ การลดขนาดของชิ้นเนื้อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีน ซึ่งชิ้นเนื้อที่มีขนาดเล็กกว่าสกัด myofibrillar proteins ออกมาได้สูงกว่า แต่การลดขนาดของชิ้นเนื้อและการที่เนื้อนั้นสัมผัสอากาศนานๆ ช่วยเร่งให้เกิดกลิ่นหืนเร็วขึ้น จึงไม่ควรลดขนาดชิ้นเนื้อจนมีขนาดเล็กมากเกินไป เพราะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ ทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันได้ง่ายขึ้น (Acton, 1972)

การนวดผสม การนวดผสมนอกจากจะช่วยให้ส่วนผสมเข้ากันดีแล้ว ยังมีส่วนช่วยให้การอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นด้วย แต่บทบาทที่สำคัญที่สุดคือ การทำให้โปรตีนถูกสกัดออกจากกล้ามเนื้อ ช่วยเสริมการทำงานของเกลือที่ใช้ในการสกัดโปรตีน และทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อ (fiber) เกิดการแตกหักซึ่งมีผลที่ดีต่อการเชื่อมประสานของชิ้นเนื้อในภายหลัง การตีนวดหรือการผสมเป็นการทำให้ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตเนื้อขึ้นรูปคลุกเคล้ากันดี และยังช่วยสกัดโปรตีนออกจากกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจับตัวกันของชิ้นเนื้อให้มากขึ้น (Motzer และคณะ, 1998)

อุณหภูมิ อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญทั้งต่อการสกัดโปรตีนและการเกิดโครงสร้างในการจับตัวกันระหว่างชิ้นเนื้ออย่างถาวร (heat setting) อุณหภูมิมีผลต่อการสกัดโปรตีน ที่สภาวะการสกัดเดียวกัน โปรตีนถูกสกัดได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่า แต่ต้องไม่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของเนื้อ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนอยู่ในช่วง -2 ถึง 7°C (Fennema, 1996)

เวลาที่ใช้ในการนวดผสม การใช้เวลานานในการนวดผสม ช่วยให้โปรตีนถูกสกัดออกมาได้มากขึ้น ทำให้การยึดเกาะของชิ้นเนื้อดีขึ้นและผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นอิมัลชัน ปริมาณโปรตีน

myosin ที่ได้จะลดลง เนื่องจากขณะผสมมีการสะสมความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพ (denature) และไม่สามารถสกัดออกมาได้ (Nuckles, Smith และ Merkel, 1990)

เกลือ การใช้เกลือแกงในผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มรสชาติ และสกัดโปรตีนออกจากชิ้นเนื้อ เกลือช่วยเพิ่มความสามารถในการจับตัวกันระหว่างชิ้นเนื้อ เนื่องจากละลาย myosin ได้ โดยเกลือเพิ่ม electrostatic repulsions ในระบบกล้ามเนื้อทำให้ myosin ละลายออกมาได้ง่าย ปริมาณเกลือที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนอยู่ระหว่าง 2 – 3% (Joseph, 1997)

สารเชื่อม สารเชื่อม คือองค์ประกอบที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ แต่เติมในส่วนผสม เพื่อช่วยในการจับยึดตัวกัน เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดการสูญเสียน้ำหนักในขณะทำให้สุก และเพิ่มมูลค่าของเนื้อ จากการนำชิ้นส่วนที่มีราคาต่ำมาปรับปรุงให้มีคุณภาพดีขึ้น สารเชื่อมประสานเป็นสารที่มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูงที่ไม่ได้มาจากเนื้อเยื่อสัตว์ และมักทำมาจากพืชหรือนม เช่น wheat gluten เคซีน โปรตีนถั่วเหลืองสกัด เป็นต้น (Acton, 1972)

การขึ้นรูป การอัดหรือการขึ้นรูป เป็นขั้นตอนการผลิตเนื้อขึ้นรูปเพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อตามรูปแบบที่ต้องการ การจับตัวกันของชิ้นเนื้อเป็นผลมาจากการจับกันระหว่างน้ำ ไขมัน และโปรตีนที่ละลายออกมา ซึ่งการจับตัวกันจะสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อได้รับความร้อน ในระดับที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพของโปรตีนที่จับตัวกับน้ำและไขมัน เกิดโครงร่างประสานชิ้นเนื้อให้รวมตัวเป็นก้อน การอัดขึ้นรูปจะช่วยให้การยึดเกาะกันของชิ้นเนื้อหลังผ่านการทำให้สุกดีขึ้น การใช้ระบบสุญญากาศ หรือการกดอัดไล่อากาศภายในชิ้นเนื้อออกไป เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะจับตัวกันดีขึ้น เพราะฟองอากาศที่แทรกอยู่ภายในระหว่างชิ้นเนื้อจะลดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างชิ้นเนื้อลง (Megard, Kitabatake และ Cheftel, 1985)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย