รายงานผลการวิจัย

เรื่อง ผลของการใช้อบเชยและกานพลูร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศในการยืดอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร

Effect of a Combination of Cinnamon and Clove and Vacuum Packaging on Shelf-life Extension and Acceptability of Cold-smoked Red Tilapia Fillet for Food Safety

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ : การผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ความปลอดภัยด้านอาหาร

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2554-2555

จำนวน 371,500 บาท

หัวหน้าโครงการ นางวิจิตรา แดงปรก

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

กรกฎาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	จ
สารบัญภาพผนวก	ฉ
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
กิตติกรรมประกาศ	3
คำนำ	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	21
ผลการวิจัย	29
วิจารณ์ผลการวิจัย	61
สรุปผลการวิจัย	67
ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก ก. แบบทดสอบ	74
ภาคผนวก ข. รูปภาพ	82

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณการใช้กานพลูและสารสกัดจากกานพลูในอาหารชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 2	ปริมาณการใช้น้ำมันกานพลูในอาหารชนิดต่างๆ	13
ตารางที่ 3	ปริมาณการใช้อบเชยในอาหารชนิดต่างๆ	15
ตารางที่ 4	ปริมาณการใช้น้ำมันอบเชยในอาหารชนิดต่างๆ	16
ตารางที่ 5	คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยอบเชยและน้ำมันหอมระเหยกานพลู	18
ตารางที่ 6	รายละเอียดของเนื้อปลาทับทิมที่มีการใช้สารสกัดจากอบเชยและกานพลูที่แตกต่างกัน	24
ตารางที่ 7	คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเริ่มต้น	29
ตารางที่ 8	คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเริ่มต้น	30
ตารางที่ 9	การเปลี่ยนแปลงความชื้นของปลาทับทิมรมควันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	31
ตารางที่ 10	การเปลี่ยนแปลงค่า water activity ของปลาทับทิมรมควันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	32
ตารางที่ 11	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	33
ตารางที่ 12	การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	34
ตารางที่ 13	การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	34
ตารางที่ 14	การเปลี่ยนแปลงค่า b*ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	35
ตารางที่ 15	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	36
ตารางที่ 16	การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu/g) ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	36

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 17	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	37
ตารางที่ 18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	38
ตารางที่ 19	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	38
ตารางที่ 20	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	39
ตารางที่ 21	การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	39
ตารางที่ 22	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	40
ตารางที่ 23	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับทางด้านสีในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	41
ตารางที่ 24	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	42
ตารางที่ 25	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับรวมในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน	43
ตารางที่ 26	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน	44
ตารางที่ 27	การเปลี่ยนแปลงค่า TRARS ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 28	ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูในระดับที่แตกต่างกัน	48
ตารางที่ 29	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้จากเนื้อปลาสดและเนื้อปลาแช่เยือกแข็ง	55
ตารางที่ 30	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 128)	56
ตารางที่ 31	ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น	58
ตารางที่ 32	คะแนนความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบริโภคเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น	59
ตารางที่ 33	ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภคและการพัฒนาผลิตภัณฑ์	60

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	46
ภาพที่ 2	การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	47
ภาพที่ 3	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของลักษณะปรากฏของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	49
ภาพที่ 4	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของสีของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	49
ภาพที่ 5	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของกลิ่นของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	50
ภาพที่ 6	การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับรวมของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	50
ภาพที่ 7	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	51
ภาพที่ 8	ผลการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ	52
ภาพที่ 9	ผลการยอมรับด้านสีที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ	53
ภาพที่ 10	ผลการยอมรับด้านกลิ่นที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ	54
ภาพที่ 11	ผลการยอมรับด้านการยอมรับรวมที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ	54

สารบัญภาพผนวก

		หน้า
ภาพผนวกที่ 1	การล้างเนื้อปลาทับทิมด้วยน้ำผสมน้ำแข็ง	83
ภาพผนวกที่ 2	การ แช่เนื้อปลาทับทิมในน้ำเกลือ	83
ภาพผนวกที่ 3	การสะเด็ดน้ำเนื้อปลาทับทิม	84
ภาพผนวกที่ 4	ตู้รมควัน	84
ภาพผนวกที่ 5	เครื่องบรรจุสุญญากาศ	85
ภาพผนวกที่ 6	เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก	85
ภาพผนวกที่ 7	น้ำมันหอมระเหยกานพลู (ซ้าย) และอบเชย (ขวา)	86
ภาพผนวกที่ 8	เนื้อปลาทับทิมรมควัน	86
ภาพผนวกที่ 9	เนื้อปลาทับทิมรมควันที่บรรจุถุงแบบสุญญากาศ	87
ภาพผนวกที่ 10	เนื้อปลาทับทิมรมควันที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ	87
ภาพผนวกที่ 11	เนื้อปลาทับทิมรมควันสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส	88

ผลของการใช้อบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศในการยืดอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร

Effect of a Combination of Cinnamon and Clove and Vacuum Packaging on Shelf-life Extension and Acceptability of Cold-smoked Red Tilapia Fillet for Food Safety

วิจิตรา แดงปรก

Wichittra Daengprok

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้สารสกัดอบเชยและกานพลูที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 5 และ 10 ของน้ำหนักเนื้อปลาเริ่มต้น ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น พบว่าการใช้ในรูปของสารสกัดไม่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นได้ การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูร้อยละ 0.5 และ 1.0 สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นได้เมื่อเทียบกับเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่ได้ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลู (ตัวอย่างควบคุม) โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ จุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิต่ำและแบคทีเรียกรดแลคติกได้ อายุการเก็บรักษาของของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูร้อยละ 0.5 และ 1.0 มีค่าเท่ากับ 16 วัน ส่วนตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยร้อยละ 0.15 และ 0.30 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูร้อยละ 0.15 และ 0.30 มีค่าเท่ากับ 16 วัน ส่วนตัวอย่างควบคุมมีค่าเท่ากับ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับเนื้อปลาทับทิมที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้นสูงเพียงอย่างเดียว ส่วนอายุการเก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ พบว่าการใช้น้ำมันหมอระเหยกานพลูและอบเชยสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้อีก 4 วันเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 8 และ 4 วัน ตามลำดับ การแช่เยือกแข็งเนื้อปลาทับทิมสดก่อนนำไปรมควันไม่ส่งผลเสียต่อการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้ ($p > 0.05$) จากการสอบถามผู้บริโภคจำนวน 128 คน พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 89.84 ให้ความสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นไปลองบริโภค โดยต้องการลักษณะบรรจุภัณฑ์เป็นถุงพลาสติกบรรจุแบบสุญญากาศและขนาดบรรจุ 500 กรัม มาก

ที่สุด มีค่าร้อยละ 73.44 และ 42.19 ตามลำดับ โดยมีราคาที่เหมาะสมต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วยเท่ากับ 50 บาทและ 100 บาท คิดเป็นร้อยละ 32.03 และ 31.25 ของผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปลาทับทิม การรมควัน อบเชย กานพลู การยืดอายุการเก็บรักษา

Abstract

Studies of using extracts of cinnamon and clove at the concentrations of 0, 5% and 10% of the initial weight of the fish, together with vacuum packaging to extend the shelf life of the cold smoked red nile tilapia fillets. It was found that the extracts could not extend the shelf-life of the cold smoked red nile tilapia fillets. The use of clove essential oil at the concentration of 0.5% and 1.0% could extend the shelf life of the cold smoked red nile tilapia fillets compared to the fillets without clove essential oil (control). The clove essential oils could retard the growth of mesophilic aerobes, psychrotrophs and lactic acid bacteria. The shelf- life of the cold smoked red nile tilapia fillets with essential oils of clove at the levels of 0.5% and 1.0% were equal to 16 days while the controls were equal to 4 days at 4 ° C. When using essential oils of clove and cinnamon at the levels of 0.15% and 0.30%, compared to the control, the results showed that the shelf life of the cold smoked red nile tilapia fillets were equal to 16 days while the control were equal to 4 days at 4 ° C, which was in a similar results with the cold smoked red nile tilapia fillets way using clove essential oil alone. The shelf-life of the cold smoked red nile tilapia fillets under normal atmosphere with the essentials oil of clove and cinnamon was extended to 4 days as compared to the control, with the shelf life of 8 and 4 days, respectively. Freezing of fresh fillets prior to smoking did not adversely affect the acceptance of the cold smoked red nile tilapia fillets ($p > 0.05$) from 128 consumers. It was also found that 89.84 percent of consumers were interested to buy the cold smoked red nile tilapia fillets. The suitable packaging of vacuum-packed plastic bag with 500g per unit was liked most by the consumers with 73.44% and 42.19% of total, respectively. The price per unit was 50 and 100 baths from 32.03% and 31.25% of consumer respondents, respectively.

Key words: red nile tilapia, smoking, cinnamon, clove, shelf-life extension

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้อบเชยและกานพลูร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศในการยืดอายุการเก็บรักษาและการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2554-2555 ซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโทที่ช่วยทำงานวิจัยนี้

วิจิตรา แตงปรก

ผู้วิจัย

คำนำ

ปลาทับทิมเป็นปลาเนื้อเศรษฐกิจที่มีปริมาณเนื้อมากถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนัก เติบโตเร็ว เนื้อขาวแน่นละเอียด รสชาติดี และมีโภชนาการสูง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไป (ประสิทธิ์ศิลป์, 2552) ซึ่งการรมควันเป็นกระบวนการหนึ่งที่นำมาประยุกต์ใช้กับการแปรรูปปลา เป็นวิธีการใช้ผลของการเก็บรักษาร่วมกันของการทำแห้งและควัน โดยองค์ประกอบทางเคมีที่อยู่ในควันไม้จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ร่วมกับการลดความชื้นของเนื้อปลา ทำให้อายุการเก็บรักษาปลารมควันนานขึ้น

ปลาทับทิมหรือปลานิลแดง (red tilapia) เป็นปลาเนื้อเศรษฐกิจที่มีปริมาณเนื้อมากถึงร้อยละ 40 ของน้ำหนัก เติบโตเร็ว เนื้อขาวแน่นละเอียด รสชาติดี และมีโภชนาการสูง ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไป (ประสิทธิ์ศิลป์, 2552) จัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เป็นแหล่งของโปรตีนในปริมาณสูงและมีคุณภาพดี แร่ธาตุและวิตามินชนิดต่างๆ ถ้าเลี้ยงด้วยอาหารเม็ดที่มีคุณภาพสูง จะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า-3 สูงกว่าปลาน้ำจืดตามธรรมชาติทั่วไปถึง 4 เท่า มีรสชาติอร่อย ไม่มีกลิ่นคาว เนื่องจากมีความก้าวหน้าในเรื่องของเทคโนโลยีในการเลี้ยง การจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นการบริโภคภายในประเทศ มีส่งออกบ้างแต่น้อยมาก โดยส่งออกในรูปของเนื้อปลาแช่เยือกแข็ง ไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศแถบยุโรป ดังนั้นจึงมีความต้องการงานวิจัยที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ปลาทับทิม เพื่อเพิ่มโอกาสทางการตลาดและเพิ่มมูลค่าให้กับปลาทับทิม ผลิตภัณฑ์ประเภทที่ผ่านการหมักและรมควัน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วโลก การนำเนื้อปลาทับทิมมาผ่านกระบวนการหมัก (curing) และรมควันเย็น จะช่วยให้ได้เนื้อปลาทับทิมที่มีกลิ่นรสที่ดี มีกลิ่นหอมของควัน เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีโอกาสทางการตลาดเพิ่มขึ้นกว่าการจำหน่ายเพียงปลาชิ้น (fillet) แต่เนื่องจากมีการใช้เกลือต่ำและไม่ผ่านความร้อน จึงต้องเก็บในตู้เย็น อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันที่ได้มีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น ดังนั้นจึงต้องการทำการวิจัยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยการใช้อบเชยร่วมกับกานพลูซึ่งเป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ รวมทั้งใช้วิธีการบรรจุแบบสุญญากาศ

สารสกัดจากพืชหลายชนิดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารได้ บางชนิดสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ แต่การใช้เครื่องเทศเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารในทางการค้ายังมีไม่มากนัก อบเชยและกานพลูเป็นพืชสมุนไพรที่พบว่ามีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Goni *et al.*,2009; Matan *et al.*, 2006) ดังนั้นการนำเครื่องเทศทั้ง 2 ชนิดซึ่งสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทยและมีราคาไม่แพง และเป็นเครื่องเทศที่ใช้ในน้ำเกลือปรุงรสอยู่แล้ว มาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

ส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคและเพิ่มความปลอดภัยอาหาร นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านต่างๆ อีกด้วย และเป็นการสนับสนุนชุดโครงการวิจัย เรื่อง การผลิตสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม ความปลอดภัยด้านอาหาร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้อบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น
2. เพื่อศึกษาการยอมรับเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่เตรียมจากเนื้อปลาทับทิมสดแช่เยือกแข็ง
3. เพื่อศึกษาการตั้งใจซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นของผู้บริโภค

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ปลาทับทิมรมควันที่ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม ความปลอดภัยด้านอาหาร
2. เพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคในการรับประทานเนื้อปลาให้มีความหลากหลายยิ่งขึ้น

การตรวจเอกสาร

การยืดอายุการเก็บรักษาอาหารช่วยให้อาหารนั้นสามารถเก็บรักษาไว้เพื่อบริโภคได้นานขึ้น ช่วยลดปัญหาการล้นตลาดและช่วยเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบทางการเกษตร อายุการเก็บรักษา (shelf-life) หมายถึงช่วงระยะเวลาที่อาหารอยู่ในบรรจุภัณฑ์และเก็บรักษาในสภาวะที่กำหนด ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารให้อยู่ในระดับที่กำหนดได้ ปลาเป็นอาหารที่เกิดการเสื่อมเสียได้ง่ายที่สุดชนิดหนึ่ง ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น การเสื่อมเสียเกิดขึ้นได้ทั้งจากปฏิกิริยาเคมี จากจุลินทรีย์และจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลาเอง โดยเฉพาะในส่วนของเครื่องใน สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของปลาในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การวัดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยสลายของ ATP (adenosine triphosphate) พวกไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) และค่า K (K- value) ปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N, total volatile base nitrogen) ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA, trimethylamine) การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

การเน่าเสียของเนื้อปลา

สัตว์น้ำประเภทปลาสามารถเกิดการเน่าเสียได้โดยปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเองหรือเกิดจากจุลินทรีย์ได้เช่นเดียวกับเนื้อสัตว์ประเภทอื่น แต่เนื้อปลาจะมีการเน่าเสียที่เร็วกว่า เนื่องจากมีความเป็นกรดต่ำกว่าเนื้อสัตว์บก ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว ปลาจะเน่าเสียเร็วหรือช้าขึ้นกับจำนวนแบคทีเรียที่อยู่บนตัวปลา อุณหภูมิตัวปลา ระยะเวลาหลังปลาตาย รวมทั้งความสะอาดและขั้นตอนการผลิต เมื่อเนื้อปลาเน่าเสีย สีของปลาจะซีด มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลเกิดขึ้น มีเมือกเพิ่มขึ้น เนื้อปลานิ่มและมีน้ำซึมออกมาจากเนื้อ เนื้อปลาฉีกขาดง่าย และถ้าปลาที่มีไขมันสูง อาจมีกลิ่นเหม็นหืนเกิดขึ้น (มัทนา, 2545)

จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ปลาแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่

1. จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นดัชนี (indicator organism) เป็นจุลินทรีย์ที่บ่งชี้ถึงความสด ความสะอาดของผลิตภัณฑ์ สุขลักษณะของโรงงานและพนักงาน ได้แก่ กลุ่มจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศ (aerobic plate count) , *Escherichia coli*, faecal streptococci ถ้าหากว่ามีปริมาณมากเกินกำหนด จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค

2. จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic organism) ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Vibrio parahaemolyticus* และ *Vibrio cholerae*

3. จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย (spoilage organism) จุลินทรีย์กลุ่มนี้เมื่อปนเปื้อนในอาหาร ทำให้อาหารนั้นเสียและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น แบคทีเรียในกลุ่ม Pseudomonads ได้แก่ P. *ambigua, P. convexa, P. fragi, P. fluorescens, P. incognata, P. ovalis, P. perolens* และ *P. putrefaciens*

ปลาทับทิม

ปลาทับทิมหรือปลานิลแดง (red tilapia) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oreochromis* sp. เป็นปลาที่ได้รับการปรับปรุงสายพันธุ์ให้ดีขึ้น โดยการผสมระหว่าง *Oreochromis mossambicus*×*O. niloticus* (nile tilapia) ปลาทับทิมเป็นปลาที่สามารถเลี้ยงในเชิงเศรษฐกิจได้ เป็นปลาซึ่งเกษตรกรผู้มีทุนน้อยสามารถเลี้ยงได้ในเชิงเศรษฐกิจ ผลผลิตเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากมีผู้นิยมบริโภคเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นประชาชนทั่วไป ร้านอาหาร โต๊ะจีนต่างนิยมนำปลาทับทิมมาทำเป็นอาหาร ปลาทับทิมมีลักษณะเด่นหลายประการ เช่น เส้นใยเนื้อละเอียดแน่นจึงมีรสชาติดีและปราศจากกลิ่น มีไขมันต่ำมาก จึงปราศจากกลิ่นที่เกิดจากไขมันในตัวปลาและเป็นไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์ ปริมาณเนื้อบริโภคได้ต่อน้ำหนักสูงถึงร้อยละ 40 และมีส่วนสันหนามาก ส่วนหัวเล็ก โครงกระดูกเล็ก ก้างน้อยและผิวมีสีแดงอมชมพู เนื้อทุกส่วนสีขาวทำให้น่ารับประทาน เป็นต้น (นิรนาม, ม.ป.ป.) นอกจากนี้ยังพบว่าได้มีการส่งออกปลาทับทิมไปจำหน่ายยังต่างประเทศอีกด้วย เช่นไปยังประเทศแถบยุโรป อเมริกา และญี่ปุ่น เป็นต้น

ผลิตภัณฑ์ปลารมควัน

ผลิตภัณฑ์ปลารมควันเป็นผลิตภัณฑ์หลักของหลายๆ ประเทศ เช่น รัสเซีย เยอรมัน และอังกฤษ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมากและได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ปลารมควันได้รับความสำคัญรองลงมา สำหรับการทำปลารมควันก่อนที่จะทำการรมควันนั้นจะต้องมีใส่เกลือลงในผลิตภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น และรูปแบบของผลิตภัณฑ์ก็มีการพัฒนาแตกต่างกันไป ซึ่งหลายๆ เมืองได้พัฒนาจนเป็นระดับอุตสาหกรรม รวมถึงการขนส่งไม่มีข้อจำกัด เพราะไม่ต้องเร่งกระจายสินค้าเหมือนปลาสด

ปลาแซลมอนรมควันเย็น (cold smoked salmon) เป็นผลิตภัณฑ์ปลารมควันที่ได้รับความนิยมบริโภคมากที่สุด ต้องใช้ปลาสดมาก นำมาตึงเอาเครื่องในออก ผ่าเป็นสองซีกหรือทำเป็นชิ้น (fillet) ใส่เกลือ นิยมใช้การคลุกกับเกลือ (dry salting) มากกว่าการแช่ในน้ำเกลือ (brine) เพราะการ

คลุกกับเกลือสามารถลดความชื้นในตัวปลาได้ ก่อนใส่เกลือจะกรีดปลาเป็นรอยที่ด้านหลังของปลาตรงส่วนที่หนาที่สุดเพื่อให้เกลือซึมได้สม่ำเสมอ ทิ้งไว้ประมาณ 36 ชั่วโมง แล้วนำปลาไปล้างน้ำ 2-3 ครั้ง รมควันด้วยควันอ่อนๆ ใช้ความร้อนต่ำๆ โดยอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 80 องศาฟาเรนไฮต์ รม 6-7 ชั่วโมงแล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 100 องศาฟาเรนไฮต์ 30 นาที-1 ชั่วโมง จนน้ำหนักลดลงจากเริ่มต้นประมาณร้อยละ 7-9 (อุมาพร, 2540)

องค์ประกอบทางเคมีของปลาแซลมอนรมควันเป็นดังนี้ เกลือร้อยละ 2-4ความชื้นร้อยละ 60-70 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.8 และมีค่า pH 5.8-6.3 จัดเป็นอาหารที่เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย พบว่าปลาแซลมอนรมควันเย็นบรรจุแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษานานประมาณ 5 สัปดาห์ (Cardinala *et al.*, 2004) โดยชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรียกรดแลกติก นอกจากนี้ยังมีพวก *Enterobacteriaceae*, *Brochotrix thermosphacta*, *Photobacterium phosphoreum* และยีสต์ โดยปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัสจะมีค่าอยู่ในช่วง 7-8 log cfu/g (Hansen *et al.*, 1998) การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสที่พบมีดังนี้คือมีกลิ่นเหม็นเน่าเกิดขึ้นและเนื้อสัมผัสเปลี่ยนไปคือมีลักษณะเนื้อนิ่มเละ

Sigurgisladottir *et al.* (2000) ศึกษาผลของการเก็บปลาแซลมอนแช่เยือกแข็งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ปลาแซลมอนรมควันที่ได้ พบว่าการแช่เยือกแข็งทำให้เนื้อปลาแซลมอนเหนียวขึ้นและมีช่องว่างระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อร้อยละของผลผลิตที่ได้ อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของปลาแซลมอนรมควันที่ได้

การรมควัน (smoking)

มีการใช้ควันเพื่อถนอมรักษาเนื้อสัตว์มานานหลายศตวรรษแล้ว การรมควันเป็นการถนอมรักษาอาหารโดยวิธีลดปริมาณน้ำบางส่วนควบคู่กับการใช้สารเคมีจากควัน จุดประสงค์ในการรมควันมีดังนี้ เพิ่มรสชาติอาหารและทำให้มีกลิ่นหอม ทำให้มีสีน่ารับประทาน เพื่อให้เก็บถนอมอาหารได้นานขึ้น ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของไขมันและทำให้เนื้อนุ่ม

สารประกอบที่อยู่ในควันไม้มีผลในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ได้ พบว่าในควันมีสารประกอบมากกว่า 400 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล สารประกอบคีโตน สารประกอบอัลดีไฮด์และกรดอินทรีย์ โดยสารประกอบฟีนอลและกรดอินทรีย์มีบทบาทต่อการถนอมรักษาอาหารได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามปัจจุบันนี้การรมควันมักมีจุดประสงค์เพียงเพื่อให้สีของควันที่ผิวด้านนอกของอาหารและมีกลิ่นหอมของควันเท่านั้น ตามความต้องการ

ของผู้บริโภค ปกติควันจะซึมผ่านผิวหน้าของอาหารไปได้เพียงเล็กน้อย ประมาณ 1-3 มิลลิเมตร เท่านั้น ควันจึงช่วยป้องกันหรือยับยั้งจุลินทรีย์ที่ผิวหน้าได้เท่านั้น ไม่ใช่ทั้งชิ้นเนื้อ

แหล่งกำเนิดควัน ในประเทศไทย นิยมใช้ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด เปลือกมะพร้าว และชานอ้อย ส่วนต่างประเทศนิยมใช้ขี้เลื่อย ชิ้นไม้จากไม้เนื้อแข็งพวกไม้ฮิกคอรี (hickory) และไม้โอ๊ค (oak) ควรใช้ไม้เนื้อแข็งซึ่งจะให้ควันที่ดี มีสารประกอบฟีนอลและกรดต่างๆ ที่ทำลายและยังยั้งจุลินทรีย์บางชนิดและมีสารแอนติออกซิแดนท์ที่สำคัญ

กรรมวิธีการรมควันทำได้ 2 แบบคือการรมควันเย็น (cold smoking) และการรมควันร้อน (hot smoking)

การรมควันเย็น เป็นการรมควันที่ไม่ทำให้อาหารสุก เป็นการรมควันที่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 30-40 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่ทำให้โปรตีนของผลิตภัณฑ์เกิดการตกตะกอน ใช้เวลาในการรมควันค่อนข้างนานกล่าวคือประมาณ 24 ชั่วโมง-2 สัปดาห์ ระหว่างรมควันจะระเหยน้ำออกไปด้วยประมาณร้อยละ 15-20 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะเก็บได้นาน

การรมควันเย็นโดยทั่วไปทำได้โดยการนำสัตว์น้ำหรือสัตว์อื่นที่แห้งหมาดแล้ว มารมควันในเครื่องรมควันที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและปริมาณควันได้ โดยในช่วงแรกใช้อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-10 ชั่วโมงและเพิ่มอุณหภูมิเป็น 33 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60-70 จะเป็นการป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแข็งตัวที่ผิวด้านนอก โดยในการรมควันเย็นช่วงแรกจะควบคุมให้มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับร้อยละ 90 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถดูดซับควันได้ดี หลังจากนั้นจะควบคุมให้มีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70

มีการรมควันเย็นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมักแห้งในหลายประเทศ เช่น แคนาดา เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อรา ซึ่งประเทศดังกล่าวห้ามใช้กรดซอร์บิกฉีดพ่นบนไส้กรอกเพื่อยับยั้งเชื้อรา ซึ่งการรมควันสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราในระหว่างการหมักแห้งไส้กรอกได้ผลดี (Barbut, 2002)

การรมควันร้อน ใช้อุณหภูมิประมาณ 50-80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่นาน ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์และเอนไซม์ได้บางส่วน ทำให้โปรตีนเกิดการดกตะกอน ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีรสชาติดี เนื้อนุ่ม แต่เก็บได้ไม่นาน

เครื่องเทศ

การใช้เครื่องเทศในอาหารมีประวัติการใช้มายาวนานนับ 2,000 กว่าปี ตามปกติการใช้เครื่องเทศในอาหารมีจุดประสงค์เพื่อให้กลิ่นรสเป็นหลัก ไม่ได้มุ่งจะใช้เพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเครื่องเทศบางชนิดสามารถยับยั้งจุลินทรีย์พวก *Listeria monocytogenes, Salmonella typhimurium, Escherichia coli* O157:H7, *Shigella dysenteriae, Bacillus cereus* และ *Staphylooccus aureus* ได้ โดยใช้ในปริมาณ 0.2-10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (Burt, 2004)

การใช้เครื่องเทศช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ทำให้สามารถลดปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารได้ เช่น การเติมน้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูในน้ำแอปเปิ้ล (apple cider) สามารถลดเชื้อ *E. coli* O157: H7 ได้ 5 log โดยไม่ต้องใช้ความร้อนสูง เป็นการทำให้คุณภาพของน้ำแอปเปิ้ลที่ได้ดีขึ้น โดยที่ยังคงมีความปลอดภัยในการบริโภคเท่าเดิม

การใช้น้ำมันอบเชยร้อยละ 0.1 ในน้ำมะเขือเทศ ทำให้สามารถใช้เทคโนโลยีการฆ่าเชื้อแบบปล่อยกระแสไฟฟ้าแรงสูงเป็นจังหวะ (high-intensity pulsed electric field) ในการฆ่าเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพคือสามารถลดเชื้อได้อย่างน้อย 5 log เช่นเดียวกับการพาสเจอไรซ์โดยทั่วไป (Mosqueda-Melgr *et al*., 2008)

เครื่องเทศสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของอาหารในระหว่างการเก็บรักษาได้ ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์เป็นผลมาจากสารเคมีหรือน้ำมันหอมระเหยที่อยู่ในเครื่องเทศนั้น สารดังกล่าวมีในพืชตามธรรมชาติเพื่อช่วยป้องกันการถูกทำลายจากจุลินทรีย์ (Barbut, 2002) ตัวอย่างของสารประกอบในเครื่องเทศที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบฟีนอล แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ คีโตน อีเทอร์และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น

- สารประกอบซินนามิกอัลดีไฮด์และยูกีนอลในอบเชย
- สารประกอบยูกีนอลในกานพลู
- สารประกอบไอโซไธโอซัยยาเนตในมัสตาร์ด
- สารประกอบคาร์วาครอลและไธมอลในออริกาโน
- สารปะกอบไธมอลและยูกีนอลในเสจ

ดังนั้นจึงมีการใช้เครื่องเทศชนิดต่างๆ ในการถนอมรักษาอาหาร เช่น การใช้กานพลูในเนื้อสัตว์ น้ำเชื่อมและซอส การใช้อบเชยและมัสตาร์ดในการถนอมรักษาซอสแอปเปิ้ล เป็นต้น ซึ่งพบว่าเครื่องเทศสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ดี โดยสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งกรัมบวกและกรัมลบ

ส่วนของพืชที่นำมาใช้เป็นเครื่องเทศ สามารถนำมาใช้ได้แทบทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็นดอก ดอกตูม เมล็ด ใบ กิ่งก้าน เปลือกไม้ ผลและราก การนำมาใช้อาจใช้ในรูปแบบสด แห้ง สารสกัดหรือ

น้ำมันหอมระเหยก็ได้ วิธีการผลิตน้ำมันหอมระเหยอาจใช้วิธีการกลั่นหรือการสกัดด้วยของเหลวที่อยู่ในสภาวะวิกฤติ (super critical fluid extraction, SFE) ก็ได้ โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ และความดันที่ใช้ จะมีผลต่อองค์ประกอบที่สกัดออกมาได้

กลไกการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ของเครื่องเทศโดยการไปทำให้เซลล์เมมเบรนเกิดความเสียหาย ประสิทธิภาพของการยับยั้งจุลินทรีย์ของเครื่องเทศ ขึ้นอยู่กับ pH ของอาหาร อุณหภูมิที่เก็บรักษาอาหาร ปริมาณออกซิเจนที่มี ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยและสารออกฤทธิ์ที่มี (Tajkarimi *et al.*, 2010) ปริมาณการใช้ในอาหารส่วนใหญ่อยู่ที่ร้อยละ 0.05-0.1 (500-1000 ppm) แต่เครื่องเทศบางชนิดต้องใช้ในปริมาณมากกว่านี้จึงจะสามารถยับยั้งได้

กานพลู (clove)

กานพลูเป็นเครื่องเทศชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Syzygium aromaticum* อยู่ในวงศ์ Myrtaceae (ประเทืองศรี, 2547) ส่วนที่นำมาใช้เป็นเครื่องเทศเป็นส่วนของดอกดูม กานพลูจัดอยู่ในจำพวกไม้ยืนต้น มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะโมลุกกะหรือหมู่เกาะเครื่องเทศของประเทศอินโดนีเซีย (กนกวรรณ, 2532; นิดดา, 2547) การเก็บดอกกานพลูนิยมเก็บโดยใช้มือเด็ด แล้วทำแห้งด้วยแสงแดดก่อนจำหน่าย โดยจำหน่ายทั้งดอก กลิ่นกานพลูจหอมมากและมีรสเผ็ดร้อน

มีสารออกฤทธิ์สำคัญในกานพลูคือยูกีนอล (eugenol) และมีสารออกฤทธิ์อื่นๆ อีก ได้แก่ ยูกีนิลอะซิเตด (eugenyl acetate), beta-caryophyllene, 2-heptanone, acetyleugenol, alpha-humulene, methyl salicylate, isoeugenol, methyleugenol, phenyl propanoides, dehydrodieugenol, trans-confireryl aldehyde, biflorin, kaempferol, rhamnocitrin, gallic acid, ellagic aicd และ oleanolic acid (Saeed and Tariq, 2008)

กานพลูและสารสกัดจากกานพลูใช้ได้ในอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนยแข็ง ไขมันและน้ำมัน น้ำผลไม้ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้กานพลูและสารสกัดจากกานพลูในอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดอาหาร	ปริมาณกานพลู (พีพีเอ็ม)		ปริมาณสารสกัดจากกานพลู (พีพีเอ็ม)	
	ที่ใช้โดยทั่วไป	สูงสุด	ที่ใช้โดยทั่วไป	สูงสุด
เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	1.59	3.00	125.00	150.00
สารปรุงแต่งกลิ่นรส	1015.00	2359.00	130.00	180.00
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	385.00	1238.00	108.00	127.00
เนยแข็ง	15.00	15.00	-	-
น้ำมันและไขมัน	184.00	338.50	-	-
ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง	20.00	40.00	26.00	39.75
น้ำผลไม้	187.20	332.00	-	-
เกรวี่	32.34	131.9	-	-
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	304.90	969.30	165.30	220.90
เครื่องดื่มปราศจากแอลกอฮอล์	129.00	141.10	11.63	14.58
ผักแปรรูป	484.40	484.40	-	-
ลูกกวาดชนิดนุ่ม	219.40	225.20	78.75	102.50
ซุป	153.40	795.50	-	-
เจลาติน พุดดิ้ง	-	-	315.00	350.00

ที่มา Burdock (2002)

นอกจากนี้ยังมีการใช้ในรูปของน้ำมันกานพลูในอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่ม ขนมอบ ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นต้น ดังรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำมันกานพลูในอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดของอาหาร	ปริมาณที่ใช้โดยทั่วไป (พีพีเอ็ม)	ปริมาณที่ใช้สูงสุด (พีพีเอ็ม)
เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	152.50	198.10
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	37.18	86.63
หมากฝรั่ง	191.60	2847.00
เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส	59.52	91.19
ไขมันและน้ำมัน	21.00	85.00
ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง	35.63	40.78
เจลาติน พุดดิ้ง	23.12	28.15
เกรวี่	8.44	258.10
ลูกกวาดชนิดแข็ง	19.22	161.70
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	127.00	161.70
เครื่องดื่มปราศจากแอลกอฮอล์	11.59	14.50
ผักแปรรูป	11.79	17.50
อาหารขบเคี้ยว	160.00	320.00
ลูกกวาดชนิดนุ่ม	96.85	138.10
ซุป	1.41	9.86

ที่มา Burdock (2002)

น้ำมันกานพลู (clove oil) ได้จากการกลั่นส่วนดอก ก้านและใบของต้นกานพลู มีลักษณะเป็นของเหลวใส สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในอาหารที่มีความชื้นปานกลาง (intermediate moisture food) ได้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่อยู่ในบัญชีรายชื่อของ GRAS (generally recognized as safe) เมื่อใช้ในปริมาณไม่เกิน 1,500 ส่วนในล้านส่วนหรือร้อยละ 0.15 มีค่า ADI (acceptable daily intake) สำหรับมนุษย์เท่ากับ 2.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (กำหนดโดย World Health Organization (WHO) Expert Committee on Food Additives)

ความเป็นพิษ น้ำมันกานพลูอาจทำให้เสียชีวิตได้ถ้าได้รับมากเกินไป กล่าวคือ 3.752 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยอาจทำให้ระบบหายใจล้มเหลวเฉียบพลัน ตับวายและเกิดความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง

การนำน้ำมันกานพลู (clove oil) มาใช้ในอาหารสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีค่าใช้จ่ายถูกและช่วยให้อาหารมีความปลอดภัย (Gulcin *et al.*, 2012) น้ำมันกานพลูสามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ดี รวมทั้งเชื้อราและไวรัส ได้แก่ *Bacillus cereus, Enterobacter aerogenes, Enterococcus faecalis, Escherichia coli, Clostridium jejuni, Helicobacter pyroli, Proteus mirabilis, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella choleraesuis, Salmonella Enteritidis, Llisteria monocytogenes, Staphylococcus aureus* และ *Yersinia enterocolitica* แต่ถ้าอยู่ในรูปของสารสกัดด้วยการแช่หรือต้มเดือดจะไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli, Salmonella typhi, Shigella dysentriae, Vibrio cholera, Klebsiella ozaenae, Klebsiella pneumonia* และ *Serratia marcescens* ได้ จะยับยั้งได้เมื่อเป็นน้ำมันกานพลูเท่านั้น (Saeed and Tariq, 2008)

Oonmetta-aree *et al.* (2012) ใช้สารสกัดน้ำกานพลูเข้มข้นร้อยละ 25 และ 50 ในขนมปัง พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาขนมปังได้ 3 และ 4 วันตามลำดับ เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ไม่เติมสารสกัดน้ำกานพลู) ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 2 วัน

สารสกัดจากกานพลูโดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 แล้วนำไปทดสอบโดยใช้วิธี Paper disc diffusion พบว่าสารสกัดจากกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ได้ ที่ระดับความเข้มข้น 250 ส่วนในล้านส่วนเป็นต้นไป (มยุรกาญจน์, 2549)

อบเชย (cinnamon, casia)

อบเชยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cinnamomum verum, Cinnamomum verum, Cinnamonum cassia* (Nees) Nees ex. Blume อยู่ในวงศ์ Lauraceae (รุ่งรัตน์, 2540) นิยมปลูกในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นเครื่องเทศที่มีกลิ่นหอม ได้มาจากเปลือกไม้ชั้นในที่แห้งแล้วของต้นอบเชย นำมาทำแห้งด้วยแสงแดด

อบเชยมีรสค่อนข้างขม มีกลิ่นฉุนและเผ็ดเล็กน้อย สารให้กลิ่นรสในอบเชยประกอบด้วย ซินนามัลดีไฮด์ร้อยละ 65-80 ที่เหลือเป็นสารประกอบพวกฟีนอลและเทอร์พีน ได้แก่ ยูกีนอล ทรานส์-กรดซินนามิก ไฮดรอกซีซินนามัลดีไฮด์ โอ-เมธอกซีซินนามัลดีไฮด์ ซินนามิลอัลกอฮอล์ และซิลนามิลอะซิเตด ลิโมนีน อัลฟา-เทอพินีออล แทนนิน มิวซิเลจ โอลิโกเมอริกโปรซัยนิดีนและคูมาริน (Burdock, 2002)

ปริมาณการใช้อบเชยในอาหารชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการใช้อบเชยในอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดของอาหาร	ปริมาณที่ใช้โดยทั่วไป (พีพีเอ็ม)	ปริมาณที่ใช้สูงสุด (พีพีเอ็ม)
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	5548.00	12967.00
เกรวี่	60.05	60.05
ธัญพืชอาหารเช้า	2515.00	5102.00
เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส	214.00	214.00
เนยแข็ง	15.00	15.00
ไขมันและน้ำมัน	285.80	324.10
ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง	356.30	616.10
น้ำผลไม้	614.60	770.50
เจลาติน พุดดิ้ง	1267.00	1428.00
แยม เจลลี่	950.00	1050.00
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	693.50	1569.00
ผลิตภัณฑ์นม	350.00	700.00
เครื่องดื่มปราศจากแอลกอฮอล์	20.25	56.99
ลูกกวาดชนิดนิ่ม	149.80	155.20
ซุป	310.70	371.40
ซอสหวาน	5000.00	5000.00

ที่มา Burdock (2002)

มีการใช้อบเชยในทางยา ในส่วนของอบเชยที่ละลายน้ำได้สามารถช่วยต้านแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยช่วยให้การทำงานของอินซูลินในร่างกายดีขึ้น และช่วยยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง (Kwon *et al.*, 2009) น้ำมันอบเชยสามารถยับยั้งจุลินทรีย์หลายชนิดได้ดีและสามารถช่วยเสริมการต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันชนิดอื่นได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่าอบเชยช่วยในการพาออกซิเจนไปสู่เซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย ช่วยให้ระบบหมุนเวียนโลหิตดีขึ้น ช่วยบรรเทาอาการเจ็บกล้ามเนื้อ ปวดข้อ ช่วยบรรเทาอาการไอและเป็นหวัด

น้ำมันอบเชย (cinnamon oil) สามารถยับยั้งแบคทีเรียได้ทั้งกรัมบวกและกรัมลบ ชนิดของแบคทีเรียกรัมบวกที่น้ำมันอบเชยสามารถยับยั้งได้ ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus* และ *Staphylococcus aureus* ส่วนชนิดของแบคทีเรียกรัมลบที่น้ำมันอบเชยสามารถยับยั้งได้ ได้แก่

Escherichia coli และ *Salmonella typhimurium* โดยมีค่า minimum inhibitory concentration (MIC) อยู่ในช่วง 0.1-0.4 ไมโครลิตร/มิลลิลิตร แต่การกระทำดังกล่าวไม่มีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียพวก *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* สารออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่พบในอบเชย ได้แก่ cinnamaldehyde, thymol และ carvacrol ส่วนสารออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่พบในกานพลู ได้แก่ eugenol ดังนั้นการใช้น้ำมันอบเชยในอาหารสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารได้ (Fei *et al.*, 2012)

น้ำมันอบเชยมีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง มีการใช้ในอาหารหลายชนิดโดยมีปริมาณการใช้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการใช้น้ำมันอบเชยในอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดของอาหาร	ปริมาณที่ใช้โดยทั่วไป (พีพีเอ็ม)	ปริมาณที่ใช้สูงสุด (พีพีเอ็ม)
เครื่องดื่มแอลกอฮอล์	491.40	572.60
ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	97.48	288.90
หมากฝรั่ง	23.98	281.30
เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส	102.90	128.90
ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง	205.70	232.00
เจลาติน พุดดิ้ง	171.00	214.80
เกรวี่	18.00	98.00
ลูกกวาดชนิดแข็ง	7.63	25.01
แยม เจลลี่	250.70	250.70
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	16.67	42.32
เครื่องดื่มปราศจากแอลแอฮอล์	17.54	38.24
ลูกกวาดชนิดนิ่ม	149.30	262.10
ซุป	25.00	25.00

ที่มา Burdock (2002)

นอกจากนี้ยังมีการใช้ในรูปของสารสกัด (cinnamon bark extract)ในอาหารชนิดต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

เครื่องดื่มปราศจากแอลกอฮอล์ ลูกกวาดชนิดนุ่มและซุป ในปริมาณแตกต่างกันไปตั้งแต่ 6.92-1305.00 พีพีเอ็ม ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร

การใช้น้ำมันหอมระเหยในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นของเหลวที่ระเหยได้ มีกลิ่นแรง เป็นสารทุติยภูมิที่เกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช พบได้ในทุกส่วนของพืช เช่น เมล็ด ดอก ใบ ลำต้น ผลและเปลือก เป็นต้น (Nanasombat and Wimuttigosol, 2011) สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เครื่องเทศหรือน้ำมันหอมระเหยร่วมกันมากกว่า 1 ชนิด และ/หรือ ใช้ร่วมกับวิธีการถนอมรักษาอาหารโดยวิธีอื่นสามารถช่วยเสริมประสิทธิภาพซึ่งกันและกันได้ ทำให้มีความสามารถในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้มากขึ้น

การใช้น้ำมันหอมระเหยเป็นวัตถุกันเสียในอาหารจะมีข้อดีคือ มีความปลอดภัยและไม่ทำให้เกิดเชื้อดื้อยาเหมือนกับการใช้ยาปฏิชีวนะในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร แต่ก็อาจทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavor) ในอาหารได้ วิธีการป้องกันการเกิดกลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ดังกล่าวสามารถทำได้โดยวิธีการต่างๆ ดังนี้

- การใช้เครื่องเทศร่วมกับสารอื่นที่สามารถช่วยกลบกลิ่นของเครื่องเทศได้
- เติมน้ำมันหอมระเหยในผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสแรงพอที่จะกลบกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย
- ใช้ในรูปของสารสกัดบริสุทธิ์ของสารออกฤทธิ์ที่ต้องการ แทนที่จะใช้ในรูปของน้ำมัน แต่ก็อาจทำให้มีประสิทธิภาพน้อยลงได้
- ใช้น้ำมันหอมระเหยร่วมกันมากกว่า 1 ชนิด เพื่อช่วยเสริมฤทธิ์กัน ทำให้ปริมาณการใช้ลดลง ช่วยลดการเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีได้ หรืออาจใช้น้ำมันหอมระเหยจากพืชร่วมกับสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ใช้กับสาร ethylene diaminetetraacetic acid (EDTA) ซึ่งเป็นสารที่สามารถจับกับโลหะได้ ซึ่งสาร EDTA แม้ไม่ได้เป็นสารกันเสียโดยตรง แต่ก็ช่วยเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ให้กับน้ำมันหอมระเหยได้ หรือใช้ร่วมกับสารที่ช่วยในการกระจายตัว (dispersing agent) เช่น เอทิลีนไกลคอล (ethylene glycol) ซึ่งจะช่วยเพิ่มการสัมผัสระหว่างน้ำมันหอมระเหยกับเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เป็นอีกทางหนึ่งที่ทำให้สามารถใช้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณน้อยลง เป็นการลดการเกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีได้ วิธีหลังนี้เหมาะกับอาหารที่มีไขมันสูง

- ไม่เติมหรือหลีกเลี่ยงการเติมน้ำมันหอมระเหยลงในอาหารโดยตรง อาจใช้ผสมกับน้ำที่ใช้ล้าง ใช้น้ำมันหอมระเหยจากโหระพาผสมกับน้ำเพื่อล้างผักกาดแก้ว พบว่าสามารถช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ได้เทียบเท่ากับการใช้คลอรีนเข้มข้น 125 ส่วนในล้านส่วน

- การทำไมโครแคปซูล (microencapsulation) พบว่านอกจากจะช่วยกลบกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์แล้ว ยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อเพิ่มขึ้นด้วย โดย Hill *et al.* (2013) ทำไมโครแคปซูลของเครื่องเทศชนิดต่างๆ โดยใช้เบต้า-ซัยโคลเด็กซ์ตรินเป็นวัสดุเคลือบ (wall) พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อได้ดีกว่าที่อยู่ในรูปน้ำมัน อาจเนื่องจากไมโครแคปซูลสามารถละลายน้ำได้และปกป้องน้ำมันหอมระเหยจากการออกซิเดชัน ทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างเซลล์แบคทีเรียก่อโรคกับน้ำมันหอมระเหยมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยของดอกกานพลูและเปลือกอบเชยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้สูงสุด

น้ำมันหอมระเหยอบเชยและน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีสมบัติเป็นวัตถุกันเสีย (ตารางที่ 3) และสามารถใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสจากธรรมชาติแทนการใช้สารสังเคราะห์ ดังนั้นจึงสามารถใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้โดยไม่เสี่ยงต่ออันตรายแก่ผู้บริโภค เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร เป็นการเพิ่มความปลอดภัยอาหาร โดยสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในน้ำมันหอมระเหยอบเชยและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเป็นสารประกอบพวกซินนามัลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) และยูกีนอล (eugenol) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำมันอบเชยร่วมกับน้ำมันกานพลูช่วยเสริมประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียพวก *Bacillus subtilis* และ*Bacillus cereus* ได้ดีกว่าการใช้น้ำมันอบเชยเพียงอย่างเดียว (Fei *et al.*, 2012)

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยอบเชยและน้ำมันหอมระเหยกานพลู

ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์ (ตระกูล)	คุณสมบัติ
อบเชย	*Cinnamomum zeylanicum* (Lauraceae)	ขับลม ช่วยย่อยอาหาร สมานแผล กระตุ้นหัวใจและระบบประสาท และฆ่าเชื้อ
กานพลู	*Eugenia caryophyllus* (Myrtaceae)	แก้ปวดฟัน กระตุ้นหัวใจและระบบประสาท ขับลม และฆ่าเชื้อ

ที่มา ดัดแปลงจาก Prabuseenivasan *et al.* (2006)

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย และ/หรือ น้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญทั้งยีสต์ ราและแบคทีเรียได้ ได้แก่ *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Escherichia coli*, *Lactobacillus* sp., *Bacillus*

thermoacidurans, Salmonella sp., *Corynebacterium michiganense, Pseudomonas striafaciens, Clostridium botulinum, Alternaria* sp, *Aspergillus* sp. (*A. flavus, A. parasiticus, A. ochraceus*), *Canninghamella* sp., *Fusarium* sp. (*Fusarium moniliforme*), *Mucor* sp. และ *Penicillium* sp. (*P. roqueforti, P. patulum, P. citrinum*) (ภัสจนันท์และคณะ, 2553; ศวรรณีและวลัยรัตน์, 2550; Azzouz and Bullerman, 1982; Burt, 2004; Matan *et al.*, 2006)

การใช้น้ำมันกานพลูร่วมกับน้ำมันจากต้นชา (tea tree oil) ในเนื้อวัวบดปรุงสุก สามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคชนิด *Escherichia coli* O157: H7 (Moriera *et al.*, 2007)

การใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยกานพลูในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ร่วมกับการบรรจุแบบปรับบรรยากาศ (modified atmosphere) ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ เชื้อรา 4 ชนิด (*Aspergillus flavus, Penicillium roqueforti, Mucor plumbeus* และ *Eurotium* sp.) เชื้อยีสต์ 4 ชนิด (*Debaryomyces hensenii, Pichia membranaefaciens, Zygosaccharomyces rouxii* และ *Candida lipolytica*) และแบคทีเรีย 2 ชนิด (*Staphylococcus aureus* และ *Pediococcus halophilus*) พบว่าการบรรจุแบบปรับบรรยากาศช่วยเพิ่มความสามารถของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากขึ้นกว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยเพียงอย่างเดียว โดยที่ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 0.05) และความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงร้อยละ 40 จะช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยผสมที่เพิ่มขึ้นช่วยเพิ่มความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากขึ้น สัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่เพิ่มขึ้นในน้ำมันหอมระเหยผสมจะช่วยเพิ่มความสามารถในการยับยั้ง *A. flavus* ได้ดีขึ้น โดยในสัดส่วนน้ำมันหอมระเหยอบเชยต่อน้ำมันหอมระเหยกานพลูเท่ากับ 9 ต่อ 1 ในปริมาณ 4000 ไมโครลิตรในการยับยั้งการเจริญของ *A. flavus* มากที่สุด (Matan *et al.*, 2006)

Mytle *et al.* (2006) ได้ทดลองใช้น้ำมันกานพลูทาที่ผิวหน้าของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไก่ในปริมาณร้อยละ 1 และ 2 (ปริมาตร/น้ำหนัก) พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogenes* ได้ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 5 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 และ 7 วัน ตามลำดับ ทั้งในตัวอย่างที่มีการเติมเชื้อเริ่มต้นในปริมาณต่ำและสูง (ประมาณ 10^3 และ 10^6 cfu/g ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 5-point hedonic scale พบว่าการใช้น้ำมันกานพลูในปริมาณร้อยละ 2 (ปริมาตร/น้ำหนัก) ทำให้ผู้บริโภคบางส่วนไม่ยอมรับได้ เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติที่แรง ดังนั้นจึงควรใช้น้ำมันกานพลูในปริมาณร้อยละ 1

น้ำมันกานพลูเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ได้ทั้งในอาหารเลี้ยงเชื้อและในเนื้อหมูสุก เมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน (Stechini *et al.*, 1993)

จากการทดลองของ Nanasombat and Wimuttigosol (2011) พบว่าน้ำมันอบเชยสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยมีค่า minimum inhibitory concentration (MIC) สำหรับเชื้อ *Bacillus cereus*, *Escherichia coli, Listeria monocytogenes, Pseudomonas fluorescence, Salmonella Rissen* และ *Staphylococcus aureus* เท่ากับ 0.5, 2.0, 1.0, 2.0, 2.0 และ 2.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีข้อมูลว่าน้ำมันอบเชยสามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli O157:H7* และ *Salmonalla typhimurium* ได้อีกด้วย กลไกการยับยั้งเชื้อของอบเชยอาจเนื่องจากไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ (Burt, 2004)

จากการทดลองใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยป้องกันเชื้อราในผลิตภัณฑ์ทุเรียนกวน พบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6, 0.8 และ 1.0 (w/w) สามารถเก็บรักษาทุเรียนกวนได้นาน 70, 105 และ 120 วัน ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราที่พบในทุเรียนกวนนั้นส่วนใหญ่เป็น *Aspergillus niger* ซึ่งสามารถยับยั้งได้โดยการใช้สารซินนามัลดีไฮด์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย ทั้งนี้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 เป็นระดับต่ำสุดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ และเมื่อใช้น้ำมันหอมระเหยที่ระดับสูงขึ้นไปสามารถป้องกันการเจริญของราได้นานขึ้น โดยที่ระดับร้อยละ 0.8 เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่ยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ดังนั้นจึงควรเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.8 ในการป้องกันเชื้อราในทุเรียนกวน (หทัยรัตน์ และคณะ, 2544)

วิธีการวิจัย

วัตถุดิบ

- ปลาทับทิมสด ขนาด 600-800 กรัม/ตัว ซื้อจากตลาดแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
- เกลือป่น ตราปรุงทิพย์
- น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
- กานพลู จัดจำหน่ายโดย อรุณทิพย์ อิม-เอ็กซ์ปอร์ต
- อบเชย จัดจำหน่ายโดยอรุณทิพย์ อิม-เอ็กซ์ปอร์ต
- น้ำมันหอมระเหยกานพลู (*Syzygium aromaticum*) ซื้อจากบริษัทฮงฮวด จำกัด
- น้ำมันหอมระเหยอบเชย ซื้อจากบริษัทฮงฮวด จำกัด

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

- Peptone water (HIMEDIA M028, India)
- MRS Agar (HIMEDIA M641, India)
- PCA Agar (HIMEDIA M091, India)
- Kjeltabs (FOSS Analytical, Sweden)
- กรดซัลฟุริก (H_2SO_4) (J.T. Baker, Thailand)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH A.R. Grade (RCI Labscan, Thailand)
- Bromocresol green (MERCK, Germany)
- Methyl red (BDH, England)
- กรดบอริค Boric acid A.R. Grade (MERCK, Germany)
- กรดไฮโดรคลอริก HCl A.R. Grade (MERCK, Germany)
- Anhydrous Na_2CO_3 A.R. Grade (QReC, Newzealand)
- เฮกเซน hexane A.R. Grade (RCI Labscan, Thailand)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- อุปกรณ์งานครัวต่างๆ ได้แก่ มีด เขียง กะละมัง กล่องใส่อาหาร ถุงร้อนใสพลาสติก PP ขนาดต่างๆ จานเมลามิน กระชอน
- เครื่องปั่น (blender) (Panasonic, MX-J210GN, PRC)
- ตู้เย็น (Sananden Intercool, Model SDC-1000AY)

- ตู้เย็น (Sharp, SJD48H, Thailand)
- เตาไมโครเวฟ (Sumsung, MW73V, Thailand)
- Micropipette (Gilson, USA)
- Moisture can
- ถ้วยกระเบื้อง (crucible ขนาด 30 มิลลิลิตร
- ลูกยางดูดสาร
- กระดาษกรองเบอร์ 5 (Whatman, England)
- Thimble (Whatman Cellulose Extraction 26 × 60 mm., England)
- Extraction cup
- เข็มฉีดยา (TERUMO Syringe) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- เข็มฉีด (NIPRO ขนาด 1.0G × 1 นิ้ว (1.2×25 mm.))
- หลอดทดลองขนาด 20 ml. พร้อมฝาปิด (PYREX, Germany)
- ที่วางหลอดทดลองขนาด 60 ช่อง (Rack)
- Plate (PYREX, Germany)
- กระบอกเพลต
- Erlenmeyer flask 250 ml. (PYREX, Germany)
- ขวด Duran ขนาด 250 ml. (PYREX, Germany)
- Beaker ขนาด 60, 100, 250 และ 600 ml. (PYREX, Germany)
- แท่งแก้วคนสาร
- แท่งแก้วรูปตัวแอล (L)
- ช้อนตักสาร
- คีมเก็บตัวอย่าง (Forcep)
- คีมคีบ
- กระบอกตวงขนาด 100 และ 1,000 ml.
- หลอดย่อยตัวอย่าง (Digestion tube)
- ขวดสีชา และขวดแก้วสำหรับใส่สารเคมี
- Autoclave (ALLAMERICAN Pressure Sterlizer Model No. 1941X, USA.)
- ตู้รมควัน (NUVU ESR-500, USA.)
- ตู้รมควัน (KERRES CS350, UK.)
- เครื่องสไลด์ (SIRMAN Model A300, Italy)
- เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (MULTIVAC A300/16, Germany)

- ตู้ Lamimar air flow (Holten HB 2472, Denmark)
- ตู้บ่ม/ตู้อบ (MEMMERT Model 500, Thailand)
- เครื่องวัด pH (METROHM 744 pH meter, Switzerland)
- เตาเผาเถ้า Muffle furnace (CARBOLITE ELF 11/14, England)
- Desiccator (Glaswerk Wertheim, Germany)
- เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (SARTORIUS LA2035, Germany)
- เครื่องผสมสาร (VORTEX-genie G560E, USA.)
- Hot plate (KIKA Labortechnik RCTB, Malaysia)
- เครื่องย่อยตัวอย่าง (Tecator Digestor 2012, Sweden)
- Exhaust Unit (Tecator Exhaust System 1013 Scrubber Unit, Sweden)
- KJELTE (System 1026 Distilling Unit, Sweden)
- Service unit (Tecator Soxtex System HT 1046 Service Unit, Sweden)
- เครื่องสกัดไขมัน Soxhtec (Tecator Soxtex System HT 1043 Extraction Unit, Sweden)

วิธีการวิจัย

ศึกษาผลของสารสกัดอบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

นำปลาทับทิมสดมาทำการขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ แล่เอาเฉพาะเนื้อปลา สุ่มตัวอย่างไปตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีนและเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1996)

นำเอาเนื้อปลาที่ได้มาคลุกเคล้ากับเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) สารสกัดอบเชย และ/หรือ สารสกัดกานพลู ร้อยละ 5 และ 10 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยมีตัวอย่างที่มีเฉพาะเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) เป็นตัวอย่างควบคุม (control) เก็บไว้ในตู้เย็นข้ามคืน แล้วนำไปรมควันเย็นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ใช้ขี้เลื่อยจากไม้แดงเป็นแหล่งกำเนิดควัน ทิ้งไว้ให้เย็น สไลด์เป็นชิ้นหนา 3 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องหั่นเนื้อ (meat slicer) บรรจุในถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ แล้วเก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุก 1 สัปดาห์ โดยมีรายการวิเคราะห์ดังนี้ ปริมาณความชื้น ค่า water activity ค่า pH ค่าสี (L* a* b*)

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกและการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เป็นเวลานาน 5 สัปดาห์

ตารางที่ 6 รายละเอียดของตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมที่มีการใช้สารสกัดอบเชย และ/หรือ สารสกัดกานพลูที่ระดับต่างๆ

ตัวอย่างที่	ปริมาณสารสกัดจากอบเชย (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อปลา)	ปริมาณสารสกัดจากกานพลู (ร้อยละของน้ำหนักเนื้อปลา)
1 (ตัวอย่างควบคุม)	0	0
2	0	5
3	0	10
4	5	0
5	5	5
6	5	10
7	10	0
8	10	5
9	10	10

วิธีการเตรียมสารสกัดอบเชยและสารสกัดกานพลู

นำอบเชยหรือกานพลู 1 ส่วน มาเติมน้ำจำนวน 20 ส่วน ผสมให้เข้ากันดี นำไปต้มเดือดนาน 20 นาที วางไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงเป็นเวลานาน 10 นาที ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที นำเอาส่วนใสมาทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรสารละลายที่กรองได้เป็น 25 มิลลิลิตร จะได้สารสกัดอบเชยและสารสกัดกานพลูตามต้องการ

วิธีการวิเคราะห์

1. ปริมาณความชื้น ใช้ตัวอย่าง 3 กรัม ทำการวิเคราะห์ความชื้นด้วยเครื่อง moisture analyzer แสดงผลเป็น กรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม

2. ค่า water activity นำตัวอย่างมาบดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน แล้ววัดค่า water activity ด้วยเครื่องวัดค่า water activity

3. ค่า pH ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดมาจำนวน 10 กรัมแล้วเติมน้ำกลั่นจำนวน 90 กรัม วัด pH ด้วย pH meter

4. ค่าสี (L*, a*, b*) ทำการบดตัวอย่างให้ละเอียด แล้ววัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี ที่ illuminant D65

5. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate eount) และจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก สุ่มเนื้อปลามาจำนวน 10 กรัม เติม 0.1% peptone water จำนวน 90 มิลลิลิตร แล้วเจือจางตามลำดับส่วนด้วย 0.1% peptone water แล้วทำการ pour plate สำหรับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate Count Agar (PCA) บ่มในตู้บ่มเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง สำหรับแบคทีเรียกรดแลคติก ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด MRS agar บ่มในตู้บ่มเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง รายงานผลเป็น log cfu/g

6. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาบ้าง (semi-trained panelist) จำนวน 9 คน ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ทางด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่นและการเน่าเสีย ด้วยวิธี 7-point hedonic scale โดยจะถือว่าตัวอย่างนั้นไม่ได้รับการยอมรับเมื่อมีผู้ทดสอบจำนวนตั้งแต่ 5 คนขึ้นไป ให้คะแนนการยอมรับของคุณลักษณะใดลักษณะหนึ่งต่ำกว่า 4 คะแนน

ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศ ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

นำปลาทับทิมสดมาทำการขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ แล่เอาเฉพาะเนื้อปลา นำเอาชิ้นปลาที่ได้มาคลุกเคล้ากับเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) และน้ำมันหอมระเหยกานพลู ร้อยละ 0.5 และ 1.0 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยมีตัวอย่างที่มีเฉพาะเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) เป็นตัวอย่างควบคุม (control) เก็บไว้ในตู้เย็นข้ามคืน แล้วนำไปรมควันเย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุในถุงพลาสติกแบบธรรมดา (มีอากาศ) แล้วเก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน โดยมีรายการตรวจวิเคราะห์ดังนี้ ค่า pH จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกและการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส คุณลักษณะที่ทดสอบสำหรับการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศ ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

นำปลาทับทิมสดมาทำการขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ แล่เอาเฉพาะเนื้อปลา นำเอาเนื้อปลาที่ได้มาคลุกเคล้ากับเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) น้ำมันหอมระเหยกานพลูร่วมกับน้ำมันหอมระเหยอบเชย (ในสัดส่วน 1 ต่อ 2) ร้อยละ 0.15 และ 0.30 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยมีตัวอย่างที่มีเฉพาะเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) เป็นตัวอย่างควบคุม (control) เก็บไว้ในตู้เย็นข้ามคืน แล้วนำไปรมควันเย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุในถุงพลาสติกแบบธรรมดา (มีอากาศ) แล้วเก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพทุก 3 วัน โดยมีรายการวิเคราะห์ดังนี้ ค่า pH ค่า thiobarbituric reactive substances (TBARS) ปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียที่เจริญได้ดีที่มีอุณหภูมิต่ำ จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกและการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์

1. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญในที่มีอุณหภูมิต่ำและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate Count Agar (PCA) บ่มในตู้บ่มเพาะเชื้อที่ 7 องศาเซลเซียส 10 วัน

2. การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยการนำตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 3 ตัวอย่างมาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำ 2 ซ้ำ ด้วยวิธี 9-point hedonic seale ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส สี รสชาติ กลิ่นและการยอมรับรวม โดยทำการทดสอบกับปลารมควันเย็นที่ผ่านการทำให้สุก นำตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 4°Cสไลด์ความหนา 2-3 มิลลิเมตร ให้ความร้อนโดยการทอดด้วยน้ำมันบนกระทะเทฟลอน นาน 1 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปทดสอบ

สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับทางประสาทสัมผัสเมื่อทำการเก็บรักษาตัวอย่าง นำตัวอย่างปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 3 ตัวอย่างมาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำ 2 ซ้ำ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ถ้าได้คะแนนต่ำกว่า 5 จากผู้ทดสอบจำนวนครึ่งหนึ่ง ถือว่าตัวอย่างนั้นไม่ได้รับการยอมรับอีกต่อไปแล้ว ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและการยอมรับรวม โดยทดสอบกับปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่ได้ผ่านการทำให้สุก

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

โดยผู้ทดสอบชิมเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร อายุระหว่าง 20-23 ปี โดยร้อยละ 80 เป็นผู้ทดสอบคนเดิมคือทดสอบทั้งการยอมรับและการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และ วิธี Paired – Sample T – Test ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS)

ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ

นำปลาทับทิมสดมาทำการขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ แล่เอาเฉพาะเนื้อปลา นำเอาเนื้อปลาที่ได้มาคลุกเคล้ากับเกลือร้อยละ 5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) น้ำมันหอมระเหยกานพลูร่วมกับน้ำมันหอมระเหยอบเชย (ในสัดส่วน 1 ต่อ 2) ร้อยละ 0.15 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) เก็บไว้ในตู้เย็นข้ามคืน แล้วนำไปรมควันเย็นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุในถุงพลาสติกแบบมีอากาศ ปิดผนึกด้วยความร้อน แล้วเก็บในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน โดยมีรายการวิเคราะห์ดังนี้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และการทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัส

วิธีการวิเคราะห์

1. การทดสอบยอมรับทางประสาทสัมผัส สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับทางประสาทสัมผัสเมื่อทำการเก็บรักษาตัวอย่าง นำตัวอย่างปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 3 ตัวอย่างมาทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ทำ 2 ซ้ำ ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ถ้าได้คะแนนต่ำกว่า 5 จากผู้ทดสอบจำนวนครึ่งหนึ่ง ถือว่าตัวอย่างนั้นไม่ได้รับการยอมรับอีกต่อไปแล้ว ทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและการยอมรับรวม โดยทดสอบกับปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่ได้ผ่านการทำให้สุก

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design;RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) และทดสอบความแตกต่างทางสถิติตามวิธี Duncan'sNew Multiple Range Test(DMRT) โดยใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติ เพื่อทดสอบการยอมรับทางลักษณะประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น ที่การยอมรับ 95% ($p < 0.05$) ในส่วนของการเปรียบเทียบความแตกต่างของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุในบรรยากาศปกติ ใช้การ

เปรียบเทียบ 2 ตัวอย่างวิเคราะห์ทางสถิติตามวิธี Paired – Sample T – Test ที่การยอมรับ 95% ($p < 0.05$)

ศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งเนื้อปลาทับทิมสดต่อการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ทำการผลิตเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น โดยใช้เนื้อปลาสดเปรียบเทียบกับเนื้อปลาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมาก่อน แล้วนำผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้มาทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 130 คน โดยวิธี 9-point hedonic scale คุณลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบความตั้งใจซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ทำการทดสอบความตั้งใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น โดยใช้แบบสอบถาม (รายละเอียดของแบบสอบถามดังภาคผนวก ข.) เพื่อสอบถามถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น แบบสอบถามที่ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก เป็นการสอบถามข้อมูลทั่วไปและความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น ส่วนที่ 2 จะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นของผู้บริโภค เมื่อพิจารณาแล้วก็ให้คะแนนตามระดับความสำคัญ 1-9 โดยที่ 1 สำคัญน้อยที่สุด 5 สำคัญปานกลางและ 9 สำคัญมากที่สุด และกำหนดปัจจัยสำหรับพิจารณาทั้งหมด 14 ปัจจัย ได้แก่ สีสัน กลิ่น รสชาติ ราคา บรรจุภัณฑ์ ตรายี่ห้อ/บริษัทผู้ผลิต อายุการเก็บรักษา คุณค่าทางโภชนาการ/ประโยชน์ต่อสุขภาพ มาตรฐานรับรอง (อย.) กรรมวิธีการผลิต ส่วนประกอบ การโฆษณา ของสมนาคุณและความปลอดภัยในการบริโภค

ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทับทิมสด

ปลาทับทิมสดที่ใช้ในการทดลองนี้มีน้ำหนัก 600-800 กรัมต่อตัว ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลา พบว่ามีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีนและเถ้าเท่ากับร้อยละ 76.08± 0.72, 4.17± 0.51, 18.09±0.50 และ 0.98± 0.04 ตามลำดับ

ผลของสารสกัดอบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้จากการทดลองนี้ทั้ง 9 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 66.84-71.38 มีค่า water activity อยู่ในช่วง 0.974-0.981 และมี pH อยู่ในช่วง 5.75-6.22 ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วง 3.15-3.45 และ 3.08-3.45 log cfu/g ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และ 8)

ตารางที่ 7 คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเริ่มต้น

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	คุณภาพ					
		ความชื้น (ร้อยละ)	a_w	pH	L*	a*	b*
0	0	66.84	0.975	6.09	60.92	9.79	13.33
0	5	69.48	0.975	6.00	58.84	12.47	14.67
0	10	71.38	0.978	5.99	57.75	13.45	14.67
5	0	70.31	0.977	5.75	61.98	7.45	17.60
5	5	69.89	0.974	5.76	54.39	12.66	13.12
5	10	70.97	0.975	6.09	56.56	12.14	15.19
10	0	69.25	0.977	5.87	60.22	10.66	16.45
10	5	69.14	0.978	5.93	61.52	11.06	12.30
10	10	70.15	0.981	6.22	62.23	10.93	14.47

ตารางที่ 8 คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเริ่มต้น

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	คุณภาพ	
		จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu/g)
0	0	3.15	3.08
0	5	3.24	3.18
0	10	3.37	3.20
5	0	3.30	3.32
5	5	3.30	3.27
5	10	3.41	3.30
10	0	3.45	3.45
10	5	3.37	3.19
10	10	3.15	3.18

เมื่อนำเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้ไปเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ความชื้นของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาของแต่ละตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 66.84-73.32 และพบว่าความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	66.84	68.36	71.08	71.84	70.10	68.95
0	5	69.48	69.35	70.90	69.31	71.92	68.87
0	10	71.38	71.28	70.31	73.32	70.02	72.38
5	0	70.31	70.36	70.00	69.57	70.00	67.42
5	5	69.89	70.11	70.47	69.86	69.85	70.27
5	10	70.97	68.72	69.78	68.70	70.58	70.04
10	0	69.25	69.51	69.15	72.14	68.76	68.49
10	5	69.14	69.75	71.43	67.92	69.73	72.28
10	10	70.15	70.19	70.34	71.76	71.03	68.23

ปลาทับทิมรมควันมีค่า water activity อยู่ในช่วง 0.974-0.981 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การเปลี่ยนแปลง ค่า water activity ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	0.975	0.974	0.973	0.977	0.974	0.976
0	5	0.975	0.976	0.976	0.976	0.977	0.978
0	10	0.978	0.977	0.976	0.979	0.979	0.980
5	0	0.977	0.975	0.980	0.980	0.979	0.978
5	5	0.974	0.975	0.980	0.979	0.981	0.980
5	10	0.975	0.976	0.977	0.982	0.981	0.979
10	0	0.977	0.978	0.976	0.978	0.981	0.979
10	5	0.978	0.979	0.978	0.980	0.981	0.984
10	10	0.981	0.981	0.976	0.980	0.982	0.984

ค่า pH ของปลาทับทิมรมควันมีค่าอยู่ในช่วง 5.67-6.69 และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	6.09	5.70	6.13	5.85	5.92	6.05
0	5	6.00	5.96	6.11	5.80	5.89	6.01
0	10	5.99	5.73	5.84	6.00	5.99	6.69
5	0	5.75	6.10	6.04	6.05	6.01	6.38
5	5	5.76	6.23	6.15	5.75	5.85	6.17
5	10	6.09	6.05	5.67	5.85	5.89	6.33
10	0	5.87	5.97	5.77	5.93	5.87	6.45
10	5	5.93	5.94	5.93	5.72	5.79	6.58
10	10	6.22	6.18	5.94	6.01	5.99	6.20

การเปลี่ยนแปลงของค่าสี (L*, a*, b*) ของปลาทับทิมรมควันเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 35 วัน พบว่าสีซีดลงเล็กน้อย โดยดูจากค่า a* และ b* ที่มีแนวโน้มลดลง (ตารางที่ 12, 13 และ 14)

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	60.92	61.21	62.00	63.42	62.86	64.11
0	5	58.84	59.33	58.92	55.28	57.47	58.41
0	10	57.75	61.89	56.12	55.62	63.10	53.25
5	0	61.98	63.90	64.33	63.23	64.63	64.81
5	5	54.39	59.22	58.10	57.72	60.62	58.55
5	10	56.56	59.22	58.18	56.71	59.99	59.85
10	0	60.22	58.59	59.26	63.28	57.41	62.83
10	5	61.52	60.12	58.58	64.70	61.77	56.70
10	10	62.23	58.94	61.94	58.85	55.33	57.20

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่า a* ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	9.79	8.29	7.26	7.13	7.97	7.61
0	5	12.47	8.74	10.34	10.21	10.60	10.84
0	10	13.45	10.51	11.52	10.97	10.05	9.16
5	0	7.45	6.48	7.89	7.03	7.37	6.70
5	5	12.66	10.69	10.20	10.16	11.13	10.05
5	10	12.14	10.13	11.40	10.75	11.34	10.56
10	0	10.66	9.21	9.15	7.00	9.67	7.02
10	5	11.06	9.93	9.61	7.97	10.30	9.56
10	10	10.93	10.86	9.60	10.24	12.43	9.06

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า b*ของปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	13.33	13.08	9.27	11.06	11.55	12.35
0	5	14.67	15.27	12.29	14.76	13.52	14.70
0	10	14.67	17.70	14.59	16.94	14.84	14.20
5	0	17.60	11.19	11.38	11.87	12.02	11.19
5	5	13.12	14.65	13.72	14.25	12.94	13.29
5	10	15.19	15.20	14.51	17.51	15.05	14.96
10	0	16.45	12.94	13.20	13.81	12.54	13.06
10	5	12.30	14.26	11.69	12.05	12.70	14.12
10	10	14.47	14.48	13.99	16.39	16.43	14.45

สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนทำให้มีค่าที่มากกว่า 6 log cfu/g ตั้งแต่ในช่วง 7 วันแรกของการเก็บรักษาไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างที่มีหรือไม่มีการใช้สารสกัดจากกานพลูและอบเชย (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	3.15	6.43	8.52	9.39	10.32	11.48
0	5	3.24	6.50	8.53	9.46	10.37	11.48
0	10	3.37	6.54	8.33	9.38	10.31	11.48
5	0	3.30	6.43	8.03	9.06	10.49	11.48
5	5	3.30	6.45	8.07	9.27	10.28	11.48
5	10	3.41	6.40	8.34	9.39	10.36	13.42
10	0	3.45	6.52	8.49	9.42	10.31	11.48
10	5	3.37	6.39	8.34	9.32	10.30	10.64
10	10	3.15	6.43	8.52	9.39	10.32	11.48

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu/g) ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

สารสกัดอบเชย (ร้อยละ)	สารสกัดกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
		0	7	14	21	28	35
0	0	3.08	6.55	8.48	9.36	10.30	11.48
0	5	3.18	6.51	8.26	9.43	10.32	11.48
0	10	3.20	6.38	8.26	9.38	10.31	11.48
5	0	3.32	6.42	8.03	9.05	10.48	11.48
5	5	3.27	6.39	7.94	9.30	10.26	11.48
5	10	3.30	6.49	8.21	9.33	10.31	11.48
10	0	3.45	6.45	8.29	9.45	10.28	11.48
10	5	3.19	6.43	8.23	9.31	10.30	10.87
10	10	3.18	6.45	8.19	9.29	10.26	11.48

ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อใช้บอกอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควัน พบว่ามีทิศทางไม่เป็นไปในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 5, 6, 8 และ 9 ยังได้รับการยอมรับอยู่ทั้งๆ ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในปริมาณสูง

ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อค่า pH ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นแสดงดังตารางที่ 17 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลารมควันทุกตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยมาก ค่า pH จึงอาจไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของการเปลี่ยนแปลงเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 17 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	1	4	8	12	16	20	24	28
0	6.33	6.27	6.28	6.39	6.32	6.11	6.01	6.19
0.5	6.12	6.15	6.25	6.27	6.12	6.31	6.21	6.32
1.0	6.27	6.27	6.20	6.16	6.12	6.20	6.03	6.11

แนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ของตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูช่วยชะลอการเกิดไนโตรเจนที่ระเหยได้ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)						
	1	4	12	16	20	24	ค่าเฉลี่ย
0	33.39	28.16	44.89	19.07	28.93	40.89	32.55
0.5	27.34	27.22	20.80	22.16	24.46	33.76	25.96
1.0	33.09	24.41	23.40	21.62	24.02	33.80	26.72

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียที่ชอบความเย็นและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 19 20 และ 21 ผลการทดลองพบว่าเมื่อเก็บไว้นานขึ้น จำนวนเชื้อทั้ง 3 ชนิดเพิ่มขึ้น โดยพบว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ทั้ง 3 ชนิด ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่ร้อยละ 1.0 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีกว่าที่ร้อยละ 0.5

ตารางที่ 19 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	1	4	8	12	16	20	24	28
0	2.48	4.22	5.87	7.49	8.19	8.56	8.54	8.86
0.5	2.54	4.12	2.78	3.54	3.00	5.84	6.00	7.66
1.0	2.46	2.97	3.36	2.69	5.52	6.26	4.40	3.70

ตารางที่ 20 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ที่ชอบเจริญในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	1	4	8	12	16	20	24	28
0	2.98	3.84	6.04	7.74	8.75	8.59	8.79	8.90
0.5	1.30	2.83	3.72	3.88	2.70	7.72	6.96	8.52
1.0	1.90	2.67	3.33	3.25	5.75	6.84	6.33	4.76

ตารางที่ 21 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu/g) ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)							
	1	4	8	12	16	20	24	28
0	3.69	3.19	5.12	3.12	5.19	7.85	7.37	7.40
0.5	2.20	2.27	2.41	2.37	2.77	4.56	4.38	6.31
1.0	1.70	1.54	2.13	1.60	2.00	2.19	3.40	2.30

เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นทุกตัวอย่างได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 28 วัน แม้ว่าบางตัวอย่างจะมีคุณภาพทางจุลชีววิทยาที่ไม่ได้มาตรฐานแล้วก็ตาม เมื่อพิจารณาคะแนนการประเมินของตัวอย่างพบว่ามีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในทุกคุณลักษณะแต่คะแนนการยอมรับก็ยังมากกว่า 4 โดยมีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับในด้านกลิ่น สี เนื้อสัมผัสและลักษณะโดยรวมในวันที่ 28 เท่ากับของทุกตัวอย่างอยู่ในช่วงคะแนนเฉยๆ-ยอมรับมาก (5.14-5.71, 4.43-4.71, 4.14-5.00 และ 4.43-5.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 22, 23, 24 และ 25) แสดงว่าปลารมควันทุกตัวอย่างสามารถเก็บรักษาได้นานอย่างน้อย 28 วัน

ตารางที่ 22 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา	น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)		
(วัน)	0	0.5	1.0
1	6.86±0.79	6.71±0.53	6.57±0.53
4	6.83±0.41	6.83±0.41	6.83±0.41
8	6.43±0.53	6.43±0.79	6.29±0.76
12	6.00±0.58	6.00±0.82	5.86±0.69
16	5.86±0.90	5.43±0.79	5.57±0.98
20	5.43±1.13	5.57±0.79	5.57±0.79
24	5.17±1.60	5.50±0.84	5.67±0.82
28	5.14±1.21	5.14±1.21	5.71±0.76

หมายเหตุ คะแนน 7 = ยอมรับมากที่สุด 6 = ยอมรับมาก 5 = ยอมรับเล็กน้อย คะแนน 4 = เฉยๆ 3 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย 2 = ไม่ยอมรับมาก และคะแนน 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับทางด้านสีในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา	น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)		
(วัน)	0	0.5	ร้อยละ 1.0
1	6.57±0.53	6.57±0.38	6.43±0.53
4	6.67±0.52	6.67±0.52	6.17±0.41
8	5.86±0.69	6.14±0.38	5.86±0.90
12	5.86±0.38	5.86±0.90	5.43±0.98
16	5.43±0.79	4.71±1.38	4.86±1.68
20	5.29±0.76	5.14±0.69	5.43±0.98
24	4.83±1.33	5.50±0.84	4.67±1.37
28	4.57±1.27	4.71±1.50	4.43±1.13

หมายเหตุ คะแนน 7 = ยอมรับมากที่สุด 6 = ยอมรับมาก 5 = ยอมรับเล็กน้อย คะแนน 4 = เฉยๆ 3 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย 2 = ไม่ยอมรับมาก และคะแนน 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา	น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)		
(วัน)	0	0.5	ร้อยละ 1.0
1	6.43±0.49	6.86±0.49	6.57±0.53
4	6.50±0.55	7.00±0.00	6.17±0.41
8	5.71±0.95	6.00±0.82	5.86±0.90
12	6.00±0.58	5.86±0.69	6.00±0.58
16	5.86±0.90	5.14±1.07	5.29±0.95
20	5.29±0.76	5.43±0.98	5.57±0.53
24	5.00±1.26	5.33±0.82	5.33±1.21
28	4.14±1.07	5.00±0.82	4.71±0.76

หมายเหตุ คะแนน 7 = ยอมรับมากที่สุด 6 = ยอมรับมาก 5 = ยอมรับเล็กน้อย คะแนน 4 = เฉยๆ 3 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย 2 = ไม่ยอมรับมาก และคะแนน 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด

ตารางที่ 25 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับรวมในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 28 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา (วัน)	น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (ร้อยละ)		
	0	0.5	ร้อยละ 1.0
1	6.71±0.49	6.71±0.53	6.43±0.38
4	6.83±0.41	7.00±0.00	6.17±0.41
8	6.29±0.76	5.86±0.38	5.57±0.79
12	5.86±0.38	5.86±0.69	5.71±0.49
16	6.00±0.58	5.00±1.15	5.00±1.15
20	5.43±0.79	5.29±0.76	5.43±0.53
24	5.17±0.75	5.33±0.82	4.83±1.17
28	4.43±0.98	5.14±0.90	4.86±0.90

หมายเหตุ คะแนน 7 = ยอมรับมากที่สุด 6 = ยอมรับมาก 5 = ยอมรับเล็กน้อย คะแนน 4 = เฉยๆ 3 = ไม่ยอมรับเล็กน้อย 2 = ไม่ยอมรับมาก และคะแนน 1 = ไม่ยอมรับมากที่สุด

ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชย ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

น้ำมันหอมระเหยสามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ โดยช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้น้ำมันหอมระเหยในอาหารมักจะมีปัญหาทางด้านกลิ่นรสที่แรงจนเกินไป ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยลดปัญหานี้ได้คือการใช้น้ำมันหอมระเหยมากกว่า 1 ชนิดร่วมกัน เป็นการช่วยให้อาหารมีกลิ่นรสที่ดีขึ้น และอาจมีทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย

การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูร่วมกับน้ำมันหอมระเหยอบเชยกับเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น บรรจุแบบสุญญากาศ สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ เมื่อเทียบกับตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่ใช้น้ำมันหอมระเหยใดๆ (ตัวอย่างควบคุม) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้มากขึ้นด้วย

การใช้น้ำมันหอมระเหยทำให้เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นมี pH ลดลงจาก 6.29 เป็น 6.17 และ 6.09 เมื่อใช้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า pH เริ่มต้นของเนื้อปลามีความเป็นกรดเล็กน้อย

ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น จะมี pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่า pH เริ่มต้น จนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน พบว่าค่า pH มีค่าลดต่ำลงกว่าวันที่เริ่มเก็บรักษาดังแสดงในตารางที่ 26 แต่เมื่อเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเป็นเวลา 28 วัน จะเห็นว่า pH จะมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อเก็บรักษาต่อเป็นเวลา 32 วัน พบว่าค่าpH ของตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นกลับลดต่ำลงมาอยู่ในช่วง 5.8–5.9

ตารางที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา	น้ำมันหอมระเหยผสมของกานพลูและอบเชย (ร้อยละ)		
(วัน)	0	0.15	0.30
0	6.29	6.17	6.09
4	6.18	6.13	6.08
8	6.24	6.09	6.15
12	6.42	6.39	6.40
16	6.30	6.52	6.45
20	6.19	6.29	6.32
24	6.18	6.03	6.34
28	6.52	6.39	6.45
32	5.88	5.98	5.89

การวัดค่า thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) เป็นการวัดปริมาณของสารประกอบมาโลนัลดีไฮด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทุติยภูมิจากการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ในการศึกษาการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด รวมทั้งในผลิตภัณฑ์ปลา

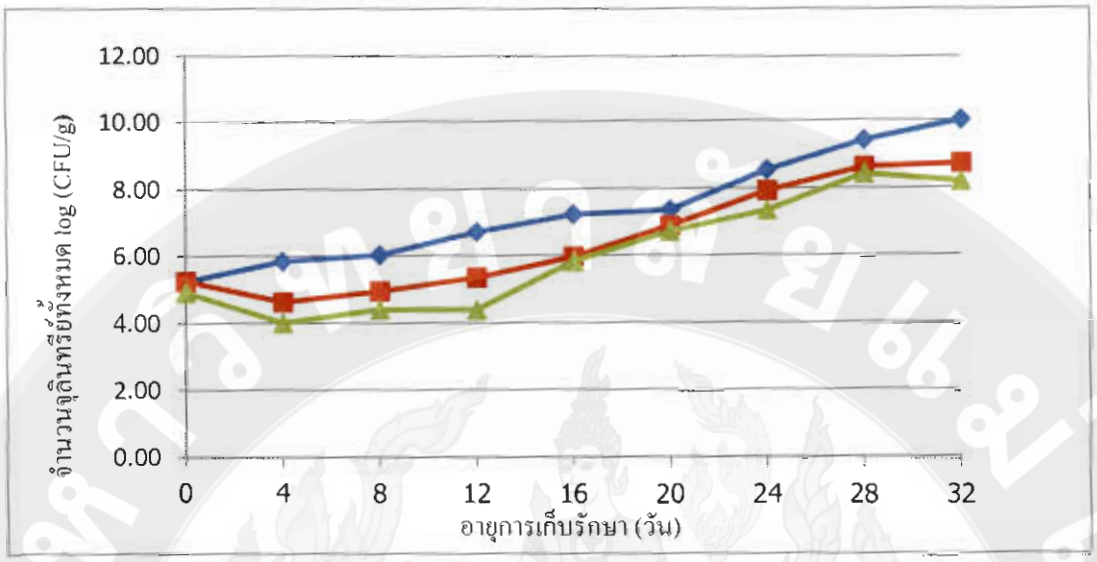
ค่า TBARS ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของกานพลูและอบเชยร้อยละ 0.3 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) มีค่า TBARSสูงกว่าตัวอย่างที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของกานพลูและอบเชยร้อยละ 0.15 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) และตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้น้ำมันหอม

ระเหยใดๆ (ตัวอย่างควบคุม) ทั้งในตอนเริ่มต้นและตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.14–0.31 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/ตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 27 การเปลี่ยนแปลงค่า TRARS ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 32 วัน

ระยะเวลาเก็บรักษา	น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลู (ร้อยละ)		
(วัน)	0	0.15	0.30
0	0.17	0.20	0.25
4	0.20	0.19	0.29
8	0.14	0.28	0.28
12	0.26	0.18	0.30
16	0.19	0.17	0.30
20	0.14	0.14	0.26
24	0.20	0.20	0.24
28	0.18	0.20	0.28
32	0.20	0.20	0.31

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นมีค่าเท่ากับ 4.91-5.25 log cfu/g (ภาพที่ 1) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของทุกตัวอย่างจะเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยร่วมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้ากว่าตัวอย่างควบคุม ดังนั้นเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ4 องศาเซลเซียสตัวอย่างที่ไม่ใช้น้ำมันหอมระเหยใดๆ (ตัวอย่างควบคุม) สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 วัน และปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมจากอบเชยและกานพลูในปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 สามารถเก็บรักษาได้นานมากขึ้นอีก 12 วัน กล่าวคือสามารถเก็บรักษาได้นาน16 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



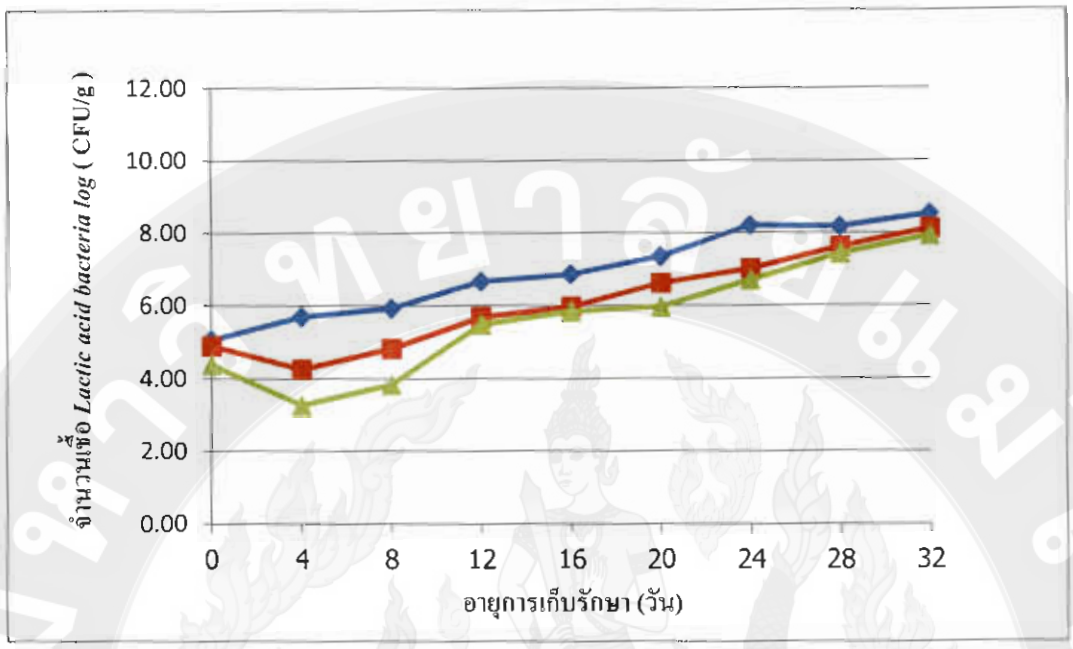
ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม)
- น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15
- น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.30

จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นมีค่าเท่ากับ 4.39-5.07 log cfu/g (ภาพที่ 2) และเมื่อเก็บรักษานานขึ้น จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกของทุกตัวอย่างจะเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูร่วมกับน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้ากว่าตัวอย่างควบคุม

ดังนั้นถ้าพิจารณาตามจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกทั้งหมด พบว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างที่ไม่ใช้น้ำมันหอมระเหย (ตัวอย่างควบคุม) สามารถเก็บรักษาได้นาน 8วัน และปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยในปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 สามารถเก็บรักษาได้นาน 16 และ 20 วัน ตามลำดับ

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมร้อยละ 0.30 จะมีประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตจุลินทรีย์มากกว่าที่ใช้น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.15



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม)
- น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15
- น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.30

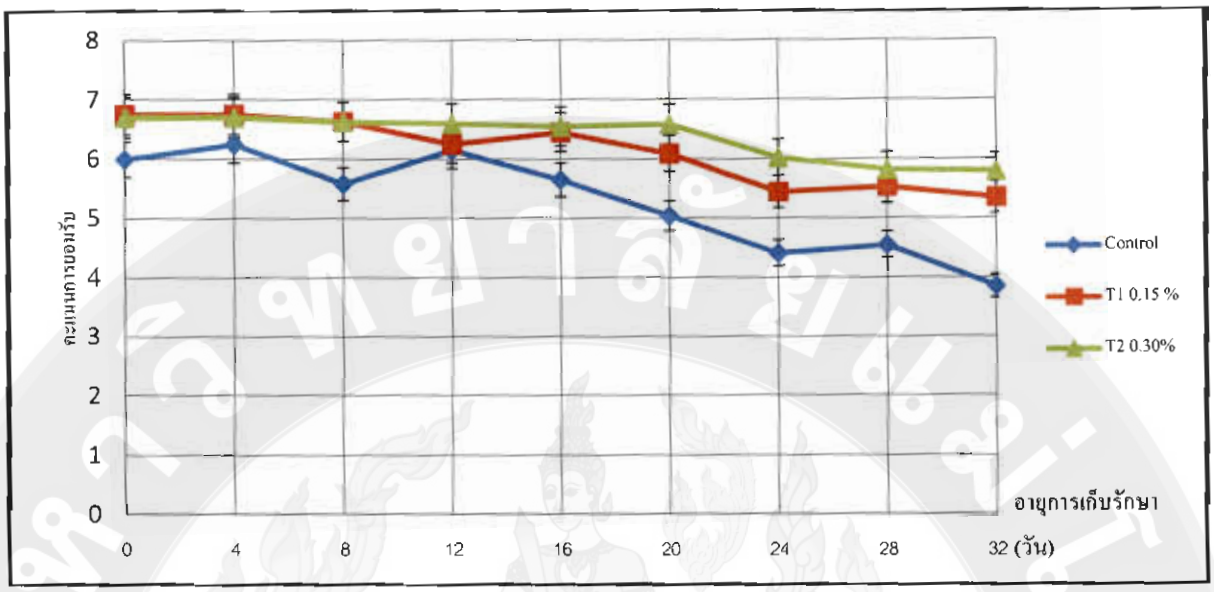
สำหรับผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูในระดับที่แตกต่างกันเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม ในตอนเริ่มต้นก่อนทำการเก็บรักษาแสดงดังตารางที่ 28 พบว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นได้รับการยอมรับค่อนข้างดี โดยตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสม และที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 มีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) แต่มีคะแนนลักษณะปรากฏและรสชาติแตกต่างกัน โดยตัวอย่างที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูมีคะแนนการยอมรับสูงกว่า ($p < 0.05$) แต่ระดับความเข้มข้นที่ใช้ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับของลักษณะปรากฏของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้ ($p \geq 0.05$) คะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติของตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณสูงได้รับคะแนนการยอมรับลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณร้อยละ 0.15 และตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 28 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูในระดับที่แตกต่างกัน

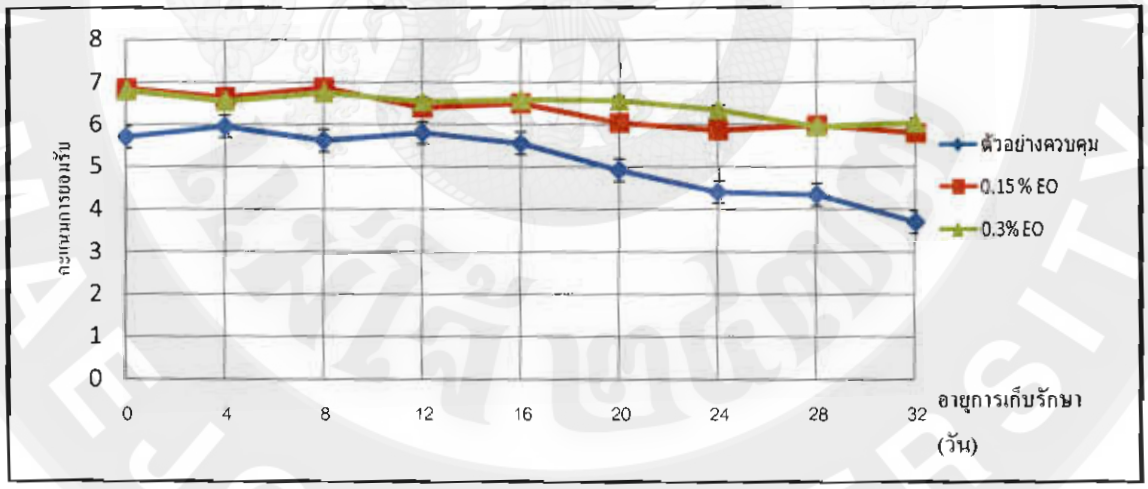
น้ำมันหอมระเหย (ร้อยละ)	คุณลักษณะ					
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับรวม
0	6.08^{b}±1.62	5.80^{a}±1.64	6.10^{a}±1.45	6.45^{a}±1.69	6.43^{a}±1.39	6.38^{a}±1.41
0.15	6.88^{a}±1.20	6.88^{a}±1.34	6.18^{a}±1.55	6.15^{a}±2.02	6.20^{a}±1.30	6.58^{a}±1.45
0.30	6.82^{a}±1.22	6.88^{a}±1.11	5.55^{a}±1.71	5.03^{b}±2.14	5.59^{a}±1.48	5.85^{a}±1.81

หมายเหตุ อักษร^{a} และ ^{b} ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

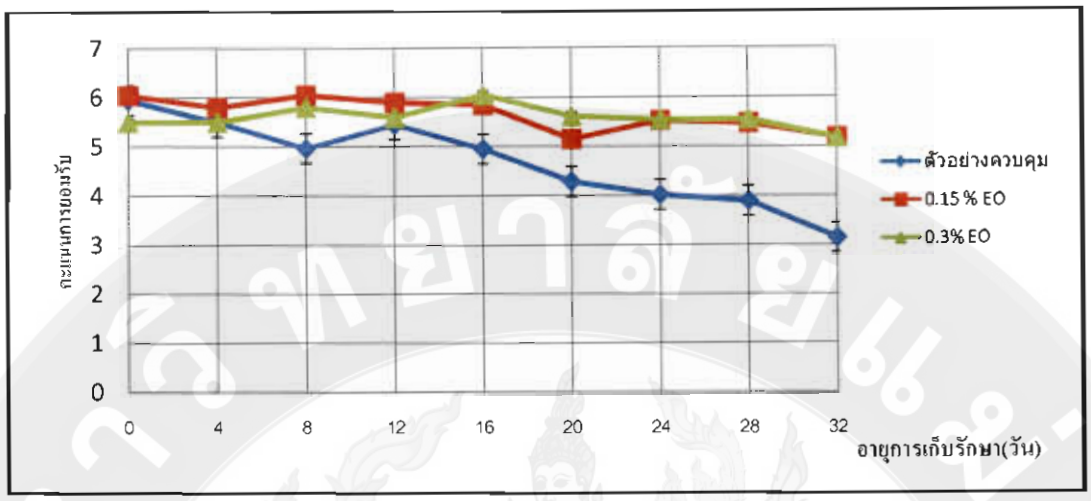
การเปลี่ยนแปลงการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 32 วัน แสดงดังภาพที่ 3-6 จะเห็นได้ว่าเมื่อเก็บรักษาได้ 24 วัน ตัวอย่างควบคุมมีระดับคะแนนไม่เป็นที่ยอมรับ ส่วนตัวอย่างที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูยังคงมีระดับคะแนนเป็นที่ยอมรับตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีคะแนนเฉลี่ยทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและการยอมรับรวมมีค่าสูงกว่า 4 ทั้งที่ 2 ระดับความเข้มข้น



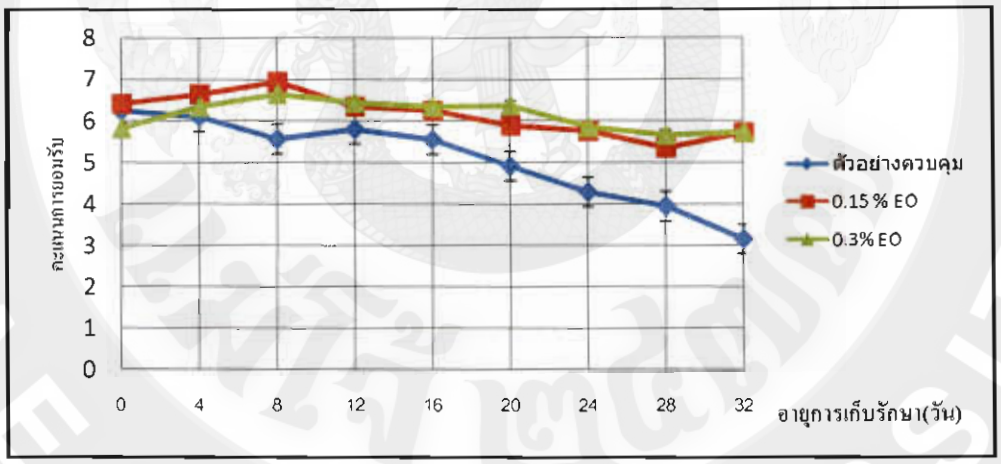
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของลักษณะปรากฏของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของสีของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับของกลิ่นของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส



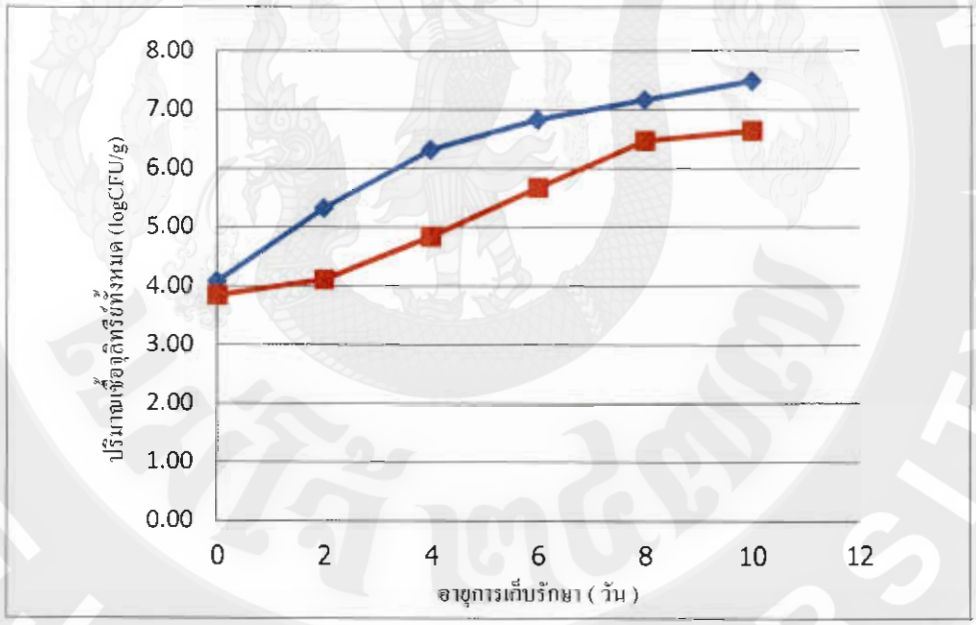
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงคะแนนการยอมรับรวมของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ผลของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ

จากการทดลองก่อนหน้านี้พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูในปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาทับทิมรมควันเย็นได้เท่ากัน และการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูในปริมาณร้อยละ 0.30 ส่งผลกระทบในทางลบต่อ

การยอมรับทางประสาทสัมผัส ดังนั้นในการทดลองตอนนี้จึงเลือกใช้น้ำมันหอมระเหยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.15 ในการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูร่วมกับน้ำมันหอมระเหยอบเชยต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน โดยมีตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมที่ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยใดๆ เป็นตัวอย่างควบคุม

เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 3.85-4.08 log cfu/g และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยตัวอย่างควบคุมมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกิน 6 log cfu/g เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ส่วนตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูในปริมาณร้อยละ 0.15 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกิน 6 log cfu/g เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน (ภาพที่ 7)

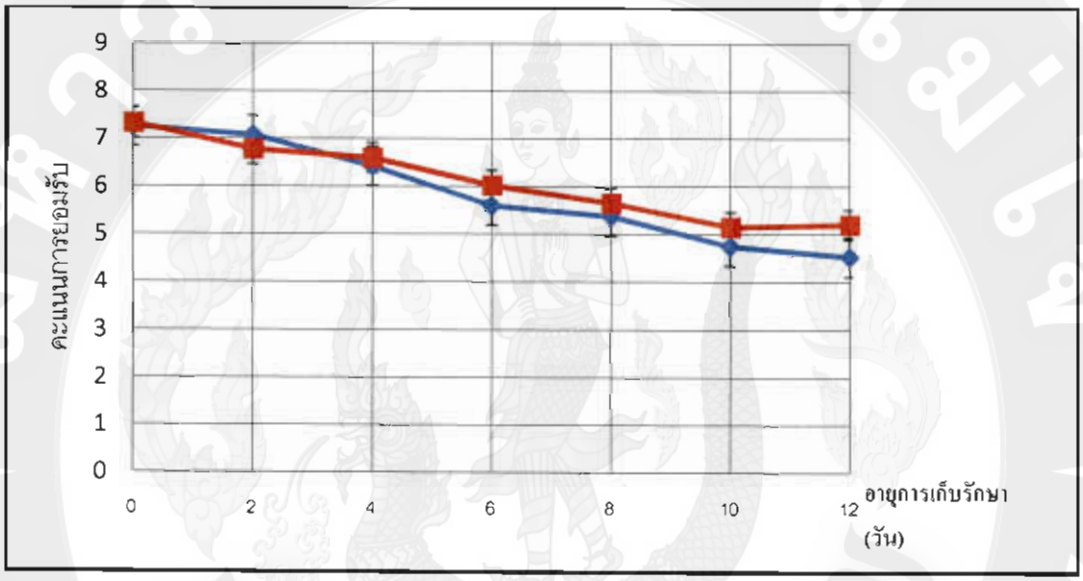


ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ0 (ตัวอย่างควบคุม)
- น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15

ส่วนคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส บรรจุแบบบรรยากาศปกติ พบว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นตัวอย่างควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏต่ำกว่า 5 คะแนน เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 10 วัน ในขณะ

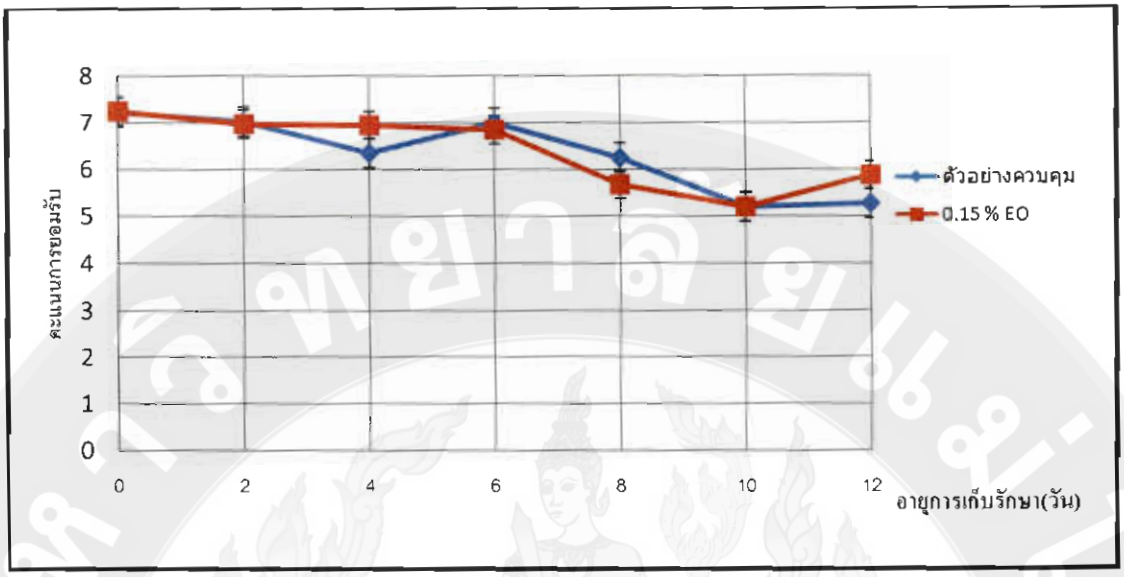
ที่ปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15 มีคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏเป็นที่ยอมรับตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน (ภาพที่ 8) ส่วนคะแนนการยอมรับทางด้านสีของทั้ง 2 ตัวอย่างยังคงได้รับการยอมรับตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 วัน (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 8 ผลการยอมรับด้านลักษณะปรากฏที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ0 (ตัวอย่างควบคุม)

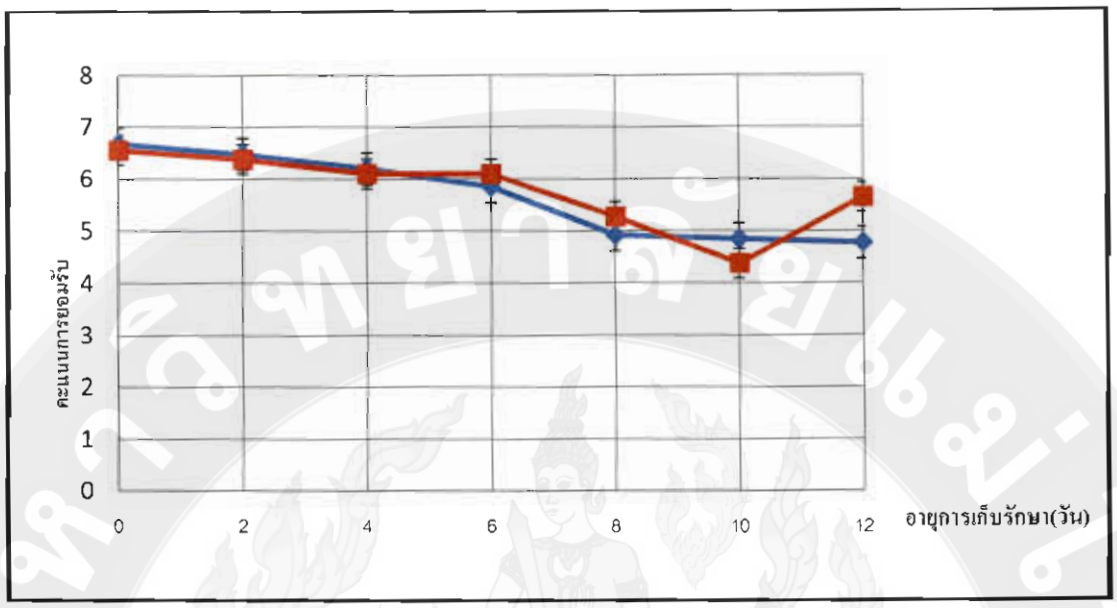
น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15 (0.15%EO)



ภาพที่ 9 ผลการยอมรับด้านสีที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

- น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ0 (ตัวอย่างควบคุม)
- น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15 (0.15%EO)

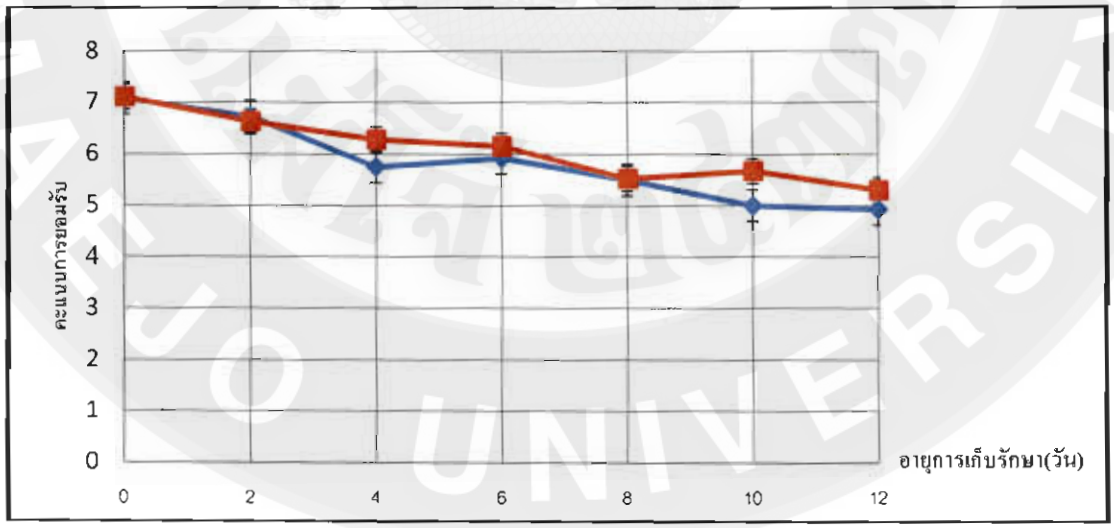
เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติมีคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นต่ำกว่า 5 คะแนน ในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15 เมื่อเก็บที่ 8 และ 10 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 10) อย่างไรคะแนนการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 2 ตัวอย่างก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์คะแนนที่ยังเป็นที่ยอมรับได้ (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 10 ผลการยอมรับด้านกลิ่นที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ0 (ตัวอย่างควบคุม)

น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15 (0.15%EO)



ภาพที่ 11 ผลการยอมรับด้านการยอมรับรวมที่มีผลอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ0 (ตัวอย่างควบคุม)

น้ำมันหอมระเหยอบเชยและกานพลูร้อยละ 0.15 (0.15%EO)

ผลของการแช่เยือกแข็งเนื้อปลาทับทิมสดต่อการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ในบางครั้งถ้าหากว่ามีวัตถุดิบมากเกินไป อาจไม่สามารถนำมาทำการแปรรูปได้ทันภายในวันเดียว การเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมสดโดยวิธีการแช่เยือกแข็ง เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ แต่ก็ต้องศึกษาว่าเมื่อนำเนื้อปลาทับทิมแช่เยือกแข็งไปแปรรูปเป็นเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นแล้ว จะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคหรือไม่ จากการทดลองโดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 130 คน พบว่าการยอมรับของคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวม ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 2 แบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนการยอมรับของทุกคุณลักษณะอยู่ในช่วงเฉยๆ-ยอมรับปานกลาง (5.33-6.38) ดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้จากเนื้อปลาสดและเนื้อปลาแช่เยือกแข็ง

คุณลักษณะ	เนื้อปลาทับทิม ^{ns}	
	สด	แช่เยือกแข็ง
สี	6.20 $\pm$1.50	6.38 $\pm$ 1.38
กลิ่น	5.33 $\pm$ 1.68	5.51 $\pm$ 1.63
รสชาติ	5.36 $\pm$ 1.72	5.54 $\pm$ 1.75
เนื้อสัมผัส	5.70 $\pm$ 1.56	5.79 $\pm$ 1.71
การยอมรับรวม	5.66 $\pm$ 1.43	5.82 $\pm$ 1.53

หมายเหตุ ^{ns} หมายถึงตัวเลขในแถวเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$); คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด; ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากผู้ทดสอบทั้งหมด 130 คน

ผลการทดสอบความตั้งใจซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นของผู้บริโภค

จากการทดสอบความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถาม (ภาคผนวก ก.) จำนวน 128 คน เป็นเพศหญิงจำนวน 81 คน (ร้อยละ 63.28) และเพศชายจำนวน 47 คน (ร้อยละ 36.72) โดยมีช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เท่ากับ 15-30 ปี โดยคิดเป็นร้อยละ ของผู้ตอบแบบสอบภามทั้งหมด 60.16 ตังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (n = 128)

รายละเอียด	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	47	36.72
หญิง	81	63.28
รวม	128	100.00
อายุ		
15-30 ปี	77	60.16
31-45 ปี	29	22.66
41-60 ปี	19	14.84
> 60 ปี	3	2.34
รวม	128	100.00
อาชีพ		
นักธุรกิจ	2	1.56
นักศึกษา	60	46.88
ข้าราชการ	20	15.63
ผู้ที่เกษียณอายุ	2	1.56
พนักงานเอกชน	7	5.47
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	4	3.13
เกษตรกร	5	3.91
แม่บ้าน	4	3.13
อาชีพอิสระ (ขับรถพ่วงสิบล้อ พนักงานจ้างตามภารกิจ ครูอัตราจ้าง ธุรกิจส่วนตัว)	11	8.59
อื่นๆ (ครู ค้าขาย ครูบำนาญ พนักงานขาย อาจารย์พิเศษ พนักงานมหาวิทยาลัย พนักงานรัฐ ร้านมินิมาร์ท)	13	10.16
รวม	128	100.00

ตารางที่ 30 (ต่อ)

รายละเอียด	ความถี่	ร้อยละ
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้เรียนหนังสือ	4	3.13
ประถมศึกษา	3	2.34
มัธยมศึกษา	2	1.56
ปวช.	10	7.81
ปริญญาตรี	88	68.75
ปริญญาโทหรือสูงกว่า	19	14.84
อื่นๆ	2	1.56
รวม	128	100.00
รายได้ต่อเดือน		
< 5,000 บาท	31	24.22
5,000-10,000 บาท	46	35.94
10,001-20,000 บาท	17	13.28
20,001-30,000 บาท	15	11.72
> 30,000 บาท	19	14.84
รวม	128.00	100.00

ตารางที่ 31 แสดงพฤติกรรมการบริโภคเนื้อปลา โดยผู้สอบถาม 104 คน (ร้อยละ 81.25) เคยซื้อเนื้อปลาเพื่อบริโภค และจำนวน 115 คน (ร้อยละ 89.84) ที่สนใจจะซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเพื่อบริโภค แสดงว่ามีผู้บริโภคที่ไม่เคยซื้อเนื้อปลาเพื่อบริโภค ได้ให้ความสนใจที่จะซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเพื่อบริโภค โดยผู้ที่สนใจจะซื้อส่วนใหญ่ได้ให้เหตุผลว่าอยากลองผลิตภัณฑ์ใหม่ดังนี้ อยากทดลองรับประทานดูว่ามีรสชาติอย่างไร ชอบรับประทานปลาทับทิม เป็นเนื้อปลาแปรรูปน่าจะรับประทานง่าย มีความสะดวกในการรับประทานและคิดว่าจะไม่มีกลิ่นคาวปลา

ตารางที่ 31 ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

รายละเอียด	ความถี่	ร้อยละ
ผู้ตอบแบบสอบถามเคยซื้อเนื้อปลาเพื่อบริโภค		
เคย	104	81.25
ไม่เคย	24	18.75
รวม	128	100.00
ความสนใจที่จะซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเพื่อบริโภค		
สนใจ	115	89.84
ไม่สนใจ	13	10.16
รวม	128	100.00

ตารางที่ 32 แสดงคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบริโภคเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น โดยปัจจัยที่มีความสำคัญมากถึงมากที่สุด (คะแนนอยู่ในช่วง 8 ถึง 9) ได้แก่ รสชาติและความปลอดภัยในการบริโภค ปัจจัยที่มีความสำคัญปานกลางถึงสำคัญมาก (คะแนนอยู่ในช่วง 7 ถึง 8) ได้แก่ กลิ่น อายุการเก็บรักษา คุณค่าทางโภชนาการ/ประโยชน์ต่อสุขภาพ มาตรฐานรับรอง (อย.) กรรมวิธีการผลิตและส่วนประกอบ ส่วนปัจจัยในเรื่องของการโฆษณาและของสมนาคุณมีความสำคัญน้อยที่สุด โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 4 ถึง 6

ตารางที่ 32 คะแนนความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการบริโภคเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ลำดับที่	ปัจจัย	คะแนนเฉลี่ย
1	สีสัน	6.01
2	กลิ่น	7.42
3	รสชาติ	8.03
4	ราคา	6.69
5	บรรจุภัณฑ์	6.63
6	ตรายี่ห้อ/บริษัทผู้ผลิต	6.23
7	อายุการเก็บรักษา	7.37
8	คุณค่าทางโภชนาการ/ประโยชน์ต่อสุขภาพ	7.87
9	มาตรฐานรับรอง (อย.)	7.90
10	กรรมวิธีการผลิต	7.65
11	ส่วนประกอบ	7.20
12	การโฆษณา	5.85
13	ของสมนาคุณ	4.73
14	ความปลอดภัยในการบริโภค	8.27

หมายเหตุ ความหมายของคะแนนเป็นดังนี้ 9 หมายถึงสำคัญมากที่สุด 5 หมายถึงสำคัญปานกลาง และ 1 หมายถึงสำคัญน้อยที่สุด

เป็นคะแนนเฉลี่ยจากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 128 คน

ตารางที่ 33 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภคและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านลักษณะบรรจุภัณฑ์ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ต้องการ ปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วยและราคาที่เหมาะสมของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วย

ตารางที่ 33 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของผู้บริโภคและการพัฒนาผลิตภัณฑ์

รายละเอียด	ความถี่	ร้อยละ
ลักษณะบรรจุภัณฑ์ของเนื้อปลาทับทิมรมควันแย็นที่ต้องการ		
ถุงพลาสติกบรรจุแบบธรรมดา	6	4.69
ถุงพลาสติกบรรจุแบบสุญญากาศ	94	73.44
ถาดแบน ปิดทับด้วยฟิล์มยืด	26	20.31
อื่นๆ	2	1.56
รวม	128	100
ปริมาณที่เหมาะสมของเนื้อปลาทับทิมรมควันแย็นต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วย		
100 กรัม	18	14.06
200 กรัม	50	39.06
500 กรัม	54	42.19
อื่นๆ (1,000 กรัม)	6	4.69
รวม	128	100.00
ราคาที่เหมาะสมของเนื้อปลาทับทิมรมควันแย็นต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วย		
50 บาท	41	32.03
100 บาท	40	31.25
150 บาท	28	21.88
200 บาท	16	12.50
อื่นๆ (30 บาท, 70 บาท)	3	2.34
รวม	128	100.00

วิจารณ์ผลการวิจัย

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาทับทิมสด

ปริมาณความชื้น เถ้าและโปรตีนของปลาทับทิมสดที่ได้จากการทดลองนี้ มีค่าใกล้เคียงกับค่าของปลานิลสดที่ได้จากงานทดลองของ Yanar *et al.* (2006) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 76.87, 1.09 และ 18.23 ตามลำดับ ส่วนปริมาณไขมันของเนื้อปลาทับทิมจากการทดลองนี้มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.17 ซึ่งสูงกว่างานทดลองของ Yanar *et al.* (2006) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.64 ปริมาณไขมันในปลาแตกต่างกันไปตามชนิดของปลา อาหารปลา ถิ่นที่อยู่อาศัยและฤดูกาล รวมทั้งเป็นปลาที่จับได้ในธรรมชาติหรือปลาที่เลี้ยงในบ่อด้วย (Rasoarahona *et al.*, 2005)

ผลของการใช้สารสกัดอบเชยและกานพลู ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้จากการทดลองนี้ มีความชื้นลดลงจากเนื้อปลาสด โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 66.84-71.38 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับเนื้อเนื้อปลารมควันจากงานทดลองของ Yanar *et al.* (2006) ซึ่งมีปริมาณความชื้นร้อยละ 69.76 อย่างไรก็ตามเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้ยังจัดเป็นอาหารที่เกิดการเน่าเสียง่าย และมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากมีค่า water activity ที่สูงกว่า 0.95 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.974-0.981 และมี pH ที่ค่อนข้างเป็นกลาง กล่าวคืออยู่ในช่วง 5.75-6.22 ส่วนจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกเริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วง 3.15-3.45 และ 3.08-3.45 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากปลารมควันจากงานทดลองอื่นๆ เช่น ปลาดุกอุยเทศรมควัน (สุพันธ์, 2548) ปลาแซลมอนรมควัน (Dondero *et al.*, 2004) จัดเป็นค่าที่แสดงว่ามีกระบวนการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ

เมื่อนำเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ได้ไปเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส และติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ความชื้นของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาของแต่ละตัวอย่างมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 66.84-73.32 โดยความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

ค่า water activity เป็นค่าที่มาจากอัตราส่วนของความดันไอของสารละลายกับตัวทำละลายในผลิตภัณฑ์ การเจริญของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารมีความสัมพันธ์กับค่า water activity จากผลการทดลองพบว่าปลาทับทิมรมควันมีค่า water activity อยู่ในช่วง 0.974-0.981 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง และไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา อาจเนื่องจากปลาทับทิมรมควันผ่านกระบวนการรมควันแบบเย็น ซึ่งใช้อุณหภูมิต่ำในการรมควันและใช้เวลาไม่นาน

ค่า pH ของปลาทับทิมรมควันมีค่าอยู่ในช่วง 5.67-6.69 และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH มากนัก การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของปลารมควันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นอาจลดลงได้เนื่องจากเกิดการสร้างกรดแลคติกของแบคทีเรียกรดแลคติก

สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดตอนเริ่มต้นมีค่าอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ปลารมควันอื่น เช่น ปลาดุกอุยเทศรมควัน (สุพันธ์, 2548) ที่ทำการรมควันที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง 45 นาที มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นเท่ากับ 3.38 log cfu/g ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดลองนี้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.15-3.45 log cfu/g แต่อย่างไรก็ตามปลาดุกอุยเทศมีค่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกิน 6 log cfu/g เมื่อเก็บไว้ในสภาวะสุญญากาศที่ 4 องศาเซลเซียสนาน 18 วัน ในขณะที่ในการทดลองนี้เก็บได้เพียง 7 วัน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษาและเมื่อเก็บครบ 35 วันพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์สูงถึง 10.64-11.48 log cfu/g ผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันทุกตัวอย่าง แสดงว่าสารสกัดจากกานพลูและอบเชยที่ใช้ในการทดลองนี้ ยังไม่สามารถที่จะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำได้

ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อใช้บอกอายุการเก็บรักษาของปลาทับทิมรมควันพบว่ามีทิศทางไม่เป็นไปในทำนองเดียวกัน ตัวอย่างที่ 1, 2, 3, 5, 6, 8 และ 9 ยังได้รับการยอมรับอยู่ ทั้งๆ ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกในปริมาณสูง อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่มีการใช้กานพลูและอบเชยในสัดส่วนที่เท่ากัน มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคที่ดีทั้งที่ใช้อย่างละร้อยละ 5 และ 10 แต่ก็ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม Hansen *et al.* (1995) พบว่าในปลาซาลมอนรมควันที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูง (8 log cfu/g) ไม่จำเป็นว่าต้องแสดงว่าปลานั้นเกิดการเน่าเสียเสมอไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปลารมควันที่มีความเข้มข้นของเกลือต่ำ

Hansen *et al.* (1998) พบว่าอายุการเก็บรักษาโดยประมาณของปลาซาลมอนรมควันที่มีการหั่นเป็นชิ้นบางๆ บรรจุถุงแบบสุญญากาศและเก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสมีอายุการเก็บรักษา 21-36 วัน แต่ถ้าเก็บรักษาเป็นปลาทั้งชิ้นจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าโดยมีอายุการเก็บรักษา 32-49 วัน

อายุการเก็บรักษาปลารมควันขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญหลายประการ ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ วิธีการผลิต ขนาดและชนิดและจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น คุณภาพของวัตถุดิบ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ปลาทับทิมรมควันในการทดลองนี้ที่ใช้และไม่ใช้สารสกัดจากอบเชย และ/หรือ สารสกัดจากกานพลูมีอายุการเก็บรักษาที่ไม่แตกต่างกัน Hansen *et al.* (1998)

ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลูร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

จากการที่พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาปลารมควันทุกตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยมาก ดังนั้นค่า pH จึงอาจไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีของการเปลี่ยนแปลงเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

แนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ของตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูช่วยชะลอการเกิดไนโตรเจนที่ระเหยได้ ซึ่งแสดงว่าช่วยป้องกันการเสื่อมสลายของสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบได้ เช่น โปรตีน เป็นต้น

ผลของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชย ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

pH เริ่มต้นของเนื้อปลามีความเป็นกรดเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการสะสมของกรดแลคติกในกล้ามเนื้อปลา เนื่องจากมีการใช้ไกลโคเจนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนโดยทั่วไปจะมี pH ไม่ต่ำกว่า6.2 เพราะปริมาณของไกลโคเจนในเนื้อปลามีน้อย จึงทำให้มีการสร้างปริมาณกรดแลคติกได้ไม่มากนัก (เนตรนรินทร์, 2546)

เมื่อเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นเป็นเวลา 28 วัน จะเห็นว่า pH จะมีค่าเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนในเนื้อปลาทำให้เนื้อปลามีความเป็นเบสเพิ่มขึ้น (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,ม.ป.ป.) และจากรายงานของ Mahmoud *et al.* (2006) ได้รายงานว่าค่า pH ของเนื้อปลาคาร์ฟเคลือบด้วยน้ำมันออริกาโนแช่เย็นซึ่งเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นจากวันเริ่มต้นเก็บรักษา โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 6.14 เป็น 6.49

แต่เมื่อเก็บรักษาต่อเป็นเวลา 32 วัน พบว่าค่า pH ของตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นกลับลดต่ำลงมาอยู่ในช่วง 5.8–5.9 ซึ่งอาจเนื่องจากการเก็บเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นในสภาวะสุญญากาศช่วยเอื้ออำนวยต่อการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติก ส่งผลให้ค่า pH ลดลงได้

การวัดค่า TBARS เป็นการวัดปริมาณของสารประกอบมาโลนัลดีไฮด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ทุติยภูมิจากการสลายตัวของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ในการศึกษาการออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด รวมทั้งในผลิตภัณฑ์ปลา

ค่า TBARS ของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของกานพลูและอบเชยร้อยละ 0.30 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) มีค่า TBARS สูงกว่าตัวอย่างที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของกานพลูและอบเชยร้อยละ 0.15 (ปริมาตรต่อน้ำหนัก) และตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้น้ำมันหอมระเหยใดๆ (ตัวอย่างควบคุม) ทั้งในดอนเริ่มต้นและตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 32 วัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.14–0.31 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/ตัวอย่าง 1 กิโลกรัม อาจเนื่องจากในน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีสารประกอบอัลดีไฮด์พวกซินนามาลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) อยู่ด้วย (พิชญดา, 2552) ทำให้สามารถถูกกลั่นออกมาพร้อมกับสารประกอบอัลดีไฮด์ที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันและสามารถทำปฏิกิริยากับกรดไธโอบาบิทิวริกได้ด้วย

อย่างไรก็ตาม ค่า TBARS ที่ได้ของตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 3 ตัวอย่างยังคงเป็นค่าที่แสดงว่ายังคงมีคุณภาพที่เป็นที่ยอมรับได้ โดยค่ามาตรฐานอยู่ที่ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมมาโลนัลดีไฮด์/ตัวอย่าง 1 กิโลกรัม (วุฒิพจน์, 2554) ซึ่งค่า TBARS ในตัวอย่างมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน เนื่องจากเป็นการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้มีปริมาณออกซิเจนน้อยมาก (น้อยกว่าร้อยละ1) (เนตรนรินทร์,2546) เป็นการป้องกันการออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้การรมควันยังช่วยให้เกิดการเกาะของสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นองค์ประกอบในควันที่ผิวหน้าของชิ้นปลา เป็นการช่วยป้องกันการออกซิเดชันของไขมันได้อีกทางหนึ่งด้วย

ถึงแม้ว่าค่า TBARS จะเป็นที่นิยมในการวัดระดับของปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน แต่ทั้งนี้ค่า TBARS อาจจะไม่ได้บ่งบอกอัตราการเกิดปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันที่แท้จริง เนื่องจากมาโลนัลดีไฮด์สามารถไปเกิดปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่นๆในเนื้อปลาได้ เช่น นิวคลีโอไซด์ เป็นต้น และเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบอัลดีไฮด์อื่นๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เช่นกัน รวมทั้งสารประกอบอัลดีไฮด์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ในการทดลองนี้ด้วย

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติกได้ดีกว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลกติก เช่น *Lactobacillus* spp. และ *Streptococcus* spp. เป็นต้น จัดเป็นจุลินทรีย์แกรมบวกซึ่งมีความไวต่อน้ำมันหอมระเหยมากกว่าแบคทีเรียแกรมลบเนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบจะมีเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกเป็นสารประกอบพวกลิโปพอลิแซคคาไรด์ (lipopolysaccharide) ทำให้แบคทีเรียแกรมลบมีความแข็งแรง และทนทานต่อสารยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำมันหอมระเหยมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวก (เบญจมาศและปรัชญากร, 2553)

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมร้อยละ

0.30 จะมีประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตจุลินทรีย์มากกว่าที่ใช้น้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.15แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหย ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้ โดยถ้าใช้ในปริมาณมากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ แต่ข้อเสียคืออาจทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนไป จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ยังขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรที่ใช้อีกด้วย

การที่น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยและจากกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากสารประกอบที่มีในน้ำมันหอมระเหย โดยสารประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากอบเชยคือสารซินนามิคอัลดีไฮด์หรือซินนามอลดีไฮด์ และน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีสารยูกีนอล(eugenol) หรือ 2-เมทอกซี-4-(2-โพรพินิล) ฟีนอล((2-methoxy-4-(2-propynyl) phenol))(วารุณี, 2549) เป็นสารประกอบหลัก โดยการทำให้ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดความเสียหายหรือเกิดรอยรั่ว (leakage) ทำให้หน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ทำงานผิดปกติ โดยเฉพาะการป้องกันไม่ให้สารต่างๆ เข้าออกจากเซลล์ (osmotic barrier) ระบบการขนส่งอิเล็กตรอนและปฏิกิริยาฟอสฟอริเลชัน (oxidative phosphorylation) เสียหายไปทำให้พลังงานในตัวแบคทีเรียถูกปลดปล่อยออกมาได้น้อยลง ส่งผลให้แบคทีเรียอ่อนแอและตาย (หิรัญ,2547) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐยา (2552) ซึ่งพบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชยสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ได้แก่ *Lactobacillus* sp., *Bacillus cereus, Escherichia coli, Salmonella enteritidis, Bacillus thermoacidurans, Salmonella Jawa, Salmonella worthington, Salmonella lexington, Salmonella seftenberg, Salmonella anatum,Salmonella Stanley, P. glycinea, P. striafceiens, E. caratovora, Acetobacter aceti, Clostridium botulinum, S. epidermilitis, L. mesenteroid* และ *L. lycopersici*

ส่วนงานวิจัยของนิพร (2551) ได้ทำการทดสอบกิจกรรมการต้านจุลินทรีย์ของยูกีนอลเปรียบเทียบกับสารประกอบอื่น ได้แก่ ไทมอล(thymol) ยูจีนอลเ มนทอล(menthol) และอะนีโทล (anethole) ต่อการยับยั้ง *Samonella* Typhimurium, *S. aureus* และ *Vibrio parahaemolyticus* ผลการทดสอบพบว่ายูกีนอลมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียดังกล่าวได้ดีที่สุด รองลงมาคือไทมอลอะนีโทลและเมนทอลตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบว่ายูกีนอลมีผลต่อการยับยั้ง *Escherichia coli*, *Escherichia faecalis, Aeromonas hydrophila, Bacillus subtilis, Micrococcus sluteus, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus*, *Salmonella* Pullorum, *Salmonella* Choleraesuis, *Bacillus subtilis* และ*Candida albicans* ได้อีกด้วย

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีอัตราการเพิ่มของจุลินทรีย์ช้ากว่าเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุในสภาวะที่มีอากาศ เนื่องจากการบรรจุในสภาวะสุญญากาศเป็นการดึงเอาอากาศภายในภาชนะ และ/หรือภายในผลิตภัณฑ์ออกไปและไม่มีการพ่นก๊าซใดๆเข้าไปแทนที่โดยมีจุดประสงค์เพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากผลิตภัณฑ์ให้หมด เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพรวมทั้งการเน่าเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ ดังนั้นการบรรจุในสภาวะสุญญากาศจึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตได้แต่อย่างไรก็ตามในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจนหรือมีก๊าซออกซิเจนในปริมาณต่ำๆเชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (anaerobe) และชนิดที่สามารถเติบโตได้ทั้งในที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพวกที่ทำให้อาหารเป็นพิษเช่น *Clostridium botulinum* และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้นและพวกที่ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติ เช่น แบคทีเรียกรดแลคติก สามารถเจริญได้

อาภากร (2550) ที่ศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยตระกูลเหง้าในเนื้อไก่สดบรรจุสภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาโดยการแช่เย็น เป็นระยะเวลา 5 วัน ซึ่งพบว่าการบรรจุเนื้อสัตว์ในสภาวะสุญญากาศช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อไก่สดได้

การเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อลดอุณหภูมิลงกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญจะลดลงมีผลทำให้ระยะแบ่งตัวในการเติบโตของเซลล์ลดลงโดยปกติระยะเวลาที่เชื้อใช้ในการแบ่งเซลล์จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุกๆอุณหภูมิที่ลดลง 10 องศาเซลเซียส (วารุณี, 2549)

คะแนนการยอมรับทางด้านรสชาติของตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณสูงได้รับคะแนนการยอมรับลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมในปริมาณร้อยละ 0.15 และตัวอย่างควบคุม ซึ่งอาจเนื่องจากน้ำมันหอมระเหยกานพลูซึ่งเป็นส่วนประกอบในน้ำมันหอมระเหยผสมที่ใช้มีรสเผ็ดร้อน ฝาด ทำให้ลิ้นชา ส่วนน้ำมันหอมระเหยอบเชยก็มีแทนนินสูง ทำให้เกิดรสฝาดเช่นกัน (สุดารัตน์ , 2553) ทำให้ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค

การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย มีผลต่อสีของปลารมควัน เพราะน้ำมันจากอบเชยมีสีเหลืองเมื่อร่วมกับการรมควัน (ปกรณ์, 2546) รายงานว่า สีของปลารมควันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีหรือการเกิดเม็ดสี (pigmentation) ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบในควันที่มาจากแหล่งต่างๆ ทำให้ปลามีสีเหลืองทอง และเมื่อเวลาผ่านไปปลาเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากทำให้ผู้บริโภคเห็นความแตกต่างไม่มากนัก

สรุปผลการวิจัย

1. เนื้อปลาทับทิมสดมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีนและเถ้าเท่ากับร้อยละ 76.08± 0.72, 4.17± 0.51, 18.09±0.50 และ 0.98± 0.04 ของน้ำหนัก ตามลำดับ

2. การใช้สารสกัดอบเชยและกานพลูปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศไม่มีผลต่อคุณภาพทางด้านต่างๆ ได้แก่ ความชื้น water activity pH จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและคุณสมบัติทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

3. การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1.0 ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นได้ โดยช่วยชะลอการเกิดไนโตรเจนที่ระเหยได้ ยับยั้งจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียที่ชอบความเย็นและจำนวนแบคทีเรียกรดแลคติก ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่ร้อยละ 1.0 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีกว่าที่ร้อยละ 0.5 ส่วนคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ เมื่อเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน ทั้งตัวอย่างที่ไม่ใช้และใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูมีค่าอยู่ในช่วงคะแนนเฉยๆ-ยอมรับมาก (4.14-5.71)

4. การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศสามารถช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นได้ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่ได้ใช้น้ำมันหอมระเหย (ตัวอย่างควบคุม) ดังนั้นเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ4 องศาเซลเซียสตัวอย่างที่ไม่ใช้น้ำมันหอมระเหยใดๆ (ตัวอย่างควบคุม) สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 วัน และปลาทับทิมรมควันเย็นที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมจากอบเชยและกานพลูในปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 สามารถเก็บรักษาได้นาน 16 วันที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. การใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 ร่วมกับการบรรจุแบบสุญญากาศมีผลในทางบวกต่อการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น โดยตัวอย่างควบคุมไม่เป็นที่ยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสเมื่อเก็บนาน 24 วัน ส่วนตัวอย่างที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูทั้งที่ปริมาณร้อยละ 0.15 และ 0.30 ยังคงมีระดับคะแนนเป็นที่ยอมรับทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นและการยอมรับรวมตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา

6. การใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยในปริมาณร้อยละ 0.15 บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ เปรียบเทียบกับตัวอย่างเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นที่ไม่ได้ใช้น้ำมันหอมระเหย (ตัวอย่างควบคุม) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่าตัวอย่างควบคุมมี

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกิน 6 log cfu/g เมื่อเก็บรักษานาน 4 วัน ส่วนตัวอย่างที่ใช้น้ำมันหอมระเหยผสมของอบเชยและกานพลูในปริมาณร้อยละ 0.15 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงเกิน 6 log cfu/g เมื่อเก็บรักษานาน 8 วัน ส่วนคะแนนการยอมรับรวมทางด้านประสาทสัมผัสยังคงเป็นที่ยอมรับตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา แม้ว่าคะแนนด้านกลิ่นจะไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บที่ 8 และ 10 วัน สำหรับตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่มีการใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยในปริมาณร้อยละ 0.15 ตามลำดับ

7. การแช่เยือกแข็งเนื้อปลาทับทิมสดไม่ส่งผลเสียต่อการยอมรับของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น โดยมีคะแนนการยอมรับของคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับรวมของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นทั้ง 2 แบบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยมีคะแนนการยอมรับของทุกคุณลักษณะอยู่ในช่วงเฉยๆ-ยอมรับปานกลาง (5.33-6.38)

8. ผู้ตอบทดสอบความตั้งใจซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นจำนวน 128 คน เป็นเพศหญิงจำนวน 81 คนและเพศชายจำนวน 47 คน จำนวน 115 คน (ร้อยละ 89.84) สนใจจะซื้อเนื้อปลาทับทิมรมควันเพื่อบริโภค โดยผู้ที่สนใจจะซื้อส่วนใหญ่ได้ให้เหตุผลว่าอยากลองผลิตภัณฑ์ใหม่ดังนี้ อยากทดลองรับประทานดูว่ามีรสชาติอย่างไร ชอบรับประทานปลาทับทิม เป็นเนื้อปลาแปรรูป น่าจะรับประทานง่าย มีความสะดวกในการรับประทานและคิดว่าจะไม่มีกลิ่นคาวปลา

ข้อเสนอแนะ

1. ทำการทดลองผลของเครื่องเทศชนิดอื่นๆ เช่น พริกไทยดำ กระเทียมและขิง เป็นต้น ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น เพื่อเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์

2. ศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นแบบแช่เยือกแข็งต่อการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพทางด้านอื่นๆ เช่น การออกซิเดชันของไขมัน เป็นต้น เพื่อดูความเป็นไปได้ในการส่งออกของเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ คณาภูเศรษฐ์. 2532. **การปลูกกานพลูในประเทศอินโดนีเซีย.** เคหการเกษตร. 13(12) : 140-143.

ภัสจนันท์ หิรัญ, อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2553. **การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* spp. โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชย.** ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 41(3/1) (พิเศษ): 21-24.

นิตตา หงส์วิวัฒน์. 2547. **กานพลู Clove เครื่องเทศและสมุนไพรที่ใช้เป็นยาและอาหารมาแต่ครั้งโบราณ.** ครัว. 10 (116). : 78-86.

นิพร เดชสุข. 2551. **การปลดปล่อยซินนามาลดีไฮด์และยูจีนอลจากฟิล์มเซลลูโลสอีเทอร์และการประยุกต์เป็นฟิล์มต้านจุลินทรีย์เพื่อการบรรจุ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 135 น.

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. 2546. **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

นิรนาม. ม.ป.ป. **ข้อมูลการเลี้ยงปลาทับทิม.** http://www.thaigoodview.com/node/17461 (6/5/56)

เบญจมาศ เขตรดง และปรัชญากร ชูตระกูล. 2553. **ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกระเพรา โหระพา ตะไคร้หอมและแมงลัก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.** ปัญหาพิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประสิทธิ์ศิลป์ ชัยยะวัฒนะโยธิน. 2552. **ปลาทับทิม.** เทคโนโลยีชาวบ้าน. 21(460): 97.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.ม.ป.ป.**การเสื่อมเสียของอาหาร(การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาในระหว่าง การเก็บรักษา)**(ระบบออนไลน์).แหล่งข้อมูล http://pirun.ku.ac.th/~b521020198/spoil.htm (23 ธันวาคม 2555)

มยูรกาญจน์ เดชกุญชร, เรืองเดช ไชยโคตร และเกรียงไกร พัทยากร. 2549. **ผลของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยต่อการยับยั้งการเจริญของ *Saccharomyces cerevisiae.*** อาหาร. 36(3): 222-226.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2545. **ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. **พืชเครื่องเทศและสมุนไพร.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

วารุณี ภัทรพิชิต. 2549. **อิทธิพลของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรและสภาวะการบรรจุต่ออายุการเก็บ รักษาขนมชั้น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิพจน์ ศุภวิริยากร. 2554. **ผลของกรดแลคติกและฟอสเฟตต่อคุณภาพของเนื้อปลาบึกแล่แช่เย็น – แช่แข็ง.** รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้,เชียงใหม่. 106 หน้า

สุพันธุ์ แสนกล้า. 2548. **ผลของเครื่องเทศบางชนิดต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาปลาดุกอุยเทศรมควัน.** วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 155 น.

ศวรรณี เหลืองสุนทรชัย และวลัยรัตน์ จันทรปานนท์. 2550. **ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของน้ำมันกานพลูทางการค้า.** ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550. 719-725 น.

หิรัญ กังแฮ. 2548. **โรคสเตรฟโตคอคโคซีสในปลานิลแดงแปลงเพศและผลของสารสกัดสมุนไพร 19 ชนิด ในการยับยั้งเชื้อสเตรฟโตคอคคัส.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

หทัยรัตน์ ริมคีรี, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และนฤมล นิติมลคลชัย. 2544. **การใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยเป็นสารป้องกันเชื้อราในผลิตภัณฑ์ทุเรียนกวน.** เคหะการเกษตร. 25(4): 145.

อาภากร สุภาพิพัฒน์ และจิตศิริ ราชตนะพันธุ์. 2550. **ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย ตระกูลเหง้าในการยับยั้ง Listeria monocytogenes ในเนื้อไก่สดบรรจุสภาวะสุญญากาศแช่เย็น.** ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45, 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์ 2550. 516-522 น.

อุมาพร ศิริพินทุ์. 2540. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง.** คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Azzouz, M.A. and L.B. Bullerman. 1982. **Comparative antimycotic effects of selected herbs, spices, plant components and commercial antifungal agents.** J Food Protect. 45: 1298-1301.

Barbut, S. 2002. **Poultry Products Processing: An Industry Guide.** CRC Press, New York.

Burdock, G.A. 2002. **Handbook of Flavour Ingredients.** 4th ed. CRC Press, New York.

Burt, S. 2004. **Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods-A review.** Int J Food Microbiol. 94 (3): 223-253.

Cardinala, M., H. Gunnlaugsdottirb, H., M. Bjoernevikc, A. Ouissed, J.L. Valleta and F. Leroia. 2004. **Sensory characteristics of cold-smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) from European market and relationships with chemical, physical and microbiological measurements.** Food Res Int. 37(2) : 181-193.

Dondero, M., F. Cisternas, L. Carvajai and R. Simpsom. 2004. *Changes in quality of vacuum-packed cold-smoked salmon (Salmo salar) as a function of storage temperature.* Food Chem. 87: 543-550.

Fei, L., D. Yi-cheng, Y.E. Xing-qian and D. Yu-ting. 2012. **Antibacterial effect of cinnamon oil combined with thyme or clove oil.** Agric Sci China. 10 (9): 1482-1487.

Goni, P., P. Lopez, C. Sanchez, R. Gomez-Lus, R. Becerril and C. Nerin, C. 2009. **Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils.** Food Chem. 116: 982–989.

Gulcin, 1., M. Elmastas and H.Y. Aboul-Enein. 2012. **Antioxidant activity of clove oil-A powerful antioxidant source.** Arabian J. Chem. 5 (4) : 489-499.

Hansen, L.T., S.D. Røntved and H.H. Huss. 1998. **Microbiological quality and shelf life of cold-smoked salmon from three different processing plants.** Food Microbiol. 15(2): 137-150.

Hansen, L.T., T. Gill,T., H.H Huss. 1995. **Effects of salt and storage temperature on chemical, microbiological and sensory changes in cold-smoked salmon.** Food Res. Int. 28: 123-130.

Hill, L.E., C. Gomes and T.M. Taylor. 2013. **Characterization of beta-cyclodextrin inclusion complexes containing essential oils (trans-cinnamaldehyde, eugenol, cinnamon bark and clove bud extracts) for antimibial delivery applications.** LWT-Food Sci Technol. 51: 86-93.

Kwon, H. K., W. K. Jeon, J. S. Hwang, C. G. Lee, J. S. So, J. A. Park, et al. 2009. **Cinnamon extract suppresses tumor progression by modulating angiogenesis and the effector function of CD8+ T cells.** Cancer Lett. 278:174–182.

Mahmoud B.S., K. Yamazaki, K. Miyashita, Y. Kawai, l.S. Shin and T. Suzuki. 2006. **Preservative effect of combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds on carp fillets during convectional air-drying.** Int J Food Microbiol. 106(3): 331-337.

Matan, N., H. Rimkeeree, A.J. Mawson, P. Chompreeda, V. Haruthaithanasan and M. Parker. 2006. **Antimicrobial activity of cinnamon and clove oils under modified atmosphere conditions.** Int J Food Microbiol. 107: 180–185.

Moreira, M.R., A.G. Ponce, C.E.D. Valle and S.I. Roura. 2007. **Effects of clove and tea tree oils on *Escherichia coli* O157: H7 in blanched spinach and minced cooked beef. J Food Processing Preserv.** 31 (4): 379-391.

Mosqueda-Melgar, J., R.M. Raybaudi-Massilia and O. Martin-Bellasa. 2008. **Inactivation of Salmonella enteric Ser enteritidia in tomato juice by combining of high-intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials.** J Food Sci. 73: 47-53.

Mytle, N., G.L. Anderson, M.P. Doyle and M.A. Smith. 2006. **Antimicrobial activity of clove (*Syzygium aromaticum*) oil in inhibiting Listeria monocytogenes on chicken frankfurters. Food Control.** 17: 102-107.

Nanasombat, S. and P. Wimuttigosol, 2011. **Antimicrobial and antioxidant activity of spice essential oils.** Food Sci. Biotechnol. 20: 45-53.

Oonmetta-aree, J., A. Tiparak and P. Puinok. 2012. **Antifungal activities of clove extract in broth culture and food.** p. 90 *In* Book of Abstract Food Innovation Asia Conference 2012 "Green and Sustainable Food Technology for All". 14-15 june 2012. BITEC, Bangkok, THAILAND.

Prabuseenivasan, S., M. Jayakumar and S. Ignacimuthu. 2006. ***In vitro* antibacterial activity of some plant essential oils.** BMC Complement Altern Med. 6: 39.

Rasoarahona, J.R.E., G. Barnathan, J.P. Bianchini, and E.M. Gaydou. 2005. **Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus, O. macrochir and Tilapia rendalli*) from Madagascar.** Food Chem. 91: 683-694.

Saeed, S. and P. Tariq. 2008. ***In vitro* antibacterial activity of clove against gram negative bacteria.** Pak. J. Bot. 40 (5): 2157-2160.

Sigurgisladottir, S., M.S. Sigurdardottir, O, Torrissenb, J.L. Vallet and H. Hafsteinssona. 2000. **Effects of different salting and smoking processes on the microstructure, the texture and yield of Atlantic salmon (*Salmo salar*).** Food Res Int. 33: 847-855.

Stecchini, M. L., I. Sarais and P. Giavedoni. 1993. **Effect of essential oils on *Aeromonas hydrophila* in a culture medium and in cooked pork.** J. Food Protect. 56: 406-409.

Tajkarimi, M.M., S.A. Ibrahim and D.O. Cliver. 2010. **Antimicrobial herb and spice compounds in food. Food Control.** 21: 1199-1218.

Yanar, Y., M. Celik and E. Akamca. 2006. **Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C.** Food Chem. 97: 244-247.

ภาคผนวก ก.

แบบทดสอบ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ผู้ทดสอบ.....วันที่ทดสอบ.....

เกณฑ์การให้คะแนน

1=ไม่ยอมรับมากที่สุด 2=ไม่ยอมรับมาก 3= ไม่ยอมรับเล็กน้อย

4=เฉยๆ 5=ยอมรับเล็กน้อย 6= ยอมรับมาก

7= ยอมรับมากที่สุด

คำชี้แจง โปรดให้คะแนนตัวอย่างที่ท่านทดสอบตามเกณฑ์การให้คะแนน 7 ระดับ และระบุว่าตัวอย่างนั้นๆ เสียหรือไม่ หากท่านคิดว่าตัวอย่างนั้นเน่าเสียแล้วให้อธิบายลักษณะการเน่าเสียด้วย

ที่	รายการ	ตัวอย่าง		
		รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
1	กลิ่น			
2	สี			
3	ลักษณะเนื้อสัมผัส			
4	ลักษณะโดยรวม			
		O เสีย O ไม่เสีย	O เสีย O ไม่เสีย	O เสีย O ไม่เสีย

**** หมายเหตุ** หากรายการใด ของแต่ละตัวอย่าง ได้รับคะแนนต่ำกว่า 4 โปรดระบุลักษณะปรากฏและลักษณะการเน่าเสีย

ลักษณะปรากฏ

.....

ลักษณะการเน่าเสีย

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือ

แบบทดสอบ

ผลิตภัณฑ์ : เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ชื่อ-สกุลผู้ทดสอบ.....อายุ.....วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ แล้วระบุระดับการยอมรับของท่านที่มีต่อตัวอย่างนั้นๆ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1: ไม่ยอมรับมากที่สุด
2 : ไม่ยอมรับมาก
3: ไม่ยอมรับปานกลาง
4 : ไม่ยอมรับเล็กน้อย
5 : เฉยๆ
6: ยอมรับเล็กน้อย
7 : ยอมรับปานกลาง
8: ยอมรับมาก
9: ยอมรับมากที่สุด

คุณลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง		
1. ลักษณะปรากฏ			
2.สี			
3. กลิ่น รส			
4. ลักษณะเนื้อสัมผัส			
5. รสชาติ			
6. การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบทดสอบ

ผลิตภัณฑ์: เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น

ชื่อ- สกุล ผู้ทดสอบ.....อายุ.....วันที่.....

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ แล้ว ระบุระดับการยอมรับของท่านที่มีต่อตัวอย่างนั้นๆ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1: ไม่ยอมรับมากที่สุด
2 : ไม่ยอมรับมาก
3: ไม่ยอมรับปานกลาง
4 : ไม่ยอมรับเล็กน้อย
5 : เฉยๆ
6: ยอมรับเล็กน้อย
7 : ยอมรับปานกลาง
8: ยอมรับมาก
9: ยอมรับมากที่สุด

คุณลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง		
1. ลักษณะปรากฏ			
2.สี			
3. กลิ่น			
4. การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบสอบถามความต้องการของผู้บริโภค

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อ "ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น" เพื่อใช้ประกอบในการทำงานวิจัยบางส่วนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภายใต้การดูแลของรองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตรา แตงปรก ซึ่งทางผู้ศึกษาใคร่ขอความกรุณาและขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์

โดยแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนา "ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น"

คำชี้แจง กรุณากรอกข้อมูลลงในแบบสอบถามโดยทำเครื่องหมาย √ หน้าข้อที่ตรงกับท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. **เพศ** [ ] ชาย [ ] หญิง
2. **อายุ** [ ] ต่ำกว่า 15 ปี [ ] 15-30 ปี [ ] 31-45 ปี
   [ ] 46-60 ปี [ ] มากกว่า 60 ปี
3. **อาชีพ** [ ] นักเรียนมัธยม [ ] นักธุรกิจ [ ] นักศึกษา
   [ ] ข้าราชการ [ ] เกษียณอายุ [ ]เกษตรกร
   [ ] พนักงานรัฐวิสาหกิจ [ ] พนักงานเอกชน [ ] แม่บ้าน
   [ ] อิสระ (โปรดระบุ) ..... [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
4. **ระดับการศึกษาสูงสุด**
   [ ] ไม่ได้เรียนหนังสือ [ ] ปริญญาตรี
   [ ] พนักงานเอกชน [ ] ปริญญาโทหรือสูงกว่า
   [ ] ปวช./ปวส./อนุปริญญา
5. **รายได้เฉลี่ยต่อเดือน** [ ] น้อยกว่า 5,000 บาท [ ] 20,001-30,000 บาท
   [ ] 5,000-10,000 บาท [ ] มากกว่า 30,000 บาท
   [ ] 10,001-20,000 บาท

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนา "ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็น"

คำชี้แจง เนื้อปลาในที่นี้หมายถึง เนื้อปลาที่ปราศจากก้าง อาจอยู่ในรูปชิ้นใหญ่หรือเป็นชิ้นบางๆก็ได้

1. **ท่านเคยซื้อเนื้อปลาหรือไม่** [ ] เคย [ ] ไม่เคย (ถ้าไม่เคย ให้ข้ามไปตอบข้อ 5)
2. **รูปแบบของเนื้อปลาที่ท่านซื้อ** (สามารถตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
   [ ] เนื้อปลาสดวางบนน้ำแข็ง [ ] เนื้อปลาสดแช่เย็น
   [ ] เนื้อปลาสดแช่แข็ง [ ] เนื้อปลารมควันแช่เย็น
   [ ] เนื้อปลารมควันแช่แข็ง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
3. **ชนิดของเนื้อปลาที่ท่านซื้อ** (สามารถดอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
   [ ] โดรี่ [ ] ทับทิม
   [ ] ซาลมอล [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
4. **ปกติท่านซื้อเนื้อปลาบ่อยแค่ไหน** [ ] ทุกวัน [ ] เดือนละ 2-4 ครั้ง
   [ ] 3-4 ครั้ง/อาทิตย์ [ ] น้อยกว่า 1 ครั้ง/เดือน
   [ ] อาทิตย์ละครั้ง [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ)
5. **สาเหตุที่ท่านไม่เคยซื้อเนื้อปลามาบริโภคเนื่องจาก** (สามารถดอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
   [ ] มีกลิ่นคาวปลามาก [ ] มีราคาสูงเกินไป
   [ ] มีสีไม่สวย [ ] มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น
   [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
6. **ถ้าหากว่ามีเนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นมาวางจำหน่าย ท่านสนใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ไปทดลองรับประทานหรือไม่**
   [ ] สนใจ
   [ ] ไม่สนใจ (ถ้าไม่สนใจให้หยุดการตอบแบบสอบถามเพียงเท่านี้)

7. กรุณาให้คะแนนความสำคัญของปัจจัย ที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันเย็นของท่าน โดยให้ระดับความสำคัญ 1-9 ดังนี้ 1 = สำคัญน้อยที่สุด 5 = สำคัญปานกลาง และ 9 = สำคัญมากที่สุด โดยทำเครื่องหมาย √ ในช่องที่ตรงกับความต้องการของท่าน

ที่	ปัจจัย	ระดับความสำคัญ								
		1 น้อยที่สุด	2	3	4	5 ปานกลาง	6	7	8	9 มากที่สุด
1	สีสัน									
2	กลิ่น									
3	รสชาติ									
4	ราคา									
5	บรรจุภัณฑ์									
6	ตรายี่ห้อ/บริษัทผู้ผลิต									
7	อายุการเก็บรักษา									
8	คุณค่าทางโภชนาการ/ประโยชน์ต่อสุขภาพ									
9	มาตรฐานรับรอง (อย.)									
10	กรรมวิธีการผลิต									
11	ส่วนประกอบ									
12	การโฆษณา									
13	ของสมนาคุณ									
14	ความปลอดภัยในการบริโภค									

8. ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเนื้อปลาทับทิมรมควัน

[ ] ถุงพลาสติกบรรจุแบบธรรมดา

[ ] ถุงพลาสติกบรรจุแบบสุญญากาศ

[ ] ถาดแบน ปิดทับด้วยฟิล์มยืด

[ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

9. ขนาดบรรจุที่เหมาะสมต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วย

[ ] 100 กรัม [ ] 500 กรัม

[ ] 200 กรัม [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

10. ราคาที่เหมาะสมต่อบรรจุภัณฑ์ 1 หน่วย

[ ] 50 บาท [ ] 200 บาท

[ ] 100 บาท [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....

[ ] 150 บาท

11. สภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม

[ ] การแช่เย็น [ ] การแช่แข็ง

12. ถ้าเก็บแบบแช่เย็น ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาทับทิมรมควันควรจะมีอายุการเก็บรักษานานแค่ไหน

[ ] 5-10 วัน [ ] 30 วัน

[ ] 10-15 วัน [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ .....

ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม

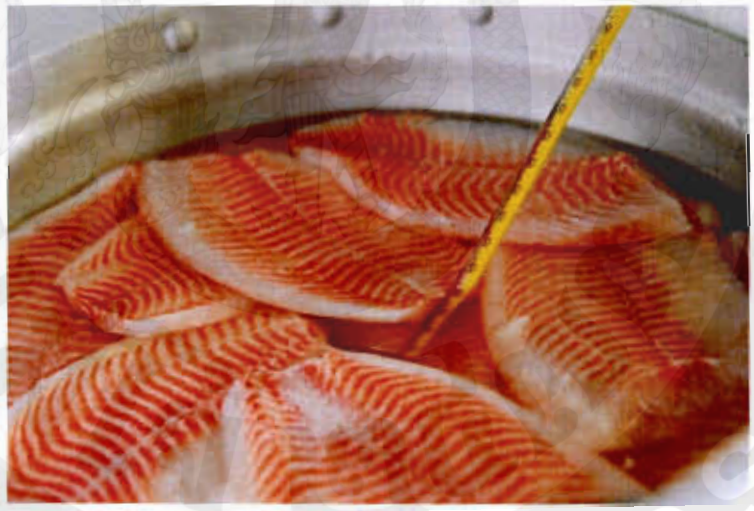
.....

.....

.....

.....

ภาพผนวกที่ 1 การล้างเนื้อปลาทับทิมด้วยน้ำผสมน้ำแข็ง



ภาพผนวกที่ 2 การ แช่เนื้อปลาทับทิมในน้ำเกลือ

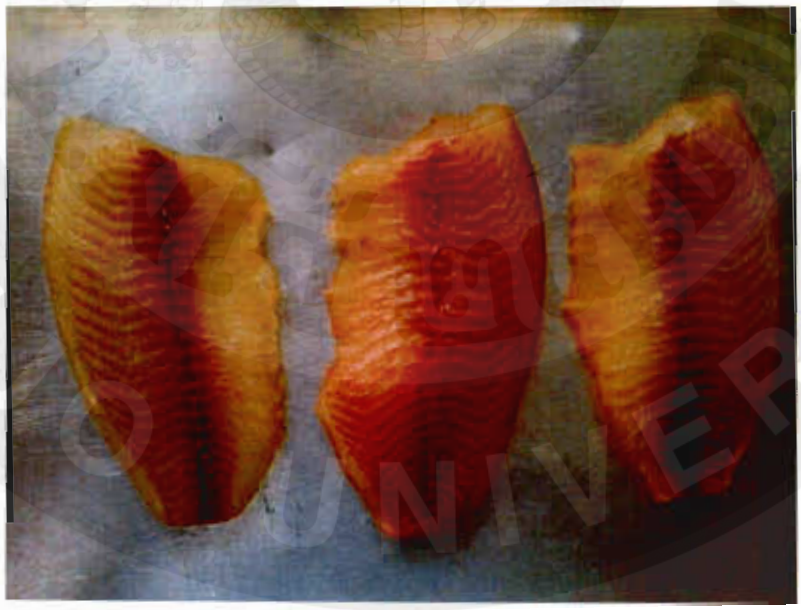
ภาพผนวกที่ 3 การสะเด็ดน้ำเนื้อปลาทับทิม

ภาพผนวกที่ 4 ตู้รมควัน

ภาพผนวกที่ 5 เครื่องบรรจุสุญญากาศ

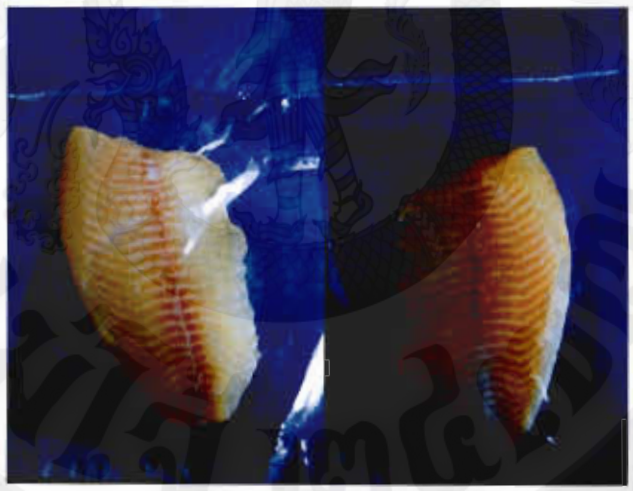
ภาพผนวกที่ 6 เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก

ภาพผนวกที่ 7 น้ำมันหอมระเหยกานพลู (ซ้าย) และอบเชย (ขวา)



ภาพผนวกที่ 8 เนื้อปลาทับทิมรมควัน

ภาพผนวกที่ 9 เนื้อปลาทับทิมรมควันที่บรรจุถุงแบบสุญญากาศ



ภาพผนวกที่ 10 เนื้อปลาทับทิมรมควันที่บรรจุแบบบรรยากาศปกติ

ภาพผนวกที่ 11 เนื้อปลาทับทิมรมควันสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส