บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

MDCM เป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเนื้อไก่สดแช่แข็ง ซึ่งได้จากเนื้อส่วนติดกระดูกที่แยกชิ้นส่วน อก ปีก และขาออกไปแล้ว เนื้อเยื่อส่วนที่นำมาแยกกระดูกด้วยเครื่อง (deboning machine) ประกอบด้วยคอ หลัง และโครงลำตัวของไก่ MDCM มีลักษณะเป็นเนื้อบดละเอียด สีเข้ม เนื่องจากมีส่วนของ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของไขกระดูกอยู่สูงกว่าเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยมือ (HDCM) ถึง 3 เท่า (Froning และ Johnson, 1973) นอกจากนี้ยังมีไขมันและแคลเซียมสูงกว่า โปรตีนต่ำกว่า HDCM (Schuler, 1985) อย่างไรก็ตาม MDCM มีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิด แม้จะมีปริมาณน้อยกว่า แต่ไม่ต่างกันมากนัก (Babji, Froning และ Satterlee,1980) นอกจากนั้น Koolmees และ คณะ (1986) ยังรายงานว่า MDCM มีโปรตีนสูงกว่า แต่ ไขมันต่ำกว่า เนื้อหมู และเนื้อวัว แยกกระดูกด้วยเครื่อง

<u>องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM</u>

องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM แปรตามปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ ชิ้นส่วนที่ใช้ในการแยกกระดูก อัตราส่วนของกระดูกในเนื้อ ชนิดของเครื่องแยกกระดูกที่ใช้ และปริมาณหนัง (Froning, 1976) MacNeil , Mast และ Leach (1978) ศึกษาองค์ประกอบของเนื้อไก่กระทงแยกกระดูกด้วยเครื่อง (mechanically deboned broiler meat, MDBM) พบว่าเนื้อจากส่วนคอไม่รวมหนังมีโปรตีน 15.3 % ไขมัน 7.9 % ความชื้น 76.7 % จากส่วนหลังที่มีหนังติดอยู่ มีโปรตีน 11.9 % ไขมัน 24.0 % ความชื้น 63.1 % และจากส่วนคอและหลังไม่รวมหนัง มีโปรตีน 13.7 % ไขมัน 17.0 % ความชื้น 69.0 % Pikul และ Niewiarowicz (1988) ศึกษาองค์ประกอบของ MDBM ที่เตรียมจากส่วนซากทั้งหมด ส่วนซากไม่รวมอก ส่วนซากไม่รวมขา ส่วนซากไม่รวมอกและขา พบว่า MDBM จากส่วนซากทั้งหมด มีโปรตีนสูงสุด ไขมัน และรงควัตถุฮีม (heme pigments) ต่ำสุด ขณะที่ MDBM จากส่วนซากไม่รวมอกและขา มีโปรตีนต่ำสุด ไขมันและ รงควัตถุฮีมสูงสุด ผู้วิจัยสรุปว่าองค์ประกอบของเนื้อชนิดนี้ขึ้นกับ ชิ้นส่วนที่นำมาแยกกระดูก และแหล่งของวัตถุดิบที่ใช้

องค์ประกอบของ MDCM แตกต่างจาก HDCM Froning (1976) รายงานว่า MDCM มีโปรตีนต่ำกว่า แต่มีไขมัน แคลเซียม โปตัสเซียม เหล็ก และโคเลสเตอรอลสูงกว่า HDCM Ang และ Hamm (1982) ศึกษาองค์ประกอบของ MDBM เปรียบเทียบ

กับเนื้อไก่กระทงแยกกระดูกด้วยมือ (hand deboned broiler meat, HDBM) ที่ผลิตจากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDBM มีความชื้น 62.70-71.70 % ไขมัน 15.20-25.20 % โปรตีน 10.30 -11.50 % เถ้า 0.80-0.89 % และเหล็ก 1.45-1.86 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 100 กรัม HDBM มีความชื้น 59.81-73.29 % ไขมัน 11.57-29.77 % โปรตีน 9.96-13.87 % เถ้า 0.44-0.57 % และ เหล็ก 0.86-1.12 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 100 กรัม โดยในชิ้นส่วนเดียวกัน MDBM มีความชื้น ไขมัน เถ้า และเหล็กสูงกว่า HDBM ขณะที่โปรตีนต่ำกว่า หรือไม่ต่างกัน Padda (1983) ศึกษาองค์ประกอบของ เนื้อสัตว์ปีกแยกกระดูกด้วยเครื่อง (mechanically deboned poultry meat, MDPM) เปรียบเทียบกับ ตัวอย่างที่แยกกระดูกด้วยมือ (hand deboned poultry meat, HDPM) จากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDPM มีไขมันสูงกว่า (12 -27 %) และโปรตีนต่ำกว่า (9-15 %) นอกจากนี้ MDPM ยังเป็นแหล่งที่ดีของเหล็ก และมี แคลเซียม และ ฟอสฟอรัสสูงกว่า HDPM Kumar และ Pederson (1983) ศึกษาปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ใน MDCM จากส่วนซากทั้งหมดของแม่ไก่ เปรียบเทียบกับ HDCM ที่ผลิตจากชิ้นส่วนเดียวกัน พบว่า MDCM มีกรดอะมิโนจำเป็น อยู่ในช่วง 38.17- 42.50 % ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับ HDCM คือ 42.49 % ของปริมาณกรดอะมิโนทั้งหมด Nuckles, Smith และ Merkel (1990) ศึกษาองค์ประกอบของ MDCM ที่เตรียมจากส่วนคอ หลัง และโครงลำตัวของไก่ พบว่ามีความชื้น 65.6 % ไขมัน 14.2 % โปรตีน 17.4 % คอลลาเจน 3.9 % ของปริมาณโปรตีนทั้งหมด ซึ่งมีค่าสูงกว่า คอลลาเจนที่พบในเนื้อไก่ (ไก่อายุน้อย, แม่ไก่, ไก่งวง, ไก่กระทง) ส่วนอก (1.96-3.08 %) แต่ต่ำกว่าปริมาณที่พบในกล้ามเนื้อส่วนขา (5.63-6.87 %) นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนของ MDCM ประกอบด้วยโปรตีนที่สกัดได้ด้วยน้ำหรือสารละลายเกลือที่มีความแรงไอออนต่ำ (low ionic strength soluble protein, LIS) อยู่ 28.60 % มีโปรตีนที่สกัดได้โดยใช้สารละลายเกลือที่มีความแรงไอออนสูง (high ionic strength soluble protein, HIS) 40.40 % และโปรตีนส่วนที่ไม่ละลายทั้งในน้ำและสารละลายเกลือที่มีความแรงไอออนต่ำหรือสูง (insoluble protein) 31.00 % HIS ประกอบด้วยไมโอซิน (myosin) 50.3 % แอคติน (actin) 22.3 % และสัดส่วนโมลระหว่างไมโอซินกับแอคติน 1 : 5 ในขณะที่กล้ามเนื้อโครงสร้าง (skeletal muscle) ของเนื้อไก่มีสัดส่วนโมลระหว่างไมโอซินกับแอคติน 1 : 6 (Murakami และ Uchida, 1985) Jantawat และ Dawson (1980) ศึกษาองค์ประกอบของ MDCM จากส่วนโครงอก (light MDCM) ส่วนคอและหนัง (dark MDCM) เปรียบเทียบกับ HDCM จากส่วนอก (light HDCM) ขา (dark HDCM) กระดูก และหนัง พบว่าองค์ประกอบกรดไขมัน ของ neutral lipids จากเนื้อแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ขณะที่องค์ประกอบกรดไขมัน ของ phospholipids จาก light MDCM และ

dark MDCM เหมือนกรดไขมันของส่วนกระดูก light HDCM และ dark HDCM มากกว่าส่วนหนัง ปริมาณโคเลสเตอรอลของ light MDCM และ dark MDCM ใกล้เคียงกับที่ตรวจพบในหนังมากกว่าในส่วนกล้ามเนื้อ Dawson และ คณะ (1990a) รายงานว่าองค์ประกอบของ MDCM จากส่วนโครงอก มีความชื้น 70.1 % โปรตีน 15.7 % ไขมัน 12.8 % neutral lipids มี 94 % ของกรดไขมันทั้งหมด และ 50 % เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (2,846 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 100 กรัม) ซึ่งสูงกว่า ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของ phospholipids (142 มิลลิกรัม ต่อเนื้อ 100 กรัม) ประมาณ 20 เท่า นอกจากนี้ MDCM ยังมี รงควัตถุฮีมที่ได้จากไขกระดูก อยู่ในปริมาณสูง Froning และ Johnson (1973) พบว่า MDCM มี รงควัตถุฮีมสูงกว่า HDCM ถึง 3 เท่า ดังนั้น MDCM จึงมีสีแดงเข้มกว่า HDCM และมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อชนิดนี้ในการผลิต

ได้มีการศึกษาองค์ประกอบของ MDCM ที่มีผลต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค อย่างกว้างขวาง และพบว่า MDCM โดยทั่วไปมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับเนื้อไก่ และมีแร่ธาตุอยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค Murphy และ คณะ (1979) กล่าวว่า แคดเมียม ที่พบในไตของไก่อายุมาก มีปริมาณสูง ซึ่งมีผลต่อสุขภาพและความปลอดภัยต่อทารก และเด็กอายุ ต่ำกว่า 12 ปี จึงไม่อนุญาตให้มีส่วนของไตปนอยู่ใน MDCM Vos, Lammers และ Kan (1990) ศึกษาปริมาณแคดเมียม และ ตะกั่ว ใน MDBM จากส่วนโครงลำตัว และรายงานว่ามีน้อยกว่า 0.001-0.004 mg / kg และ น้อยกว่า 0.1-0.06 mg / kg ตามลำดับ ขณะที่แคดเมียมใน MDBM จากหลัง (รวมตับ และ คอ) มีน้อยกว่า 0.001-0.002 mg/kg แต่ปริมาณจะเพิ่มสูงขึ้นถ้ามีตับปนอยู่มากขึ้น ส่วนตะกั่วที่ตรวจพบ ไม่แตกต่างจาก ที่พบในเนื้อ ที่เตรียมจากส่วนโครงลำตัว และระดับของแร่ธาตุที่พบเหล่านี้ไม่เป็นอันตราย ต่อสุขภาพของผู้บริโภค ในส่วนของกระดูกที่เจือปนอยู่ในเนื้อ Murphy และคณะ (1979) รายงานว่าปริมาณกระดูกที่ตรวจพบ ซึ่งอยู่ในช่วง 0.5-2.0 % ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่ควรมีการควบคุมให้เหมาะสมสำหรับการนำเนื้อไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ปริมาณแคลเซียม ใน MDCM ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ยกเว้นเฉพาะบุคคลที่ต้องจำกัดปริมาณสารนี้ เนื่องจากผลทางด้านยา ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของ MDCM ควรระบุไว้ที่ฉลากด้วย U.S. Department of Agriculture (USDA) กำหนดไว้ว่า MDCM ปริมาณไขมันต้องไม่เกิน 30 % และแคลเซียมน้อยกว่า 1 % (Institute of Food Technologists,1979) และเนื่องจากปริมาณโคเลสเตอรอลของ MDCM โดยประมาณแล้วจะเป็น 2 เท่า ของ HDCM ดังนั้นบุคคลที่ต้องการจำกัดปริมาณโคเลสเตอรอล ควรพิจารณาจากฉลากของผลิตภัณฑ์ด้วย

การปรับปรุงคุณภาพของ MDCM

มีการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวาง ถึงวิธีการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM เพื่อให้เนื้อชนิดนี้มีคุณภาพเหมาะสม สำหรับการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ อาหาร อาจสรุปวิธีการที่มีผู้เสนอแนะไว้ได้ เป็น 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่ การปรับ pH การ centrifuge และสกัดกับ การล้างและสกัด

การปรับ pH pH ของเนื้อที่ใช้มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชั่น (emulsion stability) จากเนื้อสัตว์ Maesso, Baker และ Vadehra (1970) ศึกษาการปรับ pH ของ MDCM ในช่วง 5.0-8.0 ด้วย 0.1 M NaOH หรือ 0.1 M HCl แล้วนำมาผลิตเป็น ผลิตภัณฑ์ประเภท meat loaves อบที่ 176 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิภายใน เป็น 82 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้วัดค่า tensile strength ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแรงที่ต้องใช้ในการดึงชิ้นส่วนที่จับกันของชิ้นเนื้อให้แยกจากกัน ด้วยเครื่อง Instron Universal Testing Machine พบว่าที่ pH 8.0 ชิ้นเนื้อมีการเชื่อมติดกันดีที่สุด , pH 5.0 อัตราการเชื่อมต่ำสุด และ pH 6.5 อัตราการเชื่อมอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจาก isoelectric point ของโปรตีน โดยส่วนมากจะอยู่ระหว่าง pH 4.5 และ 6.5 และที่ isoelectric point นี้โปรตีนจะตกตะกอนออกจากสารละลาย ทำให้ความสามารถในการเชื่อมของชิ้นเนื้อลดลง Froning และ Janky (1971) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ที่ใช้ในการผลิตไส้กรอก ซึ่งประกอบด้วย MDCM น้ำแข็ง เกลือ พริกไทย พริกป่น และไข่ขาวผง อบในเตาอบไฟฟ้า จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเป็น 78 องศาเซลเซียส โดยการปรับ pH ของเนื้อ ในช่วง 5.5 -7.1 ด้วย NaOH หรือ HCl ในน้ำแข็งที่ใช้ พบว่าเมื่อ pH สูงขึ้น ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวอิมัลชั่นเพิ่มขึ้น และมีการสูญเสียน้ำหนักจากการผลิต (cooking losses) ลดลง tensile strength เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แสดงว่า pH มีผลต่อการเชื่อมกันของชิ้นเนื้อ การใช้เทคนิค salt preblending ร่วมกับการปรับ pH ช่วยปรับปรุงความสามารถในการเกิดอิมัลชั่น (emulsifying ability) เพราะทั้ง salt preblending และการปรับ pH ให้เหมาะสม ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ด้วยสารละลายเกลือ (salt soluble proteins) McMahon และ Dawson (1976) ศึกษาการเติม polyphosphate salts ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก (semi-dry, fermented sausage) ที่ผลิตจากเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยเครื่อง (mechanically deboned turkey meat, MDTM) ผสมกับเนื้อไก่งวงแยกกระดูกด้วยมือ (hand deboned turkey meat, HDTM) อย่างละ 50 % พบว่า polyphosphate salts ทำให้ pH ของเนื้อสูงขึ้น และผลิตภัณฑ์มีค่าแรงยึด (binding strength) ระหว่างชิ้นเนื้อสูงขึ้น

การ centrifuge และสกัด ทำเพื่อปรับปรุง ความจุอิมัลชั่น (emulsion capacity), ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และความคงตัวของกลิ่นรส (flavor stability) เนื่องจากรงควัตถุฮีม และไขมันถูกกำจัดออกไปบางส่วน ทำให้ความจุอิมัลชั่นดีขึ้นและปริมาณโปรตีนสูงขึ้น Froning และ Johnson (1973) ปรับปรุงคุณภาพ MDCM ด้วยการปั่นแยก (centrifuge) ที่ความเร็ว 20,000 x g นาน 15 นาที เนื้อที่ได้มีโปรตีนเพิ่มขึ้นและไขมันลดลง หลังการปั่นแยก เนื้อจะแยกออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนเนื้อ ส่วนของสารละลายและส่วนของชั้นไขมัน เมื่อแยกส่วนของไขมันและสารละลายออกไป รงควัตถุฮีมจะติดออกไปด้วย ความเข้มของสีแดงจึงลดลง เนื้อที่ได้มีความคงตัวของอิมิลชั่น และความจุอิมัลชั่นสูงขึ้น ขณะที่ค่า TBA (thiobarbituric acid) ลดลง เหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะเมื่อปริมาณไขมันลดลง ทำให้การเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมัน (lipid oxidation) ลดลงด้วย Dhillon และ Maurer (1975a) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของ MDCM และ MDTM ด้วยการปั่นแยก ที่ความเร็ว 23,300 x g นาน 15 นาที จากนั้นนำมาบรรจุในถุง polyethylene แช่แข็งที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส และเก็บนาน 6 เดือน พบว่าหลังการปั่นแยก เนื้อที่ได้มีสีอ่อนลง ปริมาณไขมันลดลง แต่มีโปรตีน ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความจุอิมัลชั่นสูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าเนื้อดังกล่าวนี้มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยมาก ระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่แข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ Dhillon และ Maurer (1975b) ศึกษาการใช้ MDCM และ MDTM ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการปั่นแยกในการผลิตไส้กรอก summer sausage พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโปรตีนสูงขึ้น และเสียน้ำหนักระหว่างการรมควัน น้อยลง เนื่องจากเนื้อมี ความสามารถในการอุ้มน้ำ สูงขึ้น และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสยังพบว่า ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัส สี และลักษณะปรากฏ เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบสูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก MDCM ที่ไม่ปรับปรุงคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญ

การล้าง และสกัด ทำเพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่นรส และลดปริมาณไขมัน Hernandez, Baker และ Hotchkis (1986) ปรับปรุงสีของ MDCM โดยการล้างด้วยสารละลาย 0.04 M phosphate buffer ที่ pH 6.4-8.0 พบว่าสารละลาย pH 8.0 สกัดรงควัตถุออกได้มากที่สุด ($p \leq 0.05$) ทำให้เนื้อที่ได้มีสีอ่อนลงและมีความสว่างเพิ่มขึ้น Dawson, Sheldon และ Ball (1988) ศึกษากระบวนการสกัดไขมันและรงควัตถุออกจาก MDCM โดยใช้สารละลาย 3 ชนิดคือ 0.5 % sodium bicarbonate, 0.1% acetate buffer และ น้ำประปา โดยผสมสารละลายแต่ละชนิดกับ MDCM ในอัตราส่วน 4 : 1 เป็นเวลา 30 นาที แล้วกรอง จะได้ส่วนเนื้อค้างอยู่บนตะแกรงเรียกว่า captured meat (CM) และสารละลายกับเนื้อที่ผ่านตะแกรงเรียกว่า non - captured meat (NC) พบว่าสารละลายที่ใช้สกัด ทุกชนิด มีผลในการลดปริมาณไขมันอย่างมีนัยสำคัญ

และ NC มีไขมันน้อยกว่า CM ไม่ว่าจะ ใช้ สารสกัดชนิดใด sodium bicarbonate เพิ่มความสว่างและลดสีแดงของ CM ได้ดีกว่า สารละลายชนิดอื่น เนื่องจากมีค่า pH 8.5 ซึ่งเป็น pH ที่มีประสิทธิภาพในการดึงฮีโมโกลบิน ออกจากเนื้อ Lin และ Chen (1989) ศึกษาภาวะการล้างและสกัด MDCM ด้วยสารสกัด 4 ชนิด คือ 0.5 % sodium chloride, 0.5 % sodium acetate, 0.5 % Kena และ 0.038 M phosphate buffer ที่ pH 8.0 ใช้อัตราส่วนเนื้อต่อสารสกัด 1 : 3 พบว่า สารละลาย Kena และ phosphate buffer มีประสิทธิภาพในการลดสีแดง และเพิ่มความสว่างของ MDCM นอกจากนั้นยังลดปริมาณไขมันอีกด้วย Dawson และ คณะ (1990b) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ phospholipids และ neutral lipids ของ MDCM ที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย 0.5 % sodium bicarbonate พบว่าสารละลายที่ใช้สามารถสกัด ไขมัน ซึ่งประกอบด้วย 81.0 % ของ neutral lipid fatty acids และ 57.0 % ของ phospholipid fatty acids ได้มากถึง 88.3 % ของปริมาณไขมันที่มีอยู่ทั้งหมด แต่ MDCM ล้าง มีค่า TBA สูงกว่า และถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สูงกว่า MDCM ไม่ล้าง MDCM (ทั้งที่ผ่านการล้าง และไม่ล้าง) นำมาผลิตไส้กรอก ซึ่งประกอบด้วย MDCM และเกลือ นำมาต้มในน้ำ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเป็น 75 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน พบว่ามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นใกล้เคียงกัน Yang and Froning (1992a) พบว่า การล้าง MDCM ด้วยน้ำประปา , ด้วย 0.5 % sodium bicarbonate, sodium phosphate buffer (ionic strength, 0.1) หรือ 0.1 M sodium chloride มีผลในการสกัด รงควัตถุฮีม และ ลดปริมาณไขมัน สารละลาย sodium bicarbonate มีความสามารถในการเพิ่มความสว่าง และลดสีแดงของ MDCM ได้ดีกว่าสารละลายชนิดอื่น Yang and Froning (1992b) ศึกษาผลของ pH (5.0, 6.0, 7.0 และ 8.0) ของสารละลาย และ เวลาในการผสมสารละลายกับ MDCM (10, 20 และ 30 นาที) ต่อปริมาณโปรตีนใน MDCM ล้าง พบว่าเมื่อ pH และเวลาในการผสมสูงขึ้น รงควัตถุฮีม และโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ สกัดออกมาจากส่วนเนื้อได้มากขึ้น และ MDCM ที่ล้างด้วยสารละลาย pH 7.0 และ 8.0 มี โปรตีนที่สกัดได้ด้วยสารละลายเกลือ สูงกว่า ที่ pH ต่ำกว่า และให้ผลเช่นเดียวกัน เมื่อใช้เวลาในการผสมนานกว่า 20 นาที Yang and Froning (1992c) ศึกษาการล้าง MDCM ด้วยสารละลาย 0.5 % sodiumbicarbonate แล้วกรองผ่านตะแกรง (0.85 mm mesh) พบว่าเนื้อที่ติดอยู่บนตะแกรง มีปริมาณผลผลิต (yield) 18.7 % (น้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วย ไมโอไฟบริลลาโปรตีน มากกว่า 2.8 เท่า และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มากกว่า 3.0 เท่าของเนื้อไม่ล้าง สำหรับเนื้อที่ผ่านตะแกรงมาได้มี ผลผลิต 20.7 % (น้ำหนักแห้ง) ประกอบด้วย ไมโอไฟบริลลาโปรตีน มากกว่า 9.2 เท่า และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อยกว่า 3.0 เท่าของเนื้อไม่ล้าง

Shahidi, Synowiecki และ Onodenalore (1992) ปรับปรุงคุณภาพของ MDCM ด้วยการล้างและการสกัด โดยใช้ น้ำ, สารละลาย 0.5 % sodium chloride หรือ 0.5 % sodium bicarbonate พบว่า สารละลาย sodium bicarbonate สกัดรงควัตถุฮีมโปรตีนออกได้สูงสุดคือ 75.5 % มีผลให้สีของเนื้อดีขึ้น และสกัด ไขมันได้ 18.7 % ของไขมันทั้งหมด เป็นผลให้ปริมาณโปรตีนสูงเป็น 56.5 % (น้ำหนักแห้ง) หลังจากล้างด้วยน้ำ และ 43.4 % (น้ำหนักแห้ง) หลังจากล้างด้วยน้ำ และ สารละลาย sodium bicarbonate Lee และคณะ (1994) ศึกษาผลของการล้าง MDCM ด้วยน้ำกลั่น ด้วยสารละลาย sodium phosphate (0.04 M, pH 7.4) และ sodium bicarbonate (0.5 %, pH 8.0) พบว่าสารทุกชนิดมีผลในการลดปริมาณไขมันและโปรตีน และเพิ่มความชื้นของ MDCM สารละลาย sodium phosphate และ sodium bicarbonate สกัดไขมันได้ 47.4 และ 47. 1 % ของไขมันทั้งหมด (น้ำหนักแห้ง) และได้โปรตีนสูงขึ้นเป็น 68.1 และ 73.3 % (น้ำหนักแห้ง) MDCM ที่ผ่านการล้างมีค่าความสว่างสูงขึ้น และค่าสีแดงต่ำลง Onodenalore (1995) ศึกษาการล้าง MDCM ด้วย น้ำ, สารละลาย 0.5 % sodium chloride หรือ 0.5 % sodium bicarbonate พบว่าสารละลาย sodium bicarbonate สกัดรงควัตถุฮีมโปรตีน และไขมันออกได้สูงสุดในปริมาณ 73.9 และ 52.1 % ตามลำดับ โปรตีนของเนื้อล้าง อยู่ในช่วง 58.1 % (น้ำหนักแห้ง) หลังจากล้างด้วยน้ำ 41.7 % (น้ำหนักแห้ง) หลังจากล้างด้วยน้ำ และสารละลาย sodium bicarbonate และปริมาณของ flavour precursors ได้แก่ free amino acid และ inosine monophosphate ลดลงมากกว่า 50 % ปริมาณกรดนิวคลีอิค และโคเลสเตอรอลในเนื้อล้าง ลดลง 60.5 และ 42.3 % ตามลำดับ เนื้อที่ผ่านการล้างมีความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นน้อยกว่าเนื้อไม่ล้าง อย่างไรก็ตามเนื้อล้างที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน มากกว่าเนื้อไม่ล้าง เมื่อเก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์

<u>การใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์อาหาร</u>

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้ MDCM เป็นส่วนผสมได้แก่ loaves, burgers, steak, poultry roll, patties, meat ball, ผลิตภัณฑ์ประเภท kamaboko, luncheon meat, soup และไส้กรอกชนิดต่าง ๆ โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้ MDCM ทดแทนเนื้อแดงในปริมาณต่าง ๆ กัน โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่า MDCM ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แทบทุกชนิด โดยผสมกับเนื้อแดง หรือ HDCM ในปริมาณที่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์ได้ ซึ่งพบว่าใช้ได้ตั้งแต่ 5 ถึง 50 % ของน้ำหนักเนื้อสัตว์ทั้งหมด Holley และคณะ (1986) ศึกษาการผลิตไส้กรอกหมักจากเนื้อหมูและเนื้อวัว (pork / beef fermented sausages) จาก MDCM โดยเติม glucono-delta-lactone หรือ starter culture ซึ่งประกอบด้วย

Pediococcus pentosaceus และ *Staphylococcus carnosus* หรือ *Stap. carnosus* กับ *Lactobacillus plantarum* พบว่าการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์ไม่มีผลต่อการลดลงของ pH glucono-delta-lactone มีผลให้ pH ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และช่วยให้ผิวภายนอกของผลิตภัณฑ์ มีความแข็งมากขึ้น โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เติม MDCM 10 และ 15 % ผลิตภัณฑ์ที่เติม *Stap. carnosus* กับ *L. plantarum* มีการเปลี่ยนแปลง pH ช้าที่สุด และมี water activity (a_w) สูงกว่าตัวอย่างอื่น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก MDCM มีความเหนียว และการเกาะตัวกันน้อยลง อย่างไรก็ตามการใช้ MDCM 10 % ไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติม starter culture Grujic, Mulalic และ Solaja (1991) ศึกษาการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์ beef patties โดยใช้แทนเนื้อวัวในปริมาณ 5, 10 หรือ 20 % พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติม MDCM 20 % มี โปรตีน 18.41 % เถ้า 3.28% แคลเซียม 57.80 mg ฟอสฟอรัส 226.70 mg สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติม MDCM แต่ไม่มีผลต่อลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่เติม MDCM มีสีเข้มกว่า ตัวอย่างที่ไม่เติม เล็กน้อย Bystricky และ Pipova (1993) ศึกษาการผลิต poultry sausage จาก MDPM (60 % MDPM, 25 % pork) นำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่า peroxide และ TBA พบว่าไขมันจาก MDPM มีผลกระทบต่อคุณภาพของไส้กรอก เนื่องจากปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่มีอยู่สูงใน MDPM และขั้นตอนการแยกกระดูกด้วยเครื่อง มีผลให้การเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และไฮโดรไลติค (hydrolytic) ของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น การให้ความร้อนในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นสาเหตุให้ค่า peroxide สูงขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงของไขมันเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลติคต่ำลง Tourres, Olivo และ Skimokomaki (1995) ศึกษาความคงตัวของไขมัน ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เตรียมจาก MDCM พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เติม MDCM 20 % เก็บได้ 90 วัน ที่อุณหภูมิ - 20 องศาเซลเซียส แต่เมื่อปริมาณ MDCM สูงขึ้น ไขมันสูงขึ้น มีผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันสูงขึ้นด้วย จึงต้องปรับปรุงคุณภาพโดยการสกัดไขมันใน MDCM ออกบางส่วนก่อนเติมในผลิตภัณฑ์ ได้มีผู้ทดลองใช้ MDCM 100 % ในผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ โดย Laughren และ Maurer (1985) ศึกษาการผลิต Sloppy Tom (ผลิตภัณฑ์ซอสผสมเนื้อบดละเอียด) จาก MDCM ทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ โดยบริโภคพร้อมขนมปัง hot dog เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อวัว (Sloppy Joes) พบว่า 88 % ของจำนวนผู้ทดสอบมีความเห็นว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีเยี่ยม และ 75 % ของจำนวนผู้ทดสอบมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ ถ้ามีวางจำหน่าย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจาก MDCM มีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำ ผลจากการทดลองสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้สูงในการผลิต Sloppy Tom จาก MDCM เพื่อวางจำหน่าย Jantawat และ Carpenter (1989) ศึกษาการใช้ phosphates และ non-meat proteins ในผลิตภัณฑ์

ไส้กรอกรมควันจาก MDCM non-meat proteins ที่ใช้มี 4 ชนิดได้แก่ sodium caseinate (SC) 3 %, soy protein isolate (SPI) 3 %, soy protein concentrate (SPC) 3 %, yeast protein (YP) 1 % ส่วน phosphate ใช้ในปริมาณ 0.5 % พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้ SPI, SPC, SC มีค่า cook yields เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) การเติม phosphates ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกรมควันเป็นผลให้ไส้กรอกเสียน้ำน้อยและมีความชุ่มน้ำมากขึ้น non-meat protein binders ไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อใช้ร่วมกับ phosphate จึงมีผลทำให้ค่า firmness เพิ่มมากขึ้น Atarattu (1993) ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซูริมิไก่ ที่ผลิตจาก MDCM โดยเติมเส้นใยจาก rhubarb พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณโปรตีน 16.32 % การเติมเส้นใย 20 % ช่วยปรับปรุงความรู้สึกในปากของเจลซูริมิ และผลิตภัณฑ์ มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมาก Chi (1993) ศึกษาการผลิตน้ำซุปไก่ (chicken broth) จาก MDCM โดยต้มเนื้อต่อน้ำในอัตราส่วน 1 : 3 (w/w) นาน 3 ชั่วโมง พบว่าผลิตภัณฑ์มี องค์ประกอบของกรดอะมิโน arginine , threonine , lysine และ leucine ซึ่งเป็น กรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังพบ glycine, glutamic acid, proline และ alanine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนไม่จำเป็นในผลิตภัณฑ์ด้วย

<u>เสถียรภาพของ MDCM และผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของ MDCM</u>

การเสื่อมคุณภาพของ MDCM เกิดจากสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากปฏิกิริยาทางเคมี และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากจุลินทรีย์

<u>การเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากปฏิกิริยาทางเคมี</u> มีผลทำให้ สี และกลิ่นของ MDCM และผลิตภัณฑ์ที่มี MDCM เป็นองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไป ปฏิกิริยาสำคัญคือปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว และปฏิกิริยา hydrolysis ของไขมัน ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดได้เร็วเพราะ MDCM มีลักษณะเป็นเนื้อบดละเอียด จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมาก และในระหว่างการแยกกระดูก เนื้อจะถูกบดและบีบอัดผ่านช่องขนาดเล็ก ทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะเร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น ผลิตภัณฑ์จากเนื้อชนิดนี้จึงเกิดกลิ่นรสผิดปกติที่เรียกว่า warmed-over-flavor (WOF) ได้เร็วระหว่างเก็บรักษา (Gray และ Pearson, 1987) Dawson และคณะ (1990b) ศึกษาองค์ประกอบกรดไขมัน ของ neutral lipid (NL) และ phospholipid fraction (PL) จาก MDCM พบว่า NL มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว มากกว่า PL 20 เท่า ผู้ทดลองยังได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ NL และ PL ระหว่างการเก็บแบบแช่แข็ง พบว่ากรดไขมันใน NL มีความคงตัวมากกว่ากรดไขมันใน PL PL มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ได้มากกว่า NL ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้ความแตกต่างของปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวระหว่าง NL และ PL ทั้งนี้อาจมีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้องด้วย ได้แก่

อัตราส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ต่อกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ที่มีพันธะคู่ 2 อัน และ ผลของตัวเร่งปฏิกิริยาของการแบ่งไนโตรเจนใน PL (catalytic effect of PL nitrogen moiety) Yang และ Froning (1992a) รายงานสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยา autoxidation ที่พันธะคู่ ของกรดไขมัน ชนิดไม่อิ่มตัว ใน MDCM ไว้หลายประการได้แก่ การสัมผัสกับออกซิเจนใน อากาศ การเพิ่มขึ้นของ สารเร่งปฏิกิริยา (prooxidants) ได้แก่ แสง ความร้อน ปริมาณไขกระดูก และรงควัตถุที่มีในเนื้อสัตว์ MDCM มี ฮีโมโกลบินของไขกระดูกปนอยู่ในปริมาณสูง และ ส่วนที่เป็นฮีม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ ฮีโมโกลบิน ในเลือด และไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อ เป็น สารประเภทพอร์ไฟริน (porphyrin) ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ และเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชั่นของไขมันในเนื้อไก่ Love และ Pearson (1974) รายงานว่า สารเร่งปฏิกิริยา ออกซิเดชั่นของไขมันที่สำคัญในเนื้อไก่ ได้แก่ heme iron และ nonheme iron nonheme iron เป็นเหล็กอิสระที่ปลดปล่อยจากส่วนประกอบของ heme complex หรือเหล็กอิสระ ที่ไม่ได้เป็น องค์ประกอบของ heme complex โดยอยู่ในรูป ferrous (Fe^{2+}) หรือ ferric (Fe^{3+}) ซึ่งเร่ง ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวใน phospholipids ในขั้น propagation ได้ดีกว่า heme iron ขณะที่ heme iron ซึ่งเป็นส่วนประกอบใน heme complex เร่งปฏิกิริยา ออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัวใน phospholipids เฉพาะในสภาพที่มี H_2O_2 อยู่ด้วย Kanner, Harel และ Hazan (1986) รายงานว่าอัตราส่วนระหว่าง metmyoglobin กับ H_2O_2 ที่เหมาะสม ต่อการเร่งปฏิกิริยา lipid oxidation คือ 1: 1 โดย H_2O_2 กระตุ้น metmyoglobin ให้อยู่ในรูป activated metmyoglobin ทำให้เกิดการปลดปล่อยเหล็กที่เป็นองค์ประกอบภายใน heme complex เป็นเหล็กอิสระหรือ nonheme iron การชะลอ การเกิดปฏิกิริยา autoxidation ของ MDCM และผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของเนื้อชนิดนี้ ทำได้หลายวิธี ได้แก่ การเก็บที่ อุณหภูมิต่ำ เก็บในภาวะปราศจากออกซิเจน เก็บภายใต้บรรยากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไนโตรเจน หรือใช้สารกันหืน เช่น butylated hydroxyanisole(BHA), propyl gallate, Tenox (11) (Dawson และ Gartner, 1983) Uebersax, Dawson และ Uebersax (1978) ศึกษาอายุการเก็บ MDTM ที่ผลิตจากไก่งวงตัวผู้ และตัวเมียอย่างละ 20 ตัว ที่ให้ D-alpha tocopherol acetate(100 IU/ kg feed) เป็นอาหารเสริมทุกวัน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ก่อนการฆ่าชำแหละ พบว่า MDTM ที่ผลิตจากไก่งวงตัวเมียมีค่า TBA ต่ำกว่าเนื้อที่ได้จาก ไก่งวงตัวผู้ MDTM ที่ผลิตได้ สามารถเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 6 วัน และเก็บที่ -18 องศาเซลเซียส ได้น้อยกว่า 3 เดือน และ MDTM loaves จากไก่งวงเสริม tocopherol มีค่า TBA ต่ำกว่า MDTM loaves จากไก่งวงปกติ MDTM loaves ที่บรรจุ แบบสุญญากาศมีค่า TBA ต่ำกว่า ตัวอย่างที่ห่อด้วย aluminum foil ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนี้เก็บที่ 4 องศาเซลเซียส

ได้นาน 1 สัปดาห์ และ -18 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน McNeil และ Kakkuca (1988) ศึกษาการใช้ sodium caseinate, sodium tripolyphosphates (STTP), rosemary extract และ commercial antioxidant Dadex 2 ® ต่อความคงตัวของปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน ของ MDCM ที่เก็บแบบแช่แข็ง พบว่า sodium caseinate , STTP ช่วยชะลอการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน เพราะมีคุณสมบัติในการเคลือบไขมัน จึงป้องกัน fat globules จากการเกิด oxidation Dadex 2 ® และ rosemary extract มีประสิทธิภาพในการชะลอการเพิ่มของ malonaldehyde ได้มากกว่า 7 เดือน Lee และคณะ (1994) พบว่าการเติม oleoresin spice จาก sage หรือ rosemary ช่วยลดอัตราการเกิดกลิ่นหืนใน MDCM ที่ล้างด้วย 0.5 % sodium bicarbonate Barbut, Draper และ Hadley (1989) ศึกษาผลของการบรรจุแบบสุญญากาศ และการเติม sodium acid pyrophosphate (SAPP) ต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ MDCM nuggets โดยเก็บรักษาแบบแช่แข็ง 6 สัปดาห์ วิเคราะห์ความเข้มข้นของ malondialdehyde (MDA) ด้วยเครื่อง HPLC พบว่าการเติม SAPP ใน MDCM nuggets ช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ($p \leq 0.05$) และมีค่า MDA ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) จาก HDCM nuggets ที่ไม่เติม SAPP การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบสุญญากาศช่วยลดอัตราการเกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการเติม SAPP ใน MDCM nuggets Jurdi, Mast และ MacNeil (1980) ศึกษาการเก็บภายใต้บรรยากาศ , CO_2 100 % , CO_2 30 % และ N_2 100% พบว่าเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส ได้มากกว่า 10 วัน และที่ -20 องศาเซลเซียส 2 เดือน ค่า TBA ของ MDCM ที่เก็บภายใต้บรรยากาศ N_2 ที่ 5 องศาเซลเซียส และ -20 องศาเซลเซียส ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นทั้งหมด เนื่องจาก N_2 ทำหน้าที่เป็น antioxidant ทำให้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมีความเสถียรเพิ่มขึ้น Barbut, Kakuda และ Chan (1990) ศึกษาการเพิ่มของปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ใน MDCM ที่ผ่านการแช่แข็งด้วยวิธี CO_2 freezing หรือ blast freezing ผลิตภัณฑ์ที่ได้บรรจุแบบสุญญากาศ หรือ ไม่สุญญากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่าการบรรจุแบบสุญญากาศ ช่วยชะลอ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ได้มากกว่า 4 เดือน ผลการวิเคราะห์ malonaldehyde พบว่าหลังการเก็บรักษานาน 5 เดือน เนื้อที่แช่แข็งด้วยวิธี CO_2 freezing มีปริมาณ malonaldehyde สูงกว่าเนื้อที่แช่แข็งด้วยวิธี blast freezing ผู้ทดลองสรุปว่าเนื้อที่แช่แข็งด้วยวิธี CO_2 freezing จะเก็บได้อย่างน้อย 2 เดือน ในขณะที่เนื้อที่แช่แข็งด้วยวิธี blast freezing เก็บได้มากกว่า 5 เดือน ไม่ว่าจะบรรจุแบบใด

<u>การเสื่อมคุณภาพเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์</u> มีสาเหตุใหญ่จากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบเริ่มต้น ระหว่างฆ่า ชำแหละ แยกกระดูก ขนส่ง และเก็บรักษาปริมาณจุลินทรีย์ใน

MDCM แปรตามจำนวนจุลินทรีย์ในวัตถุดิบ อุณหภูมิขณะแยกกระดูก ขนส่ง และเก็บรักษา (Froning,1976) Jurdi และคณะ (1980) พบว่า การบรรจุโดยใช้ CO_2 100 % ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ใน MDCM เมื่อเก็บไว้ที่ 5 องศาเซลเซียส Raccach และ Baker (1978) ศึกษาผลของการใช้เชื้อตั้งต้นในการผลิตกรดแลกติก ที่ผลิตขายทางการค้า (commercial lactic scid starter cultures) ได้แก่ *Pediococcus cerevisiae* (accel) และ *L. plantarum* (Lactacel DS) ต่อการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ใน MDCM ที่ผ่านการให้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่าเชื้อทั้งสองชนิดนี้สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของ *Salmonella* ในเนื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส และ *Staphylococcus* ในเนื้อที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เชื้อดังกล่าวผสมกันอย่างละ 50 : 50 จะให้ผลดีกว่าการใช้เพียงชนิดเดียว Thayer, Songprasertchai และ Boyd(1991) ศึกษาผลการให้ความร้อน และการฉายรังสีแกมมา ต่อ *Salmonella typhimurium* ใน MDCM พบว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วนำไปฉายรังสี 0.90 kGy ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะลดจำนวนของเชื้อที่รอดชีวิตและสามารถเจริญได้ลง 6.4 log units Raccach และ Baker (1979) ศึกษาการอยู่รอดของ *Stap. aureus* ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก (fermented sausage) ที่ผลิตจาก MDPM ซึ่งการหมักผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดกรดแลกติกจะใช้เชื้อที่มีอยู่ตามธรรมชาติ พบว่าการเติมเกลือ 3 % และเก็บที่ 5 องศาเซลเซียส ช่วยส่งเสริมการเจริญของ *Lactobacilli* ให้สูงถึงระดับ 10^6 cells/g หลังหมักนาน 12 วัน ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า หลังหมักนาน 60 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มี pH 4.7 และกรดแลคติก 1.6 % การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ จนอุณหภูมิภายใน เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ช่วยลดจำนวนของ *Lactobacilli* และ *Stap. aureus* ได้ถึง 4.1 และ 5.6 log cycles ตามลำดับ ผลของปริมาณกรดที่สูงขึ้นในผลิตภัณฑ์ การให้ความร้อน 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที และการเก็บที่ 7 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ช่วยยับยั้งการเจริญของ *Stap. aureus* ในระหว่างการเก็บรักษา Thayer และ Boyd (1992) ศึกษาการเก็บรักษา MDCM ด้วยวิธีการฉายรังสีแกมมา ที่ 0.5 kGy ถึง 3.0 kGy ในสุญญากาศ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่ารังสีทำลาย *Stap. aureus* ได้ 90 % (1 log cycle) ไม่พบ enterotoxin ใน MDCM ที่ฉายรังสีแล้ว แสดงว่าการฉายรังสีสามารถทำลายเซล และสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้หมด Sofos และคณะ (1979) ศึกษาผลของ sodium nitrite และ sorbic acid ต่อสารพิษของ *Clostridium botulinum* ใน ไส้กรอกรมควันที่ผลิตจาก MDCM พบว่าสปอร์ของ *C. botulinum* งอกได้อย่างรวดเร็วภายใน 3 วัน ในตัวอย่าง

ควบคุม และตัวอย่างที่เติม nitrite(20, 40 และ 156 mg / g) แต่เมื่อใช้ sorbic acid 0.2 % หรือใช้ร่วมกับ nitrite 156 mg / g จะมีผลในการยับยั้งการงอกของสปอร์ และ ช่วยให้การผลิตสารพิษช้าลงมาก

บิสกิต

บิสกิต หมายถึง ผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากแป้งสาลีเป็นหลัก อาจปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยหรือไม่ก็ได้ มีรูปร่าง ขนาด ชื่อ และวิธีผลิตต่าง ๆ กัน และจะไม่เรียกว่าบิสกิต ถ้ามากกว่า 60 % ของส่วนผสม ไม่ได้เป็นธัญญพืช (Smith,1972) บิสกิตเป็นอาหารที่รับประทานได้ง่าย และรสชาติดีจึงได้รับความนิยมสูง และเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ จึงเก็บได้เป็นเวลานาน ทำให้มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมและนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Samuel และ Theresa, 1978) บิสกิตแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ บิสกิตชนิดอ่อน (soft biscuit) บิสกิตชนิดแข็ง (hard biscuit) และแครกเกอร์ (cracker) บิสกิตชนิดอ่อน ผลิตจากส่วนผสมที่มีน้ำตาล ไขมัน นม และไข่มากกว่าบิสกิตชนิดแข็ง และใช้แป้งที่มีโปรตีนต่ำ (ประมาณ 6 - 8 %) สำหรับบิสกิตชนิดแข็ง นอกจากจะผลิตจากส่วนผสมที่มีน้ำตาล ไขมัน นม และไข่น้อยกว่าบิสกิตชนิดอ่อนแล้ว ยังใช้แป้งที่มีโปรตีนสูงขึ้น (ประมาณ 8-10 %) สำหรับแครกเกอร์นั้นจะผลิตจากส่วนผสมที่มีน้ำตาลต่ำหรือไม่มีเลย ไขมันค่อนข้างสูง และมีปริมาณแป้งมากกว่าบิสกิตทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมา (Almond และ คณะ, 1991)

โดยทั่วไปแล้วส่วนประกอบหลักของบิสกิตได้แก่แป้งสาลี น้ำ ไขมัน วัตถุที่ทำให้ขึ้นฟู ส่วนประกอบของบิสกิตซึ่งอาจใช้หรือไม่ใช้ ได้แก่ แป้งชนิดอื่นที่อาจใช้ทดแทนแป้งสาลีได้, นม และผลิตภัณฑ์ , ไข่และผลิตภัณฑ์, น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลชนิดอื่น, สารแต่งกลิ่นรส, เครื่องเทศ, สารอาหาร , ผลไม้ , ผลิตภัณฑ์จากผลไม้และส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ถั่ว และกุ้งแห้ง ลักษณะทั่วไปของบิสกิตต้องกรอบ มีกลิ่นรสเหมาะสมชวนบริโภค และมีสีสม่ำเสมอ องค์ประกอบทางเคมีของ บิสกิต ควรมีความชื้นไม่เกิน 4.0 % สำหรับชนิดธรรมดาและ, 7.0 % สำหรับชนิดปรุงแต่ง มีเถ้าที่ไม่ละลายในกรดร้อยละ 0.05 ของน้ำหนักแห้ง และมีกรดไขมันอิสระคิดเป็นกรดโอลีอิก ร้อยละไม่เกิน 1.0 (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, ม.อ.ก.742 - 2530)

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตบิสกิต

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต บิสกิต ได้แก่ แป้งสาลี มาการีน น้ำ เกลือ น้ำตาลและผงฟู

แป้งสาลี มีส่วนประกอบได้แก่ แป้ง (Starch) โปรตีน ไขมัน และน้ำ องค์ประกอบสำคัญที่เป็นปัจจัยกำหนดคุณภาพของแป้งสาลีคือ โปรตีน ลักษณะโครงสร้างของโปรตีนในแป้งมี 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนที่ไม่เป็นกลูเตน (15 %) ได้แก่ albumin, globulin และส่วนที่เป็นกลูเตน (85 %) ได้แก่ gliadin และ glutenin ซึ่งมีปริมาณมากใกล้เคียงกัน (Sarkki,1980) เมื่อนวดแป้งกับน้ำ โปรตีนทั้งสองจะรวมตัวกัน เกิดเป็นโครงสร้างของกลูเตน ทำให้ก้อนแป้งผสม มีลักษณะเหนียว (cohesive) และยืดหยุ่น (elastic) เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงของพันธะทางเคมีหลายชนิดได้แก่ covalent bond, ionic bond, hydrogen bond, Van der Waals bond และ disulfide linkage ลักษณะการยืดตัวของกลูเตน ช่วยอุ้มก๊าซที่เกิดจากไอน้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ก้อนแป้งผสมพองฟูขึ้นหลายเท่า เมื่อให้ความร้อนจะทำให้โปรตีนตกตะกอนจับตัวกันแข็ง เป็นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์คงรูปได้หลังอบ (Pyler, 1973)

แป้งสาลี จำแนกออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 3 ชนิด ตามชนิดของข้าวสาลีที่นำมาโม่ ชนิดแรกได้แก่ hard flour หรือ bread flour (แป้งขนมปัง) มีโปรตีน 12 -14 % และเถ้า 0.4-0.5 % ใช้ในการผลิตขนมปัง และผลิตภัณฑ์ที่หมักด้วยยีสต์ทุกชนิด ชนิดที่สองได้แก่ soft flour หรือ cake flour (แป้งเค้ก) มีโปรตีนต่ำประมาณ 7-9 % และมีเถ้าต่ำกว่า 0.4 % แป้งชนิดนี้ใช้สารเคมีทำให้ขึ้นฟูเท่านั้นไม่ใช้ยีสต์ สารเคมีที่ใช้ได้แก่ ผงฟู และเบคกิ้งโซดา ใช้ในการผลิตเค้ก คุกกี้ แป้งสาลีชนิดสุดท้ายได้แก่ medium flour หรือแป้งอเนกประสงค์ มีโปรตีนปานกลาง 10-11 % เป็นแป้งที่ได้จากการผสมข้าวสาลีชนิดแข็งและอ่อนในสัดส่วนที่เหมาะสม ใช้ทำเค้ก คุกกี้ พาย บะหมี่ (Matz, 1972)

มาการีน (margarine) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชั่นของน้ำในน้ำมัน ประกอบด้วยไขมัน 80 % และสารอื่น ได้แก่ น้ำ นมผง เกลือ สารอิมัลซิไฟเออร์ สารให้สีและกลิ่นรส เพื่อให้คล้ายเนยสด แต่คุณสมบัติดีกว่าในด้านการหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่า มาการีนจำแนกได้ 3 ชนิด ตามสามารถในการละลาย และการใช้ประโยชน์ ได้แก่ มาการีนชนิดอ่อนหรือ ธรรมดา (soft margarine) มีจุดหลอมเหลวต่ำ ละลายง่ายในปาก ปาดทาขนมปังได้ง่าย มาการีนสำหรับทำขนม (Baker's margarine) ทำขึ้นพิเศษเพื่อใช้ในส่วนผสมของขนมอบ ไม่ใช้บริโภคโดยตรง หลอมละลายที่อุณหภูมิสูง มีช่วงอุณหภูมิหลอมเหลวกว้าง คล้ายเนยขาว

(shortening) แต่มีรสชาติและสีหมือนเนยสด มีเนื้อละเอียด เนียน ใช้แทนเนยสดในผลิตภัณฑ์เค้ก และเพสตรีได้ (Smith, 1972)

ไขมันมีผลต่อความนุ่มและความร่วนของบิสกิต โดยทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น (lubricant) ป้องกันไม่ให้เกิดพัฒนาการของกลูเตนมากไปในช่วงของการขึ้นรูป และไขมันยังช่วยเพิ่มปริมาตรระหว่างอบ เนื่องจากไขมันที่ตีจนขึ้นฟูพร้อมน้ำตาลช่วยกักเก็บฟองอากาศ หรือช่วยให้ก๊าซจากผงฟู ขยายตัวได้ง่าย และยังทำหน้าที่หล่อลื่นไม่ให้ฟองอากาศเสียดสีกันเอง ซึ่งจะทำให้ยุบ หรือแตก ถ้ามีเกิดขึ้น (Pyler, 1973)

น้ำ ช่วยให้โปรตีนในแป้งสาลีรวมตัวกันเกิดเป็นกลูเตน และ starch เกิดเจล นอกจากนี้ยังกำหนดความหนืด และควบคุมอุณหภูมิของก้อนแป้งผสม เป็นตัวทำละลายสำหรับเกลือ น้ำตาล และช่วยให้เอมไซน์ทำงานดีขึ้น คุณภาพของน้ำมีผลต่อลักษณะก้อนแป้งผสม กล่าวคือ น้ำที่ pH ค่อนข้างเป็นด่างจะขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในยีสต์ น้ำกระด้างที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมอิออนเจือปนอยู่มาก จะทำให้ก้อนแป้งผสมแข็งนวดยาก และไม่ค่อยขึ้นฟู ส่วนน้ำอ่อนหรือน้ำที่มีสารประกอบละลายอยู่น้อย จะให้ก้อนแป้งผสมที่เละและติดมือหรือติดตามภาชนะที่ใช้ผสม น้ำที่เหมาะสมในการใช้ผลิตก้อนแป้งผสม ได้แก่ น้ำประปา เนื่องจากมีแร่ธาตุและสารประกอบต่าง ๆ เหมาะสมและ pH เป็นกลาง นอกจากนั้นน้ำที่ใช้ควรสะอาด ใส และใช้ดื่มได้อย่างปลอดภัย (Pyler, 1973)

เกลือ เป็นส่วนผสมที่ให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ และช่วยเน้นกลิ่น รส ของส่วนผสมอื่นให้เด่นชัดขึ้น เกลือมีส่วนทำให้กลูเตนแข็งแรงและยืดหยุ่นเหมาะสม ซึ่งอาจเกิดจากการที่เกลือช่วยยับยั้งการทำงานของ proteolytic enzymes จึงไม่เกิดการย่อยสลายกลูเตนมากเกินไป คุณภาพของเกลือที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ คือ ต้องละลายในน้ำได้ดี น้ำเกลือต้องใสสะอาดไม่มีสิ่งแปลกปลอม ไม่ควรจับกันเป็นก้อนหรือชั้น ไม่มีรสชาติผิดปกติ ได้แก่ รสขม หรือเฝื่อน (Whiteley, 1971)

น้ำตาล เป็นวัตถุดิบที่ให้ความหวานเป็นหลัก และช่วยในการอุ้มน้ำและดูดซึมน้ำ น้ำตาลบางอย่างได้แก่ dextrose, maltose และ lactose อุ้มน้ำไว้ในโมเลกุลได้หนึ่งโมเลกุล โดยทั่วไปแม้น้ำตาลจะอยู่ในสภาพแห้ง ก็ยังมีส่วนน้ำผลึกเจือปนอยู่ เช่น sucrose จะมีน้ำอยู่น้อยกว่า 0.1 % และ dextrose มี 0.5 % น้ำตาลช่วยทำให้เจลของแป้งนุ่ม จากการที่มันดูดซับน้ำ (hygroscopicity) ไว้ ทำให้ starch หรือโปรตีน เกิดเจลช้าลงและเจลที่ได้มีลักษณะนุ่ม นอกจากนี้น้ำตาลยังให้สีแก่ผลิตภัณฑ์ จากปฏิกิริยา Maillard และ caramelization รวมทั้งให้กลิ่นรส และรสชาติซึ่งเป็นที่ยอมรับแก่ผู้บริโภค (Whiteley, 1971)

ผงฟู มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ โซเดียมไบคาร์บอเนต เกลือของกรดและแป้ง ซึ่งใช้เป็นสาร เพิ่มปริมาตร (filler) กันความชื้น และกันการเกิดปฏิกิริยาก่อนใช้ ผงฟูที่ดีควรเกิดปฏิกิริยาให้ก๊าซน้อยหลังการผสมและก่อนอบ และให้ก๊าซเต็มที่อย่างสม่ำเสมอตั้งแต่เริ่มเข้าอบจนผลิตภัณฑ์สุก ซึ่งความต้องการใช้ผงฟูในผลิตภัณฑ์ต่างชนิดไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงมีการผลิตออกจำหน่ายทางการค้าหลายชนิด ได้แก่ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาเร็ว (fast acting powders) หรือผงฟูกำลังหนึ่ง (single action) ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้า (slow acting powder) และผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาสองชั้น (double action) ผงฟู ที่ให้ปฏิกิริยาเร็ว ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลังจากผสมไม่นาน และยังคงให้ก๊าซอย่างรวดเร็ว ในขณะรอเข้าอบ และขณะเข้าอบ แบ่งเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ ให้ปฏิกิริยาเร็วมาก (very fast acting) ให้ก๊าซเร็วและหมดที่อุณหภูมิห้อง ไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนมอบขนาดเล็ก แต่ใช้ในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่มีระบบการผสมรวดเร็ว และเข้าอบได้ทันที ลักษณะที่ 2 ให้ปฏิกิริยาเร็วปานกลาง (moderately fast acting) ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1 / 2 ถึง 2 / 3 ของกาวทั้งหมดที่อุณหภูมิห้อง ที่เหลือให้ขณะอยู่ในเตาอบ ส่วนผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้า จะให้กาซเมื่ออยู่ในเตาอบ แบ่งเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ให้ปฏิกิริยาช้าปานกลาง ให้ปฏิกิริยาช้า และให้ปฏิกิริยาช้ามาก ซึ่งเป็นผงฟูที่มีเกลือโซเดียมอลูมินัม ซัลเฟต ที่ให้ปฏิกิริยาช้ามากต้องมีความร้อนสูง ผงฟูชนิดสุดท้าย ได้แก่ ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาสองชั้นจะประกอบด้วย เกลือของกรด 2 ชนิด เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา 2 ขั้นตอน ในระยะแรกของการผสม เกลือของกรดชนิดทำปฏิกิริยาเร็วจะทำปฏิกิริยากับเบกกิ้งโซดา ($NaHCO_3$) ให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนหนึ่งอย่างรวดเร็ว ต่อมาเมื่อนำเข้าอบ เกลือของกรดชนิดที่ทำปฏิกิริยาช้าก็จะทำปฏิกิริยากับเบกกิ้งโซดาให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกส่วนหนึ่ง ทำให้ขนมมีลักษณะเนื้อสัมผัสสม่ำเสมอ ดีกว่าการใช้ผงฟูที่ให้ปฏิกิริยาช้าหรือเร็วเพียงอย่างเดียว (Smith, 1972)

การผลิตบิสกิต

บิสกิตแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของก้อนแป้งผสม ได้แก่ กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง และกลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดนิ่ม

กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง แบ่งย่อยต่อได้เป็น ก้อนแป้งผสมหมัก (fermented dough) ก้อนแป้งผสมพัฟ (puff dough) และก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน (semi-sweet dough) ทำจากแป้งสาลีชนิดแข็ง มีโปรตีน 12 - 14 % ก้อนแป้งผสมหมัก มีส่วนผสมและการหมักก้อนแป้งผสมคล้ายขนมปัง โดยทั่วไปนิยมทำเป็นครีมแครกเกอร์ ที่มีลักษณะสูตรและการผสม

3 แบบ คือ แบบการผสมครั้งเดียว การผสมสองครั้ง และการผสมสองครั้งแต่ใช้เวลาในการหมักขั้นสปันจ์สั้น ขั้นตอนการทำครีมแครกเกอร์ทั้ง 3 ลักษณะ เริ่มจากการผสมและหมักก้อนแป้งผสมตามวิธีการของแต่ละแบบ ต่อจากนั้นนำมารีดให้เป็นแผ่นบาง แล้วพับเป็นชั้น โดยที่ระหว่างชั้นโรยด้วยแป้งที่ผสมเฉพาะ (มีแป้งผสมไขมันและเกลือหรืออาจจะไม่มีเกลือก็ได้) อย่างสม่ำเสมอจนได้ชั้นหนาตามต้องการ (3-6 ชั้น) ส่วนก้อนแป้งผสมพัฟ ทำได้โดยการผสมแป้งสาลีชนิดแข็ง น้ำ และเกลือ เข้ากันให้เป็นก้อนแป้งผสมแข็ง อาจใส่มอลต์สกัด และสี ไขมันที่ใช้แทรกระหว่างชั้นนั้น ถ้าเป็นบิสกิตธรรมดา ใช้ 18 % ถ้าเป็นบิสกิตพิเศษใช้ 36 % อาจใช้มาการีนชนิดพิเศษ ทำขึ้นสำหรับพัฟเพสตรี เพื่อให้การรีดและพับเป็นไปได้ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากมาการีนชนิดนี้มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูง (43-53 องศาเซลเซียส) และแบบสุดท้ายคือ แบบก้อนแป้งผสมกึ่งหวาน มีลักษณะโดแข็งแต่ทำจากก้อนแป้งสาลีชนิดอ่อน ได้แก่ มารี บิสกิต (marie biscuit) มีรสหวานกว่าบิสกิตธรรมดา (Whiteley, 1971)

<u>กลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดนิ่ม</u> เป็นบิสกิตที่ผลิตจากแป้งสาลี ชนิดเอนกประสงค์ หรือชนิดอ่อน มีโปรตีน 7-9 % ในบางสูตรอาจต้องผสมแป้งข้าวโพดเพื่อให้กลูเตนอ่อนตัวมากขึ้น ขึ้นอยู่กับลักษณะบิสกิตที่ต้องการ(Whiteley, 1971) โดยลักษณะสูตรและส่วนผสมต้องเหมาะสมกับลักษณะของเครื่องตัดบิสกิต ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้ 3 แบบคือ ใช้ลูกกลิ้งม้วนและตัด (rotary moulded and cut cookies) เครื่องปั้มตัด (rout press cookies) และ ใช้เส้นลวดหรือมีดตัด (wire cut cookies) (Smith, 1972)

วิธีผลิตก้อนแป้งผสม ทำได้ 2 วิธี คือ วิธีทำให้เกิดครีม (creaming method) และวิธีใส่ส่วนผสมทั้งหมดพร้อมกัน (all - in method) วิธีทำให้เกิดครีมจะตีเนยหรือไขมันกับน้ำตาล ด้วยหัวตีรูปตะกร้อ ที่ความเร็วสูงสุดของเครื่อง kenwood จนส่วนผสมฟูและเรียบเนียน เติมกลิ่นรสและสีตามต้องการ ตีให้เข้ากันอีกครั้ง ที่ความเร็วต่ำสุด แล้วจึงเติมส่วนผสมที่เหลือรวมทั้งแป้ง นวดให้เข้ากันเป็นก้อนแป้งผสม นำมารีดเป็นแผ่นบาง และขึ้นรูป วิธีผสมแบบที่สองคือ วิธีใส่ส่วนผสมทั้งหมดพร้อมกัน ทำโดยการใส่ส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้นผงฟู เติมขณะผสม นวดให้เข้ากันด้วยหัวตีรูปใบไม้ ที่ความเร็วปานกลาง จนส่วนผสมเรียบเนียน วิธีนี้จะได้ลักษณะก้อนแป้งผสมนิ่มและเบาตัวน้อยกว่าวิธีแรก สำหรับเวลาในการผสม ขึ้นกับชนิดของบิสกิต วิธีที่ใช้ผสม รวมทั้งเครื่องผสมซึ่งจะแตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปแล้วจะใช้เวลาไม่นาน เท่าการผลิตของกลุ่มก้อนแป้งผสมชนิดแข็ง (Whiteley, 1971)

<u>การอบ</u> เมื่อตัดบิสกิตเป็นรูปร่างต่าง ๆ แล้ว นำเข้าอบในเตาอบ บิสกิตที่มีขนาดเล็กและแบน จะใช้เวลาในการอบสั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบ คือ 180-200 องศาเซลเซียส ขณะที่บิสกิตอยู่ในเตาอบ ความร้อนจะถ่ายโอนจากต้นกำเนิด

มายังบิสกิต ทั้งในรูปการกระจายความร้อนผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวหรืออากาศ (convection) การส่งผ่านความร้อนสัมผัส (conduction) และการแผ่รังสีของความร้อน (radiation) (Fellows,1990) ทำให้ชิ้นบิสกิตเกิดการเปลี่ยนเปลงเป็น 3 ระยะ ระยะแรกของการอบ เมื่ออุณหภูมิของบิสกิตเพิ่มขึ้นในระยะต้น ไขมันจะเริ่มละลายตัว น้ำตาลและสารเคมีอื่นละลาย ทำให้บิสกิตนิ่มและเหลว มีก๊าซเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของผงฟู เมื่อก๊าซได้รับความร้อนจะขยายตัว ดันโครงสร้างของบิสกิตให้มีปริมาตรเพิ่มขึ้น ระยะกลางของการอบ พลังงานความร้อนที่ได้รับในระยะนี้ จะมีผลให้อุณหภูมิของบิสกิตเพิ่มขึ้น จนใกล้ถึงจุดเดือดของน้ำ เป็นผลให้โปรตีนจับตัวกันแข็ง และ starch ที่มีอยู่เกิดเจลบางส่วน เนื่องจากในส่วนผสมมีน้ำอยู่น้อย starch จึงอุ้มน้ำไว้ไม่มาก ได้โครงสร้างที่แข็งแรงของบิสกิต ระยะสุดท้ายของการอบ อุณหภูมิของชิ้นบิสกิตเพิ่มสูงขึ้น แต่ลักษณะโครงสร้างคงที่ เนื่องจากโปรตีนและ starch จะเปลี่ยนสภาพสมบูรณ์ ตั้งแต่ระยะกลางของการอบ แต่ไขมันและน้ำตาลในองค์ประกอบยังคงมีสภาพเหลว (Whiteley, 1971) ขณะเดียวกันผิวนอกของบิสกิต จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากกระบวนการเกิดสีน้ำตาล ระหว่างความร้อนกับน้ำตาล (caramelization) เมื่อนำบิสกิตออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นในสภาพเหมาะสม บิสกิตจะเริ่มแข็งตัวขึ้นเนื่องจากน้ำตาล และไขมันจะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำลง ความชื้นที่เหลือภายในบิสกิตจะกระจายกันทั่วทั้งชิ้น ถ้าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในห้องที่ทำให้บิสกิตเย็นนั้นไม่เหมาะสม จะมีผลทำให้ชิ้นบิสกิตมีความชื้นภายในไม่สม่ำเสมอ จึงเปราะและหักง่าย ถ้ามีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ดี จะได้บิสกิตที่มีความกรอบดี (Pyler, 1973)

<u>การเสื่อมคุณภาพและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บิสกิต</u>

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของบิสกิต มีหลายประการ ได้แก่ การเสียจากความชื้นและแรงทางกล การเสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ และการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน

<u>การเสียจากความชื้นและแรงทางกล</u> บิสกิต เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำมาก จึงแห้ง และเปราะ การสัมผัสความชื้นมีผลทำให้บิสกิตเปียก สูญเสียความกรอบและเปราะ มีค่า a_w เพิ่มขึ้นทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีขึ้น จากความกรอบและเปราะของบิสกิตนี้เอง เป็นการง่ายที่จะเสียรูปร่าง หรือแตกป่นเพราะแรงทางกลจากภายนอก ดังนั้นเพื่อป้องกันมิให้บิสกิตดูดความชื้นจากอากาศ และป้องกันการแตกหักของผลิตภัณฑ์ อาจบรรจุชิ้นบิสกิตในถาดพลาสติกที่แบ่งเป็นช่องย่อย ๆ และปิดผนึกด้วยฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและไอน้ำได้ดี (Smith, 1972)

<u>การเสื่อมคุณภาพจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์</u> บิสกิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำประมาณ 3-7 % และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ดังนั้นการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์จึง

ไม่ใช่ปัญหาสำคัญ แต่บางกรณีอาจพบเชื้อราบ้าง ซึ่งมีสาเหตุจากอุปกรณ์ในการผลิตและบรรจุไม่สะอาด และหรือสุขอนามัยคนงานไม่ดี นอกจากนี้อาจปนเปื้อนจากส่วนผสมที่ใช้ทำบิสกิต แป้งและน้ำตาลมีส่วนน้อยมากในการนำเชื้อเข้าปนเปื้อนผลิตภัณฑ์ ยกเว้นมีแมลงมาเกี่ยวข้อง ส่วนผสมที่น่าจะก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อราและจุลินทรีย์ ได้แก่ ไข่ นม เนย ผลไม้ และ เนื้อสัตว์ (Banwart, 1981) บิสกิตที่ออกจากเตาอบใหม่ ๆ จัดว่าอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ สูงเพียงพอสำหรับการทำลายจุลินทรีย์ (180-200 องศาเซลเซียส) การบรรจุทันทีหลังอบช่วยลดการปนเปื้อนได้ การทิ้งให้เย็นหลังอบหรือบรรจุในภาวะที่อากาศผ่านเข้าออกได้ อาจเพิ่มอัตราเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อ ซึ่งป้องกันได้โดยการบรรจุ ผลิตภัณฑ์ภายใต้บรรยากาศปลอดเชื้อ โดยการติดตั้งเครื่องกรอง และฆ่าเชื้อในอากาศภายในห้องบรรจุผลิตภัณฑ์ วิธีนี้ต้นทุนอุปกรณ์สูงมากและต้องเป็นระบบอัตโนมัติทั้งหมด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากคนงาน อาจใช้วิธีที่สิ้นเปลืองน้อยกว่าโดย ควบคุมปัจจัยอื่นที่มีผล กับการเจริญของเชื้อ ได้แก่ ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ a_w มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่เกิดขึ้น ซึ่งค่า a_w ของอาหารมีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบ ๆ ถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าอาหาร อาหารจะดูดกลืนความชื้นจากอากาศไว้ทำให้ เชื้อจุลินทรีย์ทำลายอาหารได้ง่ายขึ้น a_w ที่มีผลในการชะลอปฏิกิริยาของแบคทีเรีย ต่ำกว่า 0.7 และเชื้อรา ต่ำกว่า 0.6 ดังนั้นจึงควรใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถกันการซึมผ่านของความชื้น และไอน้ำได้ดี (Smith, 1972) นอกจากนี้อาจควบคุมปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุด้วย เนื่องจากจำเป็นต่อจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (aerobes) และ พวกที่เจริญได้ดีทั้งในที่ที่ไม่มีหรือมีออกซิเจน (facultative anaerobes) Smith และ คณะ (1986) รายงาน ว่าเชื้อราจะหยุดการเจริญเติบโต เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนในบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตภัณฑ์มีน้อยกว่า 0.4 % ดังนั้นจึงป้องกันได้โดยการควบคุมปริมาณออกซิเจนในภาชนะบรรจุ ซึ่งอาจใช้สารดูดกลืนออกซิเจนช่วย หรือใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แทนที่ออกซิเจนในภาชนะบรรจุ หรือบรรจุแบบสุญญากาศจะช่วยทำให้การเจริญของเชื้อราช้าลง (Smith, 1972)

<u>การเกิดกลิ่นหืนของไขมัน</u> ผลิตภัณฑ์บิสกิตมักประสบปัญหาการเสื่อมเสียคุณภาพอันเนื่องมาจากการเกิดกลิ่นหืน (rancidity) ของไขมัน โดยเฉพาะสูตรที่มีไขมันสูง การเกิดกลิ่นหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมัน มีสาเหตุจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมัน ซึ่งจะเกิดมากน้อยขึ้นกับภาวะของการเก็บรักษา ว่ามีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศมากน้อยเพียงใด อุณหภูมิและเวลาในการเก็บรักษา รวมทั้งแสงอาจมีส่วนช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้ง่ายขึ้นด้วย ดังนั้นเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์อาจบรรจุที่ภาวะสุญญากาศ ซึ่งระดับของสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุขึ้นกับอายุเก็บรักษาที่ต้องการและ

ปริมาณไขมันที่มีในผลิตภัณฑ์ ถ้ามีไขมันสูง ควรใช้สุญญากาศสูง ๆ ประมาณ 710-740 มิลลิเมตรปรอท และต้องใช้วัสดุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี (Kadoya,1990) นอกจากนี้อาจเติมสารกันหืนในผลิตภัณฑ์ สารกันหืนชนิดสังเคราะห์ที่ใช้ ได้แก่ butylated hydroxyanisole (BHA),butylated hydroxytoluene(BHT), tert - butylhydroquinone (TBHQ) สารกันหืนที่พบในธรรมชาติได้แก่ วิตามินอี(tocopherols) (Tayler, 1980) วิตามินอีพบได้หลายรูปแบบ แต่รูปแบบที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ alpha- tocopherol ซึ่งมีสมบัติของวิตามินอีมากที่สุด tocopherol ที่ออกฤทธิ์เป็นสารกันหืนได้สูงสุด ได้แก่ delta- tocopherol (Sherwin, 1990) วิตามินอีละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายไขมัน ทนต่อกรด ด่าง และอุณหภูมิสูง แต่จะถูก oxidize อย่างช้า ๆ ถ้าสัมผัสกับอากาศ และจะ oxidize อย่างรวดเร็วถ้ามีไขมันที่มีกลิ่นหืนหรือมีเกลือของเหล็กอยู่ด้วย (Aurand และ Woods, 1973) Ochi และคณะ (1989) ศึกษาความคงตัวของ alpha- tocopherol และ antioxidant effect ของ delta-tocopherol ในบิสกิต พบว่าหลังผ่านขั้นตอนการอบ alpha- tocopherol สลายตัวประมาณ 20-30 % และระหว่างการเก็บรักษามีการสูญเสีย alpha- tocopherol เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ค่า peroxide ของ ไขมันในผลิตภัณฑ์มีค่าสูงขึ้นด้วย การใช้ alpha- tocopherol ร่วมกับ delta-tocopherol ช่วยชะลอการเพิ่มค่า peroxide ของ ไขมันในผลิตภัณฑ์ ระหว่างเก็บรักษา Ochi และคณะ (1993) รายงานว่า การเติม alpha-tocopherol สูงกว่า 1000 ppm และ delta-tocopherol สูงกว่า 100 ppm ในบิสกิต ช่วยชะลอการเพิ่มของค่า peroxide ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 0-8 เดือน และพบว่าการเติม L- ascorbyl stearate ร่วมด้วยจะช่วยให้มี alpha-tocopherol เหลือในผลิตภัณฑ์มากขึ้น Yamamoto และคณะ (1991) ผลิตบิสกิต ที่มีส่วนประกอบหลักได้แก่ แป้งสาลี 60 กรัม linoleic acid 24 กรัม และ ไขมันหมู (ซึ่งเติมและไม่เติม tocopherols) 45 กรัม หลังเก็บรักษาที่ 40 องศาเซลเซียส พบว่าตัวอย่างที่มี tocopherols มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนของไขมันต่ำ แต่หลังจากเก็บรักษานานกว่า 6 สัปดาห์ จะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการใช้ tocopherols อย่างเดียวยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนได้ไม่ดีเท่าสารกันหืนชนิดสังเคราะห์ จึงอาจใช้เป็นสารผสม หรือใช้สารเสริมฤทธิ์ร่วมด้วย Ochi และคณะ (1994) ศึกษาการใช้สารประกอบจากเมล็ดกาแฟ เพื่อเสริมฤทธิ์ tocopherols ในคุกกี้ สารประกอบจากเมล็ดกาแฟที่ใช้ ได้แก่ chlorogenic acid 100 ppm, caffeic acid 200 ppm, ผงเมล็ดกาแฟคั่ว 10 % ของปริมาณแป้ง, หรือ ethanol extract ของ 2 % ของปริมาณแป้ง พบว่าการเติม caffeic acid ร่วมกับ tocopherols ในผลิตภัณฑ์ ช่วยชะลอการเพิ่มของ ค่า peroxide ในผลิตภัณฑ์คุ้กกี้ ที่เก็บในถุง oriented polypropylene/ polyethylene หนา 20:40 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และทำให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้เป็นเวลา 10 เดือน

ความปลอดภัยในการใช้วิตามินอี เป็นสารกันหืน มีรายงานว่า การได้รับวิตามินอีเกินขนาด คือ วันละ 800 หน่วยสากลเป็นเวลา 5 เดือน ไม่มีโทษแต่อย่างใด วิตามินอีที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ จะสะสมในกล้ามเนื้อและไขมันของร่างกาย ไม่มีการสะสมในตับ นอกจากนั้นยังพบว่าต่อมใต้สมองและต่อมหมวกไตมีวิตามินอีมากกว่าต่อมไร้ท่ออื่น ๆ ปัจจุบันมีผู้ใช้วิตามินอีเพื่อรักษาโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดบางชนิด เนื่องจากมีรายงานที่ยืนยันว่ามีผลในการลดไขมันและโคเลสเตอรอลในเลือด (Tayler, 1980)

<u>การผสมเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์บิสกิต</u>

เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และรสชาติแก่บิสกิต ได้มีการเติมส่วนผสม เช่นผัก เนื้อสัตว์ โปรตีนจากแหล่งต่าง ๆ ลงในบิสกิต (Smith,1972) ตัวอย่างของบิสกิตที่ผลิตในประเทศไทยที่มีการเติมเนื้อสัตว์ หรือสารสกัดจากเนื้อสัตว์ ในส่วนผสมด้วยได้แก่ บิสกิตไก่ ซึ่งประกอบด้วย แป้งอเนกประสงค์ 60 %, ซอทเทนนิ่ง 10 %, น้ำตาล 3 %, เกลือ 1 %, นมผง 5 %, น้ำมันพืช 15 % , กลิ่นรสไก่ 0.5 % (Product of NABISCO Company, USA) หรือ อีกผลิตภัณฑ์หนึ่งมีส่วนผสมเป็น แป้งสาลี 55 % เนื้อไก่ 15 % น้ำมันพืช 10 % และน้ำตาล 5 % (ผลิตภัณฑ์ของ บ.ไทยสินพานิช, ป้อมปราบ กทม.) Riaz และ Khan (1978) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บิสกิต ที่เติมเนื้อปลาบด 5.0, 7.5, 10.0 และ15.0 % พบว่าตัวอย่างมีโปรตีน 9.73, 12.92, 17.46 และ 20.50 % ตามลำดับ และเถ้า 1.16, 2.42, 3.14 และ 4.50 % ตามลำดับ แต่การยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงเมื่อปริมาณ เนื้อปลาบดเพิ่มขึ้น ปริมาณสูงสุดของเนื้อปลาบดที่เติมได้ในผลิตภัณฑ์โดยผู้บริโภคยังยอมรับคือ 5.0 % Pizzinatto และ คณะ (1984) ศึกษาการใช้เนื้อปลาบดผสมแป้งข้าวเจ้าในบิสกิต โดยใช้อัตราส่วน เนื้อปลาบด 30 % : แป้งข้าวเจ้า 70 % (fish rice flour, FRF) พบว่าใช้ FRF ทดแทนแป้งข้าวสาลีได้สูงสุด 20 % โดยไม่มีผลกระทบ ต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ แต่มีกลิ่นรสปลาเด่นชัด จนไม่เป็นที่ยอมรับ แม้จะเติม FRF เพียง 5 % Gajera (1977) ศึกษาการใช้โปรตีนเข้มข้นจากเศษปลา (fish protein concentrate, FPC) ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิต รวมทั้งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ พบว่าใช้ FPC ทดแทนแป้งสาลีได้สูงสุด 20 % โดยไม่มีผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ เมื่อบรรจุในถุง 400 gauge polyethylene เก็บไว้ได้นานกว่า 6 เดือนที่อุณหภูมิ 21-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 65 %