บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

1. <u>องค์ประกอบทางเคมีในเนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันหมู</u>

เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันหมู มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมันจากแหล่งต่างๆ จำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก่อน เนื้อหมูและเนื้อวัวที่นำมาใช้เป็นเนื้อบริเวณสะโพก ซึ่งเป็นส่วนที่ emulsify ไขมันได้มาก (high binder) และยังได้จากสัตว์ซึ่งฆ่าและตัดแต่งมาแล้วเป็นเวลา 5 - 6 ชั่วโมง ก่อนนำมาลดขนาดด้วยเครื่องบด ขณะยังอยู่ในภาวะเยือกแข็ง แสดงว่าเนื้อเยื่อที่ใช้เป็นประเภท hot boned หรือเนื้อก่อนเกิด rigor mortis จึงน่าจะสกัดโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือหรือ myofibrillar proteins ออกมาได้มาก และมีประสิทธิภาพในการเกิดอิมัลชัน (Kramlich, 1971) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 1) พบว่า เนื้อหมู มีความชื้น 73.68 % โปรตีน 24.28 % และไขมัน 1.15 % เนื้อวัว มีความชื้น 74.74 % โปรตีน 23.00 % และไขมัน 1.90 % ส่วนไขมันหมูมีความชื้น 11.37 % โปรตีน 5.81 % และไขมัน 82.34 % Watt และ Merrill (1963) รายงานไว้ว่า เนื้อหมูบริเวณสะโพก มีความชื้น 72.7 % โปรตีน 21.6 % และไขมัน 4.7 % และเนื้อวัวส่วนสะโพกมีความชื้น 71.1 % โปรตีน 20.0 % และไขมัน 7.5 % Park et al. (1989) รายงานว่าเนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันหมู ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต low-fat frankfurters มีปริมาณไขมัน 6.2 %, 2.7 % และ 72.1 % ตามลำดับ โดยวัตถุดิบที่นำมาใช้เก็บที่อุณหภูมิ -20 ^{o}C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ในภาชนะที่บรรจุแบบสุญญากาศ จากนั้นจึงนำมาเก็บที่ 2 ^{o}C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้งาน ส่วน Park et al. (1990) รายงานว่า เนื้อหมู เนื้อวัว และไขมันหมู ที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ มีปริมาณไขมัน 9.7 %, 3.6 % และ 87.9 % ตามลำดับ โดยวัตถุดิบที่นำมาใช้ เก็บที่สภาวะเช่นเดียวกับ Park et al. (1989) จะเห็นได้ว่า วัตถุดิบที่ใช้มีปริมาณโปรตีนและความชื้นใกล้เคียงกับเนื่อเยื่อที่ใช้ในงานทดลองนี้ แต่ปริมาณไขมันมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ

เช่น อาหารที่ใช้เลี้ยง สภาพภูมิอากาศ อายุของสัตว์ เป็นต้น องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้มีผลกับการผลิตและคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชัน ถ้าวัตถุดิบมีโปรตีนสูง นอกจากอิมัลชันที่ได้จะมีเสถียรภาพดีแล้ว ยังสามารถเกิดเจลที่ยืดหยุ่นและให้ความรู้สึกระหว่างเคี้ยวได้ ส่วนไขมันในเนื้อสัตว์ถ้ามีปริมาณมาก จะช่วยลดปริมาณไขมันที่ต้องเติมในสูตรได้ (Salisbury and Crampton, 1960)

2. <u>องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันหมูและน้ำมันแต่ละชนิด</u>

ω-3 PUFA เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง ที่มีพันธะคู่พันธะแรกในสายกรดไขมันอยู่ที่คาร์บอนอะตอมที่ 3 เมื่อนับจากทางด้าน methyl group ชนิดที่มีบทบาทสำคัญในอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน คือ EPA หรือ C20:5; ω-3 และ DHA หรือ C22:6; ω-3 ซึ่งมีมากในน้ำมันปลาโดยเฉพาะจากปลาทะเล งานทดลองนี้จึงได้เลือกน้ำมันปลาทะเล 2 ชนิด มาใช้ทดแทนไขมันหมูในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน โดยน้ำมันชนิดแรกเป็นน้ำมันปลาที่ผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นแล้ว และอีกชนิดหนึ่งเป็นน้ำมันจากส่วนหัวปลาทูน่า ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากโรงงานปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง นอกจากน้ำมันปลาแล้วยังศึกษาผลการใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนไขมันหมูด้วย เพราะน้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันชนิดเดียวที่มีกรด linolenic ซึ่งนับเป็น ω-3 PUFA ก่อนผลิตไส้กรอกจากน้ำมันเหล่านี้ได้ศึกษาองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบกับไขมันหมู พบว่า น้ำมันถั่วเหลือง มีปริมาณ ω-3 PUFA 7.48 % ซึ่งในจำนวนนี้เป็นกรด linolenic 6.64 % กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือกรด linoleic (C18:2) 48.12 % และกรด oleic (C18:1) 26.92 % Triebold และ Aurand (1963) รายงานว่า น้ำมันถั่วเหลืองมีกรด linolenic 8.3 % กรด linoleic 54.5 % และกรด oleic 22.3 % ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับองค์ประกอบของน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานทดลองนี้ สำหรับน้ำมันปลาที่นำมาใช้มี 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นน้ำมันปลาที่สกัดจากเนื้อปลาหลายชนิด (น้ำมันปลา) แล้วปรับให้ได้ปริมาณ ω-3 PUFA 35 % โดยกำหนดให้มีปริมาณ EPA อยู่ในช่วง 16 - 20 % และ DHA 11 - 13 % น้ำมันปลาชนิดนี้ได้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ขั้นตอน degumming, alkali refining, การฟอกสี และกำจัดกลิ่นแล้วเติมสารกันหืน α-tocopherol 0.5 % และ TBHQ 0.01 % น้ำมันดังกล่าวผ่านการเก็บในขวดอลูมิเนียมที่ภาวะเยือกแข็งมาแล้วเป็นเวลา 6 เดือน จากการวิเคราะห์พบว่ามี ω-3 PUFA 37.92 % โดยมี EPA 17.52 % และ DHA 12.59 % ส่วนน้ำมันปลาชนิดที่ 2 เป็นน้ำมันที่สกัดจากส่วนหัวของปลาทูน่า (น้ำมันปลาทูน่า) ผ่านกระบวนการทำให้

บริสุทธิ์ขั้นตอน degumming, alkali refining และการฟอกสี แล้วเติมสารกันหืน α-tocopherol 0.5 % และ TBHQ 0.01 % เก็บในขวดพลาสติกสีขาวทึบแสงที่ภาวะเยือกแข็งมาแล้วเป็นเวลา 3 เดือน จากการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณ ω-3 PUFA 35.17 % โดยมี EPA 5.37 % และ DHA 26.15 % แต่จากข้อมูลการวิเคราะห์โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ ซึ่งวิเคราะห์น้ำมันดังกล่าวที่ผู้ผลิตได้เติมสารกันหืน α-tocopherol 0.5 % และเก็บในขวดพลาสติกทึบแสง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่ามี EPA 4.67 % และ DHA 26.24 % Jenvanitpanjakul และ Laixuthai (1992) วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันปลาทูน่าที่ได้จากการนึ่งปลา พบว่ามี ω-3 PUFA 31.9 % โดยมี EPA 4.8 % และ DHA 24.3 % จะเห็นได้ว่าทั้งน้ำมันปลาและน้ำมันปลาทูน่า แม้จะเก็บไว้เป็นเวลานานก่อนนำมาวิเคราะห์ แต่ปริมาณกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูงซึ่งเสื่อมสลายได้ง่าย เช่น EPA, DHA หรือ ω-3 PUFA ทั้งหมดก็ยังใกล้เคียงกับปริมาณที่ได้มีการวิเคราะห์ไว้หลังจากผ่านการผลิตได้ไม่นานนัก แสดงว่าน้ำมันปลาทั้งสองชนิดนี้ มีความคงตัวสูง จึงมีการเสื่อมสลายของกรดไขมันที่มีพันธะคู่จำนวนมากค่อนข้างน้อยหรือไม่มีเลย ทั้งนี้เนื่องจากในงานทดลองนี้เก็บน้ำมันปลาทั้งสองชนิดก่อนนำมาวิเคราะห์ในภาชนะทึบแสงที่ทำจากสารไม่กัดกร่อน ระหว่างเก็บไม่สัมผัสกับอากาศ แสง และเก็บที่อุณหภูมิเยือกแข็ง นอกจากนี้ยังใช้สารกันหืนช่วยป้องกันการเกิด oxidation คือ α-tocopherol 0.5 % และ TBHQ 0.01 % จึงเป็นไปได้ที่น้ำมันปลาทั้งสองชนิด มีการเสื่อมสลายของกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 4, 5 และ 6 พันธะ ค่อนข้างน้อย จากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันหมู พบว่ามี ω-3 PUFA ค่อนข้างต่ำคือ 1.28 % ในจำนวนนี้เป็นกรด linolenic 0.67 %, EPA 0.14 % และ DHA 0.39 % ส่วนกรดไขมันอิ่มตัวมีปริมาณ 29.18 % โดยมีกรด palmitic ถึง 19.21 % กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ กรด oleic มีปริมาณ 47.90 % ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกับที่ Shackelford et al. (1990) รายงานไว้ คือ ω-3 PUFA ซึ่งเป็นกรด linolenic มีอยู่ 2.0 % และกรดไขมันอิ่มตัว 29.17 % ซึ่งเป็นกรด palmitic 17.18 % และกรดไขมันที่มีมากที่สุดคือ กรด oleic 45.3 %

จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง ω-3 PUFA กับกรดไขมันอิ่มตัว (ω-3 PUFA/S ratio) และ PUFA กับกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/S ratio) ของน้ำมันแต่ละชนิดพบว่า ω-3 PUFA/S ratio ของน้ำมันปลาสูงที่สุด คือ 1.52 รองลงมา คือ น้ำมันปลาทูน่า น้ำมันถั่วเหลือง และไขมันหมู โดยมีค่าดังกล่าวเป็น 1.27, 0.57 และ 0.05 ตามลำดับ PUFA/S ratio ของน้ำมันถั่วเหลืองสูงที่สุด คือ 4.21 รองลงมา คือ น้ำมันปลา น้ำมันปลาทูน่า และ

ไขมันหมู โดยมีค่าดังกล่าวเป็น 1.71, 1.43 และ 0.61 ตามลำดับ จากความแตกต่างที่ตรวจพบนี้ ถ้าใช้น้ำมันปลาและน้ำมันถั่วเหลืองทดแทนไขมันหมูในผลิตภัณฑ์ได้ น่าจะมีผลดีต่อผู้บริโภคในด้านลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิด atherosclerosis จากการบริโภคผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง Mattson และ Grundy (1985) รายงานไว้ว่า การแทนที่กรดไขมันอิ่มตัวด้วย monounsaturated fatty acids และ/หรือ PUFA สามารถลด plasma LDL-cholesterol ได้ ทำให้อัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจลดลง ส่วนกรดไขมัน ω-3 PUFA นั้น ปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมอาหาร วงการแพทย์ นักโภชนาการ และผู้บริโภคทั่วไป ให้ความสนใจต่อบทบาทของกรดไขมันชนิดนี้เป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสำคัญในด้านการป้องกันและรักษาโรคที่เกิดจากหลอดเลือดอุดตัน โดย Kinsella (1987) รายงานว่าการบริโภค ω-3 PUFA 2 - 5 กรัมต่อวัน มีผลในการลดระดับของไขมันใน plasma และบรรเทาอาการ atherosclerosis Saynor et al. (1986) รายงานว่าการบริโภค EPA 3.6 กรัมต่อวัน มีประสิทธิภาพในการรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจ Phillipson, Harris และ Connor (1981) กล่าวว่า การบริโภคอาหารที่มีน้ำมันจากปลาสูง สามารถลดระดับ cholesterol ใน plasma ของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับไขมันในเลือดลงได้ถึง 45 %

ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมัน

ไส้กรอกอิมัลชันเป็นไส้กรอกชนิดเนื้อละเอียด (batter-type) ซึ่งเนื้อสัมผัสแน่นและยืดหยุ่น โครงสร้างระดับโมเลกุลอยู่ในสภาพคล้ายอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยโปรตีนในเนื้อสัตว์ที่ละลายได้ในน้ำเกลือหรือ myofibrillar proteins ทำหน้าที่เป็นสาร emulsifiers ระหว่างน้ำและไขมัน กระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันจากเนื้อสัตว์และไขมันหมู เริ่มจากการหมักเกลือกับเนื้อหมูและเนื้อวัวบดที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อสกัด myofibrillar proteins ออกมาทำหน้าที่เป็นสาร emulsifiers ลดอุณหภูมิเนื้อที่ผ่านการหมัก แล้วนำมาสับในเครื่อง chopper หรือ silent cutter เติมน้ำแข็ง เครื่องปรุงต่างๆ รวมทั้งไขมัน สับจนได้เนื้อสัมผัสที่ต้องการ จากนั้นอัดไส้ รมควัน และต้ม ปัจจัยสำคัญอย่างแรกในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันจากเนื้อสัตว์ คือ อุณหภูมิระหว่างการผลิต ต้องควบคุมอุณหภูมิ batter ไม่ให้สูงเกิน 16 °C ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ ผลิตไส้กรอกอิมัลชันไม่ได้ เนื่องจาก myofibrillar proteins บางส่วนเสียสภาพธรรมชาติไป ไม่สามารถทำหน้าที่เป็นสาร emulsifiers หรือความสามารถในการ emulsify ไขมันด้อยลง ทำให้ไขมันบางส่วนหลอมและแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสที่จะเกิดการแยกชั้นจนสูญเสียภาวะอิมัลชันไป (Friberg, 1976) นอกจากอุณหภูมิ

ในการผลิตแล้ว เวลาสับก็มีความสำคัญต่อเสถียรภาพของอิมัลชันที่ได้ด้วย ถ้าสับไม่พอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสหยาบ ไขมันมีขนาดอนุภาคใหญ่ ผลิตภัณฑ์ไม่มีลักษณะเฉพาะของไส้กรอกอิมัลชัน แต่ถ้าสับนานเกินไป ไขมันมีขนาดอนุภาคเล็กมาก ทำให้พื้นที่ผิวมากและมีโอกาสเกิดการแยกชั้นของไขมันได้หลังให้ความร้อน นอกจาก 2 ปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว ปริมาณ myofibrillar protein ไขมัน น้ำ ตลอดจนอุณหภูมิและเวลาในการรวมควันและให้ความร้อนผลิตภัณฑ์ ก็มีผลกับเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยเหล่านี้จึงต้องได้รับการควบคุมอย่างถูกต้องในกระบวนการผลิต

1. <u>ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมันถั่วเหลือง</u>

น้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันเป็นน้ำมันที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้ว องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง ดังตารางที่ 2 แสดงว่า น้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณสูง และมีกรดไขมันที่เป็น ω-3 PUFA คือ กรด linolenic อยู่ 6.64 % ในขณะที่น้ำมันพืชชนิดอื่นยกเว้นน้ำมันคาโนลา มีกรดไขมันชนิดนี้อยู่น้อยมาก คือประมาณ 1 - 2 % หรือไม่มีเลย (Triebold and Aurand, 1963) ดังนั้นงานทดลองนี้จึงเลือกใช้น้ำมันถั่วเหลือง เพื่อเป็นแหล่งของ ω-3 PUFA ทดแทนไขมันหมู

ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งไขมัน กระบวนการผลิตต้องแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไขมันสัตว์ จึงต้องศึกษาภาวะในกระบวนการผลิตใหม่ ในการศึกษาเบื้องต้น ได้ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมันถั่วเหลือง และใช้กระบวนการผลิต ซึ่งดัดแปลงจากงานของจารุรัตน์และสมศรี (2528) พบว่า ไส้กรอกที่ได้มีหยดน้ำมันซึมออกมาที่บริเวณผิวนอกและเนื้อใน ซึ่งทั้งนี้อาจเนื่องจาก myofibrillar proteins ของเนื้อสัตว์ emulsify น้ำมันพืชได้ในปริมาณต่ำกว่าเมื่อเทียบกับไขมันหมู นอกจากนั้นน้ำมันพืชซึ่งเป็นของเหลวยังมีแรงตึงผิวสูง ทำให้อิมัลชันไม่เสถียร (Friberg, 1976) จึงได้นำน้ำมันถั่วเหลืองมาผ่านกระบวนการ pre-emulsification กับ nonmeat protein ก่อนนำไปใช้ทดแทนไขมันหมูในการผลิต โดยในขั้นแรก homogenize sodium caseinate ในน้ำร้อน 100 °C ด้วยเครื่อง Waring blender จนเข้ากันดี (นานประมาณ 1 นาที) แล้วจึงค่อยๆ เติมน้ำมันถั่วเหลืองลงไปจนหมด เติมน้ำแข็ง จากนั้น homogenize ต่ออีก 2 นาที เติมเกลือ homogenize อีกไม่เกิน 30 วินาที อิมัลชันที่ได้นำไปผลิตไส้กรอก โดยสับกับเนื้อที่ผ่านการหมักกับเกลือแล้ว ใส่น้ำแข็งครึ่งหนึ่งของที่ใช้ ใส่เครื่องปรุงที่เหลือ สับจนส่วนผสมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำแข็งที่เหลือ ควบคุมอุณหภูมิขณะสับไม่ให้สูงเกิน 16 °C จากนั้นนำมาอัดไส้

รมควันที่ 60 °C นาน 1 ชั่วโมง 30 นาที ต้มที่ 70 - 80 °C 24 นาที ไส้กรอกที่ผลิตได้เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่าน pre-emulsification จะมีคุณภาพดีกว่า โดยเนื้อสัมผัสแน่นมีความยืดหยุ่นมากกว่า และไม่มีไขมันแยกหรือซึมออกจากผิวนอกหรือเนื้อสัมผัสด้านใน การผลิตโดยทำ pre-emulsion น้ำมัน ทำให้เกิดลักษณะที่ดีหลายอย่างแก่ผลิตภัณฑ์ Hoogenkamp (1986) รายงานไว้ว่า pre-emulsion ในกระบวนการผลิตไส้กรอกเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) ซึ่งมี nonmeat protein ทำหน้าที่เป็นสาร emulsifier โดยทั่วไปจะทำ pre-emulsion ก่อนการผลิตไส้กรอกแล้วเติมลงในส่วนของเนื้อสัตว์กับส่วนผสมอื่นแทนไขมันจากสัตว์ เทคนิค pre-emulsion ใช้ได้ทั้งกับไขมันสัตว์และน้ำมันพืช การ emulsify น้ำมันหรือไขมันก่อนด้วยโปรตีนจากแหล่งอื่น ทำให้โปรตีนจากเนื้อสัตว์มีเหลือมากพอสำหรับการเกิดโครงสร้างเจล และจะสามารถกักเก็บโมเลกุลของน้ำไว้ได้ดียิ่งขึ้น Zayas (1985) รายงานว่า frankfurters ที่ผลิตโดยทำ pre-emulsion ของไขมันก่อน มีความสามารถในการจับโมเลกุลน้ำ (water holding capacity) สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้ไขมันโดยตรง Bishop, Olson และ Knipe (1993) อธิบายว่า การนำน้ำมันมา pre-chopped กับ nonmeat protein เพื่อทำ pre-emulsion แล้วนำมาใช้ทดแทนไขมันในการผลิตไส้กรอกนั้น ทำให้ความแน่น (firmness) ของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ลดลง ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์มากขึ้น และ cholesterol ในผลิตภัณฑ์ลดปริมาณลง ในการทดลองนี้จึงเลือกผลิตโดยทำ pre-emulsion ของน้ำมันถั่วเหลืองก่อน

ต่อมาได้ผลิตไส้กรอกโดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองแทนไขมันหมู โดยเตรียม pre-emulsion ของน้ำมันถั่วเหลืองก่อน พบว่าไส้กรอกที่ได้ มีลักษณะเนื้อสัมผัสดี แต่ผิวภายนอกค่อนข้างเหนียวและแห้งกว่าไส้กรอกที่ใช้ไขมันหมูล้วน แสดงว่าการรมควันโดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ที่ 60 °C อาจนานเกินไปสำหรับการผลิตไส้กรอกอิมัลชันจากน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hammer (1991) ที่รายงานไว้ว่า ไส้กรอกจากน้ำมันพืชมีลักษณะเนื้อที่เกาะกันดี แต่แห้งกว่าไส้กรอกที่ทำจากไขมันหมูเล็กน้อย ดังนั้นจึงได้ศึกษาเวลาในการรมควันที่เหมาะสม โดยลดลงเป็น 1 ชั่วโมง และ 1 ชั่วโมง 15 นาที พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองสูตรที่ได้ มีเนื้อสัมผัสที่ดี ความเหนียวของผิวภายนอกน้อยกว่าไส้กรอกที่รมควัน 1 ชั่วโมง 30 นาที ตัวอย่างที่ผ่านการรมควัน 1 ชั่วโมง 15 นาที มีสีทั้งภายนอกและภายในสม่ำเสมอดีกว่า โดยไส้กรอกที่รมควัน 1 ชั่วโมง สีผิวบางส่วนยังขาวซีดอยู่ ทำให้มองดูไม่ชวนบริโภค จึงเลือกเวลารมควันเป็น 1 ชั่วโมง 15 นาที ในการทดลองขั้นต่อมา จึงได้ผลิตไส้กรอกโดยศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลกับคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์มากที่สุด ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อไขมันหมู (แปรเป็น 25 : 75,

50 : 50, 75 : 25 และ 100 : 0) และเวลาสับเพื่อให้เกิดอิมัลชันที่เหมาะสม (แปรเป็น 5, 10 และ 15 นาที) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประเมินคุณภาพด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ ความชุ่มน้ำ และลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3 - 11 พบว่า เฉพาะอัตราส่วนระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองต่อไขมันหมู มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักและค่าแรงตัดขาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองในไส้กรอกเพิ่มจาก 25 เป็น 75 ส่วน ผลิตภัณฑ์มีอัตราการเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อใช้เฉพาะ emulsion ของน้ำมันถั่วเหลืองอย่างเดียว โดยไม่ใช้ไขมันหมูเลย การเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้ แสดงว่าการ pre-emulsify น้ำมันทั้งหมดที่ใช้ในสูตรไส้กรอกด้วยโปรตีน sodium caseinate ทำให้ลดปริมาณโปรตีนเนื้อสัตว์ที่ต้องใช้ในการ emulsify ไขมันลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โปรตีนดังกล่าวนี้จึงสามารถจับโมเลกุลของน้ำได้ดีขึ้น หรือมิฉะนั้นก็เกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติของเจลได้มากขึ้น จึงกักเก็บโมเลกุลของน้ำได้มาก ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียน้ำหนักน้อยลง ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับคำอธิบายของ Hoogenkamp (1986) ในส่วนของค่าแรงตัดขาด พบว่า เมื่อสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองในไส้กรอกเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดขาดมีแนวโน้มลดลง โดยผลิตภัณฑ์มีค่าแรงตัดขาดมากที่สุด เมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง 25 ส่วน ถึง 50 ส่วน ผลดังกล่าวนี้อาจอธิบายได้ว่า ไขมันซึ่งใช้ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันนั้น องค์ประกอบของกรดไขมันมีความสำคัญต่อลักษณะและความคงตัวของอิมัลชันที่ได้ ไขมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มาก เช่น ไขมันวัว เมื่อนำมาใช้ อิมัลชันที่ได้จะมีความคงตัวมากกว่า และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสแน่นกว่าเมื่อใช้ไขมันหมูซึ่งมีความอิ่มตัวน้อยกว่า ดังนั้น เมื่อใช้น้ำมันพืชซึ่งมีความไม่อิ่มตัวสูงกว่าไขมันหมูถึงประมาณ 7 เท่า (ตารางที่ 2) ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีลักษณะเนื้อนุ่มกว่าและมีค่าแรงตัดขาดต่ำกว่าตัวอย่างที่มีไขมันหมูในสัดส่วนสูงกว่า หรือใช้เฉพาะไขมันหมูอย่างเดียว (Marquez et al., 1989)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ซึ่งกำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 0 - 10 โดย 10 คะแนน หมายถึง ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด และต่ำกว่า 5 คะแนน ผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่า ทั้งปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองและเวลาในการสับไม่มีผลต่อคะแนนกลิ่นของไส้กรอกทั้ง 12 ตัวอย่าง ($p > 0.05$) โดยคะแนนกลิ่นอยู่ในช่วง 7.15 - 7.92 ซึ่งหมายถึง ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ซึ่งมีกลิ่นหอมเฉพาะของไส้กรอกรมควันในเกณฑ์ดีปานกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก น้ำมันถั่วเหลืองที่นำมาใช้เป็นชนิดที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว จึงมีกลิ่นถั่วหรือกลิ่นแปลกปลอมอื่นอยู่ไม่มากนัก เมื่อนำมาใช้ในปริมาณต่างๆ กัน

ร่วมกับเครื่องเทศ ได้แก่ พริกไทยป่น ลูกจันทน์ป่น ดอกจันทน์ป่น และกระเทียมป่น กลิ่นเครื่องเทศและกลิ่นควันจากการรมควัน จึงกลบกลิ่นน้ำมันถั่วเหลืองหมด ผู้ทดสอบจึงตรวจไม่พบความแตกต่าง ผลดังกล่าวนี้แสดงว่าอาจใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนไขมันหมูได้ 100 % โดยไม่เกิดปัญหาด้านกลิ่นที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันทั้งสิ้น 25 % Bishop et al. (1993) ศึกษาคุณภาพของ Bologna ไขมันต่ำ ที่ใช้น้ำมันข้าวโพด pre-emulsion ทดแทนไขมันหมูในการผลิต ก็รายงานผลการทดลองที่สอดคล้องกับการทดลองนี้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากตัวอย่างที่ใช้เฉพาะไขมันหมูอย่างเดียว ส่วน Park et al. (1990) รายงานว่า frankfurter ที่มีไขมัน 27 % และใช้ high oleic sunflower oil (HOSO) มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำกว่าตัวอย่างที่มีไขมันสุดท้าย 13 % และ 15 % ($p\leq0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นไม่แตกต่างจาก frankfurter ที่ใช้ไขมันหมู 27 %

ในส่วนของรสชาติผลิตภัณฑ์ คะแนนรสชาติของไส้กรอกทั้ง 12 ตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) ปัจจัยที่มีผล คือ อัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองต่อไขมันหมู ขณะที่เวลาสับและอิทธิพลร่วมของ 2 ปัจจัย ไม่มีผลต่อคะแนนดังกล่าว คะแนนรสชาติของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น โดยไส้กรอกสูตรที่ใช้เฉพาะน้ำมันถั่วเหลืองมีคะแนนรสชาติสูงสุด และไม่แตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน ($p>0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า ในการผลิตใช้ปริมาณเกลือและเครื่องเทศต่างๆ เท่ากัน แต่ไส้กรอกสูตรที่มีสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองมาก เสียน้ำหนักหลังทำให้สุกน้อยกว่า ผลิตภัณฑ์จึงมีรสอ่อนพอเหมาะไม่เค็มจัดเกินไป ผู้บริโภคจึงชอบตัวอย่างนี้มากกว่า อย่างไรก็ตาม คะแนนรสชาติของทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ดีปานกลาง (6.23 - 7.47 คะแนน) และยอมรับได้

ทางด้านความชุ่มน้ำ สัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) และผลิตภัณฑ์ชุ่มน้ำมากที่สุดเมื่อใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ถึง 100 ส่วน ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องในทางกลับกันกับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่เสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกน้อยมีคะแนนความชุ่มน้ำสูง เทคนิค pre-emulsion ซึ่งมีผลในการเพิ่มอัตราการจับโมเลกุลน้ำของโปรตีน มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสมบัติด้านความชุ่มน้ำดีขึ้นจากเหตุผลที่ได้อธิบายไปแล้ว (Zayas, 1985)

ทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้แยกประเมิน 2 ลักษณะ คือ เนื้อสัมผัสซึ่งเป็นความรู้สึกจากการเคี้ยว โดยพิจารณาจากความยืดหยุ่นและความแน่นของไส้กรอกระหว่างเคี้ยว และอีกแบบหนึ่งเป็นลักษณะปรากฏจากการมองเห็นเนื้อภายในของแท่งไส้กรอกซึ่งในการ

ประเมินจะตัดชิ้นตามขวาง แล้วบีบดูปริมาณน้ำมันที่ซึมออกมา พบว่า ปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองมีผลต่อเนื้อสัมผัสจากการเคี้ยวอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ขณะที่เฉพาะเวลาสับมีผลต่อลักษณะภายในผลิตภัณฑ์ คะแนนเนื้อสัมผัสจากการเคี้ยวมีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 % มีคะแนนต่ำที่สุด ผลดังกล่าวนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับค่าแรงตัดขาด โดยผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงตัดขาดมาก มีคะแนนเนื้อสัมผัสจากการเคี้ยวสูง ซึ่งไขมันที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน ถ้ามีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่มาก อิมัลชันที่ได้จะมีความคงตัวมาก และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสแน่น จึงทำให้มีคะแนนเนื้อสัมผัสจากการเคี้ยวสูง ดังเหตุผลที่ได้อธิบายไปแล้ว (Marquez et al., 1989)

เวลาในการสับมีผลต่อลักษณะเนื้อภายในของไส้กรอกที่ผลิตได้ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่สับเป็นเวลา 10 นาที มีคะแนนเนื้อสัมผัสสูงที่สุด และแตกต่างจากตัวอย่างที่สับนาน 5 และ 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าการสับ 10 นาที ให้ขนาดอนุภาคของไขมันที่พอเหมาะสำหรับการเกิดอิมัลชันที่มีเสถียรภาพดี จึงมีหยดน้ำมันซึมออกมาน้อยหรือไม่มีเลย ในขณะที่สับนาน 5 นาที อนุภาคไขมันยังมีขนาดใหญ่เกินไป จึงสามารถรวมกันและแยกชั้นจากส่วนที่เป็นน้ำได้ง่าย ส่วนที่เวลาสับ 15 นาที ขนาดอนุภาคของไขมันและน้ำมันอาจเล็กเกินไป จนทำให้พื้นที่ผิวของไขมันเพิ่มมากขึ้น จนปริมาณ salt soluble proteins ที่ละลายจากส่วนเนื้อ มีไม่พอสำหรับการ emulsify ทำให้เกิดการรวมตัวของเม็ดไขมันและแยกชั้นได้ หรืออีกประการหนึ่ง เวลาสับที่นานเกินไปอาจมีผลต่อเสถียรภาพของ pre-emulsion น้ำมันถั่วเหลือง โดยอาจทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีขนาดอนุภาคเล็กลง พื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้นจนเสียสภาพอิมัลชัน จึงมีการแยกตัวออกมาบางส่วน

ในการพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดสำหรับงานทดลองนี้ ได้กำหนดไว้ว่าจะให้ความสำคัญทั้งกับคุณภาพด้านการใช้บริโภคและคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นนอกจากสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์จะต้องดีพอแล้ว ควรมีปริมาณน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่สูงที่สุดเท่าที่จะยอมรับได้ด้วย จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ จึงพิจารณาเลือกตัวอย่างที่มีน้ำมันถั่วเหลืองต่อไขมันหมู 100 : 0 กับ 75 : 25 สับนาน 10 นาที ซึ่งมีคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะอยู่ในช่วงดีปานกลาง คือ 6.67 - 7.79 คะแนน และมีอัตราการเสียน้ำหนักจากกระบวนการผลิตในระดับต่ำ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง ใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนไขมันหมู 100 % และ 75 % ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองทั้งสิ้น 22.09 % และ 16.57 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด ตามลำดับ การใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนได้ในปริมาณสูง ควรมีข้อดีในด้านลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิด atherosclerosis จากการ

บริโภคผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง (Adam, Wolfram and Zöllner, 1986) เพราะน้ำมันถั่วเหลืองเป็นน้ำมันที่มี PUFA ในปริมาณสูงถึง 56.12 % และยังมี ω-3 PUFA คือกรด linolenic ถึง 6.64 % ซึ่งกรดดังกล่าวนี้มีรายงานว่ามีผลในการควบคุมระดับ cholesterol ในเลือด (Jorgensen and Dyerberg, 1983; Grundy, 1986; Carroll, 1986; Kinsella, 1986)

2. <u>ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมันปลา</u>

น้ำมันปลาที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน เป็นน้ำมันที่ได้จากส่วนเนื้อของปลาหลายชนิดที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และกำจัดกลิ่นแล้ว องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปลาดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าน้ำมันปลามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าทั้งน้ำมันถั่วเหลืองและไขมันหมู ดังนั้นในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันจากน้ำมันปลา จึงต้องใช้เทคนิค pre-emulsion เช่นเดียวกับที่ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ

ในการศึกษาเบื้องต้น เพื่อผลิตไส้กรอกอิมัลชันซึ่งใช้น้ำมันปลากำจัดกลิ่นเป็นแหล่งไขมัน โดยใช้กระบวนการผลิตดังกล่าวข้างต้น พบว่า เมื่อรมควันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที ที่ 60 °C ซึ่งเป็นภาวะเดียวกับที่ใช้ในไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีสีสม่ำเสมอ แต่ค่อนข้างเข้ม จึงลดอุณหภูมิขณะรมควันลงจาก 60 °C เป็น 50 °C ได้ผลิตภัณฑ์ที่สีอ่อนลงและสม่ำเสมอ แต่ตัวอย่างที่ใช้เฉพาะน้ำมันปลาอย่างเดียว เมื่อทดลองบริโภค จะมีกลิ่นคาวปลาอย่างเด่นชัดทั้งขณะเคี้ยวและหลังจากกลืนผลิตภัณฑ์ไปแล้ว โดยกลิ่นคาวดังกล่าวได้กลบทั้งกลิ่นควันและกลิ่นเครื่องเทศจนหมด เนื่องจากน้ำมันปลาที่นำมาใช้ แม้จะผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ กำจัดกลิ่น และใช้สารกันหืน α-tocopherol 0.5 % กับ TBHQ 0.01 % ช่วยในการเก็บถนอมแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีกลิ่นคาวปลา (fishy odor) เจือปนอยู่อย่างชัดเจน ซึ่งกลิ่นดังกล่าวนี้อาจเกิดจากปฏิกิริยาของน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในปลาย่อยสลายโปรตีนและไขมัน ทำให้เกิดสาร trimethylamine และสารระเหยได้อื่นๆ ที่ทำให้เกิดกลิ่นคาวปลาติดมากับน้ำมัน นอกจากนั้นน้ำมันปลาประกอบด้วยกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 4 , 5 และ 6 พันธะ ในปริมาณสูง (ตารางที่ 2) จึงอาจเกิดปฏิกิริยา oxidation ได้ง่ายกว่าน้ำมันบริโภคชนิดอื่นๆ ดังนั้นในการทดลองในขั้นต่อมา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับ จึงได้เพิ่มปริมาณของเครื่องเทศผสม ซึ่งประกอบด้วยดอกจันทน์ป่น ลูกจันทน์ป่น และกระเทียมป่นเป็น 2 เท่าของที่เคยใช้ และได้เติมควันผงซึ่งผลิตจากไม้ฮิกเคอรี่ในปริมาณ 0.25 % ลงในผลิตภัณฑ์ด้วย เครื่องเทศเหล่านี้มีกลิ่นรสแรงจัดเฉพาะตัว จึงอาจกลบเกลื่อนกลิ่นไม่พึงประสงค์ของน้ำมันปลาได้ ส่วนควันผงจะเพิ่มกลิ่นควันให้กับผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในการผลิตมีข้อจำกัดจากเนื้อสัมผัสผิวภายนอกและภายในผลิตภัณฑ์

ทำให้ไม่สามารถเพิ่มเวลาในการรมควันโดยใช้ควันธรรมชาติได้ จากการใช้ภาวะที่กล่าวมา พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นของผิวภายนอกดีขึ้น แต่เนื้อภายในยังมีกลิ่นคาวชัดเจนอยู่ จึงได้เพิ่มปริมาณผงรมควันฮิกเคอรี่จาก 0.25 % เป็น 0.30 % และเพิ่มปริมาณลูกจันทน์ป่นจาก 0.04 % เป็น 0.12 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด ซึ่งเท่ากับปริมาณดอกจันทน์ป่นที่เติมลงไป และยังได้เพิ่มเครื่องเทศอีก 2 ชนิด คือ อบเชยป่นและกระชายป่น โดยใช้ในปริมาณ 0.06 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด โดยที่อบเชยเป็นเครื่องเทศกลิ่นหอมแรงที่ผู้บริโภคทั่วไปรู้จักและยอมรับอยู่แล้ว ส่วนกระชายสดเป็นเครื่องเทศที่แพร่หลายในประเทศไทย และนิยมใช้ในอาหารต่างๆ ที่ผลิตจากเนื้อปลา กระชายจึงน่าจะมีผลในการดับกลิ่นคาวของปลา จึงได้ทดลองนำมาใช้ ผลจากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและรสดีขึ้น จนน่าจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงเลือกเครื่องเทศสูตรดังกล่าวนี้ (ประกอบด้วยผงรมควันฮิกเคอรี่ 0.30 % ดอกจันทน์ป่น 0.12 % ลูกจันทน์ป่น 0.12 % กระเทียมป่น 0.16 % อบเชยป่น 0.06 % และกระชายป่น 0.06 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด) และรมควัน 1 ชั่วโมง 15 นาที ที่ 50 ^{o}C มาใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป และในการทดลองต่อมา ได้ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลกับคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำมันปลาต่อไขมันหมู (แปรเป็น 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25 และ 100 : 0) และเวลาสับเพื่อให้เกิดอิมัลชันที่เหมาะสม (แปรเป็น 5, 10 และ 15 นาที) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประเมินคุณภาพด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ ความชุ่มน้ำ และลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 12 - 20 พบว่าเฉพาะอัตราส่วนระหว่างน้ำมันปลาต่อไขมันหมู มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกและค่าแรงตัดขาดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อสัดส่วนของน้ำมันปลาในไส้กรอกเพิ่มจาก 25 เป็น 50 ส่วน ผลิตภัณฑ์มีอัตราการเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อสัดส่วนของน้ำมันปลาเพิ่มเป็น 75 ถึง 100 ส่วน การเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้มีแนวโน้มแบบเดียวกับไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ และอาจใช้เหตุผลเดียวกันอธิบายได้ ในส่วนของค่าแรงตัดขาด พบว่า เมื่อสัดส่วนของน้ำมันปลาในไส้กรอกเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าแรงตัดขาดมีแนวโน้มลดลง โดยผลิตภัณฑ์มีค่าแรงตัดขาดมากที่สุดเมื่อใช้น้ำมันปลา 25 ส่วน ผลดังกล่าวนี้ก็มีแนวโน้มแบบเดียวกับไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ และอาจอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน เช่นกัน

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ซึ่งใช้แบบทดสอบชนิดเดียวกับที่ใช้ในไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ พบว่า เฉพาะอัตราส่วนของน้ำมันปลา

ต่อไขมันหมู มีผลต่อคะแนนกลิ่น รสชาติ ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัสจากการเคี้ยว และเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายใน ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาเฉพาะคะแนนกลิ่น สัดส่วนของน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนกลิ่นของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์มีคะแนนด้านกลิ่นต่ำที่สุดเมื่อใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน หรือไม่ใช้ไขมันหมูเลย โดยผู้ทดสอบบางท่านมีความเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันปลาอยู่ถึง 100 ส่วน ยังมีกลิ่นคาวของน้ำมันปลาอยู่ และให้ข้อสังเกตว่าที่บริเวณเนื้อภายในผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นคาวมากกว่าผิวภายนอก แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างยังมีคุณภาพด้านกลิ่นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยไส้กรอกสูตรที่ใช้น้ำมันปลา 75 และ 100 ส่วน มีคะแนนกลิ่นเฉลี่ย 6.80 และ 6.35 คะแนน ตามลำดับ และคิดปริมาณน้ำมันปลาที่เติมลงในสูตรได้ 16.57 % และ 22.09 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งถือเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูงและสูงกว่าที่ Park et al. (1989) ใช้ผลิต frankfurters ไขมันต่ำ (ปริมาณไขมันรวม 20 %) โดยใช้น้ำมันจากปลา menhaden ที่กำจัดกลิ่นคาวและเติมสารกันหืน α-tocopherol และ TBHQ 0.02 % ทดแทนไขมันหมูในปริมาณ 5 % ของส่วนประกอบ frankfurters ทั้งหมด และผลปรากฏว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากกลิ่นรสที่ไม่ชวนบริโภคเป็นอย่างมากของน้ำมันปลาที่ใช้

ในส่วนของรสชาติผลิตภัณฑ์ สัดส่วนของน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คะแนนรสชาติของผลิตภัณฑ์ลดลง ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อน้ำมันปลาเพิ่มจาก 25 เป็น 75 ส่วน คะแนนรสชาติไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่เมื่อใช้เฉพาะน้ำมันปลาอย่างเดียวโดยไม่ใช้ไขมันหมูเลย คะแนนดังกล่าวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบมีความเห็นว่า หลังจากบริโภคผลิตภัณฑ์ไปแล้วมี after taste เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามไส้กรอกสูตรที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน ยังมีคะแนนรสชาติเฉลี่ย 6.47 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลิตภัณฑ์มีรสอร่อยซึ่งเป็นรสชาติเฉพาะของไส้กรอกรมควันอยู่ในเกณฑ์เกือบปานกลาง

ทางด้านความชุ่มน้ำ ปริมาณน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้คะแนนความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และผลิตภัณฑ์ชุ่มน้ำมากที่สุดเมื่อใช้น้ำมันปลา 75 ถึง 100 ส่วน ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องในทางกลับกันกับค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกของผลิตภัณฑ์ และมีแนวโน้มแบบเดียวกับไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจใช้เหตุผลเดียวกันอธิบายได้

ทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ เนื้อสัมผัสจากการเคี้ยว และเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายใน พบว่า คะแนนเนื้อสัมผัสจากการเคี้ยวมีแนวโน้มลดลงเมื่อสัดส่วนของน้ำมันปลาในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น และผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลา 100 % มีคะแนนต่ำที่สุด ผลดังกล่าวนี้มีแนวโน้มสอดคล้องกับค่าแรงตัดขาด และมีแนวโน้มแบบเดียวกับไส้กรอกที่มีน้ำมัน

ถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ อาจอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน ส่วนคะแนนเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายในของไส้กรอกที่ผลิตได้ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของน้ำมันปลาในผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ผลดังกล่าวนี้แสดงว่า เทคนิค pre-emulsion ช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของอิมัลชัน ผลิตภัณฑ์จึงมีหยดน้ำมันซึมอยกมาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีน้ำมันปลา pre-emulsion ในสัดส่วนที่ต่ำกว่า

ในการพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดสำหรับงานทดลองนี้ ได้กำหนดเกณฑ์ไว้เช่นเดียวกับการพิจารณาเลือกไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบ โดยให้ความสำคัญทั้งกับคุณภาพด้านการใช้บริโภคและคุณค่าทางโภชนาการ จากเกณฑ์ที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ จึงพิจารณาเลือกตัวอย่างที่มีน้ำมันปลาต่อไขมันหมู 100 : 0 สับนาน 10 นาที กับ 75 : 25 สับนาน 15 นาที ซึ่งมีคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะอยู่ในช่วงดีปานกลาง คือ 6.45 - 8.16 คะแนน และมีอัตราการเสียน้ำหนักจากกระบวนการผลิตในระดับต่ำ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่าง มีน้ำมันปลาเป็นองค์ประกอบทั้งสิ้น 22.09 % และ 16.57 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมดตามลำดับ การใช้น้ำมันปลาทดแทนได้ในปริมาณสูง ควรมีข้อดีในด้านลดภาวะเสี่ยงต่อการเกิด atherosclerosis จากการบริโภคผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพราะน้ำมันปลาเป็นน้ำมันที่มี PUFA ในปริมาณสูงถึง 42.58 % และที่สำคัญยังมี ω-3 PUFA สูงถึง 35.37 % มี EPA และ DHA ซึ่งเป็น ω-3 PUFA ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมระดับ cholesterol ในเลือด (Jorgensen and Dyerberg, 1983 ; Grundy, 1986 ; Carroll,1986 ; Kinsella,1986) มีอยู่ในปริมาณสูงถึง 17.52 % และ 12.59 % ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

3. <u>ศึกษาสูตรและกระบวนการผลิตไส้กรอกอิมัลชันที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมันปลาทูน่า</u>

น้ำมันปลาทูน่าที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชัน เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากส่วนหัวของปลาทูน่า นำมาทำให้บริสุทธิ์ (alkali refining) แต่ยังไม่ได้กำจัดกลิ่น จึงมีกลิ่นคาวปลาแรงจัดมาก น้ำมันชนิดนี้ผู้ผลิตเติมสารกันหืน α-tocopherol 0.5 % และเมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ระหว่างรอการผลิตเป็นไส้กรอกอิมัลชัน ได้เติมสาร TBHQ 0.01 % เพื่อให้แน่ใจว่าจะหยุดปฏิกิริยา oxidation ของไขมันที่อาจมีเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปลาทูน่า (ดังแสดงในตารางที่ 2) แสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันถั่วเหลืองและไขมันหมู แต่ใกล้เคียงกับน้ำมันปลา จึงใช้เทคนิค pre-emulsion ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชันจากน้ำมันชนิดนี้

ในการศึกษาเบื้องต้น เพื่อผลิตไส้กรอกอิมัลชันซึ่งใช้น้ำมันปลาทูน่าไม่กำจัดกลิ่นเป็นแหล่งไขมันโดยใช้กระบวนการผลิตแบบเตรียม pre-emulsion พบว่า ใช้ภาวะในการรมควันเช่นเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันปลากำจัดกลิ่นเป็นองค์ประกอบได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีและเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ตัวอย่างที่ใช้เฉพาะน้ำมันปลาทูน่าอย่างเดียว ยังมีกลิ่นคาวปลาเด่นชัดมาก ทั้งขณะเคี้ยวและหลังจากกลืนผลิตภัณฑ์ไปแล้ว และกลิ่นคาวดังกล่าวนี้ได้กลบทั้งกลิ่นควันและกลิ่นเครื่องเทศจนหมด น้ำมันปลาทูน่าที่ใช้เป็นน้ำมันที่ผ่านกระบวนการ alkali refining แต่ไม่ได้กำจัดกลิ่น ดังนั้นจึงอาจมีสาร trimethylamine (TMA) หรือ trimethyl-amineoxide (TMAO) และสารประกอบกรดและด่างที่ระเหยได้ที่ปนเปื้อนในปริมาณสูง จึงทำให้มีกลิ่นคาวแรงจัดมาก และส่งผลให้เกิดกลิ่นคาวที่รุนแรงในผลิตภัณฑ์ทั้งขณะเคี้ยวและหลังกลืน ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นและรสชาติเป็นที่ยอมรับ จึงได้เพิ่มปริมาณของอบเชยป่น และกระชายป่น เป็น 2 เท่าของที่เคยใช้ คือ จาก 0.06 % เป็น 0.12 % ส่วนดอกจันทน์ป่น ลูกจันทน์ป่น และกระเทียมป่น ใช้ปริมาณเท่าเดิม คือ 0.12 %, 0.12 % และ 0.16 % ตามลำดับ และยังได้เพิ่มเครื่องเทศอีก 2 ชนิด คือเม็ดผักชีป่นและชวงเจี่ยป่น โดยใช้ในปริมาณอย่างละ 0.12 % เม็ดผักชีเป็นเครื่องเทศที่แพร่หลายในประเทศไทยและชวงเจี่ยเป็นเครื่องเทศของชาวจีน ซึ่งนิยมใช้ในอาหารต่างๆ ที่ผลิตจากเนื้อปลา จึงคาดว่าน่าจะมีผลในการดับกลิ่นคาวของปลา จึงได้ทดลองนำมาใช้ และได้เติมควันผงซึ่งผลิตจากไม้ฮิกเคอรี่ในปริมาณ 0.30 % ลงในผลิตภัณฑ์ด้วย ผลจากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีกลิ่นและรสดีขึ้น แต่ก็ยังมีกลิ่นคาวปลาทั้งที่ผิวภายนอกและภายในผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน ดังนั้นการเพิ่มปริมาณเครื่องเทศไม่สามารถกลบกลิ่นคาวปลาได้หมด และถ้าเพิ่มเครื่องเทศให้สูงขึ้นอีก อาจทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงผงเครื่องเทศที่มีมากเกินไปในผลิตภัณฑ์ และจะเห็นผงเครื่องเทศที่บริเวณผิวและเนื้อในของไส้กรอก ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏไม่ชวนบริโภค จึงได้ลองเปลี่ยนวิธีจากการกลบกลิ่นคาวปลาโดยใช้เครื่องเทศ เป็นการลดกลิ่นคาวปลาโดยทดลองระเหยสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile component) ที่มีในน้ำมันปลาทูน่า ด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ที่อุณหภูมิ 30 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง การที่ใช้อุณหภูมิต่ำระดับนี้ เพื่อป้องกันการเกิด lipid oxidation ผลการทดลองพบว่า ภาวะดังกล่าวไม่สามารถกำจัดสารระเหยได้ที่มีอยู่ในน้ำมันปลา เพราะกลิ่นคาวยังคงแรงอยู่เช่นเดิม จึงต้องพิจารณาลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ โดยการลดปริมาณน้ำมันที่จะใช้ทดแทนไขมันหมูในไส้กรอกแทน โดยใช้อัตราส่วนของน้ำมันปลาทูน่าต่อไขมันหมู เป็น 5 : 95, 10 : 90, 15 : 85, 20 : 80 และ 25 : 75 ผลการทดลองพบว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า 20 ถึง 25 ส่วน มีกลิ่นคาวปลาเด่นชัดมาก ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า 15

ส่วน มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย และพวกที่มีน้ำมันปลาทูน่าเพียง 5 ถึง 10 ส่วน กลิ่นเครื่องเทศกับกลิ่นควันบดบังกลิ่นคาวปลาได้หมด จึงได้เลือกสูตรที่ประกอบด้วย ผงรมควันฮิกเคอรี่ 0.30 % ดอกจันทน์ป่น 0.12 % ลูกจันทน์ป่น 0.12 % กระเทียมป่น 0.16 % อบเชยป่น 0.12 % กระชายป่น 0.12 % เม็ดผักชีป่น 0.12 % และชวงเจี่ยป่น 0.12 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด และรมควัน 1 ชั่วโมง 15 นาที ที่ 50 °C มาใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป โดยแปรอัตราส่วนของน้ำมันปลาทูน่าต่อไขมันหมู เป็น 5 : 95, 10 : 90 และ 15 : 85 แปรเวลาสับ เป็น 5, 10 และ 15 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประเมินคุณภาพด้านการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุก ค่าแรงตัดขาด และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสชาติ ความชุ่มน้ำ และลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 21 - 28 พบว่า เฉพาะอัตราส่วนระหว่างน้ำมันปลาทูน่าต่อไขมันหมู มีผลต่อค่าการเสียน้ำหนักหลังทำให้สุกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อสัดส่วนของไขมันหมูในไส้กรอกลดลงจาก 95 เป็น 90 ส่วน ผลิตภัณฑ์มีอัตราการเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อไขมันหมูลดลงเหลือ 85 ส่วน การเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลดังกล่าวนี้อาจอธิบายได้ว่า เมื่อไขมันลดลงทำให้ใช้ myofibrillar proteins ในการ emulsify ไขมันน้อยลง จึงมีโปรตีนดังกล่าวเหลือว่างมากขึ้น ทำให้จับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีการเสียน้ำหนักน้อยลง ในส่วนของค่าแรงตัดขาด พบว่า น้ำมันปลาทูน่า 10 ส่วน สับนาน 15 นาที กับน้ำมันปลาทูน่า 15 ส่วน สับนาน 10 นาที ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าแรงตัดขาดมากที่สุด เมื่อพิจารณาแนวโน้มโดยส่วนรวม พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่สับนาน 10 นาที จะมีค่าแรงตัดขาดปานกลางถึงสูง ทั้งนี้เนื่องจาก ในผลิตภัณฑ์นี้ ไขมันหมูมีปริมาณมากกว่าน้ำมันปลาทูน่า ผลของเวลาสับจึงได้รับอิทธิพลจากไขมันหมูมากกว่าน้ำมันปลาทูน่า และโดยทั่วไปมีรายงานว่าเวลาสับที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอกอิมัลชันจากไขมันหมู คือ 10 นาที โดยประมาณที่เวลาดังกล่าวนี้อิมัลชันที่ได้จะมีความหนืดและขนาดอนุภาคเม็ดไขมันพอเหมาะ (Girard, et al., 1992) โดยทั่วไปอาจกล่าวได้ว่า การสับเพียง 5 นาที อาจน้อยเกินไปสำหรับการเกิดอิมัลชันที่เสถียร เพราะไขมันยังมีขนาดอนุภาคไม่เล็กพอ ส่วนการสับเป็นเวลา 15 นาที อาจได้อิมัลชันที่เสถียรภาพดี และมีค่าแรงตัดขาดสูงได้ถ้าอุณหภูมิสุดท้ายไม่เกิน 16 °C โดยทั่วไปอุณหภูมิสุดท้ายหลังสับควรอยู่ในช่วง 12.8 - 14.4 °C (Kramlich et al., 1980)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ scoring test ซึ่งใช้แบบทดสอบเช่นเดียวกับที่ใช้ในไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาเป็นองค์ประกอบ พบว่าอิทธิพลร่วมของอัตราส่วนระหว่างน้ำมันปลาทูน่าต่อไขมันหมูกับเวลาสับ มีผลต่อคะแนนกลิ่นและรสชาติอย่างมี

นัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อคะแนนความชุ่มน้ำ ($p > 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีคะแนนความชุ่มน้ำจาก 7.29 - 7.64 ซึ่งหมายถึง มีความชุ่มน้ำดีปานกลาง และมีลักษณะค่อนข้างนุ่ม ไม่กระด้าง ทั้งนี้อาจเนื่องจากสัดส่วนน้ำมันปลาทูน่าที่ใช้ทดแทนไขมันหมู 5, 10 และ 15 ส่วน คิดเป็นปริมาณเพียง 1.10 %, 2.21 % และ 3.31 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งนับว่าน้อย myofibrillar proteins ที่เหลือจากการใช้ emulsify น้ำมันที่ปริมาณน้อยขนาดนี้ จึงไม่มีผลแตกต่างชัดเจนต่อความสามารถในการจับโมเลกุลน้ำ ผู้ทดสอบจึงตรวจไม่พบความแตกต่างด้านความชุ่มน้ำของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาคะแนนกลิ่นของผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 24) พบว่า ตัวอย่างที่มีน้ำมันปลาทูน่าเป็น 5 และ 10 ส่วน สับนาน 5 - 15 นาที กับตัวอย่างที่มีน้ำมันปลาทูน่า 15 ส่วน สับนาน 5 - 10 นาที มีคะแนนความชอบกลิ่นอยู่ในระดับมีกลิ่นหอมเฉพาะของไส้กรอกเล็กน้อยถึงปานกลาง (คะแนน 6.22 - 7.31) ซึ่งนับเป็นคะแนนที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ และมีเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้นที่มีคะแนนกลิ่นต่ำสุด ($p \leq 0.05$) จนเกือบถึงระดับไม่ยอมรับกลิ่นของผลิตภัณฑ์ คือ ตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า 15 ส่วน สับเป็นเวลา 15 นาที (คะแนน 5.49) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากการสับเป็นเวลานาน ทำให้มีออกซิเจนและจุลินทรีย์จากอากาศปนเปื้อนเข้าไปในอิมัลชันมาก ทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ของทั้งน้ำมันปลาและไขมันหมู และ/หรือเกิดสาร TMA จากปฏิกิริยาของน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์จึงมีกลิ่นคาวจัดกว่าตัวอย่างอื่น (Stansby, 1967)

ในส่วนของรสชาติผลิตภัณฑ์ พบว่า ตัวอย่างที่มีน้ำมันปลาทูน่า 5 ส่วน สับนาน 5 นาที กับน้ำมันปลาทูน่า 10 และ 15 ส่วน สับนาน 10 นาที มีคะแนนรสชาติสูงที่สุด (ตารางที่ 24) และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว จะเห็นว่าคะแนนรสชาติมีแนวโน้มเช่นเดียวกับคะแนนกลิ่น คือผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนกลิ่นต่ำ คะแนนรสชาติจะต่ำตามไปด้วย ทั้งนี้ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า ถ้ามีกลิ่นคาวปลาขณะเคี้ยวหรือหลังกลืนผลิตภัณฑ์ไปแล้วแม้แต่เพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้รสชาติเฉพาะของไส้กรอกรมควันด้อยลง คะแนนรสชาติจึงต่ำลง

คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ เนื้อสัมผัสจากการเคี้ยว และเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายใน (ตารางที่ 25 และ 27) พบว่า เฉพาะเวลาสับมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสจากการเคี้ยวของไส้กรอกที่ผลิตได้ โดยผลิตภัณฑ์ที่สับเป็นเวลา 5 นาที มีคะแนนเนื้อสัมผัสสูงที่สุด และแตกต่างจากตัวอย่างที่สับนาน 10 และ 15 นาที ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม แม้คะแนนจะมีนัยสำคัญ แต่ก็อยู่ในช่วง 7.10 - 7.51 ซึ่งมีความหมายเกือบไม่ต่างกัน และอาจกล่าวได้ว่า ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีเนื้อแน่น เกาะติดกันและมีความยืดหยุ่นดีปานกลาง ส่วนทางด้านเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายในของไส้กรอกที่ผลิตได้ พบว่า

อิทธิพลร่วมของอัตราส่วนระหว่างน้ำมันปลาทูน่าต่อไขมันหมู กับเวลาสับ มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันปลาทูน่า 5 ส่วน สับนาน 5 และ 15 นาที น้ำมันปลาทูน่า 10 ส่วน สับนาน 5 และ 10 นาที และน้ำมันปลาทูน่า 15 ส่วน สับนาน 5 และ 15 นาที มีคะแนนเนื้อสัมผัสจากลักษณะภายในสูงที่สุด (คะแนน 7.50 - 8.00) แต่เมื่อพิจารณาความหมายของคะแนนแล้ว จะเห็นว่าตัวอย่างซึ่งมีน้ำมันปลา 10 ส่วน สับนาน 15 นาที ที่ได้คะแนนต่ำที่สุด คือ 7.08 ก็ยังมีหยดน้ำมันขนาดเล็กแทรกอยู่ตามผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนนสูงสุด คือ 8.00 (น้ำมันปลาทูน่า 5 ส่วน สับนาน 5 นาที) มีหยดน้ำมันขนาดเล็กแทรกอยู่ตามผลิตภัณฑ์เล็กน้อยหรือเกือบไม่มีเลย จึงถือได้ว่า ทั้ง 2 ตัวอย่างมีเนื้อสัมผัสภายในต่างกันน้อย อย่างไรก็ตาม มีข้อมูลที่น่าสังเกตอย่างหนึ่ง คือ ตัวอย่างที่มีค่าแรงตัดขาดสูงสุด (น้ำมันปลาทูน่า 10 ส่วน สับนาน 15 นาที) มีคะแนนเนื้อสัมผัสภายในต่ำสุด ผลดังกล่าวนี้อาจเนื่องมาจากปัญหาในการอัดไส้ โดยในการผลิตพบว่า ไส้กรอกที่มีค่าแรงตัดขาดสูง อิมัลชันที่ได้หลังการสับจะเหนียวมาก ทำให้การอัดไส้ทำได้ยาก และเป็นผลให้มีฟองอากาศขนาดเล็กแทรกอยู่ภายในผลิตภัณฑ์มาก และหลังต้มจะมีน้ำขังอยู่ตามฟองอากาศเหล่านี้ ซึ่งผู้ทดสอบมีความเห็นว่า ค่อนข้างยากในการพิจารณาว่าของเหลวที่อยู่ในฟองอากาศคือน้ำหรือน้ำมัน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีฟองอากาศขนาดเล็กแทรกอยู่มาก จึงมีคะแนนเนื้อสัมผัสภายในต่ำ แต่จากแนวโน้มโดยส่วนรวมแล้ว ผู้ทดสอบก็ยังมีความเห็นว่า เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี

ในการพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดสำหรับงานทดลองนี้ ได้กำหนดเกณฑ์ไว้เช่นเดียวกับการพิจารณาเลือกไส้กรอกที่มีน้ำมันถั่วเหลืองหรือน้ำมันปลากำจัดกลิ่นเป็นองค์ประกอบ คือ ให้ความสำคัญทั้งกับคุณภาพด้านการใช้บริโภค และคุณค่าทางโภชนาการ และจากเกณฑ์ที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ จึงเลือกตัวอย่างที่มีน้ำมันปลาทูน่าต่อไขมันหมู 15 : 85 สับนาน 10 นาที เป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคะแนนทางประสาทสัมผัสทุกลักษณะอยู่ในช่วงดีปานกลาง มีอัตราการเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกต่ำ มีน้ำมันปลาทูน่าทั้งสิ้น 3.31 % ของส่วนประกอบไส้กรอกทั้งหมด การใช้น้ำมันปลาทูน่าทดแทนไขมันหมูจะให้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับน้ำมันปลากำจัดกลิ่นดังได้กล่าวไปแล้ว แม้ว่าจะทดแทนได้ในปริมาณต่ำ แต่ผลที่ได้ก็แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำมันปลาทูน่าไม่กำจัดกลิ่นมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน โดยที่ผู้บริโภคยังยอมรับได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปพัฒนาเพื่อให้มีการใช้น้ำมันปลาทูน่าไม่กำจัดกลิ่นในไส้กรอกอิมัลชันและผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบกรดไขมันของไส้กรอกที่ผลิตได้

1. <u>วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกที่ผลิตได้</u>

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับไส้กรอกที่ผลิตทางการค้า ดังแสดงในตารางที่ 29 จะเห็นว่า ไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้น้ำมันจากแหล่งต่างๆ ทดแทนไขมันหมู มีโปรตีนและไขมันสูงกว่า ความชื้นต่ำกว่าตัวอย่างที่ผลิตทางการค้า และไส้กรอกทุกตัวอย่างมีไขมันต่ำกว่า 30 % ไส้กรอกที่ผลิตได้โดยใช้น้ำมันจากแหล่งต่างๆ ทดแทนไขมันหมู มีโปรตีนระหว่าง 16.05 - 16.92 % ไขมัน 24.07 - 27.24 % และความชื้น 53.70 - 58.00 % ในขณะที่ไส้กรอกที่ผลิตทางการค้า มีโปรตีน 15.87 % ไขมัน 22.40 % และความชื้น 60.61 % สำหรับไส้กรอกที่ทดแทนไขมันหมูด้วยน้ำมันทั้ง 3 ชนิด เมื่อสัดส่วนของไขมันหมูเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณไขมันทั้งหมดต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้เฉพาะน้ำมัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะไขมันหมูที่ใช้มีไขมันอยู่เพียง 82.34 % ในขณะที่น้ำมันมี 100 % ในส่วนของความชื้นจะเป็นสัดส่วนกลับกับไขมัน คือ ถ้าปริมาณไขมันมากกว่า ความชื้นจะน้อยกว่า ในขณะที่โปรตีนในทุกตัวอย่างปริมาณใกล้เคียงกัน และผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีความชื้นประมาณ 3 เท่าของปริมาณโปรตีน รวมกับอีก 3.30 - 8.08 % ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้โดยกองควบคุมคุณภาพเนื้อสัตว์ กระทรวงเกษตร ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดให้ปริมาณน้ำในไส้กรอกที่เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่ากับ 3 เท่าของโปรตีน บวกกับอีกประมาณ 10 % ของน้ำหนักทั้งหมด (USDA, 1976)

2. <u>วิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในไส้กรอกที่ผลิตได้และที่ผลิตทางการค้า</u>

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 30 - 33 เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบกรดไขมันของไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้น้ำมันถั่วเหลืองต่อไขมันหมู 75 : 25 และ 100 : 0 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน มีกรด linolenic 5.18 % น้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน ซึ่งมีกรดชนิดนี้ 6.15 % ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองที่นำมาใช้ มีกรด linolenic ถึง 6.64 % ในขณะที่ไขมันหมูมีกรดชนิดนี้เพียง 0.67 % ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลืองทดแทนไขมันหมูในปริมาณที่น้อยกว่า จึงมีกรด linolenic น้อยกว่า ส่งผลให้ ω-3 PUFA ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน มีปริมาณน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน มีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ถึง 17.15 % มากกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวเพียง 14.12 %

ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้มีกรดไขมันเหล่านี้เพียง 13.33 % ในขณะที่ไขมันหมูมีสูงถึง 29.18 % ดังนั้นค่าอัตราส่วนของ ω-3 PUFA ต่อกรดไขมันอิ่มตัว (ω-3 PUFA/S ratio) ของไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน จึงต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน (ตารางที่ 30) โดย ω-3 PUFA/S ratio ของตัวอย่างที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน กับของน้ำมันถั่วเหลืองใกล้เคียงกัน (0.56 และ 0.57 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาปริมาณ PUFA พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน มี PUFA 44.92 % น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน ซึ่งมี PUFA 53.54 % ทั้งนี้เนื่องมาจากน้ำมันถั่วเหลืองที่นำมาใช้มีปริมาณ PUFA สูงถึง 56.12 % ในขณะที่ไขมันหมูมี PUFA เพียง 17.83 % ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วนที่ต่ำกว่า จึงมีปริมาณ PUFA ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีน้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วนที่สูงกว่า และส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง PUFA ต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/S ratio) มีค่าต่ำกว่า โดยไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 และ 100 ส่วน มีค่าดังกล่าวเป็น 2.62 และ 3.85 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ตัวอย่างนี้ มีค่า PUFA/S ratio มากกว่าที่ Marquez (1989) วิเคราะห์ได้ในไส้กรอก frankfurter ที่แทนที่ 60 % ของไขมันวัวด้วยน้ำมันถั่วลิสง ซึ่งพบว่ามีค่าดังกล่าวเพียง 0.68 เท่านั้น เนื่องจาก Marquez ใช้น้ำมันทดแทนไขมันหมูในสัดส่วนที่น้อยกว่า นอกจากนี้กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันถั่วลิสง คือ monounsaturated fatty acids ซึ่งมีกรด oleic ถึง 51 % ในขณะที่มี PUFA ซึ่งเป็นกรด linoleic เพียง 31 % (Weiss, 1970) ค่า PUFA/S ratio จึงต่ำกว่าเมื่อเทียบกับไส้กรอกน้ำมันถั่วเหลืองที่ผลิตได้ทั้ง 2 ตัวอย่าง

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบกรดไขมันของไส้กรอกที่ผลิตโดยใช้น้ำมันปลากำจัดกลิ่นต่อไขมันหมู 75 : 25 และ 100 : 0 พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน มี EPA และ DHA 11.99 % และ 8.28 % น้อยกว่าในผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน ซึ่งมีกรดชนิดนี้ 15.68 % และ 10.74 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันปลาที่นำมาใช้มี EPA และ DHA ในปริมาณสูงถึง 17.52 % และ 12.59 % ตามลำดับ ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลาทดแทนไขมันหมูในปริมาณที่น้อยกว่า จึงมีกรดไขมันดังกล่าวต่ำกว่าเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลาในสัดส่วนที่สูงกว่า ส่งผลให้ปริมาณ ω-3 PUFA ในตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว พบว่าไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน มีกรดไขมันอิ่มตัว 26.84 % มากกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัว 25.13 % ซึ่งแม้ว่าน้ำมันปลาที่นำมาใช้มีกรดไขมันเหล่านี้สูงถึง 24.95 % แต่อย่างไรก็ตามไขมันหมูก็ยังมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่า คือ 29.18 % ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน จึงมีค่า ω-3 PUFA/S ratio

ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน (0.98 และ 1.35 ตามลำดับ) สำหรับปริมาณ PUFA จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน มี PUFA 35.78 % น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน ซึ่งมี PUFA 40.45 % เนื่องจากน้ำมันปลาที่ใช้มีปริมาณ PUFA ค่อนข้างสูงถึง 42.58 % ในขณะที่ไขมันหมูมี PUFA เพียง 17.83 % ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันปลาในสัดส่วนที่ต่ำกว่า จึงมีปริมาณ PUFA ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีน้ำมันปลาในสัดส่วนที่สูงกว่า และส่งผลให้ PUFA/S ratio มีค่าต่ำกว่า โดยไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 75 และ 100 ส่วน มีค่าดังกล่าวเป็น 1.33 และ 1.61 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบกรดไขมันในไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วนกับน้ำมันปลาตั้งต้น พบว่า ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลามีปริมาณ ω-3 PUFA, PUFA, EPA และ DHA น้อยกว่า แต่มีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันปลาตั้งต้น ผลดังกล่าวแสดงว่าน้ำมันปลาที่นำมาใช้ แม้จะเติมสารกันหืน α-tocopherol 0.5 % และ TBHQ 0.01 % แล้วก็ตาม แต่เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในระหว่างการผลิต อาจเกิดปฏิกิริยา oxidation ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น กรดไขมันที่มีพันธะคู่ 4, 5 และ 6 พันธะ ทำให้สัดส่วนของกรดไขมันที่มีความอิ่มตัวจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatograph สูงขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมากขึ้น ขณะที่ ω-3 PUFA และ PUFA ลดลง ค่า ω-3 PUFA/S ratio และ PUFA/S ratio ของผลิตภัณฑ์จึงลดลงตามไปด้วย

เมื่อเปรียบเทียบไส้กรอกที่ผลิตได้ทั้ง 5 สูตร จากการใช้น้ำมันทั้ง 3 ชนิดทดแทนไขมันหมู พบว่า ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน มีปริมาณ ω-3 PUFA สูงสุด รองลงมา คือ ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน ไส้กรอกน้ำมันปลาทูน่า ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 และ 75 ส่วน โดยมีกรดไขมันดังกล่าวเป็น 33.19 %, 26.25 %, 8.06 %, 7.71 % และ 6.70 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันปลาที่ใช้มีปริมาณ ω-3 PUFA สูงสุด ดังนั้นไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 100 และ 75 ส่วน จึงมีกรดไขมันดังกล่าวในปริมาณสูง ส่วนไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า แม้น้ำมันปลาชนิดนี้จะมี ω-3 PUFA ในปริมาณสูง (35.17 %) เช่นกัน แต่เนื่องจากใช้ทดแทนไขมันหมูเพียง 15 ส่วนเท่านั้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มี ω-3 PUFA ต่ำกว่าไส้กรอกน้ำมันปลา อย่างไรก็ตามก็ยังมีปริมาณสูงกว่าไส้กรอกน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 2 สูตร เมื่อพิจารณา ω-3 PUFA/S ratio พบว่า ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 100 ส่วน มีค่าดังกล่าวสูงสุด คือ 1.35 รองลงมา คือ ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 75 ส่วน ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 และ 75 ส่วน และไส้กรอกน้ำมันปลาทูน่า โดยมีค่าดังกล่าวเป็น 0.98, 0.56, 0.39 และ 0.32 ตามลำดับ ผล

ดังกล่าวอาจอธิบายได้ว่า แม้ว่าไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลาทั้ง 2 สูตร มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง แต่มีปริมาณ ω-3 PUFA มากกว่ามาก ดังนั้นค่าที่ได้จึงยังคงสูงกว่าไส้กรอกน้ำมันถั่วเหลือง ส่วนไส้กรอกน้ำมันปลาทูน่านั้น เนื่องจากใช้น้ำมันทดแทนได้เพียง 15 ส่วน จึงทำให้มีปริมาณ ω-3 PUFA ต่ำ ในขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ได้มาจากทั้งน้ำมันและไขมันหมู ซึ่งเป็นแหล่งที่มีกรดไขมันเหล่านี้สูง ดังนั้นค่า ω-3 PUFA/S ratio จึงต่ำกว่าไส้กรอกน้ำมันปลาและน้ำมันถั่วเหลือง เมื่อพิจารณาปริมาณ PUFA พบว่า ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 ส่วน มี PUFA สูงสุด คือ 53.54 % รองลงมา คือ ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 75 ส่วน ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 100 และ 75 ส่วน และไส้กรอกน้ำมันปลาทูน่า โดยมีปริมาณ PUFA เป็น 44.92 %, 40.45 %, 35.78 % และ 24.28 % ตามลำดับ ผลดังกล่าวเนื่องมาจากน้ำมันถั่วเหลืองที่ใช้มี PUFA ในปริมาณที่สูงกว่าน้ำมันปลาทั้ง 2 ชนิด เมื่อใช้น้ำมันในสัดส่วนที่สูง ปริมาณ PUFA จึงสูงตามไปด้วย และส่งผลให้ค่า PUFA/S ratio มีแนวโน้มในแบบเดียวกัน โดยมีค่าดังกล่าวเป็น 3.85, 2.62, 1.61, 1.33 และ 0.95 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบไส้กรอกที่ผลิตได้ทั้ง 5 สูตร กับที่ผลิตทางการค้า พบว่า ไส้กรอกทั้ง 5 สูตร มีปริมาณ ω-3 PUFA, PUFA, ω-3 PUFA/S ratio และ PUFA/S ratio สูงกว่าและมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าตัวอย่างที่ผลิตทางการค้า โดยไส้กรอกที่ใช้น้ำมันถั่วเหลือง 100 และ 75 ส่วน ไส้กรอกที่ใช้น้ำมันปลา 100 และ 75 ส่วน และไส้กรอกน้ำมันปลาทูน่า มีค่า ω-3 PUFA/S ratio สูงกว่าตัวอย่างที่ผลิตทางการค้า 9.33, 6.50, 22.50, 16.33 และ 5.33 เท่า มีค่า PUFA/S ratio สูงกว่าตัวอย่างที่ผลิตทางการค้า 5.83, 3.97, 2.44, 2.02 และ 1.44 เท่า ตามลำดับ ไส้กรอกที่ผลิตทางการค้าซึ่งใช้ไขมันหมูเป็นแหล่งไขมันอย่างเดียวมีค่า ω-3 PUFA/S ratio และ PUFA/S ratio 0.06 และ 0.66 ตามลำดับ

PUFA/S ratio เป็นอัตราส่วนของปริมาณกรดไขมันที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 พันธะขึ้นไป (PUFA) ต่อปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ Mattson และ Grundy (1985) กล่าวว่า การบริโภคอาหารซึ่งมี PUFA (น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอยที่มีกรด linoleic สูง) ลดสาร cholesterol ในพลาสมาได้ อย่างไรก็ตาม มีบางรายงานวิจัยแสดงว่า PUFA ในปริมาณสูงเกินไป (PUFA/S ratio = 5.3) ทำให้เกิดสารก่อมะเร็งในหนูทดลอง (Gammal, Carroll and Plunkett, 1967 ; Clinton, Mulloy and Visek, 1984) มีหลายองค์กร เช่น มูลนิธิโรคหัวใจของสหรัฐอเมริกาและนิวซีแลนด์ และสมาคมโรคหัวใจของสหรัฐอเมริกา กำหนดค่า PUFA/S ratio ที่เหมาะสมคือ ประมาณ 1 แต่ก็มีบางองค์กรกำหนดค่าที่เหมาะสมไว้มากกว่านี้ โดย International

Society of Cardiology กำหนดค่า PUFA/S ratio ที่เหมาะสมไว้มากกว่า 1.0 ในขณะที่มูลนิธิโรคหัวใจแห่งชาติ ประเทศออสเตรเลีย กำหนดค่าดังกล่าวเป็น 1.5 (FAO and WHO, 1980) ส่วน ω-3 PUFA/S ratio เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณกรดไขมันที่มีพันธะคู่พันธะแรกอยู่ที่คาร์บอนอะตอมที่ 3 เมื่อนับจากทางด้าน methyl end (ω-3 PUFA) กับปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ซึ่ง ω-3 PUFA โดยเฉพาะอย่างยิ่ง EPA และ DHA มีประโยชน์ในการป้องกันและรักษาโรคหัวใจ ((Jorgensen and Dyerberg, 1983 ; Carroll, 1986 ; Kinsella, 1986) Adam et al. (1986) รายงานว่า ใน vitro EPA จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันและรักษาโรคหัวใจมากกว่ากรด α-linolenic และเมื่อเปรียบเทียบ PUFA กับ ω-3 PUFA แล้ว Harris et al. (1983) พบว่า ไขมันปลาทะเลซึ่งเป็นแหล่งของ ω-3 PUFA ลดระดับ cholesterol ได้มากกว่าน้ำมันพืชผสม (น้ำมันข้าวโพดผสมกับน้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย) ซึ่งเป็นแหล่งของ monounsaturated fatty acids และ/หรือ PUFA

การบริโภคไส้กรอกที่ผลิตขึ้นในงานวิจัยนี้ จึงควรมีผลดีต่อสุขภาพในด้านการป้องกันและรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจมากกว่าตัวอย่างที่ผลิตทางการค้า เนื่องจากมี PUFA/S ratio และ ω-3 PUFA/S ratio สูง และถึงแม้ว่าตัวอย่างที่ผลิตทางการค้ามีปริมาณไขมันต่ำกว่า แต่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบสูงกว่า และ PUFA/S ratio และ ω-3 PUFA/S ratio ค่อนข้างต่ำ ขณะที่ไส้กรอกที่ผลิตขึ้นทั้ง 5 สูตร แม้จะมีปริมาณไขมันมากกว่า แต่กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นประเภทไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะน้ำมันปลาซึ่งมีปริมาณ ω-3 PUFA ค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาในเชิงความยากง่ายในการผลิต คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ PUFA/S ratio และ ω-3 PUFA/S ratio ไส้กรอกสูตรที่ใช้น้ำมันปลากำจัดกลิ่น 100 ส่วน ทดแทนไขมันหมู ควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ไม่ยาก คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ มีความยืดหยุ่น ความชุ่มน้ำ เนื้อสัมผัสภายใน และกลิ่นรส อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในระดับดีปานกลาง และที่สำคัญ คือมี ω-3 PUFA/S ratio สูงที่สุด ซึ่งแม้ว่า PUFA/S ratio จะมีค่าประมาณ 1.5 แต่ PUFA ส่วนใหญ่เป็นประเภท ω-3 PUFA ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีผลดีต่อสุขภาพในด้านการป้องกันและรักษาโรคหัวใจ ส่วนไส้กรอกน้ำมันถั่วเหลือง แม้จะมีค่า PUFA/S ratio ค่อนข้างสูง แต่เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชชนิดอื่นแล้วจะมี ω-3 PUFA อยู่ในปริมาณที่สูงกว่า และถ้าคิดในแง่ที่ว่า น้ำมันถั่วเหลืองไม่มีสาร cholesterol เป็นส่วนประกอบ การบริโภคไส้กรอกที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลืองน่าจะเป็นผลดีต่อสุขภาพมากกว่าไส้กรอกที่ผลิตจากไขมันหมู