

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบ

เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพของน้ำมันที่เป็นส่วนประกอบหลัก มีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มายองเนสที่ได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่าที่ใช้ในการทดลอง เมื่อวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่ามีค่าทั้งสองใกล้เคียงกัน โดยน้ำมันถั่วเหลืองมีค่าเปอร์ออกไซด์ 4.7 มิลลิกรัมสมมูล/กิโลกรัม และมีค่ากรดไขมันอิสระ 1.34% ส่วนน้ำมันปลาทูน่ามีค่าเปอร์ออกไซด์ 4.68 มิลลิกรัมสมมูล/กิโลกรัม และมีค่ากรดไขมันอิสระ 1.37% ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงค่าเปอร์ออกไซด์และค่ากรดไขมันอิสระของน้ำมันบริโภคที่ CODEX (1990) กำหนดไว้ว่าค่าเปอร์ออกไซด์ต้องไม่เกิน 5 มิลลิกรัมสมมูล/กิโลกรัม และค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 1.5% น้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่าที่ใช้ในการทดลองได้ผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์และการกำจัดกลิ่น โดยมีการกำจัดสารแขวนลอยในน้ำมัน ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และฟอสฟาไทด์ หรือเลซิทิน ซึ่งโดยทั่วไปน้ำมันถั่วเหลือง กำจัดฟอสฟาไทด์ ได้โดยผสมน้ำมันกับน้ำปริมาณ 2% หรือผ่านไอน้ำอุณหภูมิ 57-71 องศาเซลเซียส ภายใต้ภาวะสุญญากาศ เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง แล้วใช้แรงเหวี่ยงแยกเลซิทินออกไป (Weiss, 1970) ส่วนน้ำมันปลาทูน่ากำจัดฟอสฟาไทด์และสารแขวนลอยอื่นๆ โดยผสมกับน้ำปริมาณ 2-3% หรืออาจเติม กรดบอริก (boric acid) หรือไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate) ที่อุณหภูมิ 30-50 องศาเซลเซียส แล้วจึงแยกเลซิทินออกไปด้วยวิธีเดียวกัน (Stephen, 1967) นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการกำจัดกรดไขมันอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาไลโปไลซิส (lipolysis) ออกไป โดยน้ำมันถั่วเหลืองกำจัดกรดไขมันอิสระได้โดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10-15% (Weiss, 1970) น้ำมันปลาทูน่าใช้ความเข้มข้น 1-6 นอร์มัล (Stephen, 1967) ส่วนกระบวนการกำจัดกลิ่นโดยการบีมน้ำมันที่ร้อนประมาณ 120 องศาเซลเซียส ให้ไหลสวนทางกับไอน้ำอุณหภูมิ 200-260 องศาเซลเซียส ในหอสุญญากาศ (vacuum tower) ซึ่งจะเป็นผลให้สารที่ทำให้เกิดกลิ่น อัลดีไฮด์ คีโตน และเปอร์ออกไซด์ ระเหยออกไป (Weiss, 1970) ผลจากการวิเคราะห์

องค์ประกอบกรดไขมัน พบว่าน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไลโนเลอิกมากที่สุด รองลงมาเป็นกรดโอเลอิกและกรดปาล์มิติก ตามลำดับ ขณะที่น้ำมันปลาทუნามีกรดไขมันปาล์มิติกมากที่สุด รองลงมาเป็นกรดโอเลอิกและ DHA ซึ่งมีสัดส่วนที่เท่ากัน น้ำมันหรือไขมันจากพืชส่วนใหญ่ยกเว้นน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันหรือไขมันจากสัตว์บกทำให้น้ำมันพืชส่วนใหญ่มีสภาพเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่ ไขมันจากสัตว์บกมีสภาพเป็นของแข็งที่อุณหภูมิเดียวกัน (Fennema,1976) แต่สัตว์ทะเลชั้นสูง โดยเฉพาะปลาทะเลซึ่งมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงอยู่ในปริมาณมาก และมีสัดส่วนของกรดไขมันที่สายโซ่คาร์บอนมากกว่า 18 ชนิดที่สำคัญทางโภชนาการคือ EPA และ DHA น้ำมันปลาทუნาที่ใช้ในการทดลองนี้มีกรดไขมัน EPA และ DHA 1.5 % และ 18.9% ตามลำดับ แต่ไม่พบในน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากปลาทะเลมีกลไกการเปลี่ยนอาหารทั้งประเภทเซลล์เดี่ยว และหลายเซลล์ ได้แก่ แพลงตอน และสาหร่ายทะเล(Kinsella,1986) ไปเป็นกรดไขมันกลุ่มโอเมกา-3 ด้วยเอนไซม์อีลองเกส (elongase) และเอนไซม์ดีแซททูเลส (desaturase) ปริมาณกรดไขมัน EPA และ DHA ในน้ำมันปลาทუნาอาจสูงถึง 5.5-13.9% และ 17.0-24.4% ตามลำดับ (Stansby,1967) แต่อาจแปรปรวนได้ตามสายพันธุ์ปลา ฤดูกาล สถานที่ เพศ ตำแหน่งไขมันที่อยู่ในตัวปลา สถานะทางกายภาพ และการวางไข่ และการเพาะเลี้ยง ซึ่งมีอิทธิพลต่อลูกโซ่อาหารอย่างมาก (Kinsella,1986) สมบัติทางกายภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่ ค่าสี และค่าความหนืด พบว่าน้ำมันปลาทუნามีสีเข้มกว่าน้ำมันถั่วเหลืองเล็กน้อย เพราะนอกจากปลาจะมีรงควัตถุสีเหลืองจากแคโรทีน (carotene) แล้ว การใช้ความร้อนสูงประมาณ 115 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนการเจียวไขมัน (rendering) อาจทำให้โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสลายตัวเกิดสารให้สีขึ้น (Swern, 1964 อ้างถึงใน ณรงค์ นิยมวิทย์ , 2538) จึงทำให้น้ำมันปลามีสีเข้ม การผลิตน้ำมันโดยทั่วไป มีขั้นตอนการฟอกสี (bleaching) เพื่อไม่ให้มีสีเข้มเกินไป การฟอกสีทำได้โดยดูดซับสีด้วย ผงถ่าน(charcoal) โคลนฟอกสี (bleaching clay) และโคลนฟอกสีชนิดกรด (acid clay) ซึ่งได้จากปฏิกิริยาระหว่างโคลนฟอกสีกับกรดซัลฟูริกหรือกรดไฮโดรคลอริก โคลนฟอกสีที่นิยมใช้ คือ เบนโตไนท์ (bentonite) ซึ่งประกอบด้วยแร่มอนทโมริลโลไนท์ (montmorillonite; $Al_4Si_8O_{20}(OH)_4.nH_2O$) การฟอกสีน้ำมันพืชที่มีรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) แซนโทฟิลล์ และแคโรทีน จำเป็นต้องใช้สารฟอกสีหลายชนิด โดยใช้ถ่านฟอกสีหรือโคลนฟอกสีชนิดกรด ฟอกสีเขียวจากคลอโรฟิลล์ ใช้โคลนฟอกสีฟอกสีแดงหรือเหลืองจากแซนโทฟิลล์ หรือแคโรทีน (Weiss,1970) สารฟอกสีที่นิยมใช้กับน้ำมันปลา คือ ผงถ่านผสมกับโคลนฟอกสี โดยให้มีส่วนของโคลนฟอกสี 5-10% โดยน้ำหนัก ภาวะเหมาะสมสำหรับการฟอกสีน้ำมันปลาทั่วไปคือ ที่อุณหภูมิ 99 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที

ภายใต้ภาวะสุญญากาศ 15 มิลลิเมตรปรอท (Gauglitz and Gruger, 1965) Rini (1960) แนะนำให้กำจัดความชื้นจากน้ำมันก่อนการพอกสีเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยา โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที

ความหนืดของน้ำมันโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายกลีเซอไรด์ กรดไขมันสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ดีกว่าเอสเทอร์ของกรดไขมันแต่ต่ำกว่าน้ำมันที่เกิดพอลิเมอร์ จากความร้อน น้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูงมีความหนืดต่ำ ขณะที่น้ำมันซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่มีจำนวนพันธะคู่เท่ากัน (Swern, 1979) เมื่อเปรียบเทียบความไม่อิ่มตัวของน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันปลาทูน่า จะเห็นว่า น้ำมันปลาทูน่า มีความไม่อิ่มตัวสูงกว่า เนื่องจากมีกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่ 4, 5 และ 6 จากกรดไขมัน ออกตะเดคกะเตตระอีโนอิก, EPA และ DHA ตามลำดับ ซึ่งไม่มีในน้ำมันถั่วเหลือง จึงทำให้น้ำมันปลาทูน่ามีความหนืดต่ำกว่า

5.2 การใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ น้ำมันผสม และเลือกชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีที่สุด ในผลิตภัณฑ์มายองเนส

สารอิมัลซิไฟเออร์มีบทบาทสำคัญต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์มายองเนส การเลือกชนิดและปริมาณที่ถูกต้อง จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการแยกชั้นเนื่องจากอิมัลชันแตก กลไกของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ทำให้อิมัลชันมีความคงตัว ได้แก่ การลดความตึงผิวสัมผัสระหว่าง หน้าของน้ำกับน้ำมัน ทำให้เกิดการกระจายตัวระหว่างวัฏภาค นอกจากนี้โมเลกุลของสารอิมัลซิไฟเออร์ยังก่อตัวเป็นฟิล์มที่ผิวของอนุภาคไขมัน ซึ่งป้องกันการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคไขมัน และสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดที่มีประจุจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้ารอบวัฏภาคภายใน ทำให้เกิดแรงผลักกันเนื่องจากการมีประจุชนิดเดียวกัน จึงป้องกันการรวมตัวกันระหว่างอนุภาคไขมัน ได้ (Kare and Stig, 1990) โครงสร้างที่สำคัญของสารอิมัลซิไฟเออร์ คือ มีหมู่ชอบน้ำซึ่งละลายได้ดีในน้ำ และหมู่ที่ชอบน้ำมันซึ่งละลายได้ดีในน้ำมัน อยู่ในโมเลกุลเดียวกัน เมื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์มายองเนสซึ่งเป็นอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ จะต้องเลือกชนิดที่ละลายน้ำได้มากกว่า ละลายในน้ำมันหรือมีค่า HLB สูง เพื่อลดแรงตึงผิวของน้ำให้ต่ำกว่าน้ำมัน และใช้ปริมาณที่เพียงพอแก่การสร้างฟิล์มรอบอนุภาคไขมัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงจะเป็นประเภทน้ำมันในน้ำและมีความคงตัวดี และจากข้อกำหนดของ FDA ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มายองเนสต้องมีปริมาณน้ำมันไม่ต่ำกว่า 65% ถ้าเลือกใช้น้ำมันที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และใช้สารอิมัลซิไฟเออร์

ที่ปราศจากคอเลสเทอรอล จะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ต่อสุขภาพสูง ดังนั้นในงานทดลองนี้จึงเลือกใช้ ทวิน® 60 และ ทวิน® 80 ซึ่งมีค่า HLB 15 และใช้ปริมาณไม่เกิน 0.5% โดยน้ำหนักน้ำมัน ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่ FDA กำหนดให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยแปรปริมาณ ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 เป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0.5, 0.3, 0.24, 0.17 และ 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน และใช้น้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันปลาทูน่า ที่อัตราส่วน 4:0, 3:1, 1:1, 1:3 และ 0:4 เหตุที่ต้องแปรอัตราส่วนของน้ำมันผสม เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปลาทูน่ามีองค์ประกอบของกรดไขมันต่างกัน ซึ่งพบว่าทำให้น้ำมันถั่วเหลืองมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันปลาทูน่า น้ำมันที่มีความหนืดสูง ให้อิมัลชันที่มีความหนืดสูงและมีความคงตัวดี ดังนั้นจึงต้องแปรอัตราส่วนของน้ำมันผสมเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปลาทูน่าที่นำมาทดแทนน้ำมันถั่วเหลือง และยังคงรักษาเสถียรภาพของอิมัลชันให้คงเดิม

ผลจากการทดลองรูปที่ 4.1-4.6 แสดงว่าทั้งปริมาณของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ (ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80) และอัตราส่วนของน้ำมันผสม มีอิทธิพลต่อความหนืด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมัน และค่า stability index ($p \leq 0.05$) โดยอิมัลชันที่มีสัดส่วนของน้ำมันผสมเป็น 4:0 และใช้ ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 0.50% โดยน้ำหนักน้ำมัน มีความหนืดสูงสุด คือ 3,187.75 mPa.s และ 3,181.00 mPa.s ตามลำดับ และอิมัลชันที่มีสัดส่วนของน้ำมันผสมเป็น 0:4 และใช้ ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 0.10 % โดยน้ำหนักน้ำมัน มีความหนืดต่ำสุด คือ 1,765.49 mPa.s และ 1,675.26 mPa.s ตามลำดับ ความหนืดของอิมัลชันขึ้นอยู่กับปริมาณ วิกฤตภายใน และความหนืดของวิกฤตภายใน วิกฤตภายนอกและสารอิมัลซิไฟเออร์ ดังนั้นอิมัลชันที่มีสัดส่วนของน้ำมันผสมเป็น 4:0 ซึ่งมีสัดส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองสูงสุด และใช้ สารอิมัลซิไฟเออร์ 0.5% โดยน้ำหนักน้ำมัน จึงมีความหนืดสูงสุด เนื่องจากน้ำมันถั่วเหลืองมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันปลาทูน่า

จากการวัดขนาดอนุภาคไขมันของอิมัลชัน พบว่าการเพิ่มทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 จาก 0.1% โดยน้ำหนักน้ำมัน ถึง 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคไขมันลดลง แสดงว่าการเพิ่มปริมาณสารอิมัลซิไฟเออร์ในช่วงนี้ ทำให้ความตึงผิวสัมผัสระหว่างหน้าของน้ำกับน้ำมันลดลง ซึ่งอิมัลชันที่ใช้ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 0.1 % โดยน้ำหนักน้ำมัน มีขนาดอนุภาคไขมันเพิ่มขึ้นจากอิมัลชันที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ 0.17% โดยน้ำหนักน้ำมัน 28.74% และ 29.86% ตามลำดับ แสดงว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ระดับ 0.1 % โดยน้ำหนักน้ำมัน ลดความตึงผิวได้น้อยกว่าที่ระดับ 0.17% โดยน้ำหนักน้ำมัน จึงทำให้อนุภาคไขมันพยายามลดพลังงานอิสระที่พื้นที่ผิวที่เกิดจากการกระจายตัวเป็นอนุภาคภายใน โดยการรวมตัวกันให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

หรือฟิล์มที่ล้อมรอบอนุภาคไขมันอาจไม่สมบูรณ์ อนุภาคไขมันจึงรวมตัวกันได้ระหว่างการผสม ประกอบกับตัวอย่างที่มีสัดส่วนของน้ำมันผสม 1 : 3 และ 0 : 4 ที่ใช้ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 มีความหนืดเพียง 1,950.00 และ 1,765.49 mPa.s หรือ 1,942.00 และ 1,675.26 mPa.s ตามลำดับ อนุภาคไขมันจึงเคลื่อนที่เข้ารวมตัวเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ได้ง่าย ส่วนอิมัลชันที่ใช้ทวิน® 60 หรือ ทวิน® 80 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน มีขนาดอนุภาคไขมันอยู่ระหว่าง 5.00-5.56 ไมโครเมตร และ 5.36-5.82 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับอนุภาคไขมันในอิมัลชันที่มีความคงตัวดี คือ 2-5 ไมโครเมตร (Sherman,1968) และมีขนาดลดลงจากอิมัลชันที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ 0.17% โดยน้ำหนักน้ำมัน 45.13% และ 37.06% ตามลำดับ แสดงว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ระดับดังกล่าวสามารถลดความตึงผิวได้มาก ทำให้พลังงานอิสระที่ผิวอนุภาคไขมันต่ำลง ลดการรวมตัวของอนุภาคไขมัน จึงทำให้อนุภาคไขมันมีขนาดเล็ก นอกจากนี้ อาจกล่าวได้ว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ สามารถสร้างฟิล์มรอบอนุภาคไขมันได้สมบูรณ์ จึงป้องกันการรวมตัวของอนุภาคไขมันระหว่างการผสม ถึงแม้ว่าอิมัลชันจะมีความหนืดต่ำลงเมื่อมีสัดส่วนของน้ำมันปลาสูงขึ้น ได้แก่ อัตราส่วนของน้ำมันผสม 3 : 1 , 1 : 1 , 1 : 3 และ 0 : 4 แต่ไม่ส่งผลต่ออนุภาคไขมัน เมื่อสามารถลดความตึงผิวลงได้มากและมีการสร้างฟิล์มรอบอนุภาคไขมันได้อย่างสมบูรณ์ อิมัลชันที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์มากกว่า 0.24 % โดยน้ำหนักน้ำมัน มีขนาดอนุภาคไขมันไม่แตกต่างกับ ตัวอย่างที่ใช้สารอิมัลซิไฟเออร์เพียง 0.24 % โดยน้ำหนักน้ำมัน แสดงว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใส่เพิ่มขึ้นเป็นส่วนที่มากเกินไป จึงไม่ไปอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคไขมันกับน้ำ และละลายอยู่ในส่วนของน้ำเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลต่อการลดความตึงผิวหรือการสร้างฟิล์มรอบอนุภาคไขมัน

การวัดค่า stability index ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นการเพิ่มพลังงานให้อนุภาคไขมันเคลื่อนที่รวมตัวกันได้มากขึ้น จนส่วนหนึ่งลอยสู่ผิวหน้า แต่ส่วนหนึ่งยังอยู่ในสภาพอิมัลชัน (Sherman, 1968; Dickinson and Stainby,1982; Tadros and Vincent,1983; Adamscon, 1990) จากการทดลองพบว่าเมื่อสามารถลดความตึงผิวได้มาก ซึ่งทำให้อิมัลชันมีอนุภาคไขมันขนาดเล็ก จึงทำให้ค่า stability index สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.6 เนื่องจากอนุภาคไขมันขนาดเล็กหรือมีความตึงผิวสัมผัสระหว่างหน้าของน้ำกับน้ำมันต่ำ ทำให้การรวมตัวกันของอนุภาคไขมันจึงเกิดขึ้นได้ยาก จึงมีการแยกชั้นของน้ำมันค่อนข้างน้อย และเมื่อเปรียบเทียบผลการใช้ทวิน® 60 กับ ทวิน® 80 ตามตารางที่ 4.6 พบว่า อิมัลชันที่ได้มีค่า stability index และอนุภาคไขมันไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) เมื่อใช้ ทวิน® 60 เพียง 0.24 % โดยน้ำหนักน้ำมัน ขณะที่ต้องใช้ทวิน® 80 ถึง 0.30 % โดยน้ำหนักน้ำมัน แต่จากข้อมูลของอนุภาคไขมัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2

และ 4.5 แสดงให้เห็นว่าการใช้ทวิน[®] 60 หรือ ทวิน[®] 80 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน มีขนาดอนุภาคไขมันใกล้เคียงกัน แสดงว่าสาร อิมัลซิไฟเออร์ ทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพในการลดความตึงผิวได้ใกล้เคียงกัน แต่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทวิน[®] 80 มีประสิทธิภาพต่ำกว่า เนื่องจากมีองค์ประกอบเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันโอเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว และมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่ากรดไขมันสเตียริกที่เป็นองค์ประกอบของทวิน[®] 60 จึงมีเสถียรภาพต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นภาวะที่ใช้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์มายองเนสทั่วไป ทวิน[®] 60 และ ทวิน[®] 80 มีประสิทธิภาพในการลดความตึงผิวได้เท่ากัน แต่ที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทวิน[®] 80 มีประสิทธิภาพต่ำกว่า นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มายองเนสยังนิยมเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น (5-10 องศาเซลเซียส) เพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ซึ่งการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทวิน[®] 80 เสี่ยงจากการเกิดผลึกภายในอนุภาคไขมัน หรือที่ผิวอนุภาคไขมันได้ เนื่องจากการใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับวิตามินภายใน จะทำให้อิมัลชันเกิดผลึกได้ง่าย (Sherman, 1968) ดังนั้นการใช้ทวิน[®] 80 ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีพันธะไม่อิ่มตัวเช่นเดียวกับน้ำมันผสมที่ใช้ อาจทำให้อิมัลชันเสี่ยงสภาพได้ง่าย ดังนั้นเมื่อพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของอิมัลชัน ซึ่งคะแนนกลิ่นลดลงเมื่อปริมาณน้ำมันปลาทูน่ามากขึ้น ($p \leq 0.05$) และที่อัตราส่วนน้ำมันผสม 1:1 ผลิตภัณฑ์มีคะแนนกลิ่นต่ำสุดคือ 5.06 ซึ่งหมายถึงมีกลิ่นคาวปานกลาง แต่อย่างไรก็ตามได้เลือกตัวอย่างนี้พร้อมทั้งทวิน[®] 60 ไปศึกษาต่อในขั้นตอนการผลิตมายองเนสไขมันต่ำ ซึ่งจะมีการลดปริมาณน้ำมันและเติมสารแต่งกลิ่น จึงคาดว่าผลิตภัณฑ์จะมีกลิ่นดีขึ้น และที่อัตราส่วนดังกล่าวนี้ผู้บริโภคจะยังคงได้รับประโยชน์จากกรดไขมัน EPA และ DHA ซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูงกว่าตัวอย่างอื่นที่มีน้ำมันปลาทูน่าน้อยกว่า น้ำมันบริโภคทั่วไปที่ผ่านขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ยังมีกรดไขมันอิสระเหลืออยู่ประมาณ 0.45% เมื่อผ่านขั้นตอนการกำจัดกลิ่นมีกรดไขมันอิสระเหลืออยู่ประมาณ 0.02-0.04% และไม่มีเปอร์ออกไซด์อยู่เลย (Weiss, 1970) อย่างไรก็ตามน้ำมันปลามีกลิ่นคาวปลา (fishy odor) จากสารไตรเมทิลลามีน (trimethylamine) และมีกลิ่นจากแอมโมเนียและเอมีน (Stansby, 1967) จึงไม่สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารในปริมาณสูงได้ การนำน้ำมันปลามาใช้ในอาหาร ควรผ่านการกำจัดกลิ่นมาแล้วอย่างดี เพื่อใช้ปริมาณมากได้ การกำจัดกลิ่นน้ำมันปลาสามารถทำได้โดยการกลั่นด้วยไอน้ำในระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิต่ำและเวลาสั้น ระบบนี้สามารถกำจัดสารที่มีจุดเดือดต่ำ และสารประกอบที่ไม่มีขั้วออกจากน้ำมัน โดยไม่เกิดพอลิเมอร์และสารประกอบที่ไม่ต้องการ อีกระบบ

หนึ่งทำได้โดยการให้น้ำมันผ่านคอลัมน์ที่มีซิลิกาเจล (silicagel column) ระบบนี้สามารถกำจัดสารที่มีจุดเดือดสูง และสารประกอบที่มีขั้วออกจากน้ำมัน โดยไม่เกิดพอลิเมอร์และสารประกอบที่ไม่ต้องการเช่นกัน มีการพัฒนาการกำจัดกลิ่นด้วยไอน้ำในระบบสุญญากาศร่วมกับการใช้คอลัมน์ที่มีซิลิกาเจล พบว่าสามารถลดสารประกอบพอลิเมอร์, สารพันธะคู่สลับเดี่ยว (conjugated dienes) และทรานส์ไอโซเมอร์ (trans isomer) และที่สำคัญคือ สามารถลดคอเลสเตอรอลให้เหลือน้อยกว่า 1 มิลลิกรัม/กรัม กำจัดสารพิษตกค้าง และโลหะหนักออกไปได้มากกว่าการกำจัดกลิ่นโดยใช้ไอน้ำเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีผลต่อระดับ EPA และ DHA น้ำมันที่ได้มีความคงตัวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง และเหมาะกับการใช้สารกันหืนจากธรรมชาติ (Chang et al., 1989)

5.3. การใส่สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์มายองเนส

5.3.1 ศึกษาการใช้มอลโทเด็กซ์ทริน หรือ ไซขาวผง-ไซเดียมเคซีเนต

การออกแบบการทดลองในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดพลังงานที่ได้จากการบริโภคน้ำมัน โดยลดปริมาณน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบลง 3 ระดับ คือ 40, 60 และ 80% โดยน้ำหนัก และทดแทนส่วนของน้ำมันที่ขาดหายไปด้วยสารทดแทนไขมัน 2 ชนิด คือ มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด หรือของผสมระหว่างไซขาวผง-ไซเดียมเคซีเนต (1:1) ใช้ ทวิน® 60 0.24% โดยน้ำหนักน้ำมัน เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์และใช้น้ำมันผสม (น้ำมันถั่วเหลือง: น้ำมันปลาทูน่า) อัตราส่วน 1:1 มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพดเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต ที่มีขนาดอนุภาคเล็กละเอียด ให้ความลื่น ความหนืด การปลดปล่อยกลิ่นรสภายในปาก และให้พลังงานที่ต่ำกว่าไขมัน (Anon, 1989) การเลือกใช้ของผสมระหว่างไซขาวผง-ไซเดียมเคซีเนต เพื่อให้เลียนแบบ ซิมเพลต® ซึ่งเป็นของผสมระหว่างไซขาวกับโปรตีนหางนม ซึ่งไซขาวผงและไซเดียมเคซีเนตเป็นโปรตีนซึ่งให้เจลที่มีความหนืดสูง นอกจากนี้ไซเดียมเคซีเนตยังและไซขาว (Sim and Nakai, 1994; Zayas, 1997) มีบทบาทเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ เมื่อนำสารทั้งสองมาผสมกันในอัตราส่วน 1:1 ได้เจลที่มีความหนืดสูงถึง 12,553.48 mPa.s (วัดด้วยเครื่องวัดความหนืดบรูคฟีลด์ ที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที)

การประเมินคุณภาพด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน การแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมัน ค่าความหนืด และค่ามอดูลัส (เป็นค่าที่ใช้ออกความทนต่อแรงกระทำที่ทำให้

ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ คำนวณได้จาก แรงที่กระทำต่อพื้นที่/ระยะทางที่ผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่ เนื่องจากแรงกระทำ ถ้ามีค่ามอดุลัสต่ำแสดงว่ามีการไหลของผลิตภัณฑ์ตามแรงกระทำมาก อนุภาคไขมันอาจรวมตัวกันง่ายขึ้น ทำให้อิมัลชันเสถียรภาพง่าย) พบว่าการแปรปริมาณน้ำมัน และมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด หรือ ใช้ชาวผง-โซเดียมเคซีเนต มีผลต่อความหนืด ค่ามอดุลัส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอนุภาคไขมัน และการแยกชั้น ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณน้ำมัน และมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด หรือ ใช้ชาวผง-โซเดียมเคซีเนตสูง มีความหนืด ค่ามอดุลัสสูง มีอนุภาคไขมันขนาดเล็ก และการแยกชั้นต่ำ ซึ่งผลจากการทดลองสามารถเลือกตัวอย่างที่มีคุณภาพทางกายภาพที่จะนำไปศึกษาชนิดสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมต่อไป ได้แก่ ตัวอย่างที่ลดน้ำมันจากปริมาณในสูตรต้นแบบ 60% โดยน้ำหนัก และใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก หรือใช้ใช้ชาวผง-โซเดียมเคซีเนต 4%โดยน้ำหนัก

อิมัลชันที่มีน้ำมันปริมาณมากมีการเรียงตัวของอนุภาคภายในหนาแน่น การเคลื่อนที่หรือการไหลของอิมัลชันจะเกิดได้น้อย อนุภาคไขมันเคลื่อนที่มารวมตัวกันได้ยากขณะผสม ดังนั้น ถ้าใช้แรงและเวลาในการผสมเพียงพออนุภาคไขมันจะมีขนาดเล็ก และไม่เกิดการแยกชั้น อิมัลชันที่มีปริมาณวัตถุภาคภายในมาก และมีความหนืดของวัตถุภาคภายใน วัตถุภาคนอก และสารอิมัลซิไฟเออร์สูง จะมีความหนืดสูง ในอิมัลชันที่ใช้สารทดแทนไขมันแทนน้ำมันการละลายสารทดแทนไขมันในน้ำจะทำให้วัตถุภาคนอกมีความหนืดสูงทำให้อิมัลชันมีความหนืดสูงแม้จะมีปริมาณวัตถุภาคภายในหรือน้ำมันต่ำ (Dickinson and Stainsby, 1982 ; Adamson, 1990) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ลดน้ำมัน 60% โดยน้ำหนัก ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 3% หรือลดน้ำมัน 80% ใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 3, 4 และ 5% โดยน้ำหนัก มีความหนืดต่ำ คือ 1,701.81 mPa.s หรือ 1,622.07, 1,779.42 และ 2,087.84 mPa.s ตามลำดับ และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ลดน้ำมัน 80% โดยน้ำหนัก ใช้ใช้ชาวผง-โซเดียมเคซีเนต 3 และ 4% โดยน้ำหนัก มีความหนืดต่ำเช่นกัน คือ 766.67 และ 1,526.67 mPa.s ตามลำดับ เนื่องจากเกิดสายโซ่พันกันระหว่างโมเลกุลของมอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด หรือใช้ชาวผง-โซเดียมเคซีเนต และการจับตัวกับน้ำเข้าใน โครงสร้างร่างแหน้อย จึงมีปริมาณน้ำภายนอก โครงสร้างร่างแหมาก ทำให้อิมัลชันมีค่าความหนืดต่ำ (Pomeranz, 1985) นอกจากนี้อิมัลชันที่ลดน้ำมัน 80% โดยน้ำหนัก และใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด มีการเพิ่มความหนืด 0.64 เท่า ส่วนอิมัลชันที่ใช้ใช้ชาวผง-โซเดียมเคซีเนต มีการเพิ่มความหนืด 2.26 เท่า เมื่อเพิ่มสารทดแทนไขมัน 1% โดยน้ำหนัก จะเห็นว่าโปรตีนมีอัตราการเพิ่มความหนืดสูงกว่า

คาร์โบไฮเดรตเนื่องจากโปรตีนมีสมบัติในการสร้างพันธะไดซัลไฟด์ภายในสายเปปไทด์ (internal disulfide bond) จะให้เจลที่มีความหนืดต่ำ และพันธะระหว่างสายเปปไทด์ (external disulfide bond) ซึ่งได้เจลที่มีความหนืดสูง (Zayas,1997) ถ้ามีความเข้มข้นของโปรตีนต่ำ สายเปปไทด์จะอยู่ห่างกันจึงมีโอกาสเกิดพันธะไดซัลไฟด์ภายในสายเปปไทด์ได้มาก จึงทำให้มีความหนืดต่ำ แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นขึ้น สายเปปไทด์จะอยู่ใกล้กันมากขึ้น มีโอกาสเกิดพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างสายสายเปปไทด์มากขึ้น จึงทำให้มีค่าความหนืดสูง จากค่าความหนืดดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าอิมัลชันที่มีความหนืดต่ำ อนุภาคไขมันรวมตัวกันได้ง่ายและเกิดการแยกชั้นตามมา ในทางกลับกันอิมัลชันที่มีความหนืดมากเกินไป อาจเกิดการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมันได้ เนื่องจากแรงที่ใช้ผสมอาจไม่เพียงพอที่จะกระจายอนุภาคไขมัน ซึ่งจากการทดลองตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต 5%โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันจากปริมาณตั้งต้น 40% โดยน้ำหนัก มีขนาดอนุภาคไขมัน และการแยกชั้นสูงสุด เนื่องจากมีความหนืดถึง 14,800 mPa.s ซึ่งอาจเกิดแรงเสียดทานสูงระหว่างการผสมจนเกิดความร้อนขึ้น แต่การใช้แรงผสมสูงเกินไปก็ทำให้เกิดการแยกของน้ำมันกับน้ำ ดังรายงานของ Burgaud , Dickinson และ Nelson (1990) ที่ศึกษาความดันของเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ ต่อขนาดของอนุภาคไขมันของอิมัลชันจากเฮน-เตตตระเดกเคน 10% และใช้โซเดียมเคซีเนต 0.25% แปรความดัน 100-400 บาร์ พบว่าการใช้ความดันสูง แม้ทำให้อิมัลชันมีอนุภาคไขมันที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำมาก แต่ก็ม้อนุภาคไขมันขนาดใหญ่ด้วยเช่นกัน เนื่องจากการใช้ความดันสูงทำให้เกิดการกระจายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กได้ดี ส่งผลให้มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรมาก ทำให้เกิดสารอิมัลซิไฟเลอร์มีไม่เพียงพอที่จะสร้างฟิล์มรอบอนุภาค จึงเกิดอนุภาคขนาดใหญ่เกิดขึ้นได้ และวิธีแก้ไขต้องใช้สารอิมัลซิไฟเลอร์มากขึ้นหรือลดความดันลง

5.3.2 ศึกษาชนิดสารทดแทนไขมันที่ดีที่สุด

มายองเนสไขมันต่ำตัวอย่างที่สรุปได้จากข้อ 4.3.1 ได้นำมาทดสอบเปรียบเทียบเพื่อเลือกชนิดของสารทดแทนไขมันที่ประสิทธิภาพดีกว่า พบว่ามอลโทเด็กซ์ทรีนจากแป้งข้าวโพด ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดอนุภาคไขมัน การแยกชั้น ความหนืด และมอดูลัสต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ไข่ขาวผง-โซเดียมเคซีเนต ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะโซเดียมเคซีเนตสร้างพันธะระหว่างสายเปปไทด์ได้และยังมีไข่ขาวผงซึ่งมีโปรตีนโอโวมิวซิน (ovomucin) มีลักษณะเป็นเส้นยาวคล้าย

เส้นใย (fiber) ที่มีหน้าที่ทำให้ไขขาวเป็นเจล (Romanoffa and Romanoffa, 1949) จึงทำให้เจลผสมระหว่างไขขาวผงกับโซเดียมเคซีเนตมีความหนืดสูง แต่การใช้โซเดียมเคซีเนตร่วมกับทวิน® 60 อาจเกิดการแข่งขันกันระหว่างทวิน® 60 กับโซเดียมเคซีเนต หรือ ทวิน® 60 กับไขขาวในการสร้างฟิล์มรอบอนุภาคไขมัน Dalglish, Srinivasan and Singh (1995) อธิบายว่ากลไกของการแข่งขันในการทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์เกิดขึ้นได้ 2 กรณี คือ สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ละลายน้ำได้ดีกว่า จะขับไล่พวกที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าออกจากผิวของอนุภาคไขมัน และสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่มีช่องว่างมากสำหรับการดูดซับที่ผิวอนุภาคไขมัน และยังสามารถขัดขวางการดูดซับที่ผิวอนุภาคไขมันของสาร ที่มีโครงสร้างโมเลกุลเล็กกว่าด้วย จากผลการวิจัยของ Dickinson และ Tanai (1992) พบว่าการใช้ สารอิมัลซิไฟเออร์สังเคราะห์ที่ละลายได้ดีในน้ำมันกับสารที่ละลายได้ดีในน้ำ ที่อุณหภูมิต่ำ (5-10 องศาเซลเซียส) มีผลในการขับไล่สารอิมัลซิไฟเออร์ประเภทโปรตีน ได้มากกว่าการใช้เฉพาะสารที่ละลายได้ดีในน้ำเพียงชนิดเดียว แต่จากการศึกษาของ Dickinson และ Hong (1995) ที่ใช้ทวิน® 20 ร่วมกับเบต้า-แลคโตโกลบูลิน ในอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำจากเอน-เตตตระเดคเคน ได้ผลซึ่งแสดงว่าการใช้ ทวิน® 20 ที่มีค่า R ตั้งแต่ 4 ขึ้นไปและใช้เบต้า-แลคโตโกลบูลิน ตั้งแต่ 12-14% ให้อิมัลชันมีความหนืดสูง แสดงว่าสามารถใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ละลายน้ำได้ดีร่วมกับสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ละลายน้ำได้ดีกว่าและมีโมเลกุลขนาดใหญ่ได้ แต่ต้องใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 2 ชนิดปริมาณมาก จากการทดลองที่ได้ทำในขั้นนี้ได้ใช้ ทวิน® 60 ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าโซเดียมเคซีเนต และไขขาว จึงอาจเกิดการขัดขวางการดูดซับที่ผิวของอนุภาคไขมันของโซเดียมเคซีเนต หรือไขขาว ทำให้การสร้างฟิล์มไม่สมบูรณ์ หรืออาจเกิดจากโซเดียมเคซีเนต หรือไขขาว ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลใหญ่กว่าขัดขวางการเข้าดูดซับที่ผิวอนุภาคไขมันของทวิน® 60 ทำให้ฟิล์มที่ได้จาก สารทั้ง 2 ชนิดไม่สมบูรณ์ อิมัลชันจึงมีขนาดอนุภาคใหญ่และเกิดการแยกชั้นง่าย จึงเลือกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้มอลโทเดกซ์ทรินจากแป้งข้าวโพดไปปรับปรุงความหนืดต่อไป

5.4 ศึกษาปริมาณของ แชนแทนกัม

การศึกษาในขั้นนี้ได้ปรับปรุงความหนืดของมายองเนสไขมันต่ำที่ใช้ มอลโทเดกซ์ทรินจากแป้งข้าวโพด 5% โดยน้ำหนัก และลดปริมาณน้ำมันจากปริมาณตั้งต้น 60% โดยน้ำหนัก ด้วย แชนแทนกัม ที่แปรปริมาณ 0.50-1.25 % โดยน้ำหนัก เพื่อให้มีความหนืดในช่วงความหนืด

ของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าปริมาณ แชนแทนกัม มีผลต่อค่าความหนืดและค่ามอดุลัส ($p \leq 0.05$) และทำให้ทุกตัวอย่างไม่แยกชั้น โดยตัวอย่างที่ใช้แชนแทนกัม 1.0% มีความหนืดและค่ามอดุลัส 6,603.25 mPa.s และ 9952.13 Pa ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงความหนืดของมายองเนสที่จำหน่ายในท้องตลาด (6,000-7,000 mPa.s) เมื่อนำแชนแทนกัมไปละลายน้ำ โมเลกุลจะมีลักษณะเป็นแท่งและเกิดการเกาะตัวกันระหว่างแกนกับส่วนที่เป็นกิ่ง สารละลายที่ได้จึงมีความหนืดสูงแต่ไม่เหนียว แต่เมื่อกวน ความหนืดจะลดลง เหตุที่เลือกใช้แชนแทนกัมเป็นสารเพิ่มความหนืดของมายองเนสไขมันต่ำ เพราะแชนแทนกัมให้ความหนืดสูง และเปลี่ยนแปลงได้ยากแม้อุณหภูมิจะสูงขึ้นหรือ pH เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนั้นยังสามารถสร้างฟิล์มโมเลกุลหลายชั้นรอบอนุภาคไขมัน จากการเกิดชั้นทวีคูณทางไฟฟ้า จึงมีผลในการป้องกันไม่ให้อนุภาคไขมันเคลื่อนที่มารวมตัวกัน (Sherman,1968) แชนแทนกัมที่มีหมู่ไพริวริคมากมีความหนืดสูง โดยทั่วไปกัมมีหมู่ไพริวริค ในโมเลกุลเฉลี่ย 4-5 % (Sandfold,1979) แชนแทนกัม 1% ป้องกันการแยกชั้นของน้ำกับ ไขมัน และช่วยลดขนาดอนุภาคภายในของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลือง เพียง 20% ได้ (Hennock,1984) แชนแทนกัมเพิ่มความหนืดให้กับอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ที่ผลิตจากน้ำมันถั่วเหลือง 40% ได้ดีกว่าโพพิวรีนไกลคอลลอัลจินต เมื่อใช้ระดับความเข้มข้น เท่ากัน พบว่าการใช้ แชนแทนกัมร่วมกับโพพิวรีนไกลคอลลอัลจินตในอัตราส่วน 1 : 1 ให้อิมัลชัน ซึ่งสามารถทนแรงเฉือนได้ดีกว่าการใช้แชนแทนกัมหรือ โพพิวรีนไกลคอลล อัลจินตเพียงชนิดเดียว (Pettitt et al.,1995) นอกจากนี้เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์มายองเนส ที่มีเกลือเป็นส่วนประกอบ ช่วยให้กัมมีความต้านทานต่อการแตกตัวสูงขึ้น (Betz,1979) แชนแทนกัมละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็นให้ความหนืดสูง แต่ไม่เหนียวจึงเหมาะสำหรับการ เติมนิมัลชันประเภทน้ำสลัด สามารถไหลออกจากขวดได้ง่ายและมีความหนืดเมื่ออยู่บนผัก หรือขนมปัง และในขณะที่เคี้ยวความหนืดจะลดลงทำให้อาหารมีกลิ่นดีขึ้น (Glickman,1982) ปัญหาที่พบในการเตรียมเจลจากแชนแทนกัม คือ การกระจายตัวในน้ำไม่ค่อยสมบูรณ์ เมื่อ แชนแทนกัมสัมผัสกับน้ำในลักษณะเป็นกลุ่ม อนุภาคขนาดเล็กที่อยู่นอกกลุ่มจะจับตัวกับ น้ำอย่างรวดเร็ว และเกิดเจลรอบๆกลุ่มอนุภาค อนุภาคที่อยู่ภายในจะถูกปิดกั้น ไม่สามารถ จับตัวกับน้ำได้อีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นก้อนยากที่จะกระจายตัวหรือละลายได้ (Klos and Glickman,1968) อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้โดยการร้อนแชนแทนกัมกับส่วนผสมอื่น ให้เข้ากันอย่างช้าๆก่อนละลายน้ำ น้ำตาลทรายและเกลือเป็นสารช่วยละลายที่ดี หรืออาจ ร้อน แชนแทนกัม อย่างช้าๆลงในน้ำพร้อมทั้งคนอย่างแรง

5.5 การปรับปรุงกลิ่นผลิตภัณฑ์มายองเนส

5.5.1 ศึกษาปริมาณอบเซย

ปรับปรุงกลิ่นมายองเนสไขมันต่ำที่สรุปได้จากข้อ 4.4. โดยขั้นแรกใช้อบเซยผง ซึ่งแปรเป็น 0.25- 0.75% โดยน้ำหนัก พบว่าปริมาณอบเซยมีผลต่อ สี กลิ่น และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยคะแนน สี และความชอบรวม มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อบเซยมาก แต่คะแนนกลิ่นเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้อบเซย ตัวอย่างที่ใช้ อบเซย 0.25% โดยน้ำหนัก มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีและความชอบรวมสูงสุด แม้ว่าจะมีคะแนนด้านกลิ่นรสต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้อบเซย 0.75% โดยน้ำหนัก แต่คะแนนกลิ่นอยู่ในเกณฑ์มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อยเช่นเดียวกัน ผลลัพธ์ที่ที่ใช้อบเซย 0.75% โดยน้ำหนัก มีสีคล้ำเกินไปทำให้มีคะแนนความชอบรวมต่ำ ผลดังกล่าวนี้ยืนยันได้จากการวัดค่าสี (ตารางที่ 4.18) ซึ่งได้ค่าความสว่างต่ำ แต่มีค่าสีแดงและเหลืองสูง การใช้อบเซยปริมาณมาก ลดกลิ่นคาวปลาได้มาก เนื่องจากอบเซยมีกลิ่นหอมฉุนของ ซินนามอลแอลดีไฮด์ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดที่เปลือกชั้นในของอบเซยและมีปริมาณมากที่สุด (Guenther, 1950; Gould, 1966) สารยูจีนอลซึ่งได้จากใบยังทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในน้ำมัน เนื่องจากโมเลกุลแตกตัวให้อนุมูลไฮโดรเจนอิสระ ที่ยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระของกรดไขมันในขั้นโพรพาเกชัน (propagation step) และอนุมูลอิสระของอบเซยไม่ว่องไวที่จะกระตุ้นให้กรดไขมันกลายเป็นอนุมูลอิสระได้ (Charalambous, 1994)

5.5.2 ศึกษาปริมาณกระชาย ขึ้นฉ่าย และพริกไทยขาว

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากข้อ 4.5.1 ยังมีคะแนนกลิ่นรสและความชอบรวมต่ำ จึงนำมาปรับปรุงกลิ่นเพิ่มเติมด้วยกระชาย 1-1.7 % โดยน้ำหนัก, ขึ้นฉ่าย 0.8-1.2% โดยน้ำหนัก และพริกไทยขาว 1-1.5 % โดยน้ำหนัก เลือกสูตรโดยใช้ mixture design โดยนำเครื่องเทศผสมกับน้ำมันปลาทูน่า คนให้เครื่องเทศผงกระจายตัวมากที่สุด (ใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที) แช่ไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะปิด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วกรองน้ำมันด้วยผ้าขาวบางที่ฆ่าเชื้อแล้ว สาเหตุที่ไม่สามารถใช้เครื่องเทศผงดังกล่าวในผลิตภัณฑ์มายองเนส เนื่องจากมีการใช้เครื่องเทศปริมาณมากเพื่อดับกลิ่นคาวปลา (4% โดยน้ำหนัก) ซึ่งเครื่องเทศเป็นผงขนาดเล็กและดูดซับน้ำได้มาก ทำให้มีปริมาณน้ำอิสระในขณะผสมอิมัลชันน้อย เมื่อผสมน้ำมันลงไปประมาณ 2 ใน 3 ส่วนของน้ำมันทั้งหมดอิมัลชันจะแยกตัว ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้เครื่องเทศผงปริมาณมากในผลิตภัณฑ์

ได้ ผลจากการทดลองพบว่าปริมาณกระชาย ขึ้น่ายและพริกไทยขาวที่ระดับต่างๆกัน มีผลต่อกลิ่นรส กลิ่นรสตกค้างและความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่มีกระชาย ขึ้น่ายและพริกไทยขาว 1.7, 1.2 และ 1.1% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ หรือ 1.7, 0.8 และ 1.5 % โดยน้ำหนักตามลำดับ มีคะแนนกลิ่น (มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย) กลิ่นรสตกค้าง (มีกลิ่นคาวปลาเล็กน้อย) และความชอบรวมรวมสูงสุด (ยอมรับได้) Morris (1979) และ Viveswariah (1966) รายงานว่ากระชายให้กลิ่นหอมจากแคมเฟิน (camphene) เจอรานิออล (geraniol) ซินีเอซล (cinzol) นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบเป็นสารฟีนอลิก ได้แก่ บีเซนเบอร์กิน เอ (boesenbergin A), ฟินโนสโตรบิน (pinostrobin), อัลไปเนติน (alpinetin), และคาลโคน(chalcone) ทำหน้าที่เป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชันในน้ำมัน (Mongkolsuk, 1964 ; Tuntiwachwuttikul ., 1980; Charalambous, 1994) จึงนิยมใช้กระชายปรุงอาหารเพื่อให้กลิ่นหอมและใช้ดับคาวปลา ขึ้น่ายที่ใช้ให้กลิ่นหอมจากดี-ลิโมน (d-limonene) ซึ่งเป็นกลิ่นที่นิยมใช้ในน้ำสลัด ซุป ซอส น้ำมะเขือเทศและผักดอง พริกไทยขาวมีกลิ่นที่รุนแรงของไปเปอริน , คาวิติน และไปเปอริติน และมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นสารฟีนอลิกที่มีไนโตรเจน (phenolic amide) ซึ่งมีสมบัติเป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน จึงช่วยดับกลิ่นคาวปลาและป้องกันการเกิดกลิ่นหืนได้ดี (Charalambous, 1994) จากผลการทดลองตัวอย่างที่ใช้กระชายกระชาย 1.7% มีคะแนนกลิ่น กลิ่นรสตกค้าง และความชอบรวมรวมสูงสุด ตัวอย่างที่มีกระชายน้อยลง มีคะแนนดังกล่าวต่ำ แม้ว่าจะมีขึ้น่ายหรือพริกไทยขาวมากขึ้น อาจสรุปได้ว่ากระชายเป็นสารแต่งกลิ่นที่สำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านราคา พบว่าตัวอย่างที่ใช้กระชาย, ขึ้น่าย และพริกไทยขาว 1.7, 0.8 และ 1.5% ตามลำดับ มีราคาต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้กระชาย, ขึ้น่าย และพริกไทยขาว 1.7, 1.2 และ 1.1% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่างแรกไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

5.6 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำ พบว่ามายองเนสไขมันต่ำที่ผลิตได้มีไขมัน 24.30 % ซึ่งลดลงจากสูตรต้นแบบ 61.33% โดยน้ำหนัก มีสัดส่วนของน้ำสูงถึง 45.46% และมีกรดไขมันโอเมกา-3 คือ EPA และ DHA 0.1% และ 13.7% ของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด ตามลำดับ มีอัตราส่วนกรดไขมันโอเมกา-3 :กรดไขมันโอเมกา-6: กรดไขมันอิ่มตัว เป็น 18.4: 29.5: 26.9 มายองเนสไขมันต่ำที่ผลิตได้มีไขมันลดลง

จากสูตรต้นแบบมากกว่า 50% ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์มายองเนสไขมันต่ำที่จำหน่ายในแต่ละประเทศ (Lavers, 1991) การผลิตอิมัลชันที่มีสัดส่วนของวัฏภาคภายนอกสูง และมีสัดส่วนของวัฏภาคภายในต่ำ อิมัลชันที่ได้จะมีเสถียรภาพต่ำ ต้องมีการเพิ่มความหนืดวัฏภาคภายนอกเพื่อให้อิมัลชันมีความหนืดสูงขึ้นและต้องมีปริมาณสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มากพอที่จะสร้างฟิล์มรอบอนุภาคไขมันได้สมบูรณ์

5.7 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มายองเนสที่มีคุณภาพทางกายภาพดี มักมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และจุลินทรีย์ (Weiss, 1979) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Fennema, 1979) การที่น้ำมันปลาและน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง และใช้เครื่องเทศผงแต่งกลิ่นซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทำให้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้อง (32-36 องศาเซลเซียส) และ 10 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ เนื่องจากต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่เกิดขึ้นจากภาวะเก็บเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด คืออุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 10 องศาเซลเซียส) ซึ่งใช้วางจำหน่ายมายองเนสในซูเปอร์มาร์เก็ต เมื่อวิเคราะห์คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และจำนวนจุลินทรีย์ พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาเก็บมีผลต่อคะแนนกลิ่น กลิ่นรสตกค้าง และความชอบรวม ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 32-36 องศาเซลเซียส มีคะแนนทั้ง 3 ลักษณะต่ำ เมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่ 10 องศาเซลเซียส และ 32-36 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บไว้ไม่เกิน 6 และ 4 สัปดาห์ เนื่องจากเริ่มมีกลิ่น และกลิ่นรสตกค้าง ลดต่ำลงเนื่องจากการเก็บผลิตภัณฑ์อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานอาจทำให้ระดับของสารไตรเมทิลามีนที่เกิดจากโคลีน (choline) ในฟอสโฟไลปิดสูงขึ้นได้ เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดไตรเมทิลามีนกับปฏิกิริยาออกซิเดชันยังไม่สามารถอธิบายกลไกได้ชัดเจน (Davies and Gill, 1936 cite in Stansby, 1967) จึงเป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาสั้น เมื่อเปรียบเทียบคะแนนกลิ่นกับค่า TBA ของผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ 10 องศาเซลเซียส มีคะแนนกลิ่นต่ำ คือ 5.60 (กลิ่นควาปานกลาง-เล็กน้อย) และ ค่า TBA สูง คือ 0.23 เมื่อเก็บนาน 10 สัปดาห์ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ 32-36 องศาเซลเซียส

มีคะแนนกลิ่นต่ำ คือ 4.95 (กลิ่นคาวปานกลาง) และ ค่า TBA สูง คือ 0.16 เมื่อเก็บนาน 6 สัปดาห์ ซึ่ง ค่า TBA และคะแนนกลิ่นมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.85

ผลิตภัณฑ์มายองเนสที่ 32-36 องศาเซลเซียส มีความหนืดต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด และตัวอย่างที่ 10 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส การเคลื่อนที่ของวฏภาคภายในและวฏภาคภายนอกเกิดขึ้นได้น้อยกว่าที่ 32-36 องศาเซลเซียส และเมื่อมีการเคลื่อนที่ของอนุภาคไขมันได้มาก จึงมีโอกาสรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ความหนืดจึงลดลง (Paul, 1966)

จุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างที่เก็บมีจำนวนไม่เกินจากมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 1402-2540) ซึ่งกำหนดว่า ต้องไม่เกิน 1,000 CFU/กรัม แต่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่ 32-36 องศาเซลเซียส นาน 2 เดือน มียีสต์และรา 12.50 CFU/กรัม ซึ่งมากกว่ามาตรฐานของ มอก. ซึ่งกำหนดว่า ต้องไม่เกิน 10 CFU/กรัม การปนเปื้อนของ จุลินทรีย์อาจมาจากส่วนประกอบ ได้แก่ น้ำตาลทราย เครื่องเทศ มัสตาร์ด รวมทั้งอุปกรณ์ และภาชนะที่ใช้ในขั้นตอนผลิต ซึ่งในการทดลองนี้ ได้ฆ่าเชื้อขวดแก้วที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์ ที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แต่ภาชนะและอุปกรณ์ไม่ได้ทำการฆ่าเชื้อ (แต่ก็ทำความสะอาดเป็นอย่างดี) การปนเปื้อนของจุลินทรีย์จึงอาจมีสาเหตุมาจากส่วนประกอบ ภาชนะและอุปกรณ์ วิธีการแก้ไขปัญหานี้ทำได้โดยการใช้ความร้อนแห้งทำลายเชื้อยีสต์ และราที่ปนเปื้อนมากับส่วนผสม โดยเฉพาะ น้ำตาลทราย เครื่องเทศ และมัสตาร์ด ก่อนการใช้ และเก็บส่วนประกอบเหล่านี้ในภาชนะสะอาด และป้องกันความชื้น