บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทาง เคมี คุณภาพ และสิ่งบนเนื้อในวัตถุดิบ

เนื้อโคสด

เนื้อโคที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นเนื้อโคส่วนไหล่จากโคที่มีอายุมากกว่า 4 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นเนื้อที่มีความเหนียวมาก เนื่องจากมีปริมาณ พังผืดหรือ เนื้อเยื่อ เกี่ยวพันสูง ดังจะเห็นได้จากค่าแรง เฉือนเนื้อดิบซึ่งวัดได้ถึง 3.2-4.2 lb. ขณะที่เนื้อโคที่จัดว่านุ่ม เหมาะแก่การบริโภคในรูปแบบของ เนื้อสเตค จะมีค่าแรง เฉือนประมาณ 0.25-0.7 lb. การที่เนื้อโคส่วนไหล่หรือส่วนบนของต้นขาหน้า เหนียวมาก เพราะ เป็นกล้ามเนื้อส่วนที่ต้องทำงานมากในการ เคลื่อนไหว จึงต้องพัฒนาให้แข็งแรง และสร้าง เนื้อเยื่อ เกี่ยวพันที่แข็งแรงจำนวนมาก เพื่อให้สามารถรับการทำงานที่หนักได้ ซึ่งจากการศึกษาของ Shorthose และ Harris (1990) ได้สรุปไว้ว่า ความเหนียวของ เนื้อโคจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อโคมีอายุมากขึ้น และเนื้อจากโคที่มีอายุตั้งแต่ 3 ปีขึ้นไป จะมีความเหนียวมากจนผู้บริโภคยอมรับไม่ได้ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทาง เคมีของ เนื้อโคที่ใช้เป็นวัตถุดิบ พบว่ามีปริมาณโปรตีน 18.01 % ไขมัน 20.69 % ความชื้น 60.24 % และเถ้า 1.06 % จะเห็นได้ว่า เนื้อดังกล่าวมีปริมาณไขมันสูง ซึ่ง เป็นลักษณะโดยทั่วไปของ เนื้อจากโคที่อายุมาก เกิน 3 ปี การจะนำ เนื้อดังกล่าวนี้มาผลิต เป็น เนื้อชิ้นรูป จึงควรปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะ เนื้อสัมผัสและความนุ่มก่อน

ยางมะละกอแห้ง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณโปรตีน 64.80 % ไขมัน 7.27 % ความชื้น 10.83 % และเถ้า 13.13 % จะเห็นว่าโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักของยางมะละกอ ซึ่งโปรตีนดังกล่าวนี้เป็นเอนไซม์ในกลุ่ม proteases ได้แก่ papain chymopapain A,B และ papaya peptidase A เป็นต้น (Glazer และ Smith, 1971) เอนไซม์กลุ่มนี้ มีสมบัติย่อยสลายโปรตีนจากเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยมี specificity กับโปรตีนจากเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ชนิดของเอนไซม์ในยางมะละกอ ที่ให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายโปรตีนจากเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เรียงตามลำดับจากสูงไปต่ำ คือ chymopapain , papain และ papaya peptidases A (Kang และ Warner ,1974) และจากการวิเคราะห์คุณภาพและสิ่งปนเปื้อนของยางมะละกอแห้งพบว่ามีค่า protease activity สูงถึง $118.65x10^{3}$ unit ซึ่งใกล้เคียงกับ papain บริสุทธิ์ที่ผลิตทางการค้าที่วิเคราะห์ได้ $165.55x10^{3}$ unit และยางมะละกอแห้งที่เตรียมได้จากการทดลองนี้มีการปนเปื้อนน้อยกว่า ซึ่งจะเห็นได้จากการตรวจพบจุลินทรีย์ทั้งหมดเพียง 6,400 CFU ต่อกรัมตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่ายางมะละกอแห้งที่จำหน่ายในตลาดสหรัฐอเมริกา ซึ่งตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงสุดถึง $3x10^{8}$ CFU ต่อกรัมตัวอย่าง (International Trade Center UNCTAD/GATT, 1982) นอกจากนี้ยางมะละกอแห้งที่เตรียมได้จากการทดลอง ตรวจไม่พบการปนเปื้อนของทราย แมลง และปีกแมลง ทั้งนี้เนื่องจาก ในขั้นตอนการเก็บรวบรวมน้ำยาง ผู้ทดลองได้ใช้ถุงพลาสติกที่สะอาดหุ้มผลมะละกอที่สะอาดและผ่านการกรีดแล้วทั้งผล เพื่อรองรับน้ำยางมะละกอที่ได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้สามารถป้องกันฝุ่นละอองและสิ่งแปลกปลอมในอากาศที่อาจจะปนเปื้อนกับน้ำยางได้ ในขณะที่การผลิตทางการค้านิยมใช้แผ่นพลาสติกหรือผ้าใบ มัดไว้รอบลำต้น เนื่องจากประหยัดเวลา และสะดวกต่อการเก็บรวบรวมน้ำยาง (Becker, 1958) ยางมะละกอแห้งที่เตรียมเองจึงปนเปื้อนน้อยกว่าที่ผลิตทางการค้า ดังนั้นผลิตภัณฑ์นี้จึงเหมาะสำหรับการใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

5.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อโคชิ้นรูป

5.2.1 ปรับปรุงคุณภาพเนื้อโคก่อนการขึ้นรูป

5.2.2.1 ปรับปรุงคุณภาพเนื้อก่อนการขึ้นรูปด้วยวิธีทางกล

ขั้นตอนนี้ใช้ร้อนทุบเนื้อซึ่งมีปุ่มเหลม 2 ด้าน ดังแสดงในรูปหน้า 20 ร้อนด้านหนึ่งมีปุ่มเหลมขนาดใหญ่จำนวน 36 ปุ่ม และอีกด้านมีปุ่มเหลมขนาดเล็กกว่าจำนวน 64 ปุ่ม ร้อนดังกล่าวมีน้ำหนักจากการทุบแต่ละครั้งโดยเฉลี่ยประมาณ 15 lb. ในการทดลองนี้ได้ใช้ด้านที่มีปุ่มเหลมขนาดเล็กทุบชิ้นเนื้อขนาด 2x2x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จนได้พื้นที่ 4x4 ตารางเซนติเมตร ชิ้นเนื้อที่ได้มีลักษณะแบนบาง เป็นรูพรุน พังผืดที่หุ้มรอบกล้ามเนื้อฉีกขาด เนื้อที่ผ่านขั้นตอนการทุบด้วยร้อนทุบเนื้อ มีลักษณะคล้ายกับเนื้อที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้านความนุ่มด้วยเครื่อง Bland tenderizer® คือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และ เส้นใยกล้ามเนื้อถูกทำให้ฉีกขาด (Pearson และ Dutson, 1987) ซึ่งจะมีผลทำให้ เนื้อนุ่มขึ้น แต่มีข้อเสียจากการที่เครื่องมือดังกล่าวนี้ ทำให้รูปร่างและลักษณะปรากฏของชิ้นเนื้อเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ไม่มีผลในทางลบในกรณีที่จะนำเนื้อไปขึ้นรูปอีกครั้งหนึ่ง

5.2.1.2 ปรับปรุงคุณภาพเนื้อก่อนการขึ้นรูปด้วยวิธีการตัดแต่ง

ขั้นตอนนี้ ได้ใช้มีดเฉาะเอ็นและพังผืด หรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อมีคุณภาพด้านความนุ่มต่ำ ออกจากชิ้นเนื้อให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ให้เกิดความเสียหายกับส่วนของมัดกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นยังได้กำจัดไขมันที่มองเห็นด้วยตาเปล่าออกไปด้วย ไขมันดังกล่าวนี้เป็นไขมันที่อยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า สำหรับไขมันที่อยู่ภายในมัดของกล้ามเนื้อ(intramuscular fat) หรือไขมันชิ้นใหญ่ที่เรียก marbling แทบไม่มีเลย เพราะเนื้อส่วนนี้ได้จากโคที่อายุมากแต่เป็นโคเลี้ยงธรรมดา ไม่ใช่โคขุนซึ่งเป็นโคที่มีไขมันชนิด marbling มาก ลักษณะของชิ้นเนื้อก่อนและหลังการตัดแต่งมีดังแสดงในรูปที่ 4.2 การตัดแต่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ลดความเหนียวและปรับปรุงปริมาณไขมันของชิ้นเนื้อได้ แต่ก็ทำได้ในอัตราจำกัด เพราะการกำจัดเนื้อเยื่อที่

ไม่ต้องการทำได้เฉพาะพวกที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และอยู่รอบนอก ๆ ของชิ้นเนื้อเท่านั้น

5.2.1.3 ปรับปรุงคุณภาพเนื้อก่อนการขึ้นรูปด้วยยางมะละกอแห้ง

ขั้นตอนนี้ศึกษาปริมาณการใช้ยางมะละกอแห้งที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูป ซึ่งผลิตตามสูตร และขั้นตอนการผลิตในข้อ 3.2 ปริมาณยางมะละกอแห้งศึกษา 3 ระดับคือ 0.0003, 0.0004 และ 0.0005 % โดยน้ำหนักเนื้อ ในการทดลองได้ละลายในน้ำปริมาณ 1 % โดยน้ำหนักเนื้อ ภาวะที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตเนื้อชิ้นรูปคือ เวลานวดผสม 15 นาที เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง และไม่เติม STPP ในส่วนผสม ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4-4.7 เมื่อพิจารณาเกณฑ์ทางกายภาพ 2 เกณฑ์ ดังแสดงผลในตารางที่ 4.4 และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ใช้ยางมะละกอแห้งในปริมาณต่างๆ กันพบว่า ยางมะละกอแห้งทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก แต่มีผลต่อแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อปริมาณยางมะละกอเพิ่มสูงขึ้น ค่าแรงเฉือนของเนื้อลดลง Kang และ Warner (1974) อธิบายว่า เอนไซม์ papain ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ protease ในยางมะละกอมีสมบัติในการย่อยโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ และย่อยทำลายการเชื่อมเกาะกันภายในโมเลกุลคอลลาเจน (intermolecular cross links) จึงทำให้เนื้อสัตว์มีความอ่อนนุ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณยางมะละกอแห้งเป็นการเพิ่มปริมาณเอนไซม์ ดังนั้นโปรตีนและการเชื่อมเกาะภายในโมเลกุลคอลลาเจนจึงถูกย่อยได้มากขึ้น ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จึงต่ำลง สำหรับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกลดลงเพียงเล็กน้อย ($P > 0.05$) เมื่อปริมาณยางมะละกอแห้งในผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นทั้งนี้เพราะแม้เอนไซม์ในยางมะละกอจะย่อยสลายโครงสร้างโปรตีน ทำให้โปรตีนมีขนาดโมเลกุลเล็กลง แต่จำนวนประจุอิสระบนโมเลกุลของโปรตีนที่ทำหน้าที่ยึดโมเลกุลของน้ำไว้ อาจไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจาก pH ของชิ้นเนื้อหลังการย่อยสลายไม่แตกต่างกันมาก ความสามารถในการจับน้ำ (water binding ability) ของชิ้นเนื้อจึงไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัส(ตารางที่ 4.5 และ 4.7) พบว่า ปริมาณยางมะละกอแห้ง 3 ระดับมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้อและคะแนนความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อปริมาณยางมะละกอแห้งเพิ่มขึ้น คะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์จะต่ำลง และเมื่อใช้ปริมาณยางมะละกอแห้ง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

0.0005 % โดยน้ำหนักเนื้อ คะแนนลักษณะเนื้อจะต่ำกว่าเกณฑ์ที่ผู้ทดสอบยอมรับได้ คะแนนลักษณะเนื้อในการทดลองนี้เป็นคะแนนที่ใช้วัดลักษณะและปริมาณการยึดเกาะติดกันของชิ้นเนื้อโดยคะแนน 5 หมายถึง เนื้อแน่นยึดติดกันดีมาก ไม่มีรอยแยก และคะแนน 1 หมายถึง เนื้อไม่ยึดติดกันเลย คะแนนลักษณะเนื้อที่ต่ำลงจากการเพิ่มปริมาณน้ำยางมะละกอ อาจเป็นเพราะโดยปกติการเชื่อมจับกันระหว่างชิ้นเนื้อ ขึ้นกับปริมาณ myosin ที่สกัดได้จากเส้นใยกล้ามเนื้อและกลไกการเชื่อมจับระหว่างชิ้นเนื้อเกิดเมื่อโปรตีนที่สกัดออกมาได้ เกิดภาวะการเชื่อมจับระหว่างโมเลกุล (cross linking) จากแรงทางกลที่ได้รับในขั้นตอนการขึ้นรูป หลังจากนั้นการให้ความร้อนทำให้โครงสร้าง 3 มิติ หรือสารละลายที่เกิดขึ้นเปลี่ยนสภาพเป็นเจล (gel)ที่มีลักษณะแข็งแรง เนื้อที่ได้จึงยึดติดกันแน่น เอนไซม์จากยางมะละกอมีผลในการย่อยสลายโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อทำให้โมเลกุลของโปรตีน myofibrillars ซึ่งมีลักษณะเป็นสายยาวที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดโครงสร้างของเจลถูกตัดให้มีขนาดสั้นลง ปริมาณโปรตีนที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่สมบูรณ์ที่จะเกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติที่แข็งแรงและเชื่อมยึดชิ้นเนื้อให้ติดกันจึงมีน้อยลง จะเห็นว่าการใช้ยางมะละกอที่ปริมาณสูงเกิน 0.0004 % โดยน้ำหนักเนื้อ ทำให้โปรตีน myofibrillars ถูกย่อยสลายถึงระดับที่เป็นผลให้ภาวะการเกิดโครงสร้างของเจลที่ดีไม่เพียงพอ ชิ้นเนื้อจึงจับกันได้น้อยลง สำหรับคะแนนความนุ่มของผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณยางมะละกอแห้งทั้ง 3 ระดับ สอดคล้องกับค่าแรงเฉือนโดยเมื่อใช้ยางมะละกอเพิ่มขึ้น ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จะต่ำลงหรือใช้แรงในการตัดขาดผลิตภัณฑ์น้อยลง เพราะชิ้นเนื้ออ่อนนุ่มขึ้น คะแนนความนุ่มจึงเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างด้านความนุ่มได้ชัดเจน และคะแนนความนุ่มอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ที่ทุกระดับของยางมะละกอที่ใช้ในการทดลองนี้ สำหรับคะแนนกลิ่นรสพบว่า ยางมะละกอแห้งทั้ง 3 ระดับไม่มีผลต่อคะแนนกลิ่นรสอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณที่ใช้ในงานทดลองนี้น้อยมากจนไม่เกิดกลิ่นรสที่แปลกปลอมในผลิตภัณฑ์ การที่ได้ออกแบบการทดลองโดยเลือกศึกษาปริมาณยางมะละกอแห้งในระดับต่ำขนาดนี้ เนื่องจาก ในการผลิตเนื้อขึ้นรูปไม่มีขั้นตอนใดที่จะ inactivate เอนไซม์ในยางมะละกอที่ใช้ด้วยความร้อน ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 85 °C และสารเคมีที่จะ inactivate เอนไซม์ในยางมะละกอนี้ได้คือ hydrogen peroxide (Pintauro, 1979) ก็ไม่สามารถนำมาใช้ในอาหารได้ จึงต้องทดลองเบื้องต้นโดยปรับระดับเอนไซม์ให้ต่ำลง จนถึงระดับที่ตลอดระยะเวลาผลิตถึงเก็บที่ -18 °C เอนไซม์จะ

ย่อยสลายเนื้อได้ในระดับที่ไม่มากเกินไปจนทำให้เนื้อเปื่อยยุ่ยจนผู้บริโภคยอมรับไม่ได้หลังการผลิต เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ที่ -18 °C แล้ว activity ของเอนไซม์จะลดต่ำลง และการย่อยสลายเกิดช้าลงที่อุณหภูมินี้ (Pintauro, 1979)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินทั้งทางกายภาพและการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส จึงสรุปได้ว่า ปริมาณยางมะละกอแห้ง 0.0004 % โดยน้ำหนักเนื้อ ซึ่งให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงเฉือนต่ำ มีคะแนนลักษณะเนื้อและความนุ่มในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทดลองขั้นต่อไป

5.2.2 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อโคชิ้นรูป

ได้ศึกษาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อโคชิ้นรูปรวม 3 ปัจจัย คือ ปริมาณ STPP ซึ่งแปรปริมาณเป็น 0, 0.15 และ 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสมแปรเป็น 10, 15 และ 20 นาที และเวลาบ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยในการศึกษาได้แยกเนื้อซึ่งเป็นวัตถุดิบออกเป็น 4 ประเภทคือ เนื้อซึ่งไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ, เนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพก่อนการชิ้นรูปด้วยวิธีทางกล, เนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพก่อนการชิ้นรูปด้วยการตัดแต่งและเนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพก่อนการชิ้นรูปโดยใช้ยางมะละกอ ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป จากเนื้อแต่ละประเภท เกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินเลือกผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด คือ ค่าแรงเฉือน ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม กลิ่นรส

5.2.2.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป จากเนื้อโคที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพก่อนการชิ้นรูป

ในขั้นตอนนี้ได้ศึกษาปริมาณ STPP, เวลานวด และเวลาบ่มที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตเนื้อชิ้นรูป จากเนื้อโคที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ การที่เลือกศึกษาปัจจัยทั้ง 3 นี้ในกระบวนการผลิตเนื่องจากมีความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดย STPP จะช่วยให้ pH ของโปรตีน myofibrillars เพิ่มสูงขึ้น และทำให้โปรตีน actomyosin แยกออกจากกันเป็น actin และ myosin ทำให้เกิดประจุอิสระบนโมเลกุลโปรตีนมากขึ้น โอกาสที่จะเกิดโครงสร้าง 3 มิติของเจลจึงมีมากขึ้น เวลานวดมีผลกับ

อัตราการสกัดโปรตีน actin และ myosin จากโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อและทำให้ชิ้นส่วนเนื้ออ่อนนุ่มขึ้นจากผลของแรงทางกลซึ่งจะช่วยให้การขึ้นรูปทำได้ดีขึ้น ส่วนการบ่มที่ -4 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่การปลดปล่อย myosin ออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดได้ดี ทำให้การสกัดโปรตีนออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อมีมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้ชิ้นรูปและหั่นเป็นชิ้นบางได้ดีขึ้น ผลการวัดค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือนและการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในตารางที่ 4.8 - 4.16 และรูปที่ 4.3-4.4

เมื่อพิจารณาเฉพาะเกณฑ์ทางกายภาพ 2 เกณฑ์คือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 4.8-4.9 และรูปที่ 4.3-4.4) พบว่า อิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยคือ ปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อพิจารณาค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (รูปที่ 4.3) จะเห็นได้ว่า การใช้ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 15 นาที และบ่มนาน 24 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำสุดคือ 30.77 % โดยการเพิ่มเวลานวดผสมเป็น 20 นาที และ เพิ่มเวลาบ่มเป็น 48 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อค่าดังกล่าวนี้ การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก STPP ที่ปริมาณ 0.3 % โดยน้ำหนักเนื้อเป็นปริมาณที่ทำให้เกิดประจุอิสระบนโมเลกุลโปรตีนได้มากที่สุด ผลิตภัณฑ์จึงมีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำกว่าการใช้ STPP ที่ระดับต่ำกว่านี้ นอกจากนี้จากการทดลองเบื้องต้นได้ทดลองแปรปริมาณ STPP เป็น 0.3, 0.4 และ 0.5% โดยน้ำหนักเนื้อ นวดผสม 15 นาที และบ่ม 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อใช้ STPP 0.4 และ 0.5 % ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสเปลาปลอมมากจนผู้บริโภคยอมรับไม่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Karmas (1970) ที่รายงานว่าการเพิ่มปริมาณ STPP มากกว่า 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นโลหะ (metalic flavor) และอีกประการหนึ่ง การใช้ STPP ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีกฎหมายควบคุมปริมาณการใช้โดยกฎหมายจำกัดปริมาณไว้ไม่ให้เกิน 0.3 % ของน้ำหนักเนื้อ จึงเลือก 0.3 % เป็นปริมาณที่เหมาะสม การเพิ่มเวลานวดผสมจาก 10 เป็น 15 นาที จะเสริมประสิทธิภาพ STPP โดยช่วยให้เกลือซึมเข้าไปในเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของมัดกล้ามเนื้อได้รับแรงทางกลจากการนวดผสม ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันยืดออก และ

เส้นใยกล้ามเนื้อแยกออกห่างจากกัน โดยที่เวลานวดผสมเพียง 10 นาที อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้ STPP คลุกเคล้าผสมกับชิ้นเนื้อได้ทั่วถึง แต่การเพิ่มเวลานวดผสมจาก 15 เป็น 20 นาที ไม่มีผลต่อการลดลงของค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก แสดงว่าเวลานวดผสม 15 นาที เพียงพอแล้วที่จะทำให้ STPP แทรกซึมเข้าภายในเนื้อได้ทั่วถึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มเวลาให้นานขึ้น ส่วนการใช้เวลาบ่มเพิ่มขึ้นจาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อการเสริมประสิทธิภาพของ STPP ทั้งนี้อาจเนื่องจากในการทดลองได้บ่มผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -4 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่การปลดปล่อย myosin ออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดได้ดีที่สุด และที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้ยังเกิดการ dissociate ของ actomyosin โดย เอนไซม์ ที่มีในเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดีอีกด้วย (Levie, 1970) นอกจากนั้นเนื้อที่ใช้ในการทดลองนี้ถึงแม้จะได้หลังการฆ่า 6-7 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่โปรตีนอยู่ในภาวะ actomyosin แต่ในระหว่างขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและผลิตใช้เวลานานถึง 18 ชั่วโมง กล้ามเนื้อควรเริ่มคลายตัวจากปฏิกิริยา การย่อยสลายของ เอนไซม์ภายในเนื้อเองแล้วในบางส่วน การเติม STPP นวดผสมและบ่มจึงทำให้ actomyosin ส่วนที่ยังคงเหลืออยู่คลายตัวออกจากกัน ดังนั้นเวลาบ่มเพียง 24 ชั่วโมง จึงเพียงพอที่จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีน

ค่าแรงเฉือน เป็นค่าที่วัดความต้านทานต่อการตัดขาดของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ที่อ่อนนุ่ม หรือเปื่อยยุ่ยจะสามารถตัดขาดออกจากกันได้ง่ายจึงมีค่าแรงเฉือนต่ำ ในทางตรงข้ามผลิตภัณฑ์ที่เหนียวและแข็งถูกตัดขาดได้ยากจะมีค่าแรงเฉือนสูง จึงเลือกค่าแรงเฉือนเป็นเกณฑ์ทางกายภาพที่ใช้ประเมินคุณภาพด้านความนุ่มของผลิตภัณฑ์ จากกราฟความสัมพันธ์ค่าแรงเฉือนกับเวลานวดผสม ที่ปริมาณ STPP และเวลาบ่มต่าง ๆ (รูปที่ 4.4) พบว่า การเพิ่มปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม มีผลเสริมทำให้ค่าแรงเฉือนลดลง โดยการใช้ปริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 20 นาที และเวลาบ่ม 48 ชั่วโมง จะให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุดเท่ากับ 0.590 lb ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการนวดผสม ทำให้มัดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันยึดเกาะกันอย่างหลวม ๆ การเพิ่มเวลานวดจึงทำให้มัดกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแยกออกจากกันได้มากขึ้น เกลือ NaCl ซึมเข้าภายในเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น และ STPP แทรกเข้าภายในเส้นใยกล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น ทำให้ actomyosin คลายตัวออกได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงอ่อนนุ่มขึ้นและค่าแรงเฉือนลดลง การบ่มที่ -4 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่

เหมาะสมในการสกัดโปรตีน myosin จากเส้นใยกล้ามเนื้อ และการบ่มที่ภาวะดังกล่าวยังเป็นผลให้เอนไซม์ที่มีในเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้แก่ cathepsins แพร่ออกจากเซลเส้นใยกล้ามเนื้อย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนกล้ามเนื้อและโปรตีน actomyosin ให้แยกจากกัน เนื้อสัตว์จึงอ่อนนุ่มขึ้นเมื่อเวลาบ่มเพิ่มขึ้น การเพิ่มเวลาบ่มจึงมีผลเสริมประสิทธิภาพ STPP และเวลานวดผสมที่จะทำให้ค่าแรงเฉือนลดลง

จากการพิจารณาเกณฑ์ทางกายภาพทั้ง 2 เกณฑ์ คือค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือน พบว่า การเพิ่ม STPP และเวลานวดผสมมีผลต่อเกณฑ์ทั้งสองในแนวเดียวกัน คือ เมื่อเพิ่ม STPP และเวลานวดผสม ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือนลดลง โดยการใช้ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ และนวดผสม 15 นาที ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด สำหรับผลการเพิ่มเวลาบ่มที่มีต่อเกณฑ์ทางกายภาพทั้ง 2 เกณฑ์ สรุปได้ว่าการเพิ่มเวลาบ่มเมื่อใช้ STPP น้อยกว่า 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ ทำให้ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือนลดลง แต่เมื่อใช้ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ การเพิ่มเวลาบ่มมีผลให้ค่าแรงเฉือนลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก

ต่อมาประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสจากคะแนนลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส ใช้วิธีทดสอบแบบ Scoring ช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนนลักษณะเนื้อใช้พิจารณาความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ ซึ่งขึ้นกับปริมาณโปรตีน myofibrillars โดยเฉพาะ myosin ที่สกัดได้จากชิ้นเนื้อ คะแนนความนุ่มใช้พิจารณาความยากง่ายในการเคี้ยวผลิตภัณฑ์ คะแนนกลิ่นรสพิจารณาจากกลิ่นและรสชาติที่เปลกปลอมจากกลิ่นหอมและรสชาติตามปกติของเนื้อที่ทอดเสร็จแล้วไม่เกิน 10 นาที

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่มและกลิ่นรส(ตารางที่ 4.10-4.16) พบว่า เวลานวดผสม และอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP กับเวลาบ่มมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยคือ ปริมาณ STPP กับเวลานวดผสม อิทธิพลระหว่างปริมาณ STPP กับเวลาบ่ม และอิทธิพลร่วมระหว่าง เวลานวดผสมกับเวลาบ่ม มีผลต่อคะแนนความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ทั้ง 3 ปัจจัยไม่มีผลต่อคะแนนกลิ่นรส ($P > 0.05$)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนลักษณะเนื้อ โดยพิจารณาเฉพาะเวลานวดผสม(ตารางที่ 4.12) พบว่า ที่เวลานวดผสม 15 นาที ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อสูงสุดคือ 3.00 ซึ่งหมายถึง ชิ้นเนื้อสามารถเชื่อมติดกันได้ดีพอใช้และมีรอยแยกปานกลาง ที่เวลานวดผสม 10 นาที มีคะแนนต่ำกว่าที่ 15 นาที และที่เวลานวดผสม 20 นาที ผลิตภัณฑ์มีคะแนนเพิ่มขึ้นจากที่ 15 นาทีอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) การทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับ Booren และคณะ (1981) ซึ่งได้ผสมชิ้นเนื้อและเกลือ 5.0% โดยน้ำหนักเนื้อ นวดผสมเวลา 0, 6, 12 และ 18 นาที พบว่า เมื่อเวลานวดผสมเพิ่มขึ้นจนถึง 12 นาที ผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูปมีคะแนนการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลานวดผสมจาก 12 เป็น 18 นาที คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการเชื่อมติดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ซึ่งผู้ทดลองได้อธิบายว่า ความร้อนที่สะสมในระหว่างการนวดผสมเป็นเวลานาน ทำให้ myosin ไม่สามารถละลายออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้อีก การเชื่อมติดของชิ้นเนื้อจึงไม่ดีขึ้น

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ STPP 0.3% และบ่ม 48 ชั่วโมง มีคะแนนลักษณะเนื้อสูงสุด 3.59 ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้แสดงว่าทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลเสริมซึ่งกันและกัน ในการทำให้เกิดการเชื่อมติดของชิ้นเนื้อ

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความนุ่ม โดยพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP กับเวลานวดผสม ปริมาณ STPP กับเวลาบ่ม และเวลานวดผสมกับเวลาบ่ม (ตารางที่ 4.14-4.16) พบว่า ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความนุ่มสูงสุด เมื่อใช้ปริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 15 หรือ 20 นาที และบ่มนาน 48 ชั่วโมง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับค่าแรงเฉือนแสดงว่าความแตกต่างด้านความนุ่มของตัวอย่างจาก treatment combinations ต่าง ๆ ที่ออกแบบในการทดลองนี้ชัดเจนจนผู้ทดสอบสังเกตเห็นได้ถูกต้อง และมีความสัมพันธ์กันกับค่าจากการวัดด้วยเครื่องมือ คะแนนความนุ่มที่ภาวะดังกล่าวนี้อยู่ในช่วง 2.38-2.42 ซึ่งหมายถึง เหนียวปานกลาง

ดังนั้นจากการพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินทั้งหมด คือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรสจึงสรุปภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูปจากเนื้อโคที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพก่อนการขึ้นรูปได้เป็น บริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 15 นาที

เวลาบ่มนาน 48 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามจากภาวะที่ดีที่สุดที่สรุปได้ ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนประมาณ 0.6 lb. คะแนนความนุ่มประมาณ 2.4 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ยอมรับได้ คือ 2.5 ที่กำหนดไว้

5.2.2.2 <u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป ที่ใช้เนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล</u>

เนื่องจากเนื้อโคที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพด้านความนุ่มต่ำ เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเอ็นเป็นจำนวนมาก จึงปรับปรุงคุณภาพเนื้อก่อนการผลิตเนื้อชิ้นรูป ซึ่งการปรับปรุงด้วยวิธีทางกล มีหลักการที่ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อ เอ็น และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาด เพื่อให้เนื้ออ่อนนุ่มขึ้นโดยไม่ทำลายโครงสร้างระดับโมเลกุลของโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ ชิ้นเนื้อที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกลแล้วมีลักษณะแบนบางและเป็นรูพรุนดังแสดงในรูปที่ 4.1 ได้นำเนื้อที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพดังกล่าว มาศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูปต่อไป โดยศึกษาปริมาณ STPP เวลานวด และเวลาบ่มที่เหมาะสม ผลการวัดค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.17-4.23 และรูปที่ 4.5-4.6

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ทางกายภาพ 2 เกณฑ์ คือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 4.17-4.18) พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้ง 3 คือ ปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม มีผลต่อการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม มีผลเสริมซึ่งกันและกันที่จะทำให้ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ลดลงดังรูปที่ 4.5-4.6

ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของเนื้อชิ้นรูปจากการทดลองนี้อยู่ในช่วง 33.39-47.23 % จากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าเมื่อใช้ปริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเวลานวดผสม 20 นาที และบ่มนาน 24 ชั่วโมง ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์เป็น 33.39 % ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด โดยภาวะในการผลิตที่ให้ค่าต่ำที่สุดนี้ยังจัดเป็นภาวะในเกณฑ์เกือบสูงสุดที่ใช้ในงานทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ เนื้อที่ใช้ในขั้นตอนนี้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกลจนเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันบางส่วนฉีกขาด แต่สภาพดังกล่าวไม่ได้ทำลายโครงสร้างระดับโมเลกุลของโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ actin และ myosin จึงยังคง

อยู่ในรูปแบบ actomyosin ดังนั้นการเพิ่มปริมาณ STPP โดยใช้เวลานวดผสมที่เหมาะสม จึงทำให้ STPP แทรกเข้าไปในโครงสร้างและทำให้เกิดการแยกกันของ actomyosin ได้ดีขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์มีมากขึ้น ค่าการเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จึงลดลง แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มปริมาณ STPP มากขึ้นจาก 0.15 เป็น 0.3 % โดยน้ำหนัก ที่เวลานวดผสม 20 นาที เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกลดลงจาก 33.62 เป็น 33.39 % ซึ่งค่าดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ถูกทำลายจนฉีกขาดจากการทุบด้วยช้อนนั้น ทำให้เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่ STPP จะเข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนภายในเส้นใยกล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น ปริมาณ STPP เพียงเล็กน้อยจึงเพียงพอที่จะทำให้เกิดการแยก actomyosin ได้ ดังนั้น การใช้ STPP ปริมาณมากถึง 0.3% จึงให้ผลที่แตกต่างจาก 0.15% อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) สำหรับอิทธิพลของเวลาบ่ม พบว่า การเพิ่มเวลาบ่มจาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง นั้น ไม่มีผลเสริมให้ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกลดต่ำลง ทั้งนี้เพราะการบ่มไม่ได้ทำให้จำนวนประจุบนโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น ดังนั้น การบ่มผลิตภัณฑ์ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ปริมาณ STPP 0.3% เวลานวดผสม 20 นาที จึงให้ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่าแรงเฉือน (รูปที่ 4.6) พบว่า ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ที่ STPP 0.3 %โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 20 นาที เวลาบ่ม 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.655 lb ซึ่งค่าสุดนั้น แต่การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแล้วพบว่า ที่เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง ปริมาณ STPP เพียง 0.15% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 20 นาที มีค่าแรงเฉือน 0.845 lb ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก เนื้อที่ใช้ในการทดลองผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีทางกลมาแล้ว เส้นใยกล้ามเนื้อฉีกขาดและเป็นรูพรุน จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้ STPP สามารถผสมเข้าไปทำให้เกิดการแยกของ actomyosin ในเส้นใยกล้ามเนื้อได้ง่ายขึ้น การใช้ STPP เพียง 0.15 % โดยน้ำหนักเนื้อจึงเพียงพอที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแล้ว และนอกจากนี้ พังผืดและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของชิ้นเนื้อถูกทำลายไปบางส่วนแล้ว ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จึงต่ำอยู่แล้ว ปริมาณ STPP เพียงเล็กน้อยจึงเพียงพอที่จะใช้ปรับปรุงคุณภาพความนุ่มของผลิตภัณฑ์ได้ สำหรับเวลานวดผสม ยังคงมีผลในการเสริมประสิทธิภาพ STPP ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดย เมื่อเวลานวดผสมเพิ่มขึ้น จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือน

ลดลง สำหรับเวลาบ่ม พบว่า การบ่มโดยใช้เวลาเพิ่มขึ้นจาก 24 เป็น 48 ชั่วโมงจะช่วยเสริมประสิทธิภาพให้ STPP ที่ปริมาณ 0.3%โดยน้ำหนัก สามารถปรับปรุงคุณภาพความนุ่มของผลิตภัณฑ์ได้เพิ่มขึ้น โดยค่าแรงเฉือนจะลดลงต่ำกว่าการใช้ STPP 0.15% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 20 นาทีเท่ากัน

ดังนั้นเมื่อพิจารณาเกณฑ์ทางกายภาพทั้ง 2 เกณฑ์คือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือนพบว่า ให้ผลสอดคล้องกัน คือ การใช้ STPP 0.15% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 20 นาที เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง จะให้ค่าทั้ง 2 ลดลงโดยมีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก 33.62% และค่าแรงเฉือน 0.845 lb

ผลจากทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่มและกลิ่นรส(ตารางที่4.19-4.23) พบว่า เวลานวดผสม และเวลาบ่มมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และปริมาณ STPP กับเวลาบ่มมีผลต่อคะแนนความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ เมื่อพิจารณาเฉพาะเวลานวดผสมที่ 10, 15 และ 20 นาที พบว่า เมื่อเวลานวดผสมเพิ่มขึ้นคะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์จะสูงขึ้น คือ 3.98, 4.16 และ 4.28 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนทั้ง 3 ระดับแล้วจะพบว่าใกล้เคียงกันมาก โดยคะแนนลักษณะเนื้อที่เวลานวดผสม 10 นาที แตกต่างจาก 15 นาที อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนลักษณะเนื้อที่เวลานวดผสม 15 และ 20 นาที มีคะแนนสูงในระดับดี คือชิ้นเนื้อสามารถยึดติดกันได้ดี และมีรอยแยกเพียงเล็กน้อย จึงเลือกพิจารณาเพียง 2 ระดับนี้ต่อไป การที่ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อค่อนข้างสูง เนื่องจากขนาดชิ้นเนื้อที่ใช้ในขั้นตอนนี้มีลักษณะบางและเป็นรูพรุน ซึ่งนอกจากทำให้ชิ้นเนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้นแล้ว ยังเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่เกลือจะเข้าไปสกัด myosin ออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้เพิ่มขึ้น myosin จึงถูกสกัดออกมาได้มากและ ทำหน้าที่เชื่อมติดชิ้นเนื้อแต่ละชิ้นได้ดีขึ้น (Acton, 1972a) คะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์จึงสูง ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Seideman และคณะ (1982) ที่พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูปผลิตโดยใช้ชิ้นเนื้อหนา 0.25 เซนติเมตรจะมีคุณภาพดีกว่าการใช้ชิ้นเนื้อหนา 0.5 เซนติเมตร ผลจากตารางที่ 4.21 จะเห็นว่าการเพิ่มเวลานวดผสมจาก 15 เป็น 20 นาที ทำให้คะแนนลักษณะเนื้อ

เพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องจาก อุณหภูมิส่วนผสมเพิ่มขึ้นเกิน 4 °C จากความร้อนที่สะสมในระหว่างการนวดผสม ปริมาณ myosinที่สกัดออกมาได้จึงมีอัตราน้อยลง สำหรับเวลาบ่มที่ 24 ชั่วโมง ให้ผลคะแนนลักษณะเนื้อแตกต่างจากที่เวลาบ่ม 48 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเวลาบ่มเพิ่มขึ้นจาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง ทำให้คะแนนลักษณะเนื้อต่ำลงจาก 4.25 เป็น 4.04 แสดงว่าการบ่มเพียง 24 ชั่วโมง เพียงพอสำหรับการเกิดลักษณะติดกันที่ดีของชิ้นเนื้อแล้ว ส่วนคะแนนที่ลดลงเมื่อบ่ม 48 ชั่วโมง อาจเป็นผลจากความไม่สม่ำเสมอในระดับความเหนียวของชิ้นเนื้อตั้งต้นที่ใช้

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม เมื่อพิจารณาเฉพาะเวลาบ่ม (ตารางที่ 4.22) พบว่า ที่เวลาบ่ม 48 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์จะมีคะแนนความนุ่ม 3.23 ซึ่งสูงกว่าที่เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการปรับปรุงคุณภาพเนื้อด้วยวิธีกลแม้จะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาดแต่ไม่ทำลายโครงสร้างระดับโปรตีนโมเลกุลดังที่ได้อธิบายไว้แล้วในผลจากค่าแรงเฉือน การเพิ่มเวลาในการบ่มจึงมีผลให้เนื้อนุ่มขึ้นจนผู้ทดสอบสังเกตเห็นชัด สำหรับอิทธิพลของปริมาณ STPP (ตารางที่ 4.23) พบว่า การเพิ่มปริมาณ STPP ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับค่าแรงเฉือน โดยปริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก ให้ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุด และมีคะแนนความนุ่มสูงที่สุด คือ 3.31 และที่ปริมาณ STPP 0.15% โดยน้ำหนัก ให้คะแนนความนุ่ม 3.12 ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ STPP 0.3%

เมื่อพิจารณาเฉพาะเกณฑ์คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส พบว่า ภาวะที่เหมาะสมคือ ปริมาณ STPP 0.15% หรือ 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 15 หรือ 20 นาที และเวลาบ่ม 24 หรือ 48 ชั่วโมง โดยผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปที่ได้มีคะแนนกลิ่นรสและคะแนนลักษณะเนื้อ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้แต่จากคะแนนความนุ่มพบว่าผลิตภัณฑ์ยังคงมีความเหนียวอยู่บ้างเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อโคส่วนไหล่ที่ใช้ในการทดลองนี้มี เอ็น และ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่ปริมาณมาก ถึงแม้ในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีกลจะทำให้เนื้อเยื่อเหล่านี้ฉีกขาดไปบ้าง แต่ก็มิได้ถูกกำจัดออกไป ผลิตภัณฑ์จึงคงมีความเหนียวอยู่บ้าง

ดังนั้น จากการพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้คัดสินทั้งหมดคือ ค่าการเสียน้ำ-

หนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส จึงเลือกปริมาณ STPP 0.15% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 20 นาที และบ่มนาน 24 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป จากเนื้อโคที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล

5.2.2.3 <u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป ที่ใช้เนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการตัดแต่ง</u>

การปรับปรุงคุณภาพเนื้อด้วยวิธีการตัดแต่ง เป็นการกำจัดเอ็นพังผืด ที่มีผลทางลบต่อความนุ่มของเนื้อออกให้หมดเท่าที่จะทำได้ และยังกำจัดไขมัน ซึ่งมีผลขัดขวางการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อ ในผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป การปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีนี้ ไม่ได้ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อฉีกขาด หรือเปลี่ยนแปลงสภาพไป รวมทั้งไม่ได้ทำลายโครงสร้างระดับโมเลกุลของโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ ชิ้นเนื้อที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีนี้มีลักษณะคงสภาพเดิม ดังรูปที่ 4.2 ชิ้นเนื้อที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ แล้วนำมาศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูปต่อไป โดยการศึกษาปริมาณ STPP, เวลานวดผสม และเวลาบ่ม ผลการวัดค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงใน ตารางที่ 4.24-4.30 และรูปที่ 4.7-4.8

จากค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 4.24-4.25) พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP เวลานวดผสม และ เวลาบ่ม มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม มีผลเสริมซึ่งกันและกัน ในการลดค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือน

จากตารางที่ 4.24 จะเห็นว่าการใช้ STPP 0.3 % โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 15 นาที และเวลาบ่ม 48 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก 32.92 % และมีค่าแรงเฉือน 0.798 lb ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดในการทดลองนี้ จะเห็นว่าเนื้อจากการทดลองนี้ แม้จะกำจัดเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และไขมันออกไปบ้างแล้ว ก็ยังต้องการ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่มในเกณฑ์สูง เพื่อลดค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ทั้งนี้อาจเป็น

เพราะเนื้อที่ใช้มีลักษณะเป็นก้อนขนาด 2x2x1 ลูกบาศก์เซนติเมตร การแทรกซึมของเกลือต่าง ๆ เข้าไปยังบริเวณเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่ลึก ๆ ลงไป จึงต้องใช้เวลานาน หรือใช้เกลือในปริมาณสูง ในส่วนค่าแรงเฉือนก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก คือที่ STPP 0.3 % เมื่อผสม 15 นาที บ่ม 48 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีค่าแรงเฉือนต่ำสุด ซึ่งอาจอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน สำหรับที่เวลาผสม 20 นาที บ่ม 48 ชั่วโมง STPP 0.3 % ผลิตภัณฑ์ควรจะมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าที่เวลานวดผสม 15 นาที (0.798 lb) แต่ผลจากการทดลองกลับสูงกว่า (1.063 lb) อาจเกิดเนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นในขั้นตอนการนวดผสม ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดการหดตัวบ้าง แม้จะไม่มากนัก แต่ก็อาจมีผลทำให้โครงสร้างที่หลวมออกแล้วกลับแน่นเข้า เกลือต่าง ๆ จึงซึมเข้าอีกต่อไปได้ในอัตราที่ต่ำลง และการหดตัวทำให้ค่าแรงเฉือนสูงขึ้น ดังนั้น ถ้าพิจารณาเฉพาะเกณฑ์ทางกายภาพทั้ง 2 เกณฑ์แล้ว ภาวะที่เหมาะสมซึ่งให้ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือนน้อยที่สุด คือ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 15 นาที และ บ่มนาน 48 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส (ตารางที่ 4.26-4.30) พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP กับเวลาบ่มมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ปริมาณ STPP และอิทธิพลร่วมระหว่าง เวลานวดผสมกับเวลาบ่ม มีผลต่อคะแนนความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

จากคะแนนการทดสอบด้านลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่าง STPP กับเวลาบ่ม (ตารางที่ 4.28) พบว่า การเพิ่มเวลาบ่มและ STPP ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อเพิ่มขึ้น โดยการใช้ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก และเวลาบ่ม 48 ชั่วโมง ไม่ว่าจะนวด 15 หรือ 20 นาที ให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อ 3.18 ซึ่งสูงกว่าที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้แสดงว่าปริมาณเกลือที่ระดับสูงการบ่มเป็นเวลานาน เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ยึดติดกันดีจนผู้ทดสอบสังเกตเห็นได้ ส่วนเวลานวดซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญนั้น อาจเนื่องจากชิ้นเนื้อมีลักษณะเป็นก้อนเกือบลูกบาศก์ การที่จะตรวจให้พบความแตกต่างระหว่างเวลานวดอาจต้องออกแบบการทดลองโดยใช้เวลาที่แตกต่างกันมากกว่านี้ ผลิตภัณฑ์จึงจะมีคุณภาพต่างกัน จนผู้ทดสอบสังเกตเห็นความแตกต่างได้

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม เมื่อพิจารณาผลของปริมาณ STPP (ตาราง 4.29) พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนของคะแนนความนุ่มเป็นไปในทางเดียวกันกับค่าแรงเฉือนโดยผลิตภัณฑ์มีคะแนนความนุ่มเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณ STPP เพิ่มขึ้น แต่ที่ปริมาณ STPP 0.15 และ 0.3 % ผู้บริโภคไม่สามารถแยกความแตกต่างของความนุ่มได้ และคะแนนความนุ่มที่ปริมาณ STPP 0.15 และ 0.3% โดยน้ำหนัก เท่ากับ 4.09 และ 4.28 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนความนุ่มที่ปริมาณ STPP ทั้ง 2 ระดับ อยู่ในเกณฑ์ที่ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มเกือบพอดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเอ็น และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันขนาดใหญ่ ที่เป็นผลให้ชิ้นเนื้อเหนียวมากได้ถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพเนื้อแล้ว และส่วนที่เหลืออยู่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีขนาดบางที่หุ้มรอบมัดเล็กของกล้ามเนื้อเท่านั้น คะแนนความนุ่มจึงเพิ่มขึ้นในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สำหรับอิทธิพลของเวลานวดผสมกับเวลาบ่ม (ตารางที่ 4.30) ต่อคะแนนความนุ่มให้ผลที่สอดคล้องกับค่าแรงเฉือน คือ เมื่อนวด 15 นาที และบ่ม 48 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มีระดับความนุ่มอยู่ในเกณฑ์ดีที่สุด และมีคะแนนความนุ่มสูงถึง 4.35 เช่นเดียวกับค่าแรงเฉือนที่ภาวะนี้ซึ่งลดลงต่ำสุดดังได้กล่าวแล้ว ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะเกณฑ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส ภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะ เนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส ในระดับที่ยอมรับได้ คือ STPP 0.15 หรือ 0.3% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 15 หรือ 20 นาที และเวลาบ่ม 48 ชั่วโมง

ดังนั้น เมื่อพิจารณาเกณฑ์การตัดสินทั้งหมด คือ การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเนื้อชิ้นรูปที่ใช้เนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการตัดแต่งคือ ปริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 15 นาที และบ่มนาน 48 ชั่วโมง

5.2.2.4 <u>ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป ที่ใช้เนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอ</u>

การปรับปรุงคุณภาพเนื้อด้วยยางมะละกอ จะทำให้เนื้อนุ่มขึ้นได้จากการที่เอนไซม์ในกลุ่ม protease ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในยางมะละกอ จะย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และในเส้นใยกล้ามเนื้อ ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ใน

การทดลองนี้ได้ศึกษาผลของปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่มในกระบวนการผลิตเนื้อชิ้นรูปต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อโคที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอ ผลการวัดค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และการทดสอบทางประสาทสัมผัส แสดงในตารางที่ 4.31-4.39 และรูปที่ 4.9

ผลจากค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือน (ตารางที่ 4.31-4.32) พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP กับเวลานวดผสม และ เวลานวดผสมกับเวลาบ่ม มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญ อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม (รูปที่ 4.9) มีผลต่อค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ผลจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP กับเวลานวดผสม (ตาราง 4.33) พบว่าตัวอย่างที่ใช้ STPP 0.3% โดยน้ำหนักเนื้อ และนวดผสม 20 นาที มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำสุดคือ 39.05% สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างเวลานวดผสมกับเวลาบ่มที่มีต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (ตารางที่ 4.34) พบว่าตัวอย่างที่นวดผสมเป็นเวลา 20 นาที และบ่มนาน 24 ชั่วโมง มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำสุดคือ 41.23 % ซึ่งแตกต่างจากภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อรวมผลจากอิทธิพลร่วมทั้งสองนี้แล้ว ภาวะที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกต่ำสุดที่สรุปได้คือ STPP 0.3 % นวดผสม 20 นาที และบ่ม 24 ชั่วโมง การที่ภาวะดังกล่าวนี้ดีกว่าภาวะอื่นในแง่การเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก แสดงว่าการย่อยสลายโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อเป็น polypeptides สายสั้น ๆ เพียงอย่างเดียว มีผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนเปลี่ยนไปจากเดิมไม่มากนัก จึงยังคงต้องอาศัยปัจจัยภายนอกได้แก่ เกลือ STPP การนวด และการบ่ม ในการเพิ่มสามารถในการจับโมเลกุลน้ำของโปรตีน การที่การย่อยสลายไม่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ อาจเนื่องจากหลังการทำปฏิกิริยากับยางมะละกอแล้ว pH ของเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อจึงยังคงระดับเดิมอยู่

สำหรับค่าแรงเฉือน เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณ STPP เวลานวดผสม และเวลาบ่ม พบว่า STPP 0.3 % โดยน้ำหนัก นวดผสม 20 นาที

และบ่มนาน 24 ชั่วโมง ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงเฉือนต่ำที่สุดคือ 0.655 lb โดยเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.9 พบว่าที่ปริมาณ STPP 0.15 % โดยน้ำหนัก เมื่อเวลานวดผสมเพิ่มขึ้นจาก 10 เป็น 15 นาที ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มเวลาในการนวดผสมทำให้ STPP แทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น เป็นผลให้แยก actin และ myosin ออกจากภาวะ actomyosin ได้มากขึ้น และ เอนไซม์ จากยางมะละกอย่อยสลายโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อบางส่วน ทำให้ myosin ปลดปล่อยออกได้ปริมาณมาก จึงเกิดการเชื่อมติดระหว่างชิ้นเนื้อด้วย bond ที่มีความแข็งแรงมาก ค่าแรงเฉือนที่ภาวะนี้จึงเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อเพิ่มเวลานวดผสมผลิตภัณฑ์เป็น 20 นาที ค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง แสดงว่าเมื่อนวดเป็นเวลานานขึ้น อัตราการย่อยสลายโปรตีน ทั้งโปรตีนของเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ยิ่งเพิ่มมากขึ้นจนเนื้อนุ่มขึ้นถึงระดับที่เป็นผลให้ค่าแรงเฉือนลดลงได้มากจนเห็นได้ชัด อีกประการหนึ่ง เอนไซม์ papain ในยางมะละกอ ย่อยโปรตีนจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้ดีกว่าโปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน หรือ collagen (Kang และ Rice, 1970) และเนื้อที่ใช้ในการทดลองเป็นเนื้อจากส่วนไหล่ ซึ่งมีพังผืดค่อนข้างหนาและมาก จึงต้องใช้เวลาในการนวดผสมนานกว่า 15 นาที เอนไซม์จึงจะย่อยสลายเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในระดับที่จะทำให้เนื้อตัดให้ขาดออกจากกันได้ง่ายขึ้น ดังนั้นถ้าพิจารณาเฉพาะเกณฑ์การตัดสินทางกายภาพจะพบว่า ภาวะที่เหมาะสมคือ การใช้ปริมาณ STPP 0.3 % โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 20 นาที และ บ่ม 24 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อความนุ่ม และกลิ่นรส (ตารางที่ 4.35-4.39) พบว่าอิทธิพลของปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือปริมาณ STPP และเวลาบ่มมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และอิทธิพลร่วมระหว่าง เวลานวดผสมและเวลาบ่มมีผลต่อคะแนนความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่ทั้ง 3 อิทธิพลไม่มีผลกับคะแนนกลิ่นรส ($P > 0.05$) โดยคะแนนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อยู่ระหว่าง 4.00-4.35 ซึ่งหมายความว่าผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสของเนื้อทอดค่อนข้างดี และมีกลิ่นรสแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์น้อยมาก

จากคะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณ STPP (ตารางที่ 4.37) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ STPP จาก 0 เป็น 0.15 และ 0.3 %โดยน้ำหนัก ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อเพิ่มขึ้นจาก 2.54 เป็น 2.70 และ 3.06 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก มีคะแนนลักษณะเนื้อสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ STPP ที่ระดับอื่น ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจาก การใช้ STPP ปริมาณมากจะทำให้แยก actomyosin ให้เป็น actin และ myosin ได้เพิ่มมากขึ้น myosin สกัดด้วยเกลือออกมาได้มากขึ้น ชิ้นเนื้อจึงเชื่อมติดกันได้ดีขึ้น สำหรับอิทธิพลของเวลาบ่ม (ตารางที่ 4.38) พบว่า การเพิ่มเวลาบ่มจาก 24 เป็น 48 ชั่วโมง คะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 2.93 เป็น 2.61 ถึงแม้ว่าการเพิ่มเวลาบ่มจะเป็นการเสริมประสิทธิภาพให้ STPP และเกลือสกัดและละลาย myosin จากชิ้นเนื้อได้มากขึ้น แต่สำหรับขั้นตอนนี้ การเพิ่มเวลาบ่มอาจเป็นผลทำให้เอนไซม์ในยางมะละกอแทรกซึมเข้าภายในชิ้นเนื้อได้ดีขึ้นและเป็นการเพิ่มเวลาในการย่อยสลายโปรตีน myosin ให้เป็น polypeptides สายสั้น ๆ มากขึ้น Cheftel, Cuq และ Lorient (1985) อธิบายว่าการลดขนาดโมเลกุลของโปรตีนโดยการย่อยสลายด้วย proteases มีผลในการทำลายสมบัติด้านการเกิดเจล และสมบัติ viscoelasticity ของโปรตีน ภาวะการยึดระหว่างชิ้นเนื้อที่ใช้ myosin เป็นสารเชื่อมจึงด้อยลง และเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนลักษณะเนื้อต่ำลง

จากคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลร่วมระหว่างเวลานวดผสม และเวลาบ่ม (ตาราง 4.39) การนวดผสมที่เวลา 10 นาที และบ่ม 48 ชั่วโมง กับ การนวดผสม 20 นาที และบ่ม 24 ชั่วโมง ให้ผลคะแนนความนุ่ม 2.90 และ 2.83 ตามลำดับ และไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ การใช้เวลาในการนวดผสมน้อยแต่บ่มนาน หรือ นวดผสมนานแต่บ่มสั้นมีผลให้เอนไซม์จากยางมะละกอสามารถแทรกซึมเข้าภายในชิ้นเนื้อได้ดีขึ้นเท่าเทียมกัน และเนื้อนุ่มมากจนถึงระดับนุ่มเกินไป คะแนนความนุ่มจึงค่อนข้างต่ำ

ในการพิจารณาภาวะเหมาะสมจากการทดลองนี้ในด้านคุณภาพจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ให้ความสำคัญกับคะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เป็นอันดับแรก เพราะการใช้เอนไซม์ปรับปรุงความนุ่มของเนื้อ มีข้อจำกัดที่การเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อดังได้อธิบายไปแล้ว จากคะแนนลักษณะเนื้อพบว่าภาวะที่ให้การเชื่อมติดของชิ้นเนื้อดีที่สุดคือ STPP

0.3% เวลานวด 20 นาที และบ่ม 24 ชั่วโมง ซึ่งภาวะดังกล่าวนี้ ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความนุ่มสูงที่สุดด้วย

เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมด คือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือนและคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส จึงสรุปได้ว่า ภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูป จากเนื้อโคที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอแห้ง 0.0004% โดยน้ำหนัก คือ ปริมาณ STPP 0.3% โดยน้ำหนัก เวลานวดผสม 20 นาที เวลาบ่ม 24 ชั่วโมง

5.2.3 <u>ศึกษาเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป ที่ใช้เนื้อโคส่วนไหล่ซึ่งไม่ผ่านและผ่านการปรับปรุงคุณภาพก่อนการขึ้นรูป</u>

จากการศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อชิ้นรูปจากเนื้อโคที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่าเนื้อซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละการทดลองมีความแปรปรวนด้านปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและความเหนียว แม้ว่าจะพยายามคัดเลือกเฉพาะเนื้อส่วนไหล่ของโคที่มีอายุเท่ากัน ซื้อจากแหล่งขายเดียวกันและกำหนดเวลาหลังการฆ่าแล้วก็ตาม แต่การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบยังทำได้ยาก เนื่องจากไม่ทราบประวัติด้านชนิดของอาหาร ภาวะการเลี้ยงและฆ่าโคที่นำเนื้อมาใช้ การเปรียบเทียบภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจึงจำกัดอยู่เฉพาะภายในการทดลองแต่ละชุดซึ่งใช้เนื้อที่ซื้อมาในครั้งเดียวกันเท่านั้น ดังนั้นในการเปรียบเทียบผลของวิธีปรับปรุงคุณภาพเนื้อแต่ละวิธีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ จึงต้องออกแบบการทดลองใหม่ให้สามารถใช้วัตถุดิบที่คุณภาพสม่ำเสมอได้ โดยในการศึกษาได้ผลิตเนื้อชิ้นรูปจากเนื้อโคส่วนไหล่ซึ่งไม่ผ่านและผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีต่าง ๆ รวม 4 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล วิธีดัดแต่ง และการใช้ยางมะละกอตามภาวะเหมาะสมที่เลือกได้สำหรับแต่ละวิธี เปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยใช้เกณฑ์ทางกายภาพ 2 เกณฑ์ คือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือน เกณฑ์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่มและกลิ่นรส ผลแสดงดังตารางที่ 4.40, 4.42 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.41 และ 4.43

จากตารางที่ 4.40 และ 4.41 พบว่า ตัวอย่างที่ผลิตโดยใช้เนื้อที่ไม่

ปรับปรุงคุณภาพและปรับปรุงคุณภาพแต่ละวิธีที่ภาวะที่ดีที่สุดที่คัดเลือกมา มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ค่าแรงเฉือนต่างกัน ($P \leq 0.05$) เนื้อโคที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าเนื้อโคที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ตัวอย่างที่ผลิตโดยใช้เนื้อโคที่ปรับปรุงคุณภาพทั้ง 3 วิธีมีค่าแรงเฉือนไม่ต่างกัน ($P > 0.05$) การที่ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่แตกต่างกันเนื่องจากการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์ ขึ้นกับความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนและสมบัติดังกล่าวนี้ขึ้นกับ pH หรือจำนวนประจุอิสระบนโมเลกุลโปรตีนที่จะสามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ภายในเนื้อเยื่อได้โดยไม่สูญเสียออกไปแม้จะได้รับพลังงานความร้อนจากการทำให้สุก จากการวัดค่า pH ของเนื้อทั้ง 4 ตัวอย่างก่อนการขึ้นรูปพบว่าอยู่ในช่วง 6.2-6.3 ซึ่งเป็นช่วง pH ที่ห่างจากช่วง isoelectric point ของเนื้อ (5.4-5.5) โดยทั่วไป ผลดังกล่าวนี้จึงอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อที่ไม่ผ่านและผ่านการปรับปรุงคุณภาพแต่ละวิธีจึงไม่แตกต่างกัน

สำหรับค่าแรงเฉือนเป็นค่าที่ขึ้นกับปริมาณพังผืด เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ การปรับปรุงคุณภาพเนื้อทั้ง 3 วิธี เป็นผลให้ค่าแรงเฉือนลดต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมซึ่งผลิตจากเนื้อที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพ ผลิตภัณฑ์จากเนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพทั้ง 3 วิธี มีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างกันทั้ง ๆ ที่ตัวอย่างที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกลซึ่งกล้ามเนื้อมีสภาพฉีกขาด หรือการใช้เอนไซม์ย่อยสลายน่าจะมีค่าแรงเฉือนต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้วิธีตัดแต่ง อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวอาจเป็นเพราะตัวอย่างที่ผ่านการตัดแต่งได้มีการกำจัดพังผืดรอบนอกชิ้นเนื้อที่หนาและมีความเหนียวมากออกไปจนหมด ส่วนที่เหลืออยู่ด้านในเป็นพวกที่หุ้มรอบกล้ามเนื้อมัดเล็กและเส้นใยกล้ามเนื้อที่บางกว่าจึงเหนียวน้อย ขณะที่เนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกลและใช้เอนไซม์ไม่ได้กำจัดพังผืดรอบนอกเนื้อชิ้นใหญ่ออก หลังการใช้แรงทางกล และเอนไซม์ตามภาวะที่ออกแบบในงานทดลองนี้ จึงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงเฉือนใกล้เคียงกับตัวอย่างเนื้อที่ใช้วิธีตัดแต่ง

จากตารางที่ 4.42 และ 4.43 พบว่า การปรับปรุงคุณภาพเนื้อก่อนการขึ้นรูปด้วยวิธีการต่าง ๆ มีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้อและความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่มีผลต่อคะแนนกลิ่นรสอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อพิจารณาเฉพาะ คะแนนลักษณะเนื้อ

พบว่าการปรับปรุงด้วยวิธีทางกลให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนลักษณะเนื้อสูงที่สุด และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$) ขณะที่อีก 2 ตัวอย่างแม้คะแนนลักษณะเนื้อจะไม่แตกต่าง จากที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล แต่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ผลดังกล่าวนี้แสดงว่าผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปจากเนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกลมีความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อค่อนข้างดีมาก Pearson และ Tauber (1984) อธิบายว่า ความสามารถในการเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อขึ้นกับปริมาณพังผืด, ไขมัน และเอ็นในชิ้นเนื้อโดยเนื้อเยื่อเหล่านี้จะขัดขวางการสกัดและการเชื่อมติดกันระหว่างโมเลกุลของ myosin และยังขึ้นกับปริมาณ myosin เนื้อวัวที่ผ่านการปรับปรุงด้วยวิธีทางกล ชิ้นเนื้อจะถูกทุบด้วยฆ้อนจนมีลักษณะบางและเป็นรูพรุน เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่หุ้มอยู่โดยรอบเส้นใยกล้ามเนื้อฉีกขาดทำให้เกลือสามารถแทรกซึมเข้าภายในชิ้นเนื้อสกัด myosin ออกมาได้ดีขึ้นชิ้นเนื้อจึงเชื่อมติดกันได้ดีกว่าตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$) ซึ่งเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่ในสภาพสมบูรณ์ปกติ ความแตกต่างดังกล่าวนี้ชัดเจนจนผู้บริโภคสังเกตเห็นได้ ในขณะที่ตัวอย่างจากเนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพอีก 2 วิธีผู้ทดสอบแยกความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมไม่ได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะการปรับปรุงคุณภาพเนื้อโดยการตัดแต่ง แม้ชิ้นเนื้อจะถูกกำจัดพังผืด ไขมัน ออกจนหมด แต่ชิ้นเนื้อยังคงมีขนาดใหญ่ พื้นที่ผิวในการที่เกลือจะแทรกซึมเข้าไปสกัดโปรตีนมีน้อยกว่าทำให้การเชื่อมติดกันของชิ้นเนื้อไม่ดีเท่าวิธีทางกล คะแนนลักษณะเนื้อจึงต่ำกว่าและไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม สำหรับการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอ ซึ่งแม้ว่าจะทำให้โปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือโปรตีน collagen ย่อยสลายและเนื้อนุ่มขึ้นแล้วก็ยังทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อรวมทั้ง myosin ย่อยสลายด้วยทำให้ความสามารถในการเป็นสารเชื่อมระหว่างชิ้นเนื้อด้อยลงดังได้อธิบายไปแล้ว คะแนนลักษณะเนื้อจึงไม่ต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P > 0.05$)

เมื่อพิจารณาเฉพาะคะแนนความนุ่มพบว่า ให้ผลสอดคล้องในลักษณะผกผันกับค่าแรงเฉือนคือ ตัวอย่างที่มีค่าแรงเฉือนต่ำ จะมีคะแนนความนุ่มสูง เนื้อวัวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเนื้อจึงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนความนุ่มสูงกว่า เนื้อวัวที่ไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ โดยการปรับปรุงด้วยวิธีทางกลและการใช้ยางมะละกอ ให้คะแนนสูง 4.73 และ 4.53 ตามลำดับ และแตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะการปรับปรุงด้วยวิธีทางกลเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันฉีกขาด ส่วนการปรับปรุงด้วยการใช้ยางมะละกอ โมเลกุลของโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะถูกย่อยสลายให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ทั้ง

2 วิธีนี้ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความอ่อนนุ่ม ขณะที่การตัดแต่งกำจัดพังผืดและไขมันออกจากชิ้นเนื้อภายนอกโดยไม่ทำลาย เส้นใยกล้ามเนื้อ หรือพังผืดอีกทั้งชิ้นเนื้อมีลักษณะเป็นก้อนลูกบาศก์ทำให้ผู้ทดสอบแยกความแตกต่างด้านความนุ่มของตัวอย่างนี้จากตัวอย่างควบคุมไม่ได้

ดังนั้น เมื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินทั้งหมดคือ ค่าการเสียน้ำหนักหลังการทำให้สุก ค่าแรงเฉือน และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส จึงสรุปว่าผลิตภัณฑ์จากเนื้อที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีทางกลดีกว่าตัวอย่างอื่น แต่อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์จากเนื้อโคที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอ ให้ผลทางด้านคะแนนความนุ่มและลักษณะเนื้อไม่แตกต่างจากการปรับปรุงด้วยวิธีทางกล ($P > 0.05$) และเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพที่สะดวก ประหยัดแรงงานและยังได้ใช้ยางมะละกอซึ่งเป็นวัตถุดิบราคาถูกที่ผลิตได้มากในประเทศด้วย ในการศึกษาอายุการเก็บจึงเลือกทั้งตัวอย่างที่ใช้เนื้อจากการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกลและยางมะละกอมาทดลองศึกษาต่อไป

5.3 <u>ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูป</u>

ได้ผลิตเนื้อชิ้นรูปจากเนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล และยางมะละกอแห้งตามภาวะเหมาะสมที่สรุปได้จากแต่ละวิธี แยกบรรจุตัวอย่างที่ได้เป็น 2 ภาวะ คือ ที่ความดันบรรยากาศ และสุญญากาศ ในถุง Nylon/PE เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 4 เดือน สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทุก 1 เดือน วิเคราะห์ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก แรงเฉือน ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ก่อนทำให้สุกด้านสี และหลังทำให้สุก ด้านลักษณะเนื้อ ความนุ่ม กลิ่นรส และติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ดิบด้วยเครื่อง Lovibond

5.3.1 <u>ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปที่ใช้เนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล</u>

ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ ที่บรรจุที่ความดันบรรยากาศ และสุญญากาศ ที่เวลาเก็บต่างๆ(ตารางที่ 4.44-4.45) แสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่างภาวะการบรรจุ และระยะเวลาเก็บไม่มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และค่าแรงเฉือน ($P>0.05$) สำหรับอิทธิพลของปัจจัยหลัก พบว่า ภาวะบรรจุมีผลต่อการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก โดยที่การบรรจุสุญญากาศ ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก 40.08 % น้อยกว่าที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.70 % อย่างมีนัยสำคัญ($P\leq0.05$) ผลการทดลองใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ Santos และ Regenstein(1990) ที่ศึกษาอายุการเก็บปลา mackerel ที่ -7°C ในถุงพลาสติก Cryovac® ซึ่งมีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและอากาศได้ดี ผู้วิจัยรายงานว่า เนื้อปลาที่บรรจุสุญญากาศมีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกน้อยกว่าตัวอย่างซึ่งบรรจุที่ความดันบรรยากาศ เหตุที่ได้ผลเช่นนี้ไม่ว่าจะเป็นในกรณีของปลา mackerel หรือเนื้อชิ้นรูปที่ผลิตในงานทดลองนี้ ก็เพราะการบรรจุที่ความดันบรรยากาศมีช่องว่างระหว่างผิวของผลิตภัณฑ์กับผิวภายในภาชนะบรรจุ เมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผิวผลิตภัณฑ์และช่องว่างที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์อยู่ ทำให้น้ำระเหยออกจากผิวของผลิตภัณฑ์ และเกิด recrystallization เป็นเกล็ดน้ำแข็งขนาดเล็ก(frost)จับอยู่ที่บริเวณผิวภาชนะบรรจุ ซึ่งทำจาก Nylon/PE ที่ยอมให้น้ำและก๊าซต่างๆ ซึมผ่านได้น้อยมาก ขณะที่การบรรจุแบบสุญญากาศมีลักษณะแนบผิวระหว่างผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุจึงไม่เกิด recrystallization จากการเสียน้ำออกจากเนื้อไปในปริมาณมากกว่าอยู่แล้วในระหว่างเก็บ เมื่อรวมกับปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปในระหว่างการทำให้สุก ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุที่ความดันบรรยากาศจึงเสียน้ำมากกว่าพวกที่บรรจุสุญญากาศ

สำหรับค่าแรงเฉือน(ตารางที่ 4.45) พบว่าภาวะบรรจุมีผลต่อค่าแรงเฉือนอย่างไม่มีนัยสำคัญ($P>0.05$) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ Hwang, Bowers และ Kropf (1990) ที่รายงานว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อโคสุกหั่นเป็นแผ่นบาง 1 เซนติเมตร แช่เยือกแข็งแบบ air blast ที่ -20°C ภาวะบรรจุที่ความดันบรรยากาศและสุญญากาศ มีผลต่อค่าแรงเฉือน

อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) สำหรับระยะเวลาเก็บมีผลต่อค่าแรงเฉือนอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ดังตารางที่ 4.47 พบว่าค่าแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้นถึงเดือนที่ 2 หลังจากนั้นค่าแรงเฉือนจะลดลง และมีค่าต่ำสุดในเดือนที่ 4 คือ มีค่าแรงเฉือนประมาณ 0.265 lb และจากการพิจารณาเกณฑ์การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม (ตารางที่ 4.51) พบว่า ให้ผลสอดคล้องกับค่าแรงเฉือน กล่าวคือระยะเวลาเก็บมีผลต่อคะแนนความนุ่มโดยผลิตภัณฑ์จะมีความนุ่มมากที่สุดและแตกต่างจากเดือนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเก็บ 4 เดือน ($P\leq0.05$) ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับผลงานของ Smith, Carpenter และ King (1969) ซึ่งพบว่าเนื้อสเต็กสุกที่เก็บรักษาที่ -34 °C มีค่าแรงเฉือนลดลง 4.6-5.6 % เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานถึง 4 เดือน โดยที่ระยะเวลาเก็บ 3-6 สัปดาห์แรก ค่าแรงเฉือนไม่เปลี่ยนแปลง ผลดังกล่าวนี้แสดงว่า เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้นแม้จะเป็นที่อุณหภูมิเยือกแข็ง เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนได้ในเนื้อยังมี activity จึงทำให้โครงสร้าง actomyosin สลายตัว โปรตีนในเนื้อเยื่อถูกย่อยสลายต่อเนื่องอย่างช้าๆ และเป็นผลให้เนื้อนุ่มขึ้น สำหรับคะแนนลักษณะเนื้อพบว่า เวลาเก็บมีผลต่อคะแนนลักษณะเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ โดยคะแนนลักษณะเนื้อจะเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ระยะเวลาเก็บเดือนที่ 4 ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 4.52 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Chastain และคณะ(1982) ซึ่งรายงานว่าแรงต้านต่อการดึงให้แยกจากกัน(tensile strength) ของผลิตภัณฑ์เนื้อโคชิ้นรูป ซึ่งบรรจุที่ภาวะสุญญากาศ จะมีค่ามากที่สุดเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ภาวะเยือกแข็งในเดือนที่ 4 ผลดังกล่าวนี้แสดงว่าการเก็บที่ภาวะเยือกแข็งอาจมีผลคล้ายกับการบ่ม(aging) ของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระดับโมเลกุลของโปรตีนต่างๆ ภายในกล้ามเนื้ออย่างช้าๆ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้มีผลให้มี myosin เกิดมากขึ้นเมื่อเก็บนานขึ้น และ myosin เคลื่อนย้ายออกจากเส้นใยกล้ามเนื้อได้จากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อ เนื่องจากแรงทางกล นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภาวะสุญญากาศ ยังอาจมีผลจากความดันบรรยากาศภายนอกภาชนะบรรจุ ซึ่งเป็น static force ที่จะช่วยให้เกิดแรงยึดที่เชิงแรงเพิ่มมากขึ้นระหว่างชิ้นเนื้อ คะแนนลักษณะเนื้อเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ 4 เดือน จึงสูงขึ้น สำหรับผลของเวลาเก็บที่มีต่อคะแนนกลิ่นรส พบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มขึ้น คะแนนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง โดยในเดือนที่ 4 ผลิตภัณฑ์มีคะแนนกลิ่นรสลดต่ำลงมากที่สุดเท่ากับ 4.0 แต่ก็ยังเป็นคะแนนในระดับดี ทั้งนี้อาจเนื่องจากภาชนะบรรจุที่ใช้เป็นถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE มีสมบัติป้องกัน

การซึมผ่านของไอน้ำได้ดี(Pearson และ Dutson,1987) ปริมาณก๊าซที่มีในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะมีผลให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันมีน้อย คะแนนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาเก็บทั้ง 4 เดือน จึงอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง สำหรับการเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค พบว่า เวลาเก็บไม่มีผลต่อคะแนนสี ($P>0.05$) แต่ภาวะบรรจุมีผล($P\leq0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่บรรจุที่ความดันบรรยากาศมีคะแนนสี 3.92 ซึ่งสูงกว่าที่สุญญากาศซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 3.40 ผลดังกล่าวนี้แสดงว่า เนื้อที่บรรจุโดยยังมีอากาศเหลืออยู่ภายในภาชนะบรรจุ myoglobin ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีในเนื้อสัตว์จับรวมเข้ากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็น oxymyoglobin ซึ่งจะทำให้เนื้อมีสีแดงสด ขณะที่เนื้อสัตว์ที่อยู่ในภาวะเกือบสุญญากาศ โดยยังมีปริมาณออกซิเจนเพียงเล็กน้อย (ความดันขณะปิดผนึกเท่ากับ 27 นิ้วปรอท) myoglobin มีโอกาสที่จะเปลี่ยนไปเป็นสาร metmyoglobin ซึ่งทำให้เนื้อมีสีคล้ำลงเล็กน้อย เป็นสีแดงน้ำตาล (Levie, 1970) ซึ่งแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดจากสีแดงสดของตัวอย่างซึ่งเก็บที่ความดันบรรยากาศ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีให้ผลสอดคล้องกับ ค่าการเปลี่ยนแปลงสีที่วัดด้วยเครื่อง Lovibond ที่ความสว่าง 43 % (ตารางที่ 4.52-4.53) ซึ่งแสดงว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยหลักทั้งสองคือ ภาวะการบรรจุ และ ระยะเวลาการเก็บ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีแดงของเนื้อ อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยค่าสีแดงของผลิตภัณฑ์จะลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้น และที่ภาวะบรรจุที่สุญญากาศ ค่าสีแดงจะลดลงมากที่สุด เท่ากับ 17.80 เมื่อบรรจุแบบสุญญากาศที่เวลาเก็บเดือนที่ 4

ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูปที่ใช้เนื้อโคส่วนไหล่ ซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล โดยมีปริมาณ STPP 0.15 % โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 20 นาที และเวลาแช่ 24 ชั่วโมง สามารถเก็บรักษาในถุง Nylon/PE ที่อุณหภูมิ -18 °C ที่ความดันบรรยากาศหรือสุญญากาศได้อย่างน้อย 4 เดือน โดยผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่ภาวะสุญญากาศจะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีก่อนการทำให้สุก ต่ำกว่าที่ภาวะความดันบรรยากาศเพียงเล็กน้อย และที่ภาวะการบรรจุทั้งสองภาวะ มีคะแนนด้านสีอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

5.3.2 <u>ศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เนื้อชิ้นรูป ที่ใช้เนื้อโคซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอ</u>

จากค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงเฉือน คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัส และค่าการเปลี่ยนแปลงสีจากการวัดด้วยเครื่อง Lovibond (ตารางที่ 4.54-4.63) พบว่าภาวะบรรจุมีผลกับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี ($P \leq 0.05$) ระยะเวลาเก็บมีผลต่อคะแนนกลิ่นรส และค่าเฉลี่ยสีเหลืองจากเครื่อง Lovibond สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างภาวะการบรรจุกับระยะเวลา มีผลต่อค่าแรงเฉือน คะแนนลักษณะเนื้อ และคะแนนความนุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาอิทธิพลของภาวะการบรรจุที่มีต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก (ตารางที่ 4.56) จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุที่ความดันบรรยากาศ มีค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกเป็น 36.75 % ซึ่งดีกว่าตัวอย่างที่เก็บที่ภาวะสุญญากาศ ซึ่งค่าการเสียน้ำหนักจากการทอดให้สุกสูงถึง 40.08 % ผลดังกล่าวนี้ตรงข้ามกับที่เกิดขึ้นในระหว่างเก็บผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล ผลดังกล่าวนี้อาจเนื่องจากชิ้นเนื้อที่ใช้เอนไซม์ทำให้นุ่มมีลักษณะเป็นรูปลูกบาศก์ที่สมบูรณ์ ไม่มีการฉีกขาดทำลายของเนื้อเยื่อ การระเหิดของน้ำแข็งออกจากเนื้อเยื่อชั้นในของชิ้นเนื้อจึงเกิดได้ยาก ขณะที่ตัวอย่างซึ่งบรรจุที่ภาวะสุญญากาศมีผลของแรงทางกลจากความดันบรรยากาศภายนอกภาชนะบรรจุกระทำกับผลิตภัณฑ์ตลอดช่วงระยะเวลาเก็บ แรงดังกล่าวนี้เมื่อเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับความดันภายในเนื้อเยื่อเนื่องจากการเกิดผลึกน้ำแข็ง อาจเป็นผลให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพได้มาก และมีการเสียน้ำออกจากเนื้อเยื่อได้ในปริมาณมาก ในระหว่างการ thaw และทำให้สุก และการเสียน้ำในภาวะดังกล่าวนี้มีปริมาณมากกว่า recrystallization ของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุที่ความดันบรรยากาศ ค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุสุญญากาศจึงสูงกว่า

อิทธิพลร่วมของภาวะปิดผนึกและระยะเวลาในการเก็บ ที่อุณหภูมิ -18 °C ของเนื้อชิ้นรูปจากเนื้อโค ซึ่งปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอแห้ง มีผลทำให้ค่าแรงเฉือนและคะแนนความนุ่มของผลิตภัณฑ์ แปรผันขึ้นลงโดยไม่มีแนวโน้มที่ชัดเจน ตลอดระยะเวลาเก็บ (ตารางที่ 4.54 และ 4.57) ผลดังกล่าวนี้อาจเกิดเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การควบคุมคุณภาพตั้งต้นในด้านปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

และขนาดของเส้นใย และมัดกล้ามเนื้อของเนื้อที่ใช้เป็นวัตถุดิบทำได้ยาก ในทางทฤษฎี การเก็บเนื้อโคไว้ที่อุณหภูมิเช่เยือกแข็ง โดยบรรจุในภาชนะบรรจุที่กันการซึมผ่านของน้ำและออกซิเจนได้ดี อาจเกิดผลได้ทั้งทางบวกและทางลบกับความนุ่มของเนื้อ ผลทางบวกเกิดเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ในเนื้อเอง โดยระหว่างการแช่เยือกแข็งน้ำเปลี่ยนเป็นน้ำแข็ง ทำให้ cofactors ต่าง ๆ ของเอนไซม์เข้มข้นมากขึ้น หรือจากการฉีกขาดของ membrane ทำให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับ substrates ได้ดีขึ้น เนื้อจึงนุ่มขึ้น ส่วนผลทางลบเกิดจากภาวะอุณหภูมิเยือกแข็งเหนี่ยวนำ ทำให้โปรตีนเกิดการแปลงสภาพ ทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของโปรตีนและน้ำลดลง และมีการสร้างพันธะข้าม (cross-linking) ระหว่างโปรตีน-โปรตีนโมเลกุลเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลให้เนื้อเหนียวยิ่งขึ้น (Cheftel, Cuq และ Lorient, 1985)

คะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ภาวะบรรจุมีแนวโน้มลดลง เมื่อเวลาเก็บผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 4.57) ผลดังกล่าวเกิดจากอิทธิพลของเอนไซม์ papain ที่ใช้ทำให้เนื้อนุ่ม ดังได้กล่าวมาแล้วว่า การย่อยสลายโปรตีนของเส้นใยกล้ามเนื้อโดยเฉพาะ myosin เป็นผลให้สมบัติ viscoelasticity ซึ่งช่วยในการเชื่อมติดระหว่างชิ้นเนื้อลดลง และเอนไซม์ยังคงมี activity อยู่บ้างแม้ในมากนักที่อุณหภูมิเช่เยือกแข็ง คะแนนลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์จึงมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดเดือนที่ 4 คะแนนยังอยู่ในช่วง 3.5-3.6 ซึ่งหมายถึง เนื้อยึดติดกันดีพอใช้มีรอยแยกปานกลางถึงเล็กน้อย และเป็นระดับที่ยังยอมรับได้

คะแนนกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้น โดยคะแนนลดจาก 4.85 ในเดือนที่ 1 เป็น 3.95 ในเดือนที่ 4 Pearson และ Tauber (1984) อธิบายว่า ระหว่างเก็บเนื้อที่อุณหภูมิเช่เยือกแข็งอาจเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ของไขมัน ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ซึ่งพวกที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในเนื้อได้ ส่วนปฏิกิริยา oxidation ของไขมันที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนนั้น จะมีผลต่อกลิ่นรสของเนื้อโคสดอย่างชัดเจนที่เวลาเก็บเกินกว่า 4 เดือน อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์นี้มีรสขม แสดงว่า การย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อด้วย papain ตามภาวะที่ออกแบบในการทดลองนี้ไม่ทำให้กรดอะมิโนที่มีรสขม เช่น isoleucine และ arginine ถูกปลดปล่อยออกจากโมเลกุลของโปรตีน

คะแนนสีของผลิตภัณฑ์ได้รับอิทธิพลจากภาวะการปิดผนึก ($P \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่บรรจุสุญญากาศมีคะแนนต่ำกว่าพวกที่บรรจุที่ความดันบรรยากาศ ผลดังกล่าวนี้เหมือนที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีทางกล และอาจใช้เหตุผลเดียวกันในการอธิบาย ส่วนค่าสีแดงจากเครื่อง Lovibond ให้ผลแตกต่างจากคะแนนสี โดยพบว่าสีแดงของผลิตภัณฑ์โดยการวัดจากเครื่อง Lovibond ที่ทั้ง 2 ภาวะบรรจุลดต่ำลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มมากขึ้น ($P \leq 0.05$) ภาวะดังกล่าวนี้อาจเกิดขึ้นได้ถ้าอุณหภูมิระหว่างเก็บมีความแปรปรวนและตัวอย่างที่บรรจุที่ภาวะสุญญากาศยังมีออกซิเจนเหลืออยู่บ้างในปริมาณไม่เกิน 126 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งเป็นปริมาณเหมาะสมสำหรับการเกิด metmyoglobin ซึ่งจะทำให้เนื้อสีคล้ำลงเมื่อเวลาเก็บเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามแม้คะแนนสีจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผลจากการวัดด้วยเครื่อง Lovibond จะต่างกัน สีของผลิตภัณฑ์ดิบซึ่งเป็นปัจจัยในการซื้อของผู้บริโภค ผู้ทดสอบซึ่งอาจจะเป็นผู้บริโภคได้ มีความเห็นว่ายังอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ดังนั้นผลิตภัณฑ์เนื้อขึ้นรูปที่ใช้เนื้อโคส่วนไหล่ ซึ่งผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยยางมะละกอ ซึ่งมีปริมาณ STPP 0.3 % โดยน้ำหนักเนื้อ เวลานวดผสม 20 นาที และเวลาบ่ม 24 ชั่วโมง สามารถเก็บรักษาในถุง Nylon/PE ที่อุณหภูมิ -18 °C ที่ภาวะการบรรจุที่ความดันบรรยากาศ และสุญญากาศได้ไม่น้อยกว่า 4 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย