บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 <u>พัฒนาสูตรต้นแบบ</u>

สูตรต้นแบบดัดแปลงจาก บิสกิตปลา (กรมประมง, 2533) โดยไม่ใช้เนื้อปลาบดแห้ง และพริกไทย ส่วนวิธีการผลิตที่เหมาะสมได้จากการศึกษาเบื้องต้น โดยเริ่มจากร่อนแป้งกับผงฟู 1-2 ครั้ง ให้ผงฟูกระจายทั่ว เพื่อไม่ให้เกิดก๊าซมากเป็นบางส่วน และเก็บอากาศในส่วนผสมได้มากขึ้น จากนั้นตีเนยกับน้ำตาลจนขึ้นขาว เพื่อเก็บอากาศในส่วนผสมได้มาก และผลิตภัณฑ์โปร่งฟู (Mcwilliam, 1975) แล้วผสมกับแป้งที่พักไว้ เติมน้ำ นวด เพียงเล็กน้อยพอให้ส่วนผสมเข้ากันดี การผสมไขมันกับแป้งก่อน ช่วยให้ไขมันแผ่กระจายครอบคลุมพื้นผิวของเม็ดแป้งได้มาก ซึ่งสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีอยู่ในไขมัน จะช่วยให้ไขมันจับกับน้ำที่อยู่บนพื้นผิวของเม็ดแป้งและโปรตีนได้ ถ้ามีไขมันอยู่มากพอในสูตร ไขมันจะเคลือบผิวของเม็ดแป้งและขัดขวางไม่ให้น้ำจับกับโปรตีนในแป้ง ทำให้กลูเตนเกิดได้น้อยลง (Booth, 1990) จากนั้นนำก้อนแป้งที่ได้มารีดออกเป็นแผ่น บนแผ่นกำหนดความหนาขนาด 2 มิลลิเมตร ใช้พิมพ์กดเพื่อกำหนดให้มีขนาดเท่ากันทุกชิ้น แล้วอบผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 180-200 องศาเซลเซียส จนผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองทอง ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 25 นาที การอบเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้าอบที่อุณหภูมิต่ำ (150-170 องศาเซลเซียส) ความชื้นจะระเหยไปได้มาก ก่อนที่ผิวนอกจะแข็ง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งเปราะ ถ้าอบที่อุณหภูมิสูง (180-200 องศาเซลเซียส) จะช่วยให้ผิวนอกแข็งอย่างรวดเร็ว และผิวนอกที่แข็งนี้จะกักเก็บความชื้น และไขมันไว้ภายใน และยังช่วยป้องกันการสูญเสียสารให้กลิ่นรสด้วย สำหรับบิสกิตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำอยู่ในส่วนผสมน้อย และมีขนาดเล็กและแบน (1-5 มิลลิเมตร) ต้องใช้เวลาในการอบสั้น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบคือ 180-200 องศาเซลเซียส (Whiteley,1971) หลังจากนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบแล้ว ตั้งทิ้งไว้บนตะแกรงพักเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง ก่อนนำมาทดสอบต่อไป

5.1.1 ศึกษาปริมาณน้ำตาล และเกลือ

จากการทดลองผลิตเบื้องต้น พบว่าผลิตภัณฑ์สูตรที่ดัดแปลงจากบิสกิตปลา มีความหวานและเค็มมากเกินไป จึงแปรปริมาณน้ำตาล และเกลือในสูตรต้นแบบ โดยใช้ mixture design ซึ่งเป็นการวางแผนการทดลองโดยแปรปริมาณส่วนผสมที่สนใจ 2 หรือ 3 ชนิด ให้มี ปริมาณรวมกันเป็น 100 %(Hare,1974) อาจกำหนดปริมาณน้ำตาล และเกลือ ที่ใช้ก่อนโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน และเค็ม เพื่อให้ช่วงการแปรปริมาณแคบลง ผลจากภาวะการทดลองเบื้องต้น พบว่า น้ำตาล และเกลือ สูงกว่า 13.6 และ 1.53 % ตามลำดับ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความหวาน และเค็มเกินไป และที่ระดับต่ำกว่า 2.7, 0.9 % ผลิตภัณฑ์มีความหวาน และเค็มน้อยเกินไป จึงแปรปริมาณน้ำตาลเป็น 2.7-13.6 % และเกลือ 0.9-1.53 % ตามลำดับ จากพื้นที่ที่เป็นไปตามข้อกำหนด เลือกสูตรสำหรับการทดลองผลิต 5 สูตร (ตารางที่ 3.1) ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ความชื้น สี และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1-4.3

ผลจากการวิเคราะห์ความชื้น พบว่า ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงขึ้น เมื่อน้ำตาลสูงขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้น (hygroscopicity) ได้ดี ดังนั้นตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลสูง จะดูดซับความชื้นจากอากาศ ในระหว่างการทิ้งให้เย็น หลังนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาอบ ได้มากกว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายสูง ผลการวัดสีผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง Chroma meter (ตารางที่ 4.2) แสดงว่า ตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลปานกลางและสูง (8.15 และ 13.6 %) มีค่าความสว่างต่ำกว่าและสีแดงสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลต่ำ (2.7 %) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มกว่า ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำตาลเมื่อได้รับความร้อนจนเลยจุดหลอมเหลว (160 องศาเซลเซียส) โครงสร้างจะเปลี่ยนไป โดยอนุมูลน้ำจะถูกดึงออก (dehydration) น้ำตาลจะเปลี่ยนแปลง ทั้งทางด้านสารประกอบ และคุณสมบัติ สูตร empirical จะเป็น $C_{12}H_{20}O_{10}$ หรือ $C_{24}H_{36}O_{18}$ หรือ $C_{36}H_{50}O_{25}$ ซึ่งจะทำให้เกิดสีน้ำตาลไหม้ (caramel) ปฏิกิริยานี้เรียกว่า caramelization (Mathur, 1975)

เมื่อพิจารณาผลทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.3) พบว่า ทุกตัวอย่างมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แม้ว่าตัวอย่างที่มีน้ำตาล 8.15 และ 13.6 % จะมีความชื้นสูงขึ้น อาจเนื่องจากช่วงความชื้นที่เปลี่ยนแปลง (3.48 - 4.28 %) ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งเนื้อสัมผัสไม่ต่างกันมากจนผู้ทดสอบรู้สึกได้ รวมทั้งน้ำตาล และเกลือ ที่ใช้มีลักษณะเป็นเกล็ดละเอียด จึงละลายได้หมด แม้ในส่วนผสมจะมีน้ำอยู่น้อย จึงไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาระดับคะแนน จะเห็นว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

(5-7) ดังนั้นจึงควรพัฒนาลักษณะเนื้อสัมผัสต่อไป และจากการพิจารณาคะแนนในด้านอื่นพบว่า ตัวอย่างที่มีน้ำตาลปานกลาง และสูง มีคะแนนสี อยู่ในเกณฑ์สูง(7-8) ขณะที่ตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลต่ำ มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (5-7) เนื่องจากมีสีเหลืองอ่อนกว่า ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากค่าสีที่วัดโดยใช้เครื่องมือ (ตารางที่ 4.2) ตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลปานกลาง มีคะแนนความหวาน และเค็มอยู่ในเกณฑ์ดี (8-9) ดังนั้น จากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมด สรุปได้ว่า ปริมาณน้ำตาล และเกลือที่เหมาะสมในการผลิต คือ 8.15 % และ 1.22 % ตามลำดับ

5.1.2 <u>ศึกษาปริมาณมาการีน และผงฟู</u>

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของบิสกิต เนื่องจากมีผลต่อความนุ่มและความร่วน ไขมันทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น (lubricant) และป้องกันไม่ให้เกิดพัฒนาการของกลูเตนมากเกินไปในช่วงของการนวดก้อนแป้งผสม นอกจากนั้นไขมันยังช่วยกักเก็บฟองอากาศในขณะตีส่วนผสม และช่วยเพิ่มปริมาตรระหว่างอบ โดยช่วยให้ก๊าซจากผงฟูขยายตัวได้ง่าย หรือช่วยหล่อลื่นไม่ให้ฟองอากาศเสียดสีกันเอง ซึ่งจะทำให้ยุบ หรือแตกถ้ามีเกิดขึ้น สารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีในไขมัน ช่วยให้ไขมันรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนผสมที่เป็นน้ำหรือมีน้ำเป็นตัวทำละลาย และยังช่วยให้ฟองอากาศในเนื้อผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก และกระจายตัวสม่ำเสมอ (Whiteley, 1971) นอกจากอากาศที่แทรกตัวอยู่ในส่วนผสมจากการตีเนยกับน้ำตาลให้ขึ้นฟู หรือ การร่อนแป้งเพื่อเก็บอากาศแล้ว การขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ยังเกิดเนื่องจาก ไอน้ำที่เกิดขึ้นในขณะอบ และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของผงฟูด้วย

การออกแบบการทดลองในขั้นตอนนี้ จึงศึกษาปริมาณมาการีน และผงฟูที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยใช้น้ำตาลและเกลือตามปริมาณเหมาะสมที่สรุปได้จากผลการทดลองข้อ 4.1.1 และแปรปริมาณมาการีนและผงฟู จากภาวะการศึกษาเบื้องต้น พบว่า ถ้าใช้มาการีนเกิน 30 % ก้อนแป้งผสมที่ได้ไม่เกาะตัวกัน ทำรูปร่างได้ยาก เนื่องจากส่วนผสมเหลว อ่อนตัว จึงใช้มาการีนสูงสุด 27 % ซึ่งในระดับนี้ให้ลักษณะของก้อนแป้งผสมที่ดี และใช้มาการีนต่ำสุด 18 % เนื่องจากต่ำกว่านี้ ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสแข็งและสีอ่อนเกินไป และถ้าผงฟูเกิน 3 % ผลิตภัณฑ์มีรสเฝื่อน เนื่องจากโซเดียมไบคาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยากับไขมัน ได้เป็นเกลือโซเดียมของกรดไขมัน หรือสบู่ ให้รสเฝื่อนแก่ผลิตภัณฑ์ จึงใช้เพียง 2.75 % และที่ระดับต่ำกว่า 1 % เนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์แข็งเกินไป ปริมาตรต่ำ มีฟองอากาศน้อย จึงใช้ต่ำสุด 1.25 % ซึ่งให้ลักษณะที่ดี ดังนั้นจึงแปรปริมาณมาการีนเป็น 18-27 % ผงฟู 1.25-2.75 % ใช้ mixture design ในการพัฒนา จากพื้นที่ที่เป็นไปตามข้อกำหนด เลือกสูตรสำหรับการทดลองผลิต 9 สูตร ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์ ความชื้น สี

เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4 - 4.7

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า การแปรปริมาณมาการีน และผงฟูที่ระดับต่าง ๆ กัน ไม่มีผลต่อความชื้นของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) แม้ตัวอย่างที่มีแป้งต่ำจะมีโปรตีนต่ำลง แต่ความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่ต่ำกว่าตัวอย่างที่มีแป้งสูง เมื่อพิจารณาส่วนผสมในแต่ละตัวอย่าง จะเห็นว่า ตัวอย่างที่มีแป้งต่ำ ปริมาณมาการีนจะสูงขึ้น จึงอาจอธิบายได้ว่าไขมันมีส่วนช่วยให้น้ำในผลิตภัณฑ์ระเหยออกไปได้น้อยลง เนื่องจากในส่วนผสมของไขมันที่ใช้มีสารอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งเป็นสารที่โมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่มีขั้ว (polar) และไม่มีขั้ว (non-polar) รวมอยู่ด้วย จึงทำให้ไขมันจับกับน้ำได้มากขึ้น น้ำจึงระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ยากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน นอกจากนั้น ในส่วนผสมของไขมันยังมีน้ำอยู่ด้วย (จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของมาการีนที่ใช้ พบว่ามีความชื้น 14.80 ± 0.26 %) ดังนั้นเมื่อมาการีนในตัวอย่างสูงขึ้น ความชื้นของก้อนแป้งผสมสูงขึ้นด้วย ทำให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่เปลี่ยนแปลง

เมื่อพิจารณาค่าสี ค่าความแน่น และแรงต้านการแตก ที่วัดโดยเครื่องมือ (ตารางที่ 4.5-4.6) พบว่าให้ผลสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ตัวอย่างที่เติมมาการีนสูงคือ 27 % มีค่าสีแดง และสีเหลือง สูงสุด ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองอมแดงเข้มมากที่สุด และที่ระดับนี้ผู้ทดสอบเห็นว่าเป็นสีที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์บิสกิต (ผลิตภัณฑ์มีคะแนนสีสูงสุด) เหตุที่ผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองเข้มขึ้น เมื่อระดับมาการีนสูงขึ้น อาจเนื่องจากสารให้สีที่มีอยู่ในส่วนผสมของมาการีน ซึ่งโดยทั่วไปจะผสมสารให้สีพวกแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารให้สีเหลืองหรือสีเหลืองอมแดงแก่ผลิตภัณฑ์ (Desrosier, 1977) สำหรับคะแนนกลิ่น พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และอยู่ในระดับสูง หมายถึงผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมชวนบริโภค อาจเนื่องจากในช่วงของการแปรปริมาณมาการีน ผู้ทดสอบเห็นว่าทุกผลิตภัณฑ์มีกลิ่นไม่แตกต่างกันมากนัก และเป็นกลิ่นที่ดีของผลิตภัณฑ์ จึงให้คะแนนอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาคะแนนลักษณะปรากฏ พบว่า ตัวอย่างที่เติมมาการีนสูง และผงฟูสูง มีคะแนนสูงกว่า ตัวอย่างที่เติมมาการีนต่ำ และผงฟูต่ำ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนลักษณะปรากฏสูง มีผิวเรียบ ภายในมีฟองอากาศขนาดเล็ก กระจายตัวสม่ำเสมอและชิ้นมีความหนาสม่ำเสมอ มาการีนเป็นองค์ประกอบที่ทำหน้าที่กักเก็บฟองอากาศขณะตีส่วนผสม และช่วยเพิ่มปริมาตรระหว่างอบ โดยช่วยให้ก๊าซจากผงฟูขยายตัวได้ง่าย หรือช่วยหล่อลื่นไม่ให้ฟองอากาศเสียดสีกันเอง ซึ่งจะทำให้ยุบ หรือแตก นอกจากนั้นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีในมาการีน

ยังช่วยให้ไขมันรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนผสมที่เป็นน้ำหรือมีน้ำเป็นตัวทำละลาย และช่วยให้ฟองอากาศในเนื้อผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก และกระจายตัวสม่ำเสมอ (Whiteley, 1971) ส่วนผงฟูจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขณะผสม และระหว่างการอบผลิตภัณฑ์ ทำให้มีฟองอากาศภายในชิ้นของผลิตภัณฑ์มากขึ้น (Pomeranz, 1985) ดังนั้นตัวอย่างที่ใช้มาการีน และผงฟูสูงจึงมีลักษณะปรากฏดีกว่า อย่างไรก็ตามที่ระดับผงฟูสูงคือ 2.75 % ผลิตภัณฑ์มีคะแนนรสชาติต่ำสุด ซึ่งผู้ทดสอบให้ความเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความหวาน และเค็มพอเหมาะ แต่มีรสเฝื่อนเล็กน้อย ดังนั้นจึงให้คะแนนต่ำกว่าตัวอย่างที่เติมผงฟูปานกลาง และต่ำ คือ 2.00 และ 1.25 % ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้มาการีนสูงสุด คือ 27 % และผงฟูระดับสูง คือ 2.00-2.75 % มีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงสุด ขณะที่ตัวอย่างซึ่งใช้มาการีนต่ำ และผงฟูต่ำ มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้อยกว่า ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก มาการีนทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่น และป้องกันไม่ให้เกิดพัฒนาการของกลูเตนมากไปในช่วงของการนวดก้อนแป้งผสม และสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีในไขมัน ช่วยให้ไขมันจับกับน้ำได้มากขึ้น ซึ่งจะขัดขวางให้เกิดกลูเตนน้อยลง นอกจากนี้ไขมันบางส่วนที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกลูเตนจากการนวดผสม จะทำให้เส้นใยกลูเตนขาด เมื่อได้รับความร้อนจากการอบ ไขมันจะละลาย ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นของแป้ง อีกทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ได้จากปฏิกิริยาของผงฟู ช่วยให้มีฟองอากาศภายในชิ้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ตัวอย่างที่ใช้มาการีนสูงสุด และผงฟูระดับสูง จึงมีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนดี ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่อง LLOYD Universal Testing Machines พบว่า ตัวอย่างที่ใช้มาการีนสูง และผงฟูระดับสูง มีค่าความแน่นและแรงต้านการแตกต่ำกว่า ตัวอย่างที่ใช้มาการีนต่ำ และผงฟูต่ำ แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสร่วนมากขึ้น และแข็งน้อยลง และอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน

ดังนั้น เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินทั้งทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสทั้งหมด จึงสรุปได้ว่า ปริมาณมาการีน และผงฟู ที่เหมาะ สำหรับใช้ผลิตบิสกิต คือ 27 % และ 2 % ตามลำดับ ซึ่งให้คะแนนเฉลี่ยในทุกลักษณะสูงสุด

5.2 <u>ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบ</u>

เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของ MDCM มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการผลิตบิสกิตจาก MDCM จำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบที่จะใช้ในการทดลองก่อน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 4.8) พบว่า MDCM-ล้าง-สด มีความชื้นสูงสุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ทั้งนี้เพราะการล้างด้วยสารละลายด่าง ซึ่งมีค่า pH 8.5 จะทำให้ pH ของโปรตีนเนื้อเยื่อ

สูงขึ้น และความสามารถในการอุ้มน้ำของไมโอไฟบริลลาโปรตีน เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากที่ pH สูง โปรตรอนจะถูกดึงออกจากกลุ่มอมิโน และกลุ่มคาร์บอกซิล โปรตีนมีประจุรวมเป็นลบมากขึ้น ซึ่งประจุเหมือนกัน จะผลักกัน ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น โมเลกุลของน้ำจะเข้าจับกับโปรตีนได้มากขึ้น (Price และ Schweigert, 1971) ตัวอย่างที่มีความชื้นต่ำสุดในกลุ่มนี้ ได้แก่ MDCM-อบแห้ง (ทั้งที่ผ่านการล้าง และไม่ล้าง) ซึ่งสูญเสียความชื้นจากการระเหยของน้ำ เมื่อสัมผัสกับอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 24 นิ้วปรอท เป็นเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพราะพลังงานความร้อนมีผลทำให้โปรตีนเนื้อสัตว์เกิดการแปลงสภาพ (denature) และความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลง (Pomeranz, 1991) โมเลกุลของน้ำจึงระเหยออกไปจากส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อโดยง่าย MDCM-ล้าง-รมควัน มีความชื้นสูงกว่า MDCM-รมควัน ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขณะรมควันใช้อุณหภูมิสูงเพียง 50 องศาเซลเซียส และระยะเวลาสั้น (45 นาที) โปรตีนจึงเกิดการแปลงสภาพไม่มากนักประกอบกับตัวอย่างที่ล้างมีค่า pH สูงกว่า โปรตีนส่วนที่ไม่เกิดการแปลงสภาพจึงยังจับโมเลกุลน้ำไว้ได้มากกว่า

ปริมาณไขมันของ ตัวอย่างที่ผ่านการล้าง หรือการให้ความร้อนจากการอบแห้ง และรมควันทุกตัวอย่าง ต่ำกว่า ตัวอย่างที่ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) การสูญเสียไขมันจากเนื้อเยื่อเกิดได้ 2 รูปแบบคือ ใน MDCM ไขมันถูกปลดปล่อยจากการที่เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งหุ้มอยู่รอบเม็ดไขมันฉีกขาด จากแรงบด และอัด ระหว่างการแยกกระดูก ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerol) มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จึงลอยตัวอยู่บนผิวหน้าของน้ำ และถูกกำจัดออกไปพร้อมกับสารละลายส่วนบนที่แยกออก รวมทั้งเมื่อได้รับแรงหมุนเหวี่ยงระหว่างการปั่นแยกน้ำออกจากเนื้อ ไขมันจะแยกออกจากเนื้อเยื่อไปพร้อม ๆ กับน้ำที่ถูกกำจัดออกด้วย นอกจากนั้นไขมันส่วนที่ยังเหลือปะปนอยู่ในเนื้อเยื่อ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนในระดับสูงกว่าจุดหลอมเหลวจะเกิดการหลอม และแยกตัวออกจากส่วนของเนื้อเยื่อได้อีกด้วย

การล้างด้วยวิธีของ Yang และ Froning (1992a) ด้วยสารละลายด่าง (pH 8.5) มีผลในการขจัดไขมัน เลือด เอ็น พังผืด บางส่วนออกจากเนื้อไก่ ทำให้ MDCM ที่ได้มีโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลอง พบว่า MDCM-ล้าง ทุกตัวอย่าง มีโปรตีน (% โดยน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าตัวอย่างไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) Yang (1992) ศึกษาการผลิตซูริมิจาก MDCM เพื่อปรับปรุงคุณภาพ และคุณค่าทางโภชนาการ ของ MDCM พบว่าจากการล้าง 4 ครั้ง ด้วยสารละลาย 0.5 % $NaHCO_3$ ซูริมิที่ได้มีโปรตีน (% โดยน้ำหนักแห้ง) เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในจำนวนนี้มีปริมาณคอลลาเจนลดลง แต่ไมโอไฟบริลลาโปรตีนสูงกว่าวัตถุดิบเริ่มต้น ผู้ทดลองอธิบายว่า pH ที่สูงขึ้นจะทำลายพันธะข้าม (cross linking) ของคอลลาเจนได้บ้าง ทำให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น จึงสูญเสียไปพร้อมกับสารละลายที่กำจัดออก Elkhalifa และคณะ (1988) รายงานว่า MDCM ที่ล้างด้วยสารละลาย K_3PO_4 0.03 M ที่ pH 7.4 มีโปรตีน (% โดยน้ำหนักเปียก)

ต่ำลง แสดงว่ามีการสูญเสียโปรตีนไปในระหว่างการล้างด้วย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกซาร์โคพลาสมิกโปรตีน เนื่องจากละลายไปกับสารที่ใช้ล้าง นอกจากนี้อาจสูญเสียไมโอไฟบริลลาโปรตีน เนื่องจากเนื้อมี pH สูงขึ้น ที่ isoelectric point โมเลกุลของโปรตีนจะมีประจุบวกเท่ากับประจุลบ โปรตีนจะละลายน้ำได้น้อยที่สุด ซึ่งไมโอไฟบริลลาโปรตีนจะละลายได้น้อยที่สุดที่ pH 5.2-5.5 ดังนั้นเมื่อปรับ pH ของเนื้อให้สูงขึ้น (8.5) ทำให้โปรตีนละลายออกมากับน้ำได้มากขึ้น (Pomeranz, 1991)

ผลการวิเคราะห์เถ้าในตัวอย่างเนื้อ พบว่า MDCM-ล้าง ทุกตัวอย่าง มีเถ้า ต่ำกว่า MDCM ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับงานของ Elkhalifa และคณะ (1988) ที่รายงานว่า MDCM ไม่ล้าง มีเถ้า 1.1 % สูงกว่า MDCM ที่ผ่านการล้าง ด้วยสารละลาย K_3PO_4 ที่ pH 8.0 ซึ่งมีเถ้า 0.6 % และทั้ง MDCM ที่ผ่านการล้าง และไม่ล้าง มีเถ้าสูงกว่า เนื้อไก่แยกกระดูกด้วยมือ (0.4 %) นอกจากนั้น Ang และ Hamm (1982) ยังพบว่า MDCM มีเถ้า 0.80-0.89 % สูงกว่า เนื้อไก่แยกกระดูกด้วยมือ ซึ่งมีเถ้า 0.44-0.57 % เหตุที่เถ้าในตัวอย่างเนื้อที่ผ่านการล้าง มีปริมาณลดลง อาจเนื่องจากมีการสูญเสียสารอนินทรีย์บางชนิดที่มีในเนื้อสัตว์ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม โพแทสเซียม เหล็ก ไปกับสารละลายที่ใช้ล้าง เนื่องจากสารเหล่านี้มีประจุเป็นบวก จะจับกับประจุลบของออกซิเจนในโมเลกุลน้ำได้ (Pomeranz, 1991) ปริมาณเถ้ามีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จาก MDCM ถ้ามีเถ้าในปริมาณมาก ผลิตภัณฑ์จะมีเนื้อสัมผัสไม่เนียน หรือผู้บริโภครู้สึกได้เมื่อเคี้ยวผลิตภัณฑ์ อาจเนื่องจากมีกระดูกชิ้นเล็ก ๆ ปนอยู่ในเนื้อ MDCM

MDCM-ล้าง มีแคลเซียมต่ำกว่า MDCM ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.10) แสดงว่าการล้างมีผลให้แคลเซียมในเนื้อลดต่ำลง เนื่องจากแคลเซียมอิออน (Ca^{+2}) ที่อยู่อย่างอิสระเกิดพันธะกับออกซิเจนของน้ำได้ (Pomeranz, 1991) จึงสูญเสียออกไปพร้อมกับสารละลายที่ใช้ล้าง MacNeil และ Kakkuca (1988) รายงานว่า MDCM จากส่วนโครงลำตัว มีแคลเซียม 1,512 ppm จากส่วนคอและหลัง มีแคลเซียม 843 ppm และจากส่วนหลัง 1,320 ppm ซึ่งสูงกว่าเนื้อที่แยกกระดูกด้วยมือ จากส่วนอก และส่วนขาอ่อน ซึ่งมีแคลเซียม 56 ppm U.S. Department of Agriculture (USDA) กำหนดไว้ว่าปริมาณแคลเซียมที่พบใน MDCM น้อยกว่า 1 % หรือ 10,000 ppm (Institute of Food Technologists, 1979)

สำหรับการวิเคราะห์ค่า TBA พบว่า ตัวอย่างที่ผ่านการล้าง ทุกตัวอย่าง มีค่า TBA สูงกว่าตัวอย่างไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งมีสาเหตุจากหลายประการ ได้แก่ การรวมกับออกซิเจนที่มีในอากาศในระหว่างการผสมเนื้อกับสารละลาย และในช่วงการปั่นแยกน้ำออกจากเนื้อ และผลของสารเร่งปฏิกิริยา (prooxidants) ได้แก่

ปริมาณไขกระดูก และรงควัตถุที่มีในเนื้อ รงควัตถุมีส่วนประกอบของฮีม ซึ่งเป็นสารประเภทพอร์ไฟริน ที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการรวมตัวกับออกซิเจนของไขมัน (Yang และ Froning, 1992a) Janky และ Froning (1975) กล่าวว่าการล้าง MDCM ด้วย 0.5 % $NaHCO_3$ ที่มี pH 8.4 มีผลให้เกิดการรวมตัวกับออกซิเจนของฮีมโปรตีนและการรวมตัวกับออกซิเจนของไขมัน ใน MDCM ล้าง เนื่องจาก pH ของสารละลายสกัดอาจเป็นสารเร่งปฏิกิริยา (prooxidant effect) ของไขมันใน MDCM MDCM-สด-รมควัน และล้าง-รมควัน มีค่า TBA ไม่แตกต่างจาก MDCM-สด และ MDCM-ล้าง-สด ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจาก ผลของเกลือไนไตรท (100 mg / kg) ที่เติมระหว่างหมัก ไนไตรทมีประสิทธิภาพในการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน โดยทำหน้าที่คล้ายเป็นสารกันหืน (antioxidant) ทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความเสถียรมากขึ้น อีกประการหนึ่งอาจเป็นผลมาจากสารประกอบฟีนอลต่าง ๆ ที่มีอยู่ในควันไฟ ซึ่งสารชนิดนี้มีโครงสร้างคล้าย ๆ กับ BHA หรือ gallic acid ที่ใช้ป้องกันการหืนของน้ำมัน สารฟีนอล จะทำหน้าที่เป็นตัวรับอนุมูลอิสระที่เกิดจากการแตกตัวของน้ำมันเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่การหืนสิ้นสุดลง (Clifford และ Eyo, 1980)

เมื่อพิจารณาผลทางด้านสี พบว่า MDCM-ล้าง ทุกตัวอย่าง มีค่าความสว่างของสีสูงกว่า และสีแดงต่ำกว่า MDCM ไม่ล้าง ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อล้างมีสีอ่อนลง Dawson และคณะ (1988) อธิบายว่า สารละลาย $NaHCO_3$ ที่ใช้ล้าง มี pH สูง (8.45) จึงมีประสิทธิภาพในการดึงฮีโมโกลบิน และไมโอโกลบินออกจากเนื้อได้สูง เนื่องจากโมเลกุลของทั้งฮีโมโกลบิน และไมโอโกลบิน มีประจุ และละลายน้ำได้ และถ้าสารละลายโปรตีนนี้มี pH สูงขึ้น โปรตีนจะมีประจุลบเพิ่มขึ้น จึงจับตัวกับอนุมูลบวกของน้ำได้มากขึ้น การที่เนื้อมี pH สูงขึ้นจะทำให้เนื้อมีสีม่วงแดงและเข้มขึ้น เนื่องจากฮีโมโปรตีนจะแยกตัวออกจากกันเมื่อ pH เป็นด่าง โดยโกลบินจะตกตะกอน ส่วนเฟอร์โรโปรโตพอร์ไฟริน (ferroprotoporphyrin) อาจถูกเติมออกซิเจนเป็นเฟอร์ริโปรโตพอร์ไฟริน (ferriprotoporphyrin) ซึ่งมีสีม่วงแดง ดังนั้นการเพิ่มความสว่างของ MDCM ใน $NaHCO_3$ จึงเป็นการสกัดเอารงควัตถุออกจากเนื้อไม่ใช่เป็นการทำลายรงควัตถุ (Lawrie, 1974) ตัวอย่างที่มีค่าสีแดงสูงสุดในกลุ่มนี้ได้แก่ MDCM รมควัน ($p \leq 0.05$) แสดงว่าเนื้อมีสีแดงเข้มกว่าตัวอย่างอื่น ทั้งนี้เนื่องจาก การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในเนื้อ โดยรวมตัวกับสารไนตริกออกไซด์ เกิดเป็นไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน มีสีแดง เมื่อนำไปรมควันที่อุณหภูมิต่ำ (50 องศาเซลเซียส) ไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบินจะเปลี่ยนเป็นสารเชิงซ้อนที่เสถียร คือ ไนตริกออกไซด์ไมโอโครมซึ่งมีสีแดง (Clifford และ Eyo, 1980) สำหรับ MDCM-อบแห้ง มีค่าความสว่าง ต่ำที่สุด และค่าสีแดงต่ำกว่า MDCM-รมควัน แต่สูงกว่า MDCM-สด ซึ่งจากการสังเกตโดยผู้ทดสอบ พบว่า MDCM-อบแห้ง มีสีแดงออกน้ำตาลเข้ม อาจเนื่องมาจากพลังงานความร้อนทำให้เม็ดสีเปลี่ยนไป ในการทดลองนี้อบแห้งเนื้อ โดยใช้

เตาอบสุญญากาศ (50 องศาเซลเซียส ความดัน 24 นิ้วปรอท) ซึ่งที่ภาวะใกล้สุญญากาศ ไมโอโกลบิน และฮีโมโกลบิน จะออกซิไดซ์เป็นเมทไมโอโกลบิน และเมทฮีโมโกลบิน สารทั้ง 2 ชนิดนี้ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจะเสียสภาพธรรมชาติไป และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาล (Dethmers และคณะ, 1975) สีของเนื้อที่ผ่านการให้ความร้อน โดยการอบแห้ง และรมควัน นอกจากจะเกิดจากปฏิกิริยาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard ' s reaction) ระหว่างกรดอะมิโนจากโปรตีนและน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) ซึ่งมีหมู่คาร์บอนิลอิสระ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากปฏิกิริยานี้ได้แก่เมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งมีสีน้ำตาล (Fennema, 1985) ทำให้เนื้อที่ได้มีสีเข้มกว่า MDCM-สด ซึ่งอาจมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ถ้าใช้เนื้อในปริมาณสูงขึ้น

5.3 ศึกษาการใช้ MDCM ในบิสกิต

5.3.1 ศึกษาปริมาณ MDCM ที่ใช้ได้ในบิสกิต

การออกแบบงานทดลองในขั้นตอนนี้ ศึกษาเบื้องต้นโดยแปรปริมาณ MDCM ล้าง และไม่ล้าง ทั้งแบบ สด อบแห้ง และรมควัน ในสูตรต้นแบบ เพื่อกำหนดปริมาณสูงสุดที่อาจใช้ได้ ในสูตร โดยผลิตภัณฑ์ยังมีลักษณะทางกายภาพของบิสกิต และมีความเป็นไปได้ทางด้านกระบวนการผลิต โดยปรับปริมาณ น้ำ ไขมัน และเกลือ ตามองค์ประกอบของ MDCM จากการคำนวณเพื่อปรับปริมาณส่วนผสม พบว่าน้ำเป็นปัจจัยกำหนดปริมาณสูงสุดของเนื้อที่เติมได้ ด้วยเหตุนี้เองปริมาณเนื้อสูงสุดที่แปรในส่วนผสมบิสกิต จึงแตกต่างกัน (ตารางที่ 3.3) เพราะเนื้อแต่ละชนิดมีความชื้นแตกต่างกัน ยกเว้นตัวอย่างที่เติม MDCM-ล้าง-อบแห้ง พบว่าถ้าเติมเนื้อในปริมาณสูงกว่า 60 % ของปริมาณแป้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะร่วนเกินไป แตกหักง่าย และมีเนื้ออยู่ในส่วนผสมมากเกินไป ซึ่งให้ลักษณะที่ไม่ดีแก่ผลิตภัณฑ์ จึงเติมในปริมาณสูงสุดเพียง 60 % ของปริมาณแป้ง เมื่อเลือกปริมาณสูงสุดที่อาจใช้ได้ ได้แล้ว จึงกำหนดช่วงของเนื้อแต่ละชนิด ที่จะใช้ในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในบิสกิตต่อไป การเลือกปริมาณเหมาะสมของเนื้อแต่ละชนิด ทำโดยแปรปริมาณเนื้อ ตามช่วงที่กำหนดไว้ จากนั้นผลิตบิสกิต แล้วเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด โดยวัดค่าสี เนื้อสัมผัส และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรส สี ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ ผลจาก MDCM-สด แสดงในตารางที่ 4.11-4.13 MDCM-ล้าง-สด แสดงในตารางที่ 4.14-4.16 MDCM-อบแห้ง แสดงในตารางที่ 4.17-4.19 MDCM-ล้าง-อบแห้ง แสดงในตารางที่ 4.20-4.22 MDCM-รมควัน แสดงในตารางที่ 4.23-4.25 และ MDCM-ล้าง-รมควัน แสดงในตารางที่ 4.26-4.28

MDCM - สด แปรปริมาณเนื้อเป็น 0 - 60 % ของปริมาณแป้ง ในสูตรต้นแบบ ผลการทดลอง แสดงว่าปริมาณ MDCM มีผลต่อค่าสี ความแน่น แรงต้านการแตก และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ($p \leq 0.05$) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.13) พบว่า เมื่อปริมาณ MDCM ในตัวอย่างสูงขึ้น คะแนนสีของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำลง ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากผลการวัดสีโดยใช้เครื่องมือ (ตารางที่ 4.11) ซึ่งพบว่าตัวอย่างที่ใช้ MDCM สูงขึ้น มีค่าความสว่างของสีต่ำลง และสีแดงสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แสดงว่า บิสกิตมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากเนื้อที่ไม่ผ่านการล้าง มีสารให้สีคือ ฮีโมโกลบินจากไขกระดูกในปริมาณสูง และความร้อนที่ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์ (180-200 องศาเซลเซียส) มีผลให้เกิดการแปลงสภาพของรงควัตถุในเนื้อเป็น เมทไมโอโกลบิน และ เมทฮีโมโกลบิน ที่แปลงสภาพ ซึ่งมีสีน้ำตาล (Dethmers และคณะ, 1975) และอาจเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fennema, 1985) ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนกลิ่นรสสูงสุดในกลุ่มนี้คือ ตัวอย่างที่มี MDCM 60 % ของปริมาณแป้ง เพราะมีกลิ่นรสไก่สูงสุด กลิ่นรสที่เกิดขึ้นนี้ อาจเกิดจากการสลายตัวของโปรตีน เมื่อได้รับพลังงานความร้อน เกิดเป็นสารระเหยได้หลายชนิด ได้แก่ สารประกอบที่มีซัลเฟอร์ (sulfur), คีโตน (ketone), แอลกอฮอล์ (alcohol), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) และเอมีน (amine) ที่ระเหยง่าย (Wilson และ Katz, 1972) สำหรับคะแนนลักษณะปรากฏพบว่าต่ำลง เมื่อปริมาณ MDCM สูงขึ้น ($p \leq 0.05$) เพราะผลิตภัณฑ์มีผิวขรุขระมาก และผิวหน้าย่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากโปรตีนเนื้อสัตว์เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจะเกิดการแปลงสภาพ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีน เป็นผลให้เกิดการหดรัดตัวเข้า และจับก้อน (coagulation) ซึ่งจะทำให้โปรตีนเสียความสามารถละลายน้ำ และแข็งตัวมากขึ้น นอกจากนั้นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ใน MDCM เมื่อได้รับพลังงานความร้อน จะเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยหดตัวลงเหลือ 1 ใน 3 ของความยาวเดิม ทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์มีลักษณะย่น (Fennema, 1985)

ผลิตภัณฑ์บิสกิตมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มจาก 10 - 30 % ของปริมาณแป้ง ($p \leq 0.05$) แต่ที่ระดับ 40 % ของปริมาณแป้ง คะแนนต่ำลง ผู้บริโภคให้ความเห็นว่า ตัวอย่างที่ใช้เนื้อสูงขึ้น มีเนื้อสัมผัสกรอบร่วนมากขึ้น แต่ถ้าใช้เนื้อ 40 % ของปริมาณแป้ง ขณะเคี้ยวผลิตภัณฑ์จะรู้สึกมีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายปนอยู่ และภาวะดังกล่าวนี้จะชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อ MDCM สูงถึง 50-60 % ของปริมาณแป้ง เพื่อยืนยันผลดังกล่าวนี้จึงได้วิเคราะห์เถ้าในผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่าง พบว่า มีเถ้าสูงขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM สูงขึ้น ($p \leq 0.05$) (แสดงในตาราง จ. 2) Hamm และ Young (1983) รายงานว่า เนื้อที่ผ่านการแยกกระดูกด้วยเครื่องแล้ว จะมีเถ้าสูงขึ้นจากปริมาณตั้งต้นอย่างน้อย 0.5 % Meyer (1996) อธิบายว่า องค์ประกอบของกระดูกมีกรดอนินทรีย์อยู่สูงถึง 69.42 % ซึ่งเป็น

เกลือแคลเซียมฟอสเฟต 58.30 % นอกจากนั้นมีแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมฟอสเฟต และแคลเซียมฟลูออไรด์ ดังนั้นการที่เนื้อสัมผัสของตัวอย่างมีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายขณะเคี้ยว และมีเถ้าสูงขึ้น เนื่องจาก มีชิ้นกระดูกขนาดเล็ก ที่รอดผ่านตะแกรงของเครื่องแยกกระดูกได้ ปนอยู่ในเนื้อ MDCM ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่อง LLoyd Universal Testing Machines พบว่า การใช้ MDCM สูงขึ้นผลิตภัณฑ์มีค่าความแน่น และแรงต้านการแตก ต่ำลง ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.12) แสดงให้เห็นว่ามีความร่วนมากขึ้น และแข็งน้อยลง ซึ่งสอดคล้อง กับผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เหตุที่ผลิตภัณฑ์มีความร่วนมากขึ้น เมื่อปริมาณ เนื้อที่ใช้สูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก โปรตีนของเนื้อสัตว์ ขัดขวางการเกิดโครงสร้างที่แข็งแรงของ กลูเตน โดยแย่งจับกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้โปรตีนในแป้งสาลี (gliadin และ glutenin) จับ กับน้ำได้น้อยลง (Pomeranz, 1991) ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากค่าความชื้น พบว่า การใช้ MDCM สูงขึ้น มีผลให้ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์หลังอบสูงขึ้นด้วย (ตาราง จ. 2) เนื่องจากปริมาณเนื้อมากขึ้นจะมีโมเลกุลของโปรตีนที่จะจับกับโมเลกุลของน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้ น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้ช้าลง เมื่อได้รับพลังงานความร้อนระหว่างอบ เมื่อพิจารณา คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 40 % ของปริมาณแป้ง มี คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ขณะที่ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 30 % ของปริมาณแป้ง มี คะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจาก สี ลักษณะปรากฏ และลักษณะ เนื้อสัมผัส ของตัวอย่างที่ใช้ MDCM 40 % ของปริมาณแป้ง ด้อยกว่า ดังนั้นจึงเลือก ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-สด 30 % ของปริมาณแป้ง สำหรับศึกษาในขั้นต่อไป

<u>MDCM-ล้าง-สด</u> แปรปริมาณ MDCM-ล้าง-สด 0-50 % ของปริมาณแป้งใน สูตรต้นแบบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.16) แสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสี ด้อยลง เมื่อปริมาณ MDCM ในตัวอย่างสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนต่ำสุดที่พบยัง อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (7-8) ผลดังกล่าวนี้ ยืนยันได้จาก ค่าสี ที่วัดโดยใช้เครื่องมือ (ตารางที่ 4.14) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าสีแดงสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่มีความสว่างไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เหตุที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากเนื้อที่ผ่านการล้างมีสีอ่อนกว่าเนื้อไม่ล้าง สีของ เนื้อจึงมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้าง การล้างด้วยสารละลาย $NaHCO_3$ มีผลในการลดปริมาณองค์ประกอบของกลิ่นในเนื้อลงด้วย เนื่องจาก กลิ่นรสของ เนื้อสุก เกิดจากสารระเหยได้ที่ละลายได้ในน้ำหรือน้ำมัน เมื่อได้รับพลังงานความร้อน สารเหล่านี้จะระเหยออกไป นอกจากนั้นสารให้กลิ่นรสเนื้อที่ละลายได้ในน้ำอาจสูญเสียไปกับ สารละลายที่ใช้ล้างด้วย (Lanier, 1986) Onadenalore (1995) พบว่าปริมาณ flavors precursors ซึ่งประกอบด้วย free amino acids และ inosine- mono-phosphate ลดลง

ถึง 50 % เมื่อล้าง MDCM ด้วยสารละลาย $NaHCO_3$ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า คะแนนกลิ่นไก่อยู่ในระดับต่ำ แม้จะเติม MDCM สูงถึง 50 % ของปริมาณแป้ง

เมื่อปริมาณเนื้อเพิ่มสูงขึ้น คะแนนลักษณะปรากฏของบิสกิตต่ำลง ($p \leq 0.05$) เพราะผลิตภัณฑ์มีผิวขรุขระมาก และผิวหน้าย่น ผลดังกล่าวนี้อาจใช้เหตุผลเดียวกันกับผลจากการใช้ MDCM-สด ในผลิตภัณฑ์ อธิบายได้ ผลิตภัณฑ์บิสกิตมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มจาก 10 เป็น 30 % ของปริมาณแป้ง แต่ที่ระดับสูงกว่า 30 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนต่ำลง เนื่องจากผู้ทดสอบพบว่า มีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายขณะเคี้ยว เพื่อยืนยันผลดังกล่าวนี้จึงได้วิเคราะห์เถ้าในผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่าง พบว่า มีเถ้าสูงขึ้นเมื่อปริมาณ MDCM สูงขึ้น ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ จ. 3) ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่อง LLoyd Universal Testing Machines พบว่า การใช้ MDCM สูงขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแน่น และแรงต้านการแตกต่ำลง ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.15) แสดงให้เห็นว่ามีความร่วนมากขึ้นและแข็งน้อยลง เมื่อปริมาณเนื้อที่ใช้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส เหตุที่ผลิตภัณฑ์มีความร่วนมากขึ้นอาจเนื่องมาจาก โปรตีนของเนื้อสัตว์ ขัดขวางการเกิดโครงสร้างที่แข็งแรงของกลูเตน โดยแย่งจับกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้โปรตีนในแป้งสาลี (gliadin และ glutenin) จับกับน้ำได้น้อยลง (Pomeranz, 1991) ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากค่าความชื้น พบว่า การใช้ MDCM สูงขึ้น มีผลให้ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์หลังอบสูงขึ้นด้วย (ตารางที่ จ. 3) เนื่องจากปริมาณเนื้อมากขึ้นจะมีโมเลกุลของโปรตีนที่จะจับกับโมเลกุลของน้ำเพิ่มมากขึ้น ทำให้น้ำระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้ช้าลง เมื่อได้รับพลังงานความร้อนในระหว่างการอบ

ผลจากการพิจารณาคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 40 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนอยู่ในระดับ ชอบปานกลาง ถึงชอบมาก เนื่องจากมีคะแนนสี ลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัส สูงกว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 50 % ของปริมาณแป้ง จึงเลือกตัวอย่างนี้สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

<u>MDCM - อบแห้ง</u> แปรปริมาณ MDCM-อบแห้ง 0-70 % ของปริมาณแป้ง ในสูตรต้นแบบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.19) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพด้านสีต่ำลง เมื่อ MDCM ในตัวอย่างสูงขึ้น และผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลจากเครื่องวัดสี (ตารางที่ 4.17) ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง และสีแดงเพิ่มขึ้น แสดงว่าสีเข้มขึ้น และจากการเปรียบเทียบคะแนนสีของตัวอย่างที่ใช้ MDCM-อบแห้ง กับตัวอย่างที่ใช้ MDCM-สด ที่ระดับเดียวกัน (ตารางที่ 4.13) พบว่าตัวอย่างที่ใช้ MDCM อบแห้ง มีคะแนนต่ำกว่า และถ้าใช้สูงถึง 60 % ของปริมาณแป้ง คะแนนสีอยู่ในอยู่ในเกณฑ์ที่

ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (1-4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก MDCM-อบแห้ง มีสีเข้มกว่า MDCM-สด ซึ่งเกิดจากการแปลงสภาพของรงควัตถุในเนื้อเป็นเมทไมโอโกลบิน และ เมทฮีโมโกลบิน ที่แปลงสภาพ (Dethmers และคณะ, 1975) และผลของปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Fennema, 1985) เมื่อได้รับพลังงานความร้อนในระหว่างการอบแห้ง (50 องศาเซลเซียส ความดัน 24 นิ้วปรอท) จึงส่งผลกระทบต่อการยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนกลิ่นรส สูงขึ้นเมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่ยังมี คะแนนอยู่ในระดับปานกลาง แม้จะใช้ MDCM สูงถึง 70 % ของปริมาณแป้ง อาจเนื่องจากการอบแห้งเนื้อแม้จะใช้อุณหภูมิต่ำ แต่ก็ทำที่ภาวะใกล้สุญญากาศ ทำให้สารที่ระเหยได้บางชนิด ได้แก่ สารประกอบที่มีซัลเฟอร์ คีโตน แอลกอฮอล์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เอมีน ที่ระเหยง่าย (Wilson และ Katz, 1972) สูญเสียไปกับน้ำ ที่ระเหยออก ในระหว่างการอบแห้ง และอบบิสกิต

เมื่อปริมาณเนื้อเพิ่มสูงขึ้น คะแนนลักษณะปรากฏของบิสกิตต่ำลง($p \leq 0.05$) เพราะผลิตภัณฑ์มีผิวขรุขระมาก และผิวหน้าย่น ผลดังกล่าวนี้อาจใช้เหตุผลเดียวกันกับผลจากการใช้ MDCM-สด ในผลิตภัณฑ์ อธิบายได้ ผลิตภัณฑ์บิสกิตมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มจาก 10 เป็น 20 % ของปริมาณแป้ง แต่ที่ระดับสูงกว่า 20 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนต่ำลง เนื่องจากผู้ทดสอบพบว่า มีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายขณะเคี้ยว และผลการวิเคราะห์เถ้าในตัวอย่าง (ตารางที่ จ. 4) ยืนยันผลทางประสาทสัมผัส ($p \leq 0.05$) ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่อง LLoyd Universal Testing Machines พบว่า การใช้ MDCM สูงขึ้นผลิตภัณฑ์มีค่าความแน่น และแรงต้านการแตกต่ำลง ($p \leq 0.05$) (ตาราง 4.18) แสดงให้เห็นว่ามีความร่วนมากขึ้นและแข็งน้อยลง เมื่อปริมาณเนื้อที่ใช้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส และอาจใช้เหตุผลเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM ชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ในการอธิบาย

ผลจากผลการพิจารณาเกณฑ์ทางประสาทสัมผัสทั้งหมด จึงเลือก ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-อบแห้ง 20 % ของปริมาณแป้ง ซึ่งมีคะแนนสี ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (7-8) สำหรับศึกษาในขั้นต่อไป

<u>MDCM-ล้าง-อบแห้ง</u> แปรปริมาณ MDCM-ล้าง-อบแห้ง 0-60 % ของปริมาณแป้งในผลิตภัณฑ์ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.22) แสดงว่า ผลิตภัณฑ์มีสีด้อยลง เมื่อปริมาณ MDCM สูงขึ้น ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนต่ำสุดที่พบอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ แม้จะเติมในปริมาณสูงถึง 60 % ของปริมาณแป้ง สอดคล้องกับผลจากการวัดสีโดยใช้เครื่องมือ (ตารางที่ 4.20) คือ ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง และสีเหลืองต่ำลง แต่มีสีแดงสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่ามีสีเข้มขึ้น เหตุที่คะแนนสีของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ เนื่องจาก MDCM ได้ผ่านการล้าง ด้วยสารละลาย $NaHCO_3$ ทำให้เนื้อที่ได้มีสีอ่อนลง และ

แม้ว่าเนื้อจะได้รับพลังงานความร้อนในขั้นตอนการอบแห้ง แต่ยังมีสีอ่อนกว่า เนื้อไม่ล้าง อบแห้ง ดังนั้นสีของผลิตภัณฑ์จึงเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า

ผลิตภัณฑ์มีคะแนนกลิ่นสูงขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) และที่ระดับสูงสุด (60 % ของปริมาณแป้ง) คะแนนกลิ่นยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM-ไม่ล้าง อาจเนื่องจากสูญเสียสารให้กลิ่นรสเนื้อ ไป ในระหว่างการล้าง การอบแห้งเนื้อ และการอบผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้เนื้อในผลิตภัณฑ์สูงขึ้น มีผลให้คะแนนลักษณะปรากฏต่ำลง ($p \leq 0.05$) คือผลิตภัณฑ์มีผิวขรุขระ และ ผิวหน้าย่น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนเนื้อสัตว์ และการหดตัวของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เมื่อได้รับพลังงานความร้อน (Fennema, 1985) เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มจาก 10 เป็น 20 % ของปริมาณแป้ง ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แต่ที่ระดับสูงกว่า 20 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนต่ำลง เนื่องจากผู้ทดสอบพบว่า มีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายขณะเคี้ยว และอาจใช้เหตุผลเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM ชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วในการอธิบาย

จากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมด จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-อบแห้ง 20 % ของปริมาณแป้ง ซึ่งมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์สูง และคะแนนสี ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

<u>MDCM-รมควัน</u> แปรปริมาณ MDCM-รมควัน 0-60 % ของปริมาณแป้งในสูตรต้นแบบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.25) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีด้อยลงเมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.25) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับค่าสี ที่วัดได้จากเครื่อง Chroma meter (ตารางที่ 4.23) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างต่ำลง และสีแดงเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM ในตัวอย่างสูงขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น อาจเนื่องมาจากสีของเนื้อ ไม่ล้าง รมควัน มีสีแดงเข้มของสารไนโตรซิลฮีโมโครม (nitrosylhemochrome) (Fennema, 1996) ซึ่งจะมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ถ้าใช้ในปริมาณสูงขึ้น การใช้เนื้อในระดับสูงขึ้นนี้ยังมีผลให้คะแนนกลิ่นรสสูงขึ้นด้วย แต่อยู่ในเกณฑ์ต่ำ แม้ว่าวัตถุดิบเนื้อที่ใช้จะมีกลิ่นหอมของควันเด่นชัด แต่หลังผ่านการอบผลิตภัณฑ์แล้ว พบว่ากลิ่นรสของเนื้อรมควันเหลืออยู่น้อยมาก แม้จะเติมในปริมาณสูงถึง 60 % ของปริมาณแป้ง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สารประกอบของกลิ่นควันและกลิ่นรสระเหยออกไปพร้อมกับน้ำ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนขณะอบบิสกิตให้สุก และพลังงานความร้อนยังทำให้เกิดการแปลงสภาพของโปรตีนเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของโมเลกุลโปรตีน เป็นผลให้เกิดการหดรัดตัวเข้า และการจับก้อน (coagulation) ซึ่งมีผลให้คะแนนลักษณะปรากฏต่ำลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีผิวขรุขระ และผิวหน้าย่นมากขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM ที่ใช้สูงขึ้น

ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มจาก 10 เป็น 20 % ของปริมาณแป้ง แต่ที่ระดับ 30 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนต่ำลง เนื่องจากผู้ทดสอบพบว่า มีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายขณะเคี้ยว และภาวะดังกล่าวนี้จะชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อ MDCM สูงถึง 40-60 % ของปริมาณแป้ง และอาจใช้เหตุผลเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM ชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วในการอธิบาย

เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 40% ของปริมาณแป้ง มีคะแนนความชอบรวม อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ในขณะที่ตัวอย่างที่ใช้ MDCM 30 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนอยู่ในระดับชอบปานกลาง ถึงชอบมาก เนื่องจาก สี ลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัส ของตัวอย่างที่ใช้ MDCM 40 % ด้อยกว่า จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้ MDCM 30 % ของปริมาณแป้ง สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

<u>MDCM-ล้าง-รมควัน</u> แปรปริมาณ MDCM-รมควัน 0-50 % ของปริมาณแป้งในสูตรต้นแบบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี (ตารางที่ 4.28) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีสีด้อยลงเมื่อปริมาณ MDCM เพิ่มสูงขึ้น ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับ ค่าสี ที่วัดได้จากเครื่อง Chroma meter (ตารางที่ 4.26) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างต่ำลง และสีแดงเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณ MDCM ในตัวอย่างสูงขึ้น แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น อย่างไรก็ตามคะแนนต่ำสุดที่ได้ อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง แต่สูงกว่าการใช้ MDCM-ไม่ล้าง-รมควัน ที่ระดับเดียวกัน เนื่องจากเนื้อที่ผ่านการล้างด้วย $NaHCO_3$ มีสีอ่อนกว่าเนื้อที่ไม่ล้าง สีของเนื้อจึงมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้าง

การใช้เนื้อในระดับสูงขึ้นนี้มีผลให้คะแนนกลิ่นรสสูงขึ้น แต่มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แม้ใช้ในปริมาณสูงถึง 50 % ของปริมาณแป้ง นอกจากนี้ยังมีคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัสสูงขึ้นด้วย ถ้าใช้ MDCM เพิ่มจาก 10 เป็น 20 % ของปริมาณแป้ง แต่ที่ระดับ 30 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนต่ำลง เนื่องจากผู้ทดสอบพบว่า มีเม็ดเล็ก ๆ คล้ายทรายขณะเคี้ยว และภาวะดังกล่าวนี้จะชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อ MDCM สูงถึง 40-50 % ของปริมาณแป้ง และอาจใช้เหตุผลเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM ชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วในการอธิบาย สำหรับคะแนนความชอบรวม พบว่าตัวอย่างที่ใช้ MDCM 30 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เนื่องจากมี คะแนนสี ลักษณะปรากฏ และลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับปานกลางถึงดี ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างนี้สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

5.3.2 ศึกษาชนิดของ MDCM ที่ดีที่สุด สำหรับการผลิตบิสกิต

ผลิตบิสกิต 6 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างใช้ MDCM แต่ละชนิด ตามปริมาณเหมาะสม ซึ่งสรุปได้จากผลการทดลองในข้อ 4.3.1

ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด โดยการทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้านสี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.29

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ชนิดของ MDCM ที่ใช้ในตัวอย่าง ตามปริมาณเหมาะสมที่สรุปได้ มีผลต่อคะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด 40 % ของปริมาณแป้ง มีคะแนนสี ลักษณะปรากฏ และความชอบรวมสูงสุด อาจเนื่องจาก การปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการล้าง สามารถสกัดรงควัตถุออกจากเนื้อได้สูง มีผลให้สีของเนื้ออ่อนลง รวมทั้งเนื้อชนิดนี้ ไม่ผ่านการให้ความร้อนก่อนเติมในผลิตภัณฑ์ การนำมาใช้ในสูตรบิสกิต จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ไม่มากนัก และใช้ได้สูงถึง 40 % ของปริมาณแป้ง ตัวอย่างที่มีคะแนนลักษณะปรากฏต่ำสุด และลักษณะเนื้อสัมผัสสูงสุดในกลุ่มนี้คือ ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-อบแห้ง เพื่ออธิบายผลดังกล่าวนี้ จึงได้คำนวณปริมาณโปรตีน ของเนื้อแต่ละชนิด ตามปริมาณที่ใช้จริงในตัวอย่างบิสกิต (ตารางที่ จ. 8) พบว่า เนื้อดังกล่าวมีโปรตีนสูงสุด โปรตีนมีผลต่อลักษณะปรากฏ เนื่องจากการแปลงสภาพของ โปรตีน เมื่อได้รับความร้อนขณะอบ เป็นผลให้เกิดการหดตัว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีผิวขรุขระ และผิวหน้าย่น นอกจากนั้นโปรตีนเนื้อสัตว์แย่งจับโมเลกุลน้ำในผลิตภัณฑ์ มีผลให้โปรตีนในแป้งสาลีจับกับโมเลกุลของน้ำได้น้อยลง การเกิดโครงสร้างกลูเตน อาจไม่สมบูรณ์ ความกรอบแข็งของบิสกิตจึงต่ำลง สำหรับคะแนนกลิ่นรส พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM ไม่ล้างทุกตัวอย่าง มีคะแนนกลิ่นรสสูงกว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM ล้าง เนื่องจากการล้างด้วยสารละลาย $NaHCO_3$ จะลดปริมาณองค์ประกอบของกลิ่นในเนื้อลง เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวม พบว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด มีคะแนนสูงสุด เนื่องจากมีคะแนนสี และลักษณะปรากฏ สูงสุด จากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมด จึงเลือกตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด 40 % ของปริมาณแป้ง สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป และนอกจากนั้นยังได้เลือกตัวอย่างที่ใช้ MDCM-สด 30 % ของปริมาณแป้ง ไว้สำหรับการทดลองในขั้นต่อไปอีกตัวอย่างหนึ่งด้วย เนื่องจากมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ถึงดี และการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์บิสกิตไม่ยุ่งยาก

5.4 ศึกษาปริมาณ chicken seasoning สำหรับการปรับปรุงกลิ่นรส บิสกิตจาก MDCM

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่สรุปได้จาก ข้อ 4.3.2 มีข้อด้อย คือ มีกลิ่นรสไก่ในผลิตภัณฑ์น้อย ทำให้คะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับยังไม่เป็นที่น่าพอใจ การทดลองในขั้นตอนนี้จึงปรับปรุงกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ จากภาวะการศึกษาเบื้องต้นพบว่า chicken seasoning ที่มีอยู่ถ้าใช้ในปริมาณ สูงกว่า 2.0 % ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มเกินไป เนื่องจากในส่วนประกอบมีเกลืออยู่ด้วยประมาณ 2.0 % (ภาคผนวก ค.1) จึงแปรปริมาณเป็น 0, 0.5, 1.0, 1.5, และ 2.0 % ของน้ำหนักก้อนแป้งผสม หลังผลิตบิสกิตเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด โดยทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.30-4.31

เมื่อพิจารณาบิสกิตที่ใช้ MDCM-สด 30 % ของปริมาณแป้ง (ตารางที่ 4.30) พบว่าปริมาณ chicken seasoning มีผลต่อคะแนนกลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่เติม chicken seasoning 1.0, 1.5 และ 2.0 % มีคะแนนกลิ่นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และอยู่ในเกณฑ์สูง (9.35-9.42) ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมของไก่เด่นชัด เหตุที่คะแนนมีค่าไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากช่วงของการแปรไม่กว้างพอที่ผู้บริโภคจะสังเกตเห็นความแตกต่างด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้ ตัวอย่างที่ใช้ chicken seasoning สูงกว่า 1.0 % มีคะแนนรสชาติต่ำลง เนื่องจากเค็มเกินไป ด้านลักษณะปรากฏ พบว่าผลิตภัณฑ์มีคะแนนต่ำลงเมื่อใช้ chicken seasoning 1.5 และ 2.0 % เพราะสารปรุงแต่งกลิ่นรสชนิดนี้มีลักษณะเป็นผงสีเหลือง ทำให้เห็นเป็นจุดเหลืองบนผิวของผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน เพราะบิสกิตตัวอย่างนี้มีสีเข้มกว่าตัวอย่างที่เติมเนื้อล้างอยู่แล้ว ตัวอย่างที่มีคะแนนความชอบรวมสูงสุดในกลุ่มนี้ คือตัวอย่างที่เติม chicken seasoning 1.0 % ของน้ำหนักก้อนแป้งผสม เนื่องจากมีคะแนนกลิ่น รสชาติ และ ลักษณะปรากฏ อยู่ในเกณฑ์สูง (8-9) จึงเลือกตัวอย่างนี้สำหรับศึกษาในขั้นตอนต่อไป

เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่เติม MDCM- ล้าง- สด 40 % ของปริมาณแป้ง (ตารางที่ 4.31) พบว่า ให้ผลคล้ายกัน คือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ chicken seasoning 1.0 % ของน้ำหนักก้อนแป้งผสม มีคะแนนความชอบรวมสูงสุด($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีคะแนนกลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ อยู่ในเกณฑ์สูง (8-9) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบคะแนนลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ กับตัวอย่างที่ใช้ MDCM-สด ซึ่งใช้ chicken seasoning ในระดับเดียวกัน จะเห็นว่า ตัวอย่างที่เติมเนื้อล้างมีคะแนนสูงกว่า เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก บิสกิตตัวอย่างนี้มีสีอ่อน ใกล้เคียงกับสีของสารปรุงแต่งกลิ่นรสที่ใช้ จึงทำให้สังเกตเห็นลักษณะจุดสีเหลืองบนผิวไม่ชัด จากการพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมดสรุปได้ว่าบิสกิตทั้ง 2 ชนิด ใช้ chicken seasoning ในปริมาณเท่ากัน คือ 1.0 % ของน้ำหนักก้อนแป้งผสม จึงเลือกปริมาณนี้ซึ่งทำให้

คะแนนการยอมรับรวมเพิ่มจากประมาณ 7-8 คะแนน เป็น 8-9 คะแนน สำหรับการปรับปรุงกลิ่นรสบิสกิตจาก MDCM

5.5 ศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บของผลิตภัณฑ์บิสกิตจาก MDCM

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์บิสกิต จาก MDCM มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ความชื้น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวใน ฟอสโฟลิปิด และ ไตรเอซิลกลีเซอรอล (Smith, 1972) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ของไขมัน ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของ MDCM, อุณหภูมิ, ขนิดและความเข้มข้นของสารกันหืน และภาวะบรรจุ โดยมีสารเร่งปฏิกิริยา (prooxidants) ได้แก่ แสง ความร้อน รงควัตถุในเนื้อสัตว์ ความชื้น และ ออกซิเจน Jantawat และ Dawson (1980) รายงานว่า MDCM มีไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่ 62-65 % และกรดไขมันใน ฟอสโฟลิปิด ประกอบด้วย โอลีอิค, ลิโนลีอิค และ อราซิโดนิค ซึ่งมีความไม่อิ่มตัวสูง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มี MDCM เป็นส่วนประกอบ จึงไม่เสถียร และเสียง่าย จากการเกิดกลิ่นหืน ในการทดลองนี้จึงต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างเก็บ ของบิสกิต ที่มี MDCM เป็นองค์ประกอบด้วย โดยเลือกตัวอย่างที่ดีที่สรุปได้จากข้อ 3.4 มาเติม วิตามินอี (dl-α-tocopherol) 0 และ 150 ppm ต่อน้ำหนักก้อนแป้งผสม โดยเติมวิตามินอีผสมกับมาการีนก่อน แล้วจึงผสมกับส่วนผสมอื่นต่อไป บรรจุผลิตภัณฑ์ จำนวน 20 ชิ้น ในถุงพลาสติก OPP / CPP ปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (34-37 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 เดือน

ระหว่างเก็บสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ ค่า TBA วัดสี ทดสอบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน สี ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.32-4.43

ผลของการวิเคราะห์ค่าความชื้น (ตารางที่ 4.32-4.33) พบว่าไม่มีอิทธิพล ของชนิด MDCM , ปริมาณวิตามินอี กับระยะเวลาเก็บ ต่อค่าความชื้น ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์เก็บในถุง OPP / CPP มีความหนารวม 60 ไมโครเมตร มีค่า WVTR 4.04 g / m^2 24 hr ที่ 37 °c 90 % RH (บริษัท ไทยควอลิตี้แพค จำกัด) บรรจุภัณฑ์ที่ใช้นับว่ามีสมบัติกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดี ดังนั้นในช่วงเวลาสามเดือนที่เก็บ ปริมาณความชื้นภายในภาชนะบรรจุ และในผลิตภัณฑ์ จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อย

จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่า การปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ แบบสุญญากาศ เมื่อเก็บไว้ 7 วัน มีอากาศซึมผ่านเข้าไปในถุง เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีสมบัติกันการกันซึมผ่านของก๊าซไม่ดี โดยค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซ (GTR) 792 cc-mil / m^2 . atm.24 hrs

ซึ่งมีค่าสูงมาก ถ้าคำนวนจากความหนาแล้ว ถุงที่ใช้จะมีก๊าซผ่านเข้าไปได้ 2,361 cc / m^2 . atm. เมื่อเก็บครบ 7 วัน ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับการบรรจุแบบสุญญากาศ แต่เหตุที่เลือกใช้ถุงชนิดนี้เนื่องจากมีราคาไม่แพง เมื่อเปรียบเทียบกับถุงชนิดอื่นที่สามารถกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี เมื่อพิจารณาเฉพาะค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ระหว่างเก็บ พบว่าตัวอย่างที่เติม MDCM-สด และไม่เติมวิตามินอี มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของค่า TBA มากที่สุด ($p > 0.05$) เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก MDCM มีไขมันและรงควัตถุสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย Kanner และคณะ (1986) อธิบายว่า การที่ไมโอโกลบิน สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ เป็นเวลานาน ทำให้เมทไมโอโกลบิน มีโอกาสถูกกระตุ้นให้อยู่ในรูปที่ว่องไว ทำให้เกิดการปลดปล่อยเหล็กที่เป็นองค์ประกอบภายในฮีม เป็นเหล็กอิสระแล้วเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างที่ใช้เนื้อชนิดเดียวกันเติมวิตามินอี มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของค่า TBA ต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ไม่เติมวิตามินอี ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้ยืนยันว่าวิตามินอีมีสมบัติเป็นสารกันหืน ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดี ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด (ทั้งที่เติม และไม่เติมวิตามินอี) มีค่า TBA สูงกว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-สด ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น จะมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของค่า TBA สูงกว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่า TBA ของเนื้อ ซึ่งเป็นวัตถุดิบ (ในผลการทดลองข้อ 4.2) แสดงให้เห็นว่า เนื้อที่ผ่านการล้าง จะมีค่า TBA เพิ่มสูงขึ้น Onodenalore (1995) รายงานว่า เนื้อที่ผ่านการล้างมีความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันน้อยกว่า เนื้อไม่ล้าง แต่เนื้อล้างที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที มีความเสถียรต่อ ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันมากกว่าเนื้อไม่ล้าง เนื่องจากเนื้อที่ผ่านการล้างมี องค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว และรงควัตถุต่ำกว่า

ผลการวิเคราะห์ค่าสี (L, a, b) (ตารางที่ 4.34-4.36) พบว่า มีอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดของ MDCM , ปริมาณวิตามินอี กับ ระยะเวลาเก็บ ต่อค่าความสว่าง และสีแดง ($p \leq 0.05$) และมีอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณวิตามินอี กับระยะเวลาเก็บ ต่อค่าสีเหลือง ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่าความสว่างและสีแดง พบว่า ตัวอย่างที่ใช้เนื้อล้าง (ทั้งที่เติมและไม่เติมวิตามินอี) มีค่าความสว่างสูงกว่า และสีแดงต่ำกว่า ตัวอย่างไม่ล้าง เนื่องจากการล้างจะกำจัดรงควัตถุในเนื้อออกไป ทำให้สีของเนื้ออ่อนลง ผลิตภัณฑ์ที่เติมวิตามินอีจะมีแนวโน้มการลดลงของค่าความสว่างและสีแดงต่ำกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมวิตามินอี เนื่องจากวิตามินอีนอกจากมีผลในการลด ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันแล้ว ยังลดออกซิเดชั่น ของฮีมโปรตีน และแคโรทีนอยด์ (Desrosier, 1977) ด้วย จึงทำให้เกิดผลเช่นนี้ และเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ทุกตัวอย่างมีค่าความสว่างและสีแดงต่ำลง อาจเนื่องมาจาก หมู่ฮีมอิสระถูกออกซิไดซ์

โดยออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดสีเทาน้ำตาลของฮีมิน (hemin) (White, Handler และ Smith, 1973) ส่วนค่าสีเหลือง พบว่า ตัวอย่างที่เติมวิตามินอี มีแนวโน้มการลดลงของค่าสีเหลืองต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมวิตามินอี และเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น ทุกตัวอย่างมีค่าสีเหลืองลดลง อาจเนื่องมาจากการสูญเสียแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นรงควัตถุสีเหลืองที่อยู่ในส่วนประกอบของมาการีน และแป้งสาลี จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากโมเลกุลของแคโรทีนอยด์เป็นระบบไม่อิ่มตัว ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์ได้โดยออกซิเจนในอากาศ ทำให้สีเหลืองของผลิตภัณฑ์ลดลง

สำหรับค่าความแน่น และแรงต้านการแตก (ตารางที่ 4.37-4.39) ไม่มีอิทธิพลร่วมของชนิดของ MDCM ปริมาณวิตามินอี กับระยะเวลาเก็บ ต่อค่าความแน่น และแรงต้านการแตก ($p > 0.05$) ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากค่าความชื้น ซึ่งพบว่า ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น จึงไม่มีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แต่ชนิดของ MDCM มีผลต่อ ค่าความแน่น และแรงต้านการแตกของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด มีค่าความแน่น และแรงต้านการแตกต่ำกว่า ตัวอย่างที่ใช้ MDCM สด ผลดังกล่าวนี้อาจใช้เหตุผลเดียวกันกับที่ได้อธิบายไว้ในส่วนของการใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์

เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส และความชอบรวม มีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 4.40-4.42) การเปลี่ยนแปลงคะแนนสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ ยืนยันผลจากการวิเคราะห์ค่า TBA และค่าสี โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM-สด (ทั้งที่เติมและไม่เติมวิตามินอี) จะมีแนวโน้มการลดลงของคะแนนสีมากกว่า ตัวอย่างที่เติม MDCM-ล้าง-สด ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่เติมวิตามินอี จะมีแนวโน้มการลดลงของคะแนนสีและกลิ่นรสต่ำกว่าตัวอย่างที่ไม่เติมวิตามินอี ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าในระยะยาว ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM ไม่ล้าง เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ เนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันมากกว่า MDCM-ล้าง และวิตามินอีมีผลในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยจะรวมตัวกับอนุมูลของเพอร์ออกไซด์ เกิดเป็นสารเชิงซ้อน แล้วสารละลายนี้อาจทำปฏิกิริยากับอนุมูลเพอร์ออกไซด์อื่น ๆ ได้อีก และเกิดเป็นสารประกอบสุดท้ายที่ไม่ Uเปลี่ยนแปลง (Machlin, 1991) อย่างไรก็ตาม MDCM มีไขมันสูง และระหว่างการแยกกระดูก สัมผัสกับอากาศเป็นเวลานาน ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะในฟอสโฟลิปิด จึงเกิดขึ้นตั้งแต่ยังไม่นำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ (Moerck และ Ball, 1974) การริเริ่มของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ก่อนหน้านี้ เมื่อมีอยู่แล้ว จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการเป็นสารป้องกันการเกิดกลิ่นหืนของวิตามินอีลดลง เนื่องจากวิตามินอีจะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วขึ้น (Aurand และ Woods, 1973) ส่วนคะแนนลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่าง มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้น ($p > 0.05$) ยืนยัน

ได้จากผลการทดสอบเนื้อสัมผัส โดยใช้เครื่องมือ และอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน อิทธิพลระหว่างปริมาณวิตามินอี กับระยะเวลาเก็บ มีผลต่อความชอบรวม ($p \leq 0.05$) พบว่า เมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่เติมวิตามินอี มีแนวโน้มการลดของคะแนนความชอบรวมน้อยกว่า ตัวอย่างที่ไม่เติมวิตามินอี เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มการเปลี่ยนสี กลิ่นรสน้อยกว่า เมื่อพิจารณาระดับคะแนนในทุกลักษณะแล้ว พบว่าทุกตัวอย่าง มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ถึงดี (7-8) เมื่อเก็บนาน 3 เดือน แสดงให้เห็นว่า ระดับของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอยู่ในช่วงยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์บิสกิตจาก MDCM-สด 30 % ของปริมาณแป้ง และ MDCM-ล้าง-สด 40 % ของปริมาณแป้ง (ทั้งที่เติมและไม่เติมวิตามินอี) บรรจุในถุง OPP / CPP ปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 34 - 37 องศาเซลเซียส ได้อย่างน้อย 3 เดือน

5.6 <u>ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ของบิสกิต จาก MDCM</u>

ผลิตบิสกิต 3 ตัวอย่าง ได้แก่ บิสกิตที่ไม่ใช้ MDCM, บิสกิตที่ใช้ MDCM-สด 30 % ของปริมาณแป้ง และ บิสกิตที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด 40 % ของปริมาณแป้ง เติม chicken seasoning ตามปริมาณเหมาะสมที่สรุปได้จากผลการทดลองข้อ 4.4 ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และทางกายภาพ ได้แก่ สี เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง และวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด และรา ของผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.44-4.47

ผลขององค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 4.44) พบว่า การใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์มีผลต่อความชื้น โปรตีน และเถ้า ของผลิตภัณฑ์ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้ MDCM มีความชื้น โปรตีน และเถ้าสูงกว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้ MDCM โปรตีนของเนื้อสัตว์ที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้ความชื้นสูงขึ้นด้วย เนื่องจากโปรตีนจะจับกับโมเลกุลของน้ำได้ ทำให้การระเหยของน้ำในช่วงการอบช้ากว่า ในกระบวนการแยกเนื้อออกจากกระดูก เครื่องจะบดเนื้อรวมกับกระดูกจนละเอียด แล้วอัดผ่านตะแกรงของเครื่องแยกกระดูกออกมา ซึ่งอาจมีชิ้นกระดูกเล็ก ๆ ที่สามารถรอดผ่านตะแกรงได้ ปนอยู่กับเนื้อ MDCM ด้วย มีผลให้เนื้อชนิดนี้มีแคลเซียมสูง สำหรับโปรตีนที่ได้รับจากผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากอาหารแหล่งอื่น ได้แก่ นม และเนื้อสัตว์ พบว่า ถ้าบริโภคผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ MDCM-สด 30 % ของปริมาณแป้ง 100 กรัม จะได้รับโปรตีนในปริมาณเท่ากับการบริโภค น้ำนม 100 มิลลิลิตร หรือเนื้อสัตว์ 248 กรัม ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด 40 % ของปริมาณแป้ง 100 กรัม จะเท่ากับการบริโภคน้ำนม 124 มิลลิลิตร หรือเนื้อสัตว์ 335 กรัม (คำนวณเปรียบเทียบจากตารางคุณค่าอาหารไทย ในส่วนที่กินได้ 100 กรัม กรมอนามัย , 2530) เมื่อพิจารณาค่าสี (ตารางที่ 4.45) พบว่า

ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-สด มีค่าความสว่างต่ำสุด และสีแดงสูงสุด ($p \leq 0.05$) แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากที่สุด เนื่องจากสีของเนื้อสด มีสีแดงเข้มของฮีโมโกลบินจากไขกระดูก ที่ปนออกมากับเนื้อ ในระหว่างการแยกกระดูกด้วยเครื่อง จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้เนื้อชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างที่มีค่าความแน่น และแรงต้านการแตก ต่ำสุดในกลุ่มนี้คือ ตัวอย่างที่ใช้ MDCM-ล้าง-สด (ตารางที่ 4.46) เนื่องจากโปรตีนเนื้อสัตว์ ขัดขวางการเกิดกลูเตน โดยแย่งจับกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้โปรตีนในแป้งสาลีจับกับน้ำได้น้อยลง มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความแน่น และแรงต้านการแตกต่ำลง แสดงว่าผลิตภัณฑ์มีความร่วนมาก หรือ แข็งน้อยที่สุด

บิสกิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ ประมาณ 3-7 % และมีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ดังนั้นการเสื่อมเสียคุณภาพเนื่องจากจุลินทรีย์จึงไม่ใช่ปัญหาสำคัญ จากจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและรา ในผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 4.47) พบว่า ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่าง ทั้งที่เก็บนาน 0 และ 3 เดือน บรรจุในถุง OPP / CPP ปิดผนึกที่ความดันบรรยากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 34-37 องศาเซลเซียส มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ไม่เกิน 10^2 CFU / กรัม และไม่พบราในผลิตภัณฑ์ (มาตรฐานอุตสาหกรรม, ม.อ.ก. 742-2530 กำหนดให้มีแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 10^4 CFU/กรัม และ ราน้อยกว่า 10 CFU/กรัม)

จากการพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ พบว่า การใช้ MDCM ในผลิตภัณฑ์บิสกิต เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีโปรตีนและแคลเซียมสูง รวมทั้งมีวิตามินอีรวมอยู่ด้วย ซึ่งราคาต้นทุนของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าการใช้เนื้อสัตว์ ชนิดอื่นในการผลิต และเป็นการใช้ทรัพยากรอาหารให้คุ้มค่าที่สุด