

โครงการวิจัยที่ 4

หัวหน้าโครงการ: จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร

โครงการวิจัยที่ 4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแชลมอน
จากอุตสาหกรรมปลาแช่แข็ง

หัวหน้าโครงการ: ปัทมา ระตะนนะอาพร

ผู้ร่วมงานวิจัย: จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแชลมอน

จากอุตสาหกรรมปลาแชแข็ง

ปัทมา ระตะนะอาพร และ จิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร

คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนนี้โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือ ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ได้แก่ เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิ และเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง สูตรซอสเทอริยากิประกอบด้วย ชิงสับ ผิวมะนาว ตะไคร้ ซอสเทอริยากิ ซอสถั่วเหลือง (KIKOMAN) น้ำตาลทรายแดง และ น้ำ ในสัดส่วนร้อยละ 15.96, 1.60, 7.98, 18.55, 15.96, 23.98 และ 15.96 ตามลำดับ ส่วนซอสน้ำแดงประกอบด้วย น้ำมันหอย แป้งข้าวโพด ซอสมะเขือเทศ ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม เกลือ น้ำตาลทราย พริกไทย และน้ำ ในสัดส่วนร้อยละ 9.6, 4, 5.2, 3, 1.1, 3.4, 0.5 และ 73.2 ตามลำดับ กระบวนการผลิตส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างบรรจุซอสที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ การนำท้องปลาแชลมอนมาล้าง หั่นเป็นชิ้น แช่น้ำเกลือร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 นาที ภายใต้อุณหภูมิ 165 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ซับน้ำมัน บรรจุกระป๋องน้ำหนักเนื้อ 75 กรัม เติมส่วนผสมของน้ำซอส (ซอสเทอริยากิ หรือ ซอสน้ำแดง) ให้มีน้ำหนักรวม 175 กรัม นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100°ซ 5 นาที ปิดฉนวนฝากระป๋อง นำไปฆ่าเชื้อที่สภาวะที่กำหนด ผลการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่ 2 ระดับอุณหภูมิ พบว่า ปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116°ซ นาน 48 นาที และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 20 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 8.325 และ 9.553 ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง เมื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116°ซ นาน 92 นาที และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ นาน 52 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 14.484 และ 15.284 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิพบว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคและได้รับการยอมรับคุณภาพการบริโภคไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและมีความปลอดภัยตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 4 เดือน

คำสำคัญ: ปลาแชลมอน อาหารบรรจุกระป๋อง

Development of canned product from salmon belly obtained from frozen fish industry

Pattama Ratanaarporn and Jiraporn Runglerdkriangkrai
Faculty of Fisheries, Kasetsart University

Abstract

This research is to utilize the salmon belly from industrial waste as value-added processed canned products. The canned products developed in this research are salmon belly in teriyaki sauce and salmon belly in red sauce. The teriyaki sauce composed of chopped ginger, lime peel, lemon grass, teriyaki sauce, soy sauce (KIKOMAN), brown sugar and water as 15.96, 1.60, 7.98, 18.55, 15.96, 23.98, 15.96% respectively, while red sauce comprised oyster sauce, corn flour, tomato sauce, mushroom flavored soy sauce, salt, sugar, pepper and water as 9.6, 4, 5.2, 3, 1.1, 3.4, 0.5 and 73.2% respectively. The canning process included washing and dressing raw salmon belly, soaking in cold 1% brine for 5 min, grilling at 165°C for 10 min, removing surface excess oil, weighing 75 gram into the can, adding prepared sauce to give total weight of 175 gram, steaming at 90-100°C for 5 min, can seaming and sterilizing at specified conditions. Sterility evaluation at 2 levels of temperatures with appropriate times showed that sterilizing canned salmon belly in teriyaki sauce at 116°C for 48 min and 121°C for 20 min gave F_0 of 8.325 and 9.553 respectively while salmon belly in red sauce at 116°C for 92 min and 121°C for 52 min gave F_0 of 14.484 and 15.284 respectively. The products are safe for consumption and no significant differences ($p>0.05$) in sensory quality between products sterilized by both conditions. Quality determination indicated the safe and sensory accepted along 4-month storage time thus indicating the shelf life of at least 4 months.

Keywords: salmon, canned food

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล เป็นการถนอมอาหารที่ทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิปกติได้เป็นเวลานาน (shelf stable) สามารถเก็บรักษา ขนส่ง รวมทั้งบริโภคได้สะดวก ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจำหน่ายในท้องตลาดอย่างหลากหลาย มีความปลอดภัยและคุณภาพเป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภคมาช้านาน เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนเป็นเศษเหลือที่ได้จากการตัดแต่งชิ้นปลาเพื่อจำหน่ายในรูปปลาแล่ชิ้น (fillet) ปัจจุบันยังไม่มี การนำเนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเชิงพาณิชย์อย่างจริงจัง แต่มักจะจำหน่ายในประเทศในรูปของวัตถุดิบราคาถูกเพื่อใช้ในร้านอาหาร เช่น ร้านอาหารปิ้งย่างเนื้อสัตว์ เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนนี้โดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง เนื่องจากพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในเชิงการผลิตและการยอมรับของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแชลมอนจึงน่าจะเป็นช่องทางหนึ่งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่า และเพิ่มความหลากหลายในผลิตภัณฑ์ได้

หลักการแปรรูปปลาบรรจุกระป๋อง ได้แก่ การนำปลาซึ่งจัดเป็นชนิดอาหารที่มีกรดต่ำ (low acid food) ที่ผ่านการเตรียมอย่างเหมาะสมแล้วมาบรรจุลงกระป๋อง มักบรรจุน้ำซอส หรือน้ำมัน ร่วมด้วย ผ่านการไล่อากาศ และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่จัดในประเภทอาหารที่มีกรดต่ำบรรจุกระป๋อง (low acid canned food) ต้องใช้อุณหภูมิในช่วง 115-121 °C ภายใต้ความดันเกจ 10-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่า Lethality (F_0) ที่เพียงพอในการทำลายเชื้อ *Clostridium botulinum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษที่ทำให้ถึงตายได้ในสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญ ในสภาวะดังกล่าวนอกจากจะมีผลทำลายจุลินทรีย์ ยังส่งผลให้เนื้อและกระดูกของผลิตภัณฑ์อ่อนนุ่ม เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยทั่วไป

แม้ว่าเนื้อส่วนท้องของปลา เป็นส่วนที่มีไขมันสูงกว่าส่วนอื่น (Connell, 1990) ก็ตาม แต่ก็ทำให้เนื้อส่วนนี้มีลักษณะนุ่มและมัน เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม ซึ่งอาจนิยมบริโภคเนื้อส่วนนี้มากยิ่งขึ้นไปกว่าเนื้อปลาแล่ก็เป็นได้ นอกจากนี้ภาพลักษณ์ของปลาแชลมอนเมื่อเทียบกับปลาชนิดอื่นในประเทศแล้ว นับว่ามีราคาค่อนข้างสูง ผู้บริโภคปลาชนิดนี้ในประเทศไทยจึงเป็นผู้บริโภคในกลุ่มตลาดบน ซึ่งมีกำลังซื้อค่อนข้างสูง ประกอบกับเป็นที่ทราบกันดีว่า เนื้อปลาจะมีโปรตีนที่ย่อยง่าย เป็นอาหารสุขภาพที่เหมาะสมกับผู้บริโภคทุกวัยรวมถึงผู้สูงอายุแล้ว จากการวิจัยพบว่าน้ำมันจากปลาแชลมอนมีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า 3 ได้แก่ กรดไขมัน eicosapentaenoic acid (EPA) และ decosahexaenoic acid (DHA) ที่มี

ประโยชน์ต่อร่างกายสูง (Laiset *et al.*, 2002) อีกทั้งยังประกอบด้วยรงควัตถุประเภท astaxanthin ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง (Miki, 1999; Anderson, 2001) จัดว่าเนื้อและไขมันของปลาแซลมอนเป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ประกอบกับประเทศไทยได้รับการยอมรับในฐานะผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปลากระป๋องในระดับโลก โดยเป็นหนึ่งในผู้ส่งออกปลาทูน่ากระป๋องรายใหญ่ของโลก จึงมีองค์ความรู้ในด้านเทคโนโลยีการผลิตปลากระป๋องที่ก้าวหน้า และฐานการผลิตทั้งปลาแช่แข็งที่เป็นแหล่งของเศษเหลือส่วนท้องถิ่น และโรงงานแปรรูปสินค้าปลากระป๋องก็จัดอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน ในแถบ อำเภอมหาชัย จังหวัดสมุทรสาคร ผลการวิจัยนี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มช่องทางในการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปลาแซลมอนแล้ว ยังจะเป็นช่องทางหนึ่งในการขยายตลาดทั้งในประเทศและเพื่อการส่งออกในอนาคตอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อแปรรูปเนื้อส่วนท้องของปลาแซลมอนให้เป็นผลิตภัณฑ์กระป๋องในรูปแบบต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฆ่าเชื้อ
3. เพื่อศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยในการบริโภค

การทบทวนวรรณกรรม

1. ปลาแซลมอน

1.1 ความสำคัญของปลาแซลมอน

ปลาแซลมอนจัดอยู่ในกลุ่มปลากระดูกแข็ง(Osteichthyes) Order Salmoniformes Family Salmonidae Subfamily Salmoninae (salmon and trout) มีคุณลักษณะเด่นคือ มีสีส้มหรือสีส้มอมชมพู (ประเสริฐ, 2527) สกุลที่สำคัญในทางการค้ามี 2 สกุล คือ *Salmo* และ *Oncorhynchus* (Nelson, 1994) สกุล *Salmo* มี 6 ชนิด ชนิด *Salmo solar* หรือเรียกว่า Atlantic salmon เป็นชนิดที่มีความสำคัญทางการค้ามากที่สุด สำหรับสกุล *Oncorhynchus* หรือเรียกว่า Pacific salmon มีอยู่ 5 ชนิด ที่มีความสำคัญทางการค้า ประกอบด้วย *Oncorhynchus gorbuscha* (Pink salmon), *O. tshawytscha* (Chinook salmon), *O. nerka* (Sockeye salmon), *O. keta* (Chum salmon) และ *O. kistch* (Coho salmon)

ปลาแซลมอนแอตแลนติก (Atlantic salmon) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Salmo Salar* (ภาพที่ 4.1.1) ลักษณะทางกายภาพของปลาแซลมอนแอตแลนติก คือ สีของปลา Atlantic salmon ขึ้นอยู่กับอายุ โดยด้านข้างของลำตัวและส่วนท้องมีสีเงิน ส่วนหลังมีสีน้ำตาลหรือเขียว ลำตัวมีสีเงินวาว มีจุดสีดำที่บริเวณด้านบนของลำตัวเหนือเส้นข้างลำตัว เป็นปลาที่อยู่ทางตอนเหนือของมหาสมุทรแอตแลนติก



ภาพที่ 4.1.1 ปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*)

ที่มา: Linnaeus (1758)

ปลาแซลมอนสดทั้งตัวสามารถนำไปแช่เยือกแข็งแล้วขายในรูปของปลาแซลมอนทั้งตัวแช่แข็ง หรือปลาแซลมอนควักไส้แช่แข็งได้ นอกจากนี้ยังมีปลาแล่และรมควันด้วย (FAO, 2010)

1.2 คุณค่าทางโภชนาการ

เมื่อจำแนกประเภทสัตว์น้ำตามปริมาณไขมันและโปรตีน ปลาแซลมอนจัดเป็นปลาที่มีปริมาณไขมันปานกลาง (ร้อยละ 5-15) และโปรตีนสูง (ร้อยละ 15-20) (Sikorski, 1990) ปลาแซลมอนแต่ละชนิดมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่แตกต่างกัน โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อคุณภาพของปลา ปลาแซลมอนมีปริมาณโปรตีนลดลงหลังวางไข่ เนื่องจากใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานในการว่ายน้ำเพื่อไปวางไข่ ทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพเนื้อปลาทั้งทางด้านโภชนาการ คุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่าง ๆ และทางประสาทสัมผัสรวมถึงคุณภาพต่างๆของผลิตภัณฑ์หลังการแปรรูป

ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของสัตว์น้ำ โดยเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นหลายชนิด โดยเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ระดับไขมันในปลาแซลมอนจะมีความสัมพันธ์กับช่วงฤดูวางไข่ โดยในช่วงก่อนการวางไข่ปลาแซลมอนจะมีการสะสมปริมาณไขมันสูงเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในการเคลื่อนที่ไปวางไข่ ดังนั้นหลังจากปลาแซลมอนวางไข่แล้วจะมีปริมาณไขมันเหลืออยู่ร้อยละ 3-5 (Pigott, 1990) นอกจากนี้ปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อปลาแซลมอนยังมีผลมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ความเครียด ระยะเวลาเจริญเติบโต และการกินอาหารของปลาแซลมอน เป็นต้น ไขมันปลา แซลมอนประกอบด้วย กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) Laiset *et al.* (2002) รายงานว่าในน้ำมันตับปลาจากปลาแซลมอนมีปริมาณ EPA และ DHA 9.3 และ 11.3 กรัม/100 กรัมของน้ำมัน ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับน้ำมันตับปลาจากปลาคอด ซึ่งมี EPA และ DHA ปริมาณ 9.2 และ 12 กรัม/100 กรัมของน้ำมัน ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อของปลาแซลมอนยังเป็นดัชนีที่บ่งบอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการแปรรูป เช่น ผลิตภัณฑ์ปลาแซลมอนรมควัน (smoked salmon) โดยเฉพาะคุณลักษณะเนื้อสัมผัส จากการศึกษาของ Rora and Einen (2003) พบว่าการลดลงของปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อปลาแซลมอน มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของปลาแซลมอนหลังการรมควัน โดยทำให้เนื้อสัมผัสมีความแข็งมากขึ้นและมีความฉ่ำลดลง นอกจากนี้การลดลงของปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อยังทำให้ปริมาณผลผลิตหลังการแปรรูปลดลง

2. การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาหาร

การใช้ความร้อนเป็นวิธีที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งในกระบวนการแปรรูปอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ในการถนอมรักษาอาหารแล้ว ยังมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยับยั้งการเน่าเสียของอาหาร การสร้างสารพิษจากจุลินทรีย์ในอาหาร และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในอาหาร

ระดับความร้อนที่ใช้ในการแปรรูปหรือถนอมรักษาอาหารมีผลต่อระดับของความสามารถในการถนอมรักษาอาหารนั้น ๆ เช่นการใช้ความร้อนในระดับต่ำจะสามารถถนอมรักษาอาหารให้สุกพอที่จะใช้รับประทานได้เท่านั้น อายุการเก็บรักษาจะสั้น ถ้าต้องการเก็บรักษาอาหารให้นาน จำเป็นต้องเพิ่มระดับความร้อนหรือปริมาณความร้อนให้เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อยู่ในอาหาร การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้นจะสามารถทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ได้ดีกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาสั้น อย่างไรก็ตามการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในช่วงเวลาสั้น ๆ ก็สามารถยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้เท่ากับการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าแต่เวลานานกว่า โดยยังคงรักษากลิ่นรสและคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นั้นไว้ได้

การใช้ความร้อนกับอาหารมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีจุดมุ่งหมายจำเพาะเจาะจง ระดับความมากน้อยของความร้อนจึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ กระบวนการที่ไม่รุนแรง เช่น การลวก การพาสเจอร์ไรซ์ ทำให้คุณภาพการบริโภคเปลี่ยนไปไม่มากนัก สามารถนำกระบวนการเหล่านี้ไปใช้ร่วมกับกระบวนการอื่น ๆ ได้ เช่น การแช่เยือกแข็ง การแช่เย็น และการบรรจุ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น ส่วนวัตถุประสงค์หลักของการให้ความร้อนที่ค่อนข้างรุนแรง เช่น การอบ การย่าง และการทอด คือเน้นการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเรื่องคุณภาพการบริโภคมากกว่า การถนอมรักษา บางครั้งอาจเรียกการอบ การนึ่ง การย่าง การต้ม และการทอดว่าเป็นการปรุงอาหาร (cooking) โดยทั่วไป การอบ การย่างและการนึ่งเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 °ซ การต้มเป็นการใส่อาหารลงในน้ำเดือด การทอดเป็นการใช้น้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 °ซ มาก หากต้องการยืดอายุของผลิตภัณฑ์ด้วยการให้ความร้อนเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องใช้กรรมวิธีที่ค่อนข้างรุนแรงขึ้นไปอีก เช่น การสเตอริไลซ์ (วีโล, 2552)

2.1 การย่าง

การย่างเป็นการใช้ลมร้อนหรืออากาศร้อนเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัสของอาหารโดยเพิ่มกลิ่น รส และลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร รวมทั้งทำลายจุลินทรีย์และลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่ผิวอาหาร ความร้อนจะถ่ายเทไปยังอาหารโดยการพาความร้อนจากอากาศที่หมุนเวียนและการนำความร้อนจากตะแกรงที่วางอาหารความชื้นที่ผิวหน้าอาหารจะระเหยไปโดยลมร้อนที่มีความชื้นต่ำ ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ ความชื้นจะเคลื่อนที่จากจุดศูนย์กลางอาหารออกมายังที่ผิวของอาหารไม่ทันผิวอาหารจึงแห้ง ปริมาณความชื้นที่สูญเสียขึ้นกับคุณสมบัติของอาหารและอัตราการให้ความร้อน (วีโล, 2545)

การเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์จากการย่าง มีดังนี้

การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ

เมื่อน้ำเนื้อได้รับความร้อน ไขมันในเนื้อที่ละลายและกระจายอยู่ทั่วไปในอาหารจะไหลออกมาบางส่วนเรียกว่าน้ำไหลซึม (drip) คอลลาเจนจะละลายได้ผิวหนังและกลายเป็นเจลาติน โปรตีนเกิดการเสียสภาพสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและเกิดการหดตัว ดังนั้นไขมันส่วนเกินและน้ำจึงถูกกำจัดออกไป ทำให้อาหารหดตัวและแข็งขึ้น การให้ความร้อนอย่างรวดเร็วจะทำให้เปลือกอาหารแข็งซึ่งจะป้องกันการสูญเสียความชื้นและไขมันพร้อมทั้งป้องกันการเสื่อมสลายของสารอาหารและองค์ประกอบด้านกลีโคไลซิส (วิล, 2545)

การเปลี่ยนแปลงสี กลิ่นและรสชาติ

ผิวหนังที่ได้รับความร้อนสูง จะเกิดปฏิกิริยามอลาร์ดระหว่างน้ำตาลและกรดอะมิโน ทำให้เกิดสีน้ำตาล รวมทั้งกลิ่นและรสชาติ Mauron (1982) และ Danehy (1986) ศึกษากลิ่นต่าง ๆ ที่เกิดจากการรวมตัวกันของกรดอะมิโนอิสระและน้ำตาลที่อยู่ในอาหารบางชนิด กรดอะมิโนแต่ละชนิดจะผลิตกลิ่นเฉพาะตัวเมื่อได้รับความร้อนร่วมกับน้ำตาลและเปลี่ยนไปเป็นแอลดีไฮด์เฉพาะอย่างขึ้น เช่น กรดอะมิโนในโปรตีนจะให้กลิ่นมันฝรั่ง เห็ด หรือไข่ไหม้ เมื่อได้รับความร้อนกับน้ำตาลต่างชนิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ การให้ความร้อนต่อไปจะทำให้สารหอมระเหยที่เกิดจากกลไกดังกล่าวเสื่อมสภาพและกลายเป็นสารที่ให้กลิ่นไหม้แทน ชนิดของกลิ่นจะขึ้นอยู่กับการรวมตัวกันของไขมัน กรดอะมิโน และน้ำตาลเฉพาะอย่างในชั้นผิวของอาหาร อุณหภูมิและความชื้นของอาหารตลอดระยะเวลาการให้ความร้อน

2.2 การสเตอร์ไลเซชัน

เป็นกระบวนการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงและเวลานานเพียงพอที่จะทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและทำลายจุลินทรีย์หรือสปอร์ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเน่าเสียซึ่งสามารถเจริญในอาหารได้ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาตามปกติ การใช้ความร้อนที่รุนแรงระหว่างการสเตอร์ไลเซชันอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท (hermetical seal) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพทางโภชนาการและประสาทสัมผัสของอาหาร จึงจำเป็นที่ต้องมีหลักเกณฑ์ในการเลือกอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในระดับนี้เรียกว่า การฆ่าเชื้อทางการค้า (commercial sterilization) ซึ่งเพียงพอที่จะทำลายเชื้อและสปอร์ของ *Clostridium botulinum* จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคทุกชนิด จุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ จุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ซึ่งทนความร้อนรวมถึงจุลินทรีย์ซึ่งก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารภายใต้สภาพดำเนินการและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (USFDA, 1997)

ในทางวิทยาศาสตร์การอาหารสามารถแบ่งอาหารกระป๋องตามลักษณะค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารที่บรรจุอยู่ภายในภาชนะออกเป็น 2 กลุ่ม (Kautter *et al.*, 1992) คือ

อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid foods) หมายถึง อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.6 ขึ้นไป และจะมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมากกว่า 0.85

อาหารที่มีความเป็นกรด (acid foods) หมายถึง อาหารที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.6 หรือน้อยกว่าซึ่งส่วนใหญ่จะได้แก่ อาหารหมักดอง ผลไม้และน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ

การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ-เวลาแตกต่างกันนั้นขึ้นกับความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เนื่องจากแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ไม่สามารถเจริญได้ที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 3.7 การให้ความร้อนแก่อาหารที่เป็นกรดสูงจึงเป็นเพียงทำลายจุลินทรีย์ที่เจริญได้ และก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ยีสต์และรา ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.6 จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณความร้อนที่สามารถทำลายแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ และก่อให้เกิดอันตรายเมื่อบริโภคด้วย (Sikorski, 1990)

3. การถ่ายเทความร้อนของอาหาร

การถ่ายเทความร้อนของอาหารแต่ละชนิดจะไม่เท่ากันโดยอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็งจะมีการส่งผ่านความร้อนแบบการนำ (conduction) ความร้อนจะถูกถ่ายโอนในทุกทิศทางผ่านผนังกระป๋องแล้วผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ที่อยู่ติดกันจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง ส่วนการพาความร้อน (convection) เกิดจากการเคลื่อนที่ของของเหลวที่อยู่ในอาหาร กระป๋องซึ่งเกิดเร็วกว่าในอาหารแข็ง ปกติแล้วอุณหภูมิของอาหารที่ได้รับความร้อนโดยการพาความร้อนจะมีความหนาแน่นต่ำลง จึงทำให้ลอยตัวสูงขึ้นก่อให้เกิดสภาพความหมุนเวียนของอนุภาคที่ได้รับความร้อน ดังนั้นการกำหนดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อต้องนานเพียงพอที่จะฆ่าเชื้อที่จุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุดของอาหาร

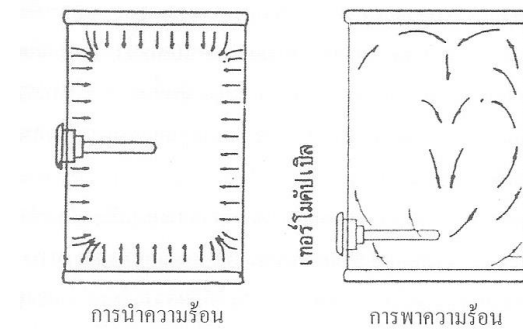
Holdsworth (1997) กล่าวว่า ปัจจัยที่สำคัญของการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในอาหารยังจุดที่ร้อนช้าที่สุด (slowest heating point และ cold point, CT) ของอาหารกระป๋อง ได้แก่

1. ส่วนประกอบของอาหารที่มีน้ำมันหรือน้ำตาลเป็นองค์ประกอบจะส่งผ่านความร้อนช้ากว่าอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ
2. ความสม่ำเสมอของส่วนประกอบของอาหารในกระป๋อง ขึ้นอาหารขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการฆ่าเชื้อมานานกว่าชิ้นเล็ก
3. ขนาดและรูปร่างภาชนะบรรจุ กระป๋องขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้เวลานานต่อการที่จะให้ความร้อนส่งผ่านเข้าสู่จุดกึ่งกลางของกระป๋อง
4. สารที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ อัตราการส่งผ่านของความร้อนผ่านกระป๋องโลหะจะเร็วกว่าภาชนะบรรจุที่ทำจากแก้วหรือพลาสติก
5. อุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอาหารและตัวกลางให้ความร้อนที่สูงกว่าจะให้การส่งผ่านความร้อนที่เร็วกว่า

6. การหมุนกระป๋องในระหว่างการให้ความร้อน จะทำให้ความร้อนส่งผ่านเข้าสู่อาหารได้เร็วถ้าอาหารเป็นของเหลว แต่ในอาหารบางชนิดอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่ไม่เป็นที่ต้องการได้

3.1 การถ่ายเทความร้อนแบบการนำ

ความร้อนจะถูกถ่ายเทในทุกทิศทางผ่านผนังกระป๋อง แล้วผ่านโมเลกุลของอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ จุดที่ร้อนซ้ำที่สุดจะอยู่ที่จุดกึ่งกลางกระป๋อง ดังภาพที่ 2 การถ่ายเทความร้อนแบบนี้จะร้อนช้ากว่าการพาความร้อน



ภาพที่ 4.1.2 การวัดจุดที่ร้อนซ้ำที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและเหลว
ที่มา: วิไล (2552)

3.2 การถ่ายเทความร้อนแบบการพา

ความร้อนจะถูกถ่ายเทโดยโมเลกุลของอาหารจะเคลื่อนที่ไปด้วย เช่น อาหารเหลวที่มีความหนืดต่ำหรือผลิตภัณฑ์ที่มีชิ้นอาหารขนาดเล็กในน้ำเกลือ เมื่อได้รับความร้อนส่วนที่เป็นของเหลวจะได้รับความร้อนก่อนและเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนเนื่องจากความหนาแน่นน้อยลง ในขณะที่อุณหภูมิต่ำกว่าและความหนาแน่นมากกว่าจะเคลื่อนที่ลงล่าง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอาหารภายในกระป๋อง จุดร้อนซ้ำที่สุดอยู่ที่ประมาณ 3/4 นิ้ว จากด้านล่างสำหรับกระป๋องขนาดเล็ก ถ้าเป็นกระป๋องขนาดใหญ่ เช่น กระป๋องเบอร์ 10 จุดที่ร้อนซ้ำที่สุดจะอยู่ที่ประมาณหนึ่งนิ้วครึ่งจากด้านล่างของกระป๋อง ดังภาพที่ 4.1.2 (วิไล, 2552)

4. การต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์

ความร้อนจะทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ จึงทำลายเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารและเอนไซม์ที่ควบคุมเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ต่าง ๆ เมื่ออาหารได้รับความร้อนสูงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหาร อัตราการตายของจำนวนจุลินทรีย์ (ร้อยละ) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ จะเท่ากัน และจะเท่ากับร้อยละของอัตราการตายของจำนวนจุลินทรีย์ที่มีเมื่อเริ่มต้น เรียกว่า อัตราการตายแบบเลขลือก (logarithmic order of death) อธิบายโดยกราฟอัตราการตาย (death rate curve) กับเวลาที่ใช้ทำลายจุลินทรีย์ให้ลดลงร้อยละ 90 เช่น ณ ที่

อุณหภูมิหนึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นในอาหารถูกทำลายด้วยความร้อนไปร้อยละ 90 ในเวลา 1 นาที ดังนั้นในเวลาอีก 1 นาทีถัดไป จุลินทรีย์จะถูกทำลายไปอีกร้อยละ 90 ของจำนวนที่เหลืออยู่ และจะเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ เรียกเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ลงร้อยละ 90 ว่า decimal reduction time หรือ D-value ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมี D-value แตกต่างกัน หาก D-value สูง แสดงว่าจุลินทรีย์นั้นทนความร้อนได้ดี จึงต้องใช้เวลาในการทำลายนาน นอกจากนี้การทำลายจุลินทรีย์ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญ โดยเซลล์ของจุลินทรีย์จะตายได้เร็วขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ในการทำลายจุลินทรีย์จึงมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง 2 ประการ คือ

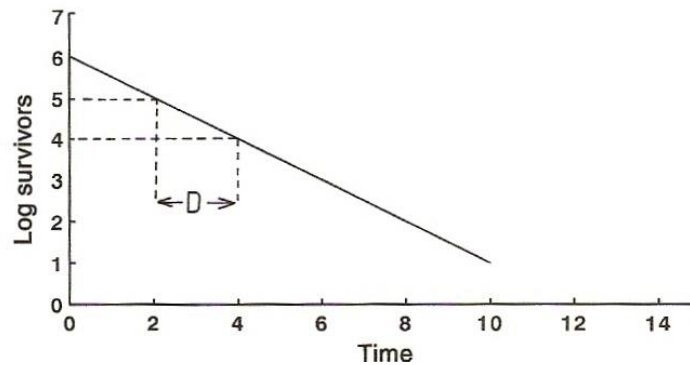
ประการแรก หากในวัตถุดิบมีจุลินทรีย์จำนวนมาก จะต้องใช้เวลานานในการลดจำนวนลงจนถึงระดับที่ต้องการ การแปรรูปอาหารระดับอุตสาหกรรมจำนวนจุลินทรีย์ในวัตถุดิบแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน และเป็นการยากที่จะคำนวณหาเวลาในการให้ความร้อน (process time) ของแต่ละรุ่นหรือชุดของการผลิต (batch) ดังนั้นจึงต้องใช้อุณหภูมิและเวลาที่จำเพาะเจาะจง (specific temperature-time combination) สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิด และขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจะต้องลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นลงให้มีจำนวนเหลือใกล้เคียงกันมากที่สุด

ประการที่สอง เนื่องจากการคำนวณหาจุลินทรีย์ที่ถูกทำลายเป็นค่าล็อก หากต้องการทำลายให้หมดทุกเซลล์จะต้องให้ความร้อนเป็น infinite time ดังนั้นในการแปรรูปอาหารจึงต้องลดจำนวนจุลินทรีย์ลงให้เหลือมีชีวิตรอดอยู่น้อยที่สุด ซึ่งจัดเป็นการทำให้ปลอดภัยทางการค้า (นิธิยา, 2544)

4.1 ค่าที่เกี่ยวข้องในการทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อน

4.1.1 ค่า D (D-value)

ค่า D หรือค่าคงที่อัตราการตาย หมายถึงเวลาเป็นนาทีที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ไปร้อยละ 90 ของปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิม ณ อุณหภูมิหนึ่ง ข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟความอยู่รอด (survivor curve) บนกระดาษกึ่งล็อก (ภาพที่ 4.1.3) โดยพลอตค่าระหว่าง \log_{10} ของจำนวนเชื้อที่อยู่รอด (survivor) บนแกนล็อก (แกน Y) และเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ บนแกนธรรมดา (แกน X) กราฟที่ได้จะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง



ภาพที่ 4.1.3 กราฟค่า D

ที่มา: Adams and Moss (2008)

จุลินทรีย์ที่มีค่า D สูงจะทนทานต่อความร้อนสูงกว่าจุลินทรีย์ที่มีค่า D ต่ำ ซึ่งค่า D หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$D = t / \text{Log } N_0 - \text{log } N$$

เมื่อ t = เวลา (นาที), N_0 = ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น, N_t = ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่เมื่อเวลาผ่านไป t นาที (วิไล, 2552)

Pflug *et al.* (1981) ได้กำหนดค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า D กับความทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ดังนี้

ค่า $D_{250} > 1.0$ จุลินทรีย์ทนทานต่อความร้อนสูงมาก (extremely high heat resistance) เช่น *B. stearothermophilus*

ค่า $D_{250} > 0.1$ จุลินทรีย์ทนทานต่อความร้อนสูง (high heat resistance) เช่น *C. botulinum*

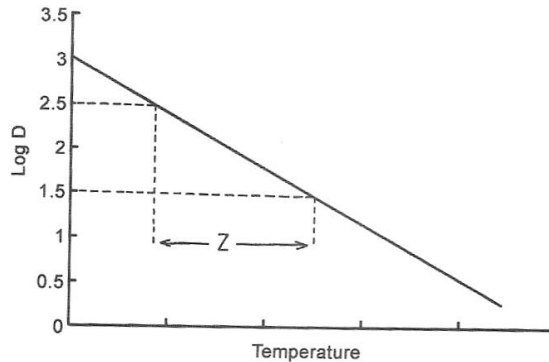
ค่า $D_{250} > 0.01$ จุลินทรีย์ที่ทนทานต่อความร้อน (heat resistance) เช่น *B. coagulans*

ค่า $D_{250} < 0.01$ จุลินทรีย์ที่ไม่ทนทานต่อความร้อน (not heat resistance)

4.1.2 ค่า Z (Z-value)

ค่า Z หมายถึง จำนวนองศาเซลเซียส (°C) หรือองศาฟาเรนไฮต์ (°F) ที่ทำให้ค่า D เปลี่ยนไป 1 วงจรล็อก หรือ 10 เท่า (ภาพที่ 4.1.4) ค่า Z ได้จากการสร้างกราฟเวลาที่ทำลายจุลินทรีย์ด้วยความร้อนโดยพล็อตระหว่างค่า D ของจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง (บนแกนล็อก) กับอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ใช้ฆ่าเชื้อ (บนแกนธรรมดา) จะได้กราฟเป็นเส้นตรงเรียกว่า thermal death

time (TDT) curve และค่า Z จะมีประโยชน์ในการคำนวณกระบวนการให้ความร้อนที่ให้ผลเท่ากันที่อุณหภูมิต่าง ๆ เทียบกับค่าอ้างอิงคือ ค่า Z ที่ 121 °ซ หรือ 250 °ฟ (วิลเล, 2552)



ภาพที่ 4.1.4 กราฟค่า Z

ที่มา: Adams and Moss (2008)

4.1.3 ค่า F (F-value)

ค่า F หมายถึง ระยะเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งซึ่งใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนในอาหารภายใต้สภาวะที่กำหนด การใช้ค่า F จำเป็นต้องระบุอุณหภูมิ (process temperature) ที่ใช้ และค่า Z ของจุลินทรีย์ที่เป็นเป้าหมาย โดยปกติจะใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น F_0 อุณหภูมิที่ใช้อ้างอิงมาตรฐานคือ 250 °ฟ หรือ 121.1 °ซ ค่า Z มีค่าเท่ากับ 18 °ฟ หรือ 10 °ซ ซึ่ง F_0 มีค่าเท่ากับ 2.52 นาที คือเวลาที่ต้องการลดสปอร์ *C. botulinum* จาก 10^{12} ให้เหลือ 10^0 หรือเรียกว่า 12D คอนเซ็ปต์ (concept) ค่า F หรือค่าการฆ่าเชื้อ มักเรียกว่า process lethality เมื่อต้องการเปรียบเทียบกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกันสามารถแสดงค่าอุณหภูมิอื่นเป็นค่า F ที่อุณหภูมิอ้างอิงมาตรฐานเช่น 250 °ฟ

$$\text{Lethal Rate} = 10^{(CT-250)/Z}$$

เมื่อ CT = อุณหภูมิที่จุดร้อนซ้ำที่สุดในภาชนะบรรจุ (วิลเล, 2552)

4.2 การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Thermal process calculations for canned foods) และ F_0 สามารถคำนวณได้ 3 วิธี (Gavin and Wedding, 1995) คือ

4.2.1 General หรือ Graphical method เป็นวิธีการนำข้อมูลที่ได้จากกราฟเวลาที่ทำลายเชื้อด้วยความร้อน (TDT curve) และข้อมูลการส่งผ่านความร้อนเข้าไปในภาชนะบรรจุ (heatpenetration data) ในแต่ละช่วงเวลาให้ความร้อนมาคำนวณหาอัตราการทำลาย (lethal rate) แล้วนำไปพลอตกับเวลาของกระบวนการฆ่าเชื้อ การคำนวณหาค่า F_0 ทำได้โดยการอินทิเกรตพื้นที่ใต้กราฟตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการฆ่าเชื้อ วิธีนี้จะมีคามแม่นยำ เมื่อค่า come up time (CUT), initial temperature (I.T.) และ cooling time คงที่ทุกค่า

4.2.2 Formula method เป็นวิธีการนำข้อมูลอุณหภูมิและเวลามาใช้คำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความร้อน ซึ่งนำไปใช้คำนวณหา F_0 หรือ processing time ภายใต้สมมุติฐานที่กำหนดไว้ แม้ว่า heat penetration curve ของอาหารไม่สม่ำเสมอมีลักษณะเป็น broken heating curve ก็สามารถพัฒนาปรับปรุงข้อมูล broken heating curve ให้เป็นสมการเส้นตรงในกราฟ semilog แล้วนำ ค่าต่างๆ ที่ได้ไปคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิตที่ควรจะเป็น การเปลี่ยนแปลง processing temperature, I.T. หรือขนาดกระป๋องนั้นสามารถคำนวณ processing time ที่เหมาะสมใหม่ได้ โดยไม่ต้องทำการทดลองใหม่ทุกครั้ง

4.2.3 Nomogram method เป็นวิธีที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว และใช้เมื่ออาหารในกระป๋องนั้นมี heat penetration curve เป็นเส้นตรง วิธีนี้หาเวลาในการฆ่าเชื้อได้โดยผู้ใช้งาน จำเป็นต้องรู้ค่าเฉพาะบางค่า เช่น ค่า z ในเส้นกราฟของการทำลายด้วยความร้อน ถ้าเป็นเชื้อ *C. botulinum* จะมีค่าเท่ากับ 18°F

4.3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ ได้แก่

4.3.1 ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร

ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีสภาพความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.1.1

โดยทั่วไปจุลินทรีย์จะมีความทนทานต่อความร้อนในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำมากกว่า ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูง ในอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ *C. botulinum* สามารถเจริญและผลิตสารพิษภายนอกเซลล์ (exotoxin) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิท ส่วนอาหารที่มีความเป็นกรดสูง (ค่าความเป็นกรด-ด่างน้อยกว่า 3.7) แบคทีเรียที่สร้างสปอร์ไม่สามารถเจริญ จึงสามารถใช้จุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ยีสต์หรือเอนไซม์ที่ทนความร้อนเป็นตัวกำหนดเวลาและอุณหภูมิในการให้ความร้อน ซึ่งการใช้ความร้อนจะรุนแรงน้อยกว่าอาหารที่เป็นกรดต่ำ ดังนั้นอาหารที่มีความเป็นกรดสูงสามารถใช้ความร้อนเพียง 90°C หรือต้มให้เดือด แล้วทำให้เย็นก็เพียงพอ แต่อาหารที่เป็นกรดต่ำ จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงถึง 116°C หรือ 121°C เป็นระยะเวลาหนึ่ง (นฤมล, 2550)

ตารางที่ 4.1.1 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ

ชนิดของอาหารและแบคทีเรีย	D ₂₅₀ หรือ D ₁₂₁ (นาที)	Z (°F)
Low acid foods และ Medium acid foods (pH >4.5)		
Thermophiles (spores)		
Flat-sour (<i>B. stearothermophilus</i>)	4.0-5.0	14-22
Gaseous-spoilage (<i>C.thermosaccharolyticum</i>)	3.0-4.0	16-22
Sulfide stinkers (<i>C. nigrificans</i>)	2.0-3.0	16-22
Mesophiles (spores)		
Putrefactive anaerobes		
<i>C. botulinum</i> (type A&B)	0.1-0.2	14-18
<i>C. sporogenes</i> (PA3679)	1.0-1.5	14-18
Acid-foods (pH 4.0-4.5)		
Thermophiles (spores)		
<i>B. coagulans</i> (facultative mesophile)	0.01-0.07	14-18
Mesophiles (spore)		
<i>B. polymyxa</i> และ <i>B. macerans</i>	0.1-0.5	12-16
(<i>C. pasterianum</i>)	0.1-0.5	12-16
High-acid foods (pH < 4.0)		
Mesophilic non-spore forming		
<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., ยีสต์และรา	D ₁₅₀ หรือ D _{65.5} (นาที)	Z (°F)
	0.5-1.0	8-10

ที่มา: Stumbo (1973)

4.3.2 ออกซิเจน

ในอาหารประเภทกรดต่ำ และกรดปานกลาง สามารถแบ่งแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ตามความต้องการของออกซิเจน ออกเป็น 3 พวก คือ

Obligate aerobes เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตจะมีความสำคัญน้อยที่สุดในกรณีของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ทั้งนี้เพราะอาหารที่ต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน จะไม่มีออกซิเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มนี้ ไม่สามารถต้านทานต่อความร้อนได้ดีเท่ากลุ่มอื่น จึงมักถูกความร้อนทำลายได้ง่ายกว่า ตัวอย่างแบคทีเรียกลุ่มนี้ เช่น *Bacillus* sp.

Facultative anaerobes แบคทีเรียกลุ่มนี้มีสปอร์ที่ทนความร้อนได้สูงกว่าสปอร์ของแบคทีเรียกลุ่มแรก จะพบในอาหารที่เป็นกรดต่ำ และอาหารกรดปานกลาง แบคทีเรียกลุ่มนี้มักจะ

สร้างกรด แต่ไม่สร้างแก๊สจึงเป็นต้นเหตุของการเสีย แบคทีเรียกลุ่มนี้ที่เป็นตัวการของการเสียของอาหาร มี 3 ชนิด คือ *Bacillus coagulans*, *Bacillus macerans* และ *Bacillus polymysea* Obligate anaerobes แบคทีเรียกลุ่มนี้ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามการเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง ดังนี้

Mesophilic แบคทีเรียกลุ่มนี้จะพบในอาหารกรดต่ำ เจริญที่อุณหภูมิระหว่าง 20-45 °ซ ที่สำคัญ ได้แก่ *Clostridium botulinum*

Thermophilic แบคทีเรียกลุ่มนี้เจริญที่อุณหภูมิสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 55 °ซ ที่สำคัญ ได้แก่ เชื้อ *Clostridium thermosaccharolyticum* ซึ่งจะสร้างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนจากอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต ทำให้กระป๋องบวม และมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว เจริญได้ดีที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5-5.0 ส่วนเชื้อ *Clostridium nigrificans* สปอร์ของเชื้อนี้ทนความร้อนได้สูง ไม่ต้องการอากาศ สร้างแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ จากอาหารพวกโปรตีน และเนื่องจากแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถละลายได้ในอาหาร อาหารกระป๋องที่เสียจึงไม่บวม แต่อาหารจะเปลี่ยนเป็นสีดำ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์กับเหล็ก

ส่วนแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์ และรา เชื้อเหล่านี้จะไม่สามารถทนความร้อนในการฆ่าเชื้อได้ การทำให้อาหารเสียได้ เกิดขึ้นจากการที่เข้าไปเจริญเติบโตในอาหารกระป๋องได้ภายหลังการฆ่าเชื้อ

4.3.3 ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ

จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการความชื้นแตกต่างกัน เชื้อแบคทีเรียต้องการความชื้นสูงมากกว่ายีสต์และรา นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับน้ำอิสระที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ หรือ water activity (a_w) การทราบค่า a_w ของอาหารจะช่วยให้มีการคาดคะเนว่า อาหารชนิดนั้นจะมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดใดที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของอาหาร (นฤมล, 2550)

4.3.4 องค์ประกอบของอาหาร

อาหารที่มีโปรตีน ไขมัน และน้ำตาลสูง จะทำให้จุลินทรีย์ทนความร้อนได้ดี เช่น ไขมันหรือน้ำมันมีผลในการเพิ่มความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์ ทั้งนี้เพราะไขมันหรือน้ำมันจะไปอยู่ในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้ยากลำบาก ต้องใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อสูงกว่าปกติ และอาหารที่อยู่ในสภาพคอลลอยด์จะทำให้เซลล์ทนความร้อนได้ดี (นิธิยา, 2544; นฤมล, 2550)

5. ผลของความร้อนต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของอาหารกระป๋อง

5.1 ผลของความร้อนต่อคุณค่าทางโภชนาการ

ความร้อนในขบวนการผลิตอาหารกระป๋องมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ของอาหารกระป๋อง ดังนี้

5.1.1 โปรตีน

ความร้อนทำให้โปรตีนเปลี่ยนสภาพธรรมชาติ ความร้อนชั้นต่ำช่วยให้โปรตีนย่อยง่ายขึ้น แต่การใช้ความร้อนสูงและเวลาที่นานเกินไปกลับทำให้โปรตีนย่อยได้ยากขึ้น เอนไซม์ไม่สามารถย่อยโปรตีนบางส่วนได้ ร่างกายจึงได้รับประโยชน์ได้ไม่เต็มที่

5.1.2 ไขมัน

ความร้อนเร่งปฏิกิริยาการหืนของไขมันทั้งชนิดที่มีน้ำ (Hydrolytic rancidity) และชนิดที่เติมออกซิเจน (Oxidative rancidity) ในอาหารกระป๋องที่ผ่านกรรมวิธีอย่างถูกต้อง เอนไซม์ไลเปสที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นมาถูกทำลายด้วยความร้อน และสภาพสุญญากาศทำให้ไม่มีการเติมออกซิเจน จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไขมัน

5.1.3 คาร์โบไฮเดรต

น้ำตาลและแป้งจะสลายตัวเมื่อให้ความร้อนสูงเป็นเวลานาน ทำให้เกิดปฏิกิริยาซึ่งให้สารสีน้ำตาล (browning reaction) และเกิดน้ำตาลไหม้ (caramelization) ขึ้น

5.1.4 วิตามิน

อาหารที่ผ่านการบรรจุกระป๋องมีผลทำให้วิตามินที่ละลายในน้ำสูญเสียได้มากกว่าวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน วิตามินบีหนึ่งสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน แต่จะคงตัวขึ้นในสารละลายที่เป็นกรด ตามปกติอาหารกระป๋องที่เป็นกรด ไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงมากอยู่แล้ว วิตามินชนิดนี้จึงสูญเสียไม่มากนัก วิตามินบีสองทนความร้อนได้ แต่ถูกทำลายโดยแสง จึงสูญเสียน้อยมาก ยกเว้นอาหารที่บรรจุขวดซึ่งสูญเสียมากกว่าอาหารกระป๋อง วิตามินซีถูกทำลายด้วยความร้อนต่ำและระยะเวลาที่สั้นมีผลทำให้วิตามินซียังคงอยู่มาก สำหรับวิตามินเอและดี ทนทานต่อความร้อนได้ดีโดยเฉพาะในสภาพที่ไม่มีอากาศ การบรรจุกระป๋องจึงไม่มีผลต่อวิตามินทั้งสองชนิด (นฤมล, 2550)

5.2 ผลของความร้อนคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

5.2.1 สี

การเปลี่ยนแปลงสีของอาหารบรรจุกระป๋อง ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ร่วมกันในระหว่างการแปรรูป ซึ่งจะมีผลต่อสีตามธรรมชาติที่มีอยู่ในอาหาร ตัวอย่าง เช่น สีแดงของออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ในเนื้อสัตว์บางชนิด จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) และสีม่วง (purplish) ของไมโอโกลบิน จะถูกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงของไมโอฮีโมโครโมเจน (myohaemochromogen) และยังเกิดปฏิกิริยา Maillard browning และคาราเมลไลเซชัน ทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์เนื้อที่ถูกสเตอริไลเซชันแล้ว ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันเมื่อต้มเนื้อให้สุก

5.2.2 กลิ่นและรสชาติ

เนื้อบรรจุกระป๋อง มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างซับซ้อน เช่น ปฏิกิริยาไพโรไลซิส (pyrolysis) ดีแอมมิเนชัน (deamination) และดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) ของกรดอะมิโน เกิดการสลายตัวของคาร์ไฮเดรตโดยปฏิกิริยา Maillard browning และคาราเมลไลเซชันได้เป็นเฟอฟูราล (furfural) และไฮดรอกซีเมทิลเฟอฟูราล (hydroxymethylfurfural) รวมทั้งเกิดออกซิเดชันและดีคาร์บอกซิเลชันของลิพิดด้วย การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกันของสารต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้เกิดสารให้กลิ่นและรสชาติขึ้นใหม่จำนวนมาก

5.2.3 ลักษณะเนื้อและความเหนียว

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เกิดขึ้นเนื่องจากโปรตีนเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนและสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ จะทำให้กล้ามเนื้อหดตัวและเหนียว หากโปรตีนคอลลาเจนเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะนิ่มลงและสารที่ละลายออกมาจะเป็นเจลาติน นอกจากนี้ยังมีไขมันออกมาอยู่ในอาหารด้วย (นิธิยา, 2544)

6. การเสื่อมเสียของอาหารกระป๋อง

Kautter *et al.* (1992) และ Hutchison (1995) กล่าวว่า การเสื่อมเสียของอาหารกระป๋องมีสาเหตุอยู่ 3 ประการคือ

6.1 การเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี มีสาเหตุดังนี้

6.1.1 hydrogen swell มีสาเหตุจากกระป๋องที่นำ มาบรรจุอาหารเคลือบตีบุกไม่ดี เมื่อนำอาหารที่มีความเป็นกรดสูงไปบรรจุอาหาร อาหารจะทำปฏิกิริยากับโลหะ ณ จุดนั้นเกิดแก๊สไฮโดรเจนขึ้นทำให้กระป๋องบวม

6.1.2 nitrite swell มีสาเหตุเนื่องมาจากการผสมดินประสีลงไปในเนื้อมากเกินไป หรือการผสมไม่สมบูรณ์ ทำให้มีไนโตรเจนหลงเหลืออยู่มาก เมื่อรวมกับออกซิเจนบริเวณ head space จะกลายเป็นแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) ทำให้กระป๋องบวม

6.1.3 detinning มีสาเหตุมาจากอาหารที่บรรจุอยู่ในกระป๋อง มีกรดออกซาลิก (oxalic acid) อยู่มากทำให้ติบูกที่เคลือบไว้หลุดออกมา

6.1.4 discoloration มีสาเหตุมาจากอาหารที่บรรจุในกระป๋องมีสารประกอบกำมะถันอยู่สูง เช่น เนื้อปู เป็นต้น สารกำมะถันจะทำปฏิกิริยากับโลหะของกระป๋องเกิดเป็นเหล็กซัลไฟด์ (FeS) ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นมีสีดำ

6.1.5 rusting มักจะเกิดในส่วนของ head space เนื่องจากออกซิเจนไปทำปฏิกิริยากับโลหะของกระป๋อง เกิดเป็นสนิมของโลหะออกไซด์

6.2 การเสียเนื่องจากปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ มีสาเหตุดังนี้

6.2.1 overfilling เกิดจากการบรรจุอาหารมากเกินไปทำให้เกิดกระป๋องบวมชนิด softswell หรือ springer เป็นผลทำให้ภายในกระป๋องมีสุญญากาศและ head space ไม่ได้มาตรฐาน

6.2.2 poor exhaust เกิดจากการไล่อากาศออกจาก head space ไม่หมด ทำให้กระป๋องบวมชนิด flipper เมื่อนำอาหารไปเก็บไว้ที่ที่มีอุณหภูมิสูง

6.2.3 glass-like deposits เป็นความเสียหายที่เกิดจากการ cooling อย่างช้าๆ หลังจากให้ความร้อน ทำให้เกิดผลึกคล้ายแก้วขนาดใหญ่ คือแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต มักเกิดในปูและทูน่ากระป๋อง ผลึกเหล่านี้เกิดจากสารประกอบตามธรรมชาติของอาหารไม่มีอันตราย การแก้ไขอาจใส่สารพวก chelating agents ตามมาตรฐานกำหนด

6.3 การเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ มีสาเหตุดังนี้

6.3.1 pre-processing หรือ incipient spoilage เกิดจากอาหารมีการเน่าเสีย ก่อนที่จะนำไปเข้าหม้อฆ่าเชื้อ โดยการเสียชนิดนี้กระป๋องจะมีลักษณะปกติ แต่เนื้ออาหารข้างในมีลักษณะผิดปกติการตรวจทางจุลินทรีย์ทั้งหมดอาจทำได้โดยการทำ wet mouth หรือการย้อมสีแบคทีเรียแล้วนับจำนวนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์หรือการทำวิธี pour plate

6.3.2 gross-underprocessing เกิดจากการลืมนำอาหารกระป๋องเข้าหม้อฆ่าเชื้อ ปัจจุบันนี้มักไม่มีปัญหาเนื่องจากการติตวัสดุซึ่งซึ่งเมื่อโดนความร้อนแล้วจะเปลี่ยนสี ซึ่งบ่งบอกว่าอาหารนั้นได้ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

6.3.3 under-processing เนื่องจากให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อไม่เพียงพอ

6.3.4 post-processing หรือ leakage เนื่องจากกระป๋องรั่ว ทำให้จุลินทรีย์จากภายนอกปนเปื้อนเข้าไปได้

การสังเกตว่าอาหารกระป๋องเสื่อมเสียหรือไม่ สามารถทราบได้จากลักษณะของกระป๋อง โดยอาหารที่ผ่านกรรมวิธีอย่างถูกต้องลักษณะก้นและฝากระป๋องจะแบนหรือเว้าเข้าไปเล็กน้อย เนื่องจากภายในเป็นสุญญากาศ ถ้ากระป๋องบวมแสดงว่าผิดปกติ ซึ่งอาจมีการเน่าเสียของอาหารเกิดขึ้นในกระป๋อง หรือเนื่องมาจากอาหารหรือกระป๋องเสื่อมคุณภาพ หรือเกิดจากวิธีการที่ไม่ถูกต้อง (มาลัย, 2543)

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จากเนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์

การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จากเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง ซึ่งได้แก่ เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิ และเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดง มีขั้นตอนดังนี้

1.1 เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิ

1.1.1 การพัฒนาสูตรซอสเทอริยากิจากสูตรอ้างอิง

พัฒนาสูตรซอสเทอริยากิ โดยทดลองและดัดแปลงจากสูตรปลาย่างซอสเทอริยากิ (สูตรอ้างอิง) ที่ได้จากการสืบค้น และปรับส่วนผสมทั้งหมดให้เป็นหน่วยกรัม จนได้สูตรต้นแบบของซอสเทอริยากิ

1.1.2 ขั้นตอนการผลิต

ผลิตซอสเทอริยากิ จากสูตรต้นแบบที่ปรับให้เหมาะสมแล้ว หลังจากทดลองนำไปผ่านความร้อนในระดับที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเบื้องต้น เป็นสูตรสำหรับการผลิตต่อไป

1.2 เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดง

1.2.1 การพัฒนาสูตรซอสน้ำแดงจากสูตรอ้างอิง

พัฒนาสูตรซอสน้ำแดงโดยการทดลองและดัดแปลงจากสูตรน้ำแดงปรุงรส (สูตรอ้างอิง) ที่ได้จากการสืบค้น

1.2.2 ขั้นตอนการผลิต

ผลิตซอสน้ำแดงที่ได้จากสูตรหลังจากปรับให้เหมาะสมแล้ว หลังจากทดลองนำไปผ่านความร้อนในระดับที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องแล้ว ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเบื้องต้น เป็นสูตรสำหรับการผลิตต่อไป เช่นเดียวกับซอสเทอริยากิ

1.3 ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนเพื่อบรรจุกระป๋องร่วมกับน้ำซอส

เปรียบเทียบผลของวิธีเตรียมวัตถุดิบเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนต่อร้อยละของผลผลิตและลักษณะปรากฏและกลิ่นรส โดยการต้มก่อนย่าง และย่างเพียงอย่างเดียว ดังนี้

1.3.1 การเตรียมเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างโดยการต้มก่อนย่าง

นำท้องปลาแชลมอนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20°C มาละลาย ล้าง ขอดเกล็ด หั่นเป็นชิ้น นำไปต้มในน้ำเดือดที่มีเกลือร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเนื้อปลาขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 นาที ชั่งน้ำหนัก และคำนวณร้อยละของผลผลิตหลังต้มสุก แล้วจึงนำมา

อย่างโดยใช้เครื่องสายพานที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 165 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ใช้วิธีแบบกลับด้านๆ ละ 5 นาที แล้วซับน้ำมันด้วยกระดาษซับ ชั่งน้ำหนัก และคำนวณร้อยละของผลผลิตเนื้อท้องปลาแชลมอนอย่างโดยวิธีการต้มก่อนอย่าง

1.3.2 การเตรียมเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างโดยการย่างเพียงอย่างเดียว

นำท้องปลาแชลมอนที่เตรียมและหั่นเป็นชิ้นแล้ว นำไปแช่ในสารละลายเกลือร้อยละ 1 ที่เย็น เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเนื้อปลาขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ เป็นเวลา 5 นาที ชั่งน้ำหนัก และคำนวณร้อยละของผลผลิตหลังแช่น้ำเกลือ แล้วจึงนำมาย่างด้วยวิธีการเดียวกันกับวิธีการต้มก่อนอย่าง ชั่งน้ำหนัก และคำนวณร้อยละของผลผลิตเนื้อท้องปลาแชลมอนอย่างโดยวิธีย่างเพียงอย่างเดียว

1.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

ทดสอบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูง โดยทดลองฆ่าเชื้อที่สภาวะที่ค่อนข้างรุนแรง คือ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ทั้งแบบทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale และทดสอบความพอดีของรสชาติ ด้วยวิธีการให้คะแนนความเหมาะสม (just right scale) เพื่อกำหนดทิศทางในการพัฒนาสูตร

2. ศึกษาการกำหนดกระบวนการในการฆ่าเชื้อแต่ละผลิตภัณฑ์

การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องนั้น ได้จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration study) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการวัดอุณหภูมิของชิ้นปลาระหว่างการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูงในหม้อฆ่าเชื้อ โดยนำกระป๋องเปล่ามาเจาะรูด้านข้างด้วยเครื่องเจาะกระป๋อง ทำการติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (thermocouple) โดยให้ปลายเข็มวางให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางจากด้านล่างของกระป๋อง ในการศึกษานี้จะแปรอุณหภูมิเป็น 2 ระดับ คือ 121 และ 116 °ซ ส่วนระยะเวลาการฆ่าเชื้อ (process time) ได้จากการคำนวณค่า Lethality (F_0) จากผลบันทึกอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อด้วยวิธีทั่วไป (general or graphical method) โดยต้องกำหนดให้มีค่าที่มากเพียงพอที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภค ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องนั้น เป็นอาหารประเภทกรดต่ำที่บรรจุในสภาวะไม่มีอากาศ (low acid canned food) ในการฆ่าเชื้อจึงต้องมีระดับเพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษโดยเฉพาะ *C. botulinum* ซึ่งในทางทฤษฎีกำหนดระดับ F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

2.1 ผลิตห้องปลาแชลมอนกระป๋อง ทั้ง 2 สูตร ตามกรรมวิธีที่คัดเลือก

2.2 ติดตามการแทรกผ่านความร้อนโดยนำกระป๋องเปล่าขนาด 307x113 มาเจาะรูด้านข้างด้วยเครื่องเจาะกระป๋อง ทำการติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่วบ (thermocouple) โดยให้ปลายเข็มวางให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางของกระป๋อง บรรจุชิ้นปลา 75 กรัม ในกระป๋องที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิให้ปลายเข็มวัดเสียบที่ชิ้นปลา แล้วจึงเติมน้ำซอสน้ำหนัก 100 กรัม

2.3 ใส่อากาศโดยการนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100 °ซ 5 นาที ปิดฝากระป๋องด้วยเครื่องปิดฝาพร้อมตรวจสอบความเรียบร้อยของตะเข็บและนำกระป๋องทั้งหมดเข้าเครื่องฆ่าเชื้อ (ปรกรณ์, 2546)

2.4 ติดตั้งระบบวัดการแทรกผ่านความร้อน โดยต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับเครื่องติดตามอุณหภูมิโดยกำหนดอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อแต่ละผลิตภัณฑ์เป็น 2 ระดับ คือ 116 °ซ เวลาฆ่าเชื้อ 50 นาที และ 121 °ซ เวลาฆ่าเชื้อ 45 นาที บันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุก ๆ 1 นาที

2.5 กำหนดค่าการฆ่าเชื้อให้ได้ F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที จากข้อมูลบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์และทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องสำหรับศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยต่อไป

3. ศึกษาคุณภาพและความปลอดภัย

ผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง โดยกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อตามกรรมวิธีที่คัดเลือกได้จากขั้นตอนการกำหนดกระบวนการในการฆ่าเชื้อของแต่ละผลิตภัณฑ์ แล้วสุ่มตัวอย่างมาตรวจคุณภาพและความปลอดภัย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา โดยสุ่มแต่ละผลิตภัณฑ์ จำนวน 2 กระป๋อง นำไปอบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วประเมินคุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, flat sour bacteria ชนิด thermophile และ mesophile, thermophilic anaerobe, putrefactive anaerobe ตามวิธีของ USFDA (2001) และ sulfide spoilage ตามที่ระบุใน มอก. 335 (2523)

3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังจากประเมินคุณภาพด้านจุลชีววิทยาแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภคจึงประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของห้องปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง โดยสุ่มจากผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง นำมาประเมินผลการทดลองโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

ตรวจสอบลักษณะผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ให้คะแนน 9 เป็นระดับที่ชอบมากที่สุด กำหนดเกณฑ์คะแนนการยอมรับไม่ต่ำกว่าระดับความชอบเล็กน้อย (6 คะแนน)

3.3 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีซึ่งได้แก่ สภาพกระป๋อง (can condition), ลักษณะภายนอกกระป๋อง (can outside), ค่าสุญญากาศ (vacuum), น้ำหนักสุทธิ (net weight), น้ำหนักเนื้อ (drain weight), ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside) และค่าความเป็นกรดต่าง ตามวิธีที่ระบุในมอก. 645 (2529) ปลาแมกเกอเรล กระป๋อง โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ๆ ละ 3 กระป๋อง

3.4 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

หลังจากทำการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องแล้ว นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ รวมทั้งวัตถุดิบส่วนท้องปลาแชลมอน ไปวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC (2006), ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2006) โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบอย่างละ 3 ซ้ำ

4. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

4.1 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาโดยสุ่มแต่ละผลิตภัณฑ์ทุกเดือนๆ ละ 2 กระป๋อง ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน ด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อ 3.1

4.2 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังจากประเมินคุณภาพด้านจุลชีววิทยาแล้วพบว่าผลิตภัณฑ์ปลอดภัยต่อการบริโภค จึงทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างท้องปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง ด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อ 3.2 โดยสุ่มตัวอย่างทุก 1 เดือนระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน

4.3 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีด้วยวิธีการเดียวกันกับข้อ 3.3 โดยสุ่มตัวอย่างทุก 1 เดือนระหว่างระยะเวลาเก็บรักษา 4 เดือน

5. การคำนวณต้นทุนราคาการผลิตห้องปลาแชลมอนอย่างบรรจุกระป๋อง

คำนวณต้นทุนการผลิตห้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอร์ริยากิและห้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง โดยพิจารณาจากราคาห้องปลาแชลมอน ราคาส่วนผสมในการผลิตและราคาภาชนะบรรจุ ยกเว้นค่าเชื้อเพลิงและแรงงาน

6. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การประเมินทางประสาทสัมผัส มีการวางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การประเมินทางจุลชีววิทยา เคมีและกายภาพ มีการวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomize Design (CRD) และวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. การศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จากเนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนบรรจุกระป๋องนั้น เริ่มจากการกำหนดแนวคิดชนิดของผลิตภัณฑ์ที่น่าจะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค โดยการระดมความคิดเห็นจากประชุมกลุ่มของผู้วิจัย ได้ผลสรุปดังนี้ เนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนมีส่วนของไขมันอยู่ค่อนข้างสูง ข้อดีคือมีความอ่อนนุ่ม แต่ข้อเสียคือ อาจทำให้เกิดความรู้สึกเลี่ยนมันได้ ดังนั้นควรมีการลดไขมันบางส่วนออกจากเนื้อส่วนท้องของปลาก่อน และควรผ่านขั้นตอนการย่างด้วย เพราะนอกจากจะกำจัดไขมันออกได้บางส่วนแล้ว ยังทำให้เกิดกลิ่นรสอย่างซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยทั่วไป โดยเฉพาะเนื้อปลาแชลมอนอย่างซึ่งเป็นที่นิยมบริโภค จัดเป็นกลิ่นรสที่เด่นจนมีผู้นำไปพัฒนาเป็นก๋วยเตี๋ยวในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวหลายชนิด ส่วนประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ควรพัฒนา น่าจะเป็นสไลด์อาหารญี่ปุ่นหรืออาหารจีน เพราะนอกจากจะนิยมบริโภคแพร่หลายแล้ว ยังมีส่วนผสมของเครื่องเทศ หรือสมุนไพรบางชนิดที่สามารถดับกลิ่นคาวปลา หรือบดบังความรู้สึกเลี่ยนมันของอาหารได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเป็นที่ยอมรับ ยิ่งไปกว่านั้นผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ยังมีภาพลักษณ์ของสินค้าในกลุ่มราคาสูงอีกด้วย จากผลการระดมความคิดร่วมกับการสืบค้นข้อมูล และทดลองพัฒนา หลังทดสอบแล้วได้ข้อสรุปว่า เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิและเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดง เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการคัดเลือก

1.1 เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิ

1.1.1 การพัฒนาสูตรซอสเทอริยากิจากสูตรอ้างอิง

ซอสเทอริยากิสูตรอ้างอิงที่สืบค้นได้จากสูตรปลาอย่างซอสเทอริยากิ ดังตารางที่ 4.1.2

ตารางที่ 4.1.2 สูตรปลาอย่างซอสเทอริยากิ (สูตรอ้างอิง)

ส่วนผสม	ปริมาณ
ซิงส์บ	1 ช้อนโต๊ะ
ตะไคร้ซอย	1 ต้น
ซอสเทอริยากิ	140 กรัม
น้ำเปล่า	1 ถ้วยตวง
ซีอิ้วญี่ปุ่น	1/4 ถ้วยตวง
น้ำตาลทราย	1 ช้อนโต๊ะ
เนยละลายแล้ว	1/4 ถ้วยตวง
ปลาแชลมอนทั้งชิ้น	300 กรัม

ที่มา: น.ส.พ. เติลินวิธ (2554)

นำสูตรอ้างอิงที่ได้มาดัดแปลง เนื่องจากสูตรที่ได้เป็นการหมักปลาก่อนอย่าง จึงอาจไม่เหมาะกับการนำมาทำเป็นซอสเพื่อบรรจุร่วมกับเนื้อปลาก่อนไปบรรจุกระป๋อง จึงได้ดัดแปลงสูตรต้นแบบจากสูตรอ้างอิงโดยตัดเนยละลายออก เนื่องจากผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณไขมัน (จากส่วนท้องของปลา) สูงอยู่แล้ว และเพิ่มผิวมะนาวชุดเพื่อลดกลิ่นคาวและความรู้สึกเลี่ยนมัน ปรับส่วนผสมทั้งหมดในหน่วยกรัม ได้สูตรต้นแบบดังแสดงในตารางที่ 4.1.3

ตารางที่ 4.1.3 สูตรต้นแบบปลาอย่างซอสเทอริยากิ (ปรับจากสูตรอ้างอิง)

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)
ซิงส์บ	5	1.57
ตะไคร้ซอย	6.7	2.09
ซอสเทอริยากิ	46.6	14.61
น้ำเปล่า	77.7	24.32
ซีอิ๊วญี่ปุ่น	77.7	24.32
น้ำตาลทราย	5	1.57
ผิวมะนาวชุด	0.6	0.20
ปลาแชลมอนทั้งชิ้น	100	31.32

จากการทดลอง สูตรซอสเทอริยากิต้นแบบนั้น เมื่อผ่านความร้อนสูงในระดับการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องแล้ว พบว่า คุณภาพโดยรวมทั้งสี กลิ่น และรสชาติ ได้รับการยอมรับ แต่กลิ่นของซิงจะจางลงมาก จึงทดลองปรับสูตร โดยเพิ่มปริมาณซิงส์บเพื่อลดความเลี่ยนมันของไขมันปลา สูตรซอสที่ได้นี้หลังจากปรับให้เหมาะสมแล้ว ได้รับการยอมรับเป็นสูตรสำหรับการผลิตต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.1.4

ตารางที่ 4.1.4 สูตรซอสเทอริยากิที่พัฒนาขึ้น

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)
ซิงส์บ	100	15.96
ผิวมะนาว	10	1.60
ตะไคร้	50	7.98
ซอสเทอริยากิ	116.2	18.55
ซอสถั่วเหลือง (KIKOMAN)	100	15.96
น้ำตาลทรายแดง	150.2	23.98
น้ำ	100	15.96

1.1.2 ขั้นตอนการผลิตซอสเทอริยากิ

เตรียมน้ำซอสเทอริยากิ (สูตรในตารางที่ 4.1.4) โดยนำซอสเทอริยากิผสมกับซอสถั่วเหลืองและน้ำ นำไปตั้งไฟที่อุณหภูมิ 80-100 °ซ ประมาณ 5 นาที แล้วจึงเติมน้ำตาลทรายแดง ชิงลับ ตะไคร้ (ที่ตำแล้ว) และผิวมะนาว คนให้เข้ากัน แล้วเคี่ยวประมาณ 10 นาทีให้น้ำซอสข้นเล็กน้อย

1.2 เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนย่างในน้ำแดง

1.2.1 การพัฒนาสูตรซอสน้ำแดงจากสูตรอ้างอิง

ซอสน้ำแดงสูตรอ้างอิงที่สืบค้นได้ ได้จากสูตรน้ำแดงปรุงรส ดังตารางที่ 4.1.5

ตารางที่ 4.1.5 สูตรน้ำแดงปรุงรส (สูตรอ้างอิง)

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)
ผงหมูแดง (ตราโลโบ)	15	5.2
แป้งข้าวโพด	7	2.4
ซอสมะเขือเทศ	45	15.7
ซีอิ๊วขาว	45	15.7
ซีอิ๊วดำ	2	0.7
น้ำตาลทราย	22	7.7
น้ำซิงลับ	150	52.4

ที่มา: เสมอพร (2551)

ในการปรับสูตรนั้น ได้ทดลองเปลี่ยนชนิดของส่วนผสมจากผงหมูแดงสำเร็จรูป เป็นเพิ่มส่วนผสมของซอสมะเขือเทศ และน้ำมันหอย และเพิ่มพริกไทยเพื่อลดความเลี่ยนมัน น้ำซอสที่ผลิตจากสูตรหลังจากปรับให้เหมาะสมแล้วนี้ หลังจากทดลองนำไปผ่านความร้อนในระดับที่ใช้ฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องแล้ว ได้รับการยอมรับในเบื้องต้นเป็นสูตรสำหรับการผลิตต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 4.1.5

1.2.2 ขั้นตอนการผลิตซอสน้ำแดง

เตรียมน้ำซอสน้ำแดง ตามสูตร (ตารางที่ 4.1.6) โดยนำน้ำมันหอยและซอสมะเขือเทศผสมกับน้ำตั้งไฟที่อุณหภูมิ 80-100 °ซ ประมาณ 5 นาที ผสมจนส่วนผสมเข้ากัน เติมน้ำผสม ได้แก่ ซีอิ๊วขาว น้ำตาลทราย เกลือ และพริกไทย ละลายแป้งข้าวโพดกับน้ำ และค่อย ๆ เทผสมลงในส่วนผสม เคี่ยวประมาณ 5 นาที ให้น้ำแดงข้นเล็กน้อย

ตารางที่ 4.1.6 สูตรซอสน้ำแดงที่พัฒนาขึ้น

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)
น้ำมันหอย	13.1	9.6
แป้งข้าวโพด	5.46	4
ซอสมะเขือเทศ	7.1	5.2
ซีอิ้วขาวเห็ดหอม	4.1	3
เกลือ	1.5	1.1
น้ำตาลทราย	4.64	3.4
พริกไทย	0.7	0.5
น้ำ	100	73.2

สูตรการผลิตซอสทั้งสองสูตร ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเบื้องต้น ขั้นตอนต่อไปเป็นการดำเนินการศึกษากรรมวิธีการเตรียมที่เหมาะสมในการเตรียมเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างเพื่อบรรจุกระป๋องร่วมกับน้ำซอส ก่อนนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนและนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

1.2.3 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมวัตถุดิบเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนเพื่อบรรจุกระป๋องร่วมกับน้ำซอส

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนที่ใช้เป็นวัตถุดิบนั้น พบว่าเนื้อบริเวณนี้มีไขมันในปริมาณมากทั้งในส่วนเนื้อและหนังที่ติดอยู่ ทำให้เมื่อนำไปแปรรูปโดยการบรรจุกระป๋องแล้ว จะทำให้มีปริมาณไขมันสูง นอกจากทำให้เกิดความรู้สึกว่ามีความเลี่ยนมันสูงเมื่อทดสอบผลิตภัณฑ์แล้ว ยังอาจจะมีชั้นไขมันลอยหน้าผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก ซึ่งล้วนแต่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จึงจำเป็นต้องมีการลดไขมันออกบางส่วนก่อนนำไปบรรจุกระป๋อง จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ทั้งการต้ม และการย่างสามารถลดปริมาณไขมันได้ โดยการต้มนั้นไขมันบางส่วนจากเนื้อและหนังปลาจะสูญเสียไปในน้ำที่ใช้ต้ม ส่วนการย่างนั้นไขมันบางส่วนจะหยดออกจากผลิตภัณฑ์ระหว่างการย่าง อย่างไรก็ตามลักษณะของเนื้อส่วนท้องปลาทั้งสองชนิดจะแตกต่างกันไปโดยหลังต้มจะมีลักษณะเป็นเนื้อปลาต้มนิ่ม ๆ แต่หลังย่างจะเป็นเนื้อปลาที่แข็งทั้งลักษณะปรากฏและกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ จึงได้ทดลองเปรียบเทียบการเตรียมวัตถุดิบโดยการต้มน้ำก่อนย่างและย่างเพียงอย่างเดียวว่าจะมีผลอย่างไรต่อร้อยละของผลผลิตและลักษณะปรากฏและกลิ่นรสผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1.7

ตารางที่ 4.1.7 การเปรียบเทียบวิธีเตรียมวัตถุดิบห้องปลาแชลมอนอย่างก่อนบรรจุกระป๋องด้วยวิธีต้มก่อนอย่างและวิธีย่าง

วัตถุดิบที่ผ่านแต่ละขั้นตอน	ร้อยละของผลผลิต (% yield)	
	วิธีต้มก่อนอย่าง	วิธีย่าง
วัตถุดิบห้องปลาแชลมอนดิบ	100.00	100.00
หลังล้าง ขอดเกล็ด ตัดแต่ง	60.00	60.00
หลังต้มในน้ำเดือดที่มีสารละลายเกลือร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 นาที	54.00	-
หลังแช่น้ำเกลือเย็น (ร้อยละ 1) นาน 5 นาที	-	57.74
หลังย่าง โดยใช้เครื่องย่างสายพาน* เป็นเวลา 10 นาที (กลับด้านๆ ละ 5 นาที)	38.59	41.09
ลักษณะห้องปลาแชลมอนหลังย่าง	เนื้อปลาสีส้มอ่อนซีดจางลงมาก เนื้อปลาอ่อนนุ่มลงมาก หลังต้ม บางชิ้นไม่คงรูป และแตกเป็นชิ้นเศษหลังย่าง กลิ่นหอมของกลิ่นย่างอ่อนกว่า	เนื้อปลาสีส้มอ่อนไม่ซีดจาง เนื้อปลาคงรูป กลิ่นหอมของกลิ่นย่างแรงกว่า เป็นที่ยอมรับมากกว่า

หมายเหตุ * อุณหภูมิประมาณ 165 °ซ

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 8) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณผลผลิตที่ได้ของการเตรียมวัตถุดิบโดยการต้มก่อนอย่าง และการย่างเพียงอย่างเดียวเท่ากับ 38.59 และ 41.09 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าผลผลิตของส่วนห้องปลาที่ผ่านการต้มก่อนอย่างจะน้อยกว่าการย่างเพียงอย่างเดียวอยู่ประมาณ ร้อยละ 2.5 ซึ่งอนุมานว่าเป็นส่วนของน้ำและไขมันจะสูญเสียออกไปได้มากกว่า อย่างไรก็ตามการใช้วิธีย่างอย่างเดียวทำให้ได้ลักษณะปรากฏและกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับมากกว่า โดยเฉพาะลักษณะชิ้นที่คงรูปกว่า ไม่แตกหักเป็นเศษได้ง่าย จะทำให้ขั้นตอนการบรรจุในกระบวนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธีการย่างหลังแช่น้ำเกลือร้อยละ 1 ที่เย็น โดยใช้เครื่องย่างสายพานที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 165 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ใช้วิธีย่างแบบกลับด้านๆ ละ 5 นาที เป็นวิธีเตรียมวัตถุดิบก่อนบรรจุกระป๋อง

1.2.4 การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ห้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและห้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง แสดงดังภาพที่ 4.1.5

หลังจากทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ห้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและห้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ได้ทดลองฆ่าเชื้อที่สภาวะที่ค่อนข้างรุนแรง คือ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เพื่อทดสอบผลของการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนสูงต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์นี้จากผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยใช้แบบทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-point hedonic scale และการใช้สเกลวัดความพอดี (just right scale) เพื่อกำหนดทิศทางในการพัฒนาสูตรต่อไปในกรณีที่สูตรยังไม่ได้รับการยอมรับเท่าที่ควร ผลการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 4.1.8-4.1.10



ท้องปลาแชลมอน



ล้าง ขอดเกล็ด หั่นเป็นชิ้น



แช่น้ำเกลือร้อยละ 1 เป็นเวลา 5 นาที



ย่างที่อุณหภูมิ 165 °ซ เป็นเวลา 10 นาที



ซับน้ำมัน



บรรจุกระป๋องน้ำหนักเนื้อ 75 กรัม

น้ำซอส



เติมส่วนผสมของน้ำซอส
(ซอสเทอริยากิ หรือ ซอสน้ำแดง)
ให้มีน้ำหนักรวม 175 กรัม
นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100 °ซ 5 นาที



ปิดผนึกฝากระป๋อง



ใส่ตะกร้าเข้าหม้อฆ่าเชื้อ



ฆ่าเชื้อที่สภาวะที่กำหนด

ภาพที่ 4.1.5 ขั้นตอนการผลิตท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิและท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

ตารางที่ 4.1.8 คะแนนความชอบเฉลี่ย (hedonic scale) ของส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121°C เวลา 45 นาที

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิ บรรจุกระป๋อง	ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างใน ซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง
สี	7.33 \pm 1.18	7.07 \pm 1.01
กลิ่น	7.37 \pm 1.45	7.57 \pm 0.90
รสชาติ	8.03 \pm 1.00	7.20 \pm 1.00
เนื้อสัมผัส	7.27 \pm 1.46	7.37 \pm 1.13
ความชอบรวม	7.87 \pm 0.86	7.33 \pm 0.66

หมายเหตุ คะแนนจากการประเมินของทดสอบทั้งหมด 30 คน

ตารางที่ 4.1.9 ระดับความเหมาะสมจากวิธีการใช้สเกลวัดความพอดี (just right scale) ของส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121°C เวลา 45 นาที

คุณลักษณะ	ระดับความเหมาะสม (ร้อยละ)				
	อ่อนเกินไป	อ่อนเกินไปเล็กน้อย	กำลังดี	เข้มเกินไปเล็กน้อย	เข้มเกินไป
สีเนื้อปลา	0.00	3.33	60.00	26.67	10.00
สีน้ำซอส	0.00	3.33	73.33	20.00	3.33
กลิ่นปลา	3.33	16.67	63.33	16.67	0.00
กลิ่นเครื่องเทศ	0.00	16.67	70.00	10.00	3.33
รสหวาน	0.00	10.00	63.33	26.67	0.00
รสเค็ม	6.67	16.67	63.33	10.00	3.33
กลิ่นย่าง	10.00	46.67	43.33	0.00	0.00
เนื้อสัมผัส	0.00	20.00	70.00	10.00	0.00
รสชาติรวม	0.00	13.33	83.33	3.33	0.00

หมายเหตุ จากการประเมินของผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน

ตารางที่ 4.1.10 ระดับความเหมาะสมจากวิธีการใช้สเกลวัดความพอดี (just right scale) ของท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121°C เวลา 45 นาที

คุณลักษณะ	ระดับความเหมาะสม (ร้อยละ)				
	อ่อนเกินไป	อ่อนเกินไปเล็กน้อย	กำลังดี	เข้มเกินไปเล็กน้อย	เข้มเกินไป
สีเนื้อปลา	3.33	40.00	46.67	10.00	0.00
สีน้ำซอส	0.00	36.67	50.00	13.33	0.00
กลิ่นปลา	0.00	10.00	63.33	26.67	0.00
กลิ่นเครื่องเทศ	3.33	36.67	43.33	16.67	0.00
รสหวาน	6.67	40.00	50.00	3.33	0.00
รสเค็ม	0.00	6.67	60.00	33.33	0.00
กลิ่นย่าง	3.33	30.00	63.33	3.33	0.00
เนื้อสัมผัส	3.33	13.33	73.33	6.67	3.33
รสชาติรวม	0.00	10.00	83.33	6.67	0.00

หมายเหตุ จากการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 30 คน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic scale ของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง (ตารางที่ 4.1.8) แสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับคะแนน 7-8 ซึ่งเทียบเท่ากับระดับชอบปานกลางจนถึงชอบมาก ในทุกคุณลักษณะของทั้งสองผลิตภัณฑ์ นับเป็นคะแนนการยอมรับที่ค่อนข้างสูง ส่วนการทดสอบความพอดีด้วยวิธีการใช้สเกลวัดความพอดี (just right scale) (ตารางที่ 4.1.9 และ 4.1.10) พบว่าผู้ทดสอบส่วนใหญ่เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะอยู่ในระดับกำลังดีในทุกคุณลักษณะของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ทั้งสองผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาสูตรขึ้นนี้เมื่อผ่านความร้อนในการฆ่าเชื้อแล้ว (ภาพที่ 4.1.6) ได้รับความยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับดี ผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์นี้ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และเห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะต่างๆ อยู่ในระดับเหมาะสมแล้ว ดังนั้น สูตรและกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น จึงมีความเหมาะสมที่จะศึกษาในหัวข้ออื่นต่อไป โดยไม่ต้องปรับปรุงสูตรเพิ่มเติม



ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่าง
ในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง

ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่าง
ในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

ภาพที่ 4.1.6 ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

3. ศึกษาการกำหนดกระบวนการในการฆ่าเชื้อแต่ละผลิตภัณฑ์

ในการกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องนั้น ได้จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อน (heat penetration study) ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยนำกระป๋องเปล่ามาเจาะรูด้านข้างด้วยเครื่องเจาะกระป๋อง ทำการติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (thermocouple) โดยให้ปลายเข็มวางให้อยู่ที่จุดกึ่งกลางจากด้านล่างของกระป๋อง แสดงดังภาพที่ 4.1.7 แล้วบรรจุชิ้นปลา 75 กรัม ในกระป๋องที่ติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิไว้แล้ว โดยเสียบชิ้นเนื้อปลาบริเวณปลายเข็มเพื่อวัดอุณหภูมิที่ชิ้นปลาซึ่งร้อนช้ากว่าน้ำซอส แล้วจึงเติมน้ำซอสน้ำหนัก 100 กรัม ให้ได้น้ำหนักสุทธิ 175 กรัม ก่อนนำไปฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด

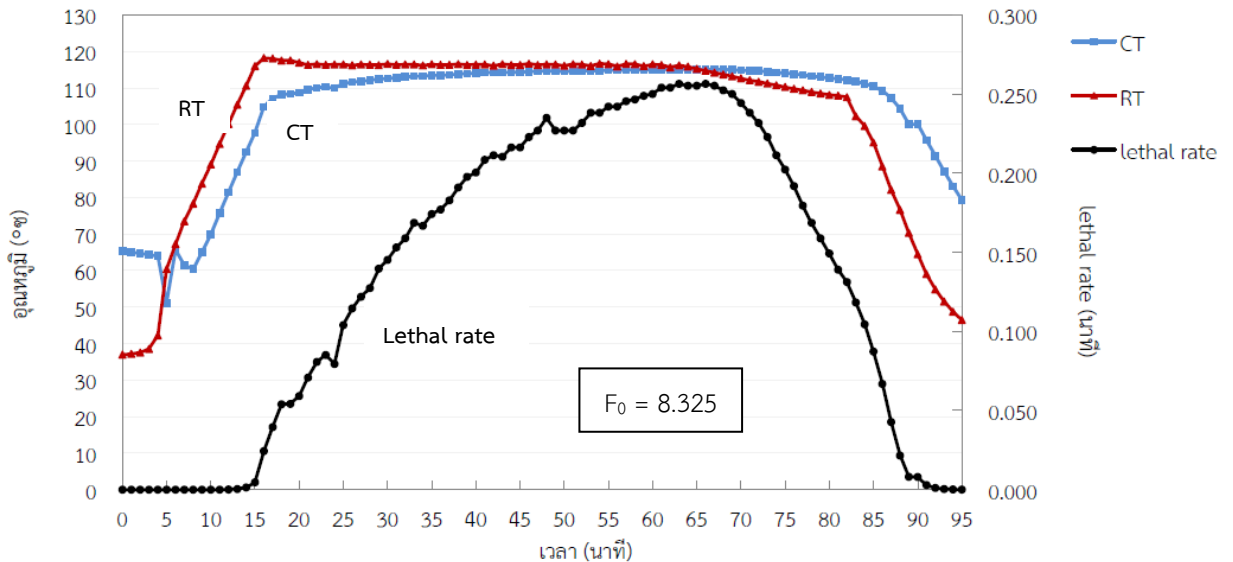
ในการทดลองนี้จะแปรอุณหภูมิเป็น 2 ระดับ คือ 121 และ 116°ซ ส่วนระยะเวลาการฆ่าเชื้อ (process time) ได้จากการคำนวณค่า Lethality (F_0) จากผลบันทึกอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อโดยต้องกำหนดให้มีค่าที่มากที่สุดเพียงพอที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภค ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องนั้น เป็นอาหารประเภทกรดต่ำที่บรรจุในสภาวะไม่มีอากาศ (low acid canned food) ในการฆ่าเชื้อจึงต้องมีระดับเพียงพอในการทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ที่ก่อให้เกิดโรคและสร้างสารพิษ โดยเฉพาะ *C. botulinum* ซึ่งในทางทฤษฎีกำหนดระดับ F_0 ไม่น้อยกว่า 3 นาที อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติเชิงการค้า มักต้องเผื่อเวลาฆ่าเชื้อให้มากกว่าค่าขั้นต่ำนี้หลายเท่าเพื่อประกันความปลอดภัยในการบริโภค ซึ่งในการศึกษานี้จะกำหนดระดับการฆ่าเชื้อเพื่อไว้ใกล้เคียงหรือมากกว่า 3 เท่าของระดับต่ำสุดที่ทำให้อาหารปลอดภัย (F_0 เท่ากับ 3) กล่าวคือให้ได้ F_0 ใกล้เคียงหรือมากกว่า 9 ทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ



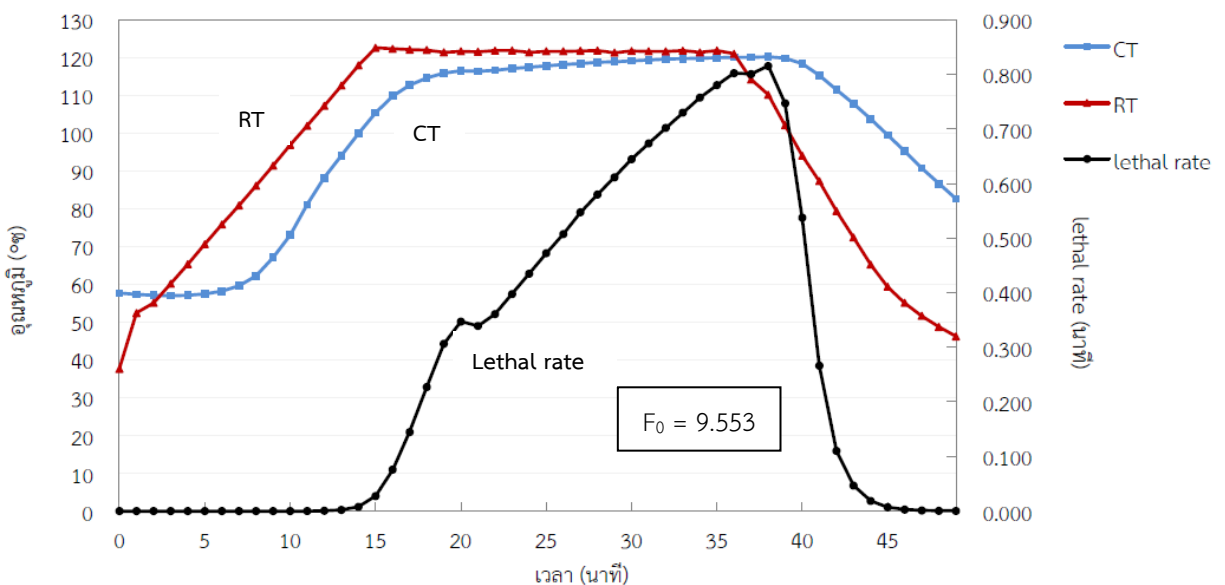
ภาพที่ 4.1.7 อุปกรณ์และการติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (thermocouple)

การกำหนดระดับอุณหภูมิ 2 ระดับที่ 121 °ซ และ 116 °ซ เนื่องจากเป็นอุณหภูมิการฆ่าเชื้อที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ โดยในการวิจัยนี้ได้กำหนดระยะเวลาการฆ่าเชื้อเพื่อให้ได้ระดับการฆ่าเชื้อที่ใกล้เคียงกันทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิในแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาจากค่า F_0 ให้ใกล้เคียงกัน ข้อมูลบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการฆ่าเชื้อของทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์และทั้ง 2 ระดับอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 4.1.8 -4.1.9

3.1 เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง



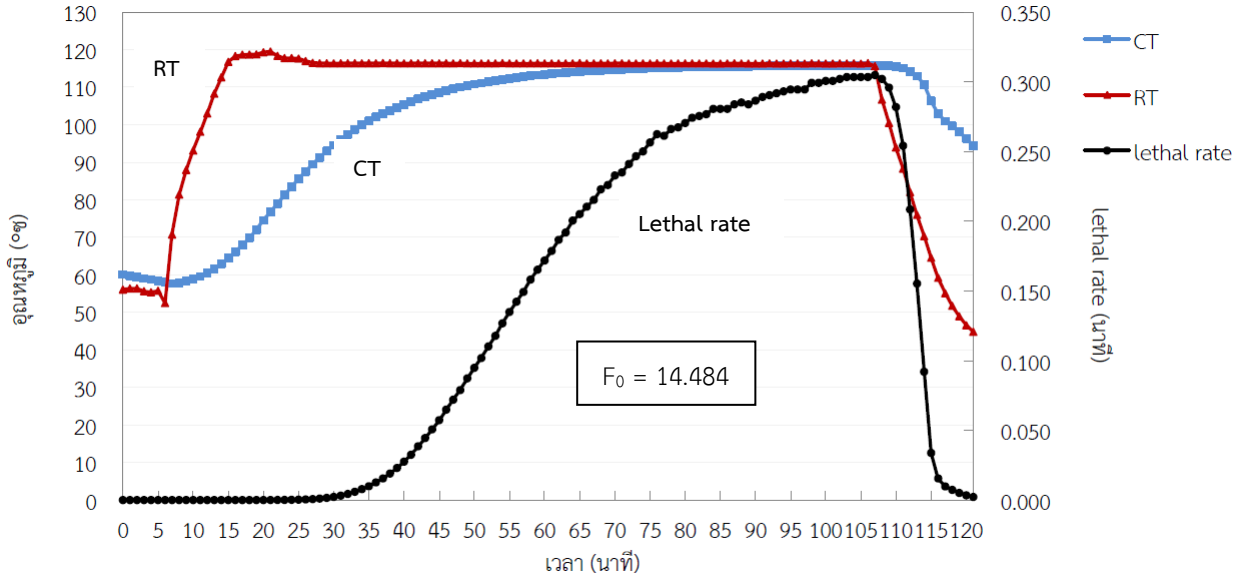
(a)



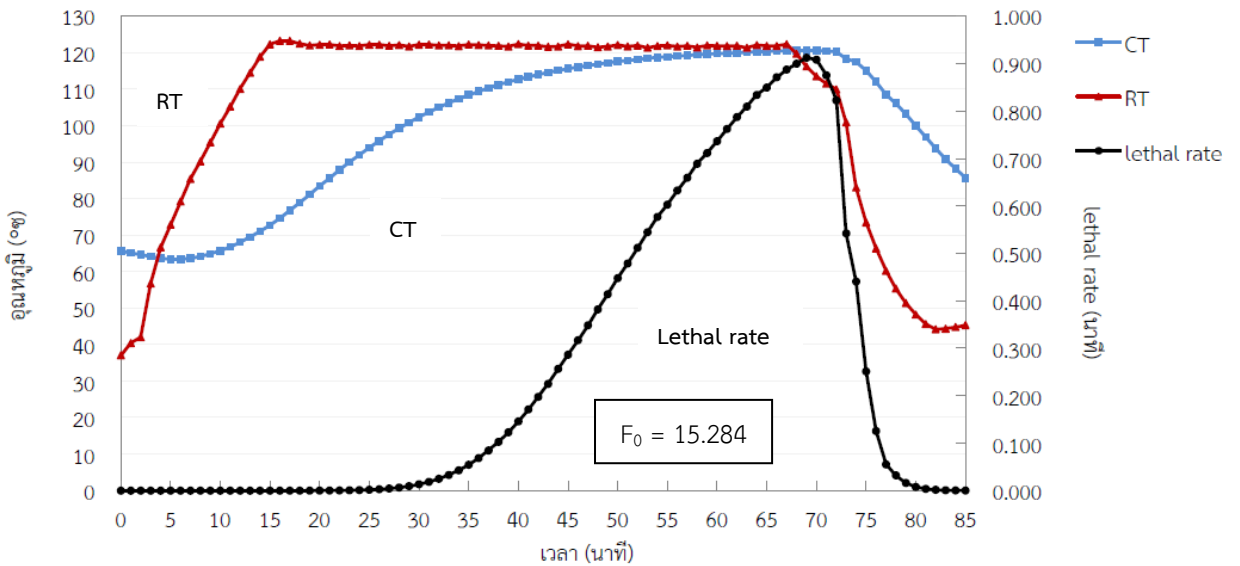
(b)

ภาพที่ 4.1.8 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT), อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 48 นาที (a) และ 121 °ซ 20 นาที (b)

3.2 เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง



(a)



(b)

ภาพที่ 4.1.9 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT), อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุ กระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 92 นาที (a) และ 121 °ซ 52 นาที (b)

ผลของอุณหภูมิและเวลาที่ได้นับที่กไว้ระหว่างการฆ่าเชื้อและหล่อเย็นของผลิตภัณฑ์ ได้นำมาคำนวณหา ค่า F_0 ด้วยวิธีทั่วไปหรือวิธีคำนวณด้วยกราฟ (general or graphical method) ได้ดังนี้ ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง

- ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116°ซ ระยะเวลา 48 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 8.325
- ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 20 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 9.553

ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

- ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116°ซ ระยะเวลา 92 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 14.484
- ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 52 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 15.284

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะนี้แล้ว หากข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน อาจทำให้สามารถคัดเลือกสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมได้

4. ผลการศึกษาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องหลังผ่านการฆ่าเชื้อทั้ง 2 สภาวะ นำมาทดสอบความปลอดภัยในการบริโภคโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา หากพบว่าผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคแล้วจึงจะนำมาวิเคราะห์คุณภาพด้านอื่นๆต่อไป

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สภาวะฆ่าเชื้อที่บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน นำมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพความปลอดภัยตามที่ระบุในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเรื่อง วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา: อาหารกระป๋อง (มอก. 335 -2523) ตัวอย่างละ 2 กระป๋อง ผลการศึกษาค้นพบ total plate count, flat sour spoilage, putrefactive anaerobe, thermophilic anaerobe, sulfide spoilage แสดงว่าผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อด้วยสภาวะดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการบริโภค

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สภาวะการฆ่าเชื้อแสดงในตารางที่ 4.1.10 เมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิ 121°ซ และ 116°ซ ในแต่ละผลิตภัณฑ์ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดและทั้ง 2 สภาวะฆ่าเชื้อ ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในเกณฑ์ค่อนข้างสูง คือได้รับคะแนนความชอบในระดับ 7-8 เทียบเท่ากับระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก และทั้ง 2 ระดับการฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แสดงว่าการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องสามารถใช้สภาวะการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิ 121°ซ หรือ 116°ซ ก็ได้ โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1.11 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง			
	(อุณหภูมิ: °ซ/เวลาฆ่าเชื้อ: นาที)			
	เทอร์ริยากิ (116/48)	เทอร์ริยากิ (121/20)	น้ำแดง (116/92)	น้ำแดง (121/52)
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.03±1.10	7.27±1.08	7.37±0.89	7.17±0.79
สี ^{ns}	6.73±0.98	7.17±1.02	7.33±0.76	7.13±0.94
กลิ่น ^{ns}	7.57±1.01	7.50±0.82	7.23±1.01	7.17±1.18
รสชาติ ^{ns}	7.50±1.17	7.43±1.14	7.27±1.01	7.17±0.87
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.17±1.02	7.10±1.06	7.47±1.04	7.23±0.94
ความชอบรวม ^{ns}	7.37±0.81	7.30±0.88	7.57±0.73	7.37±0.67

^{ns} หมายถึง แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญ (p>0.05) ระหว่างสภาวะการฆ่าเชื้อ 2 สภาวะของผลิตภัณฑ์เดียวกัน

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 4.1.12 พบว่าลักษณะของกระป๋องไม่มีความผิดปกติ ไม่พบการกัดกร่อนทั้งภายในและภายนอกกระป๋อง ค่าสุญญากาศเป็นปกติ แสดงว่าไม่มีการรั่วของตะเข็บกระป๋อง หรือการเสื่อมเสียที่เกิดกาซภายในกระป๋อง ค่าความเป็นกรดต่างของอาหารภายในกระป๋องของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอร์ริยากิและเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงอยู่ในระดับ 5.02-5.42 และ 5.75-5.84 ตามลำดับ เป็นค่าความเป็นกรดต่างระดับปกติของอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ ไม่แสดงค่าที่ผิดปกติ เช่น การเสื่อมเสียที่ทำให้เกิดปริมาณกรดสูงแต่อย่างใด

ตารางที่ 4.1.12 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ

ลักษณะทดสอบ	คุณภาพผลิตภัณฑ์บรรจุกระป๋อง*			
	(อุณหภูมิ °ซ/เวลาฆ่าเชื้อ: นาที)			
	เทอร์ริยากิ (116/48)	เทอร์ริยากิ (121/20)	น้ำแดง (116/92)	น้ำแดง (121/52)
สภาพกระป๋อง (can condition)	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ลักษณะภายนอกกระป๋อง (can outside)	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ค่าสุญญากาศ (vacuum); นิ้วปรอท	8.9±0.12	9.0±0.05	9.7±0.38	9.9±0.29
น้ำหนักสุทธิ (net weight)	177.7±0.93	176.8±0.66	171.7±0.75	176.2±3.11
น้ำหนักเนื้อ (drain weight)	73.1±1.64	70.7±0.09	83.2±1.45	84.8±1.44
ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside)	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ค่าความเป็นกรดต่าง	5.02±0.08	5.42±0.09	5.84±0.08	5.75±0.04

หมายเหตุ * ผลจากการตรวจสอบทั้งหมด 3 กระป๋อง

4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ของผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนภายในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง แสดงในตารางที่ 4.1.13 จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนซึ่งเป็นเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยปริมาณโปรตีนในช่วงร้อยละ 12-13 แต่มีปริมาณไขมันสูงในช่วงร้อยละ 33-47 การที่มีองค์ประกอบของไขมันสูงเช่นนี้เป็นที่คาดการณ์ล่วงหน้าได้อยู่แล้ว เนื่องจากเนื้อส่วนท้องเป็นบริเวณที่มีไขมันสูงมาก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่มมัน เป็นที่ยอมรับในการบริโภค แต่ไขมันปลาเป็นไขมันประเภทไม่อิ่มตัว จึงไม่มีอันตรายต่อสุขภาพ เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีองค์ประกอบของไขมันในปริมาณสูง แต่กลับได้รับคะแนนความชอบอยู่ในระดับสูง แสดงว่าผู้ทดสอบอาจไม่ได้รับความรู้สึกเลี่ยนมัน เนื่องจากไขมันส่วนหนึ่งแทรกอยู่ในเนื้อและมีกลิ่นเครื่องเทศและสมุนไพรช่วยบดบังความรู้สึกนี้ได้ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตมีความเหมาะสม

ตารางที่ 4.1.13 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน* (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)			
	ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง (อุณหภูมิ: °ซ/เวลาฆ่าเชื้อ: นาที)			
	เทอริยากิ (116/48)	เทอริยากิ(121/20)	น้ำแดง (116/92)	น้ำแดง (121/52)
โปรตีน	12.87±1.10	12.12±0.92	13.54±0.56	12.77±1.38
ไขมัน	33.65±0.55	43.11±5.27	46.53±8.93	47.51±1.75
คาร์โบไฮเดรต**	47.81±1.60	40.66±5.10	34.18±9.64	34.96±2.63
เถ้า	5.68±0.42	4.12±0.34	5.75±0.41	4.75±1.60

หมายเหตุ * ผลจากการทดสอบทั้งหมด 3 กระป๋อง

** ได้จากการหักลบ

5. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

การวิจัยนี้ได้ทดลองเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 เดือน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและความปลอดภัยระหว่างการเก็บรักษา แม้จะไม่สามารถบ่งบอกถึงอายุการเก็บรักษาที่แท้จริงก็ตาม เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องมีอายุการเก็บที่ยาวนานกว่า 1 ปี แต่จะสามารถแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาได้

5.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตรวจไม่พบ total plate count, flat sour spoilage, putrefactive anaerobe, thermophilic anaerobe, sulfide spoilage ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แสดงว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีความปลอดภัยต่อการบริโภคตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำบรรจุกระป๋องตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

5.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

สำหรับผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง คະแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 48 นาที และฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แสดงในตารางที่ 4.1.14 และ 4.1.15 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่สภาวะฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้รับระดับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษา ส่วนคุณลักษณะอื่น ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ได้รับระดับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือนแรก แต่เริ่มลดลงเล็กน้อยจากระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เป็นชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่สภาวะฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ พบว่าคุณลักษณะด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ได้รับระดับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษา ยกเว้นลักษณะปรากฏ และสีที่เริ่มลดลงเล็กน้อยหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือนเช่นกัน

ตารางที่ 4.1.14 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ซ้ำเชื้อที่ 116 °ซ 48 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อายุการเก็บรักษา (เดือน)			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	6.92±0.83	7.10±1.03	7.17±1.05	6.43±1.33
สี	6.88±0.92 ^a	6.97±1.27 ^a	7.10±1.12 ^a	6.23±1.45 ^b
กลิ่น	7.30±0.92 ^a	7.43±0.94 ^a	7.70±0.70 ^a	6.58±1.33 ^b
รสชาติ	7.37±1.13 ^a	7.57±1.10 ^a	7.93±0.87 ^a	6.63±1.45 ^b
เนื้อสัมผัส	6.80±1.10 ^{ab}	7.12±0.96 ^a	7.27±1.26 ^a	6.23±1.30 ^b
ความชอบรวม	7.20±0.76 ^a	7.33±0.80 ^a	7.47±0.97 ^a	6.43±1.14 ^b

หมายเหตุ จากการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 30 คน

^{abc} ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรพิมพ์เล็กแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.1.15 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ซ้ำเชื้อที่ 121 °ซ 20 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อายุการเก็บรักษา (เดือน)			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ	6.98±0.70 ^a	7.28±1.06 ^a	7.23±1.10 ^a	6.30±1.26 ^b
สี	6.98±1.02 ^a	7.05±1.10 ^a	7.23±1.28 ^a	6.30±1.42 ^b
กลิ่น ^{ns}	7.37±1.00	7.40±0.97	7.43±0.97	7.07±0.91
รสชาติ ^{ns}	7.18±1.26	7.33±1.18	7.57±1.04	6.90±0.96
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.00±1.08	6.97±0.93	7.03±1.35	6.60±1.10
ความชอบรวม ^{ns}	7.05±0.93	7.27±0.91	7.23±0.94	6.73±0.91

หมายเหตุ จากการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 30 คน

^{abc} ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรพิมพ์เล็กแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

สำหรับผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะซ้ำเชื้อที่ 116 °ซ 92 นาที และซ้ำเชื้อที่ 121 °ซ 52 นาที ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แสดงในตารางที่ 4.1.16 และ 4.1.17 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 สภาวะซ้ำเชื้อ ทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้รับระดับคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาตลอดทั้ง 4 เดือน และอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก แสดงให้เห็นว่าระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือนนี้ ผลิตภัณฑ์ไม่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่สังเกตเห็นได้ โดยผู้ทดสอบยังให้การยอมรับในระดับเดิม

ตารางที่ 4.1.16 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 92 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อายุการเก็บรักษา (เดือน)			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.30±1.21	7.57±0.94	7.50±0.78	7.53±0.73
สี ^{ns}	7.50±0.94	7.62±0.91	7.53±0.86	7.33±0.80
กลิ่น ^{ns}	7.03±1.32	7.87±1.19	7.37±0.72	7.37±0.76
รสชาติ ^{ns}	6.98±1.32	7.02±0.95	7.33±0.96	7.27±0.94
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.22±1.22	7.40±1.10	7.63±0.72	6.97±1.22
ความชอบรวม ^{ns}	7.10±0.92	7.20±0.85	7.40±0.81	7.30±0.84

หมายเหตุ จากการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 30 คน

^{abc} ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรพิมพ์เล็กแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.1.17 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ 52 นาที ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ลักษณะทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			
	อายุการเก็บรักษา (เดือน)			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.23±1.28	7.77±0.73	7.53±0.73	7.43±0.94
สี ^{ns}	7.27±0.98	7.53±0.82	7.43±0.73	7.27±0.87
กลิ่น ^{ns}	7.30±1.26	7.07±0.94	7.63±0.89	7.37±0.85
รสชาติ ^{ns}	6.92±1.38	7.65±0.92	7.40±0.97	7.10±1.21
เนื้อสัมผัส ^{ns}	7.13±1.28	7.57±0.94	7.53±0.86	7.20±0.89
ความชอบรวม ^{ns}	7.32±0.88	7.80±0.71	7.50±0.78	7.30±0.79

หมายเหตุ จากการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 30 คน

^{abc} ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรพิมพ์เล็กแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์แสดงในตารางที่ 4.1.18 พบว่าลักษณะของกระป๋อง ค่าสูญญากาศ ค่าความเป็นกรดต่าง อยู่ในเกณฑ์ปกติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แม้จะมีความแตกต่างของค่าความเป็นกรดต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการเก็บรักษาบ้างก็ตาม แต่ยังคงจัดว่าอยู่ในช่วงค่าความเป็นกรดต่างปกติ ไม่พบว่าค่าความเป็นกรดต่างมีความผิดปกติที่ชัดเจน เช่น ลดลง หรือเพิ่มขึ้นผิดปกติ ที่อาจแสดงถึงโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงเสียได้

ตารางที่ 4.1.18 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนภายในน้ำซอสบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

ลักษณะทดสอบ	อายุการเก็บรักษา (เดือน)	คุณภาพผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนภายในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง* (อุณหภูมิ: °ซ/เวลาฆ่าเชื้อ: นาที)			
		เทอริยากิ (116/48)	เทอริยากิ(121/20	น้ำแดง (116/92)	น้ำแดง (121/52)
		สภาพกระป๋อง (can condition)	1	ปกติ	ปกติ
	2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ลักษณะภายนอกกระป๋อง (can outside)	1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ค่าสุญญากาศ (vacuum)	1	8.5±0.08	9.9±0.58	10.0±0.00	9.7±0.47
	2	9.8±1.18	9.3±0.85	9.4±0.43	9.3±0.24
น้ำพรอท ^{ns}	3	7.4±0.42	9.2±0.47	9.6±0.43	9.7±0.24
	4	8.6±0.85	9.2±0.85	9.1±0.54	9.3±0.24
น้ำหนักสุทธิ (net weight)	1	175.3±2.10 ^{ns}	174.8±0.22 ^{ns}	172.9±0.33 ^{ns}	176.1±0.86 ^a
	2	177.6±0.83	172.7±2.23	173.6±1.21	174.9±0.45 ^b
	3	178.0±0.78	173.7±1.11	173.7±0.39	174.1±0.70 ^b
	4	175.1±2.36	172.6±1.04	175.0±0.49	176.5±1.31 ^a
น้ำหนักเนื้อ (drain weight) ^{ns}	1	74.8±1.27	73.3±0.38	81.9±1.10	86.5±0.34
	2	75.7±0.25	71.1±0.68	81.7±0.80	84.6±0.33
	3	75.7±0.17	72.9±0.26	81.0±0.73	83.1±2.83
	4	79.0±2.88	70.7±2.04	84.5±1.35	84.4±1.40
ลักษณะภายในกระป๋อง (can inside)	1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
	4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	ปกติ
ค่าความเป็นกรดต่าง	1	5.23±0.00 ^a	5.35±0.04 ^{ab}	6.04±0.01 ^b	5.96±0.07 ^{ns}
	2	5.36±0.03 ^b	5.34±0.02 ^b	6.10±0.01 ^a	6.03±0.01
	3	5.38±0.02 ^b	5.42±0.02 ^a	6.06±0.01 ^b	5.95±0.04
	4	5.21±0.08 ^a	5.22±0.03 ^c	5.97±0.02 ^c	6.02±0.00

หมายเหตุ * ผลจากการตรวจสอบเดือนละ 3 กระป๋อง

^{abc} ค่าเฉลี่ยตามด้วยอักษรพิมพ์เล็กแตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

^{ns} แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญ (p>0.05)

6. การคำนวณต้นทุนราคาการผลิตห้องปลาแชลมอนอย่างบรรจุกระป๋อง

ต้นทุนการผลิต

ห้องปลาแชลมอนที่ใช้เป็นวัตถุดิบจากงานวิจัยนี้ซื้อปลีกจากพ่อค้าคนกลางซึ่งเป็นแหล่งจำหน่ายให้แก่พ่อค้าปลีกหรือร้านอาหารอีกต่อหนึ่ง จึงมีราคาสูงกว่าต้นทุนของโรงงานแปรรูป ซึ่งห้องปลาแชลมอนสด 1 กิโลกรัม ราคา 150 บาท เมื่อนำไปอย่างได้ผลผลิต นำไปตัดแต่งวัตถุดิบแล้วเหลือน้ำหนัก 600 กรัม คิดเป็นร้อยละของผลผลิตเท่ากับ ร้อยละ 60 และเมื่อนำเนื้อส่วนห้องปลาแชลมอนที่ตัดแต่งแล้วไปอย่างจะได้เนื้อห้องปลาแชลมอนอย่างน้ำหนัก 410.9 กรัม คิดเป็นร้อยละของผลผลิตเท่ากับ ร้อยละ 41.09 เนื้อห้องปลาแชลมอนอย่างในงานวิจัยนี้จึงมีราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 365.05 บาท ในการผลิตห้องปลาแชลมอนอย่าง 1 กระป๋อง ใช้เนื้อห้องปลาแชลมอนอย่าง 75 กรัม ดังนั้นเนื้อห้องปลาแชลมอนอย่างมีราคา 27.38 บาท ต่อ 1 กระป๋อง

6.1 การคำนวณต้นทุนราคาผลิตภัณฑ์ส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง

ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องแสดงในตารางที่ 4.1.19

ตารางที่ 4.1.19 ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนห้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณการใช้ ต่อกระป๋อง (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)	ราคา ต่อกระป๋อง (บาท)
ห้องปลาแชลมอนอย่าง	365.05	75.00	33.33	27.38
ซิงส์บ	25.00	15.96	10.62	0.40
ผิวมะนาว	-	1.60	1.07	-
ตะไคร้	25.00	7.98	5.33	0.20
ซอสเทอริยากิ	130.00	18.55	12.36	2.41
ซอสถั่วเหลือง (KIKOMAN)	208.33	15.96	10.62	3.33
น้ำตาลทรายแดง	32.50	23.98	16.00	0.78
น้ำ	2.00	15.96	10.67	0.03
รวม		175.00	100.00	34.53
กระป๋อง+ฝา				3.80
รวมราคาวัตถุดิบ				38.33

ต้นทุนผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องในงานวิจัยนี้เฉพาะราคาวัตถุดิบไม่รวมเชื้อเพลิง แรงงาน และค่าการตลาด มีราคาสูงถึง 38.33 บาทต่อกระป๋อง ซึ่งนับว่าสูงมาก เมื่อพิจารณาต้นทุนแต่ละรายการแล้วจะพบว่า รายการของเนื้อท้องปลาแชลมอนอย่างก็มีราคาสูงถึง 27.38 บาท ต่อกระป๋องแล้ว เหตุผลที่ต้นทุนสูงเช่นนี้ เนื่องจากราคาวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ คิดตามราคาซื้อปลีกจากพ่อค้าคนกลางที่ต้องสูงกว่าต้นทุนที่โรงงานอุตสาหกรรมอยู่แล้ว และในงานทดลองมีการตัดแต่งวัตถุดิบได้ผลผลิตเพียงร้อยละ 60 เท่านั้น ซึ่งหากเป็นการผลิตจริงในโรงงานอุตสาหกรรมการตัดแต่งจะทำด้วยความชำนาญ ซึ่งแน่นอนว่าจะได้ผลผลิตสูงกว่านี้มาก รายการต่อไปของส่วนผสมที่มีต้นทุนสูง ได้แก่ ซอสเทอริยากิ และซอสถั่วเหลือง (KIKOMAN) เนื่องจากเป็นวัตถุดิบนำเข้าที่มีราคาสูงมากอยู่แล้ว โดยเฉพาะเมื่อซื้อปลีกดังเช่นในงานวิจัยนี้ ทำให้เฉพาะส่วนผสม 2 รายการนี้เป็นต้นทุนถึง 5.74 บาทต่อกระป๋อง ในทางปฏิบัติหากนำสูตรนี้ไปประยุกต์ใช้ในการผลิต น่าจะต้องศึกษาสูตรของซอสที่มีต้นทุนต่ำกว่านี้ เช่นพัฒนาซอสเทอริยากิเอง หรือใช้ซอสถั่วเหลืองที่ผลิตในประเทศทดแทนซอสถั่วเหลืองยี่ห้อที่ใช้ในสูตรปัจจุบัน ซึ่งต้องพิจารณาผลทดสอบทางประสาทสัมผัสควบคู่ไปด้วย

แม้ว่าเมื่อพิจารณาต้นทุนเฉพาะวัตถุดิบที่สูงถึง 38.33 บาทต่อกระป๋อง ซึ่งไม่จูงใจในการพิจารณาลงทุนผลิตก็ตาม แต่หากพิจารณาถึงเหตุผลที่ทำให้ต้นทุนมีราคาสูงดังที่กล่าวแล้ว คาดว่าน่าจะลดต้นทุนได้พอสมควร และสามารถทำให้เกิดการแข่งขันได้ เนื่องจากผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์สูง และภาพลักษณ์ผลิตภัณฑ์อยู่ในเมนูอาหารที่มีราคาสูง อาจจำหน่ายได้ในราคาสูงกว่าปลากระป๋องทั่วไป

6.2 การคำนวณต้นทุนราคาผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างใน ซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

ตารางที่ 4.1.20 ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	ปริมาณการใช้ ต่อกระป๋อง (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)	ราคา ต่อกระป๋อง (บาท)
ท้องปลาแชลมอนอย่าง	365.05	75.00	35.80	27.38
น้ำมันหอย	67.92	9.77	6.30	0.66
แป้งข้าวโพด	105.00	2.34	1.53	0.25
ซอสมะเขือเทศ	54.17	5.29	3.39	0.29
ซีอิ๊วขาวเห็ดหอม	68.57	3.05	1.96	0.21
เกลือ	13.00	1.12	0.72	0.01
น้ำตาลทราย	22.50	3.46	2.24	0.08
พริกไทย	1040.00	0.51	0.33	0.53
น้ำ	2.00	74.47	47.73	0.15
รวม		175.00	100.00	29.56
กระป๋อง+ฝา				3.80
รวมราคาวัตถุดิบ				33.36

ต้นทุนผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนภายในในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องแสดงในตาราง 4.1.19 ในงานวิจัยนี้เฉพาะราคาวัตถุดิบไม่รวมเชื้อเพลิง แรงงาน และค่าการตลาด มีราคาสูงถึง 33.36 บาทต่อกระป๋อง แม้จะต่ำกว่าต้นทุนของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนภายในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องแต่ก็นับว่าเป็นต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างสูง เหตุผลหลักที่ทำให้ต้นทุนที่สูงสำหรับผลิตภัณฑ์นี้คือ ต้นทุนวัตถุดิบ ซึ่งการจัดการให้ต้นทุนต่ำลงมีเหตุผลเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนภายในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ และยังมีข้อคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์นี้ เมื่อลดต้นทุนแล้วน่าจะทำให้เกิดแข่งขันได้ด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น ข้อได้เปรียบของผลิตภัณฑ์นี้อีกประการหนึ่ง คือคุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงน้อยมาก ผู้ทดสอบยังให้คะแนนความชอบในระดับสูงไม่ต่างจากก่อนการเก็บรักษา (ในช่วงระยะเวลา 4 เดือนที่ศึกษา)

สรุปผลการวิจัย

1. เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนซึ่งเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปลาแล่แช่เยือกแข็งสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องได้ เนื่องจากมีความเป็นไปได้ในเชิงการผลิตและการยอมรับของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือ
2. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนบรรจุกระป๋องที่พัฒนาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างซอสเทอริยากิ และเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในน้ำแดง
3. เนื้อส่วนท้องของปลาเป็นส่วนที่มีไขมันสูงกว่าส่วนอื่น มีลักษณะนุ่มและมัน เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เฉพาะกลุ่ม การเตรียมส่วนท้องปลาที่เหมาะสมก่อนบรรจุกระป๋อง ได้แก่ การย่าง เพราะนอกจากจะสามารถลดไขมันได้บางส่วนแล้ว ยังทำให้เกิดกลิ่นย่างที่เป็นที่ยอมรับอีกด้วย
4. การพัฒนาสูตรซอสเทอริยากิ ประกอบด้วย ชิงลับ ผิวมะนาว ตะไคร้ ซอสเทอริยากิ ซอสถั่วเหลือง (KIKOMAN) น้ำตาลทรายแดง น้ำ ในสัดส่วนร้อยละ 15.96, 1.60, 7.98, 18.55, 15.96, 23.98, 15.96 ตามลำดับ ส่วนซอสน้ำแดง ประกอบด้วย น้ำมันหอย แป้งข้าวโพด ซอสมะเขือเทศ ซีอิ้วขาว เหน็ดหอม เกลือ น้ำตาลทราย พริกไทย น้ำ ในสัดส่วนร้อยละ 9.6, 4, 5.2, 3, 1.1, 3.4, 0.5, 73.2 ตามลำดับ
5. กระบวนการผลิตส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างบรรจุซอสที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ การนำท้องปลาแชลมอนมาล้าง หั่นเป็นชิ้น แช่น้ำเกลือร้อยละ 1 นาน 5 นาที อย่างที่อุณหภูมิ 165 °ซ เป็นเวลา 10 นาที ซับน้ำมัน บรรจุกระป๋องน้ำหนักเนื้อ 75 กรัม เติมส่วนผสมของน้ำซอส (ซอสเทอริยากิ หรือ ซอสน้ำแดง) ให้น้ำหนักรวม 175 กรัม นำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 90-100 °ซ 5 นาที ปิดฉนวนฝากระป๋อง นำไปฆ่าเชื้อที่สภาวะที่กำหนด
6. ผลการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่ 2 ระดับอุณหภูมิ พบว่า ปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116°ซ ระยะเวลา 48 นาที และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 20 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 8.325 และ 9.553 ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง เมื่อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116°ซ ระยะเวลา 92 นาที และฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 52 นาที ได้ค่า F_0 เท่ากับ 14.484 และ 15.284 ตามลำดับ
7. ผลวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ พบว่าทั้ง 2 สภาวะฆ่าเชื้อ ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสในเกณฑ์ค่อนข้างสูง คือ ชอบปานกลางถึงชอบมาก และมีความปลอดภัยในการบริโภคไม่แตกต่างกัน การฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์จึงสามารถใช้สภาวะการฆ่าเชื้อที่ระดับอุณหภูมิ 121°ซ หรือ 116°ซ ก็ได้ โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน
8. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา พบว่าจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยในการบริโภคตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน ส่วนผลทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบความชอบ hedonic scale พบว่าผลิตภัณฑ์ในซอสเทอริยากิทั้ง 2 สภาวะฆ่าเชื้อ เริ่มมีคะแนนความชอบในบางคุณลักษณะลดลงเล็กน้อยในเดือนที่ 4 ของการเก็บรักษา ส่วนผลิตภัณฑ์ในซอสน้ำแดงทั้ง 2 สภาวะฆ่าเชื้อ ทุกคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ได้รับระดับคะแนน

- ความชอบไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาตลอดทั้ง 4 เดือน แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและมีความปลอดภัยตลอดอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 4 เดือน
9. ต้นทุนผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนภายในซอสเทอริยากิและปลาแชลมอนภายในในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง เฉพาะราคาวัตถุดิบไม่รวมเชื้อเพลิง แรงงาน และค่าการตลาด เท่ากับ 38.33 และ 33.36 บาท ต่อกระป๋องตามลำดับ จะเห็นได้ว่านับเป็นต้นทุนที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากราคาวัตถุดิบส่วนท้องปลาที่คำนวณจากราคาที่ซื้อปลีกจากพ่อค้าคนกลางที่ต้องสูงกว่าต้นทุนที่โรงงานอุตสาหกรรมอยู่มาก การตัดแต่งที่ขาดความชำนาญทำให้ได้ผลผลิตต่ำ และต้นทุนส่วนผสมที่คำนวณจากราคาซื้อปลีก โดยเฉพาะซอสเทอริยากิ ซึ่งมีส่วนผสมของซอสเทอริยากิสำเร็จรูป และซอสถั่วเหลือง (KIKOMAN) ที่เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าทำให้ต้นทุนสูง ในทางปฏิบัติหากนำสูตรนี้ไปประยุกต์ใช้ในการผลิต ควรศึกษาสูตรของซอสที่มีต้นทุนต่ำกว่านี้เพิ่มเติม เช่นพัฒนาซอสเทอริยากิเอง หรือใช้ซอสถั่วเหลืองที่ผลิตในประเทศทดแทนซอสถั่วเหลืองยี่ห้อที่ใช้ในสูตรปัจจุบัน
10. แม้ว่าเมื่อพิจารณาต้นทุนเฉพาะวัตถุดิบที่ค่อนข้างสูงแล้วอาจไม่เป็นการจูงใจในการลงทุนผลิตก็ตาม แต่หากพิจารณาถึงเหตุผลที่ทำให้ต้นทุนมีราคาสูงดังที่กล่าวแล้ว คาดว่าน่าจะลดต้นทุนได้พอสมควรและสามารถทำให้เกิดการแข่งขันได้ เนื่องจากผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์สูงและภาพลักษณ์ผลิตภัณฑ์อยู่ในเมนูอาหารที่มีราคาสูง อาจจำหน่ายได้ในราคาสูงกว่าปลากระป๋องทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

1. ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนบรรจุกระป๋องนี้ มีความเป็นไปได้ในนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยจัดเป็นผู้นำการผลิตอาหารทะเลกระป๋องประเทศหนึ่ง และโรงงานผลิตอาหารทะเลกระป๋องหลายแห่งตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบเศษเหลือส่วนท้องปลาแชลมอนอยู่แล้วจึงมีความเป็นไปได้ในการพัฒนาในเชิงการค้า
2. ควรพัฒนาสูตรซอสเทอริยากิที่มีต้นทุนต่ำกว่านี้เพิ่มเติม เนื่องจากสูตรซอสจากงานวิจัยนี้มีส่วนผสมของซอสเทอริยากิสำเร็จรูป และซอสถั่วเหลือง (KIKIOMAN) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีต้นทุนสูงมาก ควรพิจารณาใช้ซอสถั่วเหลืองที่ผลิตในประเทศทดแทน โดยต้องพิจารณาควบคู่ไปกับผลการยอมรับทางประสาทสัมผัส

สรุปแผนงานวิจัย

โครงการวิจัยที่ 4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแชลมอน

แผนงานวิจัย	ผลที่ได้
1. ศึกษาการแปรรูปเนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนให้เป็นผลิตภัณฑ์กระป๋องในรูปแบบต่าง ๆ	กำหนดชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ควรพัฒนา ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิ เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดง ได้วิธีการเตรียมเนื้อปลา: วิธีการย่าง เนื่องจากสามารถลดไขมันบางส่วนออก และทำให้เกิดกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับ พัฒนาสูตรน้ำซอส 2 ชนิด ซอสเทอริยากิ และซอสน้ำแดงที่ได้รับการยอมรับ
2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการฆ่าเชื้อ	กำหนดสภาวะการฆ่าเชื้อ 2 ระดับ คือ 121°C และ 116°C ในซอสเทอริยากิที่ 121°C/20 นาที ($F_0 = 9.5$), 116°C/48 นาที ($F_0 = 8.3$) ในซอสน้ำแดงที่ 121°C/52 นาที ($F_0 = 15.3$), 116°C/92 นาที ($F_0 = 14.5$) สามารถเลือกใช้สภาวะการฆ่าเชื้อใดก็ได้ โดยมีคุณภาพใกล้เคียงกัน
3. ศึกษาคุณภาพผลิตภัณฑ์และความปลอดภัยในการบริโภค	ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการบริโภค ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสในระดับสูง (ชอบปานกลาง-ชอบมาก) ต้นทุน (ไม่รวมเชื้อเพลิง แรงงาน และค่าการตลาด) ผลิตภัณฑ์ในซอสเทอริยากิ เท่ากับ 38.33 บาทต่อกระป๋อง และในซอสน้ำแดง เท่ากับ 33.36 บาทต่อกระป๋อง

แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์จากเนื้อส่วนท้องของปลาแชลมอนบรรจุกระป๋อง จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์	****	****	****	****	****							
2. ศึกษาการกำหนดกระบวนการในการฆ่าเชื้อแต่ละผลิตภัณฑ์					****	****	****	****				
3. ศึกษาคุณภาพและความปลอดภัย								****	****			
4. วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน									****	****	****	****

ได้ดำเนินการตามแผนการดำเนินงาน ครบสมบูรณ์แล้ว

เอกสารอ้างอิง

- น.ส.พ. เติลนิวิศ. 2554. ปลาอย่างซอสเทอริยากิ. หนังสือพิมพ์เติลนิวิศ วันที่ 29 กรกฎาคม 2554. แหล่งที่มา: <http://www.papamenu.com/?p=3107>, 20 พฤษภาคม 2555.
- นฤมล อัสวเกศมณี. 2550. การเก็บถนอมสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- ปกรณ อินทรดิษฐ์. 2546. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) บรรจุกระป๋อง.
- ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2527. ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มาลัย บุญรัตน์กรกิจ. 2543. จุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำและสาเหตุการเสียของอาหารกระป๋องเป็นกรดต่ำ. ใน เอกสารการฝึกอบรม เรื่อง ความเสี่ยงจากจุลินทรีย์ในอาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ (Microbial Risk in LACF). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โรงพิมพ์ภาพพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- วิไล รังสาดทอง. 2552. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. บริษัท เท็กซ์ แอนด์ เจอร์นัล พับลิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. วิธีวิเคราะห์อาหารทางจุลชีววิทยา เล่ม 1 อาหารกระป๋อง (มอก. 335 -2523). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2529. ปลาแมกเกอร์เลดกระป๋อง (มอก. 645-2529). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- เสมอพร สัจวาสี. 2551. เมนูปลา. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์ อมรินทร์, กรุงเทพฯ.
- A.O.A.C. 1995. **Official Methods of Analysis**. 16th ed., Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia.
- Adams, M.R. and Moss M.O. 2008. **Food microbiology**. 3rd ed. The royal society of chemistry, UK
- Anderson, S. 2001. **Salmon Color and the Consumer**. In R. S. Johnston (ed.) and A. L. Shriver (compiled), Microbehavior and Macroresults: Proceedings of the Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade, July 10-14, 2000, Corvallis, Oregon, USA. International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET), Corvallis, OR.

- AOAC. 2006. **Official Methods of Analysis**. 18th ed., Association of Official Analytical Chemist. Gaithersburg, Maryland.
- Connell, J.J. 1990. Control of Fish Quality. 3rd ed. Fishing News Books, Great Britain.
- Danehy, J.P. 1986. Maillard reaction: non-enzyme browning in food systems with specific reference to the development of flavor. **Adv. Food Res.** 30: 77-138.
- Gavin, A. and Wedding, L.M. 1995. Canned foods-principles of thermal process control, **Acidification and Container Closure Evaluation**. 6th ed. New York, USA.
- Holdsworth, S.D. 1997. Thermal Processing of Packaged Foods. Blackies Academic & Professional, London.
- Hutchison, M. 1995. Laboratory services. In R.J. Footitt and A.S. Lewis, eds. **The Canning of Fish and Meat**. Chapman & Hall, New York.
- Kautter, D.A., W.L. Landry, A.H. Schwab and G. Lancette. 1992. Chapter 21 A. **Examination of Canned Foods**. In Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual. 7th. AOAC International. Arlington, Virginia.
- Laiset, B., R. Nortvedt, E. Lied and M. Espe. 2002. Studies on the nitrogen recovery in enzymic hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.) frames by ProtamexTM Protease. **Process Biochemistry** 37: 1263-1269.
- Linnaeus. 1758. FAO Species Fact Sheet. In Food and agriculture organization of the united nation. Available source: <http://www.fao.org/fishery/species/2929/en>, June 10, 2012.
- Mauron, J. 1982. Effect of processing on nutritive value of food: protein. In M. Rechcigl, ed. **Handbook of the Nutritive Value of Process Food**. CRC press, Florida.
- Miki, W. 1991. Biological functions and activities of animal carotenoids. **Pure & Applied Chemistry** 63(2): 141-146.
- Pigott, P. 1990. Salmon gum research. **Tree Decline and Revegetation Newsletter**. 2, p. 2
- Rora A.M.B. and O. Einen. 2003. Effect of freezing on quality of cold smoked salmon based measurements of physicochemical characteristics. **J. Food Sci.** 68: 2123-2128.
- Sikorski, Z.E. 1990. Seafood: Resources. **Nutritional Composition and Preservation**. CRC Press, Florida.
- Stumbo, C.R. 1973. **Thermobacteriology in Food Processing**. 2nd ed. Academic press, New York.
- USFDA. 2001. **Bacteriological Analytical Manual Online**. Available Source: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006949.htm>, November 22, 2012.



ภาคผนวก ก
แบบทดสอบผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ก1 แบบทดสอบระดับความเหมาะสมจากวิธีการใช้สเกลวัดความพอดี (Just Right Scale)

ตัวอย่าง.....

ชื่อผู้ประเมิน..... วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาชิมผลิตภัณฑ์แล้วตอบคำถามโดยเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน
ในแต่ละคำถาม

คุณลักษณะ	อ่อนเกินไป	อ่อนเกินไป	กำลังดี	เข้มเกินไป	เข้มเกินไป
สีเนื้อปลา					
สีน้ำซอส					
กลิ่นปลา					
กลิ่นเครื่องเทศ					
รสหวาน					
รสเค็ม					
กลิ่นย่าง					
เนื้อสัมผัส(ความเหนียว)					
รสชาติรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ภาคผนวก ก2 แบบทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9 Point Hedonic Scale

ตัวอย่าง.....

ชื่อผู้ประเมิน..... วันที่.....

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

คุณลักษณะ	คะแนน		ชอบมากที่สุด = 9	ไม่ชอบเล็กน้อย = 4
	รหัสตัวอย่าง.....	รหัสตัวอย่าง.....		
ลักษณะปรากฏ			ชอบปานกลาง = 7	ไม่ชอบมาก = 2
สี			ชอบเล็กน้อย = 6	ไม่ชอบมากที่สุด = 1
กลิ่น			เฉย ๆ = 5	
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

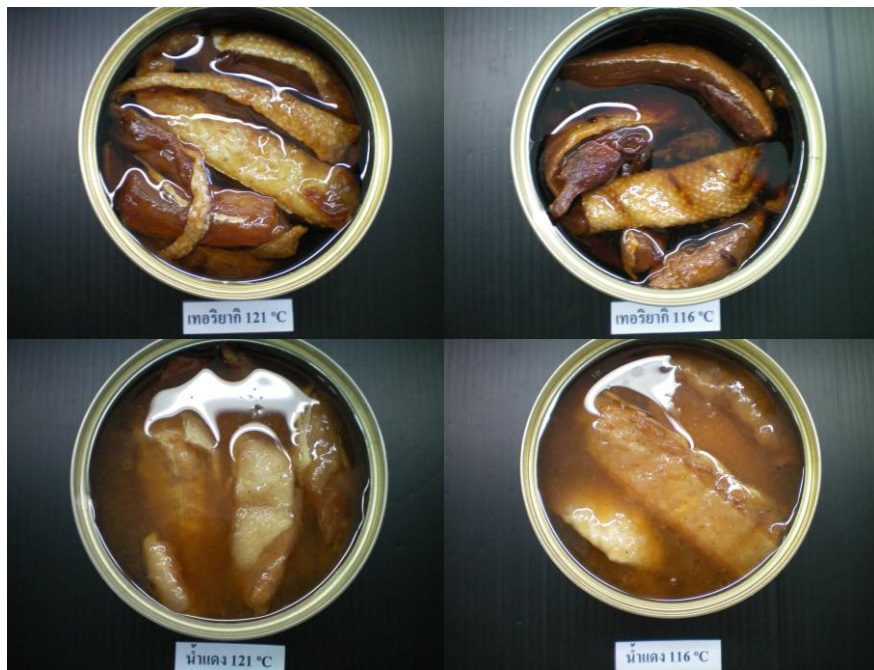
.....
.....

ภาคผนวก ข

ภาพเนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนที่เตรียมด้วยวิธีต่างๆ
และผลิตภัณฑ์เนื้อส่วนท้องปลาแชลมอนบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษา



ภาพผนวกที่ ข1 เนื้อส่วนท้องปลาแซลมอนดิบ (a), ต้มสุก (b), ต้มก่อนแล้วอย่าง (c) และอย่าง (d)



ภาพผนวกที่ ข2 ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนอย่างในซอสเทอริยากิ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 2 สภาวะคืออุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 20 นาที และอุณหภูมิ 116°ซ ระยะเวลา 48 นาที และผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนอย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 2 สภาวะคืออุณหภูมิ 121°ซ ระยะเวลา 52 นาที และอุณหภูมิ 116°ซ ระยะเวลา 92 นาที



หลังเก็บรักษา 1 เดือน	หลังเก็บรักษา 2 เดือน	หลังเก็บรักษา 3 เดือน	หลังเก็บรักษา 4 เดือน
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

ภาพผนวกที่ ข3 ผลผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิ ฆ่าเชื้อที่ 121°ซ 20 นาที ระหว่างการเก็บรักษา 4 เดือน



หลังเก็บรักษา 1 เดือน	หลังเก็บรักษา 2 เดือน	หลังเก็บรักษา 3 เดือน	หลังเก็บรักษา 4 เดือน
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

ภาพผนวกที่ ข4 ผลผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสเทอริยากิ ฆ่าเชื้อที่ 116°ซ 48 นาที ระหว่างการเก็บรักษา 4 เดือน



หลังเก็บรักษา 1 เดือน	หลังเก็บรักษา 2 เดือน	หลังเก็บรักษา 3 เดือน	หลังเก็บรักษา 4 เดือน
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

ภาพผนวกที่ ข5 ผลผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดง ฆ่าเชื้อที่ 121°ซ 52 นาที ระหว่างการเก็บรักษา 4 เดือน



หลังเก็บรักษา 1 เดือน	หลังเก็บรักษา 2 เดือน	หลังเก็บรักษา 3 เดือน	หลังเก็บรักษา 4 เดือน
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

ภาพผนวกที่ ข6 ผลผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแชลมอนอย่างในซอสน้ำแดง ฆ่าเชื้อที่ 116°ซ 92 นาที ระหว่างการเก็บรักษา 4 เดือน